

## تحلیل روند شدت بارش سامانه‌های سودانی ورودی به ایران (مطالعه موردی: مسیرهای مستقل ورودی استان‌های خوزستان، بوشهر و هرمزگان)

شاپور قاضی پور<sup>۱</sup>، حسن لشکری<sup>۲\*</sup>، منوچهر فرج زاده<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- دانشیار آب و هواشناسی، دانشکده علوم زمین، گروه جغرافیا، دانشگاه بهشتی، تهران، ایران

۳- استاد آب و هواشناسی، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

### چکیده

هدف پژوهش حاضر، تحلیل روند شدت بارش سامانه‌های سودانی ورودی به ایران، از سه مسیر مستقل استان‌های خوزستان، بوشهر و هرمزگان است. به این منظور ابتدا براساس شاخص‌های مورد نظر (۱-ریزش حداقل یک میلی‌متر بارش در ۵۰ درصد ایستگاه‌های هر مسیر. ۲- حداقل در یکی از ایستگاه‌ها بارش پنج میلی‌متر و بیشتر رخ داده باشد. ۳- در ایستگاه نماینده ورود هر مسیر بارش رخ داده باشد و یا از آن‌جا شروع شده باشد.) و با استفاده از داده‌های بارش روزانه هر مسیر در دوره‌ی ۲۰۱۷-۱۹۹۵، سامانه‌های سودانی استخراج و سپس معدل بارش آن‌ها، به تفکیک سالانه، ماهانه و دوره‌ی تداوم بارش، برای مسیرهای سه‌گانه استخراج گردید. در نهایت پس از آماده‌سازی و صحت‌سنجی داده‌های بارش، با استفاده از روش‌های آماری خط بهترین برازش، من-کندال و تخمین‌گر شیب سن، روند و شیب تغییرات شدت، در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی گردید. نتایج نشان داد که شدت بارش سامانه‌های سودانی (به تفکیک معدل سالانه، ماهانه و دوره‌های تداوم بارش) در مسیرهای سه‌گانه، علی‌رغم وجود شیب تغییرات کاهشی و افزایشی بسیار جزئی (کم‌تر از  $0/6 \pm$  میلی‌متر طی دوره)، فاقد روند و شیب تغییرات قابل توجه و معنی‌داری است که بتوان آن‌ها را به تغییرات آب و هوایی نسبت داد. اما در کل بارش سامانه‌های سودانی در منطقه مورد مطالعه عمدتاً کوتاه مدت (دو روزه) و به ندرت بارش‌های آن‌ها در دوره‌های تداوم پنج روز و بیشتر رخ می‌دهد از این رو بارش‌های سامانه سودانی در منطقه مورد مطالعه (جنوب و جنوب‌غرب ایران)، عمدتاً کوتاه مدت و شدید است.

**کلید واژه‌ها:** روند، شدت بارش، سامانه‌های سودانی، من-کندال، تخمین‌گر شیب سن، ایران.

## مقدمه

(۱۳۸۴)، سامانه‌های سودانی (۱۹۹۹-۱۹۹۰)، وارد شده به غرب ایران بیشتر ۲ تا ۳ روزه و در فصل پاییز رخ می‌دهد. مفیدی و زرین (۱۳۸۴)، بیشترین فراوانی وقوع کم‌فشار سودانی ایران، در ماه دسامبر (آذر) و در فصل زمستان است. گندمکار (۱۳۸۹)، علت اصلی بارش‌های شدید و سیل‌زا نواحی جنوبی استان بوشهر را ورود سامانه سودانی از جنوب و جنوب‌غرب کشور می‌داند. امیدوار و ترکی (۱۳۹۱) علت ریزش بارش سنگین استان چهارمحال و بختیاری را ترکیب کم‌فشار سودانی با کم‌فشار مدیترانه‌ای بیان کردند. لشکری و همکاران (۱۳۹۲) بارش‌های نیمه‌جنوبی کشور را مستقیماً مرتبط با میزان فعالیت سامانه سودانی در دوره سرد سالم می‌دانند و بیان می‌کنند سامانه سودانی در بارش‌های سیل‌آسای نیمه‌جنوب و جنوب‌غرب کشور نقش اول ایفا می‌کند. منتظری و همکاران (۱۳۹۲)، بیان می‌کنند که مرکز کم-فشار سودانی با عبور از شمال عربستان و خلیج فارس و جذب رطوبت از این دریا به تدریج از غرب و جنوب‌غرب وارد ایران و باعث بارش می‌شود. پرک و همکاران (۱۳۹۴)، حرکت شرق سوی سامانه‌های سودانی را علت انتقال حجم وسیعی از شار رطوبت و گرمای نهان به نواحی جنوب و جنوب‌غرب ایران و بارش‌های همرفتی بسیار زیاد می‌دانند. امیدوار و همکاران (۱۳۹۴)، معتقدند سامانه کم‌فشار سودانی پس از فعال شدن و تغذیه از طریق آب‌های گرم جنوب ایران، سبب بارش فراگیر (۲۰ تا ۲۴ فروردین ۱۳۸۶)، و سیلاب در جنوب و جنوب‌غرب ایران می‌گردد. بیات و همکاران (۱۳۹۶) معتقدند؛ مسیرهای اصلی ورود چرخندهای زمستان به ایران شمال‌غرب، غرب میانی و نیز جنوب‌غرب است که چرخندهای جنوب‌غرب با عمر متوسط چهار و نیم روز از استان‌های خوزستان، چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد وارد ایران می‌شوند. مفاخری و همکاران (۱۳۹۶)، براساس معیار روز بارش ۰/۱ میلی‌متر و بیشتر، روزهای بارشی ایران (۲۰۱۳-۱۹۸۴)، ۱ تا ۷ روزه شناسایی کردند، که بارش‌های ۱ روزه و سپس ۲ و ۳

بارش مهم‌ترین منبع تأمین آب در ایران است. میانگین متوسط سالانه آن در ایران نزدیک به ۲۵۰ میلی‌متر و در مقایسه با میانگین بارش زمین (۹۶۰ میلی‌متر) در منطقه‌ی خشک قرار دارد (مسعودیان، ۱۳۸۷: ۱۳۴). ایران به لحاظ عرض جغرافیایی و همجواری با پرفشار جنب حاره، علاوه بر کمی بارش، رژیم بارندگی پرنوسانی دارد (بابائی فینی و فرج زاده، ۱۳۸۱: ۵۲). بارش‌های نیمه جنوبی ایران علاوه بر عوامل محلی تحت تأثیر سامانه‌های بارشی است که خارج از محدوده ایران وارد کشور می‌شوند. از جمله این سامانه‌ها، کم‌فشار گرمایی سودانی است که محل تکوین آن مناطق اطراف دریای سرخ و خطوط کم‌فشار آن جنوب دریای سرخ، سودان و اتیوپی را در بر می‌گیرد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱: ۷). این سامانه در فصل تابستان به صورت یک کم‌فشار گرمایی و با شروع دوره سرد سال پویا می‌شود. بطوریکه هر چقدر چرخندهای ایجاد شده توسط آن به عرض ۳۰ درجه شمالی نزدیک شوند، بیشتر در مسیر بادهای غربی قرار می‌گیرند و به صورت پویا در می‌آیند (جوانمرد و همکاران، ۱۳۸۲: ۱۳۶)، که ضمن حرکت مورب به سوی نواحی شمال یا شمال‌شرقی و تغذیه مناسب رطوبت، سبب ایجاد بارش در نواحی نیمه جنوبی ایران می‌شود (پرک و همکاران، ۱۳۹۴: ۷۵). بیش از سه چهارم وسعت ایران مستقیماً از بارش‌های فراگیر این سامانه با ورود از غرب، جنوب‌غرب، خوزستان، بوشهر و هرمزگان متأثر می‌شود (لشکری، ۱۳۸۱: ۱۳۳ و ۱۳۴). پژوهشگران داخلی متعددی نقش این سامانه را در بارش‌های ایران (به ویژه نیمه جنوبی) بررسی کرده‌اند. به عنوان نمونه؛ لشکری (۱۳۸۱)، مسیر ورود سامانه‌های سودانی را غرب، جنوب‌غرب، استان‌های خوزستان، بوشهر و هرمزگان بیان می‌کند. انصاری (۱۳۸۲)، سامانه‌های سیل‌زای پنج حوضه آبریز استان کهگیلویه و بویراحمد (۱۳۷۸-۱۳۶۸)، را نتیجه نفوذ و تقویت مرکز کم-فشار سودان و منطقه همگرایی دریای سرخ می‌داند. فتح‌نیا

بهار و درصد کمی در طول پاییز رخ داده است. ییمر و همکاران (Yimer et al, 2018) در بررسی روند شاخص بارندگی شدید (۱۹۸۴-۲۰۱۴) کشور اتیوپی (در جنوب ولو) به کمک آزمون‌های تخمین‌گر شیب سن و من-کندال نشان دادند روند متوسط تعداد سالانه روزهای مرطوب، و شاخص شدت بارندگی روزانه تغییرات معنی‌داری نداشته است. تمر و همکاران (Tamer et al, 2019) بارش سالانه و فصلی مصر را به کمک آزمون‌های پارامتریک و ناپارامتریک بررسی و نشان دادند که در شاخص‌های سالانه بیشینه بارش، شاخص ساده شدت روزانه و تعداد روزهای بارانی روند معنی‌داری وجود دارد که بیشتر منفی است. مولوگتا و همکاران (Mulugeta et al, 2019) روند بلند مدت بارندگی سالانه و فصلی (۲۰۱۶-۱۹۰۲) حوضه رودخانه آواش اتیوپی را به کمک آزمون‌های من-کندال و تخمین‌گر شیب در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی کردند. ادنجال (Eddenjal, 2019) در بررسی تغییرات زمانی-مکانی باران (۲۰۰۹-۱۹۷۹) لیبی غربی به کمک آزمون‌های من-کندال و شیب سن نشان داد هیچ‌کدام از روندهای کاهشی و افزایشی معنی‌دار نیست. ویشال و همکاران (Vishal et al, 2020) به کمک آزمون‌های من-کندال و تخمین‌گر شیب سن در ایالت ماهاراشترا نشان دادند روند بارندگی و روزهای بارانی در برخی مناطق نزولی و در برخی افزایشی است. بوگارا و همکاران (Bougara et al, 2020) در بررسی تغییرپذیری و روند بارش (۲۰۱۱-۱۹۷۹) حوضه تافنا در شمال غرب الجزایر به کمک روش‌های من-کندال و شیب سن نشان دادند؛ روند بارندگی در فصل پاییز برای همه ایستگاه‌ها افزایشی است. بسیم و همکاران (Basem et al, 2020) در بررسی روند یازده شاخص حدی بارش روزانه (۲۰۱۶-۱۹۷۴)، نوار غزه به کمک روش حداقل مربعات خطی و آزمون من-کندال نشان دادند که بیشتر شاخص‌ها دارای روند افزایشی هستند. در ایران به عنوان نمونه؛ کتیرایی و همکاران (۱۳۸۶: ۶۷)

روزه در اغلب نواحی بیشترین سهم دارند. براساس یافته‌های مطالعات فوق سامانه سودانی مهم‌ترین سامانه بارشی دوره سرد سال، در جنوب و جنوب غرب ایران است. بارش این سامانه‌ها مهم‌ترین منبع تامین آب در مناطق فوق است که بیشتر بصورت رگباری، کوتاه مدت و شدید رخ می‌دهند. اما از آن‌جا که این سامانه جز ذاتی سرزمین ایران نیست، تغییرات زمانی-مکانی ویژگی‌های بارش آن‌ها محتمل است. از این رو وقوع هرگونه تغییر در رژیم بارش آن‌ها می‌تواند موجب تغییراتی در ادامه حیات گستره مورد فعالیت خود شود. بررسی تغییرات زمانی-مکانی رژیم بارش مناطق مختلف جهان با استفاده از روش‌های آماری همواره مورد توجه پژوهشگران خارجی و داخلی قرار گرفته است. به عنوان نمونه؛ جیانگ و هارتمن (Jiang & Hartmann, 2007) در چین، فیداس و همکاران (Feidas et al, 2007) در یونان، دوهان و پاندی (Duhan & Pandey, 2013) در هندوستان و دیوپ و همکاران (Diop et al, 2016) در سنگال روند بارش را به کمک روش‌های من-کندال<sup>۱</sup>، وایازش ساده، کمترین مربعات<sup>۲</sup> و تخمین‌گر شیب-سن<sup>۳</sup> در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی کردند. مرابتن و همکاران (Merabtene et al, 2016) در بررسی تغییرات زمانی طولانی مدت بارش (۲۰۱۴-۱۹۳۴)، شهر شارجه امارات از ترکیب روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک<sup>۴</sup> استفاده و نشان دادند روند بارش کاهشی است. مسبوت و همکاران (Mathbout et al, 2018) به کمک روش‌های آماری نشان دادند شدت بارش روزانه در مقیاس زمانی سالانه در مدیترانه شرقی (۲۰۱۲-۱۹۶۱) از نظر آمار جهانی کاهش معنی‌داری و بطور کلی روند کاهشی در آن بیشتر از روند افزایشی است. احمد و همکاران (Ahmad et al, 2018) در بررسی بارندگی شدید عربستان (۲۰۱۴-۲۰۰۰) بیان می‌کنند؛ حوادث بارندگی شدید بیشتر در زمستان، سپس

