Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.14, Issue 44, June 2025

Analysis of Precipitation Extremes Trends in the Persian Gulf and Oman Sea Basin in Southern Iran

Peyman Mahmoudi[1*], Ebrahim Fattahi[2], Mohsen Heydari[3], Allahbakhsh Rigi[4], Atefeh Ansari[5], Alireza Ghaemi[6], Jabbar Rezaei[7]

1. *Corresponding Author*, Associate Professor, Department of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
2. Associate Professor, Atmospheric Science and Meteorological Research Center, Tehran, Iran
3. MSc. of Agricultural Engineering, Sistan and Baluchestan Province Meteorological Administration, Zahedan, Iran
4. MSc. of Mathematics, Sistan and Baluchestan Province Meteorological Administration, Zahedan, Iran
5. MSc. of Climatology, Department of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
6. Postdoc Researcher, Department of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
7. PhD student of Climatology, Geography Department, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 05 May 2024
Revised: 01 December 2024
Accepted: 02 January 2025

Keywords:
Sen's slope estimator, Trend, Climate change, Precipitation extremes, Iran.

ABSTRACT

In this research, to analyze the trends of precipitation extremes in the Persian Gulf and Oman Sea Basin, daily precipitation data from 47 meteorological stations over 30 years (1993-2022) were used. Fifteen precipitation extreme indices were extracted for all the studied stations, and their long-term trends were analyzed using Sen's slope estimator. The results indicated a decreasing trend in the annual total precipitation on wet days for the western and central parts and an increasing trend for the eastern parts of the Persian Gulf and Oman Sea Basin. Consistent with the decreasing trend in annual total precipitation, these two parts of the studied basin experienced a decrease in the number of days with heavy rains (more than 10 mm), very heavy rains (more than 20 mm), extremely heavy rains (more than 30 mm), and maximum consecutive 1-day, 3-day, and 5-day precipitations. However, in the eastern part of the studied basin, the trend of maximum length of dry spells was decreasing. In line with this trend, the number of days with heavy rains (more than 10 mm), very heavy rains (more than 20 mm), extremely heavy rains (more than 30 mm), and maximum consecutive 1-day, 3-day, and 5-day precipitations also showed increasing trends.

Cite this article: Mahmoudi, P. , Fattahi, E. , Heydari, M. , Rigi, A. , Ansari, A. , Ghaemi, A. and Rezaei, J. (2025). Analysis of Precipitation Extremes Trends in the Persian Gulf and Oman Sea Basin in Southern Iran. Journal of Natural Environmental Hazards, 14(44), 63-88. DOI: 10.22111/jneh.2025.48651.2043

© Peyman Mahmoudi*
Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2025.48651.2043

* Corresponding Author Email: p_mahmoudi@gep.usb.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۲۶۷۶-۴۳۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۳۸۵
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۴، شماره ۴۴، تیر ۱۴۰۴

تحلیل روند فرین های بارشی در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان در جنوب ایران

پیمان محمودی[1*]، ابراهیم فتاحی[2]، محسن حیدری[3]، اله بخش ریگی[4]، عاطفه انصاری[5]، علیرضا قائمی[6]، جبار رضایی[7]

۱. دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران (نویسنده مسئول)
۲. دانشیار، اقلیم شناسی پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران
۳. دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی، اداره کل هواشناسی استان سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
۴. دانش آموخته کارشناسی ارشد ریاضی، اداره کل هواشناسی استان سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
۵. دانش آموخته کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
۶. پژوهشگر پسا دکتری، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
۷. دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۶

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۱

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۳/۱۰/۱۳

واژه‌های کلیدی:
تخمینگر شیب سن، روند، تغییر اقلیم، فرین های بارش، ایران.

چکیده

در این پژوهش جهت تحلیل روند فرین‌های بارشی حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان در جنوب ایران از داده‌های بارش روزانه ۴۷ ایستگاه هواشناسی برای یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۲۲-۱۹۹۳) استفاده شد. ۱۵ نمایه فرین بارشی برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه استخراج و با استفاده از برآوردکننده شیب سن روند تغییرات بلندمدت آنها مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج حاکی از وجود روند کاهشی در مقدار مجموع بارش سالانه برای بخش‌های غربی و مرکزی و وجود روند افزایشی برای بخش‌های شرقی حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان بوده است. هم‌راستا با روند کاهشی در مقدار مجموع بارش سالانه، این دو بخش از حوضه آبریز مورد مطالعه، تعداد روزهای با بارش‌های سنگین (بیشتر از ۱۰ میلیمتر)، بسیار سنگین (بیشتر از ۲۰ میلیمتر)، فوق سنگین (بیشتر از ۳۰ میلیمتر)، حداکثر بارش های یک روزه، سه روزه و پنج روزه آنها نیز کاهش پیدا کرده است. اما در بخش شرقی حوضه آبریز مورد مطالعه، روند حداکثر طول دوره‌های خشک کاهشی بوده است. هم راستا با این روند، تعداد روزهای با بارش‌های سنگین (بیشتر از ۱۰ میلیمتر)، بسیار سنگین (بیشتر از ۲۰ میلیمتر)، فوق سنگین (بیشتر از ۳۰ میلیمتر)، حداکثر بارش های یک روزه، سه روزه و پنج روزه نیز روند افزایشی داشته اند.

استناد: محمودی, پیمان , فتاحی, ابراهیم , حیدری, محسن , ریگی, اله بخش , انصاری, عاطفه , قائمی, علیرضا و رضائی, جبار . (۱۴۰۴). تحلیل روند نمایه های فرین بارشی در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان در جنوب ایران. مخاطرات محیط طبیعی, ۱۴(۴۴)، ۸۸-۶۳.

DOI: 10.22111/jneh.2025.48651.2043

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان © پیمان محمودی*، ابراهیم فتاحی، محسن حیدری، الهبخش ریگی، عاطفه انصاری، علیرضا قائمی، جبار رضایی.

*- پیمان محمودی (نویسنده مسئول) Email: p_mahmoudi@gep.usb.ac.ir

مقدمه

وقوع سیل‌های ناشی از بارش‌های سیل‌آسا یکی از فراوان‌ترین و پرتکرارترین مخاطره اقلیمی در ایران به‌شمار می‌رود (اصلاحی و همکاران، ۱۴۰۱؛ دارند، ۱۳۹۴). این مخاطره اقلیمی هر ساله خسارت‌های جانی و مالی زیادی بر ساختار اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی این کشور تحمیل می‌کند (ملویل[1]، ۱۹۸۴؛ اصغرپور و اژدری، ۲۰۱۱؛ عبادی و همکاران، ۲۰۲۰). به‌طوری‌که، بر اساس داده‌های بانک اطلاعاتی سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور طی چند دهه گذشته به‌طور متوسط خسارت‌های ناشی از سیل بالغ بر ۱۰۰۰۰ میلیارد ریال در سال بوده است و از سال ۱۳۳۰ لغایت ۱۳۸۳ باعث کشته شدن ۱۱ هزار و ۷۳۹ نفر و مفقودالاثر شدن ۲۳۸۱ نفر دیگر شده است. دو میلیون و ۳۰۰ هزار هکتار از مزارع کشور در همین بازه زمانی آسیب دیده و یک میلیون و ۵۸۰ هزار رأس دام نیز تلف شده است. وقوع سیل ویرانگر استان گلستان در ۲۰ مرداد ۱۳۸۰ که منجر به کشته و مفقودالاثر شدن بیش از ۵۰۰ نفر شد، هنوز هم به‌عنوان بزرگ‌ترین فاجعه سیل در کشور شناخته می‌شود. این سیل طبق اعلام سازمان ملل متحد در سال ۲۰۰۱ رتبه یک تلفات انسانی ناشی از سیل در جهان را به خود اختصاص داد. سیل سال‌های ۱۳۶۶ میدان تجریش تهران، ۱۳۸۱، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۴ استان گلستان، ۱۳۹۵ جنوب استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۶ شمال غرب، ۱۳۹۷ شمال شرق و سیل اواخر اسفند ۱۳۹۷ و فروردین ۱۳۹۸ در شمال، غرب و جنوب ایران از دیگر سیل‌های پر خسارت چند دهه گذشته ایران بوده‌اند (سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، ۱۴۰۰).

نتایج تحقیقات در بسیاری از نقاط جهان نشان می‌دهند که جو گرم‌تر در افزایش بارش‌های فرین در مقیاس‌های جهانی و منطقه‌ای تاثیرات اساسی داشته است؛ زیرا هوای گرم‌تر رطوبت بیشتری را در خود نگه می‌دارد و رطوبت بیشتر به معنای آب بیشتری است که می‌تواند به‌صورت باران ظاهر شود (وو و لاو[2]، ۲۰۱۶؛ گرویسمن[3] و همکاران، ۲۰۱۰؛ مانتون[4] و همکاران، ۲۰۱۰؛ پریور[5] و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج تحقیقات ترنبرث[6] (۲۰۱۱) نشان داده است که به ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دمای جو زمین، ظرفیت جو برای نگهداشت رطوبت در حدود ۷ درصد افزایش خواهد یافت. بررسی تحقیقات و گزارش‌های علمی نشان می‌دهند که فراوانی و شدت رویدادهای فرین اقلیمی در نتیجه افزایش دما در مقیاس جهانی افزایش یافته است (احمدی و همکاران، ۲۰۱۸). گزارش ویژه رویدادهای فرین هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) در سال ۲۰۱۲ و همچنین گزارش پنجم آن در سال ۲۰۱۴ نیز افزایش رویدادهای فرین را در بخش‌های گسترده‌ای از کره زمین تایید کرده است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۸). جنوب غرب آسیا و به‌خصوص ایران نیز از این قاعده مستثناء نبوده و تغییر اقلیم باعث افزایش در فراوانی رخدادهای فرین آب‌وهوایی آن همچون دما و بارش شده است (زتیس[7] و همکاران، ۲۰۲۲). این افزایش در رخدادهای فرین آب-وهوایی به‌خصوص فراوانی وقوع در بارش‌های فرین، ایران را به یکی از آسیب‌پذیرترین کشورها هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ اجتماعی در برابر تغییر اقلیم نموده است (واقفی و همکاران، ۲۰۱۹).

1 - Melville
2 - Wu and Lau
3 - Groisman
4 - Manton
5 - Pryor
6 - Trenberth
7 - Zittis

مطالعات بسیاری روند تغییرات بلندمدت شاخص‌های فرین بارشی در ایران را مورد مطالعه قرار داده اند (میرزائی حسنلو و همکاران، ۱۴۰۳؛ برارخان پور احمدی و همکاران، ۱۴۰۲؛ فرهود و همکاران، ۱۴۰۲؛ هرمزی و همکاران، ۱۳۹۹؛ مظفری و همکاران، ۱۳۹۶). عساکره (۱۳۸۹) با استفاده از مفهوم صدک‌ها برای تعریف مقادیر فرین بارش-های روزانه زنجان طی دوره آماری ۲۰۰۶-۱۹۶۱، روند بارش‌های سنگین (صدک نود، نود و پنج و نود و نه) و بارش-های کم مقدار (صدک‌های دهم، پنجم و اول) را به لحاظ مقدار، فراوانی و سهم‌شان در بارش‌های سالانه مورد تحلیل قرار داد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مجموع بارش حاصل از صدک اول و نود و پنجم و سهم آنها در مجموع بارش سالانه با روند کاهشی معنادار روبرو بوده است. ازاین‌رو، این محقق با توجه به این تغییرات استنباط نمود که بارش‌های سنگین شهر زنجان نسبت به گذشته با ملایمت و بارش‌های کم مقدار با مقادیر کمتری رخ می-دهند.

عساکره (۱۳۹۱) به منظور بررسی توأم فرین‌های بارشی، ۲۶ نمایه فرین بارشی را از روی بارش‌های روزانه ایستگاه زنجان برای دوره آماری ۲۰۰۶-۱۹۶۱ استخراج نمود. ایشان سپس با استفاده از فن تحلیل مؤلفه‌های مبنا، شش مؤلفه از ۲۶ نمایه را که حدود ۸۶/۵ درصد از تغییرات را تبیین می‌کردند، استخراج نمود. این شش مؤلفه در برگیرنده بارش‌های کم‌مقدار، فراوانی و تداوم بارش‌های بزرگ، میزان بارش‌های سنگین، خشکسالی‌های ملایم، دوره-های خشک و حداکثر طول دوره‌های خشک بودند. در ادامه، ایشان، شش مؤلفه مزبور را به لحاظ تغییرات بلندمدت (وجود روند)، جهش و چرخه‌ها مورد آزمون قرار دادند. نتایج نشان دادند که در مؤلفه اول (بارش‌های کم‌مقدار)، از سال ۱۹۸۲ به بعد، یک جهش معنادار و در مؤلفه دوم، به‌عنوان نماینده فراوانی و تداوم بارش‌های بزرگ نیز یک روند کاهشی معناداری قابل‌مشاهده است. بقیه مؤلفه‌ها فاقد هرگونه روند و جهش معناداری بوده‌اند.

مسعودیان و دارند (۱۳۹۲) با هدف شناسایی نمایه‌های فرین بارشی و بررسی روند تغییرات آنها بر پهنه سرزمینی ایران از داده‌های بارش روزانه ۱۴۳۷ ایستگاه همدید و باران‌سنجی برای دوره ۲۰۰۴-۱۹۶۲ بهره بردند. آنها با استخراج ۱۱ نمایه فرین بارشی و تحلیل روند تغییرات بلندمدت آنها نشان دادند که در مناطق جنوب غـرب و غـرب کشور روند مثبت و بر روی نوار باریکی در شمال ایران روند منفی است. آنها همچنین نتیجه گرفتند که نه تنها فراوانی رخداد بـارش‌هـای فـرین در منـاطق جنـوب غرب و غرب روبه افزایش است، بلکه شدت و میزان بارش ناشی از آنها نیـز بیشـتر شـده اسـت. عساکره و شاهبایی کوتنایی (۱۴۰۲) در پژوهشی تلاش نمودند تا با استفاده از داده‌های بارش روزانه ۳۴۲۳ ایستگاه همدید، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی برای دوره ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۶ روند تغییرات زمانی نمایه‌های فرین بارشی ایران را در قالب یک تحلیل یاخته - مبنا مورد بررسی قرار دهند. آنها با استخراج نمایه‌های صدکی (صدک کمتر از ۱۰، کمتر از ۲۵، ۲۵ تا ۷۵، ۷۵ تا ۹۰ و بالاتر از ۹۰) و با استفاده از تحلیل رگرسیون، تغییرات فراوانی روزهای عضو هر یک از نمایه‌های چندکی را در طول زمان محاسبه و در قالب نقشه ترسیم نمودند. نتایج نشان دادند که در طول دوره مورد مطالعه ۶/۸۶ درصد از یاخته‌های مرتبط با روزهای توأم با صدک دهم یا کمتر از آن در سطح کشور، روندی افزایشی داشته‌اند. از سوی دیگر، یاخته‌های مرتبط با روزهای توأم با صدک نودم و بیش از آن نیز روندی افزایشی از خود نشان داده‌اند. با توجه به اینکه یاخته‌های توأم با صدک‌های ۲۵، ۲۵-۷۵ (بهنجار) و صدک ۷۵ روندی کاهشی از لحاظ تعداد روزهای گروه خود به نمایش گذاشته‌اند، می‌توان

استنباط کرد که شرایط بارشی کشور و روزهای همراه با بارش به سمت مقادیر حدی حرکت کرده و احتمال خشکسالی یا سیلاب‌های مخرب در کشور افزایش یافته است.

