

بررسی تغییرات بارش سامانه کم‌فشار سودان طی روند تاریخی در منطقه جنوب غرب ایران

فهیمة محمدی - دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی دانشگاه شهید بهشتی، گروه جغرافیای طبیعی
حسن لشکری* - دانشیار جغرافیا، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی، گروه جغرافیای طبیعی

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۹

چکیده

فراوانی تعداد روزهای بارش، شدت، و مدت دوام آن همواره مورد توجه اقلیم‌شناسان و مهندسان و کارشناسان مسائل آب بوده است. در این راستا، در این پژوهش تغییرات فراوانی و شدت بارش ناشی از سامانه کم‌فشار سودان در روند تاریخی طی دوره آماری ۱۹۵۷-۲۰۱۷ در محدوده جنوب غربی ایران بررسی شده است. به همین منظور، ۲۲ ایستگاه اقلیم‌شناسی سینوپتیک با بالاترین بازه آماری انتخاب شد. پایگاه داده بارش روزانه برای هشت ماه دوره سرد (اکتبر تا می) ایجاد شد. سپس، براساس معیار وقوع یک بارش ۵ میلی‌متر در یکی از ایستگاه‌ها در هر سامانه بارشی، نمونه‌های بارشی استخراج شد. سرانجام، با منشأیابی سامانه‌ها بر روی نقشه‌های همدیدی، ۶۳۵ نمونه بارشی سودانی شناسایی شد. بررسی ماهانه تغییرات بارش سامانه سودانی طی دوره تاریخی نشان داد که فعالیت این سامانه در ماه می کمتر و در ماه ژانویه بیشتر از سایر ماه‌ها است. بررسی سیر تاریخی سامانه‌ها نشان داد که فراوانی و شدت سامانه‌های دوروزه نسبت به سایر دوره‌ها در حال افزایش است. در عین حال، فراوانی ورود سامانه‌هایی با منشأ سودانی به کشور ایران سیر صعودی دارد؛ به طوری که حدود ۵۷ درصد کل بارش‌های نازل شده در این محدوده مربوط به سامانه‌هایی با منشأ سودانی مستقل است.

واژگان کلیدی: جنوب غرب ایران، روند تاریخی، فراوانی و شدت بارش، کم‌فشار سودان.

مقدمه

بارش یکی از مهم‌ترین عناصر جو است که، علاوه بر تأمین آب مورد نیاز اکوسیستم‌های طبیعی، نقش انکارناپذیری در گردش جو و ترمودینامیک آن ایفا می‌کند. بارش در هر اقلیمی، بنا به ویژگی اقلیمی آن منطقه، دارای رفتار و خصوصیات خاص آن منطقه است. شدت، مدت، و پهنه بارشی در هر اقلیمی می‌تواند متفاوت باشد. هرگونه تغییر در رفتار بارشی هر اقلیمی می‌تواند اکوسیستم آن منطقه را به شدت متأثر سازد. وقتی شدت یا مدت بارش‌ها تغییر می‌کند، علاوه بر اینکه بیانگر تغییر در ساختار و عملکرد سامانه‌ها و به عبارتی تغییر در گردش جو آن منطقه است، بلکه به شدت در رفتار و فیزیولوژی گیاه و بیلان آبی منطقه تأثیر می‌گذارد (مرسی، ۲۰۱۵). در واقع، بارش الگوی مکانی و زمانی دسترسی به منابع آب را تحت تأثیر قرار می‌دهد (تاگزاک و همکاران، ۲۰۱۴). به همین دلیل، بررسی روندهای بلندمدت آن به موضوعی حیاتی برای مدیریت منابع آب و کشاورزی در مناطق مختلف جهان تبدیل شده است (طبری و همکاران، ۲۰۱۵). از طرفی، اثبات وجود روند معنی‌دار در یک سری زمانی بارندگی به‌تنهایی نمی‌تواند دلیل قاطعی بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد، بلکه فرض رخداد آن را تقویت می‌کند (سیرانو و همکاران، ۱۹۹۹). نگارندگان در این تحقیق در صدد مطالعه رفتار بارشی منطقه جنوب غرب ایران به‌عنوان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی و صنعتی کشور هستند.

بنابراین، آگاهی از چگونگی تغییرات بارش از گذشته تا به اکنون و آمادگی برای تغییرات (هایگ، ۲۰۱۴) آن می‌بایست یکی از مهم‌ترین اهداف اداره‌کنندگان یک کشور باشد. در ادبیات اقلیم‌شناسی جهان تحقیقات بسیاری درباره تغییرات الگوهای بارش و تجزیه و تحلیل الگوهای بارشی انجام گرفته است. در پاره‌ای از این بررسی‌ها به روند تغییرات شدت و رویدادهای حدی بارش پرداخته شده است (تورکیس و همکاران، ۱۹۹۶؛ ۱۹۹۹؛ دی لویس و همکاران، ۲۰۰۰؛ ۲۰۱۰؛ لیمن و همکاران، ۲۰۰۴؛ گیاتو، ۲۰۱۶؛ لانگات و همکاران، ۲۰۱۷). در همین راستا، آنجل و هاف (۱۹۹۷) روند تغییرات بارش‌های سنگین در ۳۰۴ ایستگاه در میانه غربی ایالات متحده را بررسی کردند. آن‌ها بر آن‌اند که در گذشته سری زمانی بارش فرین عمدتاً ثابت و بدون روند تصور می‌شد و این فرض برای بخش‌های مختلف میانه غربی ایالات متحده نمی‌تواند درست باشد. کارل و نایت (۱۹۹۸) روند بارش و مقدار و شدت بارش را در ایالات متحده بررسی کردند. آن‌ها بر آن‌اند که شدت بارش از گذشته تا به امروز در حال افزایش است و روند معنی‌داری در مقادیر بالای بارش روزانه و ماهانه وجود دارد. بوروتی و همکاران (۲۰۰۰)، با تحلیل بارش شمال و جنوب ایتالیا، روند تغییرپذیری سالانه و رفتارهای دوره‌ای را طی سال‌های ۱۸۶۶-۱۹۹۵ بررسی کردند و با توجه به آماره‌های توصیفی و بر اساس سطح اطمینان ۹۵ درصد روند داده‌ها را به‌دست آوردند. اکرمی و همکاران (۲۰۰۱) الگوی تغییرات بارش را در ۳۷ ایستگاه واقع در کانادا، که دارای آمار بارش روزانه بیش از ۷۵ سال بود، مطالعه کردند. نتایج نشان داد افزایش معنی‌داری در تعداد رویدادهای بارش، به‌ویژه رویدادهایی با شدت پایین رخ داده است. هیدالگو و همکاران (۲۰۰۳) روند روزانه بارش در والنسیای اسپانیا را طی نیمه دوم قرن بیستم بررسی کردند. آن‌ها ده روز از هر سال را، که بیش از ۵۰ درصد میانگین بارش کشور در آن رخ می‌داد، بالاترین رویدادهای بارشی انتخاب کردند. نتایج این پژوهش نشان داد روند بارش منفی و در حال کاهش است. تاگزاک و همکاران (۲۰۱۴) تغییرات بارش سالانه و فصلی را در حوضه رودخانه وینگانگا بررسی کردند. نتایج بیان می‌کند که فقط در هفت گرید روند کاهشی معنادار بوده است. مطالعه دیوپ و همکاران (۲۰۱۶) در تحلیل تغییرات بارش سنگال در بازه زمانی ۱۹۴۰-۲۰۱۳ نشان‌دهنده روند معنی‌دار کاهش بارش سالانه است. مراتین و همکاران (۲۰۱۶) تغییرات زمانی بارش طولانی‌مدت ۱۹۳۴-۲۰۱۴ را در شهر شارجه امارات بررسی کردند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که بارش از ۳ میلی‌متر تا ۹٫۴ میلی‌متر در هر دهه روند کاهشی داشته است.

