

DOI: 10.22092/irm.2020.122115



نامه علمی

تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۰۹/۲۴  
تاریخ پذیرش ۱۳۹۹/۰۴/۱۰

## تغییرات زمانی و مکانی و روند بارش در حوزه‌های آبخیز منتهی به کانون‌های گرد و غبار استان خوزستان

فاطمه درگاهیان<sup>۱\*</sup> و سکینه لطفی‌نسب‌اصل<sup>۲</sup>

چکیده

بارش، مهم‌ترین عامل اقلیمی در تأمین منابع آبی و از جمله متغیرترین پدیده‌های جوی است. به منظور بررسی روند تغییرات بارش در حوزه‌های آبخیز منتهی به کانون‌های گرد و غبار داخلی استان خوزستان، از داده‌های شبکه‌ای بارش با قدرت تفکیک ۴۴×۴۴ کیلومتر استفاده شده است. این شبکه حاصل بازتولید داده‌های بارش روزانه، ماهانه و سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک، کليما تولوژی و باران سنجی سازمان هواشناسی و ایستگاه‌های باران سنجی و تبخیرسنجی شرکت آب منطقه‌ای در محیط نرم‌افزار GIS است. به منظور بررسی روند تغییرات دهه‌ای بارش از اطلاعات بارش ۵۰ ساله در قالب ۵ دهه از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۹۵ استفاده شده است. مقادیر بارش برای سه حوزه آبخیز کارون بزرگ، کرخه و زهره - جراحی پهنه‌بندی، تغییرات مکانی بارش استخراج و نقشه آن تهیه شد. برای بررسی روند و شیب تغییرات و شناسایی نقاط جهش در سری زمانی بارش سالانه از روش تست همگنی داده‌ها با Pettitt's test استفاده از افزونه آماری XLSTAT در محیط اکسل استفاده شد. موقعیت هسته‌های بارش تقریباً، در همه دهه‌ها دائمی بوده است، دهه سوم پر بارش‌ترین دهه در محدوده سه حوزه بود. در دهه پنجم، دو هسته اصلی بارش در حوزه کارون وجود داشت و هسته‌های اصلی بارش دهه‌های قبلی در حوزه کرخه و زهره - جراحی تضعیف شدند. بارش‌ها در پایین دست حوزه‌ها یعنی محل قرارگیری کانون‌های گرد و غبار بیشترین میزان کاهش را داشتند. تغییرات زمانی بارش دهه‌ای به تفکیک حوزه‌های آبخیز کارون بزرگ، کرخه، زهره - جراحی نشان داد، در محدوده سه حوزه، کاهش بارندگی از دو دهه قبل آغاز شده است. این کاهش در دهه پنجم کاملاً محسوس بوده، آثار زاینبار آن، با توجه به سایر پارامترها از جمله افزایش دما و تبخیر، دوچندان و منجر به فعالیت بیش از پیش کانون‌های گرد و غبار شده است.

واژه‌های کلیدی: حوزه‌های آبخیز، داده‌های بازتولید شده، شبکه بارش، کانون گرد و غبار داخلی، هسته‌های بارش.

### Temporal and spatial variations of precipitation trend in basins leading to Khuzestan province dust sources

F. Dargahian<sup>1\*</sup> and S. Lotfinasab-e Asl<sup>2</sup>

#### Abstract

Precipitation is the most important climatic factor affecting water supply and is one of the most variable meteorological phenomena. In order to study the precipitation trend in basins leading to the internal dust source of Khuzestan province, the gridded data of the National Iranian Drought warning and monitoring center with a grid resolution of 44km were used. This gridded data were made through reanalyzing daily, monthly, and yearly rainfall data from the synoptic, climatological, and meteorological stations of Meteorological Organization and the precipitation and evaporation stations of the regional water company, respectively using ArcGIS software. In order to study the decade by decade precipitation trend, 50 years precipitation data were used in form of five decades from 1968 to 2017, then spatial variations of precipitation in three basins of Karun, Karkheh, and Zohre-Jarahi were detected by the zoning of the precipitation data and their maps were prepared. To detect the changes in time series of precipitation data, the homogeneity tests of Pettitt's were used, which is available in Excel using the XLSTAT statistical software. The result showed that there were two main precipitation cores in the Karun Basin in the fifth decade. The main precipitation cores of previous decades in the Karkheh and Jarahi-Zohre basins were weakened. The highest decrease in precipitation occurred in the downstream of the basins at the location of dust sources. Decade changes in precipitation showed that the decrease in rainfall started two decades ago in the three basins of Karun, Karkheh, and Zohre-Jarahi. This decline was clearly evident in the fifth decade and its harmful effects due to the increase in other parameters such as temperature and evaporation were doubled and contributed to the activation centers of dust.

**Keywords:** Inner dust source, precipitation core, precipitation network, reproduction data, basins<sup>۱\*</sup> - نویسنده مسئول، عضو هیئت علمی بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

پست الکترونیک: Fatemeh.dargahian@gmail.com

<sup>۲</sup> - عضو هیئت علمی بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران<sup>1\*</sup> - Corresponding author, Assistant Prof., Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, E-mail: Fatemeh.dargahian@gmail.com<sup>2</sup> - Assistant Prof., Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran



### ● مقدمه

حضور هم‌زمان هوای مرطوب و عامل صعود در یک منطقه، سبب بارش می‌شود. به عبارت دیگر هوای مرطوب باید تا ارتفاع معینی بالا رود تا بر اثر سرد شدن بی‌دررو به نقطه اشباع برسد. عدم وجود هر یک از این عوامل مانع از بارش خواهد شد. یکی از مهم‌ترین عوامل تشکیل و تشدید کانون‌های گرد و غبار داخلی، کاهش نزولات جوی در حوزه‌های بالادست و در منطقه کانون‌ها است. عوامل طبیعی نظیر کاهش نزولات جوی، افزایش دما، افزایش تبخیر و وقوع خشک‌سالی، نحوه مدیریت و بهره‌برداری را از آب، در منطقه‌ای با ویژگی‌های آب‌وهوایی فراخشک گرم، تحت‌الشعاع خود قرار می‌دهد، به طوری که احداث سدها در بالادست و تعدد بندهای خاکی روی آبراهه‌های اصلی در پایین‌دست حوزه‌ها، منجر به عدم رعایت حقایق طبیعی دشت‌های رسوبی در پایین‌دست سه حوزه آبخیز کارون بزرگ، کرخه و زهره - جراحی شده است (درگاهیان و همکاران، ۱۳۹۷).

بارندگی‌ها و روند تغییرات آن در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف، در هر گوشه از دنیا، دارای الگوهای متفاوتی است و بی‌تأثیر از سایر متغیرهای اقلیمی نیست (Soro et al., 2016). بررسی اثرات جامع ذرات معلق ناشی از فعالیت‌های انسانی (سولفات، کربن سیاه و کربن آلی) بر خشکی زمین با استفاده از یک سیستم مدل اقلیمی شبیه‌سازی نشان می‌دهد، افزایش کل ذرات معلق در جو از سال ۱۸۵۰ تا ۲۰۱۰ سبب کاهش میانگین بارش سالانه جهانی زمین در حدود ۰/۱۹ میلی‌متر در روز شده است (Zhao et al., 2017). کاهش بارندگی منجر به توسعه مناطق خشک و افزایش پدیده بیابان‌زایی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌شود. شمال آفریقا بزرگ‌ترین منبع غبار معدنی در جهان است و این گرد و غبار تأثیر بالقوه‌ای بر بارندگی دارد (Jordan et al., 2018). روند بارش در مناطق مختلف دنیا متنوع است. اما روند نزولی قابل توجهی در کشورهای حاشیه خلیج گینه به‌ویژه در سرچشمه رودخانه نیجر در غرب آفریقا و حوضه رودخانه کنگو نیز مشاهده شده است. با این حال، بارش در دریاچه‌های

بزرگ آفریقا، به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین مخازن آب شیرین، افزایش یافته است. بنابراین مدل‌سازی تغییرات هیدرواقلیم منطقه‌ای بر قاره آفریقا همچنان چالش‌برانگیز است و ضرورت احتیاط را در توسعه راهبردهای سازگاری و کاهش نشان می‌دهد (Thomas et al., 2018). با توجه به وابستگی زندگی اجتماعی به بارندگی‌های فصلی در آفریقا، روند تغییرات فصلی بارش، بر اوضاع اقتصادی اثرات منفی بر جای خواهد گذاشت. یکی از اثرات تغییر اقلیم کاهش طول دوره مرطوب، افزایش شدت بارندگی و کاهش میزان بارش در شاخ آفریقا است، این موضوع پیامدهایی بر عملکرد محصول و منابع آب سطحی دارد (Dunning et al., 2018).