جوانشیری و عباسی (۱۴۰۲)، بارش‌های سنگین (بارش‌های بیشتر از صدک ۹۸ام توزیع بارش) ۴۴ ایستگاه همدید ایران را در دو مقیاس زمانی فصلی و سالانه برای دو دوره‌ی نرمال استاندارد اقلیمی یعنی ۲۰۱۰-۱۹۸۱ و۲۰۲۰ - ۱۹۹۱ استخراج و روند تغییرات بلندمدت آنها را با استفاده از رگرسیون چندک تحلیل نمودند. نتایج نشان دادند که در مقایسه دو دوره نرمال استاندارد اقلیمی، بارش‌های سنگین بهاری در دامنه‌های جنوبی البرز، بارش‌های سنگین تابستانی در سواحل دریای خزر، بارش‌های سنگین پاییزی در شمال غرب و شمال شرق کشور و بارش‌های سنگین زمستانی در دامنه‌های زاگرس به‌طور عمده تغییر رفتار داده‌اند. همین‌طور، بارش‌های سنگین بهاری در دامنه‌های جنوبی البرز رو به کاهش است؛ در صورتی‌که بارش‌های سنگین تابستانی در سواحل دریای خزر و بارش‌های سنگین پاییزی در شمال غرب و شمال شرق کشور رو به افزایش است. میان آبادی و داوری (۱۴۰۲) با انتخاب ۱۲ ایستگاه همدید در اقلیم‌های مختلف ایران، تغییرات بارش در دو مقیاس زمانی ماهانه و سالانه را برای دو دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱ و ۲۰۲۰-۱۹۹۱ مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آزمون من-کندال نشان داد که در اکثر ایستگاه‌ها بارش در دوره اول روند افزایشی و در دوره دوم روند کاهشی داشته که البته در هر دو حالت روند تغییرات معنی‌دار نبوده‌اند. توزیع بارش نیز نشان داد که در برخی از ایستگاه‌ها احتمال وقوع بارش‌ها و رخدادهای حدی و دوره‌های گرم و سرد در دوره دوم نسبت به دوره اول افزایش داشته است. در برخی دیگر از ایستگاه‌ها احتمال وقوع خشکسالی‌ها بیشتر و احتمال وقوع بارش‌های سنگین کمتر شده است. این مسئله نشان می‌دهد که فعالیت توده‌های هوای موثر بر هر ایستگاه تحت تأثیر تغییر اقلیم می‌تواند تشدید یا تضعیف شود. ملبوسی و همکاران (۱۴۰۲) با استخراج ۱۱ شاخص فرین بارشی برای ۲۷ ایستگاه همدید ایران در بازه زمانی ۲۰۱۷-۱۹۵۸، روند تغییرات بلندمدت این شاخص‌ها را مورد تحلیل قرار دادند. یافته‌های این محققین نشان داد که به‌طورکلی شاخص‌های فرین بارش برای این ۲۷ ایستگاه فاقد روند معنادار بوده‌اند. جدا از این مطالعات، روند تغییرات بلندمدت فرین‌های بارشی حوضه آبریز کارون (حلبیان، ۱۳۹۸)، دشت کاشان (نیک اندیش و همکاران، ۱۴۰۱)، استان کهگیلویه و بویراحمد (قصابی و همکاران، ۱۴۰۱)، غرب و شمال غرب ایران (جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۹۹؛ عساکره و همکاران، ۱۳۹۱) نیز مورد مطالعه قرار گرفته است.

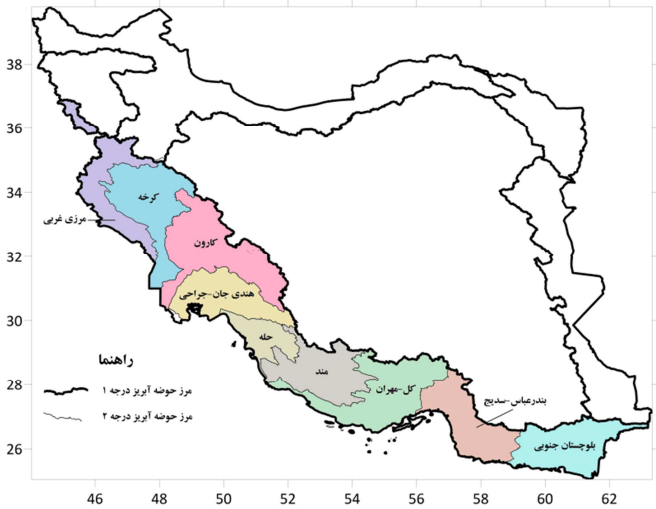
حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان به‌دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و قرارگرفتن آن در پهنه خشک و نیمه-خشک کره زمین، در مواجه با ناهنجاری‌های اقلیمی به‌شدت آسیب‌پذیر است؛ به‌طوری‌که یکی از مهم‌ترین عنصر اقلیمی آن یعنی بارش، تغییرپذیری شدیدی از خود نشان می‌دهد. در جایی سبب بروز خشکسالی‌های ممتد و در مکان دیگر مسبب سیل و طغیان رودخانه‌ها می‌شود. بنابراین، لزوم بررسی و پیش‌بینی تغییرات اقلیمی در این حوضه آبریز، جهت کاهش خطرات و زیان‌هایی در سطوح و بخش‌های کلان کشاورزی، صنعت و حمل‌ونقل، منابع آب و آبخیزداری، محیط‌زیست و گردشگری، بهداشت و سلامت و غیره از اهیت خاصی برخوردار است. بنابراین، نخستین گام در جهت مدیریت بحران فرین‌های بارشی و کاهش اثرات مخرب آن در این حوضه آبریز شناخت، بررسی و تحلیل رفتار فضایی- زمانی فرین‌های بارشی و ویژگی‌های آن و پیش‌یابی چگونگی رخداد آنها در آینده و ارتباط آن با

تغییرات اقلیمی می‌باشد. چراکه لزوم مطالعه دقیق این پدیده و پیش‌بینی آن به منظور یاری رساندن مدیران و برنامه‌ریزان بخش‌های مختلف مطالعاتی و اجرایی، جهت تحقق اهداف کلان ملی و منطقه‌ای امری ضروری است.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

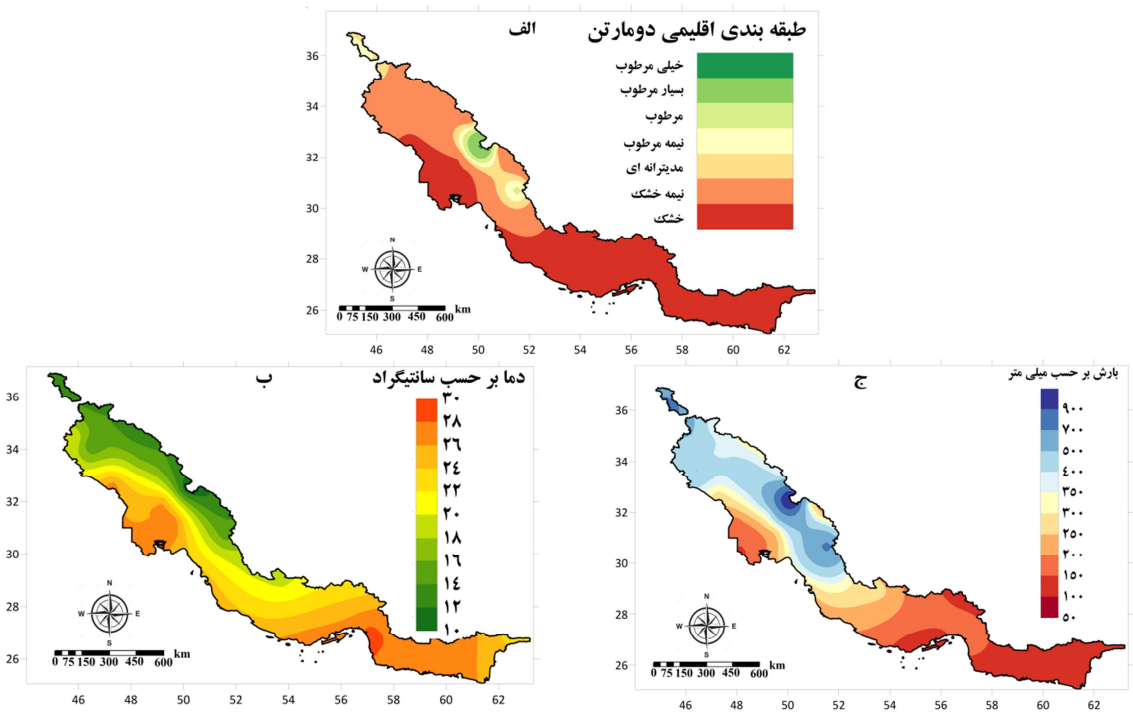
حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان با مساحتی حدود ۴۲۴۰۲۹ کیلومتر مربع معادل با ۲۵/۷ درصد از کل مساحت ایران، یکی از پهناورترین حوضه‌های آبریز ایران است که از غرب به جنوب‌شرق ایران گسترده شده است و استان‌های کرمانشاه، ایلام، لرستان، خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد، بوشهر و هرمزگان را در برگرفته است. رشته‌کوه‌های زاگرس سرچشمه اصلی رودخانه‌هایی است که به حوضه آبریز خلیج‌فارس و دریای عمان سرازیر می‌شوند. از مهم‌ترین رودخانه‌های این حوضه آبریز می‌توان به اروندرود، گاماسب، کارون، جراحی، زهره، دالاکی، مند، شور، میناب، مهران و نبند اشاره کرد (محمودی و همکاران، ۱۴۰۳). این حوضه آبریز که جزء حوضه‌های آبریز درجه یک ایران به شمار می‌رود، خود به ۹ زیر حوضه آبریز درجه ۲ تقسیم می‌شود که موقعیت و ویژگی‌های جغرافیایی آنها در شکل ۱ آورده شده‌اند.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان و زیر حوضه‌های آن در جنوب ایران

به سبب موقعیت خاص جغرافیایی و ویژگی‌های توپوگرافی هر بخش از این حوضه آبریز، آب و هواهای متفاوتی بر آن حاکم است. به‌طوری‌که بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، این حوضه آبریز را می‌توان به شش طبقه اقلیمی تقسیم‌بندی نمود که قسمت اعظم آن را اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک در بر گرفته است (شکل ۳-۲الف) (محمودی و همکاران، ۱۴۰۳). میانگین بارش سالانه حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان نزدیک به ۳۷۲ میلی‌متر است که توزیع فضایی آن در نقاط مختلف حوضه آبریز بسیار متفاوت است، به‌طوری‌که میانگین بارش سالانه در ایستگاه جاسک برابر با ۱۰۲/۵ میلی‌متر و در برخی دیگر از نقاط آن مانند ایستگاه کوهرنگ به ۱۲۷۴/۹ میلی‌متر می‌رسد

(شکل۳-۲ب) (محمودی و همکاران، ۱۴۰۳). توزیع فضایی میانگین سالانه دمای این حوضه آبریز نیز تابعی از ناهمواری‌ها و تغییرات زاویه میل خورشید است. میانگین دمای سالانه این حوضه آبریز برابر با ۲۰/۵ درجه سانتی‌گراد است که کمترین آن درست منطبق بر قلل سلسله کوه‌های مرتفع زاگرس (ایستگاه کوهرنگ با میانگین دمای سالانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد) و بالاترین آن نیز در سواحل جنوبی شرقی این حوضه آبریز (ایستگاه میناب با ۲۸/۴ درجه سانتی‌گراد) مشاهده می‌شود (محمودی و همکاران، ۱۴۰۳). در مجموع، از جنوب به شمال و از مشرق به مغرب از دمای هوای این حوضه آبریز کاسته می‌شود. سرد شدن هوا در جهت جنوب به شمال بیشتر به‌دلیل افزایش عرض جغرافیایی و کاهش تابش خورشید و نیز تراکم سلسله کوه‌های مرتفع در غرب حوضه آبریز است و کاهش آن از مشرق به مغرب به‌دلیل تجمع توده کوهستانی زاگرس در غرب حوضه آبریز است (شکل ۳-۲ج) (محمودی و همکاران، ۱۴۰۳).

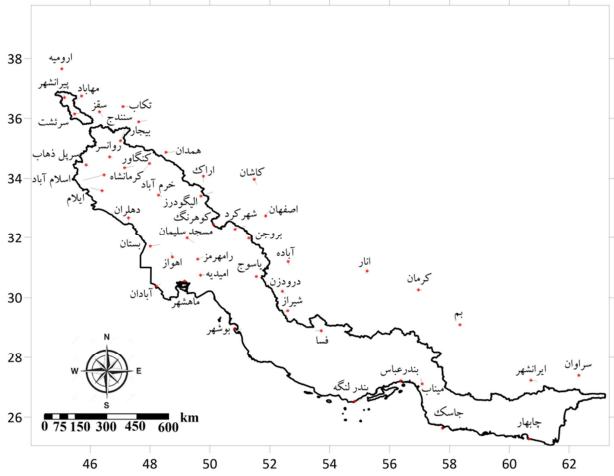


شکل ۲:(الف) نقشه طبقه‌بندی اقلیمی حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان بر اساس روش دومارتن، (ب) نقشه توزیع فضایی میانگین بارش سالانه حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان و (ج) توزیع فضایی میانگین دمای سالانه حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان

داده‌ها

در این پژوهش جهت تحلیل روند فرین‌های بارشی حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان از داده‌های بارش روزانه ۴۷ ایستگاه همدید برای یک بازه زمانی ۳۰ ساله (۲۰۲۲-۱۹۹۳) که از سازمان هواشناسی ایران دریافت شد، استفاده گردید. اندک خلاء های آماری موجود در این داده‌ها با استفاده از روش‌های همبستگی و رگرسیون بازسازی شدند. از این ۴۷ ایستگاه همدید ۲۹ ایستگاه همدید آن داخل مرزهای حوضه آبریز و ۱۸ ایستگاه همدید آن خارج از مرزهای

حوضه آبریز واقع شده‌اند. در زمان نگاشت شاخص‌های فرین بارشی از تمامی ۴۷ ایستگاه همدید و در زمان تحلیل نتایج تنها از ۲۹ ایستگاه همدید داخل حوضه آبریز استفاده شده است. این ایستگاه‌ها دارای کامل‌ترین و معتبرترین داده‌ها در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان هستند. اندک خلاء آماری داده‌ها (برای تمامی ۴۷ ایستگاه مورد مطالعه کمتر از ۰/۰۰۱ درصد)، با استفاده از ضریب همبستگی و رگرسیون خطی و بر اساس مناسب‌ترین ایستگاه مجاور بازسازی شدند. آزمون همگنی داده‌ها نیز با استفاده از آزمون ران تست انجام و همگنی تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح اطمینان ۹۵ درصد تایید شدند. برای شناسایی داده‌های پرت نیز از بسته نرم‌افزاری RClimDex (نرم‌افزار و اسناد موجود برای دانلود از http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI) استفاده شد (ایسترلینگ و همکاران، ۲۰۰۳).