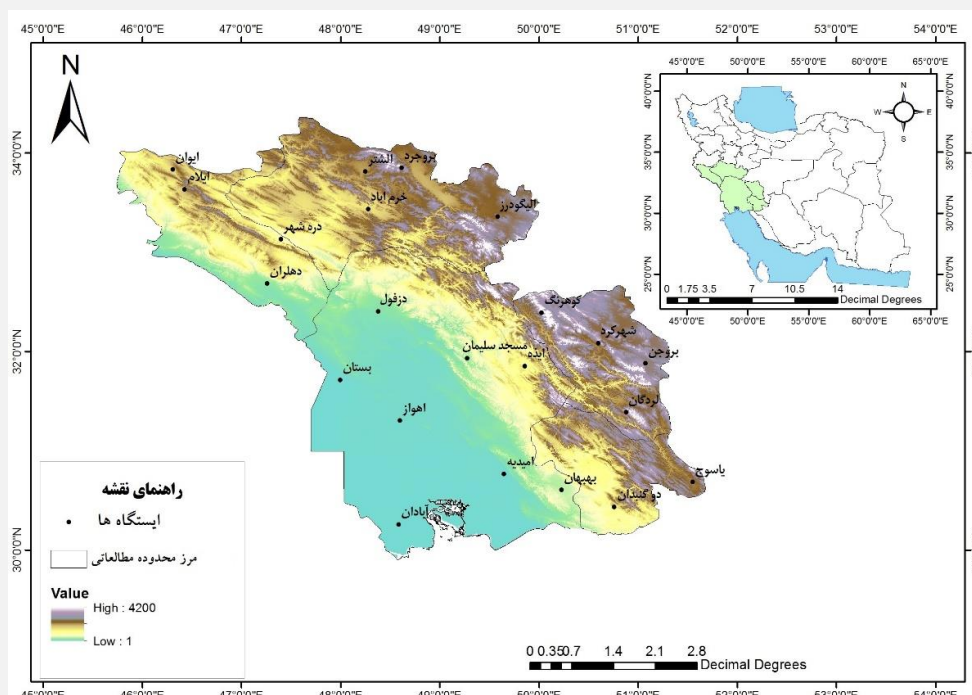
در ادبیات جغرافیایی ایران نیز در خصوص بررسی تغییرات بارش مجموعه پژوهش‌های انجام‌شده شامل موارد ذیل است: خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۳) روند تغییرات بارندگی‌های سالانه، فصلی، و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران را طی دوره ۱۸۹۳-۲۰۰۱ بررسی کردند. نتایج حاصله هیچ نوع روند معنی‌داری را در سری‌های بارش سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه تأیید نکرد، اما در سری بارش‌های فصلی هم روند افزایشی هم روند کاهشی قابل مشاهده بود. محمدی (۱۳۹۰) روند بارش سالانه ایران را با استفاده از روش‌های آماری در ۱۴۳۷ ایستگاه همدید بررسی کرد. نتایج نشان داد در سری‌های زمانی میانگین ایستگاهی و یاخته‌ای بارش ایران روند افزایشی یا کاهشی معنی‌داری وجود ندارد. زرین‌کمر و کتیرایی بروجردی (۱۳۹۵) تغییرات فصل‌پذیری و ناهنجاری بارش فصلی را در ایران طی دوره ۱۹۷۷-۲۰۰۶ بررسی کردند. ایشان نتایج زیر را یافتند: روند ناهنجاری‌های بارش فصلی در هر چهار فصل در مناطق شمال غربی منفی است، اما در مناطق مرکزی و غربی روند تغییرات ناهنجاری‌ها در بیشتر ایستگاه‌ها مثبت است. قائمی و همکاران در سال ۱۳۹۵ نتایج پژوهش خود را با استفاده از تحلیل خوشه‌ای بر روی تحلیل طیفی میانگین سالانه کم‌فشار دریای سرخ این‌گونه بیان کردند. ناحیه تحت تأثیر کم‌فشار دریای سرخ دارای چرخه‌های ۲-۸ ساله بوده است. غیاث‌آبادی و همکاران (۱۳۹۷) تغییرات درون‌دهه‌ای داده‌های بارش و الگوی فضایی بارش‌های سالانه و فصلی را در نیمه غربی ایران مطالعه کردند.

نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد، به جز دوره دوم، الگوی بارش تغییرات مکانی قابل توجهی نداشته است. تحقیقات بر روی تغییرات بارش ناشی از سامانه کم فشار سودان توسط سایر اقلیم‌شناسان (لشکری، ۱۳۷۵؛ ۱۳۸۱؛ ۱۳۸۲؛ مفیدی، ۱۳۸۷؛ مفیدی و زرین، ۱۳۸۴؛ مفیدی و زرین، ۱۳۸۵؛ الف و ۱۳۸۵؛ لشکری و همکاران، ۱۳۹۱؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ پرک و همکاران، ۱۳۹۴) نیز انجام شده است. تحقیقات ذکر شده صرفاً واکاوی و تحلیل همدید بر روی سازوکار، تقویت، تضعیف دینامیکی، و چگونگی گردش عمومی جو منطقه تحت تأثیر این سامانه مؤثر در دوره سرد سال بر روی کشور ایران است. بنا بر مطالب و پیشینه مطالعاتی فوق‌الذکر، می‌توان دریافت که تغییرات بارش در جنوب غرب ایران بدون در نظر گرفتن سهم اثرگذاری یک سامانه جوی خاص تحلیل شده است. بنابراین، تحقیق حاضر با هدف بررسی الگوی طولانی مدت تغییرات سامانه کم فشار سودان از لحاظ مدت دوام، شدت، و نیز تعیین سهم فعالیت این سامانه بر تغییرات بارش در دوره سرد منطقه جنوب غرب ایران متمرکز شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

لازمه بررسی منطقه‌ای روند بلندمدت بارش به‌کاربردن داده‌های بیشترین تعداد ایستگاه‌ها با طولانی‌ترین آمار بارش روزانه است. اما تغییرات این دو عامل در جهت عکس یکدیگر عمل می‌کنند. به این ترتیب که هرچه طول دوره آماری بلندتر باشد، تعداد ایستگاه‌های مورد نظر کمتر و هر چه تعداد ایستگاه‌ها بیشتر شود دوره آماری مناسب برای بررسی کوتاه‌تر می‌شود (کتیرایی بروجردی و همکاران، ۱۳۸۶). بر طبق نظریه ذکر شده، پس از بررسی‌های جامع، ۲۲ ایستگاه هواشناسی همدید با بالاترین دوره آماری در پنج استان محدوده جنوب غرب کشور انتخاب شد. پراکنش جغرافیایی ایستگاه‌های همدید مورد بررسی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت مکانی ایستگاه‌های همدید مورد مطالعه در محدوده جنوب غرب ایران

روش‌ها

به منظور تحلیل الگوی تغییرات بارش ناشی از سامانه کم فشار سودان، نخست داده‌های بارش روزانه ۲۲ ایستگاه همدید در منطقه جنوب غرب کشور ایران از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. از آنجا که غالب بارش‌های کشور ایران در فصل سرد رخ می‌دهد، داده‌های بارش از سال ۱۹۵۷ تا ۲۰۱۷ برای دوره سرد (اکتبر تا می) استفاده شد. بر اساس پژوهش لشکری و همکاران (۱۳۹۷)، داده‌های بارش بالای ۵ میلی‌متر در نظر گرفته شده است، زیرا انتظار می‌رود بارش‌های کمتر از این مقدار ناشی از بارش سیستم باران‌زای کم فشار سودانی نباشد؛ بلکه ناشی از عوامل محلی آن منطقه باشد. بنابراین، نخست با تعیین سه معیار، روزهای بارشی ناشی از هر نوع سیستم جوی (سامانه ادغامی سودان-مدیترانه، سامانه مدیترانه‌ای، سامانه کم فشارهای اروپایی، یا سامانه سودانی) تعیین شد.

۱. بارش روزانه بالای ۵ میلی‌متر به طور مشترک در همه ایستگاه‌های سینوپتیک رخ داده باشد؛

۲. بارش بالای ۵ میلی‌متر دست کم در ۵۰ درصد از ایستگاه‌های انتخابی رخ داده باشد؛

۳. بارش بالای ۵ میلی‌متر برای حداقل حدود یک سوم از ایستگاه‌ها ثبت شده باشد.

با توجه به معیارهای انتخابی، تعداد ۱۱۰۸ مورد سامانه بارشی طی روند تاریخی (شصت سال) در دوره سرد جنوب غرب ایران به دست آمد. بارش‌ها در مدت زمان‌های متفاوت با الگوهای یک الی هفت‌روزه تقسیم‌بندی شد. در ادامه می‌بایست سامانه‌های سودانی از این تعداد بارش‌ها جدا سازی می‌شد. بدین منظور، از مرکز ملی پیش‌بینی‌های محیطی پژوهش‌های جوی ایالات متحده آمریکا (NCEP/NCAR)^۱ نقشه‌های تراز سطح دریا (slp)^۲ و فشار سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال با قدرت تفکیک مکانی ۲٫۵*۵ درجه و در چارچوب طول جغرافیایی ۰ تا ۱۰۰ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۱۰- درجه جنوبی تا ۵۵ درجه شمالی برای همه روزهای دارای بارش تهیه شد. سپس، با استفاده از روش تحلیل چسبی (لشکری و همکاران، ۱۳۹۷) و به کارگیری نتایج پژوهش الفندی (۱۹۵۰) و لشکری (۱۳۷۵؛ ۱۳۸۲) بر پایه مکان شکل‌گیری هسته‌های کم‌فشار، پرفشار، هسته‌های پُرتافت، و کم‌ارتفاع؛ پربندهای ارتفاع تراز ۱۰۰۰ ژئوپتانسیل متر، مکان تقریبی مراکز فعالیت، محدوده شکل‌گیری و جابه‌جایی سامانه سودانی شناسایی شد. روزهای دارای بارش ناشی از سامانه سودانی از بارش‌های ناشی از سامانه‌های جوی دیگر (ادغامی سودان-مدیترانه و مدیترانه‌ای) تفکیک شد. از تعداد کل سامانه‌های بارشی موجود، ۶۳۵ مورد سامانه سودانی به دست آمد. سپس، تحلیل فراوانی، شدت، و مدت بارش طی روند تاریخی در دوره سرد بر روی این تعداد سامانه سودانی انجام گرفت. بررسی روند تغییرات شدت بارش‌های یک الی چند روز بر اساس محاسبه میانگین مجموع بارش روزانه طی دوره مطالعاتی در هر ماه بوده است.

