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.12, Issue 36, June 2023

Variability and trend of changes in the severity-area of drought and wet in Iran

Mostafa Karimi[1*], Sousan Heidari[2]

1. *Corresponding Author*, Assistant Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Geography, Tehran University, Tehran, Iran
2. Ph.D. Students of climatology, Department of Physical Geography, Faculty of Geography, Tehran University, Tehran, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 29 May 2022
Revised: 08 November 2022
Accepted: 12 November 2022

Keywords:
Precipitation variability, Dry periods, Wet periods, ZSI index, ERA5 data.

ABSTRACT

This study aims to investigate the variability and trend of changes in area severity of wet and drought on annual, seasonal, and monthly scales in Iran. For this purpose, the ZSI index, Mann-Kendall trend test, and the monthly precipitation data (ERA5) of the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) for the period 1979-2021 were used. The results showed that, in annual wet-drought intensities, there are three distinct periods; 1980s with almost equal wet-drought area 1990s wet dominate, and the first two decades of the 21st century, which began in 1999-2000 rainy year with more than 97% of the country (70% very severe drought area) under drought conditions where the most areas of drought observed. The pattern of variability of wet-drought intensity area in winter and spring is almost similar to the annual whereas it is different in autumn from the annual pattern. However wet area increases. at the end of the period. In this season in November, the area of drought intensities, especially (moderate and severe) has been decreasing and in contrast, the area of wet intensities has been increasing. But, the trend of wet-drought intensity was reversed in winter and spring, especially in January and to some extent in March. The intensity of the index also has a trend when the increase in the intensity of drought classes (increasing the intensity of the negative index) is more pronounced. Overall, in all three scales, the incidence of consecutive weak and moderate droughts and very severe and severe wet with the low sequence was higher. Increasing the intensity and area of wet in autumn may indicate a change in the precipitation regime. In contrast, the increase in droughts, especially high-intensity droughts in the two main rainy seasons of Iran is a warning for serious water resources management in the warm period.

Cite this article: Karimi, M., & Heidari, S. (2023). Variability and trend of changes in the severity-area of drought and wet in Iran. Journal of Natural Environmental Hazards, 12(36), 129-150. DOI: 10.22111/jneh.2022.42519.1905

© Mostafa Karimi Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2022.42519.1905

* Corresponding Author Email: Mostafakarimi.a@ut.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 ۱۲، شماره ۳۶، تیر ۱۴۰۲

تغییرپذیری و روند تغییرات شدت– گستره‌ی ترسالی و خشکسالی در ایران

مصطفی کریمی[1*]، سوسن حیدری[2]

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۸

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۱

واژه‌های کلیدی:
تغییرپذیری بارش، دوره‌های خشک، دوره‌های تر، شاخص ZSI، داده‌های ERA5.

