

## تحلیل اثرپذیری ناهنجاری های بارش در زمان وقوع ترسالی های شدید در جنوب ایران در سه سیکل خورشیدی اخیر

### فرناز مشایخ

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

### حسن لشکری\*

استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، تهران، ایران

### سید جمال الدین دریاباری

دانشیار گروه جغرافیا، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

### محسن رنجبر

دانشیار گروه جغرافیا، واحد یادگار امام، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۱۱

### چکیده

در این پژوهش به بررسی اثرپذیری ناهنجاری های بارش در زمان وقوع ترسالی های شدید و فوق العاده شدید در جنوب ایران پرداخته شده است. این پژوهش در گام های زیر انجام شده است؛ ۱- داده های بارش روزانه و سالانه ایستگاه های همدید منطقه مطالعاتی از داده های سازمان هواشناسی استخراج شد؛ ۲- پایه آماری برای انطباق با سیکل های خورشیدی یک دوره ۳۳ ساله منطبق با سال های ۱۹۸۶-۲۰۱۹ انتخاب گردیده است. ۳- تعداد ۱۹ ایستگاه سینوپتیک که دارای این شرایط بودند انتخاب شدند؛ ۴- ترسالی ها بر اساس شاخص های استاندارد بارش (SPI)، Z چینی (CZI)، نمره. (ZSI)Z مشخص گردید؛ ۵- برای بررسی ناهنجاری بارش از شاخص RAI استفاده شده است. ۶- بر اساس شاخص های اعلام شده، با معیار ۳۰ درصد تکرار در ایستگاه های انتخابی ۶ ترسالی شدید و بر اساس ۵۰ درصد تکرار در ایستگاه های انتخابی سه ترسالی شدید در دوره آماری ۳۳ ساله رخ داده است. ۷- در این پژوهش دو ترسالی ۱۹۹۳-۱۹۹۲ و ۱۹۹۶-۱۹۹۵ از لحاظ شاخص های ناهنجاری و سایر ویژگی های بارشی مورد بررسی قرار گرفته است. در ترسالی های شدید و فوق العاده شدید در تعداد زیادی از ایستگاه ها بارش سالانه بیش از دو و گاه سه برابر میانگین بارش طولانی مدت بوده است. از لحاظ تعداد روزهای بارشی در ترسالی ۱۹۹۳-۱۹۹۲ در ۱۰ ایستگاه و در ترسالی ۱۹۹۶-۱۹۹۵ در ۱۷ ایستگاه روزهای بارشی بالای ۳۰ روز ثبت شده است. با این همه تعداد، تعداد روزهای بارشی در هر دو ترسالی، هماهنگی با شدت بارش ها نشان نمی دهند. به عبارت دیگر با وجود اینکه در ترسالی های شدید مقادیر بارش سالانه و ۲۴ ساعته افزایش چشمگیری را نشان می دهند، ولی به دلیل ماهیت سامانه های بارشی مؤثر بر بارش های منطقه تعداد روزهای بارشی افزایش نشان نمی دهند بلکه بر شدت بارش ها افزوده شده است. همچنین مطالعه نشان داد که بیشترین و شدیدترین بارش ها در ماه دسامبر رخ می دهد و در

این میان ماه فوریه حتی در ترسالی‌های شدید نیز نسبت به سایر ماه‌های دوره بارشی، روند کاهش‌ی دارد.

**واژگان کلیدی:** اثرپذیری، شاخص RAI، ناهنجاری بارش، ترسالی، جنوب، ایران.

## مقدمه

خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها جزء لاینفک هر اقلیمی است. این به دلیل تغییراتی است که در گردش عمومی جو از سالی به سال دیگر یا دوره‌ای نسبت به دوره دیگر اتفاق می‌افتد. در نتیجه نظم بارش‌ها از لحاظ شدت، مدت، حجم و توزیع نسبت به شرایط نرمال به هم می‌خورد. این به نظمی یا خارج شدن بارش‌ها از هنجار معمول می‌تواند آثار زیستی، اقتصادی و اجتماعی داشته باشد. هرگونه برنامه‌ریزی در زمینه کشاورزی، صنعت و شرب بر پایه آورده آبی است که در کوتاه و بلندمدت به وسیله بارش‌های هر منطقه امکان‌پذیر است. گو اینکه حیات جانوری و گیاهی (پوشش گیاهی و جانوری) نیز بشدت از خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها متأثر می‌شود. این بخش‌ها به دلیل این که متولیان جدی و مسئولیت‌پذیر همانند بخش کشاورزی و صنعت ندارند در مقابل پدیده‌هایی مانند خشک‌سالی و ترسالی‌ها آسیب‌پذیرتر می‌باشند. در نتیجه اگر ناهنجاری‌ها در طول زمان دارای روند می‌شوند. یا سمت‌وسوی کاهش یا افزایشی پیدا می‌کنند. حیات جاندار (جانوری و گیاهی) بشدت می‌تواند تاب‌آوری خود را از دست داده و آسیب جدی را متحمل شود. با وجود اینکه پژوهش‌های متعددی در زمینه خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها در منطقه مورد مطالعه انجام شده است. ولی پدیده تأثیر پدیده‌هایی مانند خشک‌سالی‌ها یا ترسالی‌ها بر روند ناهنجاری بارش‌ها توجه جدی نشده است. منطقه جنوبی ایران با توجه به اقلیم خود علاوه بر این که قطب تولید محصولات گرمسیری ایران است. این پتانسیل را دارد که بخش قابل‌توجهی از نیازهای محصولات مورد نیاز کشور را در دوره سرد سال فراهم نماید؛ و چه بسا با مدیریت مناسب متولیان امور بخش زیادی از نیازهای کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس را نیز تأمین کند. تغییرات در بارندگی شدید به دلیل تأثیرات مخربی که این بارش شدید بر زندگی (اقتصاد اجتماعی، کشاورزی و اکوسیستم‌ها) دارند قابل‌توجه است (IPCC 2013). افزایش در فراوانی و شدت بارش شدید در مقیاس‌های قاره‌ای و جهانی مشاهده شده است (Donat et al. 2013; Hartmann et al. 2013; Min et al. 2011; Westra et al. 2013). در سطح جهانی، اوج بارندگی در مناطق بیشتری نسبت به کاهش، افزایش یافته است (Alexander 2016; Rhein et al. 2013). در مقیاس قاره‌ای، افزایش کلی در شدت و دفعات بارش شدید در اروپا، آسیا و آمریکای شمالی و جنوبی وجود دارد (de los Milagros Skansi et al. 2013; Huang et al. 2017; Donat et al. 2013). تغییرپذیری بارش را با هدف تعیین بهترین نوع شاخص ابزارهای نظریه اطلاعات و ابزارهای چیرگی مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که شاخص شانون بهترین پراکنش را دارد و نیز این شاخص حساسیت پذیری بالایی در رژیم‌های مختلف بارش از خود نشان می‌دهد. (Krishan et al, 2018). به مطالعه تجزیه و تحلیل روند بارندگی و ترسالی و خشک‌سالی بیش از یک قرن در گانگای شرقی پرداختند، تجزیه و تحلیل ترسالی و خشک‌سالی در مقیاس سالانه نشان داد که احتمال وقوع یک

سال مرطوب در مقایسه با احتمال وقوع یک سال خشک در منطقه گانگای شرقی بیشتر است. (Zaveri et al, 2020)، در پژوهشی به مطالعه ناهنجاری‌های بارش به‌عنوان عاملی مهم در گسترش محصولات کشاورزی با استفاده از روش داده‌های جداشده در سطح شبکه و آزمایش بر روی پوشش جنگلی در مناطقی که مزارع آن به دلیل ناهنجاری بارش، خشک‌شده پرداختند. نتایج نشان داد که گسترش محصولات زراعی محرک مهمی در جنگل‌زدایی و از بین رفتن جنگل دارد و همچنین ناهنجاری‌های مکرر بارش منجر به کاهش محصولات زراعی در کشورهای در حال توسعه می‌شود. (Chen et al, 2020)، پاسخ پوشش گیاهی به ناهنجاری‌های بارش در شرایط مختلف آب و هوایی و زیست جغرافیایی در چین مورد بررسی قرار داد، نتایج آن‌ها نشان داد که پوشش گیاهی در فلات مغولستان داخلی به‌شدت تحت تأثیر ناهنجاری‌های بارش قرار دارد. (Xia et al. 2020)، روابط بین فعالیت همرفتی در اقلیم بحری و ناهنجاری‌های بارش در جنوب غربی چین در تابستان را بررسی کردند نتایج نشان داد بارش تابستان در جنوب غربی چین به‌طور قابل‌توجهی توسط فعالیت همرفتی در منطقه اقلیم بحری تحت تأثیر قرار می‌گیرد. (Mega and Medjerab, 2021)، در پژوهشی به مقایسه آماری بین شاخص بارش استاندارد و شاخص خشک‌سالی بارش استاندارد پرداخت و نتایج نشان داد که این دو شاخص در دوره‌های خشک‌سالی نسبتاً طولانی (۱۲ ماه) به‌طور معنی‌داری باهم همبستگی دارند و در دو مقیاس زمانی دیگر متفاوت هستند. در ایران نیز پژوهش‌های در زمینه ناهنجاری‌های بارش و خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها انجام شده است و می‌توان به مطالعاتی چون غیور و خسروی، ۱۳۸۰ اشاره کرد آن‌ها به بررسی تأثیر پدیده انسو بر ناهنجاری‌های بارش تابستانی و پاییزی منطقه جنوب شرق ایران پرداختند. آن‌ها، وجود ناهنجاری‌های مشخص در فازهای مختلف انسو طی فصول تابستان و پاییز را تأیید کردند. فرزانش نیز در سال ۱۳۸۴ نوسانات پرفشار جنب‌حاره‌ای را در سال‌های نمونه النینو و لانینا مورد بررسی قرار داد و ارتباط نسبتاً قوی بین بارش ایستگاه‌ها منتخب و شاخص نوسان جنوبی به دست آوردند. (پیرمادیان و همکاران، ۱۳۸۷) به ارزیابی دوره بازگشت خشک‌سالی با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش (SPI) در استان فارس پرداختند و نتایج نشان داد که روند تغییرات از شدت‌های کم به زیاد از سمت شمال غربی استان به سمت جنوب شرقی آن است. عساکره و رزمی، ۱۳۹۱ به تحلیل ناهنجاری‌های بارش شمال غرب ایران طی دهه‌های اخیر پرداختند و نتایج نشان داد که از نخستین دهه تا دهه چهارم، سیر ناهنجاری منفی طی تمامی ماه‌های سال رو به فزونی نهاده و بارش در گستره وسیعی از پهنه مورد بررسی نسبت به کل دوره، روندی کاهشی داشته است. خرم بخت و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی مشخصه‌های اقلیمی در منطقه لارستان پرداخت و نتایج کار ایشان نشان داد که دوام خشک‌سالی‌ها برحسب ZSI بیش از سایر شاخص‌های خشک‌سالی است (خرم بخت و همکاران، ۱۳۹۳؛ ۱۰۳). در کار دیگری رزمی و همکاران (۱۳۹۴)، در بررسی تحلیل زمانی مکانی و پهنه‌بندی احتمال وقوع خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌های شمال غرب ایران دریافتند که پراکندگی مکانی احتمال وقوع ترسالی‌های ضعیف در عرض‌های شمالی بیشتر و احتمال وقوع خشک‌سالی‌های شدید از پایداری مکانی بیشتری برخوردار است. حمیدیان پور و همکاران، ۱۳۹۲ به کاربرد انواع روش‌های درون‌یابی به‌منظور پایش و تحلیل فضایی خشک‌سالی مورد: استان خراسان رضوی پرداختند و

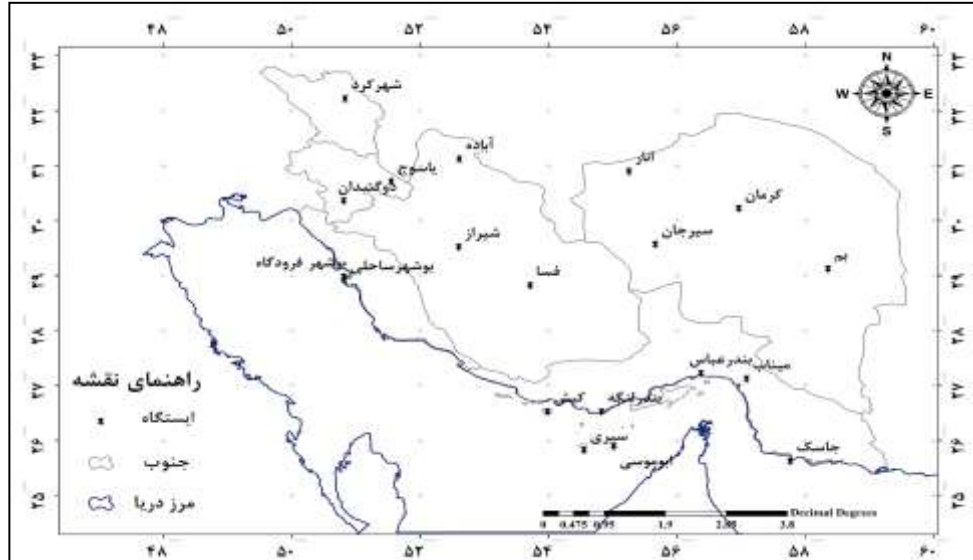
نتایج به دست آمده نشان داد که بهترین روش برای درون‌یابی شدت خشک‌سالی شاخص SPI، روش کریجینگ عمومی است چراکه در اکثر ماه‌ها دارای کمترین خطا بوده است. زرین کمر و کتیرایی، ۱۳۹۵ به بررسی تغییرات فصل پذیری و ناهنجاری‌های بارش فصلی در ایران طی دوره ۱۹۷۷ الی ۲۰۰۶ پرداختند و نتایج نشان داد که ایستگاه گرگان در جنوب شرق دریای خزر کوچک‌ترین و ایستگاه بندرعباس در جنوب و کنار خلیج فارس بزرگ‌ترین فصل‌پذیری را دارند. صالحی و همکاران، ۱۳۹۷ به ارزیابی پدیده‌های خشک‌سالی و ترسالی در شهر میناب پرداختند و نتایج بررسی‌های انجام گرفته نشان داد که در دوره مطالعاتی اشاره شده، شدیدترین خشک‌سالی در سال آبی ۸۲-۸۳ و شدیدترین ترسالی در سال آبی ۷۴-۷۵ رخ داده است، همچنین مطابق شاخص DI متداوم‌ترین خشک‌سالی در این منطقه ۴ سال (از ابتدای سال آبی ۷۹-۸۰ تا پایان سال آبی) ۸۲-۸۳ و متداوم‌ترین ترسالی، ۵ سال (از ابتدای سال آبی ۷۴-۷۵ تا پایان سال آبی) ۷۸-۷۹ به طول انجامیده است. محمدی و لشکری، ۱۳۹۷ نقش جابه‌جایی مکانی پُرفشار عربستان و رودباد جنب‌حاره‌ای در الگوهای همدیدی و ترمودینامیکی ترسالی‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران پرداختند و نتایج نشان داد که مهم‌ترین منبع رطوبتی در همه سامانه‌های بارشی در لایه وردسپهر زیرین دریاهای عرب و عمان هست؛ این رطوبت از طریق جریانات شرقی گردش و اچرخندی پُرفشار عربستان به درون سامانه سودانی و سپس در امتداد زبانه کم‌فشار بر روی منطقه منتقل شده است. مناسب‌ترین موقعیت رودباد جنب‌حاره‌ای برای تشدید ناپایداری‌های لایه زیرین محدوده‌ای بین مصر تا غرب خلیج فارس است که هسته مرکزی رودباد در جنوب اردن استقرار می‌یابد. مرادی، ۱۳۹۹ به آشکارسازی و تحلیل ناهنجاری بارش زمستانه در جنوب شرق ایران پرداخت و نتایج بررسی داده‌های بارش نشان داد که در ایستگاه‌های مختلف استان، بارش زمستانه بین ۵۰ تا ۵۹ درصد سهم بارش را به خود اختصاص داده است. از بررسی تغییرات بارش زمستانه ایستگاه‌های معرف تعدادی زمستان خیلی خشک آشکار شد که خشکی زمستان ۲۰۰۱ در ایستگاه‌های زاهدان و زابل و خشکی زمستان ۲۰۰۰ در ایستگاه‌های ایرانشهر و چابهار شدیدتر بود. این پژوهش برای دستیابی به اهداف زیر انجام شده است.