1. Man-Kendal
2. Least squares Method
3. Sen's Slope Estimator
4. Parametric & Nonparametric Method

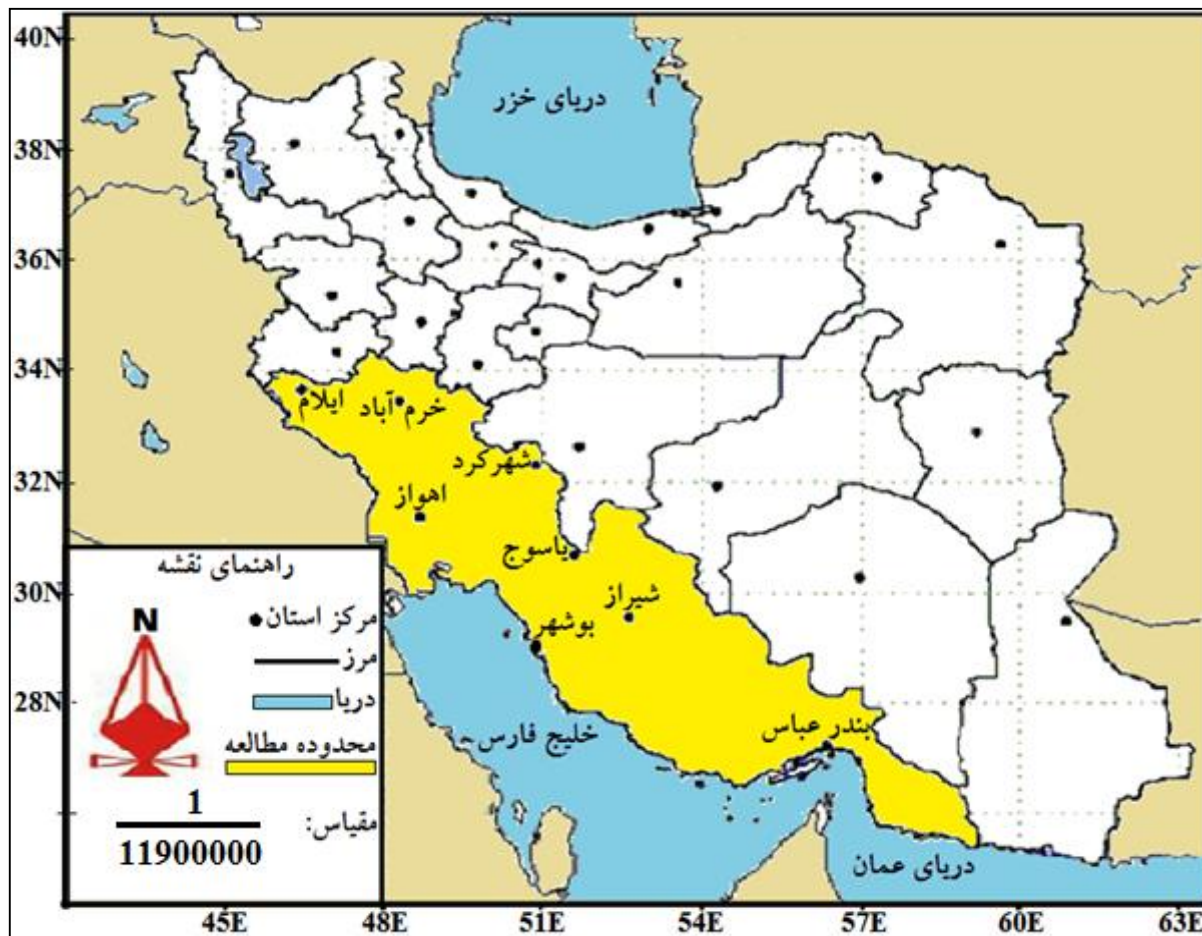
یا شیب روند بسیار ناچیزی (۰ تا ۰/۵) دارند. طبق مطالعات فوق و بسیاری دیگر از پژوهش‌ها، خلع بررسی شدت بارش سامانه‌های سودانی به عنوان یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های بارش این سامانه در نیمه جنوبی کشور به ویژه در چند دهه اخیر کاملاً مشهود است. از این رو در پژوهش حاضر شدت بارش این سامانه‌ها از سه مسیر مستقل ورودی استان‌های خوزستان، بوشهر و هرمزگان به کمک روش‌های آماری بررسی و تحلیل می‌گردد تا از یافته‌های آن در شناسایی تغییرات احتمالی آب و هوایی، مدیریت منابع آب، تعدیل و کنترل بلایای طبیعی همچون خشکسالی، سیل و ... استفاده گردد.

## مواد و روش‌ها

### داده‌ها و محدوده مورد مطالعه پژوهش

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش بین ۲۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی، در جنوب و جنوب‌غرب ایران قرار دارد. این محدوده در برگیرنده استان‌های هرمزگان، فارس، بوشهر، کهگیلویه و بویراحمد، خوزستان، چهارمحال و بختیاری، ایلام و لرستان است که به لحاظ تقسیم‌بندی آب‌شناسی در حوضه آبریز خلیج فارس و قسمت غربی حوضه آبریز دریای عمان قرار دارد (شکل ۱). با توجه به هدف پژوهش داده‌های بارش روزانه (از بدو تأسیس تا سال ۲۰۱۷) ایستگاه‌های همدید منطقه مورد مطالعه از سازمان هواشناسی ایران دریافت گردید. طول دوره آماری داده‌های دریافتی بنا به دلایلی یکسان نبود. از این رو پس از بررسی جوانب کمی و کیفی داده‌ها، تعداد ایستگاه‌ها به لحاظ پراکنش مناسب و لحاظ کردن حداقل دو دوره از سیکل لکه-های خورشیدی، یک دوره آماری ۲۳ ساله (۲۰۱۷-۱۹۹۵)، که شامل ۴۳ ایستگاه نمونه مطالعاتی در کل محدوده بود، انتخاب گردید (جدول ۱).

تغییرات بلند مدت بارش، تعداد روزهای بارانی سالانه و فصلی و شدت بارش روزانه (۲۰۰۱-۱۹۶۰) کشور را به کمک آزمون‌های من-کندال و روش خطی حداقل مربعات بررسی و نشان دادند بیشتر ایستگاه‌های واقع در نواحی جنوبی ایران دارای روند افزایشی است. محمدی (۱۳۹۰: ۹۵)، با استفاده از آزمون‌های من-کندال و تخمین‌گر شیب-سن نشان داد در بارش ایران (۱۳۴۳-۱۳۸۲)، روند افزایشی یا کاهشی معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد وجود ندارد. طبری و حسین زاده طلایی (۲۰۱۱)، در بررسی روند بارش سراسر کشور (۱۳۸۴-۱۳۴۵)، به کمک آزمون‌های من-کندال و وایزش خطی نشان دادند که نتایج به دست آمده از دو روش پارامتری و ناپارامتری بسیار به همدیگر نزدیک است. آذرخشی و همکاران (۱۳۹۲: ۱) با استفاده از آزمون‌های من-کندال و وایزش خطی ترکیبی از روندهای افزایشی و کاهشی در داده‌های بارش سالانه و فصلی ایران در دوره (۲۰۰۵-۱۹۵۶) کشف کردند. آروین و همکاران (۱۳۹۵: ۱۵۳)، به کمک روش‌های من-کندال و تخمین‌گر شیب‌سن نشان دادند؛ بارش ایستگاه‌های کوه‌رنگ، لردگان و یان‌چشمه استان چهارمحال و بختیاری در پرباران‌ترین ماه سال در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارای روند کاهشی است. قصاب‌فیض و اسلامی (۱۳۹۶: ۱۱۳)، تغییرات زمانی بارندگی خوزستان (۶۱-۱۳۶۰ تا ۹۳-۱۳۹۲)، را به کمک شیب خط وایزش و آزمون من-کندال در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی و نشان دادند علی‌رغم روند در همه‌ی ایستگاه‌ها، با توجه به عدم معنی‌داری روند در بیشتر ایستگاه‌ها نمی‌توان نتیجه گرفت تغییر اقلیم رخ داده است. حسینی (۱۳۹۷: ۱۵۱)، در بررسی روند بارش جنوب‌غرب آسیا (۲۰۰۹-۱۹۶۰) به کمک وایزش خطی بیان می‌کند، اغلب کشورهای این پهنه در طول سال یا فاقد شیب روند و



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه (جنوب و جنوب غرب ایران).

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب محدوده مورد مطالعه (جنوب و جنوب غرب ایران).

| ارتفاع | طول   |       | عرض   |       | ایستگاه         | رتبه | ارتفاع | طول   |       | عرض جغرافیایی |       | ایستگاه       | رتبه |
|--------|-------|-------|-------|-------|-----------------|------|--------|-------|-------|---------------|-------|---------------|------|
|        | دقیقه | ثانیه | دقیقه | ثانیه |                 |      |        | دقیقه | ثانیه | دقیقه         | ثانیه |               |      |
| ۲۲۶۰   | ۵۱    | ۱۸    | ۳۱    | ۵۹    | بروجن           | ۲۳   | ۵,۲    | ۴۶    | ۵۷    | ۲۵            | ۳۸    | بندر جاسک     | ۱    |
| ۲۰۴۸,۹ | ۵۰    | ۵۱    | ۳۲    | ۱۷    | شهرکرد          | ۲۴   | ۶,۶    | ۵۴    | ۵۰    | ۲۵            | ۵۰    | جزیره         | ۲    |
| ۲۲۸۵   | ۵۰    | ۰۷    | ۳۲    | ۲۶    | کوهرنگ          | ۲۵   | ۴,۴    | ۵۴    | ۲۹    | ۲۵            | ۵۳    | جزیره سیری    | ۳    |
| ۲۳۲    | ۴۷    | ۱۶    | ۳۲    | ۴۱    | دهلران          | ۲۶   | ۳۰     | ۵۳    | ۵۹    | ۲۶            | ۳۰    | جزیره کیش     | ۴    |
| ۱۳۳۷   | ۴۶    | ۲۶    | ۳۳    | ۳۸    | ایلام           | ۲۷   | ۲۲,۷   | ۵۴    | ۵۰    | ۲۶            | ۳۲    | بندر لنگه     | ۵    |
| ۶,۶    | ۴۸    | ۱۵    | ۳۰    | ۲۲    | آبادان          | ۲۸   | ۲۹,۶   | ۵۷    | ۰۵    | ۲۷            | ۰۶    | میناب         | ۶    |
| ۶,۲    | ۴۹    | ۰۹    | ۳۰    | ۳۳    | بندر ماهشهر     | ۲۹   | ۹,۸    | ۵۶    | ۲۲    | ۲۷            | ۱۳    | بندر عباس     | ۷    |
| ۳۱۳    | ۵۰    | ۱۴    | ۳۰    | ۳۶    | بهبهان          | ۳۰   | ۴۱۱    | ۵۳    | ۰۷    | ۲۷            | ۱۸    | فرودگاه لامرد | ۸    |
| ۲۷     | ۴۹    | ۴۰    | ۳۰    | ۴۶    | امیدیه          | ۳۱   | ۷۹۲    | ۵۴    | ۱۷    | ۲۷            | ۴۱    | لار           | ۹    |
| ۳۴,۹   | ۴۹    | ۳۹    | ۳۰    | ۴۶    | امیدیه (پایگاه) | ۳۲   | ۱۰۹۸,  | ۵۴    | ۱۷    | ۲۸            | ۴۷    | حسن آباد      | ۱۰   |
| ۱۵۰,۵  | ۴۹    | ۳۶    | ۳۱    | ۱۶    | رامهرمز         | ۳۳   | ۱۲۸۸,  | ۵۳    | ۴۱    | ۲۸            | ۵۸    | فسا           | ۱۱   |

|    |             |    |    |    |    |       |    |             |    |    |    |    |       |
|----|-------------|----|----|----|----|-------|----|-------------|----|----|----|----|-------|
| ۱۲ | شیراز       | ۳۲ | ۲۹ | ۳۶ | ۵۲ | ۱۴۸۴  | ۳۴ | اهواز       | ۲۰ | ۳۱ | ۴۰ | ۴۸ | ۲۲,۵  |
| ۱۳ | زرقان       | ۴۷ | ۲۹ | ۴۳ | ۵۲ | ۱۵۹۶  | ۳۵ | بستان       | ۴۳ | ۳۱ | ۰۰ | ۴۸ | ۷,۸   |
| ۱۴ | سد درود زن  | ۱۱ | ۳۰ | ۲۷ | ۵۲ | ۱۶۵۲  | ۳۶ | ایذه        | ۵۱ | ۳۱ | ۵۲ | ۴۹ | ۷۶۷   |
| ۱۵ | اقلید فارس  | ۵۴ | ۳۰ | ۳۸ | ۵۲ | ۲۳۰۰  | ۳۷ | مسجد سلیمان | ۵۶ | ۳۱ | ۱۷ | ۴۹ | ۳۲۰,۵ |
| ۱۶ | آباده       | ۱۱ | ۳۱ | ۴۰ | ۵۲ | ۲۰۳۰  | ۳۸ | شوستر       | ۰۳ | ۳۲ | ۵۰ | ۴۸ | ۶۷    |
| ۱۷ | کنگان جم    | ۴۹ | ۲۷ | ۲۲ | ۵۲ | ۶۵۵   | ۳۹ | صفی آباد    | ۱۶ | ۳۲ | ۲۵ | ۴۸ | ۸۲,۹  |
| ۱۸ | بندر دیر    | ۵۰ | ۲۷ | ۵۶ | ۵۱ | ۴     | ۴۰ | دزفول       | ۲۴ | ۳۲ | ۲۳ | ۴۸ | ۱۴۳   |
| ۱۹ | بوشهر ساحلی | ۵۴ | ۲۸ | ۴۹ | ۵۰ | ۸,۴   | ۴۱ | الیگودرز    | ۲۴ | ۳۳ | ۴۲ | ۴۹ | ۲۰,۲۲ |
| ۲۰ | بوشهر       | ۵۸ | ۲۸ | ۴۹ | ۵۰ | ۹     | ۴۲ | خرم آباد    | ۲۶ | ۳۳ | ۱۷ | ۴۸ | ۱۱۴۸  |
| ۲۱ | دوگنبدان    | ۲۰ | ۳۰ | ۴۹ | ۵۰ | ۷۲۶   | ۴۳ | بروجرد      | ۵۵ | ۳۳ | ۴۵ | ۴۸ | ۱۶۲۹  |
| ۲۲ | ياسوج       | ۴۱ | ۳۰ | ۳۳ | ۵۱ | ۱۸۱۶, |    |             |    |    |    |    |       |