چکیده

هدف این پژوهش بررسی تغییرپذیری و روند تغییرات گستره‌ی شدت‌های ترسالی- خشکسالی در مقیاس‌های سالانه، فصلی و ماهانه در ایران است. برای این منظور، از شاخص ZSI ، آزمون روند من-کندال و داده‌های بارش ماهانه بازکاوی‌شده (ERA5) مرکز پیش‌بینی میان‌مدت اروپا (ECMWF) در بازه زمانی ۲۰۲۱-۱۹۷۹ استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد که در گستره شدت‌های ترسالی – خشکسالی سالانه کشور، سه دوره مشخص: دهه ۸۰ با گستره‌های تقریباً برابر ترسالی- خشکسالی، دهه ۹۰ گستره‌های ترسالی و دو دهه اول قرن ۲۱ میلادی که در شروع آن در سال آبی ۲۰۰۰-۱۹۹۹ بیش از ۹۷ درصد کشور (۷۰ درصد مساحت خشکسالی بسیارشدید) تحت شرایط خشکسالی بوده، بیشتر گستره‌های خشکسالی مشاهده می‌گردد. الگوی تغییرپذیری گستره‌های شدت ترسالی- خشکسالی در فصل زمستان و بهار تقریباً مشابه سالانه بوده، اما در فصل پاییز متفاوت از الگوی سالانه، در اواخر دوره، افزایش گستره‌های ترسالی بیشتر مشاهده می‌گردد. در این فصل در ماه نوامبر مساحت شدت‌های مختلف خشکسالی به‌ویژه (متوسط و شدید) کاهشی و در مقابل مساحت شدت‌های ترسالی افزایشی بوده است. اما در زمستان و بهار به‌خصوص ماه‌های ژانویه و تا حدودی مارس روند گستره‌های شدت ترسالی-خشکسالی برعکس بوده است. شدت شاخص نیز در برخی دوره‌های زمانی دارای روند بوده که افزایش شدت طبقات خشکسالی (افزایش شدت منفی شاخص) بارزتر است. در کل در هر سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه، رخداد خشکسالی‌های ضعیف و متوسط اما متوالی زیاد، درحالی‌که ترسالی‌های بسیارشدید و شدید با توالی کم، بیشتر بوده است. افزایش گستره‌های خشکسالی شدید مشهودتر و شدت طبقات خشکسالی نیز کمی افزایش یافته است. افزایش شدت شاخص و گستره‌های ترسالی در فصل پاییز شاید گویای تغییر رژیم بارشی و در مقابل افزایش گستره‌های خشکسالی به‌خصوص خشکسالی‌های شدید در دو فصل اصلی بارشی ایران (زمستان و بهار) هشداری برای مدیریت منابع آب در دوره گرم سال باشد.

استناد: کریمی، مصطفی، حیدری، سوسن. (۱۴۰۲). تغییرپذیری و روند تغییرات شدت- گستره‌ی ترسالی و خشکسالی در ایران. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۲(۳۶)، ۱۵۰-۱۲۹. DOI: 10.22111/jneh.2022.42519.1905

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© مصطفی کریمی*، سوسن حیدری.

۱. استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)
۲. دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران

*- مصطفی کریمی (نویسنده مسئول) Email: Mostafakarimi.a@ut.ac.ir

مقدمه

فرین‌های ناشی از رفتار زمانی بارش (ترسالی و خشکسالی) از مخاطرات طبیعی از سطح محلی تا جهانی هستند که به‌دلیل شرایط جوی ویژه، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیشتر رخ می‌دهند (وانگ و ژانگ[۱]، ۲۰۰۸؛ گائو و همکاران[۲]، ۲۰۱۶). این حوادث شدید دو قطبی می‌تواند آسیب‌پذیری و ریسک را در جامعه، سریع و به‌صورت غیرخطی افزایش و کارآیی مدیریت منابع آب را کاهش دهد (مدرس و همکاران، ۲۰۱۶). یکی از روش‌های معمول در بررسی ترسالی- خشکسالی، واکاوی نوسان‌های داده‌های بارشی به‌عنوان عامل اصلی رخداد ترسالی- خشکسالی است (پرک و همکاران، ۱۳۹۴؛ رودریگز-پوئبلا و همکاران[۳]، ۱۹۹۸؛ نستوس و زرفوس[۴]، ۲۰۰۹). بنابراین، بررسی رفتار زمانی بارش در هر دو سوی زیاد و کم توزیع آن به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، بسیار حیاتی است (پترسون و همکاران[۵]، ۲۰۱۳؛ سینگ و همکاران[۶]، ۲۰۱۴؛ فورزیری و همکاران[۷]، ۲۰۱۶). بارش را می‌توان یکی از متغیرهای پیچیده و غیردینامیک جو دانست که دارای تغییرات زمانی و مکانی قابل‌ملاحظه‌ای است (عزیزی، ۱۳۷۹؛ میرزا، ۲۰۰۲؛ ایلی و همکاران[۸]، ۱۹۹۳؛ پرک و همکاران، ۱۳۹۷؛ کریمی و همکاران، ۱۳۹۸). انحراف منفی بارش از مقدار نرمال نشان‌دهنده‌ی خشکسالی (اصلاحی و همکاران، ۱۳۹۳) و برعکس، انحراف مثبت از مقدار نرمال، نشان-دهنده‌ی ترسالی می‌باشد (عسگری و رحیم‌زاده، ۱۳۸۲؛ معصوم‌پور، ۱۳۸۴).