- ۱- ترسالی‌ها در یک دوره ۳۳ ساله که منطبق با سه سیکل خورشیدی اخیر (سیکل‌های ۲۲، ۲۳ و ۲۴ خورشیدی) چه روندی را طی کرده است؟ ۲- در کدام سیکل خورشیدی ترسالی‌ها روند افزایشی و در کدام سیکل روند کاهشی داشته است؟ ۳- کدام یک از عناصر مرتبط با بارش دچار بیشترین ناهنجاری شده است؟

## داده‌ها و روش‌ها

در این پژوهش تمام ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مطالعاتی که دارای سه سیکل خورشیدی (سه سیکل ۱۱ ساله اخیر سیکل‌های ۲۲ (۱۹۸۶-۱۹۹۶) سیکل ۲۳ (۱۹۹۷-۲۰۰۷) و سیکل ۲۴ (۲۰۰۸-۲۰۱۹) دارای پایه آماری مشترک بوده‌اند، به‌عنوان ایستگاه‌های نماینده منطقه انتخاب گردیده‌اند. با این معیار ۱۹ ایستگاه همدید در بازه زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۹

میلادی برابر با ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۸ شمسی (۱۳۴۱۰ روز) برای تحلیل داده‌های محیط سطحی انتخاب شدند. شکل ۱ و جدول ۱ موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهند.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: موقعیت منطقه و ایستگاه‌های جنوب

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های انتخابی بر اساس دوره آماری ۱۹۸۶-۲۰۱۹

ردیف	نام ایستگاه	جغرافیایی عرض	جغرافیایی طول	ارتفاع	ردیف	نام ایستگاه	جغرافیایی عرض	جغرافیایی طول	ارتفاع
۱	آباده	۳۱,۱	۵۲,۶۱	۲۰۳۰	۱۱	کرمان	۳۰,۲	۵۶,۹۶	۱۷۵۴
۲	ابوموسی	۲۵,۸۷	۵۵,۰۱	۶۶	۱۲	کیش	۲۶,۵	۵۳,۹۸	۳۰
۳	انار	۳۰,۸۸	۵۵,۲۵	۱۴۰۹	۱۳	بندرلنگه	۲۶,۵	۵۴,۸۲	۲۲,۷
۴	بم	۲۹,۱	۵۸,۳۵	۱۰۶۷	۱۴	میناب	۲۷,۱	۵۷,۰۸	۲۹,۶
۵	بندرعباس	۲۷,۲	۵۶,۳۷	۹۸	۱۵	شهرکرد	۳۲,۲	۵۰,۸۳	۲۰۴۸,۶
۶	بوشهر ساحلی	۲۸,۹	۵۰,۲۸	۸,۴	۱۶	شیراز	۲۹,۵	۵۲,۶	۱۴۸۸
۷	بوشهر فرودگاه	۲۸,۹۶	۵۰,۸۱	۹	۱۷	سیری	۲۵,۸	۵۴,۵۵	۴,۴
۸	دو گنبدان	۳۰,۳۴	۵۰,۸۱	۷۲۶	۱۸	سیرجان	۲۹,۵۵	۵۵,۶۶	۱۷۶۷
۹	فسا	۲۸,۸	۵۳,۷۱	۱۲۶۸	۱۹	یاسوج	۳۰,۶۹	۵۱,۵۵	۱۸۱۶,۳
۱۰	جاسک	۲۵,۶	۵۷,۷۶	۵,۲					

مأخذ: نگارندگان

در ادامه به بررسی داده‌ها پرداخته شد و با دستور COUNT در اکسل داده‌ها کنترل شده و از آنجاکه ۰,۹۶ درصد داده‌ها قابل استفاده بود، ضمن توجه به این مهم، بررسی داده‌های خلأ برای ۴ درصد داده‌ها انجام شد. سپس به بررسی

نرمال و همگن بودن داده‌ها پرداخته شد. جهت بررسی نرمال بودن داده‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه، از آزمون اندرسون دارلینگ در محیط نرم‌افزار Minitab استفاده گردید. گام بعدی پژوهش هم‌زمانی داده‌ها بر اساس سال زراعی منطبق با تقویم زراعی ایران بود. لذا داده‌ها بر اساس سال زراعی کشور ایران (مهر تا مهر) مرتب شد. در گام بعدی پژوهش تعیین ترسالی‌ها و خشک‌سالی‌ها بود. برای این کار ۵ شاخص (ZSI, CZI, SPI, DI, PN) مورد آزمون قرار گرفت و در نهایت سه شاخص زیر به دلیل انطباق بهتر با شرایط محیطی منطقه مطالعاتی و انطباق بهتر نتایج با یکدیگر انتخاب گردید. مشخصات و معیارهای سه شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش به شرح زیر است.

### شاخص Z-Score (ZSI)

اساس این شاخص انحراف از میانگین نسبت به انحراف معیار داده‌های آماری است و معادله آن به صورت زیر است.

$$ZSI = \frac{p_i - \bar{P}}{SD} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن  $p_i$  بارندگی سال  $i$  و  $SD$  انحراف معیار بارش در طول دوره آماری،  $\bar{P}$  میانگین بارندگی بلندمدت است. در جدول ۲ طبقات مختلف شاخص آورده شده است.

### شاخص Z چینی (CZI)

شاخص CZI بر اساس تبدیل ریشه سوم ویلسون-هیلبرتی برآورد شد. با این فرض که داده‌ها از توزیع پیرسون نوع سوم تبعیت کند. CZI مطابق رابطه ۴ در زیر برآورد می‌گردد.

$$Z_{ij} = \frac{\frac{6}{C_{si}} \left[ \frac{C_{si}}{2} \varphi_{ij} + 1 \right]^{1/3} - \frac{6}{C_{si}} + \frac{C_{si}}{6}}{\quad} \quad \text{رابطه ۲}$$

که در آن  $Z_{ij}$  شاخص CZI است.  $i$  مقیاس زمانی موردنظر که می‌تواند ۱، ۲، ... تا ۴۴ سال و  $j$  سال موردنظر است.  $C_{si}$  از رابطه ۵ به دست می‌آید که در آن  $C_{si}$  ضریب چولگی و  $n$  تعداد کل سال‌های دوره آماری است.  $\varphi_{ij}$  متغیر استاندارد شده،  $x_{ij}$  بارندگی سال  $j$  برای دوره  $i$ ،  $\sigma_i$  و  $\bar{x}_i$  به ترتیب میانگین و انحراف معیار بارندگی در هر مقیاس زمانی است که از رابطه ۶ به دست می‌آید (ادیب و گرجی زاده، ۱۳۹۵؛ ۱۸۰).

$$C_{si} = \frac{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{n\sigma_i^2} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$\varphi_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{\sigma_i} \quad \text{رابطه ۴}$$

جدول ۲: طبقات مختلف شاخص‌های شاخص نمره (ZSI) Z، شاخص Z چینی (CZI)

توصیف رخداد	شاخص نمره Z (ZSI)	شاخص Z چینی (CZI)
ترسالی بسیار شدید	بیش از ۲	بیش از ۲
ترسالی شدید	۱/۵ تا ۲	۱/۵ تا ۲
ترسالی متوسط	۱ تا ۱/۵	۱ تا ۱/۵
نرمال	-۱ تا +۱	-۱ تا +۱

مأخذ: ادیب و گرجی زاده، ۱۳۹۵؛ ۱۸۰

## شاخص SPI

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{\sigma_s} \quad \text{رابطه ۵}$$

در رابطه فوق  $P_i$  مقدار بارش در دوره موردنظر،  $\bar{P}$  میانگین درازمدت بارش برای دوره موردنظر و  $\sigma_s$  انحراف معیار مقادیر بارش است. مقادیر شاخص SPI که بدین گونه از داده‌های بلندمدت بارش برای یک دوره زمانی موردنظر به دست می‌آید، از یک توزیع نرمال طبیعت می‌کند که دارای میانگین صفر و انحراف معیار یک است. این مسئله موجب می‌شود که بتوان اقلیم‌های مرطوب و خشک را به یک روش بررسی نمود. در این پژوهش از دوره دوازده‌ماهه استفاده شده است. برای محاسبه نمایه SPI، از نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. در جدول ۳ طبقات مختلف شاخص آورده شده است.

جدول ۳: مقادیر شاخص بارش استاندارد، رطوبت متناظر آن

توصیف رخداد	آستانه SPI
فرا مرطوب	بیش از ۲
خیلی مرطوب	۱/۵ تا ۱/۹۹
کمی مرطوب	۱ تا ۱/۴۹
تقریباً نرمال (مرطوب)	۰ تا ۱/۹۹

مأخذ: (مرید و پایمید، ۱۳۸۶)

گام بعدی پژوهش انتخاب شاخصی برای بررسی و آشکارسازی ناهنجاری‌های بارش بود. برای این کار شاخص RAI یا شاخص ناهنجاری بارش استفاده شد. معیارها و مشخصات این شاخص برای استخراج هر یک از عناصر ناهنجاری به شرح زیر است.

## شاخص ناهنجاری بارش (RAI)

اولین بار توسط (Rooy, 1965) توسعه و استفاده شد و توسط (Freitas, 2005) اقتباس شده است. اساس شاخص ناهنجاری بارش، محاسبه انحراف معیار بارش از نرمال است. از رابطه ۶ و ۷ برای محاسبه ناهنجاری بارش استفاده می‌شود.

$$RAI = r \left[ \frac{N - \bar{N}}{\bar{M} - \bar{N}} \right] \quad \text{رابطه ۶}$$

$$RAI = -r \left[ \frac{N - \bar{N}}{\bar{X} - \bar{N}} \right] \quad \text{رابطه ۷}$$

محاسبه میانگین درازمدت بارش در ایستگاه‌های مورد نظر ( $\bar{N}$ )، استخراج میانگین ۱۰ مورد از بزرگ‌ترین مقادیر بارش اتفاق افتاده در دوره‌های مطالعاتی ( $\bar{M}$ )، استخراج ۱۰ مورد از کمترین مقادیر بارش اتفاق افتاده در دوره‌های مطالعاتی ( $\bar{X}$ )، مقایسه داده‌های بارش (N) با میانگین درازمدت بارش. در صورتی که میانگین درازمدت بارش از مقدار N بیشتر یا هنجاری، مثبت باشد از معادله اول و در صورتی که میانگین درازمدت بارش از N کمتر یا هنجاری، منفی باشد (موغلی، ۱۳۹۴؛ ۳۵) از معادله ۲ استفاده شد. در جدول ۴ طبقات مختلف شاخص آورده شده است.

جدول ۴: طبقه‌بندی شدت ناهنجاری شاخص بارش (RAI)

RAI آستانه	طبقات شاخص	شاخص ناهنجاری بارش (RAI)
بالتر از ۴	فوق‌العاده مرطوب	
۴ تا ۲	بسیار مرطوب	
۲ تا ۰	مرطوب	
۰ تا -۲	خشک	
-۲ تا -۴	بسیار خشک	
پایین‌تر از -۴	فوق‌العاده خشک	

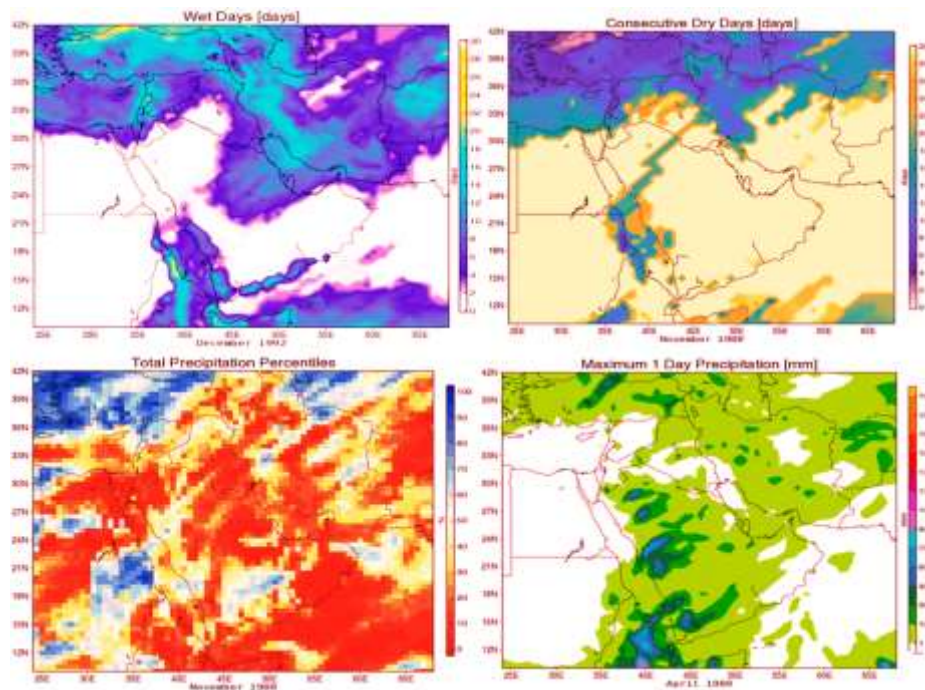
مأخذ: Costa and Rodrigues, 2017; 630

برای تعیین ترسالی‌ها با استفاده از فراوانی ترسالی‌ها از طریق بازشماری تعداد رخداد ترسالی در دوره آماری و در سری زمانی مورد مطالعه به دست آمد. به عبارتی معیار فراگیرترین ترسالی بر اساس ۵۰ درصد بیشترین تعداد ایستگاه‌های که در هر سال مقدار شاخص را ثبت نموده‌اند، مشخص شد. در نهایت برای هر شاخص از روش میانبایی IDW به علت داشتن حداقل RMS در محیط ArcGIS 10.5 برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی استفاده گردید. در مرحله بعد با استفاده از داده‌های سایت <https://fluid.nccs.nasa.gov/> نقشه‌های تعداد پنج دوره در ماه که در آن بارندگی بیش از ۵۰ میلی‌متر در هر ۵ روز با استفاده از بارش اصلاح‌شده مشاهده‌شده در MERRA-2، تعداد روزهای ماه با حداقل ۱ میلی‌متر بارش با استفاده از مدل بارش تولیدشده در MERRA-2 و میانگین بارش و ناهنجاری بارش دریافت شد. برای بررسی ناهنجاری‌های بارشی عناصر معدل میانگین بارش، میانگین اقلیمی، انحراف استاندارد اقلیمی، آنومالی ماهانه