محققان زیادی در پژوهش‌های خود به شناسایی روند تغییرات بارش با استفاده از روش‌های آماری و مدل‌های اقلیمی پرداختند، هدف آنها آشکارسازی روند این تغییرات در آینده بوده است. نتایج آنها نشان داد، شناسایی روند تغییرات زمانی بارش نقش مهمی را در برنامه‌ریزی و طراحی دقیق‌تر پروژه‌های آبی در آینده ایفا می‌کند (خزیمه نژاد و همکاران، ۱۳۹۸).

عساکره (۱۳۸۶) با بررسی تغییرات زمانی و مکانی بارش در ایران نشان داد، حدود ۵۱/۴ درصد از مساحت کشور در معرض تغییرات بارش قرار گرفته‌اند. نتایج پژوهش او، حاکی از نمود بیشتر این تغییرات در نواحی کوهستانی و نیمه غربی کشور بوده است. ارتباط میان بارش و ارتفاع به‌منظور برآورد میزان و نحوه تغییرپذیری بارش در مناطق کوهستانی، همواره از موضوعات مورد توجه اقلیم‌شناسان بوده است. مدل تغییرات مکانی بارش در زاگرس میانی نشان داد، با وجود هماهنگی نسبی بین بارندگی و ناهمواری، هسته بیشینه بارندگی بر محور ارتفاع ناهمواری‌ها منطبق نیست (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۸). آشکارسازی روند تغییرات بارش در شمال کشور، با استفاده از آزمون غیر پارامتری من-کندال نشان داد، تغییر اقلیم در منطقه مورد مطالعه مشهود و نیازمند شناخت هرچه بیشتر تغییر متغیرهای اقلیمی و تأثیر آن بر منابع آب، محیط‌زیست و سایر بخش‌های مرتبط است (خوش‌روش و همکاران، ۱۳۹۶). گیات‌آبادی فراهانی و همکارانش (۱۳۹۷) با بررسی و تحلیل تغییرات درون دهه‌ای روند

و الگوی فضایی بارش‌های سالانه و فصلی در نیمه غربی ایران نشان دادند، اکثر مناطق نیمه غربی کشور در فصل زمستان از روند کاهش بارش برخوردار بودند و با وجود روند افزایشی بارش در فصل بهار و پاییز، تغییرات معنی‌دار نبوده است. با بررسی روند نوسان‌های زمانی عنصر بارش در طیف‌های ارتفاعی سراسر ایران، در داده‌های ۱۲۲ ایستگاه هواشناسی کشور در دوره آماری ۲۰۱۲-۱۹۹۲، مشخص شد در مقیاس سالانه، همه ایستگاه‌ها، دارای روند منفی بارندگی هستند (کرپور و همکاران، ۱۳۹۷).

### عوامل

#### طبیعی نظیر کاهش

نزولات جوی، افزایش دما،

افزایش تبخیر و وقوع خشک‌سالی،

نحوه مدیریت و بهره‌برداری را از آب، در

منطقه‌ای با ویژگی‌های آب‌وهوایی فراخشک

گرم، تحت‌الشعاع خود قرار می‌دهد، به طوری که

احداث سدها در بالادست و تعدد بندهای خاکی

روی آبراهه‌های اصلی در پایین‌دست حوزه‌ها،

منجر به عدم رعایت حقایق طبیعی دشت‌های

رسوبی در پایین‌دست سه حوزه آبخیز

کارون بزرگ، کرخه و زهره - جراحی

شده است.

ایجاد و تشدید کانون‌های گرد و غبار، از پیامدهای کاهش و بی‌نظمی بارش به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. فعالیت کانون‌های گرد و غبار داخلی در محدوده استان خوزستان، یکی از چالش‌های محیط‌زیستی دهه اخیر در کشور است. یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فعالیت این کانون‌ها، تغییر در میزان و توزیع بارش در حوزه‌های بالادست و در خود کانون‌های گرد و غبار است. عدم بارش کافی و وقوع خشک‌سالی‌های پی‌درپی، به تدریج منجر به کاهش و نابودی پوشش گیاهی و تخریب ساختار خاک در کانون‌های واقع شده در مناطق گرم و خشک شده است. آگاهی از تغییرات بارش در بالادست حوزه‌های آبخیز که کانون‌های گرد و غبار در پایین‌دست آنها واقع شده‌اند، همچنین در محل تشکیل کانون‌های

گرد و غبار می‌تواند تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان را در مدیریت یکپارچه این حوزه‌ها یاری کند. در واقع از طریق مدیریت سیستمی و یکپارچه حوزه‌های آبخیز می‌توان پتانسیل و مسائل محیط‌زیست را مدیریت کرد. بنابراین یکی از راه‌های کنترل کانون‌های گرد و غبار داخلی واقع در استان خوزستان، شناسایی پتانسیل بارش در یک سیستم یکپارچه حوزه آبخیز است. برای رسیدن به این شناخت بررسی پتانسیل مکانی و زمانی و تغییرات مربوط به آن ضروری و از اهداف این تحقیق است.

### ● داده‌ها و روش کار منطقه مورد مطالعه

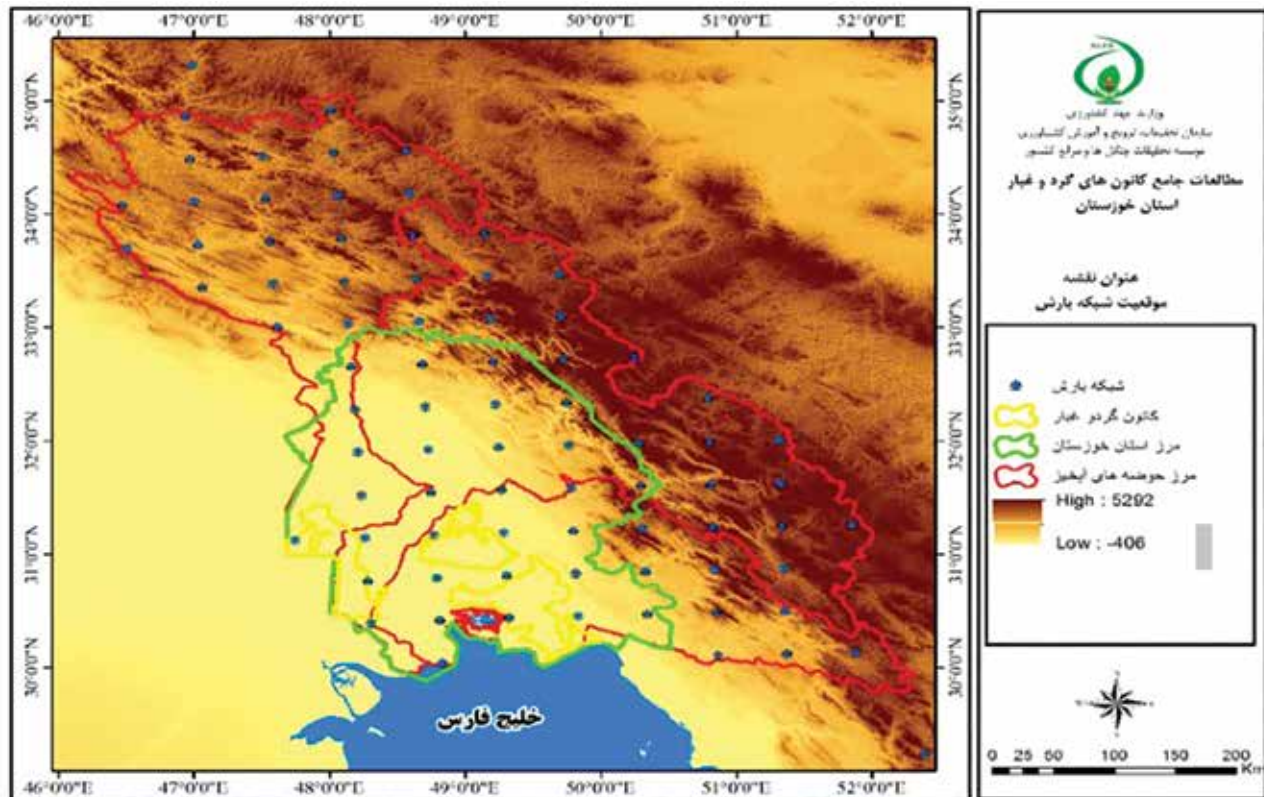
حوزه‌های آبخیز کارون بزرگ، کرخه و زهره- جراحی، بخشی از حوزه آبخیز پهناور خلیج فارس هستند. حوزه آبخیز کارون بزرگ در محدوده ۸ استان خوزستان (با بیشترین مساحت)، اصفهان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان، مرکزی، فارس و همدان (با کمترین مساحت) واقع شده است. حوزه آبخیز کرخه در غرب کشور و در منطقه