### تحلیل روش‌های آماری

برای بررسی روند شدت بارش‌های سامانه سودانی از سه مسیر مستقل ورودی استان‌های خوزستان، بوشهر و هرمزگان که منطبق بر سه مسیر اصلی (الف، ب و ج) پژوهش لشکری (۱۳۸۱) است، ایستگاه‌های نمونه مطالعاتی هر مسیر جدا گردید. بطوریکه؛ مسیر خوزستان شامل ۲۳ ایستگاه از استان‌های خوزستان، ایلام، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری و لرستان، مسیر بوشهر شامل ۱۵ ایستگاه از استان‌های بوشهر، فارس و کهگیلویه و بویراحمد و مسیر هرمزگان شامل ۷ ایستگاه از خود استان است. پس از آماده سازی و صحت‌سنجی داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد به کمک روش ران‌تست، برپایه معیار ایستگاه‌های نماینده ورود سامانه‌های سودانی از مسیرهای سه‌گانه (ایستگاه اهواز نماینده ورود سامانه سودانی در محدوده جنوب‌غرب، ایستگاه بوشهر به عنوان نماینده ورود مسیر جنوب‌میانی و ایستگاه بندرعباس به عنوان نماینده ورود مسیر جنوب‌شرقی)، فراوانی ورود آن‌ها (۲۰۱۷-۱۹۹۵) برپایه شاخص‌های مورد نظر (۱- ریزش حداقل یک میلی‌متر بارش در ۵۰ درصد ایستگاه‌های هر مسیر. ۲- حداقل در یکی از ایستگاه‌های هر مسیر بارش پنج میلی‌متر و بیشتر رخ داده باشد. ۳- در

ایستگاه نماینده ورود هر مسیر بارش رخ داده و یا از آن‌جا شروع شده باشد.) فراوانی ورود این سامانه‌ها و معدل بارش آن‌ها به تفکیک سالانه، ماهانه و دوره تداوم برای مجموع ایستگاه‌های هر مسیر از داده‌های بارش روزانه (۲۰۱۷-۱۹۹۵) استخراج گردید. اما در مواردی برای شناسایی و تفکیک سامانه‌های سودانی از سامانه‌های ادغامی (سودانی-مدیترانه‌ای) یا مدیترانه‌ای از بررسی چشمی نقشه‌های ترسیمی تراز دریا و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال استفاده گردید. بررسی نتایج آزمون کلموگروف-اسمیرنوف<sup>۱</sup> و آماره‌های چولگی، کشیدگی، عدم انطباق میانگین‌داده‌ها بر میانه و وجود داده‌های صفر و پرت در سری داده‌های معدل سالانه، ماهانه و دوره‌های تداوم این سامانه‌ها، در برخی از سال‌ها نشان داد، توزیع داده‌ها از تقارن کامل برخوردار نیست. همچنین بررسی برخی مطالعات پژوهشگران خارجی و داخلی در پیشینه پژوهش حاضر که در پژوهش خود از این دست داده‌ها استفاده کرده‌اند نشان داد اکثراً به طور همزمان از ترکیب روش‌های پارامتریک (وایزش خطی، خط بهترین برازش<sup>۲</sup> و خطای کمترین مربعات<sup>۳</sup>) و ناپارامتریک (من-کندال و تخمین‌گر شیب‌سن) برای بررسی روند در رژیم‌های

1- Kolmogorov-Smirnov test  
1- line of best fit  
2- Least Square Error

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (3)$$

در ادامه روند شدت بارش سامانه‌های سودانی به کمک روش ناپارامتری من-کنдал در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی می‌گردد. این آزمون ابتداء توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کنдал (۱۹۷۵)، برپایه رتبه داده‌ها در یکسری زمانی گسترش یافت. این آزمون به دو روش آماری (T) و نموداری برآورد می‌شود که در پژوهش حاضر از روش آماری آن استفاده می‌گردد. چرا که این روش کمتر به مقادیر حدی، صفر، پرت، توزیع سری داده‌ها، خطاهای احتمالی در داده‌ها و چولگی یا کشیدگی آن‌ها حساس است. در کل این آزمون برای تصادفی بودن و تعیین روند در سری‌ها و برای مشخص کردن غیر پارامتریک بودن سری‌ها به کارگرفته می‌شود، بدین‌سان که سری‌های آماری به ترتیب صعودی مرتب و رتبه‌بندی شده و بر پایه آن تصادفی بودن یا نبودن داده‌ها آشکار می‌گردد که در صورت وجود روند داده‌ها غیر تصادفی است. برای تعیین تصادفی بودن داده‌ها از رابطه (۴) استفاده می‌گردد.

$$T = \frac{4P}{N(N-1)} - 1 \quad (4)$$

در این رابطه (۴)، N تعداد کل سال‌های آماری مورد استفاده و P مجموع تعداد رتبه‌های بزرگ‌تر از ردیف  $n_i$  که بعد از آن قرار می‌گیرند که از رابطه (۵) دست می‌آید.

$$P = \sum_{i=1}^n n_i \quad (5)$$

این آماره برای  $N > 10$  به توزیع نرمال با میانگین صفر واریانس  $\frac{4N+10}{9(N-1)}$  شبیه است. در نهایت برای سنجش معنی‌دار بودن آماره T از رابطه (۶)، استفاده می‌شود. که در آن

مختلف بارش استفاده و به نتایج دقیق و تقریباً همسانی دست یافته‌اند. از این رو در پژوهش به منظور بررسی روند شدت بارش سامانه‌های سودانی در سه مسیر مستقل ورودی استان‌های خوزستان، بوشهر و هرمزگان از روش پارامتریک خط بهترین برازش برای نمایش و برآورد روند، و از روش-های ناپارامتریک من-کنдал و تخمین‌گر شیب‌سن بترتیب برای شناسایی معنی‌داری و شیب تغییرات روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده می‌گردد تا ضمن شناسایی روندهای احتمالی شدت بارش، نتایج دو روش پارامتریک و ناپارامتریک در برآورد روند و شیب تغییرات شدت بارش با هم مقایسه گردد. در تحلیل وایزش خطی باید بهترین خطی که بر مختصات نقاط حاصل از دو متغیر وابسته (شدت بارش) و مستقل (زمان) بر یک صفحه وجود دارد، تعیین گردد. یکی از روش‌های برازش خطی، روش خطای کمترین مربعات است که در این روش خط طوری روی نقاط برازش داده می‌شود که مجموع مربعات انحرافات به حداقل برسد. در این روش معادله برازش خط به صورت رابطه ۱ است:

$$\hat{y}_i = a + bt_i \quad (1)$$

در این معادله،  $Y_i$  مختصات خط به ازای  $t_i$ های مختلف است. جزء  $a + bt_i$  به عنوان مؤلفه قطعی موسوم است که در آن  $a$  عرض از مبدأ و  $b$  شیب خط حاصل از معادله است. در این روش، شیب خط را با رابطه ۲ و عرض از مبدأ با رابطه ۳ برآورد می‌شود (عساکره و همکاران، ۱۳۹۶: ۳۰۷). در این روش مقادیر شیب خط مثبت، منفی و صفر به ترتیب نشان دهنده‌ی روند افزایشی، کاهشی و عدم روند است. همچنین در این روش برای بررسی معنی‌داری روند از مقادیر P-value استفاده می‌گردد. بطوریکه اگر مقدار آن از سطح خطای مورد نظر (۰/۰۵) کمتر باشد، روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار است.

به دست آمده در سطوح اعتماد مختلف می‌باشد. مراحل کلی انجام این آزمون به این شرح می‌باشد: الف) برآورد شیب بین هر جفت داده مشاهده‌ای است که با به کارگیری رابطه (۷) به دست می‌آید که در آن  $X_t$  و  $X_s$ ، بترتیب داده‌های مشاهده‌ای در زمان‌های  $t$  و  $s$ ،  $t$  یک واحد زمانی بعد از زمان  $s$  می‌باشد. با اعمال رابطه (۷) برای هر دو جفت داده مشاهده‌ای، یکسری زمانی از شیب‌های برآورد شده حاصل می‌آید که از برآورد میانه این سری زمانی شیب میانه خط روند ( $Q_{med}$ ) به دست می‌آید.

$$Q = \frac{X_t - X_s}{t - s} \quad (۷)$$

ب) برآورد پارامتر  $Ca$  در سطوح اعتماد مورد آزمون به کمک رابطه (۸) بدست می‌آید که در آن  $Z$  آماره توزیع نرمال استاندارد می‌باشد و در یک آزمون دو دامنه بسته به سطوح اعتماد مورد آزمون می‌تواند مقادیر مختلفی به خود بگیرد. این آماره برای سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب برابر با  $Z=1/96$  و  $Z=2/58$  در نظر گرفته می‌شود.

$$Ca = Z_{1-\alpha/2} * \sqrt{\text{var}(s)} \quad (۸)$$

ج) برآورد حدود اعتماد بالا و پایین ( $M_2$  و  $M_1$ )، که به کمک روابط ۹ و ۱۰ بدست می‌آید که در آن  $N'$  تعداد شیب‌های برآورد شده در بند (الف) می‌باشد. د) مرحله نهایی این روش، آزمون نمودن حدود اعتماد برآورد شده می‌باشد. به این ترتیب که از بین شیب‌های برآورد شده توسط رابطه (۷)،  $M_1$  امین و  $(M_2+1)$  امین شیب‌ها استخراج می‌گردند. در آزمون تخمین‌گر شیب‌سن مقادیر مثبت، منفی و صفر شیب میانه ( $Q_{med}$ ) به ترتیب نشان دهنده روند افزایشی، کاهش و پایدار است که اگر عدد صفر در دامنه بین شیب کمینه و بیشینه ( $Q_{min}$  و  $Q_{max}$ )، قرار نگیرد، فرض صفر رد و روند در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد معنی‌دار است و

$N$  تعداد کل سال‌های آماری،  $tg$  برابر سطح احتمال معنی‌دار بودن آزمون و  $t(T)$  آماره من کندال می‌باشد. که  $tg$  برابر مقدار بحرانی نمره نرمال یا استاندارد ( $Z$ ) یا سطح احتمال آزمون است و با سطح احتمال آزمون ۹۵ درصد برابر  $1/96$  می‌باشد.