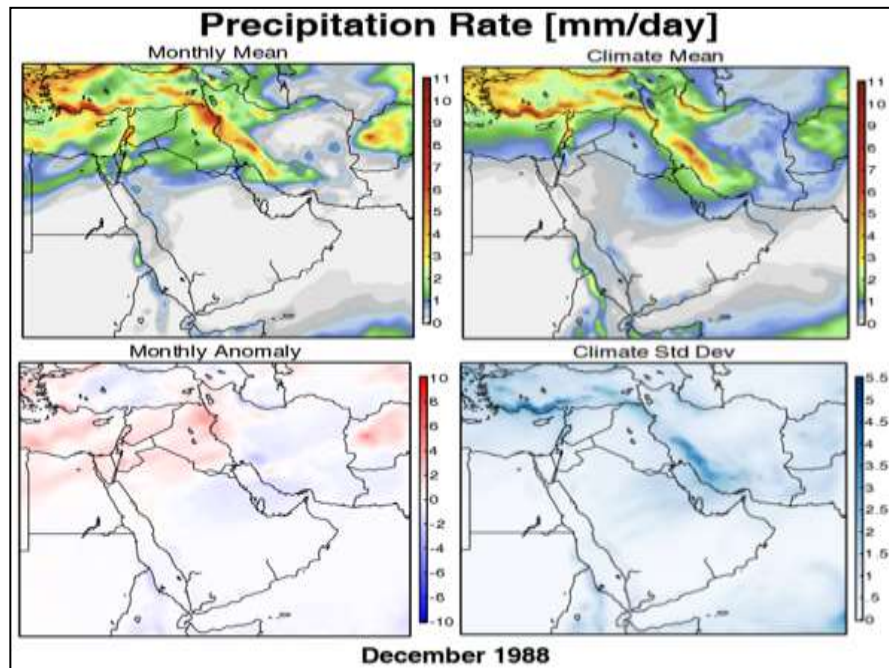
بارش، تعداد دوره‌های بارشی ۵ روزه با بارش سنگین، روزهای مرطوبی، آنومالی شدت بارش، بالاترین بارش روزانه، تعداد روزهای خشک متوالی، صدک‌های بارش کل مورد بررسی قرار گرفته است. ولی به دلیل محدودیت حجم مقاله و ارتباط بهتر عناصر میانگین ماهانه بارش، میانگین اقلیمی بارش، آنومالی میانگین بارش و انحراف استاندارد اقلیمی و تعداد دوره بارشی بافاصله ۵ روزه با بارش سنگین به جهت آشکارسازی بهتر ناهنجاری‌های بارشی در این مقاله بررسی و تحلیل شده است. شکل‌های شماره ۳ و ۴ نمونه‌هایی از این عناصر مرتبط با بارش را که در این پژوهش بررسی شده است را نشان می‌دهد.

گام نهایی این پژوهش انتخاب نمونه‌های مطالعاتی از میان ترسالی‌های استخراج شده بود. برای تعیین ترسالی‌ها با استفاده از فراوانی ترسالی‌ها از طریق بازشماری تعداد رخداد ترسالی در دوره آماری و در سری زمانی مورد مطالعه استفاده شد. به این ترتیب که تعداد ترسالی‌های خیلی شدید و شدید رخ داده در هر سال در ایستگاه‌های انتخابی شمارش شد. زمانی که تعداد ترسالی خیلی شدید و متوسط در هر سه شاخص در بیش از ۵۰ درصد ایستگاه‌های انتخابی رخ داده بود آن سال به عنوان سال هر سال فراگیر انتخاب گردید. در نهایت نقشه‌های پهنه‌بندی برای هر شاخص از روش میانجی‌ی IDW به علت داشتن حداقل RMS در محیط ArcGIS 10.5 استفاده گردید. برای ترسیم نقشه‌های ناهنجاری (میانگین ماهانه بارش، میانگین اقلیمی بارش، آنومالی میانگین بارش و انحراف استاندارد اقلیمی و تعداد دوره بارشی بافاصله ۵ روزه با بارش سنگین)، شکل ۲، از داده‌های سایت <https://fluid.nccs.nasa.gov/> و بارش اصلاح شده مشاهده شده در MERRA-2، استفاده شده است.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: برخی از عناصر بررسی شده در ارتباط با ناهنجاری بارش



مأخذ: نگارندگان

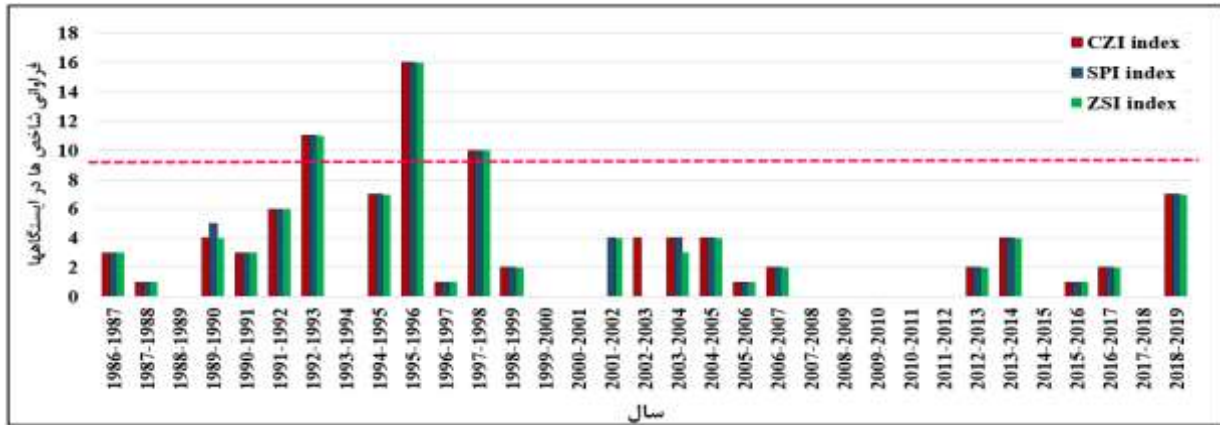
شکل ۳: نمونه عناصر مرتبط با بارش بررسی شده در پژوهش

### بحث و یافته‌ها

ترسالی‌ها و خشک‌سالی‌های خیلی شدید همواره به‌عنوان پدیده‌های حدی ویژگی‌های خاص خود را دارند. به همین دلیل می‌توان آن‌ها را در قیاس با پدیده‌های معمول، به‌عنوان پدیده‌های ناهنجار تلقی کرد. در این پژوهش ترسالی‌های خیلی شدید و فوق‌العاده شدید به‌عنوان یک پدیده ناهنجار که منجر به ناهنجاری‌هایی در رفتار و ویژگی بارش‌ها خواهد شد بررسی شده است.

### فراوانی ترسالی‌های به وقوع پیوسته در دوره آماری مورد مطالعه

شکل ۴ نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های ZCI, ZSI, SPI در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه را طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۹ را نشان می‌دهد. در این نمودار ستون‌های عمودی نشان‌دهنده فراوانی وقوع ترسالی شدید و فوق‌العاده شدید را در ایستگاه‌های انتخابی نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در برخی از سال‌ها در هیچ ایستگاهی ترسالی شدید رخ نداده است. در مقابل در بعضی از سال‌ها در تعداد زیادی از ایستگاه‌ها ترسالی شدید و فوق‌العاده شدید رخ داده است.



مأخذ: نگارندگان

**شکل ۴:** فراوانی وقوع ترسالی‌های شدید و فوق‌العاده شدید در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه بر اساس سه شاخص CZI, SPI, ZSI

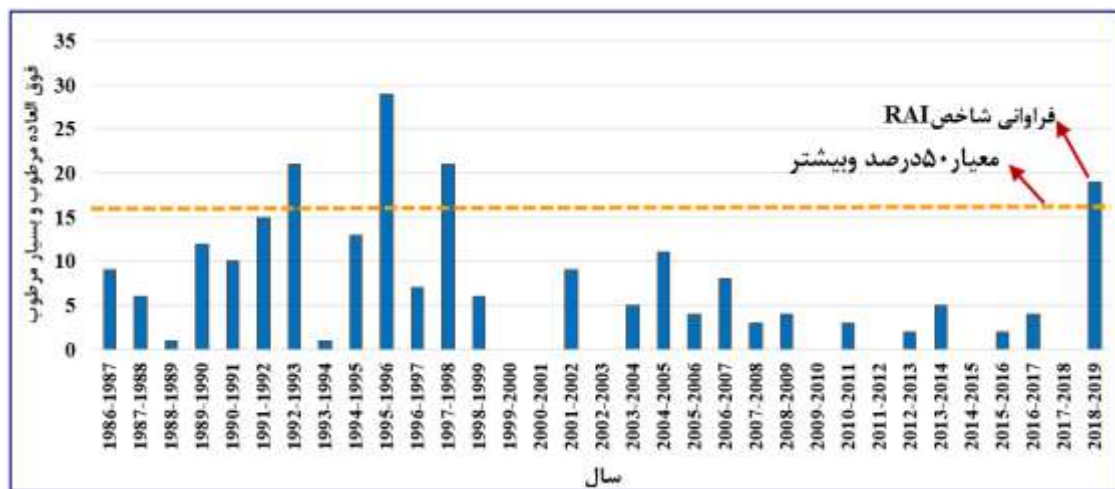
بر اساس معیار تکرار ترسالی شدید در بیش از ۵۰ درصد ایستگاه‌ها و هر سه شاخص انتخابی سه سال آبی ۱۹۹۲-۱۹۹۳، ۱۹۹۵-۱۹۹۶ و ۱۹۹۷-۱۹۹۸ در گروه سال‌های با ترسالی خیلی شدید قرار می‌گیرند. سال آبی ۱۹۹۵-۱۳۹۶ در ۱۶ ایستگاه از کل ایستگاه‌های انتخابی ترسالی شدید رخ داده است. این سال‌تر سال‌ترین سال در دوره آماری است. در این مقاله با توجه به حجم و تعداد زیاد نقشه‌ها فقط دو سال ۱۹۹۲-۹۳ و ۱۹۹۵-۹۶ به‌عنوان تر سال‌ترین سال در دوره آماری تحلیل شده است. جدول ۵ پراکنش ایستگاهی فراوانی ترسالی‌های فوق‌العاده شدید و شدید و همین‌طور سایر آستانه‌ها را در سال‌های مختلف دوره آماری نمایش می‌دهد.

جدول ۵: فراوانی وقوع ترسالی‌ها و خشک‌سالی‌های منطقه مورد مطالعه بر اساس شاخص RAI در سه سیکل خورشیدی اخیر (سیکل ۲۲ رنگ آبی) (سیکل ۲۳ رنگ قرمز) و (سیکل ۲۴ بارنگ سبز)

آستانه شاخص	فوق‌العاده مرطوب	بسیار مرطوب	مرطوب	خشک	خیلی خشک	فوق‌العاده خشک
۱۹۸۷-۱۹۸۶	۰	۶	۸	۵	۰	۰
۱۹۸۸-۱۹۸۷	۰	۱	۱۲	۵	۱	۰
۱۹۸۹-۱۹۸۸	۰	۰	۰	۶	۱۲	۱
۱۹۹۰-۱۹۸۹	۰	۶	۵	۵	۳	۰
۱۹۹۱-۱۹۹۰	۱	۳	۳	۹	۳	۰
۱۹۹۲-۱۹۹۱	۲	۶	۷	۴	۰	۰
۱۹۹۳-۱۹۹۲	۵	۷	۴	۲	۱	۰
۱۹۹۴-۱۹۹۳	۰	۰	۰	۲	۱۵	۲
۱۹۹۵-۱۹۹۴	۴	۴	۷	۲	۲	۰
۱۹۹۶-۱۹۹۵	۱۶	۲	۱	۰	۰	۰
۱۹۹۷-۱۹۹۶	۰	۲	۷	۷	۳	۰
سیکل ۲۲	۲۸	۳۷	۵۳	۴۷	۴۰	۳
۱۹۹۸-۱۹۹۷	۶	۶	۳	۲	۲	۰
۱۹۹۹-۱۹۹۸	۱	۳	۳	۹	۳	۰
۲۰۰۰-۱۹۹۹	۰	۰	۱	۴	۹	۵
۲۰۰۱-۲۰۰۰	۰	۰	۱	۹	۹	۰
۲۰۰۲-۲۰۰۱	۳	۲	۵	۲	۷	۰
۲۰۰۳-۲۰۰۲	۰	۰	۳	۹	۷	۰
۲۰۰۴-۲۰۰۳	۱	۳	۵	۱	۸	۱
۲۰۰۵-۲۰۰۴	۴	۱	۱۱	۳	۰	۰
۲۰۰۶-۲۰۰۵	۱	۰	۵	۳	۱۰	۰
۲۰۰۷-۲۰۰۶	۱	۳	۱۲	۳	۰	۰
۲۰۰۸-۲۰۰۷	۰	۰	۱	۳	۸	۷
سیکل ۲۳	۱۷	۱۸	۵۰	۴۸	۶۳	۱۳
۲۰۰۹-۲۰۰۸	۰	۰	۷	۸	۴	۰
۲۰۱۰-۲۰۰۹	۰	۰	۳	۹	۷	۰
۲۰۱۱-۲۰۱۰	۰	۰	۱	۹	۹	۰
۲۰۱۲-۲۰۱۱	۰	۰	۰	۸	۱۰	۱
۲۰۱۳-۲۰۱۲	۰	۲	۴	۱۰	۲	۱
۲۰۱۴-۲۰۱۳	۰	۵	۸	۶	۰	۰
۲۰۱۵-۲۰۱۴	۰	۰	۴	۴	۱۱	۰
۲۰۱۶-۲۰۱۵	۰	۱	۵	۱۱	۲	۰
۲۰۱۷-۲۰۱۶	۲	۰	۱۰	۳	۴	۰
۲۰۱۸-۲۰۱۷	۰	۰	۰	۵	۱۰	۴
۲۰۱۹-۲۰۱۸	۰	۹	۴	۶	۰	۰
سیکل ۲۴	۲	۱۷	۴۶	۷۹	۵۹	۶

مأخذ: نگارندگان

شکل ۵ فراوانی تکرار و وقوع ترسالی‌های شدید و فوق‌العاده شدید را بر اساس شاخص RAI در ایستگاه‌های جنوبی کشور در طول دوره آماری ۳۳ ساله (سه سیکل خورشیدی اخیر: سیکل‌های ۲۲، ۲۳ و ۲۴) را نشان می‌دهد. نگاه اجمالی به پراکنش فراوانی وقوع ترسالی‌های شدید و فوق‌العاده شدید نشان می‌دهد که فراوانی وقوع ترسالی‌های شدید در گذشته بسیار بیشتر از دهه یا سیکل‌های اخیر بوده است. در واقع بالاترین تعداد ترسالی شدید در سیکل ۲۲ خورشیدی (سال‌های ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۷) رخ داده است. به طوری که می‌توان گفت به جز دو سال ۱۹۸۸ و ۱۹۹۳ در سایر سال‌های این سیکل حداقل در دو تا ۳ ایستگاه این منطقه ترسالی شدید اتفاق افتاده است. در سال‌هایی همانند ۱۹۹۲، ۱۹۹۵ و ۱۹۹۷ در بیش از نیمی از ایستگاه‌ها ترسالی شدید گزارش شده است.