میانی و جنوب غربی رشته کوه‌های زاگرس قرار دارد. قسمت شمالی آن در استان کرمانشاه، قسمت شرقی در استان همدان، قسمت میانی در استان لرستان، قسمت جنوبی در استان خوزستان و قسمت غربی آن در استان ایلام قرار دارد. حوزه آبخیز زهره- جراحی، نیز شامل بخش‌هایی از استان‌های خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری، فارس و بوشهر می‌شود (شکل ۱).

شبکه بارش براساس داده‌های بارش روزانه، ماهانه و سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سنجی سازمان هواشناسی و ایستگاه‌های باران‌سنجی و تبخیرسنجی شرکت آب منطقه‌ای شکل گرفته است. فواصل نقاط در این شبکه ۴۴ کیلومتر مربع است و در مجموع ۷۹ نقطه را پوشش داده است (شکل ۱).

هدف این پژوهش بررسی روند بلندمدت بارش در سطح کل حوزه بود. تعداد کم ایستگاه‌های دارای آمار بلندمدت سالانه بارش، همچنین پراکندگی نامناسب آنها سبب بازتولید داده‌های بارش در یک شبکه ۴۴ کیلومتری مربعی شد. همگنی داده‌های اولیه، جهت بازتولید

داده‌های بارش برای کل حوزه‌ها از طریق آزمون آماری ران تست Run test بررسی شد. داده‌های روزانه بارش ایستگاه‌های سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سنجی سازمان هواشناسی و ایستگاه‌های باران‌سنجی و تبخیرسنجی شرکت آب منطقه‌ای وارد محیط GIS شد و با استفاده از تکنیک میان‌یابی کریجینگ، داده‌های بارش با تفکیک مکانی ۴۴×۴۴ کیلومتر، نگاشته شده در سیستم تصویر لامبرت مخروطی هم‌شکل، بازتولید شدند. بدین ترتیب در سراسر این سه حوزه ۷۹ سلول به دست آمد. به منظور بررسی روند تغییرات دهه‌ای بارش از اطلاعات بارش ۵۰ ساله در قالب ۵ دهه از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۵ استفاده، مقادیر بارش برای سه حوزه پهنه‌بندی و تغییرات مکانی بارش و مناطق با پتانسیل بالا و تغییرات دهه‌ای آن استخراج و نقشه آن تهیه شد (شکل‌های ۲ تا ۶). به منظور شناسایی شیب روند تغییرات بارش سالانه و معنی‌داری آن از روش تست همگنی داده‌ها استفاده شد. آزمون‌های همگنی در سری داده‌ها شامل تعداد زیادی آزمون است، فرض صفر در این آزمون عبارت است از: یک سری



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و شبکه بارش





زمانی بین دو زمان معین یکسان است. در این پژوهش از روش Pettitt's test با استفاده از نرم افزار آماری XLSTAT در اکسل استفاده شد. آزمون پتیت، به عنوان یک آزمون غیر پارامتری نیازی به فرض در مورد توزیع داده‌ها ندارد. این آزمون اقتباسی از آزمون من ویتنی است که امکان شناسایی زمان جهش در سری داده‌ها را فراهم می‌کند و تعیین می‌کند، آیا یک سری زمانی با گذشت زمان یک دست در نظر گرفته می‌شود یا زمانی در سری داده‌ها تغییر و جهش ایجاد خواهد شد. این آزمون با درجه اطمینان  $p < 0.05$ ، روی سری داده‌های سالانه بارش هر سه حوزه به طور جداگانه انجام و نمودار مربوط به آن ترسیم و تحلیل شد.

### ● بحث و نتایج

کانون‌های گرد و غبار استان خوزستان در قسمت پایین دست حوزه‌های آبخیز کرخه، کارون و زهره- جراحی واقع شده‌اند. الگوی بارش در

سه حوزه با وجود ماهیت بی‌نظم از لحاظ زمانی و مکانی، از یک نظم کلی تبعیت می‌کند، به طوری که بیشترین و کمترین بارش به ترتیب در ارتفاعات و در مناطق دشتی بوده است. از طرفی عرض جغرافیایی و نحوه قرارگیری در مسیر بادهای باران آور غربی، از عوامل تعیین کننده توزیع بارش در محدوده این سه حوزه است.

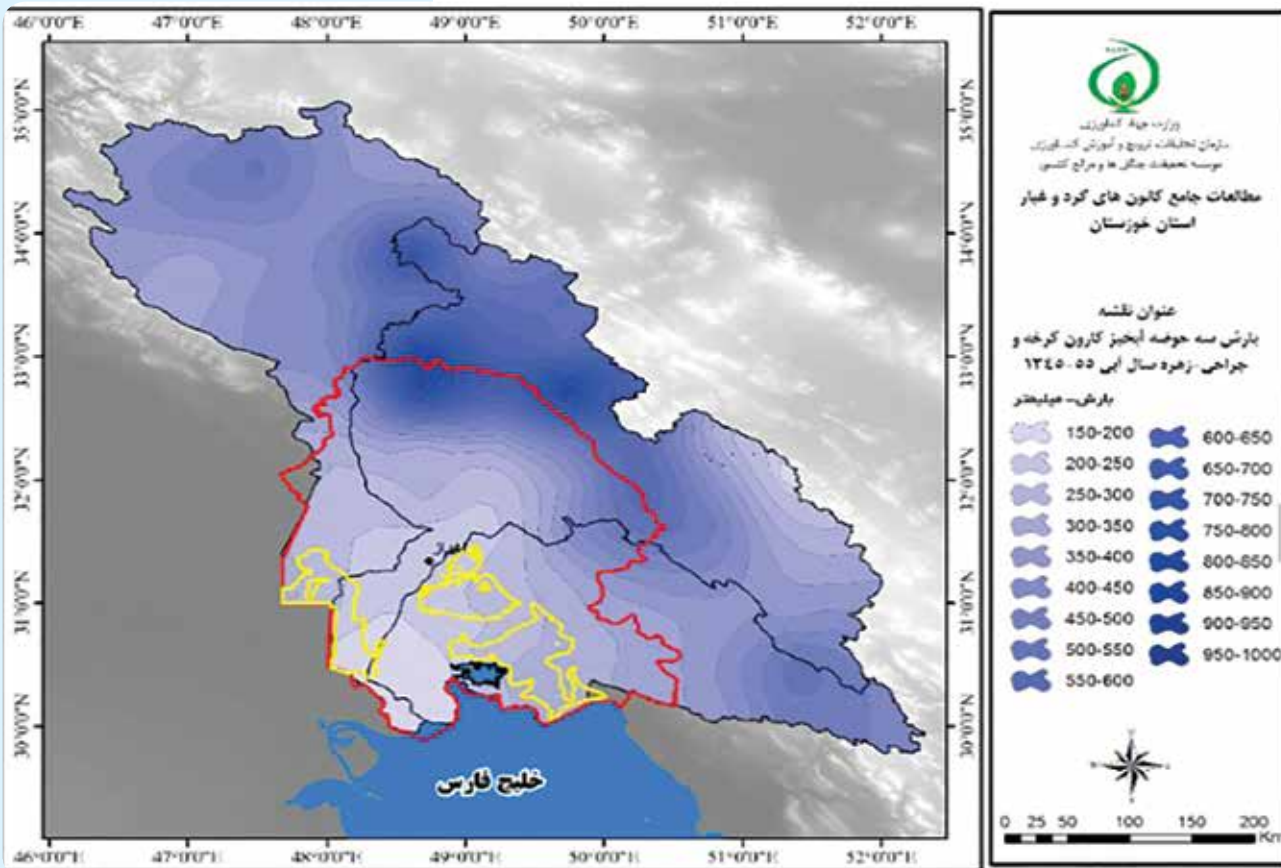
**الگوی بارش در سه حوزه با وجود ماهیت بی‌نظم از لحاظ زمانی و مکانی، از یک نظم کلی تبعیت می‌کند، به طوری که بیشترین و کمترین بارش به ترتیب در ارتفاعات و در مناطق دشتی بوده است.**