یافته‌های پژوهش

جدول ۱ فراوانی روزهای دارای بارش ۲۲ ایستگاه محدوده جنوب غرب ایران را طی دوره آماری ۱۹۵۷-۲۰۱۷ برای هشت ماه نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود، کمترین تعداد روزهای بارشی گزارش شده مربوط به ماه‌های اکتبر و می است؛ به طوری که ۱۹ ایستگاه در ماه می و فقط ۳ ایستگاه (یاسوج، خرم‌آباد، و شهرکرد) در ماه اکتبر کمترین فراوانی رخداد بارش را تجربه کرده‌اند. فراوانی حداکثری رخداد بارش به ترتیب در ماه‌های ژانویه و مارس است. تعداد ۱۷ ایستگاه در ماه ژانویه و ۵ ایستگاه (یاسوج، ایلام، خرم‌آباد، الیگودرز، و شهرکرد) در ماه مارس بیشترین فراوانی‌ها را داشته‌اند. سه

1. The National Centers for Atmospheric Prediction and the National Center for Atmospheric Research

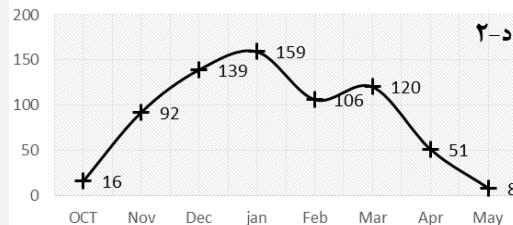
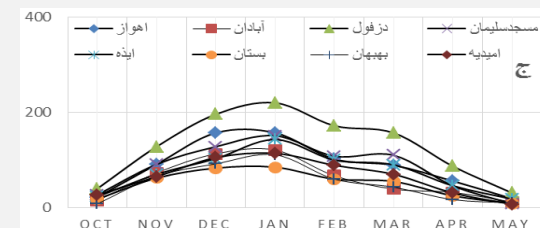
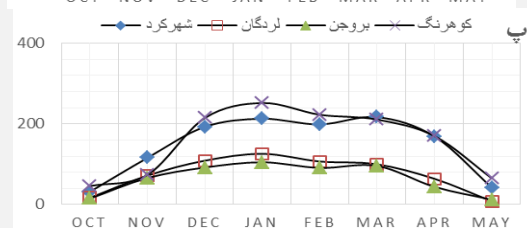
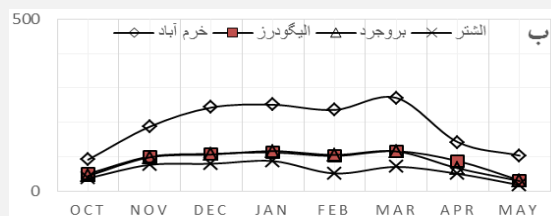
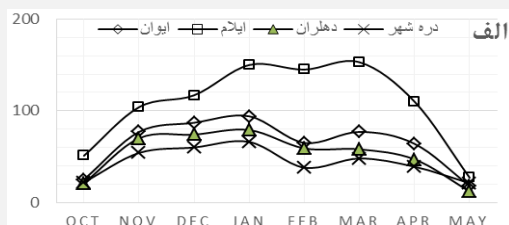
2. Sea level pressure

ایستگاه یاسوج، خرم‌آباد، و شهرکرد در آمار حداقل و حداکثر فراوانی بارش رفتاری متفاوت از سایر ایستگاه‌ها داشته‌اند. منحنی تغییرات ماهانه فراوانی بارش برای همه ایستگاه‌ها رسم شده است (شکل ۲). آنچه به‌طور مشترک در همه ایستگاه‌ها بر اساس جدول ۱ و شکل ۲ ملاحظه می‌شود شیب سریع افزایش بارش از ماه اکتبر تا ژانویه است. در ادامه روند تغییرات شیب فراوانی از ماه ژانویه به فوریه برای همه ایستگاه‌ها به غیر از ایستگاه یاسوج (شکل د-۱) نزولی است. ایستگاه یاسوج با جزئی افزایش فراوانی بارش نسبت به ماه ژانویه از این کاهش بارش مستثنا شده است. نمودارهای توزیع فراوانی از ماه فوریه تا ماه مارس برای همه ایستگاه‌ها روندی افزایشی و از ماه مارس تا ماه می در همه ایستگاه‌ها به‌طور مشترک روند کاهشی را نشان می‌دهد. منحنی‌های توزیع فراوانی بارش تقریباً در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه از منحنی توزیع نرمال پیروی کرده‌اند. علت کاهش مقدار و تعداد روزهای بارشی در ماه فوریه می‌تواند به‌سبب جابه‌جایی غرب سوی واپرخند عربستان (لشکری و همکاران، ۱۳۹۵) یا به‌سبب نوسانات مکانی و زمانی ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در مدیترانه (علیچانی، ۱۳۷۸) باشد.

جدول ۲ پراکنش طول دوره بارشی را در محدوده جنوب غرب ایران در یک دوره آماری شصت‌ساله در هر ماه از دوره بارشی نشان می‌دهد. از ۶۳۵ مورد سامانه سودانی، ملاحظه می‌شود که در مجموع ۲۲۷ روز با سامانه بارشی یک‌روزه ثبت شده است. بیشترین تعداد روزهای بارشی در ماه ژانویه با ۵۳ رکورد است. ماه‌های اکتبر و می با دو رکورد کمترین تعداد روزهای بارشی یک روز را دارند. فراوانی بارش با تداوم دو روز با تکرار ۳۰۶ مرتبه در مدت هشت ماه، از گذشته تا به امروز، نسبت به فراوانی رخداد بارش با تداوم یک الی چند روز برتری داشته است. به بیان دیگر، از ماه اکتبر تا ماه می سهم بارش با طول مدت دو روز در طی روند تاریخی نسبت به سهم سایر بارش‌ها با طول مدت‌های مختلف در حال افزایش است. در این میان حداکثر مقدار ماهانه بارش با تداوم دو روز در ماه ژانویه با ۶۸ تکرار و حداقل سهم آن در ماه‌های اکتبر و می است. بارش با طول مدت یک و دو روز بیشترین فراوانی تکرار را در ماه ژانویه و کمترین فراوانی تکرار را در ماه‌های اکتبر و می دارد. این در حالی است که با افزایش طول مدت بارش سهم ماه ژانویه در ایجاد این بارش‌ها کمتر می‌شود. به‌طوری‌که در بارش با طول مدت چهار روز سهم ماه ژانویه همانند ماه اکتبر و مارس و با تقریب کم همانند ماه می نیز هست. به استثنای ماه می، توزیع فراوانی بارش با تداوم سه روز در همه ماه‌ها تقریباً یکسان است. این شرایط با فراوانی کمتر برای بارش‌هایی با تداوم چهار روز نیز قابل استناد است. با این تفاوت که در بارش‌های چهارروزه ماه‌های آوریل و می سهم بسیار جزئی دارند. بارش با طول مدت پنج روز در ماه‌های مارس و فوریه به‌ترتیب با ۳ و ۴ رخداد بیشترین تکرار را داشته‌اند. بارش با طول مدت شش روز فقط در دو ماه نوامبر و آوریل شکل نگرفته است. بارش هفت روز نیز فقط یک مورد در ماه ژانویه اتفاق افتاده است. در اینجا سؤالی مطرح می‌شود و آن اینکه در روند تاریخی چه الگوی گردش جوی بر منطقه جنوب غرب حاکم شده است که بارش با تداوم دو روز نسبت به سایر بارش‌ها در حال افزایش است؟ برای شناخت دلایل این تغییرات، به پژوهش‌های دیگری مبتنی بر بررسی تغییرات توده‌های هوا و الگوهای گردش جوی منطقه جنوب غرب ایران نیاز است.