شکل ۳: نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان در جنوب ایران

روش‌شناسی

در سال ۲۰۱۱ کارگروه تخصصی خطر اقلیمی و نمایه‌های بخش ویژه[1] (ETCRSCI) کمیسیون اقلیم‌شناسی[2] (CCI) سازمان هواشناسی جهانی[3] (WMO) جهت بهبود تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی، سازماندهی و مدیریت ریسک و در راستای سازگاری با تغییر و تغییرپذیری اقلیمی یک مجموعه از ۳۴ شاخص فرین دمایی و بارشی تعریف نمودند. این نمایه‌ها در سال ۲۰۱۶ با هماهنگی تیم کارشناسی نمایه‌ها و آشکارسازی تغییر اقلیم[4] (ETCCDI) وابسته به کمیسیون اقلیم‌شناسی (CCI) سازمان هواشناسی جهانی (WMO) به ۶۴ نمایه افزایش داده شدند. در این مطالعه از ۱۵ نمایه فرین بارشی این تیم استفاده شد که ویژگی‌های آنها به‌طور کامل در جدول ۱ آورده شده‌اند. لازم به یادآوری است که تمامی نمایه‌های انتخاب‌شده با استفاده از نرم‌افزار ClimPACT که یک نرم‌افزار مبتنی بر R است محاسبه و استخراج شده‌اند.

1- Expert Team on Climate Risk and Sector-specific Indices
2 - Commission for Climatology
3 - World Meteorological Organization
4 - Expert Team on Climate Change Detection and Indices

جدول ۱: ویژگی‌های نمایه‌های فرین بارشی استفاده‌شده در مطالعه (پترسون[1] و همکاران، ۲۰۰۱؛ کارل[2] و همکاران، ۱۹۹۹)

نام اختصاری	نام کامل	تعریف	توضیحات	واحد	مقیاس زمانی
CDD	روزهای خشک متوالی	حداکثر تعداد روزهای خشک متوالی (زمانی‌که بارش روزانه مساوی یا بزرگ‌تر از ۱میلی متر باشد)	طولانی‌ترین دوره خشک	روز	سالانه
R10mm	تعداد روزهای با بارش سنگین	تعداد روزهایی که بارش مساوی یا بیشتر از ۱۰ میلی‌متر می-باشد	روزهایی که بارش حداقل ۱۰ میلی‌متر است	روز	ماهانه و سالانه
R20mm	تعداد روزهای با بارش بسیار سنگین	تعداد روزهایی که بارش مساوی یا بیشتر از ۲۰ میلی‌متر می-باشد	روزهایی که بارش حداقل ۲۰ میلی‌متر است	روز	ماهانه و سالانه
R30mm	تعداد روزهای با بارش فوق سنگین	تعداد روزهایی که بارش مساوی یا بیشتر از ۳۰ میلی‌متر می-باشد	روزهایی که بارش حداقل ۳۰ میلی‌متر است	روز	ماهانه و سالانه
PRCPTOT	مجموع بارش سالانه روزهای تر	مجموع بارش‌های روزانه مساوی یا بیشتر از ۱ میلی‌متر	مجموع بارش روزهای تر	میلی‌متر	ماهانه و سالانه
R95pTOT	سهم از روزهای بسیار تر	$\frac{r95p}{PRCPTOT} \times 100$	نسبت مجموع بارش روزهای بسیار تر به مجموع بارش سالانه	درصد	سالانه
R99pTOT	سهم از روزهای به شدت تر	$\frac{r99p}{PRCPTOT} \times 100$	نسبت مجموع بارش روزهای به شدت تر به مجموع بارش سالانه	درصد	سالانه
R95p	مجموع بارش سالانه روزهای بارشی بسیار تر	مجموع بارش سالانه روزهای بارشی بالاتر از صدک نود و پنجم	مقدار بارش مربوط به روزهای بارشی بسیار تر	میلی‌متر	سالانه
R99p	مجموع بارش سالانه روزهای بارشی به شدت تر	مجموع بارش سالانه روزهای بارشی بالاتر از صدک نود و نهم	مقدار بارش مربوط به روزهای بارشی به شدت تر	میلی‌متر	سالانه
Rx1day	حداکثر بارش یک روزه	مجموع حداکثر بارش یک روزه	حداکثر مقدار بارشی که در یک روز باریده است	میلی‌متر	ماهانه و سالانه
Rx3day	حداکثر بارش سه روزه	مجموع حداکثر بارش سه روزه	حداکثر مقدار بارشی که در سه روز متوالی باریده است	میلی‌متر	ماهانه و سالانه
Rx5day	حداکثر بارش پنج روزه	مجموع حداکثر بارش پنج روزه	حداکثر مقدار بارشی که در پنج روز متوالی روز باریده است	میلی‌متر	ماهانه و سالانه
CWD	روزهای تر متوالی	حداکثر تعداد سالانه روزهای تر متوالی (زمانی‌که بارش مساوی یا بیشتر از ۱ میلی‌متر است)	طولانی‌ترین دوره تر	روز	سالانه
SDII	شدت بارش روزانه	مجموع بارش سالانه تقسیم بر تعداد روزهای تر (زمانی‌که بارش مساوی یا بیشتر از ۱ میلی‌متر است)	میانگین شدت بارش روزانه در روزهای تر	میلی‌متر/روز	سالانه

1 - Peterson
2 - Karl

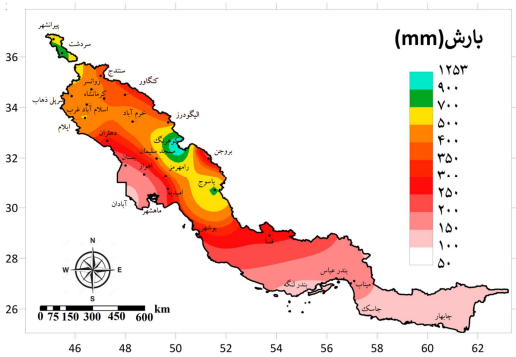
بعد از استخراج شاخص‌های فرین بارشی، با استفاده از روش تخمین‌گر، شیب سن روند تغییرات بلندمدت آنها مورد بررسی قرار گرفت. این روش اولین بار توسط تیل در سال ۱۹۵۰ ارائه و سپس توسط سن در سال ۱۹۶۸ بسط و گسترش داده شد. این روش همانند بسیاری دیگر از روش‌های ناپارامتریک همچون من – کندال بر تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی استوار است. این روش زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که روند موجود در سری زمانی یک روند خطی باشد. مبانی محاسباتی این روش به‌طور کامل در منبع علیجانی و همکاران (۱۳۹۱) آورده شده است.

نتایج و بحث

در این بخش نتایج حاصل از تحلیل روند تغییرات بلندمدت ۱۵ نمایه فرین بارشی برای حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان در جنوب ایران آورده شده‌اند.

مجموع بارش سالانه روزهای تر (PRCPTOT)

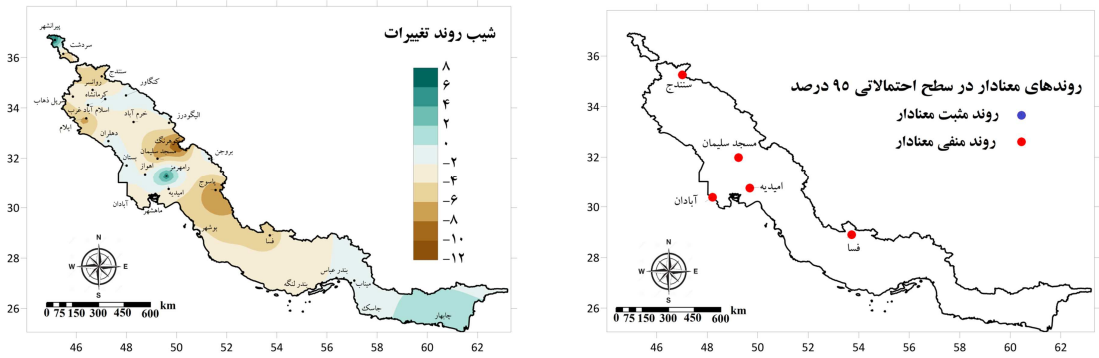
اولین نمایه بارشی که روند تغییرات بلندمدت آن در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان مورد توجه قرار گرفت، مجموع بارش سالانه روزهای تر بود که با علامت اختصاری (PRCPTOT) مشخص می‌شود. این نمایه از جمع بارش-های روزانه مساوی یا بیشتر از ۱ میلی‌متر به‌دست می‌آید. توزیع فضایی این نمایه در حوضه آبریز مورد مطالعه نشان می‌دهد که میانگین بلندمدت آن از غرب به شرق و از شمال به جنوب کاهش پیدا می‌کند (شکل ۳). توپوگرافی متراکم در غرب حوضه آبریز و عرض جغرافیایی می‌توانند مهم‌ترین دلایل این نوع آرایش فضایی در مجموع بارش سالانه روزهای تر باشند. هر چند نبایستی دور بودن نیمه شرقی این حوضه آبریز از سیستم‌های بارش‌زای غربی را فراموش نمود. بیشترین بارش این حوضه آبریز متعلق به ایستگاه کوهرنگ با ۱۲۵۳ میلی‌متر و کمترین آن نیز متعلق به ایستگاه جاسک با ۱۰۵/۷ میلی‌متر می‌باشد.



شکل ۳: توزیع فضایی میانگین مجموع بارش سالانه روزهای تر (PRCPTOT) در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

نتایج تحلیل روند تغییرات بلندمدت این نمایه نشان می‌دهد که تقریباً ۸۹/۶ درصد ایستگاه ها (۲۶ ایستگاه از ۲۹ ایستگاه) دارای روند کاهشی و تنها ۱۰/۴ درصد ایستگاه‌ها (۳ ایستگاه از ۲۹ ایستگاه) دارای روند افزایشی بوده‌اند. بیشتر ایستگاه‌های دارای روند کاهشی در مرکز و غرب و ایستگاه‌های دارای روند افزایشی نیز در شرق حوضه آبریز

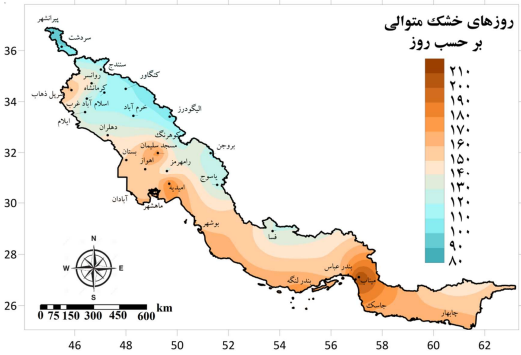
متمرکز بوده‌اند (شکل ۴). همچنین لازم به اشاره است که مقدار شیب روند تغییرات در این حوضه آبریز یکدست نبوده و از یک ایستگاه به ایستگاه دیگر بسیار متفاوت بوده است؛ به‌طوری‌که بیشترین شیب روند تغییرات کاهشی متعلق به ایستگاه‌های کوهرنگ (۱۰/۵- میلی‌متر در ۳۰ سال)، ایلام (۹/۸- میلی‌متر در ۳۰ سال)، یاسوج (۸/۲- میلی‌متر در ۳۰ سال) و مسجد سلیمان (۶/۵- میلی‌متر در ۳۰ سال) و بیشترین شیب روند تغییرات افزایشی نیز متعلق به ایستگاه‌های پیرانشهر (۶/۵ میلی‌متر در ۳۰ سال)، رامهرمز (۶/۵ میلی‌متر در ۳۰ سال) و چابهار (۱/۸ میلی-متر در ۳۰ سال) بوده‌اند (شکل ۴). اما روند این تغییرات برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح احتمالانی ۹۵ درصد معنادار نبوده‌اند و تنها پنج ایستگاه سنندج، مسجدسلیمان، امیدیه، آبادان و فسا روند تغییرات آنها معنادار بوده است که موقعیت تمامی این ایستگاه‌ها در شکل ۴ آورده شده‌اند.



شکل ۴: توزیع فضایی مقادیر شیب روند تغییرات مجموع بارش سالانه روزهای تر (PRCPTOT) بر حسب میلی‌متر در ۳۰ سال و نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های دارای روندهای معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

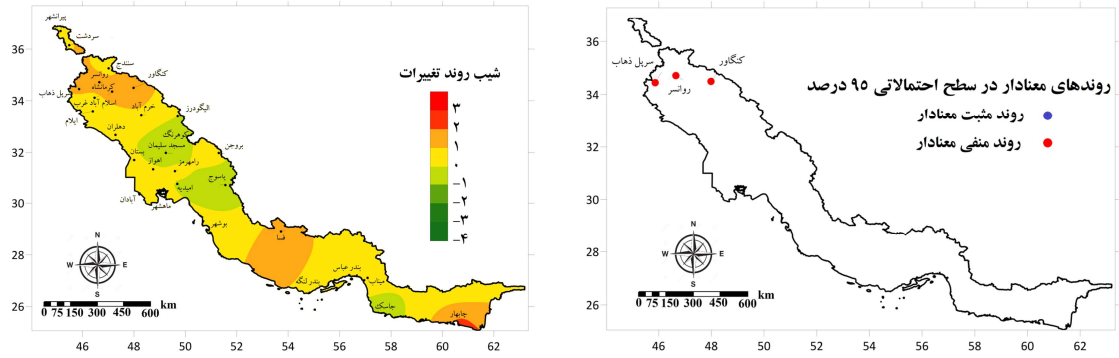
روزهای خشک متوالی (CDD)

یکی از مهم‌ترین نمایه های فرین بارشی، روزهای خشک متوالی است که با علامت اختصاری (CDD) نشان داده می-شود. بر اساس این نمایه، حداکثر تعداد روزهای خشک متوالی برای هر سال، برای کل ایستگاه های مورد مطالعه در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان استخراج شدند. توزیع فضایی میانگین بلندمدت حداکثر تعداد روزهای خشک متوالی (۲۰۲۲-۱۹۹۳) برای حوضه آبریز مورد مطالعه در شکل ۵ ترسیم شده است. بر اساس این شکل، مشاهده می شود که طول حداکثر روزهای خشک متوالی از غرب به شرق و از شمال به جنوب در این حوضه آبریز افزایش پیدا می‌کند. طولانی‌ترین روزهای خشک متوالی به‌ترتیب متعلق به ایستگاه‌های میناب (۲۱۲/۳ روز)، امیدیه (۱۸۵/۷ روز)، مسجد سلیمان (۱۷۷/۱ روز)، بندر لنگه (۱۷۶/۸ روز)، چابهار (۱۶۸/۲) و جاسک (۱۶۴/۸) و کوتاه‌ترین آن نیز مربوط به ایستگاه‌های پیرانشهر (۹۵/۷ روز)، سردشت (۱۰۰/۶ روز) و الیگودرز (۱۰۳/۶ روز) بوده است (شکل ۵).