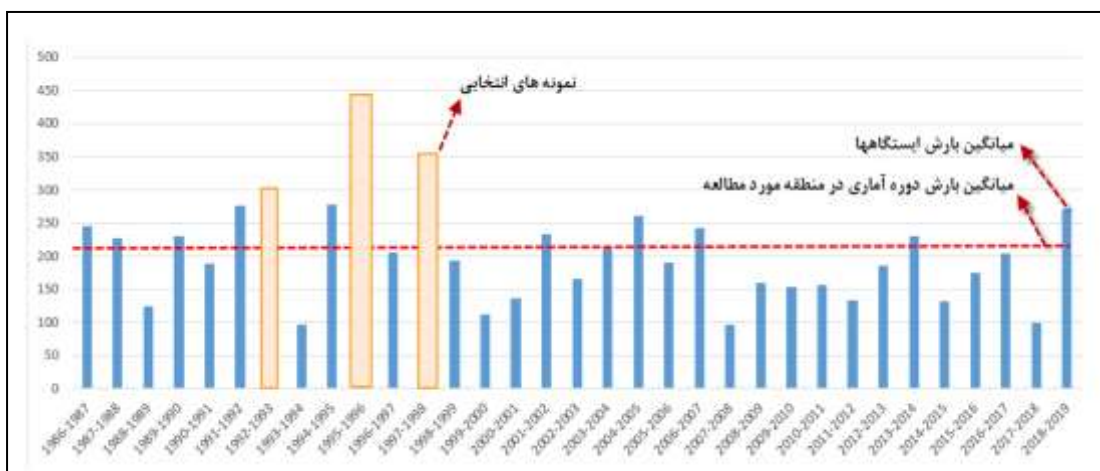
مأخذ: نگارندگان

شکل ۵: فراوانی ترسالی‌های شدید و فوق‌العاده شدید منطقه مورد مطالعه بر اساس شاخص RAI

در مجموع در این سیکل در ۲۸ ایستگاه ترسالی خیلی شدید ۳۷ ایستگاه ترسالی شدید و در ۵۳ ایستگاه ترسالی رخ داده است. در حالی که در سیکل ۲۳ تعداد ترسالی‌های فوق‌العاده شدید و شدید به ترتیب ۱۷ و ۱۸ ایستگاه و در سیکل ۲۴ این تعداد به ۲ و ۱۷ ایستگاه تقلیل یافته است. در مجموع در گذر از دهه اول یا سیکل خورشیدی ۲۲ در دو سیکل اخیر بشدت از تعداد ترسالی‌ها کاسته شده و منطقه دچار یک دوره خشک‌سالی طولانی شده است.

شکل ۶ میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های انتخابی را در دوره آماری نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌بینیم متوسط بارش ۳۳ ساله در منطقه حدود ۲۱۰ میلی‌متر بوده است. در ۱۴ سال از ۳۳ سال دوره آماری بارش سالانه بالاتر از میانگین دوره بوده است. در مقابل در ۱۹ سال معدل بارش سالانه ایستگاه‌ها کمتر از میانگین دوره ۳۳ ساله بوده است؛ بنابراین بارش‌های سالانه کمتر از نرمال در منطقه بیشتر از مجموع سال‌های پربارش یا تر سال بوده است. ناهنجاری بارش در سال‌های خشک یا در خشک‌سالی‌های شدید در سه سال (۱۹۹۳-۲۰۰۷، ۲۰۰۸-۲۰۱۷، ۲۰۱۸-۲۰) کمتر از نصف میانگین بارش متوسط بوده است. در صورتی که فقط در یک ترسالی شدید متوسط بارش سالانه بیش از دو برابر میانگین

۳۳ ساله بوده است. به عبارتی بازهم فراوانی خشک‌سالی‌ها بیشتر است. همچنین در ترسالی‌ها مقدار بارش سالانه از میانگین طولانی‌مدت فاصله زیادی نمی‌گیرد. ولی در خشک‌سالی‌ها فاصله مقدار بارش سالانه از میانگین طولانی‌مدت فاصله زیادی می‌گیرند؛ بنابراین همچنان خشک‌سالی‌ها در منطقه بر ترسالی‌های غلبه دارند.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۶: میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های انتخابی را در دوره آماری

جدول ۶ بالاترین بارش ماهانه ثبت‌شده در ایستگاه‌های انتخابی را در دو سال نمونه نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در هر دو سال نمونه شدیدترین بارش‌ها در اکثر قریب به اتفاق ایستگاه‌ها در ماه دسامبر رخ داده است. در سال نمونه ۱۹۹۲-۹۳ این پدیده در ۱۸ ایستگاه و در سال ۱۹۹۵-۹۶ در ۱۵ ایستگاه در ماه دسامبر رخ داده است. ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در سال ۱۹۹۲-۹۳ در ۹ ایستگاه و در سال ۱۹۹۵-۹۶ در ۱۴ ایستگاه بارش ماهانه بالاتر از ۱۰۰ میلی‌متر گزارش شده است. در هر دو سال بالاترین مقدار بارش ماهانه به مقدار ۲۸۳ و ۳۵۳ میلی‌متر از ایستگاه یاسوج گزارش شده است.

جدول ۶: بالاترین بارش ماهانه ثبت شده در ایستگاه‌های انتخابی در سال‌های نمونه

بالاترین مقدار بارش	۱۹۹۵-۱۹۹۶	بالاترین مقدار بارش	۱۹۹۲-۱۹۹۳	
۵۴,۸	ژانویه ۱۹۹۶	۷۷,۸۱	فوریه ۱۹۹۳	سیرجان
۹۳,۲۸	دسامبر ۱۹۹۵	۵۶,۲۲	دسامبر ۱۹۹۲	سیری
۱۷۴,۸۱	دسامبر ۱۹۹۶	۲۴۳,۵	دسامبر ۱۹۹۲	شیراز
۱۲۶,۸	مارس ۱۹۹۶	۸۸,۳	دسامبر ۱۹۹۲	میناب
۱۱۹,۲۱	دسامبر ۱۹۹۶	۵۷,۵۴	دسامبر ۱۹۹۴	کیش
۴۸,۴۱	مارس ۱۹۹۶	۷۲,۴	فوریه ۱۹۹۳	کرمان
۲۷,۴	دسامبر ۱۹۹۷	۴۵,۸۳	دسامبر ۱۹۹۲	آباده
۱۳۹,۰۱	دسامبر ۱۹۹۸	۱۰۰,۶	فوریه ۱۹۹۳	ابوموسی
۲۹,۰۱	مارس ۱۹۹۶	۳۵	دسامبر ۱۹۹۲	انار
۲۷,۲	ژانویه ۱۹۹۶	۱۷,۹	ژانویه ۱۹۹۳	بم
۹۵	ژانویه ۱۹۹۶	۱۰۸,۴	فوریه ۱۹۹۳	بندرعباس
۱۳۳,۹	دسامبر ۱۹۹۵	۱۳۴,۴۲	فوریه ۱۹۹۳	بندرلنگه
۱۸۲,۶	ژانویه ۱۹۹۶	۹۷,۲۱	دسامبر ۱۹۹۲	بوشهر فرودگاه
۱۵۷,۰۲	دسامبر ۱۹۹۵	۸۳,۷۳	دسامبر ۱۹۹۳	بوشهر ساحلی
۱۳۵,۲۱	دسامبر ۱۹۹۷	۲۳۰	دسامبر ۱۹۹۵	فسا
۷۹,۴	دسامبر ۱۹۹۸	۳۲,۰۱	دسامبر ۱۹۹۶	جاسک
۱۹۹,۱	ژانویه ۱۹۹۶	۵۱,۸	ژانویه ۱۹۹۳	دو گنبدان
۱۵۳,۰۲	مارس ۱۹۹۶	۹۱,۴۳	مارس ۱۹۹۳	شهرکرد
۳۵۲,۵	مارس ۱۹۹۶	۲۸۳,۲۲	مارس ۱۹۹۳	یاسوج

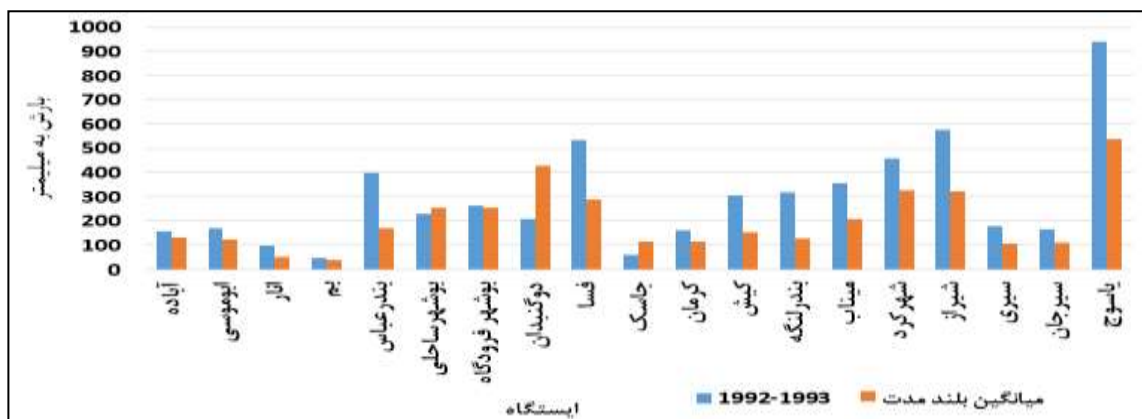
مأخذ: نگارندگان

## ویژگی‌های بارشی هریک از نمونه‌های مطالعاتی

در این بخش از پژوهش ویژگی‌های بارشی و آنومالی‌های آن در هریک از نمونه‌های مطالعاتی پرداخته شده است.

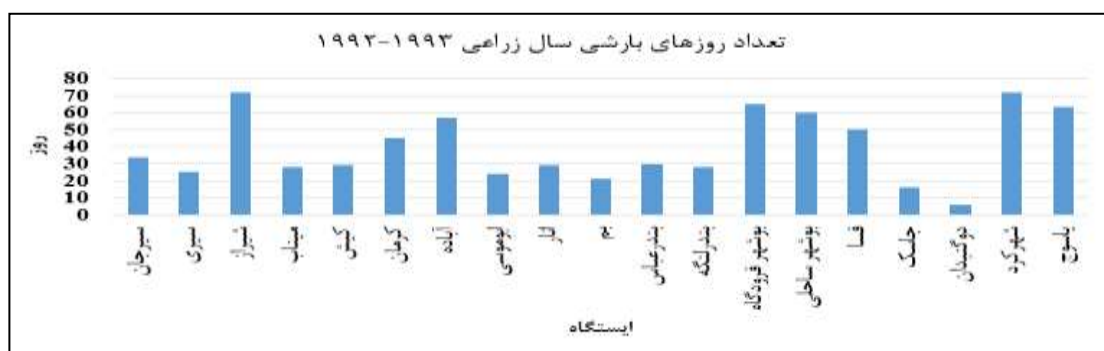
## ترسالی شدید و فوق‌العاده شدید ۱۹۹۲-۱۹۹۳

شکل ۷ میانگین بارش سالانه ترسالی ۱۹۹۲-۹۳ را با میانگین بارش طولانی مدت (۳۳ ساله) هریک از ایستگاه‌های نمونه را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود در ۱۵ ایستگاه از ۱۹ ایستگاه نمونه بارش سالانه این سال بیش از دو برابر بارش طولانی مدت ایستگاه است. شکل ۸ تعداد روزهای بارشی هریک از ایستگاه‌ها را در سال آبی ۱۹۹۲-۹۳ نشان می‌دهد. در این سال در ۱۰ ایستگاه از ایستگاه‌های نمونه بیش از ۳۰ روز بارشی ثبت شده است.



مأخذ: نگارندگان

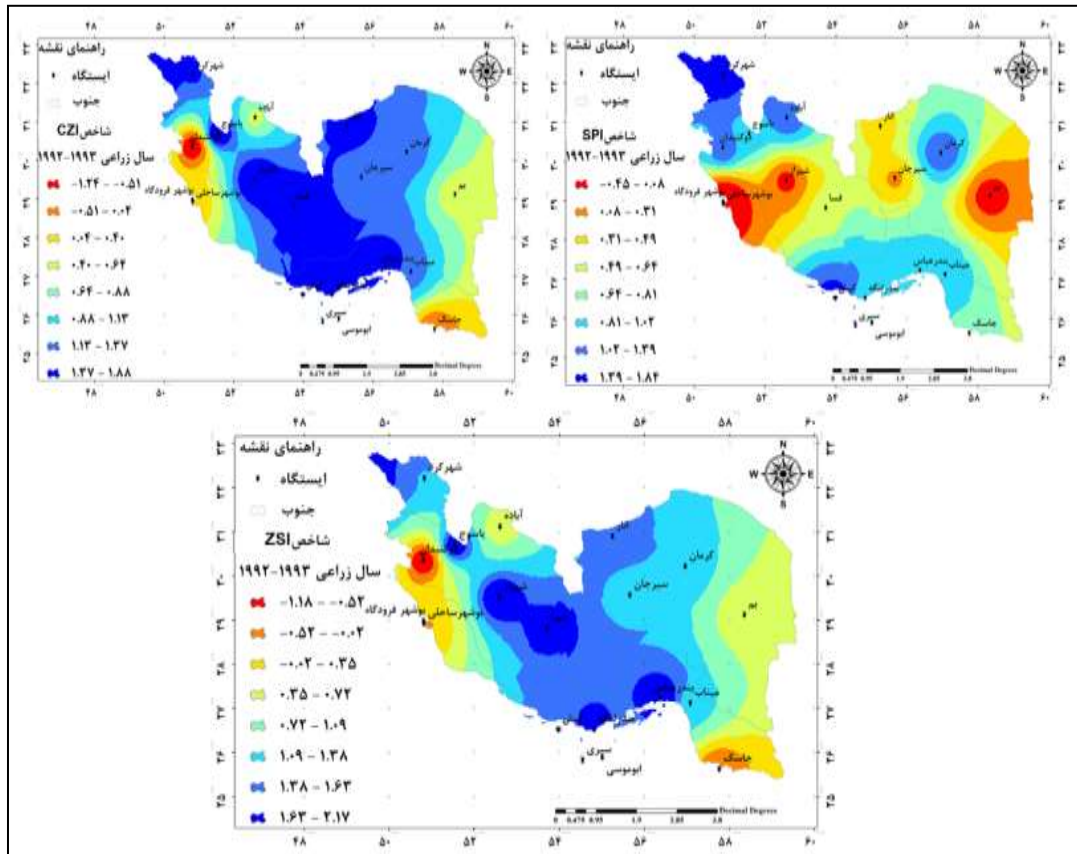
شکل ۷: میانگین بارش سالانه ترسالی ۱۹۹۲-۱۹۹۳ و میانگین بارش طولانی‌مدت (۳۳ ساله)