ترسالی و خشکسالی همانند دیگر مخاطرات با ویژگی‌های متعددی همانند: زمان شروع و خاتمه، دوره تداوم و ماندگاری، فراوانی وقوع، گستره و شدت مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این ویژگی‌ها از محلی به محل دیگر متفاوت می‌باشند (خسروی و همکاران، ۱۳۹۱). در این بین، شدت ترسالی- خشکسالی (قدرت ترسالی- خشکسالی) از مشخصه‌های مهم این مخاطرات است؛ زیرا به‌طور مستقیم با اثرات و پی‌آمدهای آن‌ها مرتبط است. شدت‌های این رخدادها را می‌توان به روش‌های مختلفی ازجمله شاخص‌های خشکسالی که به‌طور فزاینده‌ای در مطالعات علمی استفاده می‌شوند (سرانو و همکاران[۹]، ۲۰۱۰؛ میشرا و همکاران[۱۰]، ۲۰۰۹)، اندازه‌گیری کرد. همچنین نتایج حاصل از واکاوی گستره این مخاطرات نشان می‌دهد چگونه رخدادها به‌صورت الگوهای پراکنده و محلی، منطقه‌ای یا نیمه فراگیر و فراگیر توزیع شده‌اند.

بارش، یکی از عناصر اصلی ساخت اقلیم در هر محل می‌باشد. یکی از مهم‌ترین ویژگی این عنصر تغییرپذیری بالای آن هم در بعد مکان و هم در بعد زمان به‌ویژه در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک همانند ایران است (اشرفی،۱۳۸۹؛ علیجانی و همکاران، ۱۳۹۴؛ کریمی و همکاران، ۱۳۹۸). باتوجه به تغییرپذیری بالای بارش ایران در مقیاس‌های مختلف که منجر به بی‌هنجاری‌های مثبت و منفی و رخداد ترسالی و خشکسالی می‌شود، وقوع این مخاطرات امری بدیهی و پرتکرار در این سرزمین است (مسعودیان و کاویانی ، ۱۳۸۷). در چند دهه‌ی اخیر، ایران دوره‌های ترسالی و

1 -Wang and Zhang
2 -Gao et al.
3 -Rodriguez-Puebla et al.
4 -Nastos and Zerefos
5 -Peterson et al.
6 -Singh et al.
7 -Forzieri et al.
8 -Ely et al.
9 -Serrano et al.
10 -Mishra et al.