$$(T)_t = \pm tg \sqrt{\frac{4N + 10}{9N(N - 1)}} \quad (۹)$$

با توجه به مقدار بحرانی به دست آمده برای  $t(T)$  حالات مختلف بدین شرح، مشاهده خواهد شد: اگر  $T > +t(T)$  یا  $T < -t(T)$  باشد روند مثبت، اگر  $T > +t(T)$  یا  $T < -t(T)$  باشد روند منفی و اگر  $+t(T) > T > -t(T)$  یا  $-t(T) > T > +t(T)$  باشد هیچ‌گونه روند مهمی در سری‌های زمانی مشاهده نشده و سری‌ها تصادفی هستند (معروف نژاد و قاسمی، ۱۳۹۶) و چنانچه مقدار آماره در یکی از دامنه‌های  $Z < -1/65$  و  $Z > 1/65$ ،  $Z < -1/96$  و  $Z > 1/96$  باشد فرض صفر رد و روند به ترتیب در سطح ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد معنی‌دار و در غیر این صورت فرض صفر تأیید و روند معنی‌دار نیست. در بررسی سری‌های زمانی در مواردی که در آن‌ها تعداد داده‌های صفر زیاد باشد، تخمین‌گر شیب‌سن بهتر از آزمون من-کندال است (حجرام و همکاران ۱۳۸۷). از این رو در ادامه جهت بررسی میزان شیب تغییرات احتمالی روند شدت بارش سامانه‌های سودانی از روش ناپارامتریک تخمین‌گر شیب‌سن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده می‌گردد. سن (۱۹۶۸)، با توسعه و بسط یک سری مطالعات آماری که تهیل (۱۹۵۰)، به انجام رسانده بود یک روش ناپارامتری را جهت تحلیل سری‌های زمانی ارائه نمود. این روش مانند روش من-کندال از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک‌سری زمانی بهره می‌گیرد. نقاط قوتی که در روش من-کندال هست در این روش هم وجود دارد. اساس این روش بر برآورد یک شیب میانه برای سری زمانی و قضاوت نمودن در مورد معنی‌داری شیب



بررسی گردید. نتایج جدول (۲) براساس معدل سالانه بارش این سامانه‌ها نشان می‌دهد شدت و ضریب تغییرات بارش این سامانه‌ها از غرب بسوی شرق منطقه مورد مطالعه افزایش می‌یابد. بطوریکه کمترین شدت و ضریب تغییرات بارش در ایستگاه‌های مسیر خوزستان در غرب منطقه مورد مطالعه و بیشترین شدت و ضریب تغییرات بارش در ایستگاه‌های مسیر استان هرمزگان در شرق منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌گردد. شکل (۲) روند شدت بارش سامانه‌های سودانی را براساس معدل سالانه (۲۰۱۷-۱۹۹۵)، در ایستگاه‌های مسیرهای سه‌گانه کاهشی نشان می‌دهد. نتایج جدول (۳) شیب تغییرات این روندها در هر سه مسیر بین ۰/۰۴- تا ۰/۱- میلی‌متر طی دوره نشان می‌دهد، که این روند بسیار جزئی و قابل چشم‌پوشی (۰/۱- میلی‌متر طی دوره) فقط در ایستگاه‌های مسیر بوشهر (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) معنی‌دار است. بنابراین بر این اساس می‌توان گفت شدت بارش سامانه‌های سودانی در مسیرهای سه‌گانه فاقد روند و شیب تغییرات قابل توجه و معنی‌داری است که بتوان آن را به تغییرات آب و هوای نسبت داد.

اگر داخل دامنه شیب کمینه و بیشینه قرار گیرد، فرض صفر تأیید و روند معنی‌دار نیست (حجام و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۶۱).

$$M_1 = \frac{N' + C_\alpha}{2} \quad (9)$$

$$M_2 = \frac{N' - C_\alpha}{2} \quad (10)$$

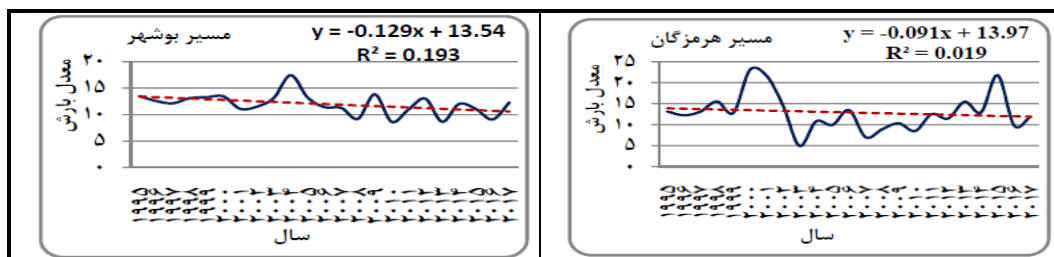
در کل مبنای این روش‌های آماری رد یا تأیید دو فرض صفر ( $H_0$ ) و فرض یک ( $H_1$ ) است. بطوریکه پذیرش فرض صفر نشان دهنده‌ی تصادفی بودن و عدم وجود روند و پذیرش فرض یک دال بر غیرتصادفی بودن و وجود روند در سری زمانی داده‌ها است.

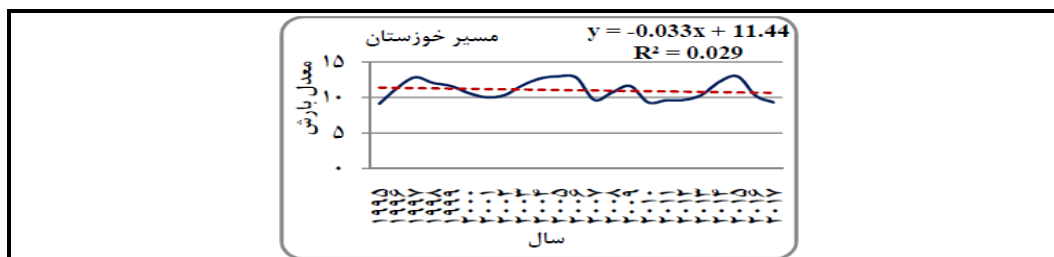
### نتایج و بحث

سامانه‌ی سودانی مهم‌ترین سامانه بارش‌زا در جنوب و جنوب‌غرب ایران است. از مهم‌ترین ویژگی‌های بارش این سامانه‌ها نوسان و شدت آن‌ها است. از این رو در پژوهش حاضر روند شدت بارش این سامانه‌ها براساس معدل سالانه، ماهانه و دوره‌های تداوم آن‌ها در دوره‌ی ۲۰۱۷-۱۹۹۵ در سه مسیر مستقل ورودی استان‌های خوزستان، بوشهر و هرمزگان

جدول ۲- آمار توصیفی معدل سالانه بارش سامانه سودانی در ایستگاه‌های مسیرهای سه‌گانه (۲۰۱۷-۱۹۹۵).

| آماره‌ها          | مسیر هرمزگان | مسیر بوشهر | مسیر خوزستان |
|-------------------|--------------|------------|--------------|
| میانگین           | ۱۲/۹         | ۱۲         | ۱۱/۰۴        |
| انحراف معیار (Sd) | ۴/۴۸۴۹۰      | ۱/۹۹۳۴۲    | ۱/۳۲۹۰۶      |
| ضریب تغییرات (CV) | ۳۴/۸۲        | ۱۶/۶       | ۱۲/۰۴        |





شکل ۲- روند شدت بارش سامانه سودانی مسیره‌های سه گانه، براساس معدل سالانه بارش آن‌ها (۲۰۱۷-۱۹۹۵).

جدول ۳- روند شدت بارش سامانه سودانی مسیره‌های سه گانه، براساس معدل سالانه بارش آن‌ها (۲۰۱۷-۱۹۹۵).

| آزمون تخمین گر سن (میلی متر طی دوره) |         |         |       | آزمون من-کندل |       | نام مسیر     |
|--------------------------------------|---------|---------|-------|---------------|-------|--------------|
| B                                    | Qmax.95 | Qmin.95 | Qmed  | Sig           | Z     |              |
| ۱۳/۱۷                                | ۰/۲۰    | -۰/۳۲   | -۰/۰۸ | .....         | -۰/۸۵ | مسیر هرمزگان |
| ۱۳/۱۵                                | -۰/۰۱   | -۰/۲۵   | -۰/۱۰ | *             | -۲/۲۷ | مسیر بوشهر   |
| ۱۱/۲۸                                | ۰/۰۶    | -۰/۱۳   | -۰/۰۴ | .....         | -۰/۷۱ | مسیر خوزستان |

سطح معنی داری: ۹۹ درصد (\*\*\*)، ۹۵ درصد (\*)، ۹۰ درصد (+) و فاقد معنی داری (.....).

علاوه بر تغییرات مکانی و ماهانه که دارای نظم خاصی نیست، دارای تغییرات زمانی است. در ادامه بحث روند شدت بارش سامانه‌های سودانی براساس معدل ماهانه بارش در سطح اطمینان ۹۵ درصد در هر سه مسیر بررسی می‌گردد. شکل (۳-الف)، نشان می‌دهد روند شدت بارش سامانه سودانی در ایستگاه‌های مسیر استان هرمزگان در ماه‌های آوریل و نوامبر افزایشی و در ۴ ماه دیگر کاهش‌ی است. اما نتایج جدول (۵)، نشان می‌دهد این روندها در تمام ماه‌ها (به جز ۰/۸- ژانویه) با شیب تغییرات صفر فاقد روند و شیب تغییرات معنی‌دار است. شکل (۳-ب)، نشان می‌دهد روند شدت بارش سامانه‌های سودانی مسیر استان بوشهر در ماه‌های مه، اکتبر و نوامبر افزایشی و در ۵ ماه دیگر کاهش‌ی است. اما نتایج جدول (۵)، نشان می‌دهد شیب تغییرات این روندها در ماه‌های آوریل، مه و اکتبر صفر و در ۵ ماه دیگر بین ۰/۵۸- تا ۰/۵۵ میلی‌متر طی دوره در نوسان است که این روند و شیب تغییرات تنها در ماه نوامبر با شیب تغییرات بسیار جزئی (به میزان ۰/۵۵ میلی‌متر طی دوره) معنی‌دار و در بقیه ماه‌ها فاقد روند و شیب تغییرات معنی‌دار است. شکل (۳-ج) نشان می‌دهد، روند شدت بارش سامانه‌های سودانی

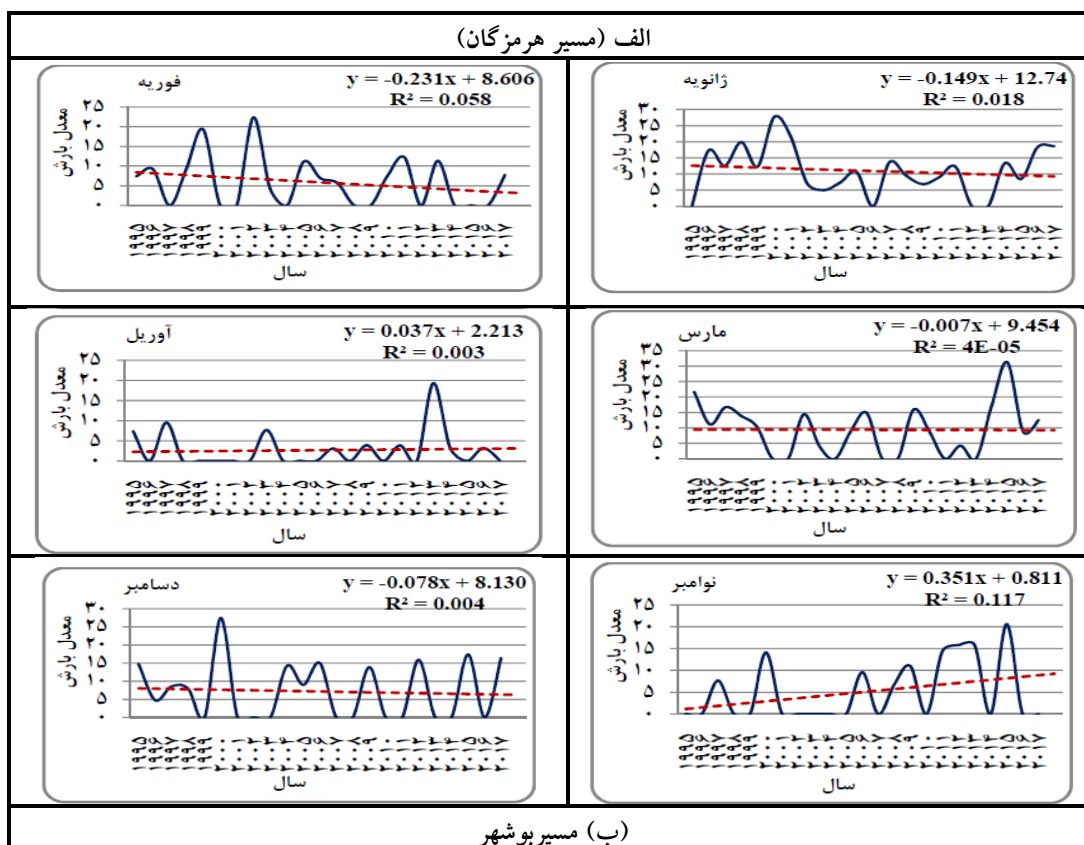
نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد، شروع، اوج و خاتمه بارش سامانه سودانی در مسیرهای ورودی استان‌های خوزستان، بوشهر و هرمزگان به ترتیب فصل پاییز (ماه اکتبر)، زمستان (ماه ژانویه) و اواسط فصل بهار (اواخر ماه مه) است. با این تفاوت که در مسیر هرمزگان یک ماه دیرتر (در ماه نوامبر) شروع و یک ماه زودتر (در ماه آوریل) خاتمه می‌یابد. در این مسیرها بیشترین معدل ماهانه بارش در ماه‌های ژانویه، نوامبر و دسامبر و کمترین در آوریل و مه است البته در ایستگاه‌های هرمزگان بیشترین معدل بارش در ژانویه است. ضریب تغییرات معدل ماهانه بارش آن‌ها در هر سه مسیر بالا است. اما در این بین ثبات بارش ژانویه در هر سه مسیر از بقیه ماه‌ها بیشتر و در دو ماه آوریل و مه از همه کمتر است. در کل براساس مقایسه میزان شدت بارش و ضریب تغییرات آن‌ها در مسیرهای سه‌گانه (خوزستان، بوشهر و هرمزگان) با هم، مشخص گردید نوسان و شدت بارش این سامانه‌ها از غرب به شرق منطقه مورد مطالعه افزایش می‌یابد. براساس معدل ماهانه، شدت و ثبات بارش سامانه‌های سودانی در فصل زمستان بیشتر از دو فصل پاییز و بهار است. شدت بارش سامانه سودانی براساس معدل بارش ماهانه (۲۰۱۷-۱۹۹۵)،