جدول ۱. فراوانی روزهای دارای بارش ناشی از سامانه کم‌فشار سودان در ۲۲ ایستگاه هم‌دید جنوب غرب ایران

ردیف	ایستگاه	دوره آماری / ماه	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می
۱	ياسوج	۱۹۸۵-۲۰۱۷	۲۷	۱۱۹	۱۷۲	۱۷۰	۱۷۵	۱۹۲	۱۱۱	۳۴
۲	دوگنبدان	۱۹۸۵-۲۰۱۷	۱۶	۹۲	۱۳۹	۱۵۹	۱۰۶	۱۲۰	۵۱	۸
۳	ایلام	۱۹۸۷-۲۰۱۷	۵۱	۱۰۴	۱۱۷	۱۵۰	۱۴۵	۱۵۳	۱۱۰	۲۷
۴	دهلران	۱۹۸۷-۲۰۱۷	۲۱	۷۰	۷۴	۷۹	۵۹	۵۸	۴۷	۱۲
۵	دره‌شهر	۲۰۰۰-۲۰۱۷	۲۲	۵۴	۶۰	۶۶	۳۸	۴۸	۳۹	۲۱
۶	ایوان	۲۰۰۲-۲۰۱۷	۲۵	۷۷	۸۷	۹۴	۶۵	۷۷	۶۴	۱۸
۷	خرم‌آباد	۱۹۶۱-۲۰۱۷	۹۱	۱۸۷	۲۴۳	۲۵۱	۲۳۶	۲۷۱	۱۴۲	۱۰۳
۸	الیگودرز	۱۹۸۶-۲۰۱۷	۵۰	۱۰۰	۱۰۸	۱۱۲	۱۰۲	۱۱۶	۸۷	۳۱
۹	بروجرد	۱۹۸۹-۲۰۱۷	۴۴	۹۸	۱۰۶	۱۱۶	۱۰۵	۱۱۵	۶۶	۲۹
۱۰	الشتر	۱۹۹۵-۲۰۱۷	۳۷	۷۶	۷۹	۸۷	۵۱	۷۰	۵۰	۱۷
۱۱	شهرکرد	۱۹۵۷-۲۰۱۷	۳۲	۱۱۶	۱۹۳	۲۱۳	۱۹۹	۲۱۷	۱۶۹	۴۲
۱۲	کوه‌رنگ	۱۹۸۷-۲۰۱۷	۴۶	۷۴	۲۱۵	۲۵۲	۲۲۳	۲۱۱	۱۷۰	۶۵
۱۳	بروجن	۱۹۸۸-۲۰۱۷	۱۵	۶۶	۹۲	۱۰۵	۹۱	۹۶	۴۴	۱۲
۱۴	لردگان	۱۹۹۵-۲۰۱۷	۱۷	۷۲	۱۰۹	۱۲۶	۱۰۷	۱۰۰	۶۴	۸
۱۵	اهواز	۱۹۵۷-۲۰۱۷	۲۲	۹۱	۱۵۷	۱۵۷	۱۰۲	۸۹	۵۶	۱۹
۱۶	آبادان	۱۹۵۷-۲۰۱۷	۱۵	۷۳	۱۱۳	۱۲۱	۶۷	۳۹	۳۲	۱۲
۱۷	دزفول	۱۹۶۱-۲۰۱۷	۴۰	۱۲۸	۱۹۶	۲۲۰	۱۷۲	۱۵۷	۸۷	۳۱
۱۸	مسجد سلیمان	۱۹۸۵-۲۰۱۷	۲۷	۹۱	۱۲۸	۱۵۱	۱۰۸	۱۱۰	۴۶	۸
۱۹	بستان	۱۹۸۶-۲۰۱۷	۱۸	۶۲	۸۳	۸۵	۶۰	۵۵	۲۵	۹
۲۰	امیدیه	۱۹۸۴-۲۰۱۷	۲۷	۶۵	۱۰۵	۱۱۴	۸۹	۷۰	۳۱	۷
۲۱	ایذه	۱۹۹۳-۲۰۱۷	۲۳	۷۰	۱۰۳	۱۴۳	۱۰۰	۹۰	۴۶	۱۸
۲۲	بهبهان	۱۹۹۳-۲۰۱۷	۸	۶۶	۹۲	۱۱۱	۶۰	۴۳	۱۷	۷
	معدل فراوانی ماهانه سامانه کم‌فشار سودانی		۳۰	۸۸	۱۲۵	۱۴۰	۱۰۰	۱۱۳	۷۰	۲۴



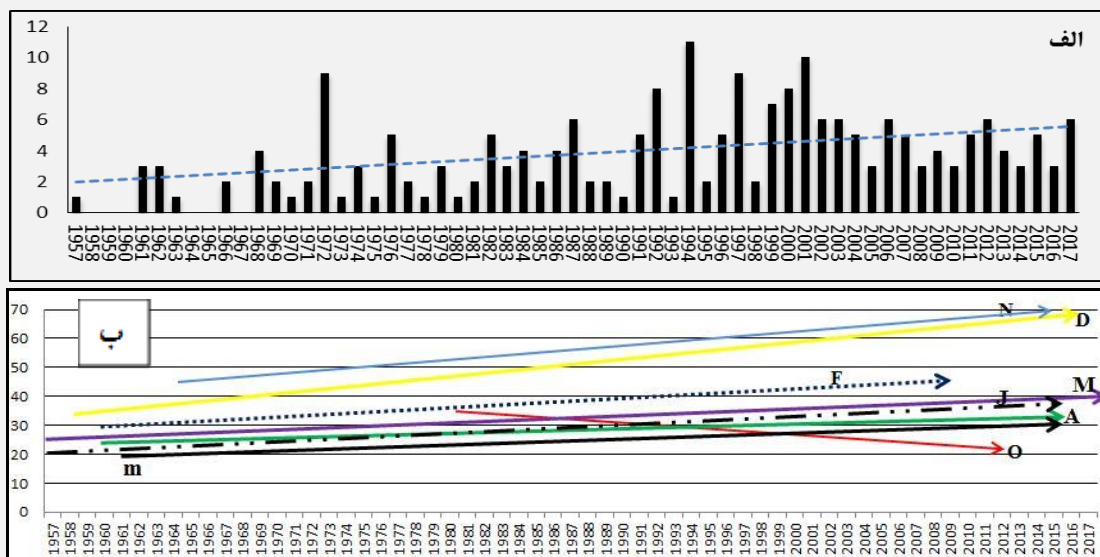
شکل ۲. منحنی تغییرات ماهانه فراوانی بارش ناشی از سامانه کم‌فشار سودان طی روند تاریخی سال‌های ۱۹۵۷-۲۰۱۷. محور افقی: ماه‌های مورد مطالعه؛ محور عمودی: فراوانی بارش بالای ۵ میلی‌متر بر حسب روز. الف: ایستگاه‌های استان ایلام؛ ب: استان لرستان؛ پ: چهارمحال و بختیاری؛ ج: استان خوزستان؛ د-۱ ایستگاه یاسوج؛ د-۲ ایستگاه دوگنبدان

جدول ۲. فراوانی رخداد بارش با تداوم ۱ الی ۷ روز در محدوده جنوب غرب ایران طی دوره آماری ۱۹۵۷-۲۰۱۷

ماه/بارش	بارش ۱ روز	بارش ۲ روز	بارش ۳ روز	بارش ۴ روز	بارش ۵ روز	بارش ۶ روز	بارش ۷ روز
اکتبر	۳	۷	۷	۴	۰	۱	۰
نوامبر	۳۱	۴۸	۷	۷	۰	۰	۰
دسامبر	۴۹	۶۳	۹	۶	۱	۱	۰
ژانویه	۵۳	۶۸	۵	۴	۰	۱	۱
فوریه	۴۰	۴۱	۷	۷	۳	۰	۰
مارس	۲۹	۴۰	۷	۳	۴	۱	۰
آوریل	۱۸	۲۸	۹	۱	۲	۰	۰
می	۴	۱۱	۳	۰	۰	۱	۰
مجموع	۲۲۷	۳۰۶	۵۴	۳۲	۱۰	۵	۱