خشکسالی را با شدت‌های مختلف تجربه کرده است (دوستان، ۱۳۹۸). این رخدادها معلول عوامل فیزیکی و مکانی پرشماری است که بیشتر ریشه در تغییرپذیری آب‌وهوا و مهم‌تر از همه تغییرپذیری گردش جو منطقه‌ای (رضیئی، ۱۳۸۶؛ فتاحی و بهیار، ۱۳۹۰؛ یزدانی و همکاران، ۱۳۹۰؛ فتاحی و بابایی فینی، ۱۳۹۳؛ رنجبرسعادت آبادی و همکاران، ۱۳۹۳؛ حکیم دوست و همکاران، ۱۳۹۳؛ کیانیان و همکاران، ۱۳۹۷) و همچنین بزرگ مقیاس و دورپیوندی که باعث بی‌هنجاری‌هایی در الگوهای گردش جو به‌ویژه بادهای غربی می‌شوند، دارد (فاطمی و همکاران، ۱۳۹۴، کریمی و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین، مطالعات خشکسالی نشان داده که توزیع فراوانی خشکسالی‌ها ایران از الگوی جغرافیایی خاصی تبعیت نمی‌کند (مجرد و همکاران، ۱۳۹۳). در بخش‌های جنوبی کشور، به‌علت افزایش تبخیر- تعرق، شدت خشکسالی افزایش یافته است (تاج بخش و همکاران، ۱۳۹۴). غرب، شرق، جنوب‌غرب و مرکز کشور بیشتر خشکسالی‌های بسیارشدید و شدید را داشته‌اند (بابایی فینی و علیجانی، ۱۳۹۲؛ علیزاده و محمدی،۱۳۹۴). اما در مناطق مرکز، جنوب و جنوب‌شرق خشکسالی‌ها متوسط و ملایم رخ داده است (علیجانی و بابایی فینی، ۱۳۸۸). بخش‌های مرکزی، جنوبی و قسمت‌هایی از شرق ایران از حساسیت بیشتری نسبت به خشکسالی‌ها در مقایسه با سایر نواحی ایران برخوردار می‌باشند (یزدانی و همکاران،۱۳۹۰). چرا که تشدید بیشتر خشکسالی به‌دلیل آسیب‌پذیری بالاتر این مناطق با شرایط بحرانی‌تر، آسیب‌پذیری خشکسالی را در این مناطق افزایش می‌دهد (سواری و همکاران[1]، ۲۰۲۲). دورنمایی از خشکسالی ایران نشان می‌دهد، طی سی سال آینده شرایط خشکسالی در کشور رو به افزایش است (خزانه‌داری و همکاران،۱۳۸۸) که بیشترین تغییر مربوط به جنوب‌شرق کشور می‌باشد (الوانکار و همکاران،۱۳۹۴)، اما کریمی و جعفری (۱۳۹۸) نشان دادند که در این ناحیه و همچنین شرق و شمال‌شرق پهنه‌های ترسالی رو به افزایش و در مقابل در دیگر نواحی کشور مساحت‌های خشکسالی روند افزایشی داشته‌اند. همچنین ویژگی‌های رخدادهایی ترسالی- خشکسالی ایران، روند وقوع و تغییرات ویژگی‌های آن نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند. به‌طوری‌که این مطالعات نشان داده است که ۶۰ درصد مساحت ایران روند منفی (افزایش خشکسالی) و کمتر از ۴ درصد مساحت روند مثبت (ترسالی) دارد (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۱). اوج دوره‌های ترسالی در دهه ۱۹۹۰، درحالی‌که اوج دوره خشکسالی در دهه ۲۰۰۰ بوده است (حسینی و همکاران، ۲۰۲۰). در مقابل مطالعات ترسالی نشان داده که زمان وقوع ترسالی در ایران طی ماه‌های سرد سال رخ می‌دهد (طولابی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۸) که شدت وقوع آن در حال کاهش و در مقابل شدت وقوع خشکسالی‌ها در حال افزایش است (دانشمند و محمودی، ۲۰۱۷). به‌طورکلی، اکثر مطالعات به سمت خشکسالی سوق یافته و مطالعات ترسالی بیشتر به‌صورت تحلیل همدیدی بارش شدید و رخداد سیل بوده و جنبه کمی و فضایی، شدت، محل وقوع و گستره کمتر مورد توجه قرار گرفته است. علاوه بر موارد اشاره‌شده، رابطه بین تغییرپذیری مساحت- شدت ترسالی - خشکسالی‌ها و روند تغییرات آن در ایران نتایج روشنی وجود ندارد.

با توجه به قرارگیری کشور ایران در کمربند خشک کره زمین و همچنین تغییرپذیری بالای بارش سالانه، بخش وسیعی از کشور با خشکی و کمبود آب یا سیل و آب گرفتگی مواجه می‌باشد. نوسانات شدید بارش در سال‌های اخیر سبب افزایش وقوع ناهنجاری‌های بسیاری ازجمله سیل و خشکسالی و چالش‌های ناشی از آن در ایران شده است.