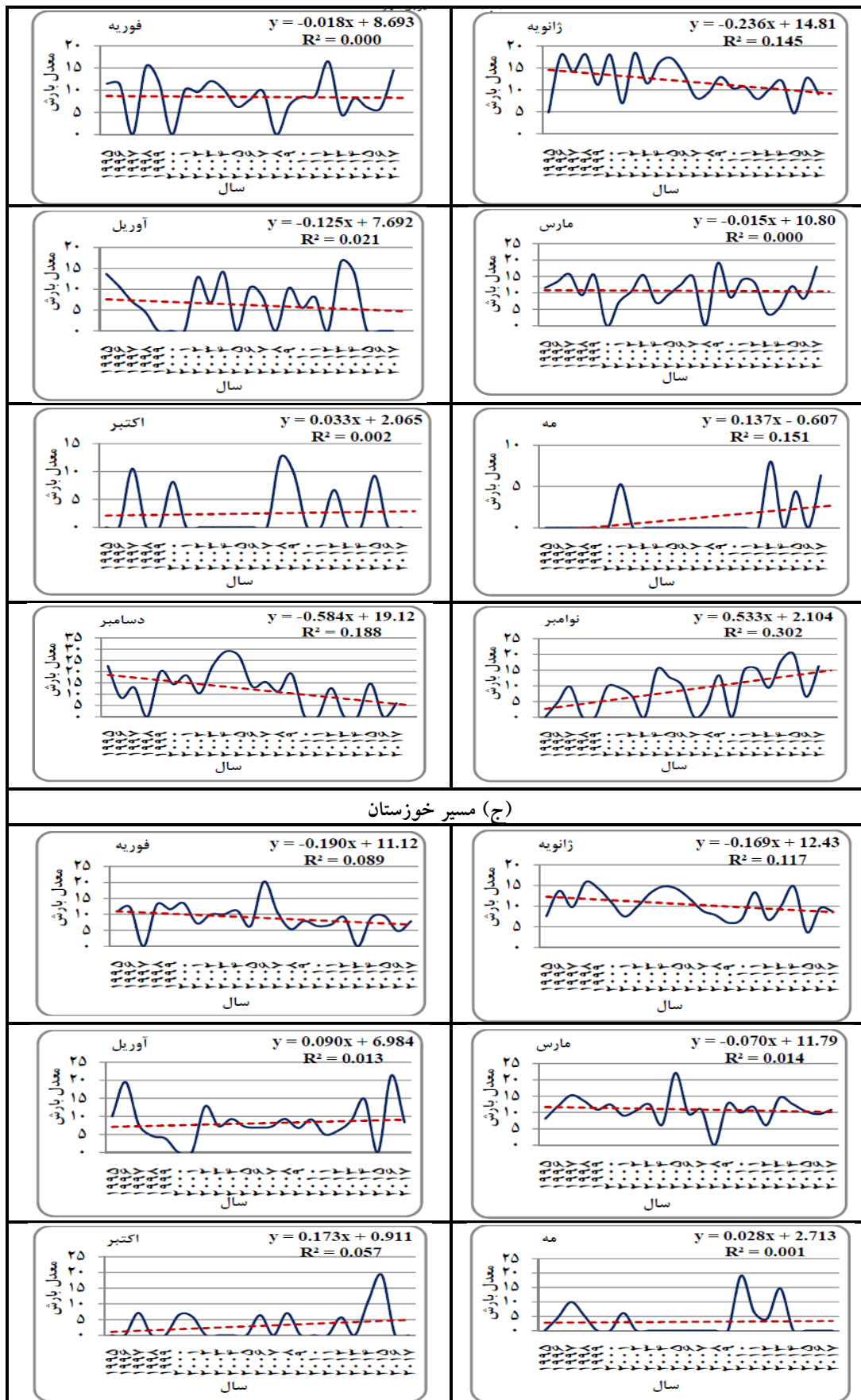
معنی‌دار است. در نتیجه روند شدت بارش سامانه‌های سودانی در مسیرهای سه‌گانه براساس معدل ماهانه بارش، بجز روند بسیار جزئی و قابل چشم‌پوشی نوامبر در مسیر بوشهر و فوریه در مسیر خوزستان فاقد روند و شیب تغییرات قابل توجه و معنی‌داری است که بتوان آن را به تغییرات آب و هوایی نسبت داد.

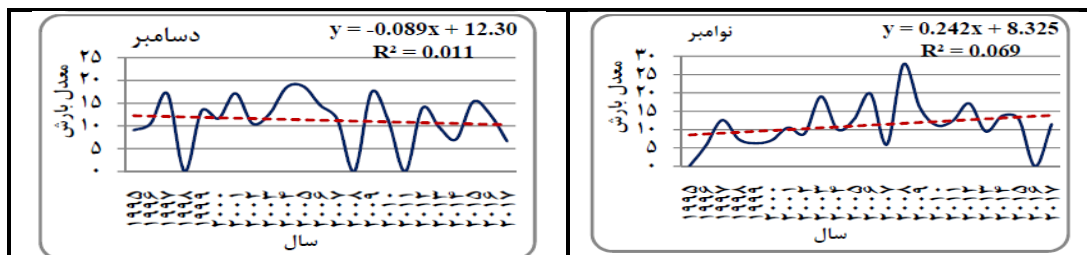
در ایستگاه‌های مسیر خوزستان در ماه‌های آوریل، مه، اکتبر و نوامبر افزایشی و در ۴ ماه دیگر کاهش‌ی است. اما نتایج جدول (۵)، شیب تغییرات این روندها در ماه‌های مه و اکتبر صفر و در شش ماه دیگر بین ۰/۳۳ تا ۰/۲۱- میلی‌متر طی دوره در نوسان نشان می‌دهد که این روند و شیب تغییرات بسیار جزئی فقط در ماه فوریه (به میزان ۰/۲۱- میلی‌متر طی دوره) معنی‌دار و در بقیه ماه‌ها فاقد روند و شیب تغییرات

جدول ۴- آمار توصیفی معدل ماهانه بارش سامانه سودانی مسیرهای سه‌گانه به ایران (۱۹۹۵-۲۰۱۷).

| مسیر    | آماره‌ها          | ژانویه | فوریه  | مارس  | آوریل  | مه     | اکتبر  | نوامبر | دسامبر |
|---------|-------------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| هرمزگان | میانگین           | ۱۰/۹۵  | ۵/۸۳   | ۹/۳۶  | ۲/۶۶   | .....  | .....  | ۵/۰۳   | ۷/۱۹   |
|         | انحراف معیار (Sd) | ۷/۴۵   | ۶/۵۰   | ۸/۴۱  | ۴/۶۴   | .....  | .....  | ۶/۹۵   | ۸/۱۶   |
|         | ضریب تغییرات (cv) | ۶۸     | ۱۱۱/۴۱ | ۸۹/۸۳ | ۱۷۴/۴۰ | .....  | .....  | ۱۳۸/۳۰ | ۱۱۳/۶۰ |
| بوشهر   | میانگین           | ۱۱/۹۷  | ۸/۴۷   | ۱۰/۶۲ | ۶/۱۹   | ۱/۰۵   | ۲/۴۷   | ۸/۵۰   | ۱۲/۱۱  |
|         | انحراف معیار (Sd) | ۴/۲۱   | ۴/۵۱   | ۵/۱۶  | ۵/۸۰   | ۲/۴۰   | ۴/۳۶   | ۶/۵۷   | ۹/۱۳   |
|         | ضریب تغییرات (cv) | ۳۵/۲۰  | ۵۳/۳۰  | ۴۸/۶۰ | ۹۳/۷۰  | ۲۲۹/۵۰ | ۱۷۶/۴۰ | ۷۷/۳۰  | ۷۵/۴۰  |
| خوزستان | میانگین           | ۱۰/۴۰  | ۸/۸۵   | ۱۰/۹۵ | ۸/۰۷   | ۳/۰۵   | ۲/۹۹   | ۱۱/۲۳  | ۱۱/۲۳  |
|         | انحراف معیار (Sd) | ۳/۳۵   | ۴/۳۲   | ۴/۰۲  | ۵/۳۳   | ۵/۲۶   | ۴/۹۱   | ۶/۲۴   | ۵/۵۷   |
|         | ضریب تغییرات (cv) | ۳۲/۲۳  | ۴۸/۸۴  | ۳۶/۷۳ | ۶۶/۱۰  | ۱۷۲/۳۰ | ۱۶۴/۴۰ | ۵۵/۶۰  | ۴۹/۵۱  |







شکل ۳- روند شدت بارش سامانه‌های سودانی براساس معدل ماهانه در ایستگاه‌های مسیره‌های سه‌گانه (۱۹۹۵-۲۰۱۷).

جدول ۵- روند شدت بارش سامانه‌های سودانی براساس معدل ماهانه، ایستگاه‌های مسیره‌های سه‌گانه (۱۹۹۵-۲۰۱۷).

| نام مسیر              | نام ماه | آزمون من-کندل |       | آزمون تخمین‌گر سن (میلی متر طی دوره) |         |        |
|-----------------------|---------|---------------|-------|--------------------------------------|---------|--------|
|                       |         | Sig           | Z     | Qmax.95                              | Qmin.95 | Qmed   |
| الف<br>(مسیر هرمزگان) | ژانویه  | .....         | -۰/۴۲ | ۰/۵۱                                 | -۰/۶۸   | -۰/۰۸  |
|                       | فوریه   | .....         | -۰/۷۵ | ۰/۰۰                                 | -۰/۵۶   | ۰/۰۰   |
|                       | مارس    | .....         | -۰/۳۵ | ۰/۳۷                                 | -۰/۶۷   | ۰/۰۰   |
|                       | آوریل   | .....         | ۰/۲۷  | ۰/۰۰۰                                | ۰/۰۰۰   | ۰/۰۰۰  |
|                       | نوامبر  | +             | ۱/۷۵  | ۰/۷۸۵                                | ۰/۰۰۰   | ۰/۰۰۰  |
|                       | دسامبر  | .....         | -۰/۱۴ | ۰/۱۱۱                                | -۰/۴۴۰  | ۰/۰۰۰  |
| ب<br>(مسیر بوشهر)     | ژانویه  | +             | -۱/۹۰ | ۰/۰۴                                 | -۰/۵۵   | -۰/۲۹  |
|                       | فوریه   | .....         | -۱/۱۴ | ۰/۱۷                                 | -۰/۳۶   | -۰/۱۷  |
|                       | مارس    | .....         | -۰/۳۴ | ۰/۳۶                                 | -۰/۳۷   | -۰/۰۵  |
|                       | آوریل   | .....         | -۰/۷۶ | ۰/۰۶۱                                | -۰/۵۶۱  | ۰/۰۰۰  |
|                       | مه      | ++            | ۱/۷۳  | ۰/۰۰۰                                | ۰/۰۰۰   | ۰/۰۰۰  |
|                       | اکتبر   | .....         | ۰/۱۴  | ۰/۰۰۰                                | ۰/۰۰۰   | ۰/۰۰۰  |
| ج<br>(مسیر خوزستان)   | نوامبر  | **            | ۲/۶۹  | ۰/۹۳۵                                | ۰/۰۸۶   | ۰/۵۴۹  |
|                       | دسامبر  | +             | -۱/۷۹ | ۰/۰۰۰                                | -۱/۱۸۴  | -۰/۵۷۸ |
|                       | ژانویه  | .....         | -۱/۵۸ | ۰/۰۵                                 | -۰/۴۴   | -۰/۲۰  |
|                       | فوریه   | *             | -۲/۱۴ | -۰/۰۲                                | -۰/۴۰   | -۰/۲۱  |
|                       | مارس    | .....         | -۰/۵۵ | ۰/۱۲                                 | -۰/۲۴   | -۰/۰۶  |
|                       | آوریل   | .....         | ۰/۱۳  | ۰/۴۱۳                                | -۰/۲۳   | ۰/۰۱۵  |
|                       | مه      | .....         | -۰/۴۱ | ۰/۰۰۰                                | ۰/۰۰۰   | ۰/۰۰۰  |
|                       | اکتبر   | .....         | ۰/۴۷  | ۰/۰۰۰                                | ۰/۰۰۰   | ۰/۰۰۰  |
| نوامبر                | +       | ۱/۷۷          | ۰/۶۴۲ | -۰/۰۵۸                               | ۰/۳۲۵   |        |
| دسامبر                | .....   | -۰/۴۵         | ۰/۲۳۶ | -۰/۴۵۴                               | -۰/۰۷۷  |        |

سطح معنی داری: ۹۹ درصد (\*\*\*)، ۹۵ درصد (\*)، ۹۰ درصد (+) و فاقد معنی داری (.....).