مأخذ: نگارندگان

شکل ۸: تعداد روزهای بارشی سال زراعی ۱۹۹۲-۱۹۹۳





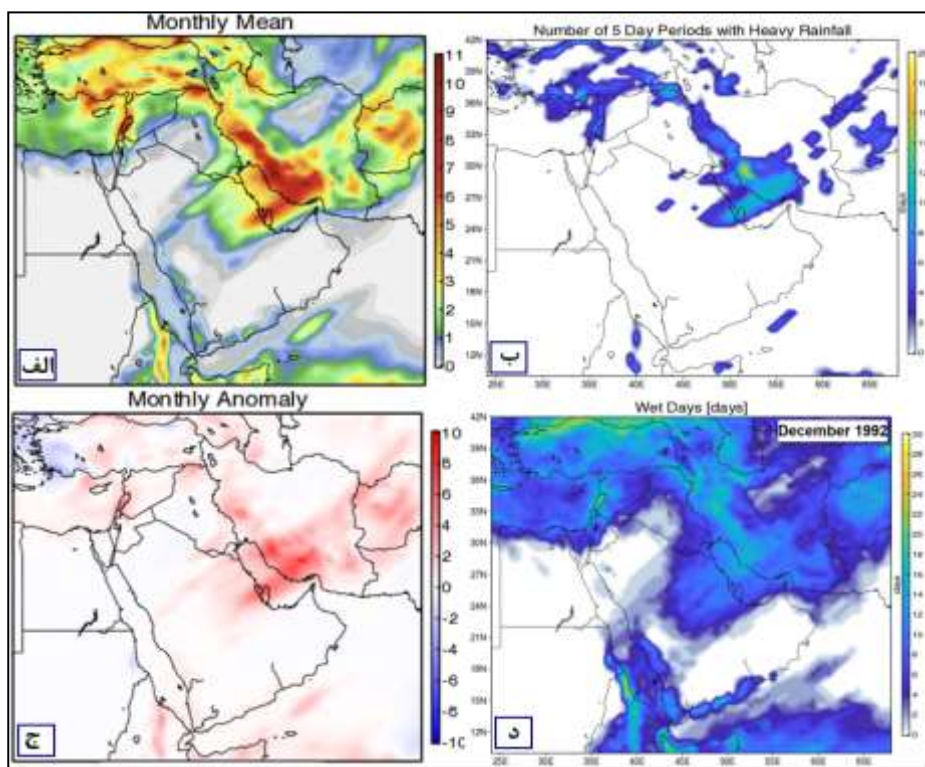
مأخذ: نگارندگان

شکل ۹: ترسالی‌های شدید در دوره آماری ۳۳ ساله در سال زراعی ۱۹۹۲-۱۹۹۳

شکل ۹ نقشه پهنه آستانه‌ها را در هر یک از شاخص‌های انتخابی برای سال ۱۹۹۲-۱۹۹۳ نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه شد در این سال آبی در ۵ ایستگاه شرایط فوق‌العاده‌تر سال و در ۷ ایستگاه شرایط ترسالی شدید بر اساس شاخص‌های انتخابی حاصل شد. در این سال بخش مرکزی و شمال غربی منطقه مطالعاتی بر اساس هر سه شاخص با ترسالی شدید روبرو بوده است. این منطقه بخش مرکزی و غربی استان هرمزگان، نیمه غربی استان کرمان و بخش مرکزی و جنوبی استان فارس را در بر گرفته است. در حالی که بخش غربی و بخصوص استان بوشهر و شرق هرمزگان و کرمان در شرایط نرمال و حتی با خشک‌سالی ضعیف مواجه بوده است. در این سال بارش‌های شدید از ماه دسامبر شروع شده است. با توجه به اهداف عنوان‌شده در ابتدای پژوهش چرایی ایجاد این بارش‌های شدید و تمرکز هسته‌های بارشی در بخش‌های مختلف منطقه مطالعاتی در مقاله دیگری الگوهای همدیدی این پدیده بررسی خواهد شد.

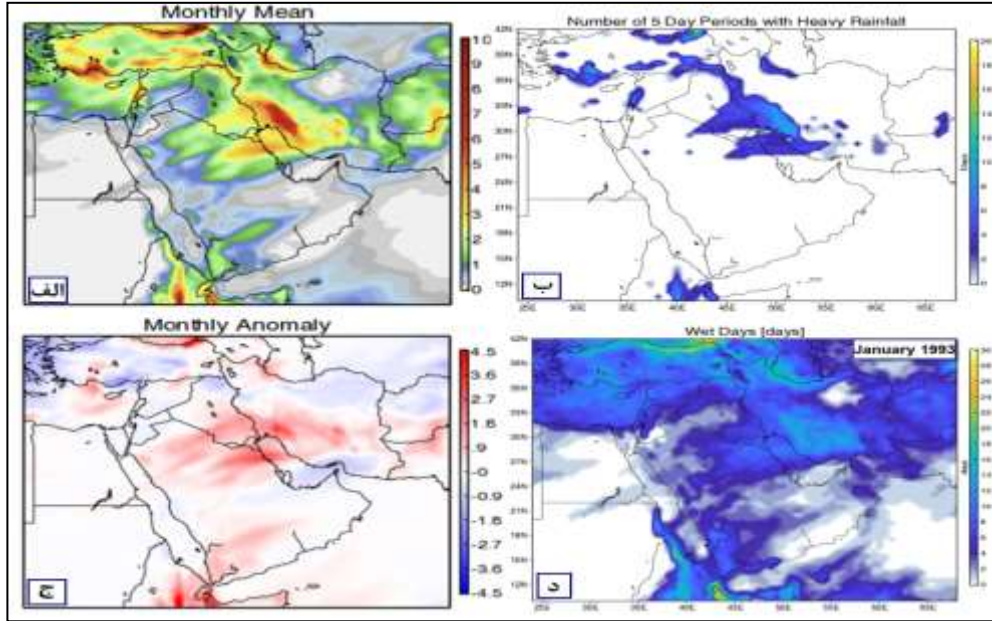
همان‌طور که بر روی نقشه میانگین بارش نیز دیده می‌شود هسته بارشی در این ماه بر روی استان هرمزگان و فارس و بوشهر و بخش شمالی کهکیلویه و بویراحمد قرار دارد. باین‌همه بیشترین آنومالی بر روی استان هرمزگان دیده می‌شود. همان‌طور که نقشه حداقل ۵ روز با بارش سنگین نیز نشان می‌دهد، در همین بخش‌ها در تعداد زیادی از روزهای ماه بارش‌های سنگین رخ داده است. به‌طوری‌که در بخش‌هایی از استان فارس بیش از ۱۵ روز از ماه دسامبر با بارش سنگین همراه بوده است. نقشه تعداد روزهای مرطوبی شدید نیز نشان می‌دهد در بخش زیادی از منطقه مطالعاتی

بین ۱۰ تا ۱۵ روز شرایط مرطوبی شدید حاکم بوده است (شکل ۱۰). شکل ۱۱ نقشه میانگین بارش ماهانه، آنومالی بارش و تعداد روزهای با حداقل ۵ روز بارش سنگین و روزهای مرطوبی را در ماه ژانویه این سال نشان می‌دهد. در این ماه هسته بارشی بر روی استان‌های بوشهر و کهگیلویه ب و بخش‌هایی از استان فارس قرار دارد. بالاترین آنومالی بارش بر روی بخش شمالی بوشهر و بخش‌هایی از کهگیلویه قرار دارد. نقشه حداقل ۵ روز بارش سنگین کاملاً با پهنه بارشی منطبق است. به طوری که در بخش‌های شمالی استان بوشهر و بخش‌های از استان فارس بین ۱۰ تا ۱۲ روز با بارش سنگین همراه بوده است. نقشه روزهای مرطوبی نشان می‌دهد که در تمام منطقه مطالعاتی بین ۴ تا ۲۰ روز مرطوبی شدید حاکم بوده است. این پدیده نشان می‌دهد که در بخش زیادی از این ماه فرا رفت رطوبتی شدیدی بر روی منطقه وجود داشته است. شکل ۱۲ میانگین بارش ماه فوریه و آنومالی بارش و همچنین تعداد روزهای حداقل ۵ روز با بارش سنگین و تعداد روزهای مرطوبی شدید را نشان می‌دهد. در این ماه هسته بارش ماهانه بر روی استان هرمزگان و بخش‌هایی از استان فارس قرار دارد. همان‌طور که دیده می‌شود بالاترین آنومالی بارش درست بر روی استان هرمزگان رخ داده است. نقشه حداقل ۵ روز همراه با بارش سنگین تمام پهنه منطقه مطالعاتی را در بر گرفته است. به عبارتی در تمام منطقه مطالعاتی حداقل ۵ روز با بارش سنگین رخ داده است. تعداد این روزها بر روی بخش‌هایی از استان هرمزگان و کهگیلویه و بویراحمد به بیش از ۱۴ روز نیز می‌رسد. همان‌طور که شکل نشان می‌دهد در این ماه بین ۲ تا ۱۸ روز هوای مرطوبی شدید رخ داده است.



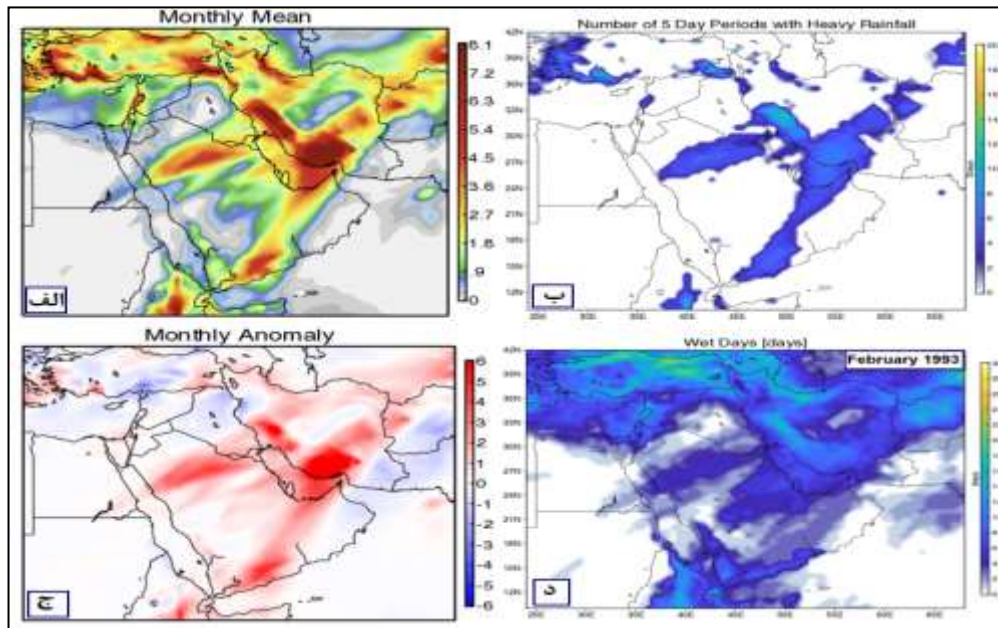
مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۰: میانگین بارش (الف)، بارش‌های سنگین (ب)، ناهنجاری بارش (ج)، روزهای مرطوب (د) خروجی MERRA-2 برای ماه دسامبر



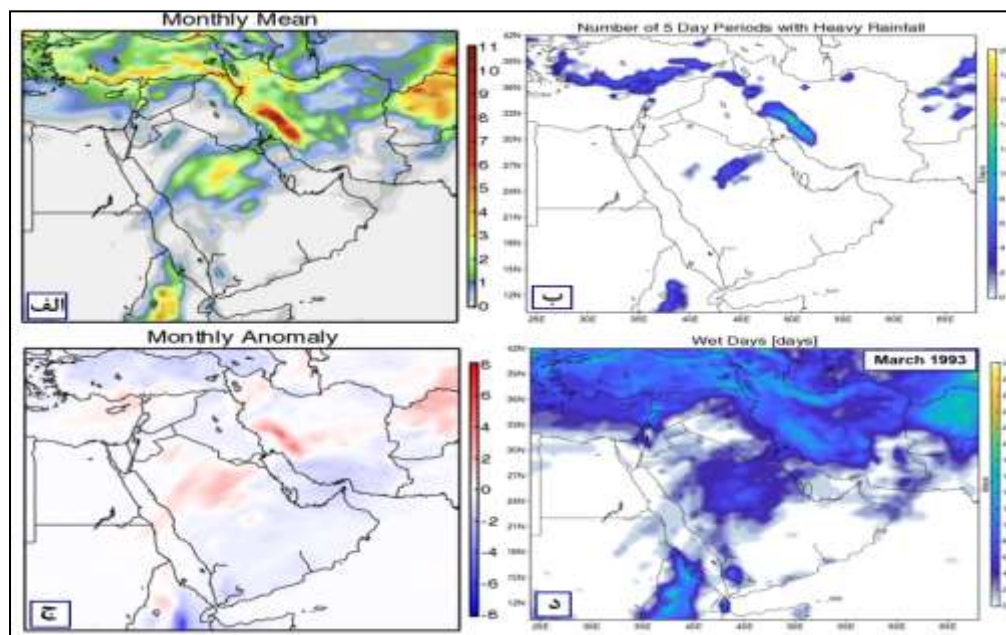
مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۱: میانگین بارش (الف)، بارش های سنگین (ب)، ناهنجاری بارش (ج)، روزهای مرطوب (د) خروجی MERRA-2 برای ماه ژانویه ۱۹۹۳.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۲: میانگین بارش (الف)، بارش های سنگین (ب)، ناهنجاری بارش (ج)، روزهای مرطوب (د) خروجی MERRA-2 برای ماه فوریه ۱۹۹۳.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۳: میانگین بارش (الف)، بارش‌های سنگین (ب)، ناهنجاری بارش (ج)، روزهای مرطوب (د) خروجی MERRA-2 برای ماه مارس ۱۹۹۳.

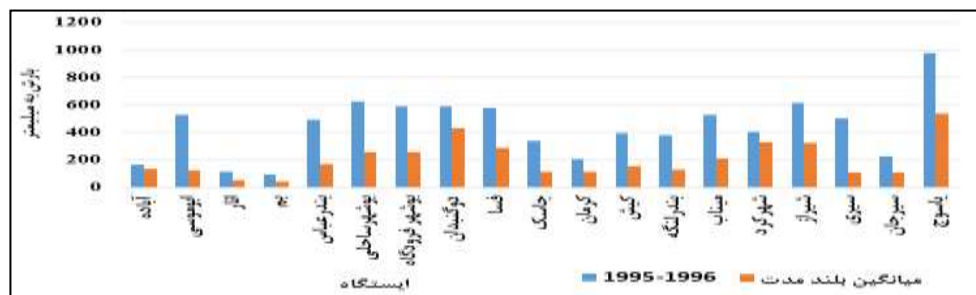
شکل ۱۳ میانگین روزانه بارش، آنومالی بارش و تعداد روزهای همراه با بارش سنگین و روزهای مرطوبی شدید را در ماه مارس ۱۹۹۳ نشان می‌دهد. همان‌طور که همه نقشه‌ها نشان می‌دهد در این ماه هسته بارش به سمت غرب منطقه مطالعاتی منتقل شده و بر روی ارتفاعات شمالی بوشهر، غرب استان فارس و استان کهگیلویه و بویراحمد قرار دارد. متوسط بارش روزانه در این ماه نسبت به ماه فوریه بیشتر شده و در هسته اصلی تا ۱۲ میلی‌متر نیز می‌رسد. این جابجایی غرب سو در سایر شاخص‌ها نیز رخ داده است. در این سال ماه مارس آخرین ماه پربارشی بوده و در سایر ماه‌ها بارش‌ها به شرایط طولانی‌مدت خود برگشته‌اند. چند نکته اساسی در ویژگی‌های بارشی سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳ به چشم می‌خورد: هسته اصلی ترسالی و تمرکز بارش‌ها در بخش مرکزی منطقه مطالعاتی یعنی استان‌های هرمزگان فارس و بخش شرقی بوشهر و بخش کوچکی از شمال غرب منطقه شامل استان کهگیلویه و بویراحمد.