1 -Savari et al.

بنابراین، لزوم مطالعه و بررسی در زمینه این مخاطره بسیار ضروری و غیرقابل چشم‌پوشی است و نیاز آن در مدیریت منابع آبی و دیگر بخش‌های متأثر از آن دیده می‌شود. بنابراین، این پژوهش سعی دارد تا به این سوال‌ها که: الف) تغییرپذیری مساحت شدت‌های ترسالی- خشکسالی چگونه بوده؟ و ب) آیا شدت‌های ترسالی- خشکسالی و گستره آنها در ایران دارای روند مشخصی است؟ پاسخ دهد.

داده‌ها و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

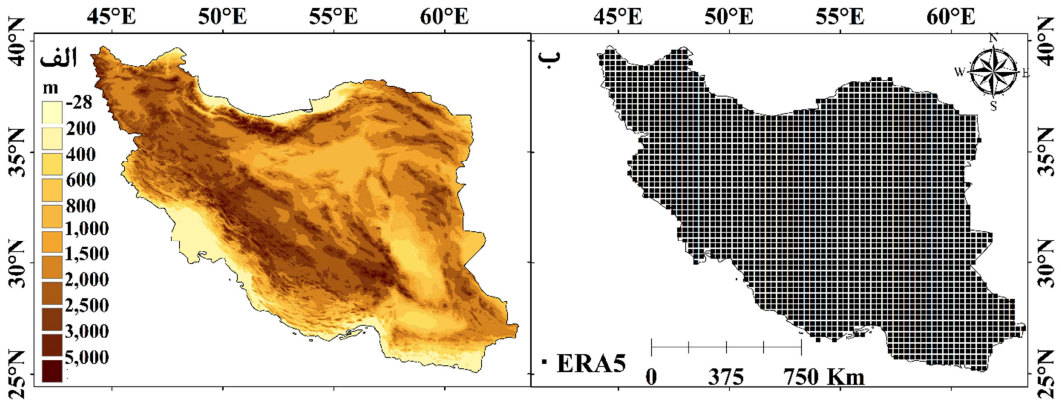
ایران به لحاظ شرایط خاص جغرافیایی و قرار گرفتن بخش اعظم آن در ساختار شکننده کمربند بیابانی، بیشتر دارای آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (اسماعیلی و همکاران،۱۳۹۷). با این‌حال، آب‌وهوای ایران از خشکی بیش-ازحد در قسمت‌های مرکزی تا مرطوب در امتداد سواحل خزر در شمال مشخص می‌شود (رحیمی و همکاران، ۲۰۱۳). این امر بیشتر به‌دلیل وجود رشته‌کوه‌های البرز در شمال کشور، زاگرس در غرب و دشت‌های گسترده در سراسر میانه فلات ایران (گنجی، ۱۹۶۸) است (شکل الف۱). در ایران بیشترین میزان بارش سالانه را مناطق سواحل شمالی و رشته‌کوهای زاگرس و البرز و همچنین مناطق مرکزی ایران نیز کمترین میانگین بارش را دریافت می‌کنند (حجازی زاده و همکاران،۱۳۹۵). بارش‌های سالانه ایران اندک می‌باشد و همین بارش اندک دارای تغییرپذیری بالای زمانی- مکانی بوده و رخدادهای شدید و کوتاه مدت نیز فراوانی قابل‌توجهی دارند. این شرایط باعث رخداد مخاطره-های خشکسالی، بارش شدید و سیل به‌طور مکرر در ایران می‌گردد که شناخت جنبه‌های مختلف آن لازم و ضروری است.