سه روزه و بیشتر بررسی می‌گردند. در مسیره‌های سه‌گانه سامانه‌های یک تا سه روزه در مسیر هرمزگان حدود ۰/۸۶ و در دو مسیر دیگر ۰/۶۹ کل سامانه‌ها را شامل می‌شوند. اما به طور کلی بیشترین فراوانی و معدل بارش و کمترین ضریب تغییرات مربوط به سامانه‌های دو روزه است. بنابراین تعداد بارش‌های شدید سامانه‌های سودانی در منطقه مورد مطالعه از فراوانی و ثبات بیشتری برخوردارند که بر شدت این ویژگی‌ها به سمت شرق منطقه مورد مطالعه و ایستگاه-

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد، سامانه‌های سودانی طی دوره مورد مطالعه (۱۹۹۵-۲۰۱۷)، در ایستگاه‌های مسیر ورودی استان‌های خوزستان و بوشهر یک تا ده روزه و در مسیر ورودی استان هرمزگان یک تا نه روزه است. تعدادی از این دوره‌های تداوم در مسیره‌های سه‌گانه دارای فراوانی بسیار کمی بودند. از این رو با هم جمع و در مسیره‌های سه‌گانه استان‌های خوزستان، بوشهر و هرمزگان به ترتیب تحت عنوان سامانه‌های هفت روزه و بیشتر، شش روزه و بیشتر و

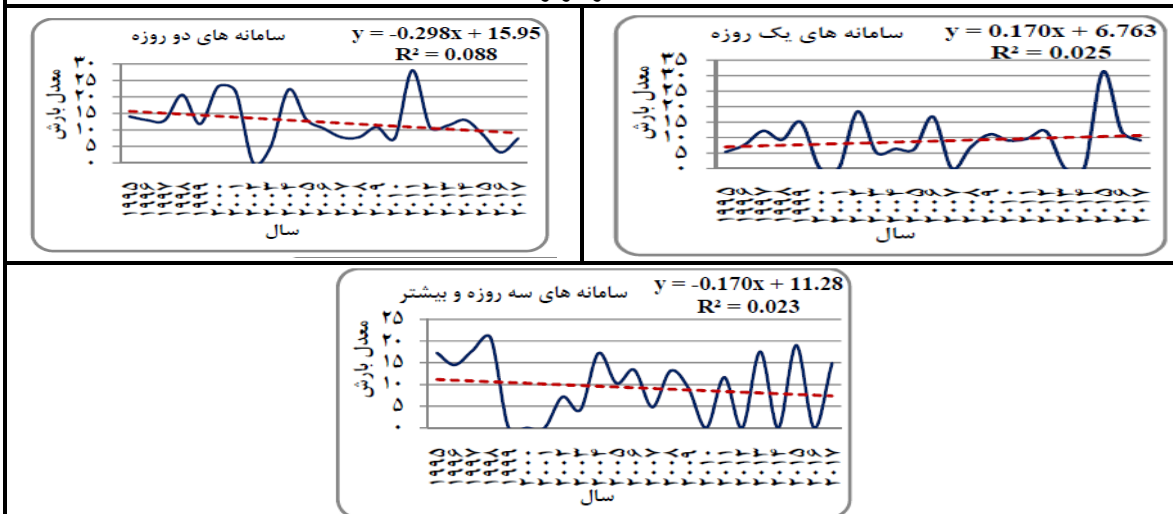
طی دروه در نوسان است که این شیب تغییرات جزئی تنها در سامانه‌های دو روزه (با مقدار بسیار جزئی ۰/۲۶- میلی‌متر طی دوره) معنی‌دار است. شکل (۴-ج)، نشان می‌دهد روند شدت بارش سامانه‌های سودانی در ایستگاه‌های مسیر استان خوزستان در سامانه‌های یک، دو و شش روزه افزایشی و در بقیه سامانه‌ها کاهش می‌دهد. اما نتایج جدول (۷-ج) نشان می‌دهد مقدار شیب تغییرات این روندها در سامانه‌های یک، پنج و شش روزه صفر و در بقیه سامانه بین ۰/۰۳ تا ۰/۱۶- میلی‌متر طی دوره در نوسان است که هیچ‌کدام معنی‌دار نیست. بنابراین روند شدت بارش سامانه‌های سودانی در مسیرهای سه‌گانه براساس معدل بارش سامانه‌ها به تفکیک دوره تداوم بارش به غیر از مقدار جزئی و قابل چشم‌پوشی سامانه‌های دو روزه مسیر بوشهر فاقد روند قابل توجه و معنی‌داری است که بتوان آن را به تغییرات آب و هوایی نسبت داد.

های مسیر هرمزگان افزوده می‌شود. در ادامه بحث روند شدت بارش سامانه‌های سودانی در مسیرهای سه‌گانه براساس معدل بارش آن‌ها به تفکیک دوره‌های تداوم (۲۰۱۷-۱۹۹۵) در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی گردید. در این خصوص؛ شکل (۴-الف)، نشان می‌دهد روند شدت بارش در ایستگاه‌های مسیر استان هرمزگان در سامانه‌های یک روزه افزایشی و در بقیه سامانه‌ها کاهش می‌دهد. اما نتایج جدول (۷-الف) نشان می‌دهد میزان شیب تغییرات این روندها بین ۰/۱۲ تا ۰/۲۷- میلی‌متر طی دوره در نوسان است که هیچ‌کدام معنی‌دار نیست. شکل (۴-ب)، نشان می‌دهد روند شدت بارش سامانه‌های سودانی در ایستگاه‌های مسیر استان بوشهر در سامانه‌های سه و چهار روزه افزایشی و در بقیه سامانه‌ها کاهش می‌دهد. اما نتایج جدول (۷-ب) نشان می‌دهد میزان شیب تغییرات این روندها در سامانه‌های چهار روزه صفر و در بقیه سامانه‌ها بین ۰/۰۸- تا ۰/۴۳- میلی‌متر

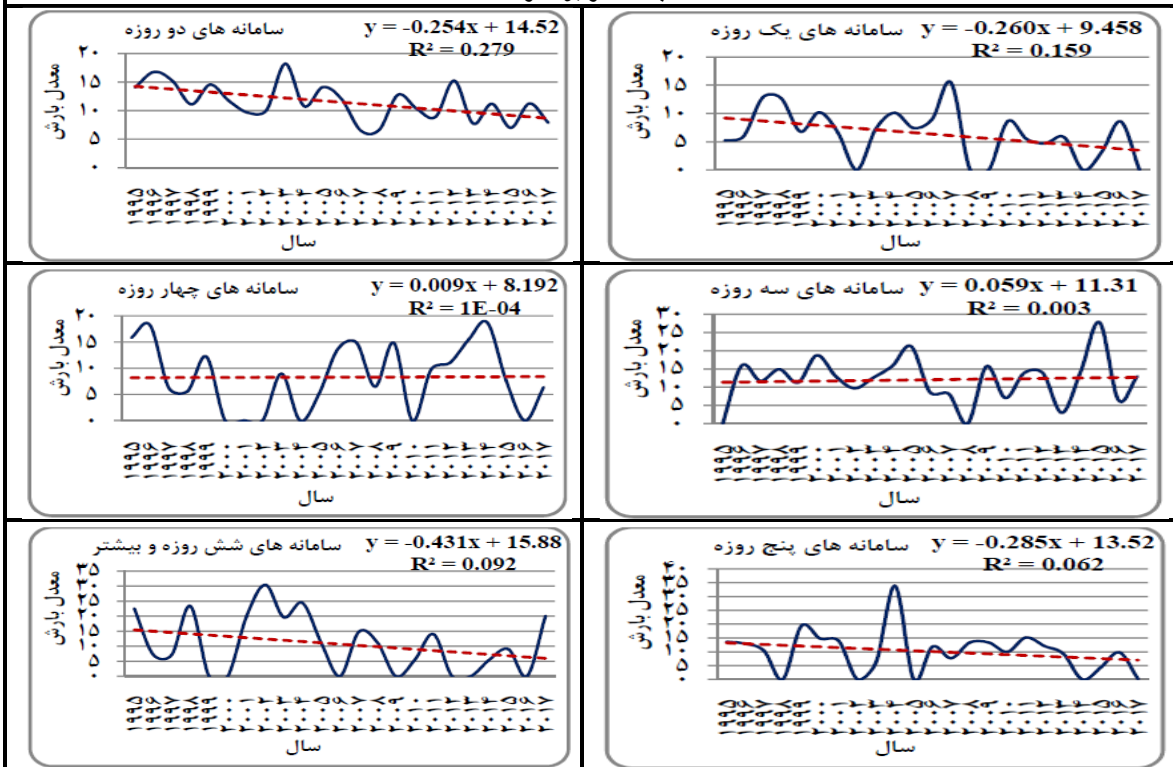
جدول ۶- آمار توصیفی معدل بارش سامانه سودانی در مسیرهای سه‌گانه به تفکیک دوره تداوم (۲۰۱۷-۱۹۹۵).

| نام مسیر | آماره             | یک روزه | دو روزه | سه روزه | چهار روزه | پنج روزه | شش روزه | سه روزه و بیشتر | شش روزه و بیشتر | هفت روزه و بیشتر |
|----------|-------------------|---------|---------|---------|-----------|----------|---------|-----------------|-----------------|------------------|
| هرمزگان  | میانگین           | ۸/۸۱    | ۱۲/۳۶   | .....   | .....     | .....    | .....   | ۹/۲۴۶           | .....           | .....            |
|          | انحراف معیار (Sd) | ۷/۲۷    | ۶/۸۱    | .....   | .....     | .....    | .....   | ۷/۵۱۶           | .....           | .....            |
|          | ضریب تغییرات (cv) | ۸۲/۵۹   | ۵۵/۰۴   | .....   | .....     | .....    | .....   | ۸۱/۳۰           | .....           | .....            |
| بوشهر    | میانگین           | ۶/۳۳۶   | ۱۱/۴۷   | ۱۲/۰۲   | ۸/۳۰۴     | ۱۰/۱۰    | .....   | .....           | .....           | ۱۰/۷۱            |
|          | انحراف معیار (Sd) | ۴/۴۱۵   | ۳/۲۶۹   | ۶/۴۰۸   | ۶/۳۸۷     | ۷/۷۶۴    | .....   | .....           | .....           | ۹/۶۳۹            |
|          | ضریب تغییرات (cv) | ۶۹/۶۷   | ۲۸/۵۰   | ۵۳/۳۰   | ۷۶/۹۱     | ۷۶/۸۵    | .....   | .....           | .....           | ۹۰/۰۴            |
| خوزستان  | میانگین           | ۶/۴۵۷   | ۱۰/۸۶   | ۱۰/۹۹   | ۱۰/۲۵     | ۸/۲۲۸    | ۷/۲۹۸   | .....           | .....           | ۷/۰۲۷            |
|          | انحراف معیار (Sd) | ۳/۷۴۴   | ۲/۲۷۴   | ۳/۳۲۵   | ۵/۲۵۱     | ۷/۴۳۶    | ۶/۹۴۷   | .....           | .....           | ۵/۲۳۱            |
|          | ضریب تغییرات (cv) | ۵۸      | ۲۰/۹۴   | ۳۰/۲۵   | ۵۱/۲۲     | ۹۰/۳۷    | ۹۵/۱۹   | .....           | .....           | ۷۴/۴۴            |

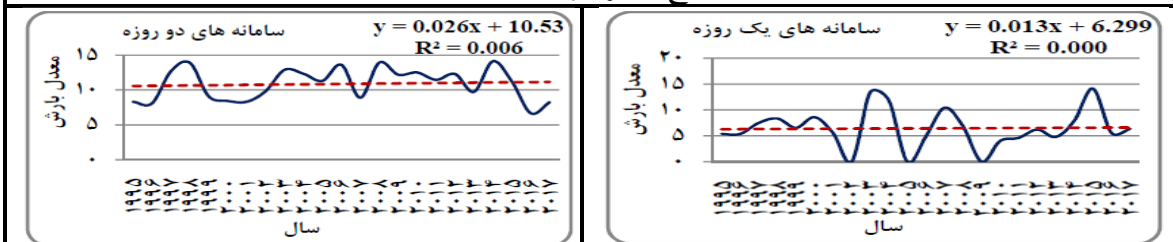
الف (مسیر هرمزگان)