فراوانی و شدت بارش با تداوم یک روز

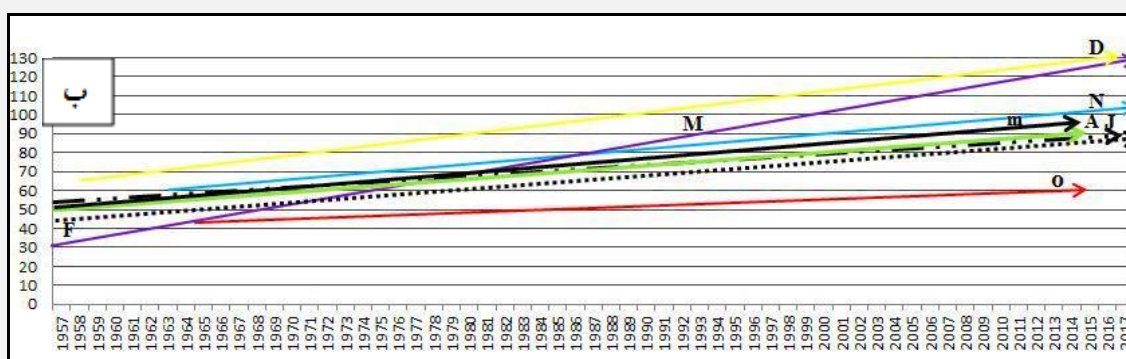
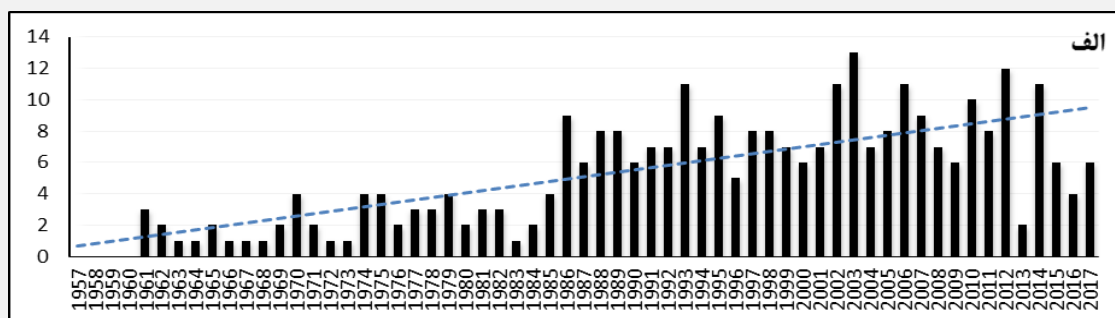
بررسی سیر تاریخی بارش‌های یک‌روزه نیز نشان‌دهنده الگویی منظم در ثبت بارش‌های یک‌روزه نیست. در این دوره مطالعاتی بیشترین تجمع بارش در سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۲ است. سال‌های ۱۹۹۴ و ۲۰۰۱ به ترتیب با ۱۱ و ۹ فراوانی بیشترین سهم بارش یک‌روزه را دارند. نگاه اجمالی به روند فراوانی بارش طی سیر تاریخی تنها افزایش و کاهش‌های پی‌درپی را نشان نمی‌دهد، بلکه با مشاهده خط روند دریافت می‌شود که بارش‌هایی با طول مدت یک‌روزه نیز از گذشته تا به امروز نیز در حال افزایش است (شکل ۳-الف). شکل ۳-ب خط روند شدت‌های بارش یک روز را نشان می‌دهد. خط روند شدت بارش یک روز در ماه اکتبر نشان‌دهنده کاهش شدت بارش‌ها از گذشته تا به امروز است (شکل ۳-و). این روند در هیچ ماه دیگری مشاهده نشده است. برای هفت ماه دیگر به صورت مشترک از گذشته تا به امروز شدت بارش‌های یک روز در حال افزایش بوده است. خط روند شدت بارش در دو ماه نوامبر و دسامبر از گذشته تا به امروز شیب صعودی تندتری را نسبت به سایر ماه‌ها نشان می‌دهد (شکل ۳-N و D). روند شدت بارش در ماه مارس نیز روندی رو به افزایش است اما با شیب ملایم‌تر نسبت به ماه‌های قبل از آن (شکل ۳-M). روند شدت بارش در ماه‌های ژانویه، آوریل، و می الگوی افزایشی اما با شیب کندتر نسبت به سایر ماه‌هاست (شکل ۳-m, A, J).



شکل ۳. نمودار توزیع فراوانی. محور افقی سال‌های آماری و محور عمودی فراوانی بارش (الف) - خط روند شدت بارش یک روز در مجموع هشت ماه طی سال‌های ۱۹۵۷-۲۰۱۷. محور عمودی: متوسط بارش بر حسب میلی‌متر. اکتبر (O)، نوامبر (N)، دسامبر (D)، خط منقطع با دو نقطه ماه ژانویه (J)، خط منقطع ممتد ماه فوریه (F)، مارس (M)، آوریل (A)، ماه می (m)

فراوانی و شدت بارش با تداوم دو روز

بررسی نمودار فراوانی بارش با الگوی تداوم دو روز در مجموع هشت ماه نشان داد که فقط در چهار سال اول دوره بارشی هیچ رخداد بارش دو روز ثبت نشده است. سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۲ بالاترین فراوانی بارش با تداوم دو روز را به ترتیب با ۱۳ و ۱۲ تکرار به خود اختصاص داده‌اند. سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۶، ۲۰۰۲، و ۲۰۱۴ به‌طور مشترک با ۱۱ رخداد بارش دو روز در رتبه سوم قرار دارند. ملاحظه می‌شود که حداقل فراوانی بارش دو روز در دوره‌های اول و دوم مطالعاتی است. بررسی روند زمانی بارش دو روز طی سال‌های ۱۹۵۷ تا ۲۰۱۷ بیانگر الگوی منظم افزایشی با شیب سریع از گذشته تا به اکنون است (شکل ۴-الف). تحلیل خط نمودار روند شدت بارش با الگوی تداوم دو روز در ماه گویای مطلب زیر است. شروع دوره سرد یعنی ماه اکتبر تا پایان ماه می تغییرات شدت بارش در روند تاریخی از گذشته تا به امروز روندی افزایشی دارد. خط روند تغییرات شدت بارش برای ماه اکتبر نسبت به هفت ماه دیگر ملایم‌تر اما با الگوی افزایشی است (۴-۰). در ماه مارس همه سال‌ها حداقل یک مرتبه در این ماه بارش با طول مدت دو روز را تجربه کرده‌اند. شیب روند تغییرات شدت بارش در این ماه بسیار شدید و به نسبت هفت ماه دیگر الگوی افزایشی تندتری را نشان می‌دهد (۴-M). پس از ماه مارس الگوی افزایشی شدیدتر برای ماه‌های دسامبر، نوامبر، و ژانویه است (۴-D، N، J). سایر ماه‌ها نیز با شیب کمتر به نسبت ماه‌های دیگر الگوی افزایشی را در روند تاریخی حفظ کرده‌اند (شکل ۴-ب).

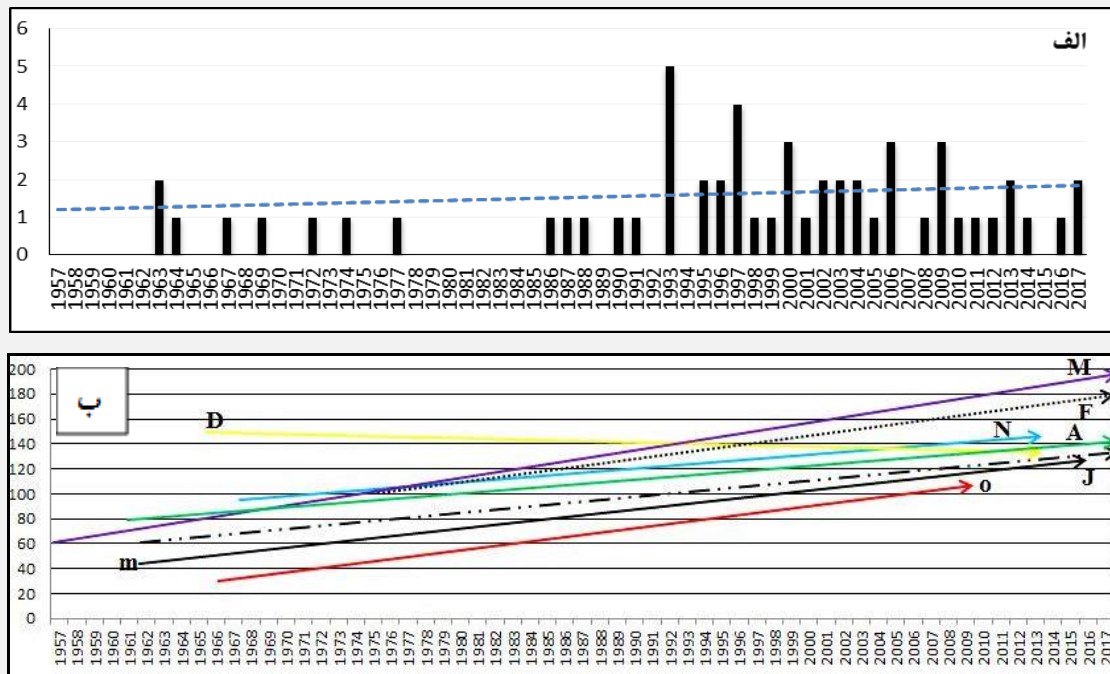


شکل ۴. نمودار توزیع فراوانی، محور افقی سال‌های آماری و محور عمودی فراوانی بارش (الف) - خط روند شدت بارش دو روز (ب) در مجموع هشت ماه طی سال‌های ۱۹۵۷-۲۰۱۷. محور عمودی: متوسط بارش بر حسب میلی‌متر. اکتبر (O)، نوامبر (N)، دسامبر (D)، خط منقطع با دو نقطه ماه ژانویه (J)، خط منقطع ممتد ماه فوریه (F)، مارس (M)، آوریل (A)، می (m).