شکل ۵: توزیع فضایی میانگین بلندمدت حداکثر تعداد روزهای خشک متوالی (CDD)در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

نتایج تحلیل روند بر روی این نمایه از فرین بارشی حاکی از روند افزایشی آن در این حوضه آبریز بوده است. از ۲۹ ایستگاه مورد مطالعه ۲۱ ایستگاه روند افزایشی، ۵ ایستگاه روند کاهشی و ۳ ایستگاه نیز فاقد روند بوده‌اند (شکل ۶). اما تمامی این روندها به استثنای روندهای سه ایستگاه کنگاور (۱/۶ روز در ۳۰ سال)، روانسر (۱/۵ روز در ۳۰ سال) و سرپل ذهاب (۱/۱ روز در ۳۰ سال) در هیچ‌کدام از سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار نبوده‌اند. نقشه توزیع فضایی مقادیر شیب روند تغییرات این نمایه نیز به روشنی نشان می‌دهد که بیشتر ایستگاه‌های واقع در این حوضه آبریز دارای شیب بین ۱+ و ۱- روز در ۳۰ سال بوده است (شکل ۶). نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های دارای روندهای معنادار در شکل ۶ آورده شده است. همان‌گونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود سه ایستگاهی که روندهای آنها معنادار بوده‌اند در غرب حوضه آبریز متمرکز بوده‌اند.



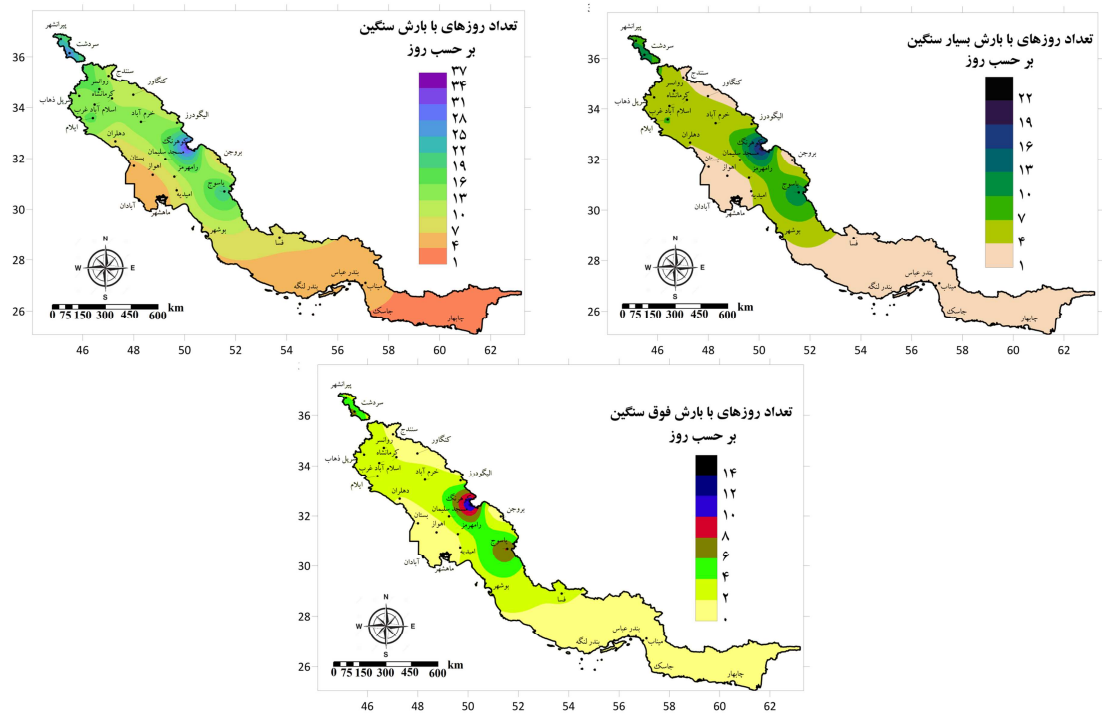
شکل ۶: توزیع فضایی مقادیر شیب روند تغییرات حداکثر تعداد روزهای خشک متوالی (CDD) بر حسب روز در ۳۰ سال و نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های دارای روندهای معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

تعداد روزهای با بارش‌های سنگین (R10mm)، بسیار سنگین (R20mm) و فوق سنگین (R30mm)

تعداد روزهای با بارش‌های سنگین (R10mm)، بسیار سنگین (R20mm) و فوق سنگین (R30mm) مجموعه‌ای از شاخص‌های فرین بارشی هستند که روند تغییرات بلندمدت آنها می‌توانند رژیم بارشی هر حوضه آبریزی را دستخوش تحولات بزرگی کنند. توزیع فضایی میانگین بلندمدت تعداد روزهای با بارش‌های سنگین (R10mm)، بسیار سنگین (R20mm) و فوق سنگین (R30mm) (شکل ۷) در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان تقریباً از الگوهای فضایی

مشابهی پیروی می‌کنند. حداکثر تعداد روزهای مربوط به این سه فرین بارشی در حوضه آبریز مورد مطالعه منطبق بر ارتفاعات زردکوه (دومین قله مرتفع رشته کوه‌های زاگرس) در استان چهارمحال و بختیاری است. زردکوه منشاء اصلی تامین آب سه رودخانه اصلی کارون، کرخه و دز در حوضه آبریز مورد مطالعه می‌باشد. حداقل تعداد روزهای مربوط به این سه فرین نیز در سرزمین‌های پست جنوب شرق ایران در دو استان سیستان و بلوچستان و هرمزگان مشاهده می‌شود. به‌طورکلی آرایش فضایی این سه نمایه فرین بارشی همچون دیگر نمایه‌های فرین بارشی مورد مطالعه دارای یک شیب کاهشی از غرب به شرق و از شمال به جنوب هستند.

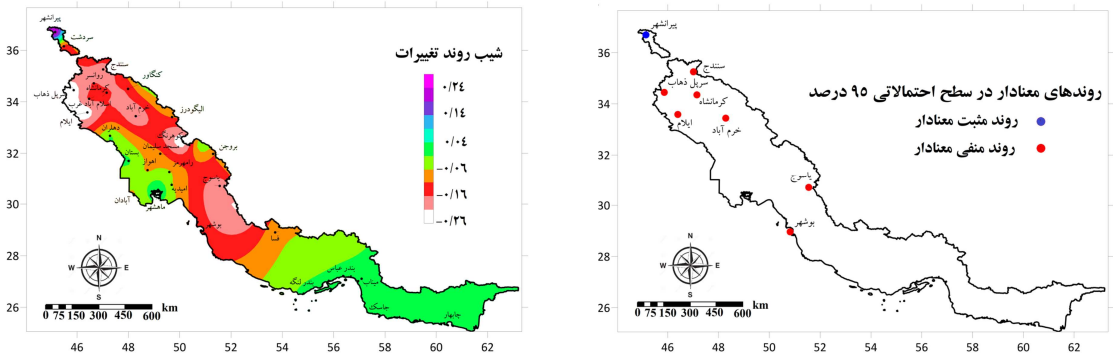
تعداد روزهای با بارش‌های سنگین (R10mm) دارای دامنه تغییراتی بین ۳/۱ روز (ایستگاه چابهار) تا ۳۵/۳ روز (ایستگاه کوهرنگ) هستند. دامنه تغییرات تعداد روزهای با بارش‌های بسیار سنگین (R20mm) بین ۱/۵ روز (ایستگاه جاسک) تا ۲۱/۸ روز (ایستگاه کوهرنگ) تغییر پیدا می‌کند. ایستگاه آبادان با ۰/۷ روز و ایستگاه کوهرنگ نیز با ۱۳/۶ روز به‌ترتیب پایین‌ترین و بالاترین تعداد روزهای با بارش‌های فوق سنگین (R30mm) را دارا هستند.



شکل ۷: توزیع فضایی میانگین بلندمدت تعداد روزهای با بارش‌های سنگین (R10mm)، بسیار سنگین (R20mm) و فوق سنگین (R30mm) در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

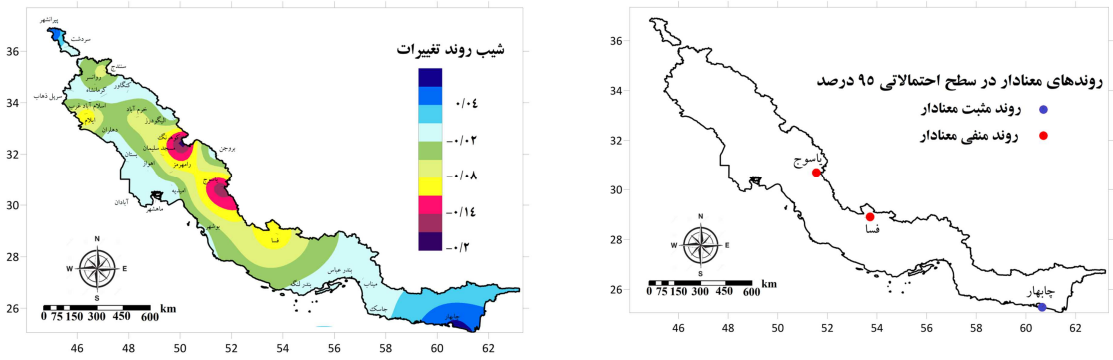
تحلیل روند تغییرات بلندمدت در تعداد روزهای با بارش‌های سنگین (R10mm) نشان از حاکمیت روندهای کاهشی در سری‌های زمانی این فرین بارشی دارند. به‌طوری‌که از ۲۹ ایستگاه مورد مطالعه در این حوضه آبریز ۲۰ ایستگاه دارای روند کاهشی، ۲ ایستگاه دارای روند افزایشی و ۶ ایستگاه باقیمانده نیز فاقد هر گونه روندی بوده‌اند. از لحاظ فضایی، ایستگاه‌های دارای روند کاهشی همگی در نیمه غربی و ایستگاه‌های دارای روند افزایشی، به استثنای ایستگاه پیرانشهر، همگی در نیمه شرقی حوضه آبریز تمرکز پیدا کرده‌اند (شکل ۸). اما بایستی اشاره شود که تمامی این

روندها از لحاظ احتمالاتی معنادار نبوده‌اند. در شکل ۸ نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌هایی که روندهای آنها در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار بوده‌اند، نشان داده شده‌اند.



شکل ۸: توزیع فضایی مقادیر شیب روند تغییرات بلندمدت تعداد روزهای با بارش‌های سنگین (R10mm) بر حسب روز در ۳۰ سال نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های دارای روندهای معنادار در سطوح احتمالاتی مختلف برای تعداد روزهای با بارش‌های سنگین (R10mm) در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

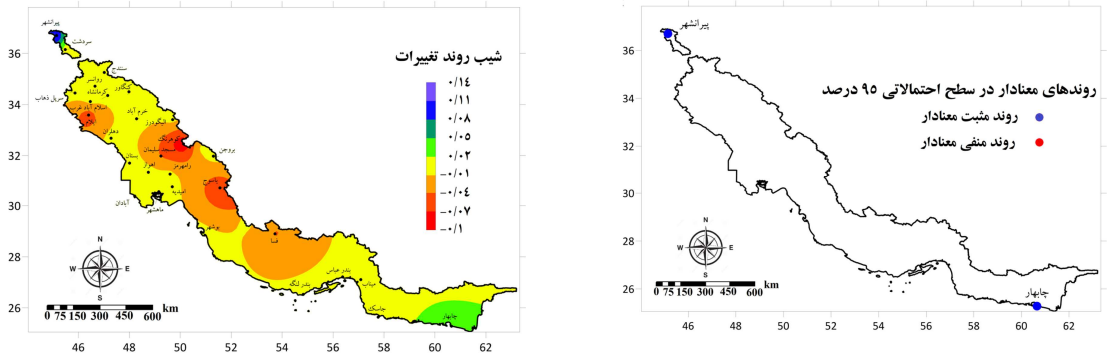
در تحلیل روند تغییرات بلندمدت تعداد روزهای با بارش‌های بسیار سنگین (R20mm) مشاهده شد که ۱۸ ایستگاه از ۲۹ ایستگاه مورد مطالعه در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان فاقد هر گونه روند افزایشی یا کاهشی بوده‌اند. ۸ ایستگاه دارای روند کاهشی و ۳ ایستگاه نیز روند آنها افزایشی بوده است. ایستگاه‌هایی که روندهای آنها کاهشی بوده است بیشتر در مرکز و غرب حوضه آبریز مورد مطالعه متمرکز بوده‌اند (شکل ۹). دو ایستگاه کوهرنگ و یاسوج بالاترین مقادیر شیب تغییرات کاهشی و سه ایستگاه پیرانشهر و رامهرمز و چابهار نیز بالاترین مقادیر شیب تغییرات افزایشی را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۹). اما ایستگاه‌هایی که روند آنها در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار بوده است محدود به سه ایستگاه یاسوج، فسا و چابهار بوده است (۹).