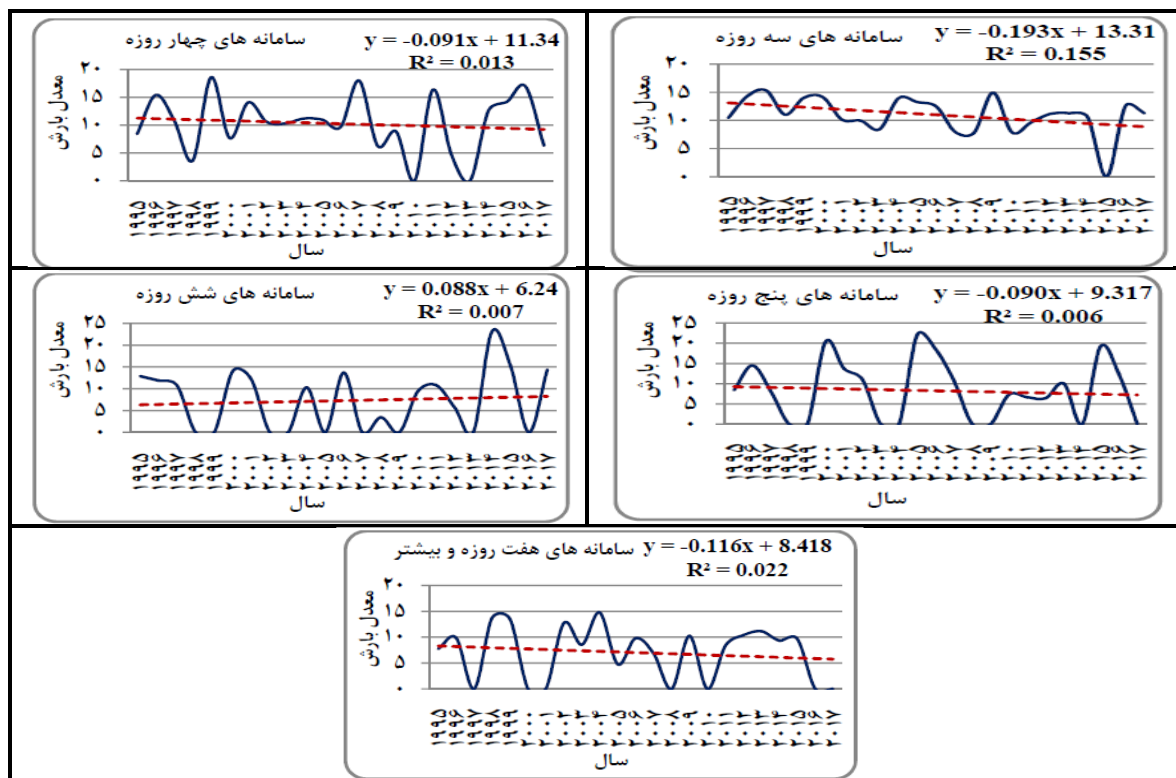


ب (مسیر بوشهر)



ج (مسیر خوزستان)





شکل ۴- روند شدت بارش سامانه‌های سودانی به تفکیک دوره تداوم در مسیرهای سه گانه (۱۹۹۵-۲۰۱۷).

جدول ۷- روند شدت بارش سامانه‌های سودانی به تفکیک دوره تداوم در مسیرهای سه گانه (۱۹۹۵-۲۰۱۷).

| آزمون تخمین گر سن (میلی متر طی دوره) |         |         |        | آزمون من-کندل |       | دوره تداوم      | نام مسیر           |
|--------------------------------------|---------|---------|--------|---------------|-------|-----------------|--------------------|
| B                                    | Qmax.95 | Qmin.95 | Qmed   | Sig           | Z     |                 |                    |
| ۷/۲۶                                 | ۰/۵۶    | -۰/۳۱   | ۰/۱۲   | .....         | ۰/۵۸  | یک روزه         | الف (مسیر هرمزگان) |
| ۱۳/۹۱                                | ۰/۰۳    | -۰/۶۸   | -۰/۲۷  | +             | -۱/۷۷ | دو روزه         |                    |
| ۱۰/۴۲                                | ۰/۳۹    | -۰/۷۰   | -۰/۰۱  | .....         | -۰/۵۶ | سه روزه و بیشتر |                    |
| ۹/۰۶                                 | ۰/۰۰    | -۰/۵۴   | -۰/۲۴  | +             | -۱/۷۵ | یک روزه         | ب (مسیر بوشهر)     |
| ۱۴/۰۵                                | -۰/۰۷   | -۰/۴۷   | -۰/۲۶  | *             | -۲/۱۷ | دو روزه         |                    |
| ۱۳/۴۵                                | ۰/۴۱    | -۰/۴۲   | -۰/۰۸  | .....         | -۰/۳۷ | سه روزه         |                    |
| ۷/۶۳                                 | ۰/۵۴۱   | -۰/۴۵۸  | ۰/۰۰۰  | .....         | ۰/۱۹  | چهار روزه       |                    |
| ۱۳/۶۶                                | ۰/۰۳۴   | -۰/۷۰۲  | -۰/۲۴۱ | .....         | -۱/۵۴ | پنج روزه        |                    |
| ۱۵/۳۴                                | ۰/۰۱۲   | -۱/۲۱۱  | -۰/۴۲۹ | .....         | -۱/۳۷ | شش روزه و بیشتر | ج (مسیر خوزستان)   |
| ۶/۲۰                                 | ۰/۲۹    | -۰/۱۷   | ۰/۰۰   | .....         | ۰/۰۸  | یک روزه         |                    |
| ۱۰/۹۶                                | ۰/۲۳    | -۰/۱۲   | ۰/۰۳   | .....         | ۰/۲۹  | دو روزه         |                    |
| ۱۳/۹۴                                | ۰/۰۳    | -۰/۳۰   | -۰/۱۶  | .....         | -۱/۶۴ | سه روزه         |                    |
| ۱۱/۲۰                                | ۰/۲۹۳   | -۰/۴۸۱  | -۰/۱۱۳ | .....         | -۰/۴۰ | چهار روزه       |                    |
| ۸/۲۳                                 | ۰/۳۶۱   | -۰/۵۹۷  | ۰/۰۰۰  | .....         | -۰/۵۹ | پنج روزه        |                    |
| ۹/۳۹                                 | ۰/۳۸۹   | -۰/۳۰۲  | ۰/۰۰۰  | .....         | ۰/۲۷  | شش روزه         |                    |
| ۸/۶۶                                 | ۰/۱۸۲   | -۰/۴۲۸  | -۰/۰۱۰ | .....         | -۰/۶۲ | هفت روز و بیشتر |                    |

سطح معنی داری: ۹۹درصد (\*\*), ۹۵درصد (\*), ۹۰درصد (+) و فاقد معنی داری (.....).

### نتیجه گیری

سامانه سودانی مهم‌ترین سامانه بارش‌زا در حوضه آبریز خلیج فارس و قسمت غربی حوضه آبریز دریای عمان است



که نقش اول در ایجاد بارش مناطق جنوب و جنوب‌غرب ایران ایفا می‌کند. بارش‌های این سامانه مهم‌ترین منبع تامین آب در این مناطق است. یکی از ویژگی‌های بارش این سامانه‌ها شدت آن‌ها است. از این رو در پژوهش حاضر، روند شدت بارش آن‌ها براساس معدل سالانه، ماهانه و دوره تداوم بارش (۲۰۱۷-۱۹۹۵) آن‌ها در سه مسیر مستقل ورودی استان‌های خوزستان، بوشهر و هرمزگان که منطبق بر سه مسیر اصلی (الف، ب و ج) پژوهش لشکری (۱۳۸۱) است، بررسی گردید. نتایج بررسی آمار توصیفی داده‌های بارش این سامانه‌ها در مسیرهای سه‌گانه نشان داد؛ شروع، اوج گسترش و خاتمه بارش آن‌ها در منطقه مورد مطالعه به ترتیب در فصل پاییز (ماه اکتبر)، زمستان (ماه ژانویه) و اواسط فصل بهار (اواخر ماه مه) است. با این تفاوت که در ایستگاه‌های مسیر استان هرمزگان یک ماه دیرتر (در ماه نوامبر) شروع و یک ماه زودتر (در ماه آوریل) خاتمه می‌یابد. شدت بارش این سامانه‌ها در ماه‌های ژانویه، نوامبر و دسامبر از بقیه ماه‌ها بیشتر و با ثبات‌تر است. اما در ماه‌های فوریه، مارس، آوریل و مه شدت کمتر اما رگباری و پرنوسان‌تر است. علاوه بر این شدت و نوسانات بارش سامانه‌های سودانی از غرب به شرق منطقه مورد مطالعه افزایشی است. این نتایج با یافته‌های مفید و زرین (۱۳۸۴)، لشکری و همکاران (۱۳۹۲) و احمد و همکاران (Ahmad et al, 2018) همخوانی دارد. بارش سامانه‌های سودانی طی دوره مورد مطالعه از نظر دوره تداوم بارش علاوه بر مسیرهای سه‌گانه در داخل خود هر مسیر هم یکسان نیستند. سامانه‌های سودانی منطقه از نظر دوره تداوم بارش یک تا ده روزه هستند که در مسیر هرمزگان حدود ۰/۸۶ و در دو مسیر دیگر ۰/۶۹ آن‌ها یک تا سه روزه است که در این بین بیشترین فراوانی مربوط به سامانه‌های دو روزه است. بارش بیشتر سامانه‌های سودانی در منطقه مورد مطالعه بیشتر کوتاه مدت (سامانه‌های دو روزه) و بندرت سامانه‌های پنج روزه و بیشتر در آن‌ها دیده می‌شود در نتیجه ماهیت شدت بارش آن‌ها در کل منطقه باید به عنوان یک اصل پذیرفت. در این بین شدت بارش سامانه‌های دو روزه از همه بیشتر و با ثبات‌تر است. اما در سامانه‌های با دوره تداوم پنج روزه و بیشتر شدت بارش کمتر ولی پرنوسان‌تر است. این نتایج با یافته‌های فتح‌نیا (۱۳۸۴)، بیات و همکاران (۱۳۹۶) و مفاخری و همکاران (۱۳۹۶) همخوانی دارد. در ادامه به منظور

پاسخ‌گویی به سؤال پژوهش حاضر روند شدت بارش سامانه‌های سودانی به تفکیک براساس معدل سالانه، ماهانه و دوره‌های تداوم بارش به کمک روش وایزش خطی و آزمون‌های من-کندال و تخمین‌گر شیب سن در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی شد. نتایج نشان داد که شدت بارش سامانه‌های سودانی براساس معدل سالانه بارش (۲۰۱۷-۱۹۹۵)، در ایستگاه‌های هر سه مسیر بین ۰/۰۴- تا ۰/۱- میلی‌متر طی دوره کاهش یافته که تنها شیب تغییرات بسیار جزئی و قابل چشم‌پوشی مسیر استان بوشهر (۰/۱- میلی‌متر طی دوره) معنی‌دار است. نتایج بررسی روند شدت بارش سامانه‌های سودانی براساس معدل ماهانه بارش (اکتبر تا مه) در مسیرهای سه‌گانه (خوزستان، بوشهر و هرمزگان) نشان داد؛ در ایستگاه‌های مسیر استان خوزستان روند شدت بارش در ماه‌های آوریل، مه، اکتبر و نوامبر افزایشی و در چهار ماه دیگر کاهش است. شیب تغییرات این روندها در ماه‌های مه و اکتبر صفر و در شش ماه دیگر بین ۰/۳۳- تا ۰/۲۱- میلی‌متر طی دوره در نوسان است که این تغییرات افزایشی و کاهش‌ی بسیار جزئی و قابل چشم‌پوشی تنها در ماه فوریه (۰/۲۱- میلی‌متر طی دوره) معنی‌دار است. در ایستگاه‌های مسیر استان بوشهر روند شدت بارش در ماه‌های مه، اکتبر و نوامبر افزایشی و در پنج ماه دیگر کاهش است. شیب تغییرات این روندها در ماه‌های آوریل، مه و اکتبر صفر و در پنج ماه دیگر بین ۰/۵۸- تا ۰/۵۵- میلی‌متر طی دوره در نوسان است که این شیب تغییرات افزایشی و کاهش‌ی بسیار جزئی و قابل چشم‌پوشی تنها در ماه نوامبر (به مقدار افزایشی جزئی ۰/۵۵- میلی‌متر طی دوره) معنی‌دار است. در ایستگاه‌های مسیر استان هرمزگان روند شدت بارش در ماه‌های آوریل و نوامبر افزایشی و در چهار ماه دیگر کاهش است. شیب تغییرات این روندها در ژانویه ۰/۰۸- میلی‌متر طی دوره و در بقیه ماه‌ها صفر و در کل این مسیر فاقد روند و شیب تغییرات معناداری است. نتایج بررسی روند شدت بارش سامانه‌های سودانی در مسیرهای سه‌گانه براساس معدل بارش آن‌ها به تفکیک دوره‌های تداوم (۲۰۱۷-۱۹۹۵) نشان داد؛ در ایستگاه‌های مسیر استان خوزستان شدت بارش در سامانه‌های یک، دو و شش روزه افزایشی و در بقیه کاهش است. اما شیب تغییرات این روندها در سامانه‌های یک، پنج و شش روزه صفر و در بقیه سامانه‌ها بین ۰/۰۳- تا

ماهانه و دوره تداوم بارش، فاقد روند و شیب تغییرات قابل توجه و معنی‌داری است که بتوان آن را به تغییرات آب و هوایی نسبت داد. همچنین یافته‌های بدست آمده از هر دو روش پارامتریک و ناپارامتریک بسیار بهم نزدیک است. این نتایج با یافته‌های طبری و حسین‌زاده طلایی (۲۰۱۱)، مسبوت و همکاران (Mathbout et al, 2018)، قصاب فیض و اسلامی (۱۳۹۶)، حسینی (۱۳۹۷)، ییمر و همکاران (Yimer et al, 2018) و ادنجال (Eddenjal, 2019) همخوانی دارد. لازم به یاد آوری است، که بارش بیشتر سامانه‌های سودانی در منطقه مورد مطالعه پرنوسان و کوتاه مدت (یک تا سه روزه) و بندرت در قالب سامانه‌های پنج روزه و بیشتر رخ می‌دهند. در نتیجه همچنان باید ماهیت رگباری و شدید بارش‌های سامانه‌های سودانی در مسیرهای ورودی خوزستان، بوشهر و هرمزگان به عنوان ویژگی اصلی بارش این سامانه‌ها پذیرفت و همچنان رخداد بارش‌های شدید، وقوع سیل، خشکسالی و فرسایش آبی از مهم‌ترین تهدیدات پیش روی مناطق مورد مطالعه دانست. چرا که بخشی از علت وقوع این پدیده‌ها به ماهیت بارش سامانه‌های سودانی مرتبط است.