در دهه اول، سه هسته اصلی بارش در محدوده آبخیز کارون بزرگ وجود داشت (یک هسته در مرز بین کارون و کرخه، یک هسته در بالادست حوزه کرخه و یک هسته در سرشاخه

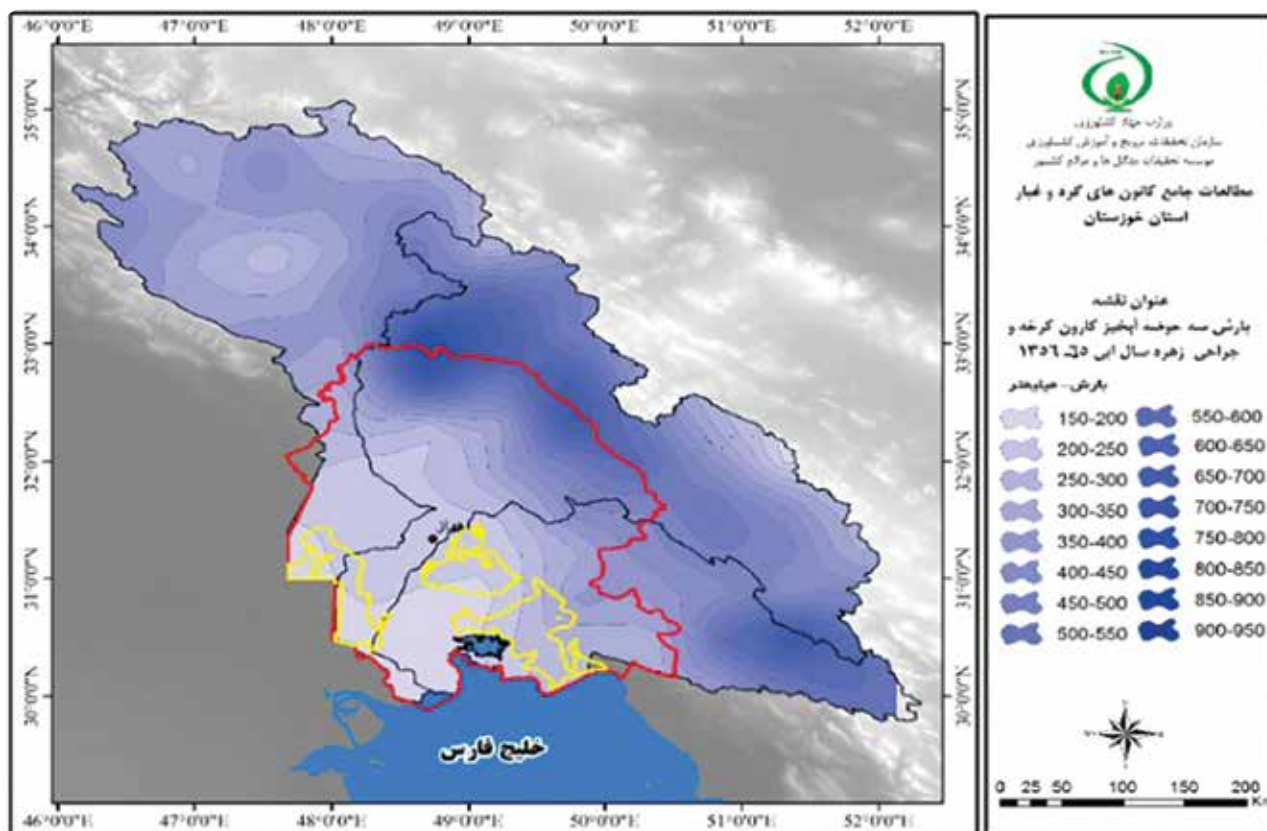
زهره- جراحی). در دهه اول، پایین ترین طبقه بارش بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی متر، بیشتر مساحت کانون‌های گرد و غبار را به خود اختصاص داد. بیشترین مقدار بارش در این دهه در طبقه بین ۹۵۰ تا ۱۰۰۰ میلی متر در سرشاخه‌های بالادست کارون قرار داشت (شکل ۲).

در دهه دوم دو هسته بارش در حوزه کارون، یک هسته بارش در کرخه و یک هسته بارش نیز در مرز بین کارون و زهره- جراحی وجود داشت. در این دهه مانند دهه اول پایین ترین طبقه مربوط به بارش بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی متر و بالاترین طبقه بین ۹۰۰ تا ۹۵۰ میلی متر بود که کاهش ۵۰ میلی متری را نسبت به دهه اول در سه حوزه نشان داد (شکل ۳).

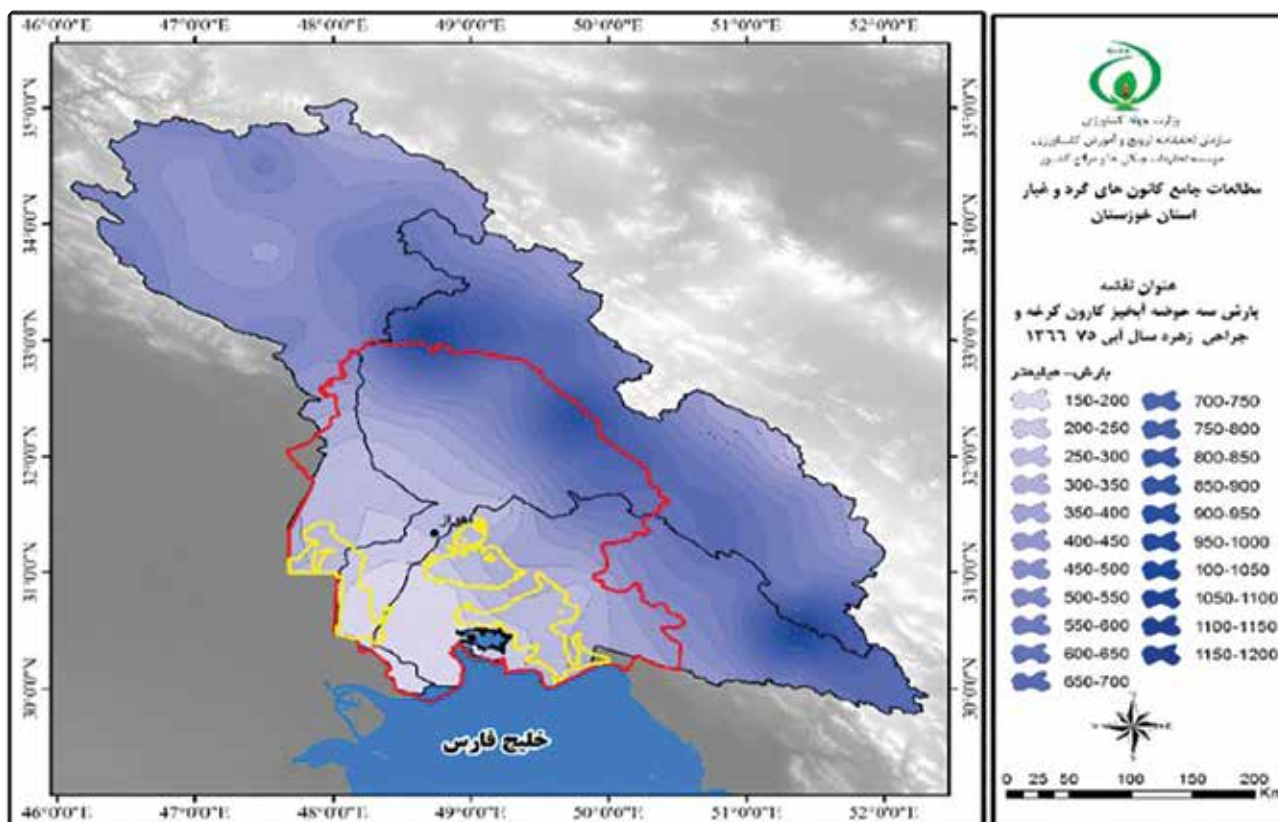
در دهه سوم هسته‌های بارش در موقعیت تقریباً دائمی دو دهه قبل قرار داشت، قوی ترین هسته روی سرشاخه‌های زیرحوضه دز قرار داشتند. کمترین میزان بارش در طبقه ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی متر و بیشترین میزان در طبقه ۱۱۵۰ تا ۱۲۰۰ میلی متر بود. این دهه پربارش ترین دهه در محدوده سه حوزه بود (شکل ۴).