فراوانی و شدت بارش با تداوم سه روز

بارش با طول مدت سه روز در مجموع هشت ماه طی سال‌های دوره آماری ۱۹۵۷ تا ۲۰۱۷ به تعداد ۵۴ بار ثبت شده است. همان‌طور که نمودار توزیع فراوانی نشان می‌دهد، در این دوره تمرکز و پیوستگی رخداد بارش در سال‌های آماری

۱۹۸۶ تا ۲۰۱۳ است. طی این بازه آماری، بیشترین رخداد بارش‌های سه روز با فراوانی ۵ و ۴ تکرار به ترتیب در سال‌های ۱۹۹۳ و ۱۹۹۷ رخ داده است. روند فراوانی بارش سه‌روزه رفتار کاهشی ضعیفی را تا دوره ۱۹۹۰ نشان می‌دهد. پس از آن تغییرات در روند زمانی فراوانی بارش سه‌روزه الگوی افزایشی دارد. آنچه در روند تغییرات بارش سه روز به نسبت بارش‌های یک و دو روز مشاهده شده است ثبت یک سیر ثابت طی دوره مطالعاتی است (شکل ۵-الف). نمودار خط روند تغییرات شدت بارش با تداوم سه روز از گذشته تا به امروز در همه ماه‌ها به غیر از ماه دسامبر روند افزایشی با شیب سریع را نشان می‌دهد. ماه دسامبر نیز با جزئی تغییرات رفتار کاهشی را نشان داده است (۵- D). تغییرات ماهانه شدت بارش سه روز به نسبت بارش‌های یک و دو روز بسیار شدیدتر است (شکل ۵). ماه‌های مارس و فوریه شیب تغییرات شدت بارش شدیدتری را به نسبت سایر ماه‌ها دارند (شکل ۵- M و F). رفتار بلندمدت بارش با طول مدت سه روز در ماه مارس مجدداً همانند الگوی یک و دو روز است.

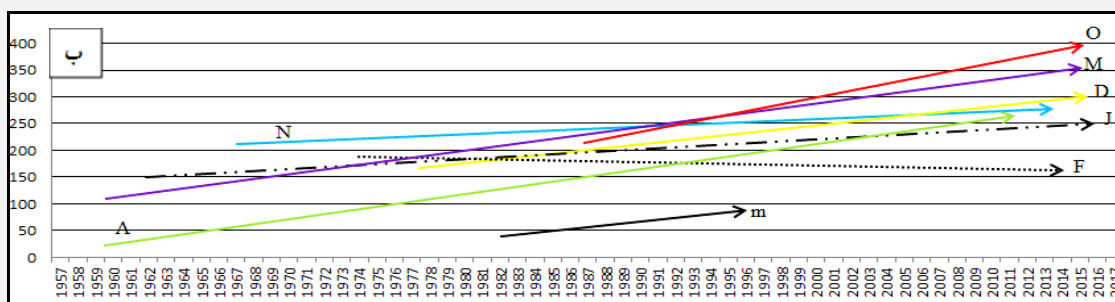
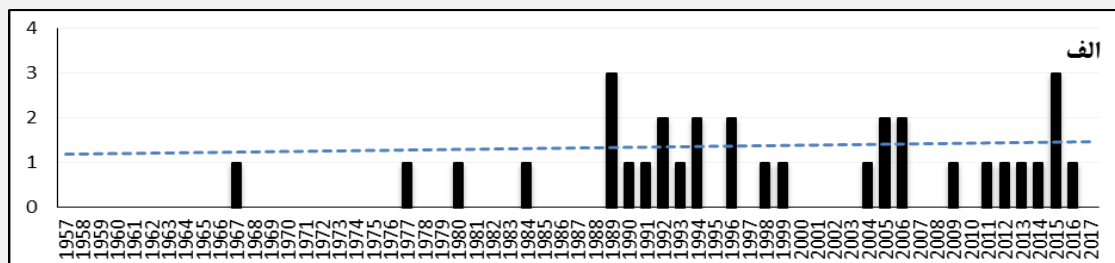


شکل ۵. نمودار توزیع فراوانی، محور افقی سال‌های آماری و محور عمودی فراوانی بارش (الف) - خط روند شدت بارش سه روز (ب) در مجموع هشت ماه طی سال‌های ۱۹۵۷-۲۰۱۷. محور عمودی: متوسط بارش بر حسب (mm). اکتبر (o)، نوامبر (N)، دسامبر (D)، خط منقطع با دو نقطه ماه ژانویه (J)، خط منقطع ممتد ماه فوریه (F)، مارس (M)، آوریل (A)، ماه می (m).

فراوانی و شدت بارش با تداوم چهار روز

فراوانی بارش با تداوم چهار روز در منطقه جنوب غرب طی دوره آماری ۱۹۵۷-۲۰۱۷ با تکرار ۳ مرتبه به نسبت بارش‌های یک الی سه روز در رتبه چهارم قرار دارد (جدول ۲). تحلیل نمودار توزیع فراوانی بارش با تداوم چهار روز نشان‌دهنده تمرکز فراوانی بارش در دو دوره است: دوره اول سال‌های ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹ و دوره دوم سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۷ است. سال ۱۹۸۹ با ۳ تکرار از بارش سه‌روزه حداکثر فراوانی را در دوره اول دارد. به‌طور کلی، فراوانی بارش در دوره اول بیشتر از دوره دوم است (شکل ۶-الف). خط روند تغییرات شدت بارش با تداوم چهار روز طی سال‌های ۱۹۵۷ تا ۲۰۱۷ برای همه ماه‌ها، به‌غیر از ماه فوریه، روند افزایشی را نشان می‌دهد (شکل ۶-ب). این بدان معناست که در گذر

زمان و در دهه‌های اخیر شدت بارش با تداوم چهار روز بیشتر از گذشته شده است. شیب تغییرات شدت بارش چهار روز در ماه اکتبر به نسبت سایر ماه‌ها شدیدتر است (۹-۰).



شکل ۶. نمودار توزیع فراوانی، محور افقی سال‌های آماری و محور عمودی فراوانی بارش (الف) - خط روند شدت بارش سه روز (ب) در مجموع هشت ماه طی سال‌های ۱۹۵۷-۲۰۱۷. محور عمودی: متوسط بارش بر حسب میلی‌متر. اکتبر (O)، نوامبر (N)، دسامبر (D)، خط منقطع با دو نقطه ماه ژانویه (J)، خط منقطع ممتد ماه فوریه (F)، مارس (M)، آوریل (A)، خط مشکی ممتد ماه می (m).

بارش با تداوم پنج روز و بیشتر از آن

با استناد به جدول ۲، به‌طور کلی، در مجموع هشت ماه طی سال‌های ۱۹۵۷-۲۰۱۷ در جنوب غرب ایران بارش با طول مدت پنج روز فقط ده مورد رخ داده است. ماه‌های مارس و فوریه به ترتیب با تعداد ۴ و ۳ تکرار بیشترین فراوانی را دارند. ماه‌های آوریل و دسامبر نیز هر یک حداقل یک بار بارش با طول مدت پنج روز را تجربه کرده‌اند. بارش با طول مدت شش روز به استثنای سه ماه (نوامبر، فوریه، و آوریل) در سایر ماه‌های دوره مطالعاتی هر یک یک مرتبه اتفاق افتاده است. بارش با طول مدت هفت روز فقط یک مورد در ماه ژانویه است. بررسی شدت بارش با طول مدت بیش از چهار روز به‌علت فراوانی قلیل امکان‌پذیر نیست.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق بررسی سیر تغییرات شدت، مدت، و فراوانی بارش روزانه ناشی از سامانه سودانی در منطقه جنوب غرب ایران بود. برای اجرای آن، از داده‌های بارش روزانه سازمان هواشناسی کشور در ۲۲ ایستگاه سینوپتیک با بالاترین دوره آماری طی سال‌های ۱۹۵۷ تا ۲۰۱۷ بهره گرفته شد. تحلیل‌های آماری بر روی ۶۳۵ مورد سامانه سودانی در دو حالت ایستگاهی و الگوی تداوم در روز انجام گرفت. در گستره جنوب غربی کشور ایران از ماه اکتبر تا ماه ژانویه شیب تغییرات فراوانی بارش الگوی افزایشی را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که اوج اثرگذاری سامانه سودانی در بارش‌های جوی این محدوده در ماه ژانویه بود. حدود ۱۷ ایستگاه فراوانی بارش بالایی را در این ماه داشتند. بنابراین، برنامه‌ریزی‌های مدیران منابع آب این منطقه می‌بایست در این بازه زمانی و به‌طور خاص برای ماه ژانویه (دی ماه) انجام بگیرد. به‌طور مثال، کشاورزی، کشت و