با وجود اینکه سال آبی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ سال ترسالی شدید قرار گرفته است ولی بارش اصلی دوره بارشی در ۴ ماه دوره سرد (دسامبر تا مارس) اتفاق افتاده است. تمرکز بارش‌ها در بخش کوچکی از سال با وجود اینکه ویژگی بارشی منطقه جنوبی ایران است ولی انتظار می‌رفت در ترسالی‌های دامنه بارش‌ها به ماه‌های بیشتری گسترش می‌یافت. ولی همچنان تمرکز بارش در دوره کوچکی از سال است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت با وجود اینکه در ترسالی‌ها افزایش مجموع بارش در یک سال آن سال را در زمره ترسالی قرار دهد و ریزش قابل توجه بارش مخازن سطحی و سدها را پر نموده و منطقه را از نگرانی کم‌آبی خارج نماید. ولی اثربخشی آن بر کشاورزی و پوشش گیاهی و جنگلی چندان مثمر ثمر نباشد.

آنچه مسلم است و شدت بارش‌ها نیز نشان داد تعداد روزهای بارشی ممکن است افزایش نسبی داشته باشد، ولی عموماً بارش‌ها در مقاطع زمانی کوتاه و با شدت زیاد باریده است. به عبارت دیگر در ترسالی‌ها فقط شدت بارش‌ها زیاد شده است.

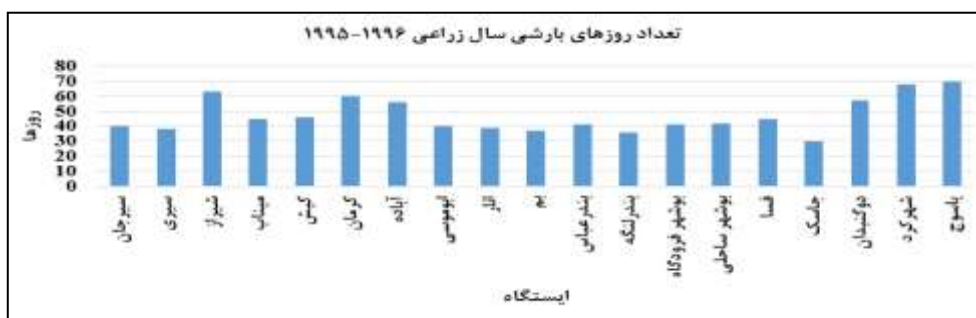
### ترسالی شدید و فوق‌العاده شدید ۱۹۹۵-۱۹۹۶

شکل ۱۴ میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های نمونه را برای ترسالی ۱۹۹۵-۹۶ در مقایسه با میانگین بارش سالانه طولانی‌مدت نشان می‌دهد. در این سال در همه ایستگاه‌های انتخابی بارش سالانه بیش از دو برابر و گاه بیش از سه برابر بارش سالانه طولانی‌مدت بوده است. در ایستگاه‌هایی همچون ابوموسی، بندرعباس، بوشهر، جاسک، کیش، سیری، خاش و ایرانشهر بارش‌ها بیش از سه برابر میانگین طولانی‌مدت بوده است. شکل ۱۵ تعداد روزهای بارشی ایستگاه‌ها در این سال نشان می‌دهد. در این سال تعداد ایستگاه‌هایی که تعداد روزهای بارشی بیش از ۳۰ روز را دارا می‌باشند به ۱۷ ایستگاه رسیده است.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۴: میانگین بارش سالانه ترسالی ۱۹۹۵-۱۹۹۶ و میانگین بارش طولانی‌مدت (۳۳ ساله)

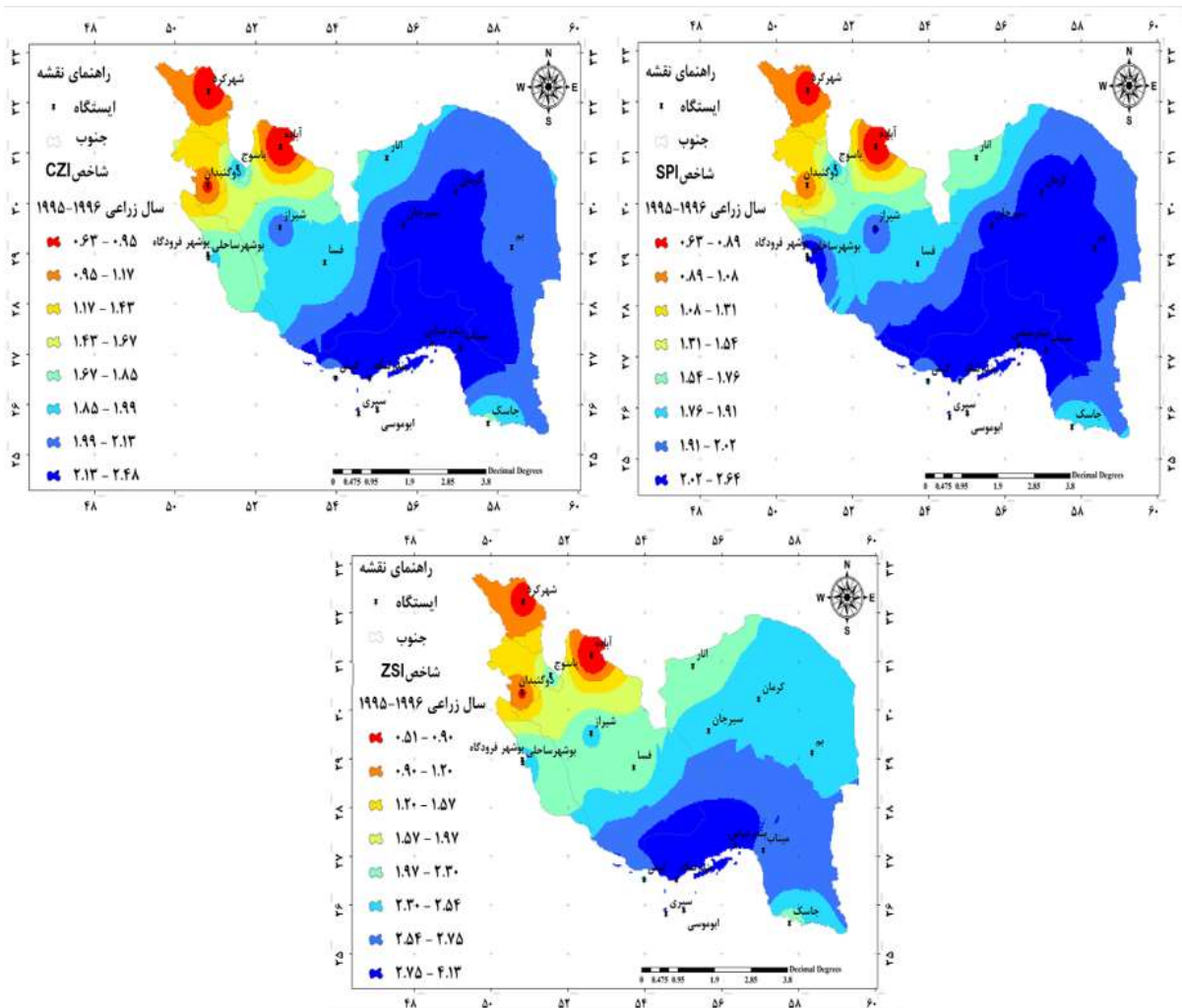


مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۵: تعداد روزهای بارشی سال زراعی ۱۹۹۵-۱۹۹۶

همان‌طور که در جدول ۵ نیز ملاحظه شد این سال آبی بر اساس همه شاخص‌های انتخابی شدیدترین ترسالی در طول دوره آماری ۳۳ ساله بوده است. به طوری که ۱۶ ایستگاه از ۱۸ ایستگاه انتخابی در شرایط فوق‌العاده شدید قرار داشته‌اند. دو ایستگاه باقیمانده در شرایط ترسالی شدید قرار داشته‌اند. همان‌طور که نقشه پهنه‌بندی شاخص‌های ترسالی

نیز نشان می‌دهند تمام منطقه مطالعاتی درگیر ترسالی شدید قرار داشته است. باین‌همه هسته پربارشی در اکثر شاخص‌ها در نیمه شرقی منطقه مطالعاتی قرار دارد در این ترسالی نیز عمده بارش‌ها در چهار ماه دسامبر تا مارس رخ داده است. سایر ماه‌ها در شرایط نرمال یا حتی زیر نرمال طولانی‌مدت بارش داشته‌اند (شکل ۱۶).

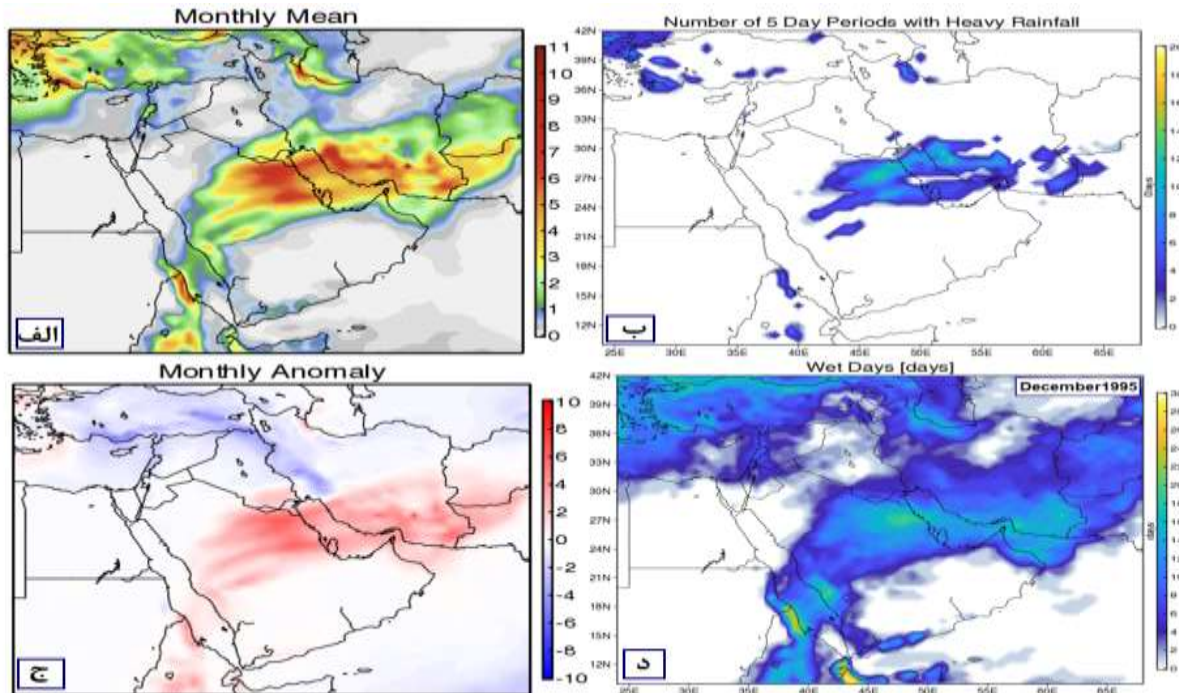


مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۶: ترسالی‌های شدید در دوره آماری ۳۳ ساله در سال زراعی ۱۹۹۵-۱۹۹۶

شکل ۱۷ میانگین بارش روزانه، آنومالی، حداقل ۵ روز با بارش سنگین و روزهای مرطوبی را در ماه دسامبر به‌عنوان اولین ماه پربارش این تر سال را نشان می‌دهد. باوجوداینکه در این ماه همه پهنه منطقه مطالعاتی درگیر بارش بوده ولی هسته بارش بر روی استان‌های بوشهر و ارتفاعات زاگرس جنوبی در استان‌های فارس و هرمزگان قرار دارد. به‌طوری‌که در این مناطق به‌طور متوسط ۱۰ تا ۱۲ میلی‌متر بارش رخ داده است. نقشه بارش حداقل هر ۵ روز یک بارش سنگین نیز نشان می‌دهد که در تمام منطقه حداقل یک‌بار بارش سنگین رخ داده است. به‌طوری‌که در بخش‌های از شمال

منطقه تا ۱۲ روز بارش سنگین ثبت شده است. همان طور که نقشه روزهای مرطوبی نیز نشان می دهد در بخش هایی از منطقه بیش از ۱۲ تا ۱۴ روز هوای مرطوبی شدید رخ داده است. به عبارتی حدود نصف روزهای ماه هوای مرطوبی شدید بر روی منطقه حاکم بوده است.

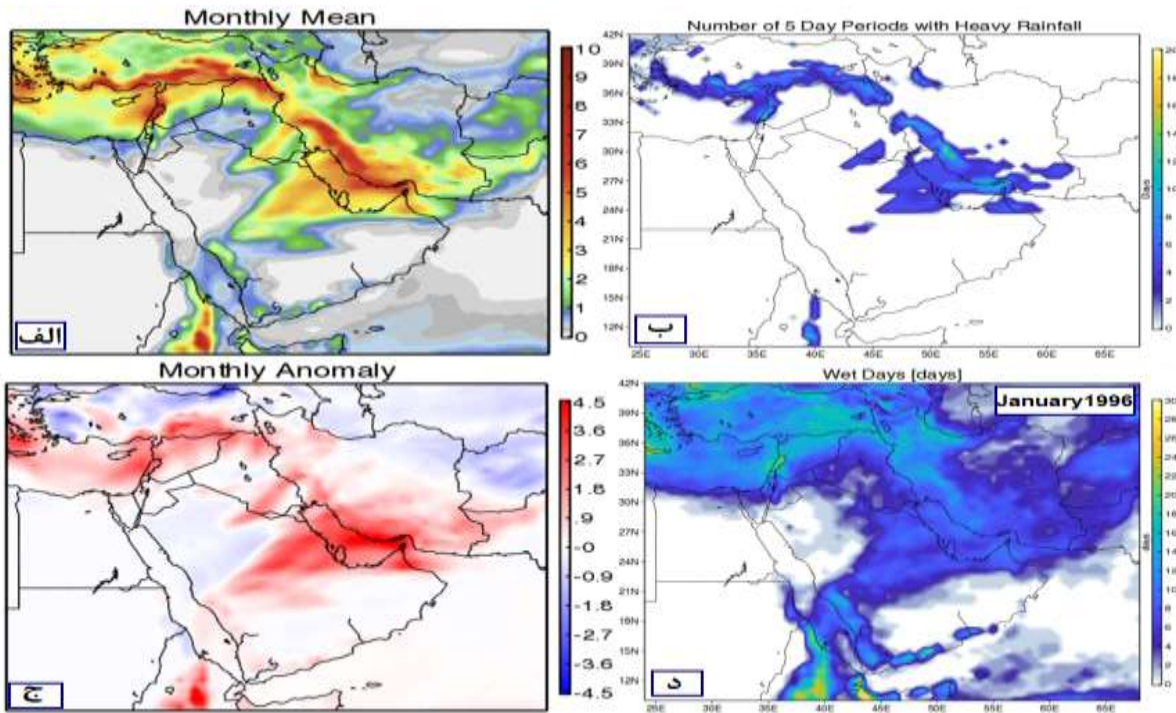


مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۷: میانگین بارش (الف)، بارش های سنگین (ب)، ناهنجاری بارش (ج)، روزهای مرطوب (د) خروجی MERRA-2 برای ماه دسامبر ۱۹۹۵.