شکل ۲- توزیع مکانی بارش دهه اول حوزه‌های آبخیز کارون بزرگ، کرخه، زهره- جراحی

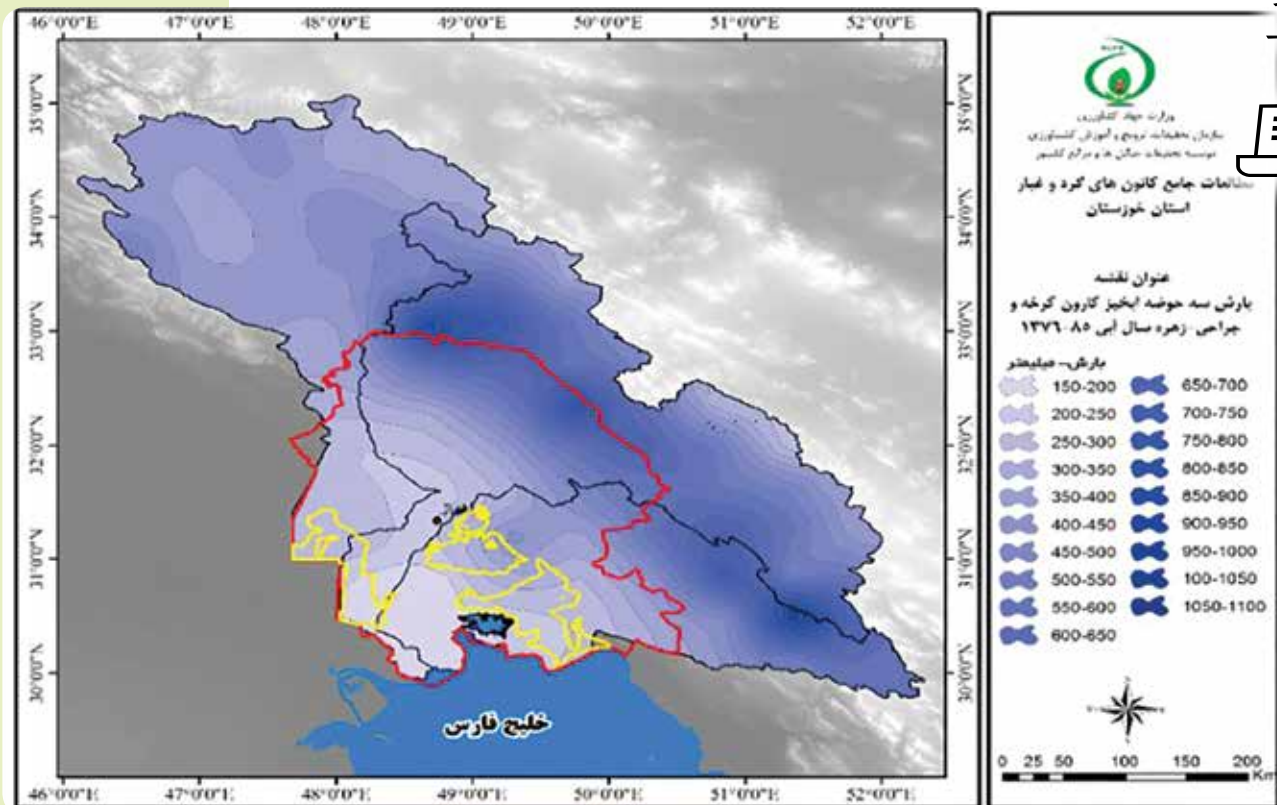


شکل ۳- توزیع مکانی بارش دهه دوم حوزه‌های آبخیز کارون بزرگ، کرخه، زهره- جراحی

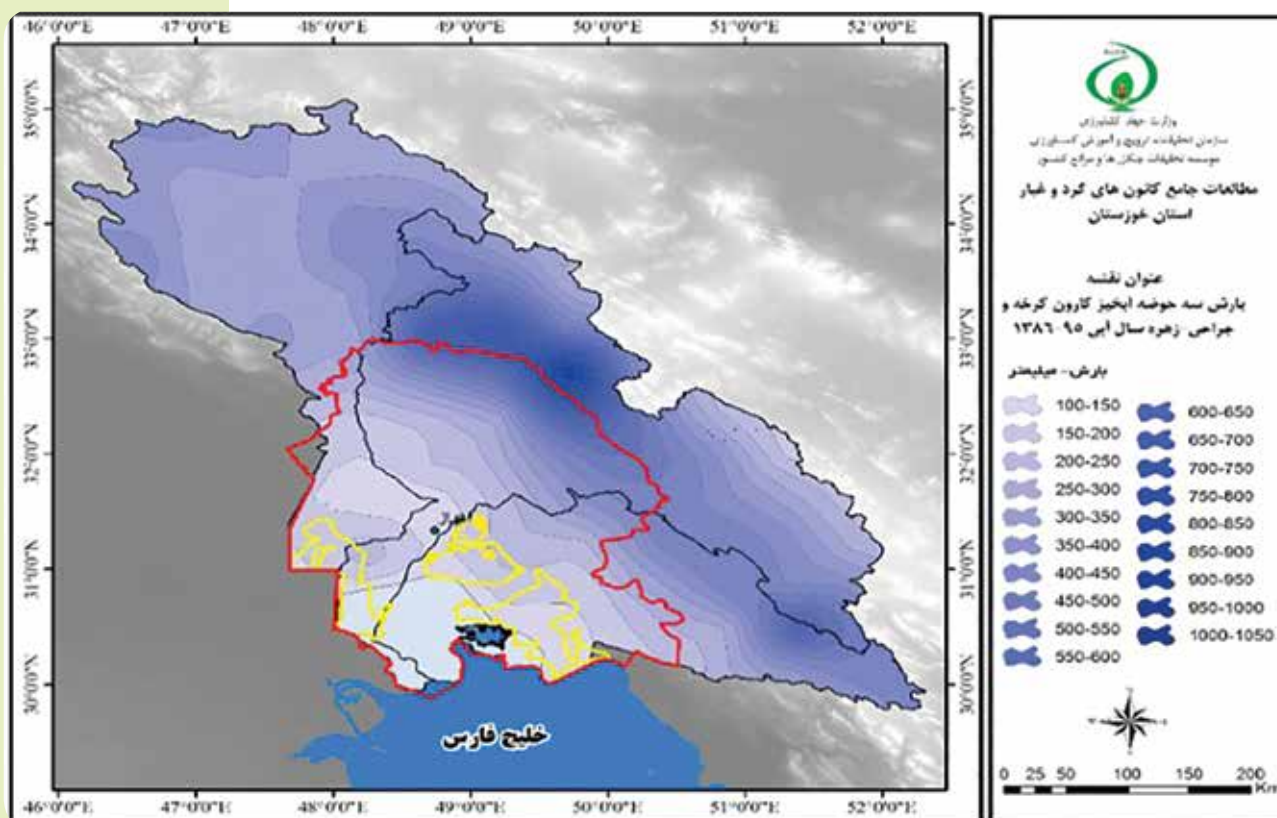


شکل ۴- توزیع مکانی بارش دهه سوم حوزه‌های آبخیز کارون بزرگ، کرخه، زهره- جراحی





شکل ۵- توزیع مکانی بارش دهه چهارم حوزه‌های آبخیز کارون بزرگ، کرخه، زهره- جراحی



شکل ۶- توزیع مکانی بارش دهه پنجم حوزه‌های آبخیز کارون بزرگ، کرخه، زهره- جراحی

### ● روند تغییرات بارش دهه‌ای به تفکیک حوزه‌های آبخیز کارون بزرگ، کرخه و زهره-جراحی

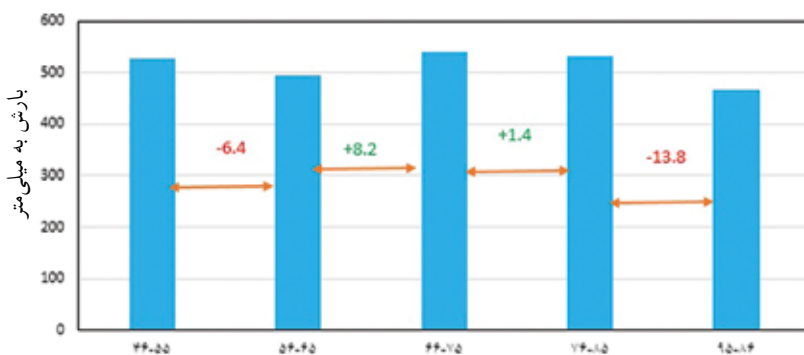
در محدوده سه حوزه کارون بزرگ، کرخه و زهره-جراحی کاهش بارندگی از دو دهه پیش آغاز شده است. این کاهش در دهه ماقبل دهه اخیر قابل لمس نبود و آثار کاهش بارندگی به خوبی نمایان نشده بود. در دهه پنجم در مجموع در محدوده هر سه حوزه ۱۷ درصد کاهش بارندگی رخ داد که کاملاً محسوس بود و آثار زیانبار آن با توجه به سایر پارامترها از جمله دما و تبخیر دو چندان شده است. محدوده کارون بزرگ، به عنوان پر بارش‌ترین حوزه آبخیز منتهی به کانون‌های گرد و غبار، در دهه اخیر با کاهش ۱۴ درصدی بارش مواجه بوده است (شکل ۷). اگرچه میزان کاهش بارش این حوزه نسبت به میانگین سه حوزه دیگر، کمتر است؛ اما این میزان کاهش نیز، با توجه به اهمیت نقش جریانات رودخانه‌ای، می‌تواند خسارت‌های زیادی به بار آورد. همان‌طور که در پهنه‌بندی توزیع بارش دهه‌ای نشان داده شد، هسته‌های بارش در دهه چهارم در محدوده کرخه تضعیف شدند. به همین خاطر این حوزه نسبت به دهه سوم ۱۷ درصد کاهش بارندگی داشته است. در دهه اخیر با وجود رخداد الینوی سال ۲۰۱۶ و افزایش چشمگیر بارش در سرشاخه‌های کرخه در محدوده استان لرستان و ایلام، کمبود بارش دهه قبل نه تنها جبران نشد، بلکه حوزه شاهد کاهش ۸ درصدی بارش بود (شکل ۸). برخلاف روند کلی تغییرات بارش در سایر حوزه‌ها (دهه سوم به عنوان پر بارش‌ترین دهه)، دهه چهارم، پر بارش‌ترین دهه محدوده حوزه آبخیز زهره-جراحی بود. در بررسی و پهنه‌بندی توزیع بارش دهه‌ای در محدوده حوزه‌ها، در دهه چهارم، حضور دو هسته بارش، در مرز بین کارون و زهره-جراحی، منجر به بارش‌های بیشتر در این دهه شد. از این رو، کاهش بارش‌ها در دهه آخر این حوزه بیشتر از دو برابر میانگین کاهش بارش در حوزه‌های آبخیز کرخه و کارون بوده است و بیشتر کانون‌های فعال گرد و غبار در دهه اخیر در آن واقع شده است (شکل ۹).