صنعت در تالاب هورالعظیم، که تنها منبع اقتصادی مردم هورنشین استان خوزستان است، می‌تواند در این ماه رونق خاصی داشته باشد و مدیریت و حفاظت از زیستگاه‌های مناسب پرندگان مهاجر در تالاب‌های لرستان در این ماه می‌تواند حائز اهمیت باشد. با ورود به ماه فوریه، به‌غیر از محدوده یاسوج، به‌طور مشترک در همه ایستگاه‌ها از مقدار فراوانی بارش سودانی کاسته می‌شود. به‌طوری‌که در ایستگاه‌های آبادان، اهواز، و بهبهان این کاهش نسبت به ماه‌های گذشته بسیار چشم‌گیر است. مطمئناً این تغییر در دریافت نزولات جوی در فرایند تولید، صنعت، کشاورزی، و حتی تأمین آب شرب این مناطق اختلالاتی ایجاد خواهد کرد. این روند از تغییر می‌بایست مد نظر مدیران نهادهای مربوطه باشد. پس از ماه فوریه، در ماه مارس (اسفند) فعالیت سامانه سودانی در منطقه کمی افزایش می‌یابد. در انتهای دوره سرد، بارش سودانی در ماه‌های آوریل و می الگوی کاهشی را نشان داد؛ به‌طوری‌که در ۱۹ ایستگاه کمترین فراوانی را ماه می نشان داد. تغییرات افزایشی و کاهشی در الگوهای بارشی سامانه سودانی ریشه در تغییرات ایجادشده در الگوی گردشی منطقه‌ای دارد و می‌تواند آثاری از تغییرات اقلیمی حادث‌شده در منطقه غرب آسیا باشد. مطالعات انجام‌شده توسط لشکری و همکاران بر روی سامانه پرفشار عربستان گویای تغییرات مکانی این سامانه در دهه‌های اخیر است (لشکری و همکاران، ۱۳۹۵). بررسی بارش در حالت الگوی تداوم در روز نشان داد که در روند تاریخی از گذشته تا به امروز فراوانی و شدت بارش‌ها با طول مدت دو روز بیشتر از بارش‌هایی با طول مدت یک یا بیشتر از آن رخ داده است. به عبارت دیگر، سهم بارش سامانه‌های سودانی دوره به نسبت به بارش‌های سودانی دیگر طی دوره تاریخی در حال افزایش است. همان‌طور که روند تکرار سامانه‌های بارشی با تداوم‌های (یک تا پنج‌روزه و بیشتر) متفاوت نشان داد، روند ورود سامانه‌هایی با منشأ سودان از گذشته تا به امروز به منطقه جنوب غرب ایران رو به افزایش است. در واقع، سهم فعالیت سامانه سودانی بر روی جنوب غرب ایران ۵۷ درصد کل سامانه‌های بارشی ورودی به این محدوده بود. براساس نتایج پژوهش‌های خلیلی (۱۳۷۰) و فرجی (۱۳۶۰) سهم ورود سامانه‌های سودان بر روی ایران ۲۳ درصد است؛ این نتیجه گواه بر افزایش فعالیت سامانه سودان در جنوب غرب ایران است. افزایش چند درصدی فعالیت سامانه سودان نشانی از تغییر اقلیم مثبت در جنوب غرب ایران است. افزایش سهم مشارکت این سامانه در بارش‌های منطقه به مفهوم آن است که اقتضات جدیدی باید در رویکردهای برنامه‌ریزی منطقه انجام گیرد. ترمودینامیک و ساختار هم‌دیدگی این سامانه همراه بارش‌های هم‌رفتی شدید و بعضاً سیل‌آسا است. بنابراین، باید در جهت سازگاری با این گونه بارش‌ها راهکارهای جدیدی در جهت استفاده بهینه از این بارش‌ها و دوری از آسیب‌های احتمالی آن اتخاذ کرد. افزایش فراوانی سامانه‌های بارشی دوره و به‌عبارتی کوتاه‌تر شدن طول دوره فعالیت سامانه‌ها در کنار افزایش شدت بارش‌ها قطعاً بر ضریب جریان بارش‌ها مؤثر است و فرسایش خاکی و تشدید اثرهای تخریبی سیل‌ها از آثار مرتب این بارش‌ها و شرایط اقلیمی منطقه خواهد بود.

منابع

- پرک، ف.؛ روشنی، ا. و علیجانی، ب. (۱۳۹۴). واکاوای همدیدی سامانه کم‌فشار سودانی در رخدادهای ترسالی و خشک‌سالی‌های نیمه جنوبی کشور، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۵: ۷۵-۹۰.
- خلیلی، ع. (۱۳۷۰). شناخت اقلیمی ایران و بررسی‌های اساسی بارندگی، برنامه جامع آب کشور، وزارت نیرو، بخش‌های یک و دو.
- خلیلی، ع. و بذرافشان، ج. (۱۳۸۳). تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های سالانه، فصلی، و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته، مجله بیابان، ۱: ۲۵-۳۳.
- زرین‌کمر مجد، ش. و کتیرایی بروجردی، پ.س. (۱۳۹۵). بررسی تغییرات فصل‌پذیری و ناهنجاری‌های بارش فصلی در ایران طی دوره ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۶، مجله پژوهش علوم و فنون دریایی، ۳: ۱-۱۵.
- علیجانی، ب. (۱۳۷۸). نوسانات زمانی و مکانی ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در مدیترانه و اثر آن بر اقلیم ایران در ماه فوریه، دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور، ۱۳ و ۱۴ آبان‌ماه.
- غیاث‌آبادی فراهانی، ف.؛ خوش‌اخلاق، ف.؛ شمسی‌پور، ع.ا.؛ عزیزی، ق. و فتاحی، ا. (۱۳۹۷). بررسی و تحلیل تغییرات درون‌دهه‌ای روند و الگوی فضایی بارش‌های سالانه و فصلی (مطالعه موردی: نیمه غربی ایران)، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۴۸: ۷۹-۵۹.
- کتیرایی بروجردی، پ.س.؛ حجام، پ. و ایران‌نژاد، س. (۱۳۸۶). سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش ایران طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱، مجله فیزیک زمین و فضا، ۳۳: ۶۷-۸۳.
- فرجی، ا. (۱۳۶۰). بررسی مسیر سیستم‌های فشار کم باران‌زا بر روی ایران و ارائه الگوهایی از موقعیت و چگونگی حرکت آن‌ها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- قائمی، ه.؛ عساکره، ح. و رضایی، ش. (۱۳۹۵). تحلیل طیفی میانگین سالانه کم‌فشار دریای سرخ طی دوره ۱۳۳۰-۱۳۸۹، مجله اندیشه جغرافیایی، ۱۵: ۱۰۳-۱۱۱.
- لشکری، ح. (۱۳۷۵). الگوی سینوپتیکی بارش‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- لشکری، ح. (۱۳۸۱). مسیریابی سامانه کم‌فشار سودانی ورودی به ایران، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۲(۴): ۱۳۳-۱۵۷.
- لشکری، ح. (۱۳۸۲). مکانیسم تکوین، تقویت و توسعه مرکز کم‌فشار سودان و نقش آن بر روی بارش‌های جنوب و جنوب غرب ایران، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ۴۶: ۱-۱۸.
- لشکری، ح.؛ قائمی، ه. و پرک، ف. (۱۳۹۱). تحلیل رژیم بارندگی منطقه جنوب و جنوب غرب ایران، مجله اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۲۲(۸۵): ۵۷-۶۳.
- لشکری، ح.؛ متکان، ع.ا.؛ آزادی، م. و محمدی، ز. (۱۳۹۵). تحلیل همدید نقش پرفشار عربستان و رودباد جنب‌حاره‌ای در کوتاه‌ترین طول دوره بارشی جنوب و جنوب غرب ایران، فصل‌نامه علوم محیطی، ۴(۴): ۷۴-۵۹.
- لشکری، ح.؛ متکان، ع.ا. و محمدی، ز. (۱۳۹۷). تحلیل الگوهای همدیدی منجر به بارش‌های زودرس جنوب و جنوب غرب ایران طی دوره آماری (۱۹۷۹-۲۰۱۵)، جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۶۴: ۲۴۷-۲۶۶.
- محمدی، ب. (۱۳۹۰). تحلیل روند بارش سالانه ایران، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۴۳: ۹۵-۱۰۶.

محمدی، ح؛ اکبری، م؛ فتاحی، ا. و شمسی پور، ع.ا. (۱۳۹۱). تحلیل دینامیکی سامانه‌های سودانی و رخداد بارش‌های سنگین در جنوب غرب ایران، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۴: ۷-۲۳.

مفیدی، ع. (۱۳۷۸). کم فشار سودانی مکانیسم بارش‌زا در جنوب و جنوب غرب ایران، نشریه جغرافیا، ۱، آموزش و پرورش منطقه ۱۷: ۴۷-۵۵.

مفیدی، ع. و زرین، آ. (۱۳۸۴). تحلیل سینوپتیک سامانه‌های کم فشار سودانی (مطالعه موردی طوفان دسامبر ۲۰۰۱)، فصل‌نامه جغرافیایی سرزمین، ۶: ۲۴-۴۸.

مفیدی، ع. و زرین، آ. (۱۳۸۵). بررسی سینوپتیکی تأثیر سامانه‌های کم فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل‌زا در ایران، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، ۱۷: ۱-۲۴.