شکل ۹: توزیع فضایی مقادیر شیب روند تغییرات بلندمدت تعداد روزهای با بارش‌های بسیار سنگین (R20mm) بر حسب روز در ۳۰ سال و نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های دارای روندهای معنادار در سطح اطمینان۹۵ درصد در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

تحلیل روند تغییرات بلندمدت بارش های فوق سنگین نشان می‌دهند که حدود ۷۶ درصد ایستگاه‌ها فاقد هرگونه روند افزایشی یا کاهشی برای این نمایه از فرین بارشی بوده‌اند. دلیل این مهم می‌تواند در فراوانی وقوع اندک بارش-

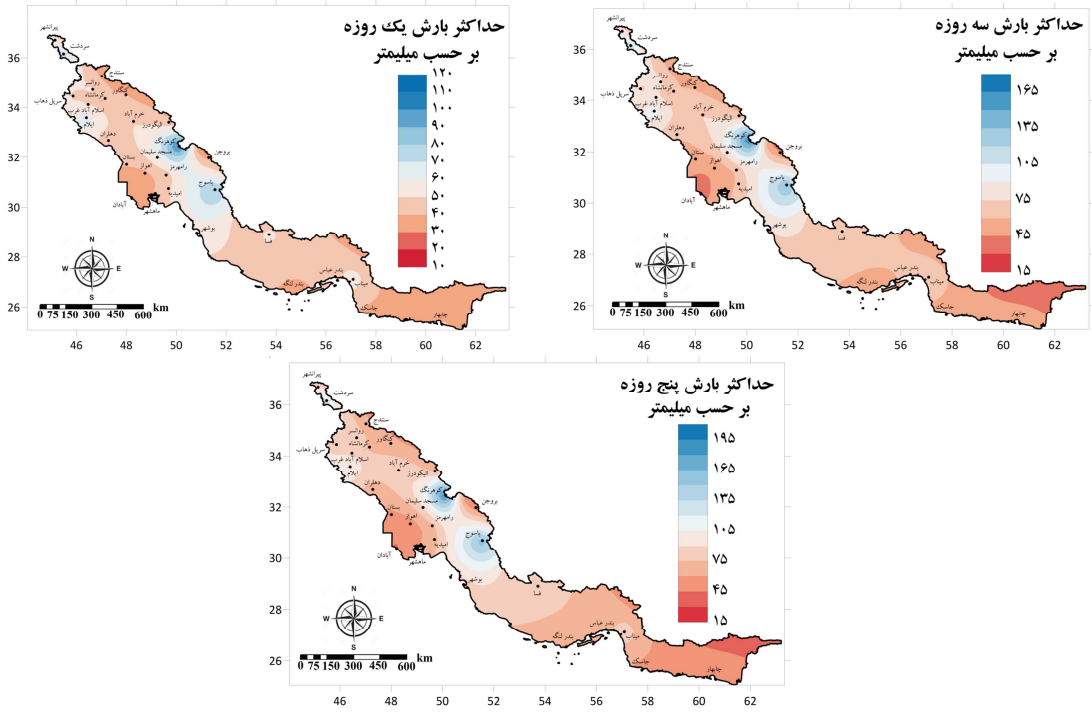
های فوق سنگین در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان دانست. همان‌گونه که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود مقدار روند شیب تغییرات بین دو عدد ۰/۱۴ برای ایستگاه پیرانشهر و ۰/۱- برای ایستگاه کوهرنگ در تغییر بوده است. اما ایستگاه‌هایی که روند آنها در سطوح احتمالاتی مختلف معنادار بوده‌اند تنها دو ایستگاه پیرانشهر و چابهار بوده‌اند که روند هر دو ایستگاه نیز افزایشی بوده است (شکل ۱۰). روند هر دو ایستگاه نیز در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد تایید قرار گرفته است.



شکل ۱۰:توزیع فضایی مقادیر شیب روند تغییرات بلندمدت تعداد روزهای با بارش‌های فوق سنگین (R30mm) بر حسب روز در ۳۰ سال و نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های دارای روندهای معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۱۹۹۳-۲۰۲۲)

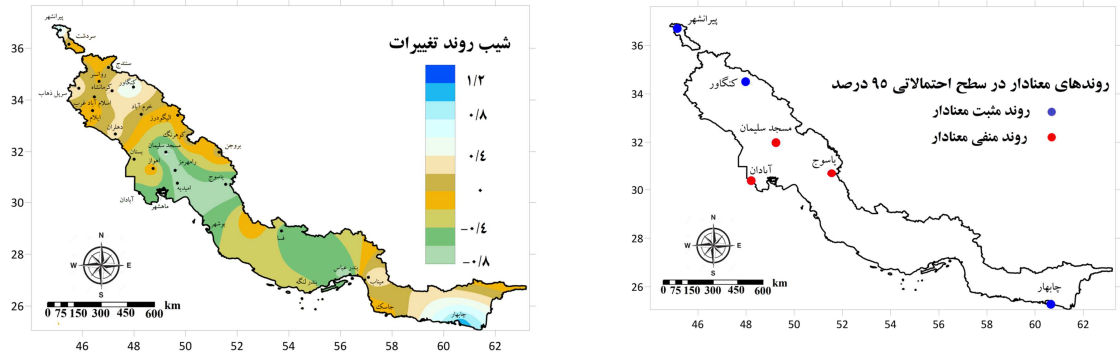
حداکثر بارش‌های یک روزه (Rx1day)، سه روزه (Rx3day) و پنج روزه (Rx5day)

مجموعه دیگری از نمایه‌های فرین بارشی، حداکثر بارش‌های یک روزه (Rx1day)، سه روزه (Rx3day) و پنج روزه (Rx5day) در یک مقیاس سالانه بودند که برای همه ایستگاه‌های مورد مطالعه در داخل حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان استخراج شدند. میانگین بلندمدت این سه فرین بارشی در شکل ۱۱ در قالب سه نقشه ترسیم شده‌اند. الگوهای فضایی این سه فرین بارشی تقریباً دارای الگوهای فضایی یکسان و منطبق بر ناهمواری‌های داخل حوضه آبریز هستند. بیشترین مقدار حداکثر بارش‌های یک روزه (Rx1day)، سه روزه (Rx3day) و پنج روزه (Rx5day) منطبق بر دامنه رشته کوه‌های زردکوه (ایستگاه کوهرنگ) و دنا (ایستگاه یاسوج) و کمترین مقدار آنها در سرزمین‌های پست جنوب شرق و جنوب غرب حوضه آبریز به مرکزیت دو ایستگاه چابهار در جنوب شرق و آبادان در جنوب غرب است. دامنه تغییرات میانگین بلندمدت این سه فرین بارشی به‌ترتیب برای حداکثر بارش‌های یک روزه (Rx1day) بین ۱/۳-۳۵/۳ میلی‌متر، سه روزه (Rx3day) بین ۱/۵-۲۱/۸ میلی‌متر و پنج روزه (Rx5day) بین ۱۳/۶-۰/۷ میلی‌متر است (شکل ۱۱).



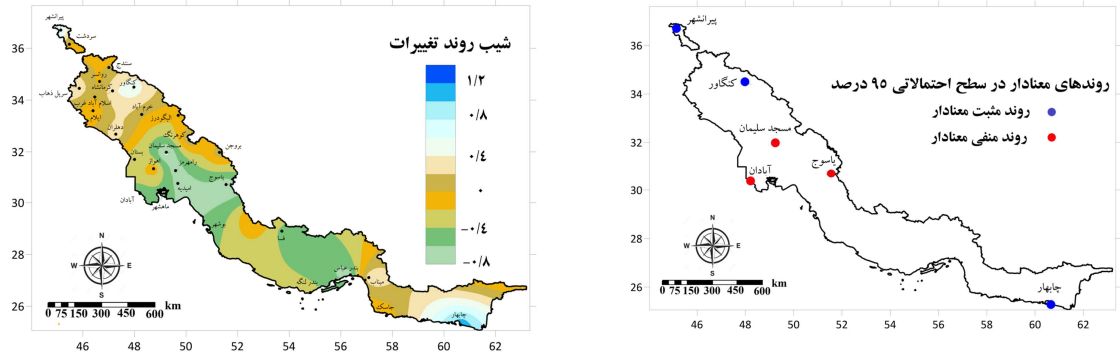
شکل ۱۱: توزیع فضایی میانگین بلندمدت حداکثر بارش‌های یک روزه (Rx1day)، سه روزه (Rx3day) و پنج روزه (Rx5day) در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

تحلیل روند تغییرات حداکثر بارش‌های یک روزه (Rx1day)، سه روزه (Rx3day) و پنج روزه (Rx5day)) نیز تقریباً الگوهای فضایی یکسانی را نشان می‌دهند. ایستگاه‌هایی که روند آنها کاهشی بوده است بیشتر در مرکز حوضه آبریز و ایستگاه‌هایی که روند آنها افزایشی بوده است بیشتر در گوشه های شرقی و غربی حوضه آبریز تمرکز داشته‌اند (شکل۱۲، ۱۳ و ۱۴). برای نمایه حداکثر بارش‌های یک روزه (Rx1day) ۱۷ ایستگاه موجود در داخل حوضه آبریز دارای روند کاهشی، ۱۱ ایستگاه دارای روند افزایشی و ۱ ایستگاه نیز فاقد روند بود است (شکل ۱۲). ایستگاه‌هایی که روندهای آنها از لحاظ آماری برای این فرین بارشی معنادار بوده‌اند بسیار اندک و محدود به ۶ ایستگاه بوده‌اند (شکل ۱۲). ایستگاه‌های چابهار، کنگاور و پیرانشهر روند افزایشی و ایستگاه‌های آبادان، مسجد سلیمان و یاسوج نیز روند کاهشی آنها در سطح احتمالاتی ۹۵ درصد معنادار بوده است (شکل ۱۲).



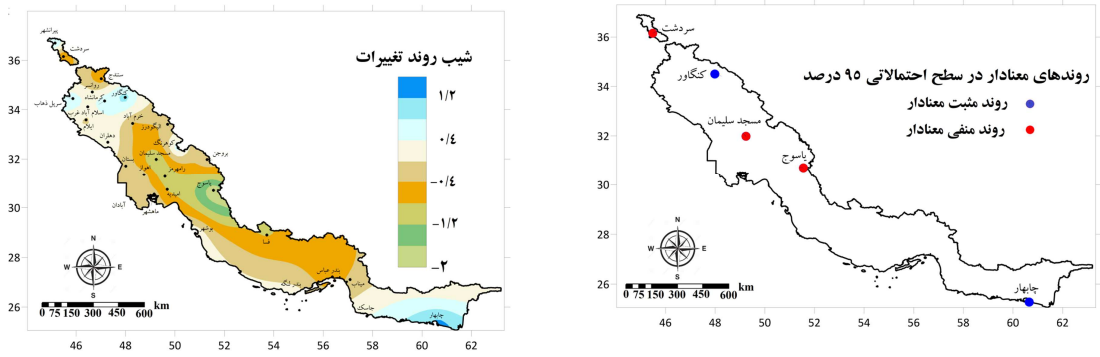
شکل ۱۲: توزیع فضایی مقادیر شیب روند تغییرات بلندمدت حداکثر بارش‌های یک روزه (Rx1day) بر حسب میلی‌متر در ۳۰ سال و نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های دارای روندهای معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

برای حداکثر بارش‌های سه روزه (Rx3day) مشاهده می‌شود که ۱۷ ایستگاه دارای روند کاهشی و ۱۲ ایستگاه نیز روند آنها افزایشی بوده است (شکل ۱۳). ایستگاه‌هایی که روندهای آنها برای این فرین بارشی در سطوح احتمالاتی ۹۵ درصد معنادار بوده‌اند، محدود به ۵ ایستگاه بوده‌اند (شکل ۱۳). روند تغییرات سه ایستگاه چابهار، بیرانشهر و کنگاور افزایشی و روند تغییرات سه ایستگاه مسجد سلیمان، آبادان و یاسوج در سطح اطمینان ۹۵ درصد کاهشی بوده‌اند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳: توزیع فضایی مقادیر شیب روند تغییرات بلندمدت حداکثر بارش‌های سه روزه (Rx3day) بر حسب میلی‌متر در ۳۰ سال و نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های دارای روندهای معنادار در سطح اطمینان ۹۵ در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

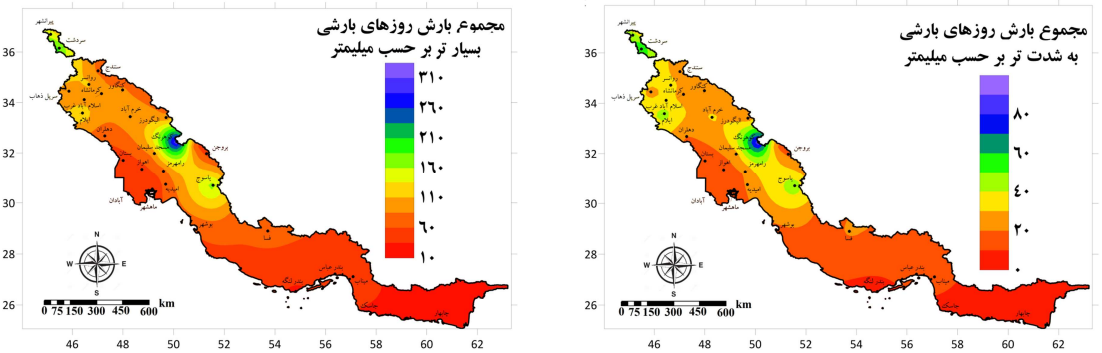
برای حداکثر بارش‌های پنج روزه (Rx5day) نیز ۱۶ ایستگاه روندهای آنها کاهشی و ۱۳ ایستگاه روندهای آنها افزایشی بوده است (شکل ۱۴) که روندهای ۵ ایستگاه آن در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادر بوده‌اند (شکل ۱۴). دو ایستگاه چابهار و کنگاور روند افزایشی و سه ایستگاه مسجد سلیمان، سردشت و یاسوج نیز روند کاهشی داشته‌اند.



شکل ۱۴: توزیع فضایی مقادیر شیب روند تغییرات بلندمدت حداکثر بارش‌های پنج روزه (Rx5day) بر حسب میلی‌متر در ۳۰ سال و نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های دارای روندهای معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

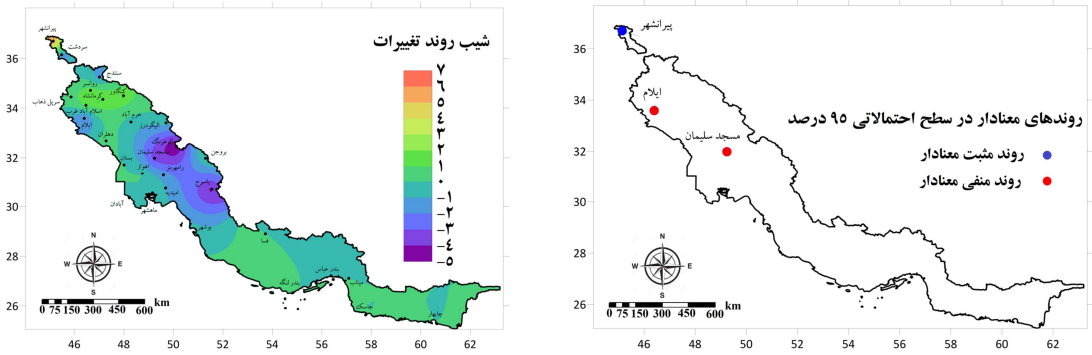
مجموع بارش سالانه روزهای بارشی بسیار تر (R95p) و به‌شدت تر (R99p)

مجموع بارش سالانه روزهای بارشی بسیار تر (R95p) و به‌شدت تر (R99p) دو نمایه فرین بارشی دیگری هستند که برای تمامی ایستگاه‌های هواشناسی همدید واقع در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان محاسبه شدند. این دو نمایه فرین بارشی از جمع بارش روزهایی که بارش آنها به‌ترتیب بالاتر از صدک نودوپنج و نودونه بوده‌اند به‌دست می‌آید. آرایش فضایی این دو نمایه فرین بارشی همچون دیگر نمایه‌های فرین بارشی تابعی از وضعیت توپوگرافی حوضه آبریز مورد مطالعه است. به‌عبارت‌دیگر، بالاترین مقادیر این دو نمایه منطبق بر ارتفاعات بلند رشته کوه‌های زاگرس (کوه‌های دنا و زردکوه) و پایین‌ترین آنها منطبق بر نواحی پست و جلگه‌ای جنوب شرق و جنوب غرب حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان هستند (شکل ۱۵). بیشترین مجموع بارش سالانه روزهای بارشی بسیار تر (R95p) به‌ترتیب مربوط به ۳ ایستگاه کوهرنگ (۳۱۹/۳ میلی‌متر)، سردشت (۱۹۴/۳ میلی‌متر) و یاسوج (۱۷۳/۳ میلی‌متر) وکمترین آن نیز متعلق به ایستگاه‌های چابهار (۲۶/۹ میلی‌متر)، جاسک (۳۱ میلی‌متر) و بندرلنگه (۳۱/۴ میلی‌متر) بوده است (شکل ۱۵). اما برای مجموع بارش سالانه روزهای بارشی به‌شدت تر (R99p) به ترتیب بالاترین و پایین-ترین مقادیر مربوط به دو ایستگاه کوهرنگ (۹۰/۲ میلی‌متر) و جاسک (۰/۴ میلی‌متر) بوده است (شکل ۱۵).