شکل ۱۸ میانگین بارش روزانه و آنومالی بارش و همچنین نقشه پهنه حداقل ۵ روز با بارش سنگین در ماه و تعداد روزهای همراه با شرایط مرطوبی شدید را در ترسالی فوق العاده شدید در ماه ژانویه را نشان می دهد. همان طور که دیده می شود در این ماه هسته بارشی در دامنه های زاگرس جنوبی در شمال استان های بوشهر و هرمزگان و فارس قرار دارد. در این بخش به طور متوسط روزانه ۶ تا ۷ میلی متر بارش رخ داده است. به لحاظ آنومالی بارش بیشترین آنومالی در بخش مرکزی منطقه مطالعاتی و بر روی استان هرمزگان رخ داده است. نقشه پهنه بارشی با دوره های بارشی حداقل ۵ روز با بارش سنگین نشان می دهد که در دو بخش از منطقه مطالعاتی بارش های سنگین رخ داده است. دو هسته بارشی اولی بر روی بخش غربی استان هرمزگان و هسته دوم بر روی ارتفاعات شمالی استان بوشهر و غرب استان فارس قرار دارد. به طوری که در این دو بخش بین ۱۲ تا ۱۴ روز با بارش سنگین رخ داده است. به عبارت دیگر در این بخش ها در نصف ماه همراه با بارش سنگین رخ داده است. در انطباق با هسته های بارشی در این ماه ملاحظه می شود که در سرتاسر منطقه بین

۴ تا ۱۸ روز با شرایط رطوبتی شدید همراه بوده است. بر اساس نقشه پراکنش رطوبتی منشأ رطوبتی سامانه‌های منجر به بارش از دریاهای گرم جنوبی و از طریق سامانه سودانی بوده است.

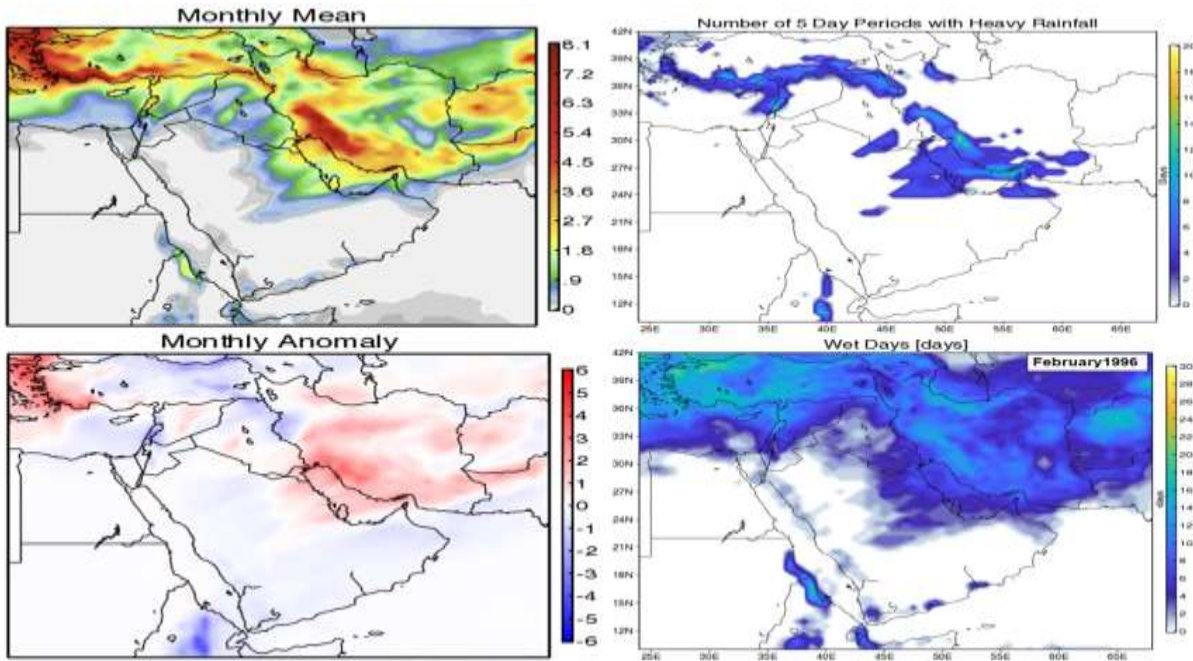


مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۸: میانگین بارش (الف)، بارش‌های سنگین (ب)، ناهنجاری بارش (ج)، روزهای مرطوب (د) خروجی MERRA-2 برای ماه ژانویه ۱۹۹۶.

شکل ۱۹ الگوی بارشی و رطوبتی ماه فوریه را در ترسالی فوق‌العاده شدید جنوب ایران نشان می‌دهد. همان‌طور که بر روی نقشه میانگین بارش روزانه دیده می‌شود، هسته پهنه بارشی شدید در بخش غربی منطقه مطالعاتی و بخصوص در بخش غربی استان‌های بوشهر و فارس و پهنه استان کهگیلویه و بویراحمد رخ داده است. به طوری که در این بخش به‌طور متوسط روزی ۵ تا ۶ میلی‌متر بارش اتفاق افتاده است. نقشه آنومالی بارش نیز در همین محدوده جغرافیایی دیده می‌شود. به طوری که در بخش‌های از منطقه مقدار آنومالی بارش بیش از دو تا سه برابر معیار بوده است. همان‌طور که نقشه بارش‌های سنگین با دوره‌های ۵ روزه نیز نشان می‌دهد در تمام منطقه مطالعاتی حداقل یک دوره بارش ۵ روزه سنگین رخ داده است. در بخش‌های از استان هرمزگان ۱۰ تا ۱۲ روز و در بخش‌های مرتفع شمال غرب بوشهر و کهگیلویه و بویراحمد بین ۱۸ تا ۲۰ روز بارش سنگین رخ داده است. نقشه روزهای با شرایطی رطوبتی شدید نیز همانند ماه ژانویه بیانگر وقوع روزهای مرطوبی شدید بر روی منطقه است. به طوری که در شمال بوشهر و غرب فارس بیش از ۱۶ تا ۱۸ روز هوای مرطوبی شدید را تجربه کرده و منشأ رطوبت انتقالی نیز از دریاهای جنوبی بوده است.

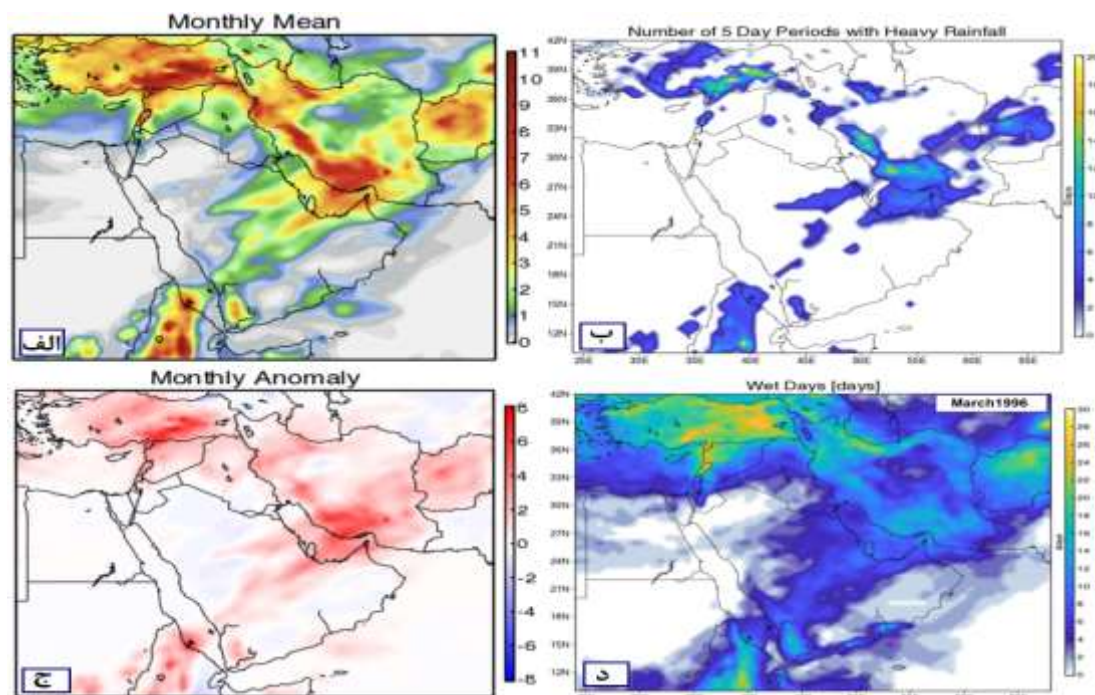




مأخذ: نگارندگان

**شکل ۱۹:** میانگین بارش (الف)، بارش‌های سنگین (ب)، ناهنجاری بارش (ج)، روزهای مرطوب (د) خروجی MERRA-2 برای ماه فوریه ۱۹۹۶.

شکل ۲۰ الگوی بارشی ماه مارس را در سال ۱۹۹۶ نشان می‌دهد این ماه آخرین ماه پربارش این سال بوده و در سایر ماه‌ها بارش‌ها به شرایط نرمال برگشته است. همان‌طور که دیده می‌شود تمرکز بارش‌ها در این ماه به نیمه مرکزی و شرقی منطقه مطالعاتی جابجا شده است. به‌طوری‌که شرق بوشهر فارس و هرمزگان بالاترین مقدار بارش را دریافت کرده‌اند. در این ماه، بخصوص در استان هرمزگان و فارس شرقی به‌طور متوسط روزی ۶ میلی‌متر و گاه بیشتر بارش دریافت شده است. از لحاظ پهنه بارش‌های دوره پنج‌روزه نیز تمرکز بارش‌های سنگین به همین محدوده جغرافیایی منتقل شده است. باین‌همه در بخش‌هایی از استان فارس و پای کوه‌های شمالی استان هرمزگان هسته‌های پربارش با شدت بیش از ۱۲ تا ۱۴ روز همراه با بارش سنگین به چشم می‌خورد. همان‌طور که روزهای مرطوبی شدید نشان می‌دهد در این ماه نیز منشأ رطوبتی بارش‌ها از سمت جنوب و در امتداد مسیر سامانه سودانی و از دریاهای گرم جنوبی بر روی منطقه فرا رفت شده است. در بیشتر پهنه منطقه مطالعاتی بین ۱۴ تا ۲۰ روز با شرایط رطوبتی شدید بچشم می‌خورد؛ یعنی حداقل در بیش از نصف روزهای ماه رطوبت مناسب برای بارش بر روی منطقه فراهم بوده است.



مأخذ: نگارندگان

**شکل ۲۰:** میانگین بارش (الف)، بارش‌های سنگین (ب)، ناهنجاری بارش (ج)، روزهای مرطوب (د) خروجی MERRA-2 برای ماه مارس ۱۹۹۶.

همان‌طور که ملاحظه شد در این ترسالی شدید نیز بسیاری از ویژگی‌ها شباهت زیادی با ترسالی ۱۹۹۳-۱۹۹۴ است. در ترسالی ۱۹۹۵-۱۹۹۶ نیز تمرکز اصلی بارش‌ها در چهار ماه دوره سرد سال یعنی ماه‌های دسامبر تا مارس بوده است. ماه‌های قبل و بعد بر اساس عناصر مرتبط با بارش در شرایط نرمال قرار داشته است یا بارشی رخ نداده است. با وجود اینکه تعداد روزهای بارشی در این سال نسبت به ترسالی قبل قدری افزایش یافته است ولی همچنان عمده بارش‌ها در زمان کوتاه و با شدت زیاد اتفاق افتاده است. به عبارت دیگر همچنان در ترسالی‌ها بر شدت بارش‌ها افزوده شده و حجم بارش‌ها زیاد شده ولی همچنان دوره بارشی کوتاه و تعداد روزهای بارشی تفاوت زیادی پیدا نکرده است. همان‌طور که ملاحظه شد در ماه‌های بارشی اصلی (ماه‌های دسامبر تا مارس) مقدار بارش ماهانه به بیش از دو و گاه سه برابر میانگین ماهانه رسیده است؛ بنابراین در ترسالی‌های بارش‌ها با شدت بیشتری ریزش می‌کند ولی همچنان توزیع بارش‌ها و دفعات بارش افزایش چشمگیری نداشته است.