داده‌ها

با توجه به محدودیت پوشش فضایی و دوره برداشت داده در ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش که برآورد میزان انحراف از متوسط برای مناطق مابین آن‌ها در بسیاری از مطالعات مورد نیاز است، استفاده از آن داده‌ها به‌رغم دقت بالاتر آن در اندازه‌گیری نسبت به داده‌های دیگر، دچار چالش می‌کند. روش‌های مختلف درون‌یابی برای برآورد توزیع مکانی با در دست داشتن داده‌های ایستگاهی وجود دارد. با وجود اینکه درون‌یابی مکانی مقادیر شاخص‌های خشکسالی، اطلاعات ارزشمندی را در شرایط فعلی ترسالی- خشکسالی در اختیار قرار می‌دهد، اما چون این روش‌های براساس میانگین داده‌ها عمل می‌کنند، مقادیر حداکثر را کمتر و مقادیر حداقل را بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کنند (متکان و همکاران،۱۳۹۳). بنابراین، استفاده از درون‌یابی در مواردی که هدف بررسی تغییرپذیری یک پدیده است، مناسب نیست. با این حال عدم قطعیت زیادی ممکن است وجود داشته باشد، چون عوامل زیادی بر فرآیند درون‌یابی تأثیر می‌گذارد (پاتیل[1]، ۲۰۱۳)، بنابراین با توجه به محدودیت پوشش ایستگاه‌های زمینی و عدم هم‌خوانی دوره‌های آماری در سطح جهان به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و مهم‌تر از آن داده‌های شبکه‌بندی بازکاوی‌شده مورد استقبال قرار گرفته است. در تولید این داده‌ها از منابع داده‌ای متنوع ایستگاهی و ماهواره‌ای در بستر مدل‌های پیش‌بینی عددی استفاده می‌گردد. ERA5 آخرین نسل از تجزیه‌وتحلیل جهانی ECMWF از سال ۱۹۷۹ تا کنون است که توسط ECMWF تولید شده (هرسباخ و دی[2]، ۲۰۱۶) و در دسترس قرار

1 -Patil
2 - Hersbach and Dee

گرفته است. مطالعات مختلفی با بررسی دقت این داده‌ها به‌خصوص بارش، آن را مناسب و استفاده از آن را توصیه نموده‌اند (وانگ و همکاران[۱]، ۲۰۱۹؛ راخماتووا و همکاران[۲]، ۲۰۲۱). این داده‌ها با وضوح مکانی و زمانی بالا در یک شبکه ۰/۲۵×۰/۲۵ درجه با فواصل ماهانه و ساعتی در دسترس است. باتوجه به اینکه هدف پژوهش بررسی تغییرپذیری مساحت- شدت ترسالی- خشکسالی است و نیاز به داده‌های بلندمدت با پوشش فضایی مناسب می‌باشد، از داده‌های بازکاوی‌شده بارشERA5 با قدرت تفکیک ۰/۲۵×۰/۲۵ طی بازه زمانی ۱۹۷۹ تا ۲۰۲۱ در مقیاس‌های زمانی ماهانه برای ایران استفاده شده است (شکل ب۱). برای دست‌یابی به پاسخ پرسش‌های پژوهش در گام نخست سری زمانی سالانه، فصلی و ماهانه از داده‌های دریافتی ایجاد شد. به‌علت شروع بارش‌های ناحیه خزری از ماه سپتامبر، سری زمانی سالانه از سپتامبر تا اوت سال بعد انتخاب گردید.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه، الف: نمای ناهمواری‌های ایران و ب: پراکنش فضایی داده‌های EAR5 بر روی ایران