شکل ۱۵:توزیع فضایی میانگین بلندمدت مجموع بارش سالانه روزهای بارشی بسیار تر (R95p) و به‌شدت تر (R99p) در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

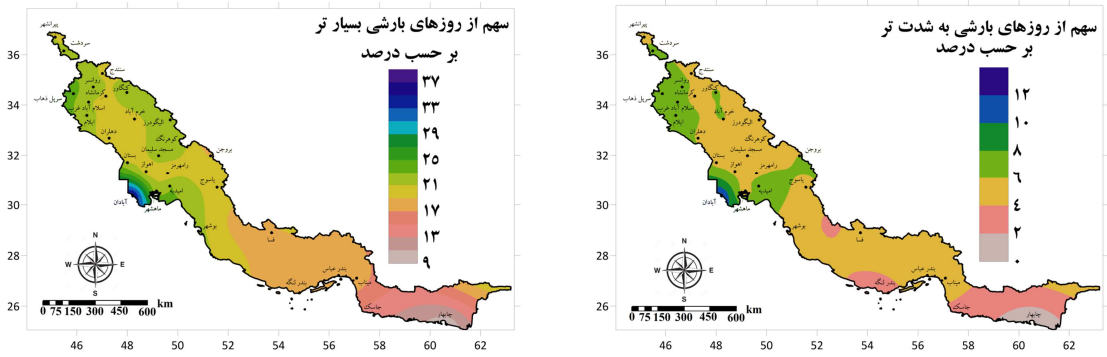
با استفاده از روش تخمین‌گر شیب سن، روند تغییرات بلند مدت این دو نمایه فرین بارشی نیز مورد توجه قرار گرفت. اما با توجه به اینکه برای ۲۹ ایستگاه مورد مطالعه در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان روندی در نمایه مجموع بارش سالانه روزهای بارشی به‌شدت تر (R99p) مشاهد نشد؛ بنابراین تحلیلی از روند این نمایه در اختیار قرار نمی‌گیرد. اما برای نمایه مجموع بارش سالانه روزهای بارشی بسیار تر (R95p) مشاهده شد که ۱۹ ایستگاه دارای روند افزایشی، ۹ ایستگاه دارای روند کاهشی و ۱ ایستگاه نیز فاقد روند بوده است (شکل ۱۶). ایستگاه‌های دارای روند کاهشی بیشتر در نیمه غربی و ایستگاه‌های دارای روند افزایشی بیشتر در نیمه شرقی حوضه متمرکز بودند (شکل ۱۶). در بین ایستگاه‌های دارای روند افزایشی تنها ایستگاه پیرانشهر در سطح اطمینان ۹۵ درصد روند آن از لحاظ آماری معنادار بوده است و در بین ایستگاه‌های دارای روند کاهشی نیز تنها دو ایستگاه مسجد سلیمان و ایلام روند آنها از لحاظ آماری معنادار بوده است (شکل ۱۶).



شکل ۱۶: توزیع فضایی مقادیر شیب روند تغییرات بلندمدت مجموع بارش سالانه روزهای بارشی بسیار تر (R95p) بر حسب میلی‌متر در ۳۰ سال و نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های دارای روندهای معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای مجموع بارش سالانه روزهای بارشی بسیار تر (R95p) در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

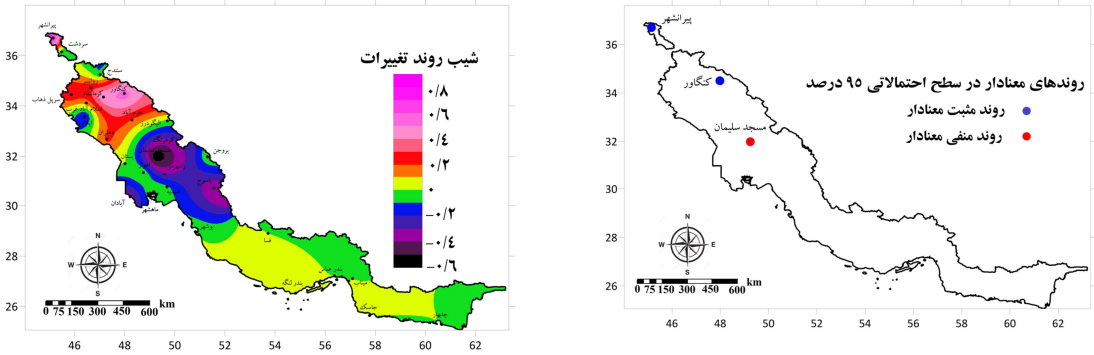
سهم از روزهای بارشی بسیار تر(R95pTOT) و به‌شدت تر (R99pTOT)

سهم از روزهای بارشی بسیار تر(R95pTOT) و به شدت تر (R99pTOT) دو نمایه مهم از فرین‌های بارشی هستند که روند تغییرات بلندمدت آنها کمک شایانی به فهم تغییرات بارشی در یک حوضه آبریز خواهند داشت. سهم از روزهای بارشی بسیار تر(R95pTOT) و به‌شدت تر (R99pTOT) در واقع نسبت مجموع بارش روزهای بارش های بالاتر از دو صدک نودوپنج و نودونه به مجموع بارش‌های باریده‌شده در یک سال می‌باشد. در شکل ۱۷ نقشه توزیع فضایی این دو نمایه فرین بارشی برای حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان ترسیم شده است. همان‌گونه که در شکل ۱۷ مشاهده می‌شود بالاترین سهم از روزهای بارشی بسیار تر (R95pTOT) و به‌شدت تر (R99pTOT) متعلق به نیمه غربی و پایین‌ترین سهم‌ها نیز متعلق به نیمه شرق حوضه آبریز است. ایستگاه آبادان با ۳۶/۵ درصد و ایستگاه جاسک با ۹/۳ درصد به‌ترتیب بالاترین و پایین‌ترین مقادیر سهم از روزهای بارشی بسیار تر (R95pTOT) را در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه داشته‌اند (شکل ۱۷). به‌عبارت‌دیگر، ۳۶/۵ درصد از مجموع بارش‌هایی که در آبادان و ۹/۳ درصد از مجموع بارش‌هایی که در جاسک باریده‌اند متعلق به روزهای تری بوده‌اند که مقدار بارش آنها بالاتر از صدک نودوپنجم بوده است. اما ایستگاه‌های دارای بالاترین و پایین‌ترین سهم از روزهای بارشی به‌شدت تر (R99pTOT) به‌ترتیب متعلق به آبادان (۱۲/۲ درصد) و چابهار (۰/۲ درصد) بوده است.



شکل ۱۷: توزیع فضایی میانگین بلندمدت سهم از روزهای بارشی بسیار تر (R95pTOT) میانگین بلندمدت سهم از روزهای بارشی به شدت تر (R99pTOT) در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

نتایج حاصل از تحلیل روند تغییرات بلندمدت سهم از روزهای بارشی بسیار تر (R95pTOT) و به‌شدت تر (R99pTOT) نشان می‌دهد که برای نمایه فرین سهم از روزهای بارشی به‌شدت تر (R99pTOT) هیچ روند کاهشی یا افزایشی برای ۲۹ ایستگاه مورد مطالعه در داخل حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان مشاهده نشد. بنابراین برای این نمایه، تحلیل روندی انجام نشد. اما با ترسیم نقشه توزیع فضایی مقادیر روند تغییرات بلندمدت سهم از روزهای بارشی بسیار تر (R95pTOT) مشاهده شد که بخش مرکزی حوضه آبریز دارای روندهای کاهشی و بخش غربی آن دارای روندهای افزایش بوده‌اند. برای بخش شرقی حوضه آبریز نیز روندهای قابل‌توجهی مشاهد نشد (شکل ۸). اما تعداد ایستگاه‌هایی که روندهای آنها در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار بوده‌اند به سه ایستگاه پیرانشهر، کنگاور و مسجد سلیمان محدود شده‌اند (شکل ۱۸). روند افزایشی دو ایستگاه پیرانشهر و کنگاور و روند کاهشی ایستگاه مسجد سلیمان در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار بوده‌اند (شکل ۱۸).

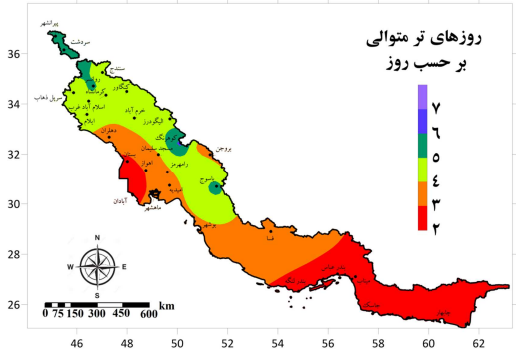


شکل ۱۸: توزیع فضایی مقادیر شیب روند تغییرات بلندمدت سهم از روزهای بارشی بسیار تر(R95pTOT) بر حسب درصد در ۳۰ سال و نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های دارای روندهای معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای سهم از روزهای بارشی بسیار تر(R95pTOT) در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

روزهای تر متوالی (CWD)

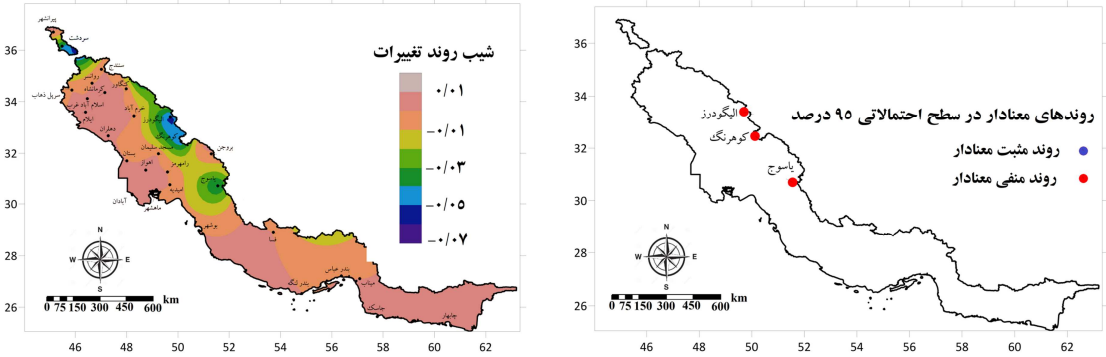
حداکثر روزهای تر متوالی در یک مقیاس سالانه برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان استخراج و نقشه توزیع فضایی آن ترسیم گردید (شکل ۱۹). بر اساس این نقشه مشاهده می‌شود که

ایستگاه‌های کوهرنگ، سردشت و پیرانشهر به‌ترتیب با ۶/۴، ۵/۹ و ۵/۶ روز بالاترین و ایستگاه‌های چابهار، جاسک و بندرعباس نیز به‌ترتیب ۲/۱، ۲/۶ و ۲/۷ روز پایین‌ترین میانگین روزهای تر متوالی را داشته‌اند. به‌طورکلی میانگین روزهای تر متوالی در نیمه غربی حوضه آبریز بیشتر از نیمه شرقی آن است.



شکل ۱۹: توزیع فضایی میانگین حداکثر روزهای تر متوالی (CWD) در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

نتایج حاصل از تحلیل روند حداکثر طول روزهای تر متوالی نیز نشان می‌دهند که حدود ۸۶ درصد ایستگاه‌ها معادل با ۲۵ ایستگاه از ۲۹ ایستگاه مورد مطالعه فاقد هر گونه روند افزایشی یا کاهشی بوده‌اند. چهار ایستگاه باقیمانده یعنی ایستگاه‌های سردشت، یاسوج، کوهرنگ و الیگودرز تنها چهار ایستگاهی بودند که روند کاهشی در سری‌های زمانی حداکثر روزهای متوالی آنها مشاهده شده است (شکل ۲۰). اما تنها روند تغییرات بلند مدت سه ایستگاه یاسوج، کوهرنگ و الیگودرز در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار بوده است (شکل ۲۰).