مفیدی، ع. و زرین، آ. (۱۳۸۵ الف). تحلیلی بر ماهیت و ساختار مراکز پرفشار و کم فشار (قسمت اول)، مجله رشد آموزش زمین‌شناسی، ۴۶: ۵۳-۶۱.

مفیدی، ع. و زرین، آ. (۱۳۸۵ ب). تحلیلی بر ماهیت و ساختار مراکز پرفشار و کم فشار (قسمت دوم)، مجله رشد آموزش زمین‌شناسی، ۴۷: ۵۴-۵۸.

Alijani, B. (1999). The temporal and temporal fluctuations of the surface level of 500 hectares in the Mediterranean and its effect on the climate of Iran in February, the 2nd Regional Climate Change Conference, Iran's Meteorological Organization, 13th and 14th of November.

Akinremi, O.; Mcginn S.M. and Cutforth, H. (2001). Seasonal and Spatial Patterns of Rainfall Trends on the Canadian Prairies, Notes and Correspondence, 2177.

Angel, J.R. and Huff, F.A. (1997). Changes in heavy rainfall in Midwestern United States, Journal of water Resources planning and management, July/August. 246-249.

Brunrtti, M.; Maugeri, M. and Nanni, T. (2000). Variation of Temperature and precipitation in Italy from 1866 to 1995, Theor. Apl. Climatol., 65.

De Luis, M.; Raventos, J.; Gonzalez-Hidalgo, J.C.; Sanchez, J.R. and Cortina, J. (2000). Spatial analysis of rainfall trends: a cause of study in Valencia region (Spain), International journal of climatology, 20: 1451-1469.

De Luis, M.; Gonzalez-Hidalgo, J.C.; Longares, L.A. and Martín-Vide, J. (2010). Changes in seasonal precipitation in the Iberian Peninsula during 1946-2005, Global and Planetary Change, 74(1): 27-33.

Diop, L.; Bodian A. and Diallo, D. (2016). Spatiotemporal trend analysis of the mean annual rainfall in Senegal, European scientific journal, 12(12): 231-245.

Elfandy, M.G. (1950a). Effects to topography and other Factors on the Movement of lows in the Middle East and Sudan, Bull. Amr. Met. Soc., 31: 375-381.

Faraji, I. (1981). Investigating the Paths of Low-Pressure Systems on Iran and Providing Patterns of Position and How to Move them, MSc Thesis of Meteorology. Institute of Geophysics, University of Tehran.

Ghyasabadi, F.; Khoshakhlagh, F.; Shamsipour, A.K.; Azizi, GH. And Fatahi, E. (2018). Analysis of inter-decade changes in trends and spatial patterns of annual and seasonal precipitation, case study: West of Iran, Researches in Geographical Sciences, 18(48): 59-78.

Ghaemi, H.; Asakreh, H. and Rezaei, SH. (2016). Spectral analysis of the annual average low pressure of the Red Sea during the period 1330-2009, Journal of Geospatial, 15: 103-111.

- Gitau, M. (2016). Long term seasonality of rainfall in the southwest Florida Gulf coastal zone, *Climate Research*, 69: 93-105.
- Hidalgo G.J.C.; De Luís, M.; Ravento's, J. and Sa'nchez, J.R. (2003). Daily rainfall trend in the Valencia Region of Spain, *Theor. Appl. Climatol.* 75, 117-130.
- Haigh, M.J. (2014). Sustainable management of head water resources: the Nairobi headwater declaration (2002) and beyond, *Asian J. Water, Environ. Pollut.*, 1(1-2): 17-28.
- Karl, T.R. and Knight, R. (1998). Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States, *Bulletin of the AMS*, 79: 231-241.
- Katiraei Brojerdi, P.S.; Hejam, P. and Iran Nezhad, S. (2007). The Contribution of Frequency and Intensity of Daily Precipitation to the Precipitation Process of Iran During 1960 to 2001, *Journal of the Earth and Space Physics*, 33: 67-83.
- Khalili, A. (1991). Climatic recognition of Iran and fundamental surveys of rainfall, comprehensive water plan of the country, Ministry of Energy, Sections one and two.
- Khalili, A. and Bazrafshan, J. (2004). An Analysis of the Changes in Annual, Seasonal, and Monthly Rainings in Five Iranian Old Stations in 116 Years, *Journal of desert*, 1: 25-33.
- Langat, P.K.; Kumar, L. and Koech, R. (2017). Temporal Variability and Trends of Rainfall and Streamflow in Tana River Basin, Kenya. *Sustainability*, 9, 1963.
- Lashkari, H. (1996). Synoptic Pattern of Severe Precipitation of Southwest Iran, Ph.D. Thesis, Tehran, Tarbiat Modarres University.
- Lashkari, H. (2002). Route of Sudanese Systems Entry into Iran, *Journal of Modares*, 2: 133-160.
- Lashkari, H. (2003). Genesis Mechanism, Strengthening and Developing Sudan's Low Pressure Center and its Role in South and Southwest Iran, *Journal of Geographical Research*, 46: 1-18.
- Lashkari, H.; Ghaemi, H. and Parak, F. (2012). Analysis of the rainfall regime in the south and southwest of the Iran, *Journal of Sepehr Geography Information*, 22(85): 57-63.
- Lashkari, H.A.; Matkan, A.K. and Mohammadi, Z. (2018). Analysis of patterns of consistency led to premature precipitation in south and southwest of Iran during the statistical period (1979-2015), *Journal of Geography and Planning*, 64: 247-266.
- Lashkari, H.; Metcanan, A.K.; Azadi, M. and Mohammadi, Z. (2016). The analysis of the role of Saudi high pressure and tropical rainbow in the shortest period of the southern and southeast of Iran, *Quarterly Journal of Environmental Science*, 4: 59-74.
- Liebmann, B.; Vera, C.S.; Leila Carvalho, M.V.; Camilloni, I.S.A.; Hoerling, M.P.; Allured, D.; Barros, V.R.; Ba' Ez, J.N. and Bidegain, M. (2004). An Observed Trend in Central South American Precipitation, *Journal of Climate*, 17: 4357-4367.
- Mohammadi, H.; Akbari, M.; Fatahi, I. and Shamsipour, A.A. (2012). Dynamic Dynamic Analysis of Sudan Systems and Heavy Rainfall Events in Southwest of Iran. *Journal of Applied Geosciences Research*, 24: 7-24.
- Mohammadi, B. (2011). Annual Iran rainfall analysis, *Journal of Geography and Environmental Planning*, 43: 106-95.
- Mofidi, A. (1999). Sudan Low Pressure Precipitation Mechanism in South and Southwest Iran, *Journal of Geography*, 1: 47-55.
- Mofidi, A. and Zarrin, A. (2005). Synoptic Analysis of Low Pressure Systems (Thousand Case Study of December 2001, *Journal of Geographic Land Code*, 6: 24-48.

- Mofidi, A. and Zarrin, A. (2006). An Analysis of the Nature and Structure of High Pressure and Low Pressure Centers (Part I), *Journal of the Growth of Geological Education*, 46: 53-61.
- Mofidi, A. and Zarrin, A. (2006). An Analysis of the Nature and Structure of High Pressure and Low Pressure Centers (Part II), *Journal of the Development of Geological Education*, 47: 54-58.
- Mercy, I. C. (2015). Trend analysis of rainfall pattern in Enugu state, Nigeria, *European Journal of Statistics and Probability*, 3(3): 12-18.
- Merabtene T.; Siddique M. and Abdallah, SH. (2016) Assessment of Seasonal and Annual Rainfall Trends and Variability in Sharjah City, UAE, *Advances in Meteorology*, vol., Article ID 6206238, 13 pages.
- Parak, F.; Roshani, A. and Alijani, B. (2015). An Analysis of the Sudan Low Pressure System in the Southern Hemisphere and Southern Drought, *Journal of Geography and environmental hazards*, 15: 75-90.
- Serrano, A.; Mateos, V.L. and Garcia, J.A. (1999). Trend Analysis of Monthly Precipitation Over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995 *phys, Chem. EARTH (B)*, 24: 85-90.
- Tabari, H.; Taye, M.T. and Willems, P. (2015) Statistical assessment of precipitation trends in the upper Blue Nile River basin *Stoch Environ Res Risk Assess*, DOI 10.1007/s00477- 015-1046-0.
- Taxak A.K.; Murumkar A.R. and Arya, D.S. (2014) Long term spatial and temporal and homogeneity analysis in Wainganga basin, *Weather and Climate Extremes*, 4: 50-61.
- Turkes, M. (1996). Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in turkey, I. *Journal of Climatology*, 16: 1057-1076.
- Turkes, M. (1999). Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity condition, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science*, 23: 363-380.
- Zarrinkamar Majd, SH. and Katiraei Brojerdi, P.S. (2016). Changes in Seasonality and Seasonal Rainfall Abnormalities in Iran during 1977-2006, *Journal of Marine science and technology research*, 3: 1-15.