### نتیجه‌گیری

این پژوهش برای پاسخ به چند سؤال اساسی انجام شده است. فراوانی وقوع ترسالی‌ها در روند ۳۳ ساله، مقایسه فراوانی وقوع ترسالی‌ها در هر سیکل، ترسالی‌ها در کدام بخش از سیکل رخ می‌دهد، کدام یک از عناصر رطوبتی بیشترین ناهنجاری را از پدیده ترسالی دارند. نتایج این پژوهش نشان داد که به لحاظ پراکنش سیکلی ترسالی‌ها در دو بخش از

سیکل بیشتر رخ داده است. در هر سه سیکل در سال‌های میانی سیکل دو تا سه ترسالی با شدت‌های مختلف رخ داده است. در برخی از سیکل‌ها در ابتدا و یا انتهای سیکل نیز ترسالی وجود داشته است. در مجموع سیکل ۲۲ (سال‌های ۱۹۸۶-۱۹۹۶) بیشترین فراوانی ترسالی‌ها رخ داده است. به طوری که به جز در دو سال آبی ۱۹۸۸-۱۹۸۹ و ۱۹۹۳-۱۹۹۴ در سایر سال‌های این سیکل با ترسالی با شدت و ضعف مختلف مواجه بوده است. به عبارتی منطقه جنوبی کشور در دو سیکل اخیر به خشکی گراییده است. حتی در سیکل ۲۴ تعداد ترسالی‌ها نسبت به سیکل قبل خود نیز روند کاهشی داشته است. پدیده بارز دیگر وقوع بارش‌های بسیار شدید و سیل‌آسا در ترسالی‌ها و بخصوص ترسالی‌های شدید بوده است. به طوری که در تعداد زیادی از ایستگاه‌ها در دوره ترسالی بین ۳ تا ۴ بارش شدید با شدت بالای ۵۰ میلی‌متر در شبانه‌روز رخ داده است. در مجموع در ایستگاه‌های ساحلی و دریایی استان‌های بوشهر و هرمزگان وقوع بارش‌های ۲۴ ساعته بالای ۱۰۰ میلی‌متر و گاه ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر دور از انتظار نیست. به سمت شرق از شدت این بارش‌ها کم شده است. در ترسالی‌ها مقادیر بارش سالانه ممکن است به دو تا سه برابر میانگین طولانی‌مدت برسد. این پدیده بخصوص در ایستگاه‌های دریایی و ساحلی احتمال بیشتری دارد. با وجود اینکه مقادیر بارش ۲۴ ساعته و سالانه در ترسالی‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به شرایط نرمال و طولانی‌مدت افزایش می‌یابد. ولی تعداد روزهای بارشی به همان میزان افزایش نشان نمی‌دهد. به عبارت دیگر در ترسالی‌ها شدت بارش‌ها افزایش چشمگیری می‌یابد. ولی علیرغم این که مقدار بارش‌ها ممکن است به چند برابر برسد ولی تعداد روزهای بارشی افزایش قابل توجهی ندارد. این به مفهوم آن است که با توجه به سازوکار سامانه‌های بارشی مؤثر در بارش‌های این منطقه و دسترسی به منابع رطوبتی دریا‌های گرم جنوبی در ترسالی‌ها به دلیل فرا رفت رطوبت زیاد به درون سامانه‌های ورودی به منطقه، شدت بارش‌ها افزایش می‌یابد. علیرغم افزایش قابل توجه در شدت بارش‌ها تعداد سامانه‌های بارشی ورودی افزایش زیادی ندارند. همان‌طور که در بررسی نقشه روزهای مرطوبی در ترسالی‌ها دیده شد منبع رطوبتی قریب به اتفاق سامانه‌های ورودی به منطقه جنوبی ایران از دریا‌های جنوبی تأمین شده است. به طوری که پهنه روزهای مرطوبی روی منطقه در تمام ماه‌های بارشی کاملاً به دریا‌های گرم جنوبی متصل شده است. به این ترتیب سامانه سودانی به عنوان مؤثرترین سامانه جنوبی که رطوبت خود را از دریا‌های گرم جنوبی دریافت می‌کند، نقش مؤثر و مهمی در بارش سامانه‌های ورودی به منطقه در ترسالی‌ها داشته است. همان‌طور که ملاحظه شد در هر دو ترسالی شدید هسته اصلی ترسالی بر روی بخش مرکزی منطقه مطالعاتی (استان‌های هرمزگان و فارس و نیمه شرقی بوشهر قرار دارند. بررسی سایر ترسالی‌ها نیز این پدیده را تأیید کردند. بر اساس نتایج پژوهش لشکری (۱۳۷۵) و (۱۳۸۱) این منطقه تحت تأثیر کم‌فشار سودان از مسیر (ج) قرار دارد. نتایج این پژوهش با مطالعات (خوش‌اخلاق و همکاران، ۱۳۹۱؛ حجازی زاده و همکاران، ۱۳۹۷؛ محمدی و لشکری، ۱۳۹۸؛ لشکری و همکاران، ۱۳۹۵؛ Mohammadi et al, 2021; Lashkari et al, 2020) همخوانی دارد. همچنین از لحاظ قابلیت شاخص‌ها در تعیین ترسالی‌ها با مطالعات موعلی، ۱۳۹۹؛ جهانگیر و جهان پناه، ۱۳۹۷؛ فرج زاده و احمدیان، ۱۳۹۳؛ حجازی زاده و همکاران، ۱۴۰۰) همخوانی دارد. در این مقاله روند تغییرات و ناهمبجاری عناصر رطوبتی در ترسالی‌های شدید و فوق شدید بررسی

گردید. تحلیل علی این پدیده در مقاله دیگری با استفاده از الگوهای همدیدی ترسالی‌های شدید و فوق شدید بررسی شده است.

## منابع

- ۱- ادیب، آرش؛ و گرجی زاده، علی (۱۳۹۵): بررسی و پایش خشک‌سالی با استفاده از شاخص‌های خشک‌سالی (مطالعه موردی حوضه آبریز دز)، نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، دوره هفتم، شماره دوم، صص ۱۸۵-۱۷۳.
- ۲- پیرمادیان، نادر. شمس نیا، سید امیر. بوستانی، فردین؛ و شاهرخ نیا، محمدعلی (۱۳۸۷): ارزیابی دوره بازگشت خشک‌سالی با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش (SPI) در استان فارس، بوم‌شناسی گیاهان زراعی، دوره چهارم، شماره چهارم، صص ۷-۲۱.
- ۳- جهانگیر، محمدحسین؛ و جهان پناه، مریم (۱۳۹۷): ارزیابی شدت و پهنه‌بندی وضعیت خشک‌سالی استان فارس بر اساس شاخص بی‌نظمی بارش (RAI)، ترویج و توسعه آبخیزداری، سال ششم، شماره بیست، صص ۴۳-۳۵.
- ۴- حجازی زاده، زهرا. پژوه، فرشاد. جعفری، فرزانه (۱۳۹۷): آشکارسازی شرایط همدید مؤثر بر خشک‌سالی و ترسالی‌های شدید و فراگیر در نیمه شرقی ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره هفتم، شماره سوم، صص ۱۳۵-۱۶۰.
- ۵- حجازی زاده، زهرا. پژوه، فرشاد. شکیا، هانیه (۱۴۰۰): واکاوای دقت شاخص‌های خشک‌سالی و تعیین بهترین شاخص اقلیمی در جنوب شرق ایران، فصلنامه جغرافیا، سال نوزدهم، شماره شصت‌وهشت، صص ۲۱-۶.
- ۶- خرم بخت، احمدعلی. مشیری، سید رحیم. مهدوی، مسعود (۱۳۹۳): ارزیابی مشخصه‌های خشک‌سالی اقلیمی در منطقه لارستان، فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دوره چهارم، شماره سیزدهم، صص ۱۰۳-۱۲۰.
- ۷- خوش‌اخلاق، فرامرز. عزیزی، قاسم. رحیمی، مجتبی (۱۳۹۱): الگوهای همدید خشک‌سالی و ترسالی زمستانه در جنوب غرب ایران، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره دوازدهم، شماره بیست و پنجم، صص ۷۷-۵۵.
- ۸- رزمی، رباب. ستوده، فاطمه. صلاحی، برومند (۱۳۹۴): تحلیل زمانی-مکانی و پهنه‌بندی احتمال وقوع خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌های شمال غرب ایران، فضای جغرافیایی، شماره ۴۹، صص ۷۴-۵۷.
- ۹- زرین کمر مجد، شیرین. کتیرایی بروجردی، پری سیما (۱۳۹۵): بررسی تغییرات فصل پذیری و ناهنجاری‌های بارش فصلی در ایران طی دوره ۱۹۷۷ الی ۲۰۰۶. پژوهش‌های علوم و فنون دریایی، دوره یازدهم، شماره سه، صص ۲۴-۳۹.
- ۱۰- عساکره، حسین. رزمی، رباب (۱۳۹۱): تحلیل ناهنجاری‌های بارش شمال غرب ایران طی دهه‌های اخیر، نشریه نیوار، دوره سی پنجم، شماره هفتادوچهار، صص ۲۷-۴۰.
- ۱۱- غیور، حسنی؛ و خسروی، محمود (۱۳۸۰): تأثیر پدیده انسو بر ناهنجاری‌های بارش تابستان و پاییزی منطقه جنوب شرق ایران، تحقیقات جغرافیایی، شماره شصت و دوم، صص ۱۴۱-۱۷۴.
- ۱۲- فرج زاده، منوچهر؛ و احمدیان، کلثوم (۱۳۹۳): تحلیل زمانی و مکانی خشک‌سالی با استفاده از شاخص SPI در ایران، مخاطرات محیط طبیعی، دوره سوم، شماره چهارم، صص ۱۶-۱.
- ۱۳- لشکری، حسن (۱۳۷۵): الگوی سینوپتیکی بارش‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۴- لشکری، حسن. (۱۳۸۱): مسیریابی سامانه‌های کم‌فشار سودانی ورودی به ایران، مدرس علوم انسانی، دوره ششم، شماره دوم، صص ۱۵۶-۱۳۳.

- ۱۵- لشکری، حسن. متکان، علی اکبر. آزادی، مجید. محمدی، زینب (۱۳۹۵): تحلیل همبندی نقش پرفشار عربستان و رودباد جنب‌حاره‌ای در کوتاه‌ترین طول دوره بارشی جنوب و جنوب غرب ایران. فصلنامه علوم محیطی، دوره چهاردهم، شماره چهارم، صص ۷۴-۵۹
- ۱۶- محمدی، زینب. لشکری، حسن (۱۳۹۷): نقش جابه‌جایی مکانی پرفشار عربستان و رودباد جنب‌حاره‌ای در الگوهای همبندی و ترمودینامیکی ترسالی‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره پنجاه، شماره سوم، صص ۵۰۹-۴۹۱
- ۱۷- محمدی، زینب. لشکری، حسن (۱۳۹۸): تحلیل همبندی، ترمودینامیکی جابجایی مکانی جت جنب‌حاره‌ای در فعالیت کم‌فشار سودانی (مطالعه موردی ترسالی‌های استان فارس)، مجله پژوهش‌های دانش زمین، دوره دهم، شماره سی و هشتم، صص ۸۵-۱۰۳
- ۱۸- مرادی، محمد (۱۳۹۹): آشکارسازی و تحلیل ناهنجاری بارش زمستانه در جنوب شرق ایران، دوره سوم، شماره یکم، صص ۱۱۳-۹۶
- ۱۹- مرید، سعید؛ و پایمزد، شهلا (۱۳۷۸): مقایسه روش‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی جهت پایش روزانه خشک‌سالی: مطالعه موردی دوره خشک‌سالی ۱۳۷۸ لغایت ۱۳۸۰ استان تهران، مجله علوم آب و خاک، دوره یازدهم، شماره چهل و چهارم، صص ۳۲۵-۳۳۳
- ۲۰- موغلی، مرضیه (۱۳۹۴): ارزیابی شاخص‌های درون‌یابی در پهنه‌بندی خشک‌سالی‌ها با استفاده از GIS (مطالعه موردی: لارستان)، جغرافیای طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست‌وهشتم، صص ۴۲-۲۹
- ۲۱- موغلی، مرضیه (۱۳۹۴): پایش تغییرات پوشش گیاهی در اثر خشک‌سالی در حوضه آبریز درود زن با استفاده از تصاویر MODIS، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال دوازدهم، شماره چهل و نهم، صص ۸۵-۱۰۷
- 22- Alexander, L. V (2016): Global Observed Long-Term Changes In Temperature And Precipitation Extremes: A Review Of Progress And Limitations In IPCC Assessments And Beyond. *Wea. Climate Extremes*, Vol.11, Pp 4–16.
- 23- Bronikowski, A. And C. Webb (1996): A Critical Examination Of Rainfall Variability Measures Used In Behavioral Ecology Studies, *Behavioral Ecology And Sociobiology*, No.39, PP. 27-30.
- 24- Chen, Z. Wang, W. & Fu, J (2020): Vegetation Response To Precipitation Anomalies Under Different Climatic And Biogeographical Conditions In China. *Scientific Reports*, Vol.10, No.1, Pp1-16.
- 25- Costa, J. A. And Rodrigues, G. P. (2017): Space-Time Distribution Of Rainfall Anomaly Index (RAI) For The Salgado Basin, Ceará State-Brazil. *Ciência E Natura*, Vol.39 No.3, PP. 627-634.
- 26- De Los Milagros Skansi, M. And Coauthors (2013): Warming And Wetting Signals Emerging From Analysis Of Changes In Climate Extreme Indices Over South America. *Global Planet. Change*, Vol. 100, Pp 295–307.
- 27- Donat, M. G. And Coauthors (2013): Updated Analyses Of Temperature And Precipitation Extreme Indices Since The Beginning Of The Twentieth Century: The Hadex2 Dataset. *J. Geophys. Res. Atmos.* Vol.118, Pp2098–2118.
- 28- Freitas, M. (2005): Um Sistema De Suporte À Decisao Para O Monitoramento De Secas Meteorológicas Em Regiões Semi- Aridas, *Revista Tecnologia*, Vol.19, No.1, Pp 84-95.
- 29- Hartmann, D. L. And Coauthors (2013): Observations: Atmosphere And Surface. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, T. F. Stocker Et Al. Eds. Cambridge University Press, Pp159–254.
- 30- Huang, H. J. M. Winter, E. C. Osterberg, R. M. Horton, And B. Beckage (2017): Total And Extreme Precipitation Changes Over The Northeastern United States. *J. Hydrometeor.* Vol. 18, Pp 1783–1798.
- 31- IPCC. 2013. *Climate Change (2013): The Physical Science Basis*. T. F. Stocker Et Al. Eds. Cambridge University Press, 1535 Pp.

- 32- Krishan, R. Khare, D. Nikam, B. R. And Chandrakar, A. (2018): Impact Of Climate Shift On Rainfall And Temperature Trend In Eastern Ganga Canal Command. *International Journal Of Environmental And Ecological Engineering*, Vol.12, No.8, Pp553-562.
- 33- Lashkari, H. Jafari, M. & Mohammadi, Z (2021): Why Does Precipitation Decrease In The South And Southwest Of Iran In February Compared To Other Winter Months? *Geography And Environmental Planning*, Vol. 32, No.3, Pp81-104.
- 34- Lashkari, H. Mohammadi, Z. & Jafari, M (2020): Investigation On Dynamical Structure And Moisture Sources Of Heavy Precipitation In South And South-West Of Iran. *Arabian Journal Of Geosciences*, 13(21), 1-15.
- 35- Mega, N. & Medjerab, A (2021): Statistical Comparison Between The Standardized Precipitation Index And The Standardized Precipitation Drought Index. *Modeling Earth Systems And Environment*, Pp1-16.
- 36- Min, S. K. X. Zhang, F. W. Zwiers, And G. C. Hegerl (2011): Human Contribution To More-Intense Precipitation Extremes. *Nature*, Vol. 470, Pp 378–381.
- 37- Mohammadi, Z. Lashkari, H. & Mohammadi, M. S (2021): Synoptic Analysis And Core Situations Of Arabian Anticyclone In Shortest Period Precipitation In The South And Southwest Of Iran. *Arabian Journal Of Geosciences*, Vol.14, No.12, Pp 1-18.
- 38- Rhein, M. And Coauthors (2013): *Observations: Ocean. Climate Change. 2013. The Physical Science Basis*, T. F. Stocker Et Al. Eds. Cambridge University Press, Pp255–315.
- 39- Rooy, M. (1965): Van. A Rainfall Anomaly Index Independent Of Time And Space, *Notos*, Vol. 14, Pp 1-43.
- 40- Westra, S. L. V. Alexander, And F. W. Zwiers (2013): Global Increasing Trends In Annual Maximum Daily Precipitation. *J. Climate*, Vol. 26, Pp 3904–3918.
- 41- Xia, Y. & Guan, Z (2020): Relationships Between Convective Activity In The Maritime Continent And Precipitation Anomalies In Southwest China During Boreal Summer. *Climate Dynamics*, Vol. 54, No.1, Pp 973-986.
- 42- Zaveri, E. Russ, J. & Damania, R (2020): Rainfall Anomalies Are A Significant Driver Of Cropland Expansion. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, Vol. 117, No. 19, Pp.10225-10233.