#### منابع

1. Samman, A. E., & Gallus Jr, W. A. (2018). A classification of synoptic patterns inducing heavy precipitation in Saudi Arabia during the period 2000-2014. *Atmosfera*, 31(1), 47-67.
2. Ansari, S. (2003). Synoptic Investigation of Flooding Systems in Kohgiluyeh Boyer Ahmad Watersheds. Supervisor: Alijani, B. Master, Thesis. Teacher Training University of Tehran. Faculty of Literature and Humanities. Geography Group. Tehran.
3. Arvin, A., Ghangramah, A., Hajipour, D., Heydari, M. (2016). Investigation The Changes In Some Climate Elements In Chaharmahal Bakhtiari Province. *Journal of Applied Research in Geography*. (41)13, 153-176.
4. Asakereh, H., Ghaemi, H., & Beyranvand, A. (2015). Trend Analysis of the Recent Seasonal Changes in Subtropical Jet Stream in Climate of Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 47(1), 57-72.

۰/۱۶- میلی‌متر طی دوره در نوسان است که هیچ‌کدام از این روندها معنی‌دار نیست. در ایستگاه‌های مسیر استان بوشهر شدت بارش در سامانه‌های سه و چهار روزه افزایشی و در بقیه سامانه‌ها کاهش‌ی است. اما شیب تغییرات این روندها در سامانه‌های چهار روزه صفر و در بقیه سامانه‌ها بین ۰/۰۸- تا ۰/۴۳- میلی‌متر طی دوره در نوسان است که این روندهای جزئی و قابل چشم‌پوشی در مسیر استان بوشهر تنها در سامانه‌های دو روزه (به میزان ۰/۲۶- میلی‌متر طی دوره) معنی‌دار است. در ایستگاه‌های مسیر استان هرمزگان روند شدت بارش در سامانه‌های یک روزه افزایشی و در بقیه سامانه‌ها کاهش‌ی است. شیب تغییرات این روندها در بین ۰/۱۲ تا ۰/۲۷- میلی‌متر طی دوره در نوسان است که هیچ‌کدام معنی‌دار نیست. در کل از یک سو به علت عدم معنی‌داری بیشتر روندها و شیب تغییرات مشاهداتی و از سوی دیگر به علت مقادیر بسیار جزئی شیب تغییرات (کم‌تر از ۰/۰۶ میلی‌متر طی دوره) در موارد خیلی کمی که روند در آن‌ها در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بود، می‌توان نتیجه گرفت؛ شدت بارش سامانه‌های سودانی در مسیرهای سه‌گانه استان-های خوزستان، بوشهر و هرمزگان براساس معدل سالانه،

5. Azarakhshi, M., Farzad Mehr, J., Eslah, M., Sahabi, H. (2013). Investigation of annual and seasonal trends of precipitation and temperature parameters in different climates of Iran. *Journal of Range and Watershed Management* و 66(1), 1-16.
6. Babaei Feni, A. Farajzadeh, M. (2002). Patterns of Spatial and Temporal Changes in Precipitation in Iran. *Journal of Teacher of Humanities*. 6(4), 51-70.
7. Basem Ajjur, S. Riffi, M. I. (2020). Analysis of the observed trends in daily extreme precipitation indices in Gaza Strip during 1974-2016. *International Journal of Climatology*. Pp: 6189-6200. <https://doi.org/10.1002/joc.6576>
8. Bayat, A., Sallighah, M., Akbari, M. (2017). Climatology of winter rainy cyclones in Iran. *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, forth year. No. 2. Tehran. 18-1.
9. Bougara, H. Baba Hamed, K. Borgemeister, C. Tischbein, B. And Kumar, N. (2020). Analyzing Trend and Variability of Rainfall in The Tafna Basin (Northwestern Algeria). *Atmosphere*, 11(4).347; <https://doi.org/10.3390/atmos11040347>.

10. Diop L., Bodian A., and Diallo D. (2016). spatiotemporal trend analysis of the mean annual rainfall in Senegal. *European scientific journal*, vol,12. No,12. Pp:231-245.
11. Duhan, D., and A, Pandey. (2013). Statistical analysis of long term spatial and temporal trends of precipitation during 1901–2002 at Madhya Pradesh, India. *Atmospheric Research*. No. 122. Pp:136-149.
12. Eddenjal, A. S. (2019). Spatio Temporal Variability of Rainfall Across Western Libya from 1979 to 2009. *Current Environmental*, 6(3), 235-244.
13. Fatah Nia, Amanullah. (2005). Routing and frequencying of precipitation systems in western Iran in the period (1990-1999). Master Thesis. Trabiati Modares University.
14. Feidas, H., Nouloupoulou, Ch. T, Makrogiannis, T., Bora-Senta, B. (2007). Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955–2001. *Theor, Appl, Climatol*. No. 87. Pp:155–177.
15. Gandmokar, Amir. (2010). Synoptic survey of heavy rainfall in southern areas of Bushehr province. *Journal of Geographical Perspectives (Scientific-Research)*. No,4(10) . Pp:143-157.
16. Ghasab fiz, M., and H, Aslami. (2017). Evaluation Trend of Rainfall Changes by Mann Kendall and Linear Regression in Khuzestan Province. *Journal of Water Engineering*. No,5(2). Pp:113-121.
17. Hajjam, S., Y. Khoush Khou, and R. Shams Aldin Vandani. (2008). Annual and seasonal precipitation trend analysis of some selective meteorological stations in central region of Iran using non-parametric methods. *Geographical Research Quarterly*. No, 40(64). Pp:157-168.
18. Hossaini sayed mohammad. (2018). Analysis of the trend of precipitation in southwest Asia over the last half century. *Journal of Applied Research in Geography*. No, (94)18. Pp:151-166.
19. Jain, SK., V, Kumar. and M, Saharia. (2013). Analysis of rainfall and temperature trends in northeast India. *International Journal of Climatology*. No, 33: Pp:968-978.
20. Javanmaed, S., I, Babaeian. J, Badaghamali. And A, Shahabfar. (2003). Investigation the Correlation Between Kazakhstan-Oman Pressure Changes with Iranian Rainfall Fluctuations. *Journal of Geographical Research*. No, (4)18. Pp:134-150.
21. Jiang, T., B, Su. and H, Hartmann. (2007). Temporal and spatial trends of precipitation and River flow in the Yangtze River basin, 1961-2000. *Geomorphology*. No, 85. Pp:143-154.
22. Kampata, J.M., B.P, Parida. & D.B, Moalafhi. (2008). Trend analysis of rainfall in the headstreams of the Zambezi River Basin in Zambia. *Physics and Chemistry of the Earth*. Vol, 33. Pp: 621–625.
23. Katiraei, P., Hajjam, S., Iran nezhad, P. (2007). Contribution from the variation of precipitation frequency and daily intensity to the precipitation trend in Iran over the period 1960-2001. *Journal of the earth and space physics*. 33(1), 67-83.
24. Khosravi, Y., Aazami, J. Rajaei, M. Motavali. (2019). Investigating the Trends and Fluctuations of Precipitation in the Golpayegan Salty Wetland. *Journal of Environmental Science Studies*. 3 (4), 851-861.
25. Lashkari, H. (2002). Routing of Sudanese low pressure system to Iran. *Modarres Magazine*. 6(2), 133-156.
26. Lashkari, H., Ghaimi, H., Parrak, F., (2013). Analysis of the rainfall regime in the south and southwest of the country. *Sepehr Magazine*. 22(85), 57-63.
27. Mafakheri, Omid. Muhammad, Salighah. Behloul, Alijani & Mehri, Akbari. (2017). Identification and zoning of temporal changes and precipitation uniformity in Iran, *Natural Geography Research*. Volume 3. Number 2. Pages 205-191
28. Marofnezhds, A., Ghasemi S. (2017). The trend of temperature changes, using the Mann-Kendall method (Case study: four cities of Chaharmahal and Bakhtiari province), *Environmental Planning Quarterly*. 37, 149 -166
29. Masoudian, S. A. (2008). *Iran Climatology*. Isfahan University press. Pp: 179.
30. Masoudian, S.A., Montazeri, M. (2006). Analysis of climate drought trends of Iranian watersheds in the last half century. Vice Chancellor for Research of water Resources Management Company. Sponsor Vice Chancellor for Research, Isfahan University.
31. Mathbout, S., Lopez-Bustins, J. A., Royé, D., Martin-Vide, J., Bech, J., & Rodrigo, F. S. (2018). Observed changes in daily precipitation extremes at annual timescale over the eastern Mediterranean during

- 1961–2012. *Pure and Applied Geophysics*, 175(11), 3875-3890.
32. Merabtene, T., Siddique, M., & Shanableh, A. (2016). Assessment of seasonal and annual rainfall trends and variability in Sharjah City, UAE. *Advances in Meteorology*, 2016.
33. Mofidi, E., and A, Zarin. (2005). Synoptic Analysis of the Nature of Sudanese's Low Pressure Systems (Case Study: Hurricane December 2001). *Geographical Land Journal*. 2(6), 24-48.
35. Mohammadi, B. (2011). Analysis of annual rainfall trend in Iran. *Journal of Geography and Environmental Planning*, 43(3), 106-95.
36. Mohammadi, H., Ftahi, E., Shamsipour, A., Akbari, M. (2012). Dynamic analysis of Sudanses systems and the occurrence of heavy rainfall in southwestern Iran. *Journal of Applied Research in Geography*. 12(24), 7-24.
37. Montazeri, M., Nami, M. H., Dalaii, H. (2013). Synoptic Analysis of heavy rainfall November 21, 2011 Kohgiluyeh Boyer Ahmad Province (Lick). *Geographical Land Journal*. 10(37), 77-91.
38. Mulugeta, S., Fedler, C., & Ayana, M. (2019). Analysis of long-term trends of annual and seasonal rainfall in the Awash River Basin, Ethiopia. *Water*, 11(7), 1498.
39. Omidvar, K., Koushaki, H., Ebrahimi, R., Yadollahi, A. (2015). Synoptic-Dynamic Analysis of Extreme and Rare precipitation, April 9-13, 2007, South and Southwest of Iran. *Journal of Climatological Research*. 6(23), 79-90.
40. Omidvar, K., Türkes, M., (2013). Identification of heavy rainfall patterns in Chaharmahal Bakhtiari province. *Journal of Teacher of Humanities- Space Planning and Preparation*. 16(4).135-169.
41. Parrak, F., Roshani, A., Alijani, B. (2015). Synoptic Investigation of Sudanese Low Pressure System in the Occurrence of Wetlands and Droughts in the Southern Sub-Region of Iran. *Journal of Geography and Environmental Hazards*. (4)15. 75-90.
42. Tabari, H., & Talaei, P. H. (2011). Temporal variability of precipitation over Iran: 1966–2005. *Journal of Hydrology*, 396(3-4), 313-320.
43. Gado, T. A., El-Hagrasy, R. M., & Rashwan, I. M. H. (2019). Spatial and temporal rainfall changes in Egypt. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(27), 28228-28242.
44. Wale, V. D., Sthool, V. A., & Upadhye, S. K. Analysis of annual rainfall and rainy days trend using Mann Kendall method and sen's slope estimator in Sangli District of Maharashtra.
45. Mohammed, Y., Yimer, F., Tadesse, M., & Tesfaye, K. (2018). Variability and trends of rainfall extreme events in north east highlands of Ethiopia. *Int J Hydro*, 2(5), 594-605.