### ● تغییرات روند و معنی‌دار بودن بارش سالانه بلندمدت سه حوزه آبخیز کارون

کارون قرار داشت. هسته‌های اصلی بارش در دهه‌های قبلی در حوزه کرخه و زهره-جراحی تضعیف شدند. کمترین میزان بارش در طبقه ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر و بیشترین میزان بارش در طبقه ۱۰۰۰ تا ۱۰۵۰ میلی‌متر قرار داشت. بیشترین کاهش در پایین دست حوزه‌ها یعنی محل قرارگیری کانون‌ها رخ داد و در بالادست حوزه‌های کرخه و زهره-جراحی نیز کاهش بارش اتفاق افتاد (شکل ۶).

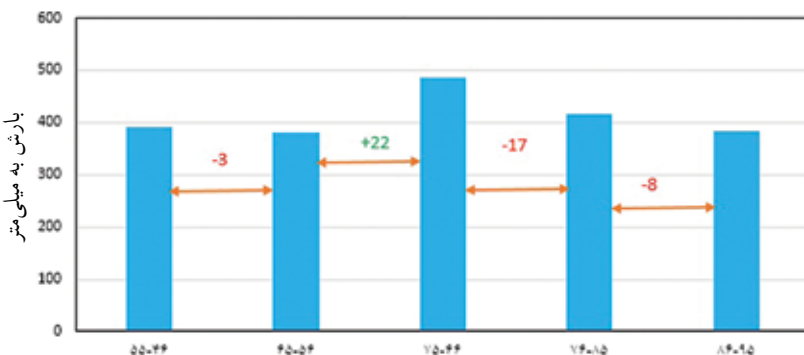
در دهه چهارم در حوزه کارون دو هسته بارش وجود داشت. در حوزه کرخه، هسته اصلی به چند هسته ضعیف تبدیل شد. در مرز بین کارون و جراحی هم دو هسته بارش شکل گرفت. در این دهه کمترین میزان بارش در طبقه ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر و بیشترین میزان بارش در طبقه ۱۰۵۰ تا ۱۱۰۰ میلی‌متر قرار داشت (شکل ۵). در دهه پنجم دو هسته اصلی بارش در حوزه

روند تغییرات دهه‌ای بارش حوزه آبخیز کارون بزرگ



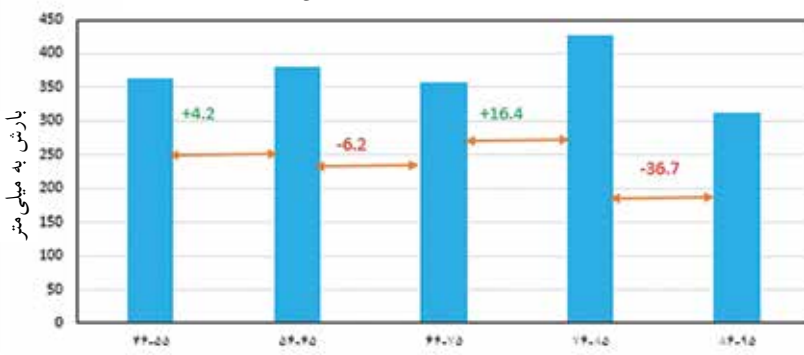
شکل ۷- روند تغییرات زمانی بارش دهه‌ای حوزه آبخیز کارون بزرگ

روند تغییرات دهه‌ای بارش حوزه آبخیز کرخه



شکل ۸- روند تغییرات زمانی بارش دهه‌ای حوزه آبخیز کرخه

روند تغییرات دهه‌ای بارش حوزه آبخیز جراحی زهره



شکل ۹- روند تغییرات زمانی بارش دهه‌ای حوزه آبخیز زهره-جراحی



## بزرگ، کرخه، زهره - جراحی

در یک دید کلی چهار چرخه افزایشی و سپس کاهش‌ی در داده‌های بارش سالانه بلندمدت این سه حوزه مشاهده شد. تغییرات روند بارش متوسط سالانه در محدوده حوزه آبخیز کارون بزرگ، کاهش‌ی اما غیر معنی‌دار است. بیشترین کاهش بارش در دهه پنجم رخ داده است. میانگین بلندمدت بارش حوزه حدود ۵۱۱ میلی‌متر و در دهه اخیر و به مدت ۸ سال، میزان بارش‌ها کمتر از میانگین بوده است (شکل ۱۰).