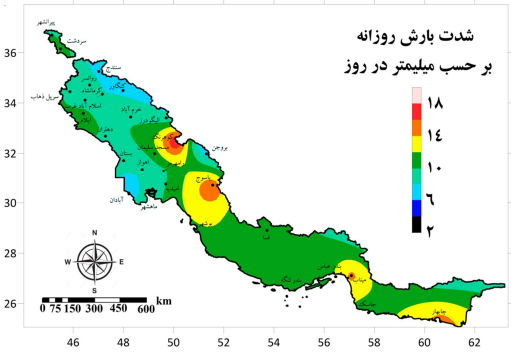


شکل ۲۰: توزیع فضایی مقادیر شیب روند تغییرات بلندمدت حداکثر روزهای تر متوالی (CWD)بر حسب روز در ۳۰ سال و نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های دارای روندهای معنادار در سطوح احتمالاتی مختلف برای حداکثر روزهای تر متوالی (CWD) در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

شدت بارش روزانه (SDII)

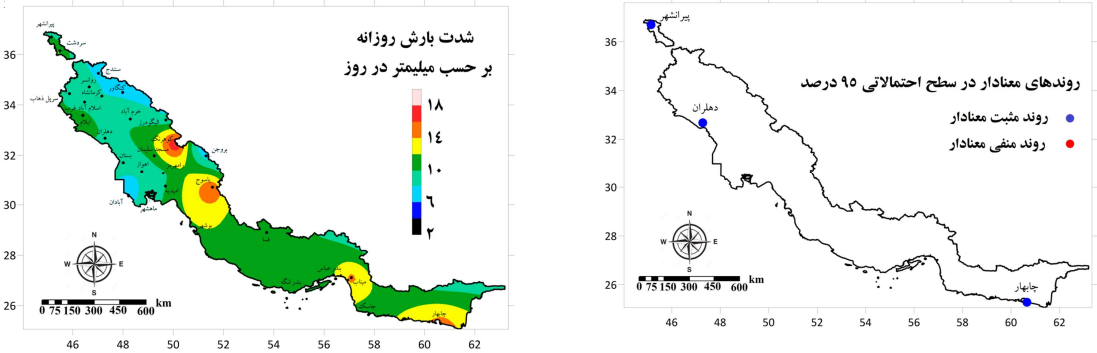
شدت بارش روزانه (SDII) که از تقسیم مجموع بارش سالانه بر تعداد روزهای تر به‌دست می‌آید برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان محاسبه و استخراج شدند. توزیع فضایی میانگین بلندمدت این نمایه از فرین بارشی نشان می‌دهد که شدت بارش‌ها در مرکز و شرق حوضه آبریز در مقایسه

با غرب آن بیشتر است (شکل ۲۱). شدت بارش‌های روزانه این حوضه آبریز بین دو عدد ۱۸/۹ میلی‌متر در روز برای ایستگاه کوهرنگ و ۷/۲ میلی‌متر در روز برای ایستگاه بروجن در تغییر است (شکل ۲۱).



شکل ۲۱: توزیع فضایی میانگین شدت بارش روزانه (SDII) در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

تحلیل روند تغییرات بلندمدت شدت بارش‌های روزانه این حوضه آبریز نیز نشان می‌دهد که حدود ۵۳ درصد ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روندافزایشی و ۴۷ درصد آنها نیز دارای روند کاهشی بوده‌اند. اما لازم به یادآوری است که مقدار شیب روند تغییرات از ایستگاهی به ایستگاه دیگر بسیار متفاوت بوده است، به‌طوری‌که بالاترین و پایین‌ترین مقدار شیب تغییرات افزایشی به‌ترتیب مربوط به دو ایستگاه چابهار و بندرلنگه و بالاترین و پایین‌ترین آن برای روندهای کاهشی متعلق به ایستگاه‌های کوهرنگ و اسلام آباد غرب بوده است. از لحاظ توزیع فضایی نیز روندهای کاهشی متعلق به مرکز حوضه آبریز و روندهای افزایشی در شرق حوضه آبریز مشاهده می‌شود (شکل ۲۲). از بین تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه تنها سه ایستگاه چابهار، دهلران و پیرانشهر روندهای آنها در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار بوده‌اند (شکل ۲۲).



شکل ۲۲: توزیع فضایی مقادیر شیب روند تغییرات بلندمدت شدت بارش روزانه (SDII) بر حسب روز در ۳۰ سال و نام و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های دارای روندهای معنادار در سطوح احتمالاتی مختلف برای شدت بارش روزانه (SDII) در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان (۲۰۲۲-۱۹۹۳)

نتیجه‌گیری

تحلیل روند فرین‌های بارشی حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان الگوهای زمانی و فضایی بسیار متفاوتی را نشان دادند. اگر حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان را به سه بخش غربی (شامل زیر حوضه‌های آبریز هندیجان -

جراحی، کارون، کرخه و مرزی غربی)، مرکزی (شامل زیر حوضه‌های آبریز کل - مهران، مند و حله) و شرقی (شامل زیر حوضه‌های آبریز بلوچستان جنوبی و بندرعباس - سدیج) تقسیم نمود، نتایج حاکی از وجود روند کاهشی در میزان بارش سالانه برای بخش‌های غربی و مرکزی و وجود روند افزایشی برای بخش‌های شرقی حوضه آبریز مورد مطالعه بوده است. مقایسه این نتایج با نتایج مسعودیان و دارند (۱۳۹۲) که روند افزایشی در میزان بارش سالانه برای بخش غربی و مرکزی حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان به‌دست آورده بودند، بسیار متفاوت است.

مطمئناً تفاوت دوره زمانی این دو پژوهش و همچنین وقوع خشکسالی‌های شدید و طولانی‌مدت در دو دهه اخیر می‌توانند مهم‌ترین دلایل در تفاوت نتایج این دو پژوهش باشند. وجود همین روندهای کاهشی در میزان بارش‌های سالانه در بخش‌های غربی و مرکزی حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان باعث شده است که بسیاری از فرین‌های بارشی دستخوش تغییرات بسیار زیادی گردند. شاخص حداکثر طول دوره‌های خشک در این دو بخش از حوضه آبریز مورد مطالعه افزایش پیدا کرده است. تعداد روزهای با بارش‌های سنگین (بیشتر از ۱۰ میلی‌متر)، بسیار سنگین (بیشتر از ۲۰ میلی‌متر)، فوق سنگین (بیشتر از ۳۰ میلی‌متر)، حداکثر بارش‌های یک روزه، سه روزه و پنج روزه نیز مهم‌ترین شاخص‌های فرینی بودند که روند آنها در طول دوره سی ساله مورد مطالعه (۲۰۲۲-۱۹۹۳) کاهشی بوده است. اما بخش شرقی حوضه آبریز مورد مطالعه شرایط بسیار متفاوت‌تری از دو بخش غربی و شرقی نشان می‌دهند. روند حداکثر طول دوره‌های خشک در این بخش از حوضه آبریز کاهشی بوده است. تعداد روزهای با بارش‌های سنگین (بیشتر از ۱۰ میلی‌متر)، بسیار سنگین (بیشتر از ۲۰ میلی‌متر)، فوق سنگین (بیشتر از ۳۰ میلی‌متر)، حداکثر بارش‌های یک روزه، سه روزه و پنج روزه نیز افزایشی بوده است. مقایسه نتایج روند تغییرات بلندمدت این شاخص‌ها با نتایج تحلیل روند تغییرات بلندمدت مسعودیان و دارند (۱۳۹۲) تفاوت‌های زیادی نشان می‌دهد. مسعودیان و دارند (۱۳۹۲) برای بیشتر شاخص‌های فرین بارشی برای بخش غربی و مرکزی حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان روند افزایشی را گزارش داده بودند.

همان‌گونه که پیشتر نیز بدان اشاره شد، تفاوت در نتایج این دو پژوهش، فاصله طولانی (حدود ۲۰ سال) دوره زمانی مورد مطالعه در این دو پژوهش و همچنین وقوع خشکسالی‌های شدید و طولانی مدت در دو دهه اخیر در ایران بوده است. بنابراین، با توجه به تغییرات مشاهده‌شده در فرین‌های بارشی این حوضه آبریز لازم است که توجه ویژه‌ای به حوضه آبریز بلوچستان جنوبی در شرق حوضه شود. چون با توجه به روند افزایشی فرین‌های بارشی در این زیر حوضه وقوع بارش‌های سیل آسا می‌تواند تبدیل به یکی از ویژگی‌های ذاتی اقلیم این زیر حوضه آبریز گردد.

علاوه بر این زیر حوضه، زیر حوضه آبریز مرزی غربی نیز دارای چنین شرایطی است و این زیر حوضه نیز که در بخش غربی حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان نیاز به توجه ویژه در راستای کاهش اثرات بارش‌های سیل آسا می‌باشد. اما جدا از این دو زیر حوضه، بقیه زیر حوضه‌های آبریز در غرب و مرکز حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان در حال تجربه شرایط خشک‌تری هستند و امکان اینکه این شرایط در آینده تبدیل به یکی از ویژگی‌های پایدار اقلیمی این بخش‌ها از حوضه آبریز شوند، بسیار زیاد است. بنابراین، این دو بخش نیز نیاز به نگاه ویژه‌ای در جهت کاهش اثرات شدید خشکسالی‌های هستند.

تقدیر و تشکر

این مقاله بخشی از پروژه "ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر تغییر الگوهای بارشی حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان در جنوب ایران" است که زیر نظر پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو تهران به شماره اسناد ۰۰۱۱۱۳۲۹۰۱۳۹۵L۲۰۱۲۰۱۵۲۰۰ به انجام رسیده است. بنابراین، نویسندگان این مقاله از پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو تهران بابت حمایت‌های مالی و معنوی سپاسگزاری می‌کنند.

منابع

اسدی رحیم‌بیگی، نرگس؛ زرین، آذر؛ مفیدی، عباس؛ داداشی رودباری، عباسعلی. (۱۴۰۰). تحلیل پراکنش فصلی بارش‌های فرین در ایران با استفاده از پایگاه AgERA5. تحقیقات آب و خاک ایران، ۱۱(۵۲)، ۲۷۳۷-۲۷۲۳.

اصلاحی، مهدی؛ پور اصغر، فرناز؛ اکبرزاده، یونس؛ امیدفر، محمد؛ شاهماری، ناصر؛ درخشان، منصوری. (۱۴۰۱). تعیین نقاط حادثه‌خیز سیل و تحلیل آماری - همدیدی بارش‌های سیل‌آسا در استان آذربایجان شرقی. نیوار، ۴۶(۱۱۸)، ۸۸-۷۹.

برارخان پوراحمدی، صدیقه؛ غلامی سفیدکوهی، محمدعلی؛ خوش روش، مجتبی. (۱۴۰۲). بررسی اثر پارامترهای هواشناسی بر رخدادهای بارشی شدید در اقلیم‌های مختلف ایران با استفاده از رگرسیون چندک. حفاظت منابع آب و خاک، ۱۲(۳)، ۴۹-۳۳.

جوانشیری، زهره؛ عباسی، فاطمه. (۱۴۰۲). تحلیل مکانی روند بارش‌های سنگین فصلی و سالانه کشور با استفاده از رگرسیون چندک. پژوهش‌های تغییرات آب‌وهوایی، ۴(۱۵)، ۵۴-۳۹.

جهانبخش اصل، سعید؛ ساری صراف، بهروز؛ عساکره، حسین؛ شیرمحمدی، سهیلا. (۱۳۹۹). واکاوی تغییرات زمانی – مکانی بارش‌های بحرانی (فرین بالا) در غرب ایران طی سال‌های ۲۰۱۶ – ۱۹۶۵. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۷ (۱)، ۸۹-۱۰۶.

حلبیان، امیرحسین. (۱۳۹۸). واکاوی روند نمایه‌های فرین بارش در حوضه کارون با بهره‌گیری از داده‌های شبکه‌ای APHRODITE . فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۹(۳۴)، ۱۳۸-۱۲۵.

دارند، محمد. (۱۳۹۴). تحلیل همدید بارش‌های سیل‌آسای استان کردستان. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۵(۳۷)، ۷۰-۴۷.

سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور. (۱۴۰۰). داده‌های بانک اطلاعاتی خسارات سیل معاونت آبخیزداری، امور مراتع و بیابان. https://frw.ir

رورده، همت الله؛ یوسفی، یدالله؛ معصوم پور سماکوش، جعفر؛ فیضی، وحید. (۱۳۹۳). تغییرپذیری زمانی - مکانی بارش‌های حدی در ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۵(۲)، ۳۶-۲۵.

صادقی، حدیث؛ محمدی، حسین؛ شمسی پور، علی اکبر؛ بازگیر، سعید؛ کریمی احمد آباد، مصطفی؛ صوفی زاده، سعید. (۱۳۹۸). دورنمای تغییرات نمایه‌های بارش سواحل جنوبی دریای خزر در دورهٔ ۲۰۵۰-۲۰۲۱ برای کاهش مخاطرات. مدیریت مخاطرات محیطی، ۶(۴)، ۳۹۵-۴۲۱.

عساکره، حسین. (۱۳۸۹). تحلیل تغییرات بارش‌های فرین شهر زنجان. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱(۲-۱)، ۱۰۰-۸۹.

عساکره، حسین. (۱۳۹۱). تحلیل تغییرات مؤلفه‌های مبنای نمایه‌های فرین بارش شهر زنجان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۷(۲): ۱۸۰۴۱-۱۸۰۵۹.

عساکره، حسین؛ شاهبایی کوتنایی، علی. (۱۴۰۲). تحلیل روند زمانی - مکانی فراوانی فرین‌های بارش روزانه ایران. علوم آب و خاک، ۲۷(۲)، ۲۲۲-۲۰۹.

عساکره، حسین؛ ترکارانی، فاطمه؛ سلطانی، صغری. (۱۳۹۱). مشخصات زمانی – مکانی بارش‌های روزانهٔ فرین بالا در شمال غرب ایران. تحقیقات منابع آب ایران، ۸(۳)، ۵۳-۳۹.

علیجانی، بهلول، محمودی، پیمان، چوگان، عبدالجبار. (۱۳۹۱) بررسی روند تغییرات بارش‌های سالانه و فصلی ایران با استفاده از روش ناپارامتریک «برآوردکننده شیب سنس». پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۳(۹): ۴۲-۲۳.

فرهود، صدیقه؛ خورانی، اسدا..؛ افتخاریان، عباس. (۱۴۰۲). آشکارسازی تغییرات رخدادهای حدی دما و بارش با دوره‌های بازگشت مختلف در ایران. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی،۱۰ (۲)، ۱۴۹-۱۶۶.

قصابی، زهرا؛ صالحی، حسن؛ خان سالاری، سکینه. (۱۴۰۱). مطالعه‌ی نمایه‌های فرین اقلیمی در استان کهگیلویه و بویراحمد، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱۳(۵۲)، ۲۰۶-۱۹۳.

محمودی، پیمان؛ فتاحی، ابراهیم؛ حیدری، محسن؛ ریگی، الهبخش؛ قائمی، علیرضا؛ رضائی، جبار؛ انصاری؛ عاطفه. (۱۴۰۳). تحلیل روند تغییرات بلندمدت شاخص تراکم بارش (PCI) روزانه به‌عنوان شاخصی از تغییر اقلیم در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان. حفاظت منابع آب و خاک، ۱۴(۲)، ۶۲-۴۹.

مسعودیان، سید ابوالفضل؛ دارند، محمد. (۱۳۹۲). شناسایی و بررسی تغییرات نمایه‌های بارش فرین ایران طی دهه‌های اخیر. جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ۱۱(۱)، ۲۵۷-۲۳۹.

مظفری، غلامعلی؛ مزیدی، احمد؛ شفیعی، شهاب. (۱۳۹۶). واکاوی روابط فضایی بارش‌های فرین غرب ایران. جغرافیا و توسعه، ۱۵(۴۶)، ۱۸۴-۱۶۹.

ملبوسی، شراره؛ زابل عباسی، فاطمه؛ پاکدامن، مرتضی؛ جوانشیری، زهره. (۱۴۰۲). بررسی تغییرات مقادیر حدی دما و بارش ایران در ۶۰ سال گذشته. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱۴(۵۴)، ۱۷۲-۱۵۷.