روش‌ها

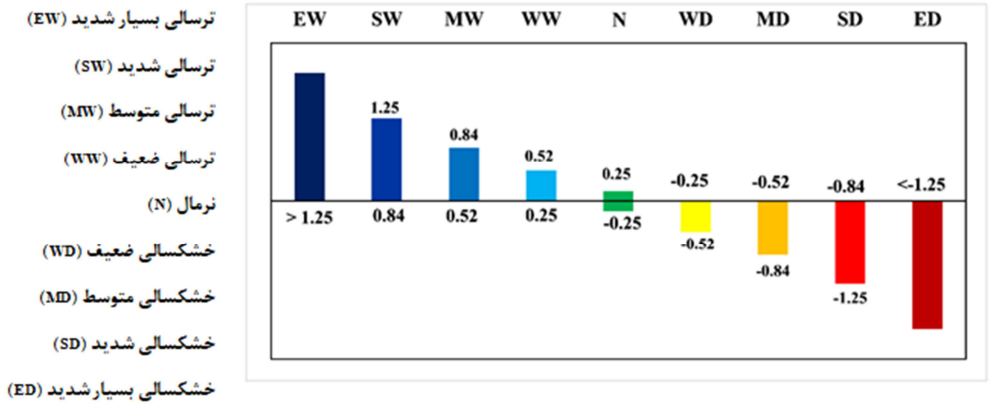
برای تعیین میزان شدت ترسالی- خشکسالی شاخص‌های متعددی وجود دارد که از یک الی چند متغیر در برآورد میزان شدت رخداد استفاده می‌کنند. یک شاخص خشکسالی، تعیین روشی برای به‌دست‌آوردن یک عدد یا مقدار (یک مقدار بدون بعد) که در بیان شدت ترسالی- خشکسالی است. هر یک از شاخص‌ها بر اساس به‌کارگیری متغیرهای هواشناسی و روش‌های محاسباتی متفاوتی طراحی شده‌اند (هایم و ریچارد[۳]، ۲۰۰۲) که برای توصیف ویژگی‌های مختلف ترسالی و خشکسالی ازجمله شدت، دامنه، فراوانی و مدت زمان (کیم و همکاران[۴]، ۲۰۱۱؛ هایس و همکاران[۵] ، ۲۰۱۲؛ لیو و همکاران[۶]، ۲۰۱۶a و ۲۰۱۶b؛ یائو و همکارن[۷]، ۲۰۱۸؛ سان و همکاران[۸]، ۲۰۱۹) ایجاد شده و به‌طور معمول انحراف متغیر را از وضعیت طبیعی محلی بر اساس توزیع تاریخی آن اندازه‌گیری می‌کنند.

1 -Wang et al.
2 -Rakhmatova et al.
3 - Heim and Richard
4 -Kim et al.
5 - Hayes et al.
6 -Liu et al.
7 - Yao et al.
8 -Sun et al.

گرچه درحال‌حاضر بیشتر از شاخص‌های SPI و SPEI استفاده می‌گردد؛ ولی در استفاده از شاخص‌های خشکسالی در نواحی متنوع اقلیمی ایران نمی‌توان به شاخص واحدی دست یافت (بازگیر و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به هدف پژوهش، در این مطالعه، به منظور شناسایی دوره‌های ترسالی- خشکسالی از شاخص ZSI استفاده شد. شاخص ZSI توسط تریولا[1] (۱۹۹۵) برای پایش خشکسالی هواشناسی ارائه شده است (رابطه ۱). شاخص Z-Score که شاخصی بدون بعد است از داده‌های اصلی بارش استفاده می‌کند. شاخص Z-Score دارای پارامترهای میانیگین و انحراف معیار است؛ به این معنی که میانگین شاخص Z-Score صفر و انحراف معیار آن‌ها برابر با یک است. مقادیر مثبت ترسالی و مقادیر منفی خشکسالی را نشان می‌دهد (اکویزو و همکارن[2]، ۲۰۲۰، امین و ملکی‌نژاد:۱۳۹۶). این شاخص نیازی به توزیع گاما یا پیرسون نوع سوم ندارد (تساکیرس و ونجلیس[3]، ۲۰۰۴؛ اختری و همکاران[4]، ۲۰۰۹).

$$ZSI = \frac{p_i - \overline{p}}{SD} \quad (۱)$$

در این رابطه P آنومالی بارش، i مقیاس زمانی، $\overline{P}$ و SD به ترتیب میانگین طولانی مدت و انحراف معیار داده‌های بارش در دوره آماری دلخواه است. طبقه‌بندی شاخص ZSI براساس آستانه‌ها در شکل ۲ ارائه گردیده است.