بررسی روند تغییرات، در محدوده حوزه آبخیز کرخه نشان داد بی‌نظمی بارش در این حوزه از سایر حوزه‌ها بیشتر است. در این حوزه روند تغییرات بارش، کاهش‌ی است؛ اما معنی‌دار نیست. میانگین بارش سالانه بلندمدت در این حوزه تقریباً ۴۱۸ میلی‌متر است. بیشتر سال‌ها در دهه اخیر، بارشی کمتر از میانگین بلندمدت را تجربه کرده‌اند (شکل ۱۱).

تغییرات بارش متوسط سالانه در محدوده حوزه آبخیز زهره - جراحی شاهد روند کاهش بارش سالانه در چهار چرخه بوده است، در واقع بارش‌ها در دو دوره بیشتر از میزان میانگین بارشی و در دو دوره کمتر از آن بوده است. روند تغییرات کاهش‌ی آن نیز معنی‌دار نبود. اما در میان حوزه‌های سه گانه، حوزه آبخیز زهره - جراحی در دهه آخر بیشترین کاهش را نسبت به میانگین بارش داشته است. به طوری که به مدت ۸ سال در دهه آخر، متوسط بارش سالانه کمتر از متوسط بلندمدت و دو سال نیز تقریباً برابر با میانگین بارشی بوده است (شکل ۱۲).

## ● نتیجه‌گیری

بررسی روند تغییرات مکانی - زمانی و روند معنی‌داری تغییرات سالانه بارش با استفاده از پایگاه داده شبکه‌ای بارش در سه حوزه آبخیز منتهی به کانون‌های گرد و غبار برای دوره آماری ۵۰ ساله نشان داد؛ رفتار بارش در سه حوزه با وجود ماهیت بی‌نظم از لحاظ زمانی و مکانی، از یک نظم کلی تبعیت می‌کند. بیشترین و کمترین بارش‌ها به ترتیب در ارتفاعات و دشت‌ها روی داده است. عرض جغرافیایی و نحوه قرارگیری در مسیر بادهای باران‌آور غربی از عوامل تعیین‌کننده

توزیع بارش در سه حوزه موردنظر است. در دهه اول سه هسته اصلی بارش در محدوده آبخیز کارون بزرگ، یک هسته در مرز بین کارون و کرخه، یک هسته در بالادست حوزه کرخه و یک هسته نیز در سرشاخه زهره - جراحی قرار داشت. بیشترین مقدار بارش در این دهه از سرشاخه‌های بالادست کارون گزارش شد. در دهه دوم دو هسته بارش در حوزه کارون، یک هسته در کرخه و یک هسته نیز در مرز بین کارون و زهره - جراحی وجود داشت. در این دهه کاهش ۵۰ میلی‌متری بارش در سه حوزه رخ داد. در دهه سوم هسته‌های بارش در موقعیت تقریباً دائمی دهه‌های قبل و قوی‌ترین هسته روی سرشاخه‌های زیرحوضه دز قرار داشت. این دهه پر بارش‌ترین دهه در محدوده سه حوزه یادشده بود. در دهه چهارم در حوزه کارون، دو هسته بارش حضور داشت، هسته اصلی در حوزه کرخه، به چند هسته ضعیف تبدیل شده بود و در مرز بین کارون و زهره - جراحی دو هسته بارش شکل گرفته بود. در دهه پنجم دو هسته اصلی بارش در حوزه کارون قرار داشت و هسته‌های اصلی بارش در دهه‌های قبلی در حوزه کرخه و زهره - جراحی تضعیف شده بودند. در نتیجه بیشترین کاهش در پایین‌دست حوزه‌ها یعنی محل قرارگیری کانون‌های گرد و غبار رخ داد و بالادست حوزه‌های کرخه و زهره - جراحی نیز با کاهش بارش مواجه شده بود. تغییرات زمانی و مکانی بارش، یکی از عوامل شکل‌گیری و تشدید فعالیت کانون‌های گرد و غبار در پایین‌دست حوزه‌های آبخیز کارون، کرخه و زهره - جراحی است. در بیشتر مطالعات انجام شده تاکنون، روند تغییرات بارش به صورت ایستگاهی بررسی شده است (ظهرایی و همکاران، ۱۳۹۵)، در واقع به دلیل کوتاهی طول دوره آماری و نامناسب بودن پراکندگی ایستگاه‌ها، پایش در سطح پهنه یک حوزه کمتر انجام شده است. در این بررسی برای سه حوزه بزرگ منتهی به کانون‌های گرد و غبار از داده‌های بارش بازتولید شده در محیط GIS با استفاده از تکنیک کریجینگ استفاده شده است. روند تغییرات زمانی بارش دهه‌ای به تفکیک حوزه‌های آبخیز نشان داد، کاهش بارندگی در محدوده سه حوزه، از دو دهه قبل

آغاز شده است؛ اما این کاهش در دهه چهارم محسوس نبوده است و آثار زیادی از خود به جای نگذاشته است. در دهه آخر، کاهش بارندگی به صورت کاملاً محسوس در محدوده هر سه حوزه رخ داده است و با توجه به وجود سایر پارامترها از جمله افزایش دما و تبخیر در این حوزه‌ها، شاهد آثار زیانباری بوده‌ایم. ظهرایی و همکاران (۱۳۹۵) نیز در پژوهش خود بیشترین تغییرات معنی‌دار کاهش‌ی را در بخش‌های غرب و جنوب حوزه کرخه نشان داده‌اند. در مناطق مرکزی و شرقی علی‌رغم وجود روند کاهش‌ی در میزان بارش، این روندها معنی‌دار نبود. نتایج مطالعه رحیمی و همکاران (۱۳۹۴) در همین حوزه نشان داد، بارندگی در این منطقه طی دوره آماری سال‌های ۱۳۴۹ تا ۱۳۸۰ دارای روند کاهش‌ی است، این روند به‌ویژه در بالادست حوزه، که تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی است، شدت بیشتری داشته است. محدوده کارون بزرگ، به‌عنوان پر بارش‌ترین حوزه آبخیز منتهی به کانون‌های گرد و غبار، در دهه پنجم کاهش‌ی نزدیک به ۱۴ درصد داشته است. اگرچه این کاهش، نسبت به میانگین سه حوزه کمتر بوده است؛ اما این میزان کاهش نیز، با توجه به اهمیت نقش جریان‌ات رودخانه‌ای، می‌تواند خسارت‌های زیادی به بار آورد. حوزه کرخه در دهه چهارم نسبت به دهه سوم شاهد کاهش ۱۷ درصدی بارش بوده است. اگرچه، در دهه پنجم با وجود رخداد النینوی سال ۲۰۱۶ و بارش بیش از حد نرمال، با افزایش چشمگیری در میزان بارش‌ها در سرشاخه‌های کرخه و در محدوده استان لرستان و ایلام روبه‌رو بودیم؛ اما نه تنها کمبود بارش‌های دهه قبل جبران نشد، بلکه میزان آن نیز، ۸ درصد کاهش یافت. دهه چهارم، در محدوده حوزه آبخیز زهره - جراحی، پر بارش‌ترین دهه بود و وجود دو هسته بارش در مرز بین کارون و زهره - جراحی، در این دهه، منجر به بارش‌های بیشتر شد. روند تغییرات و معنی‌داری بارش سالانه بلندمدت نشان داد که چهار سیکل افزایشی و سپس کاهش‌ی در داده‌های بارش سالانه بلندمدت سه حوزه وجود داشته است. نتایج کار این تحقیق با مطالعه ظهرایی و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت دارد، آنها نیز روند تغییرات بارش را در حوضه