میان آبادی، آمنه؛ داوری، کامران. (۱۴۰۲). بررسی تغییرات مقدار و توزیع بارش و دما در ایران و اثرات آن‌ها بر رخدادهای حدی. آب و توسعه پایدار، ۱۰(۲)، ۲۶-۱۳.

میرزائی حسنلو، ایوب؛ عرفانیان، مهدی؛ جوان، خدیجه؛ نجفی، محمدرضا. (۱۴۰۳). تحلیل روند شاخص‌های حدی بارش در ایران بر اساس مدل رگرسیون چندکی. محیط زیست و مهندسی آب، ۱۰(۴)، ۵۵۷-۵۴۱.

نیک‌اندیش، نسرین. (۱۴۰۱). واکاوی آماری و تحلیل فضایی بارش‌های فرین دشت کاشان. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۹ (۳)، ۱۷۷-۱۹۸.

هرمزی، هدایت‌الله؛ برنا، رضا؛ ظهوریان منیژه. (۱۳۹۹). مطالعه روند تغییرات نمایه‌های حدی بارش در استان خوزستان. محیط زیست و مهندسی آب، ۶(۴)، ۵۰۹-۵۰۱.

Ahmadi, F., Nazeri Tahroudi, M., Mirabbasi, R., Khalili, K. and Jhajharia, D. (2018). Spatiotemporal trend and abrupt change analysis of temperature in Iran. Meteorological Applications, 25, pp. 314-321.

Asgharpour, S. E., Ajdari, B. (2011). A Case Study on Seasonal Floods in Iran, Watershed of Ghotour Chai Basin. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 19, pp. 556-566.

Ebadi, A. G., Toughani, M., Najafi, A., Babaee, M. (2020). A brief overview of current environmental issues in Iran. Central Asian Journal of Environmental Science and Technology Innovation, 1(1), pp. 1-11.

Easterling, D. R., Alexander, L. V., Mokssit, A., Detemmerman, V. (2003). CCI/CLIVAR Workshop to develop priority climate indices. Bulletin of the American Meteorological Society, 8, 1403 – 1407. https://doi.org/10.1175/BAMS-84-10-1403

Groisman, P., Knight, R., Easterling, D., Karl, T., Hegerl, G. and Razuvaev, V. (2005). Trends in Intense Precipitation in the Climate Record. Journal of Climate, 18(9) pp. 1326-1350.

Karl, T. R., Nicholls, N., Ghazi. A. (1999). CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary, Weather and Climate Extremes, 42, 3–7. doi: 10.1007/978-94-015-9265-9_2

Manton, M. J., Della-Marta, P. M., Haylock, M. R., Hennessy, K. J., Nicholls, N., Chambers, L. E., Collins, D. A., Daw, G., Finet, A., Gunawan, D., Inape, K., Isobe, H., Kestin, T. S., Lefale, P., Leyu, C. H., Lwin, T., Maitrepierre, L., Ouprasitwong, N., Page, C. M., Pahalad, J., Plummer, N., Salinger, M. J., Suppiah, R., Tran, V. L., Trewin, B., Tibig, I. Yee, D. (2001). Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961–1998. International Journal of Climatology, 21(3): pp. 269-284.

Melville, C. (1984). Meteorological Hazards and Disasters in Iran: A Preliminary Survey to 1950. Iran, 22, pp. 113–150.

Peterson, T.C., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A. and Plummer, N. (2001). Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001. World Meteorological Organization, Geneva, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, 143 p.

Pryor, S., Howe, J., Kunkel, K. (2009). How spatially coherent and statistically robust are temporal changes in extreme precipitation in the contiguous USA? International Journal of Climatology, 29 (1), pp. 31-45.

Sen, P. K. (1968) Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. Journal of the American Statistical Association, 63(324), 1379-1389.

Theil, H. (1950) A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. Indagationes Mathematicae, 1(2), 85–89.

Trenberth, K. E. (2011). Changes in precipitation with climate change. Climate Research, 47, pp. 123–138.
Vaghefi, S.A., Keykhai, M., Jahanbakhshi, F., Sheikholeslami, J., Ahmadi, A., Yang, H., Abbaspour, K. C. (2019). The future of extreme climate in Iran. Scientific Reports, 9, 1464.
Wu, H., Lau, W. (2016). Detecting climate signals in precipitation extremes from TRMM (1998-2013) - increasing contrast between wet and dry extremes during the “global warming hiatus”. Geophysical Research Letters, 43(3), pp. 1e9.
Zittis, G., Almazroui, M., Alpert, P., Ciais, P., Cramer, W., Dahdal, Y., Fnais, M., Francis, D., Hadjinicolaou, P., Howari, F., Jrrar, A., Kaskaoutis, D. G., Kulmala, M., Lazoglou, G., Mihalopoulos, N., Lin, X., Rudich, Y., Sciare, J., Stenchikov, G., Xoplaki, E., Lelieveld, J. (2022). Climate change and weather extremes in the Eastern Mediterranean and Middle East. Reviews of Geophysics, 60, pp. e2021RG000762.

University of Sistan and Baluchestan
Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Alijani, B., Mahmoudi, P. and Chogan, A. J. (2012) A Study of annual and seasonal precipitation trends in Iran using a nonparametric method (Sen's slope estimator). Journal of Climate Research, 3(6), 23–42. [In Persian]

Asadi Rahim-Begi, N., Zarrin, A., Modfidi, A., Dadashi-Roudbari, A. (2022). Seasonal Distribution Analysis of Extreme Precipitation in Iran using AgERA5 dataset. Iranian Journal of Soil and Water Research, 52(11), pp. 2723-2737. [In Persian]

Asakereh, H. (2011). Analyses of Changes in Extreme Precipitation in Zanjan. Journal of Climate Research, 1(1), pp. 89-100. [In Persian]

Asakereh, H. (2012). A principle component of extreme indices of Zanjan city precipitation. Geographical Research, 27(2), pp. 1-18. [In Persian]

Asakereh, H., Shahbaee Kotenaee, A. (2023). Analysis of the Temporal-Spatial Trend of Frequency of Daily Extremes Precipitation in Iran. Journal of Water and Soil Science, 27(2), pp 209-222. [In Persian]

Asakereh, H., Tarkarani, F., Soltani, S. (2013). On Tempo-Spatial Characters of Extreme Daily Precipitation of Northwest of Iran. Iran-Water Resources Research, 8(3), pp. 39-53. [In Persian]

Bararkhanpour Ahmadi, S., Gholami Sefidkouhi, M. A., Khoshravesh, M. (2023). Investigating the Effect of Meteorological Parameters on Heavy Rainfall Events in Different Climates of Iran using Quantile Regression. Journal of Water and Soil Resources Conservation, 12(3), pp 33-49. [In Persian]

Darand, M. (2015). Synoptic analysis of heavy precipitations of Kurdistan province. Journal of Applied Researches in Geographical Sciences, 15(37), pp 47-70. [In Persian]

Eslahi, M., Pourasghar, F., Akbarzadeh, Y., Omidfar, M., Shahmary, A., Mansouri Derakhshan, N. (2022). Determining flood-prone points and statistical-synoptic analysis of torrential rains in East Azarbaijan province. Nivar, 46(18), pp 79-88. [In Persian]

Farhood, S., Khoorani, A., Eftekharian, A. (2023). Detecting Trends in Extreme Temperature and Precipitation Events with Different Return Periods in Iran. Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards, 10 (2), pp 149-166. [In Persian]

Ghassabi, Z., Salehi, H., Khansalari, S. (2023). A study of the extreme climate indices in Kohgiluyeh and BoyerAhmad province of Iran. Journal of Climate Research, 13(52), pp. 193-206. [In Persian]

Halabian, A. H. (2019). Trend analysis of extreme precipitation indices over Karoon basin using APHRODITE gridded data. Geography (Regional Planning), 9(34), pp. 125-138. [In Persian]

Hormozi, H., Borna, R., Zohourian, M. (2021). Investigation of the trend of changes in precipitation extreme indices in Khuzestan Province. Environment and Water Engineering, 6(4), pp 501–509. [In Persian]

Jahanbakhsh asl, S., Sari Sarraf, B., Asakereh, H., Shirmohamadi, S. (2020). The study of temporal-spatial changes of high extreme rainfalls in the west of Iran (1965-2016). Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards, 7(1), pp. 89-106. [In Persian]

Javanshiri, Z., Abasi, F. (2023). Spatial analysis of seasonal and annual heavy precipitation trends in Iran using quantile regression. Climate Change Research, 4(15), pp. 39-54. [In Persian]

Mahmoudi, P., Fattahi, E, Heydari, M, Rigi, A, Ghaemi, A, Rezaei, J. Ansari, A. (2024). Analyzing Long-Term Changes Trend of Precipitation Concentration Index (PCI) as an Indicator of Climate Change in the Persian Gulf and Oman Sea Basin.Journal of Water and Soil Resources Conservation, 14(2), pp. 49-62. [In Persian]

Malboosi, S., Abbasi, F., Pakdaman, M., Javanshiri, Z. (2023). Investigation of changes in the extreme temperature and precipitation in Iran in the last 60 years. Journal of Climate Research, 1402(54), pp. 175-190. [In Persian]

Masoodian, S. A., Darand, M. (2013). Analysis and recognition of variability in extreme precipitation indices in Iran During the previous decades. Journal of Geography and Regional Development, 11(1), pp 239-257. [In Persian]

Mianabadi, A., Davary, K. (2023). Investigation of Changes in the Amount and Distribution of Precipitation and Temperature in Iran and Their Effects on Extreme Events. Journal of Water and Sustainable Development, 10(2), pp. 13-26. [In Persian]

Mirzaei Hassanlu, A., Erfanian, M., Javan, K., Najafi, M. R. (2024). Trend Analysis of Precipitation Extreme Indices in Iran Based on Quantile Regression Model. Environment and Water Engineering, 10(4), pp 541-557. [In Persian]

Mozafari, G., Mazidi, A., shafiey, S. (2017). Analyzing Spatial Relations of Extreme Precipitations of Western Iran. Geography and Development, 15(46), pp. 169-184. [In Persian]

Natural Resources and Watershed Management Organization. (2023). The data of the flood damage database of the Deputy of Watershed Management, Pasture and Desert Affairs. https://frw.ir [In Persian]

Nikandish, N. (2022). Statistical and spatial analysis of extreme precipitation in Kashan plain. Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards, 9(3), pp. 177-198. [In Persian]

Roradeh, H., Yousefi, Y., Masoompour Samakosh, J., Feizi, V. (2014). Temporal and Spatial Analysis of Extreme Precipitation characteristics in Iran. Geography and Environmental Planning, 25(2), pp. 25-36. [In Persian]

Sadeghi, H., Mohammadi, H., Shamsipour, A., Bazgeer, S., Karimi Ahmadabad, M., Soufizadeh, S. (2019). Projection of Changes in Precipitation Index of the Southern Coast of the Caspian Sea in Order to Hazards Reduction in the Periods of 2021-2050. Environmental Management Hazards, 6(4), pp. 395-421. [In Persian]

References (in English)

Ahmadi, F., Nazeri Tahroudi, M., Mirabbasi, R., Khalili, K. and Jhajharia, D. (2018). Spatiotemporal trend and abrupt change analysis of temperature in Iran. Meteorological Applications, 25, pp. 314-321.

Asgharpour, S. E., Ajdari, B. (2011). A Case Study on Seasonal Floods in Iran, Watershed of Ghotour Chai Basin. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 19, pp. 556-566.

Ebadi, A. G., Toughani, M., Najafi, A., Babaee, M. (2020). A brief overview of current environmental issues in Iran. Central Asian Journal of Environmental Science and Technology Innovation, 1(1), pp. 1-11.

Easterling, D. R., Alexander, L. V., Mokssit, A., Detemmerman, V. (2003). CCI/CLIVAR Workshop to develop priority climate indices. Bulletin of the American Meteorological Society, 8, 1403 – 1407. https://doi.org/10.1175/BAMS-84-10-1403

Groisman, P., Knight, R., Easterling, D., Karl, T., Hegerl, G. and Razuvaev, V. (2005). Trends in Intense Precipitation in the Climate Record. Journal of Climate, 18(9) pp. 1326-1350.

Karl, T. R., Nicholls, N., Ghazi. A. (1999). CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary, Weather and Climate Extremes, 42, 3–7. doi: 10.1007/978-94-015-9265-9_2

Manton, M. J., Della-Marta, P. M., Haylock, M. R., Hennessy, K. J., Nicholls, N., Chambers, L. E., Collins, D. A., Daw, G., Finet, A., Gunawan, D., Inape, K., Isobe, H., Kestin, T. S., Lefale, P., Leyu, C. H., Lwin, T., Maitrepierre, L., Ouprasitwong, N., Page, C. M., Pahalad, J., Plummer, N., Salinger, M. J., Suppiah, R., Tran, V. L., Trewin, B., Tibig, I. Yee, D. (2001). Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961–1998. International Journal of Climatology, 21(3): pp. 269-284.

Melville, C. (1984). Meteorological Hazards and Disasters in Iran: A Preliminary Survey to 1950. Iran, 22, pp. 113–150.

Peterson, T.C., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A. and Plummer, N. (2001). Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001. World Meteorological Organization, Geneva, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, 143 p.

Pryor, S., Howe, J., Kunkel, K. (2009). How spatially coherent and statistically robust are temporal changes in extreme precipitation in the contiguous USA? International Journal of Climatology, 29 (1), pp. 31-45.

Sen, P. K. (1968) Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. Journal of the American Statistical Association, 63(324), 1379-1389.

Theil, H. (1950) A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. Indagationes Mathematicae, 1(2), 85–89.

Trenberth, K. E. (2011). Changes in precipitation with climate change. Climate Research, 47, pp. 123–138.

Vaghefi, S.A., Keykhai, M., Jahanbakhshi, F., Sheikholeslami, J., Ahmadi, A., Yang, H., Abbaspour, K. C. (2019). The future of extreme climate in Iran. Scientific Reports, 9, 1464.

Wu, H., Lau, W. (2016). Detecting climate signals in precipitation extremes from TRMM (1998-2013) - increasing contrast between wet and dry extremes during the “global warming hiatus”. Geophysical Research Letters, 43(3), pp. 1e9.

Zittis, G., Almazroui, M., Alpert, P., Ciais, P., Cramer, W., Dahdal, Y., Fnais, M., Francis, D., Hadjinicolaou, P., Howari, F., Jrrar, A., Kaskaoutis, D. G., Kulmala, M., Lazoglou, G., Mihalopoulos, N., Lin, X., Rudich, Y., Sciare, J., Stenchikov, G., Xoplaki, E., Lelieveld, J. (2022). Climate change and weather extremes in the Eastern Mediterranean and Middle East. Reviews of Geophysics, 60, pp. e2021RG000762.