تغییرات بارش و دبی در حوضه کرخه. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۷ (۲): ۱۸۴-۱۹۴. خزیمه نژاد، ح. صفوی گردینی، م. ناظری تهرودی، م. ۱۳۹۸، بررسی تغییر اقلیم با استفاده از روش من کندال اصلاح شده در استان کرمان، سمپوزیوم ملی قنات بلده فردوس، بیرجند، دانشگاه بیرجند. خوش روش، م. میرناصری، م. و پسرکو، م. ۱۳۹۶. آشکارسازی روند تغییرات بارش شمال کشور با استفاده از آزمون غیرپارامتری من-کندال. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۸ (۱۶): ۲۲۳-۲۳۱. درگاهیان، ف. رضوی زاده، س. و لطفی نسب اصل، س. ۱۳۹۷. نقش مدیریت منابع آب به عنوان یکی از عوامل مؤثر در تشدید فعالیت کانون گرد و غبار جنوب و جنوب شرق اهواز. نشریه طبیعت ایران، ۳۳ (۴): ۲۶-۳۶. ظهراپی، ن. مساح بوانی، ع. گودرزی، ا. و حیدر نژاد، م. ۱۳۹۵. شناسایی روند تغییرات دما و بارش سالانه در حوضه آبریز کرخه. اکویولوژی تالاب، ۲۸ (۲): ۵۵-۸۸. عساکره، ح. ۱۳۸۵. تغییرات زمانی مکانی بارش ایران زمین طی دهه های اخیر. توسعه و جغرافیا، ۵ (۱۰): ۱۴۵-۱۶۴. عزیزی، ق. فرجی سبکبار، ح. عباسپور، ر. و صفراد، ط. ۱۳۸۹. مدل تغییرات مکانی بارش در زاگرس میانی. پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۷۲: ۳۵-۵۱. غیاث آبادی فراهانی، ف. خوش اخلاق، ف. شمسی پور، ع. ا. و عزیزی، ق. ۱۳۹۷. بررسی و تحلیل تغییرات درون دهه های روند و الگوی فضایی بارش های سالانه و فصلی (مطالعه موردی: نیمه غربی ایران). تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۸ (۸۴): ۵۹-۷۹. کریمپور، م. زارعی، ز. حلیمی، م. و نوروزی میرزا، م. ۱۳۹۷. بررسی نوسان بارش ماهانه و سالانه ایران در طیف های مختلف. سپهر، ۲۷ (۱۰۵): ۲۱۷-۱۹۹.

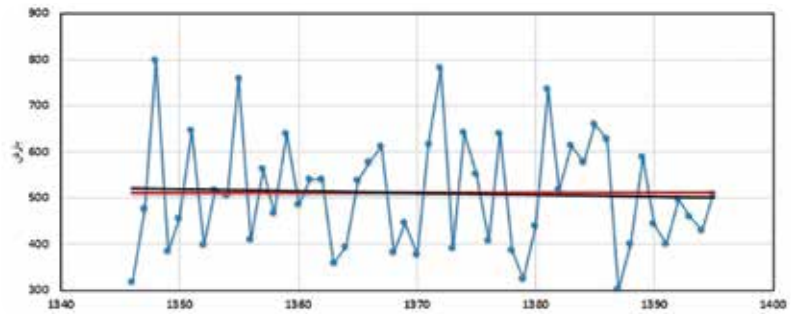
Soro, G., Noufé, D., Goula Bi, T. and Shorohou, B., 2016. Trend analysis for extreme rainfall at sub-daily and daily timescales in Côte d'Ivoire. *Climate*, 4(3): 37.

Dunning, C. M., Black, E. and Allan, R. P., 2018. Later wet seasons with more intense rainfall over Africa under future climate change. *Journal of Climate*, 31(23): 9719-9738.

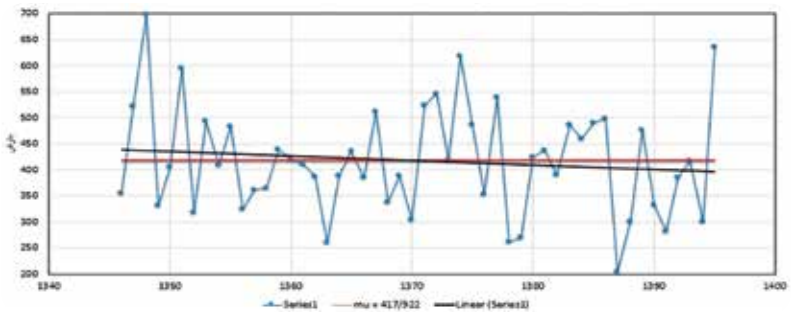
Thomas, N. and Nigam, S., 2018. Twentieth-century climate change over Africa: Seasonal hydroclimate trends and Sahara Desert expansion. *Journal of Climate*, 31(9): 3349-3370.

Zhao, S., Zhang, H., Wang, Z. and Jing, X., 2017. Simulating the effects of anthropogenic aerosols on terrestrial aridity using an aerosol-climate coupled model. *Journal of Climate*, 30(18): 7451-7463.

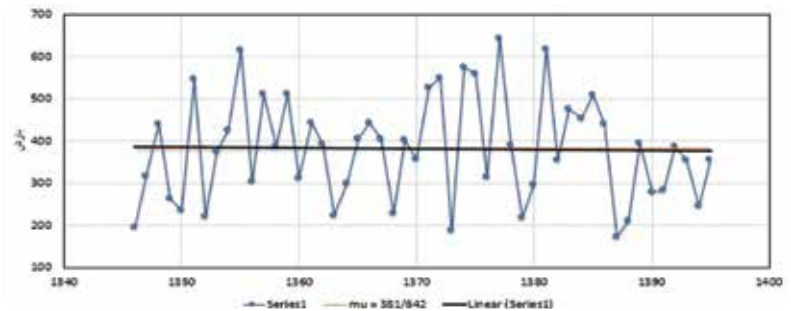
Jordan, A. K., Gnanadesikan, A. and Zaitchik, B., 2018. Simulated Dust Aerosol Impacts on Western Sahelian Rainfall: Importance of Ocean Coupling. *Journal of Climate*, 31(22): 9107-9124.



شکل ۱۰- روند تغییرات و معنی داری بارش سالانه بلندمدت حوزه آبخیز کارون بزرگ



شکل ۱۱- روند تغییرات و معنی داری بارش سالانه بلندمدت حوزه آبخیز کرخه



شکل ۱۲- روند تغییرات و معنی داری بارش سالانه بلندمدت حوزه آبخیز زهره- جراحی

در مدیریت نوع عملیات مقابله و کنترل گرد و غبار، کاهش آثار اقتصادی و اجتماعی آن و توزیع زمانی و مکانی اقداماتی نظیر مقابله بیولوژیکی و سایر راهکارها مثل مرطوب سازی مناطق بسیار حساس، به تصمیم گیران و برنامه ریزان کمک خواهد کرد.

### ● سیاستگذاری

این مقاله از طرح «مطالعات جامع مقابله با گرد و غبار کانون های داخلی استان خوزستان» اجرا شده توسط محققان مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور استخراج شده است و بدین وسیله از همکاری معاونت پژوهشی این مؤسسه قدردانی می شود.

### ● منابع

رحیمی بندرآبادی، س.، جهانبخش، س.، بهروز ساری صراف، ب.، غفوری روزبهانی، ع. م. و خورشید دوست، ع. م. ۱۳۹۴. بررسی

آبریز کرخه بررسی کردند و نشان دادند روند تغییرات بارش، کاهش؛ اما غیر معنی دار است. روند تغییرات بارش متوسط سالانه در محدوده حوزه آبخیز کارون بزرگ کاهش و بیشترین این کاهش در دهه اخیر بوده است. روند تغییرات و معنی داری بارش متوسط سالانه در محدوده حوزه آبخیز کرخه نشان داد، بی نظمی بارش در آن از سایر حوزه ها بیشتر است. اگرچه تغییرات بارش متوسط سالانه در محدوده حوزه آبخیز زهره- جراحی، روند کاهش بارش سالانه را در چهار سیکل، دو دوره بیشتر از میانگین و دو دوره کمتر از میانگین بارش، نشان داد؛ اما در دهه اخیر و در میان حوزه های سه گانه، این حوزه، با بیشترین مساحت کانون های گرد و غبار داخلی، بیشترین کاهش را نسبت به میانگین داشته است. شناخت پتانسیل و الگوهای تغییرات در بارش، در حوزه های آبخیز منتهی به کانون های گرد و غبار،