شکل ۲: طبقه‌بندی شاخص خشکسالی ZSI

سپس درصد مساحت گستره‌های ترسالی- خشکسالی با شدت‌های (بسیارشدید، شدید، متوسط، ضعیف و شرایط نرمال) محاسبه گردید (رابطه ۲).

$$PDA = \frac{\sum_{i=1}^{n} g_n}{n} \times 100 \quad (۲)$$

PDA درصد مساحت خشکسالی، gn تعداد گریدهای تحت شدت‌های خشکسالی، ترسالی و نرمال، n تعداد همه‌ی گریدهای واقع در محدوده‌ی مورد مطالعه می‌باشد. درنهایت به‌منظور بررسی وجود روند در شدت و تغییرات گستره شدت‌های ترسالی- خشکسالی از آزمون روند من-کندال بهره گرفته شد. یکی از روش‌های متداول جهت تحلیل سری‌های زمانی داده‌های هواشناسی بررسی وجود یا عدم وجود روند در آن‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری ازجمله آزمون من-کندال است (معروفی و طبری،۱۳۹۰). هدف از این آزمون، ارزیابی آماری وجود روند صعودی یا نزولی

1 -Triola
2 -Ekwezuo et al.
3 -Tsakiris & Vangelis
4 -Akhtari et al.

متغیر مورد مطالعه در طول زمان است. یک روند صعودی (نزولی) به این معنی است که متغیر به‌طور مداوم در طول زمان افزایش (کاهش) می‌یابد (تک[1]، ۲۰۱۱). جزئیات این آزمون در بسیاری از مطالعات روندیابی بیان شده (مالیک و همکاران[2]، ۲۰۲۱؛ لین و همکاران، ۲۰۲۰؛ ماهاجان[3] و همکاران[4]، ۲۰۱۵) که در این پژوهش به آن پرداخته نمی‌شود. دراین آزمون ارزش Z صفر عدم وجود روند، ارزش Z مثبت روند رو به بالا و ارزش Z منفی روند رو به پایین را نشان می‌دهد. مقدار بحرانی مطلق Z برای سطح معنی‌داری ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ به ترتیب ۲/۵۷۶، ۱/۹۶ و ۱/۶۴ است که وضعیت معنی‌داری روندها را بیان می‌کند.

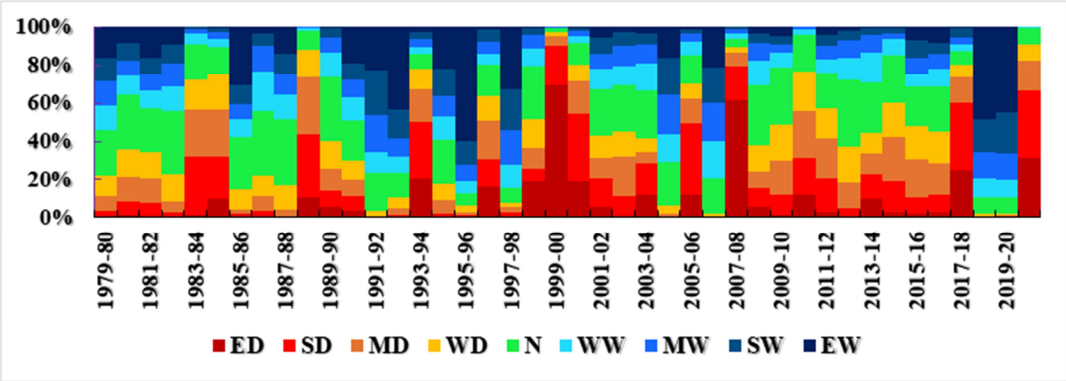
نتایج و بحث

تغییرپذیری درصد مساحت شدت‌های ترسالی-خشکسالی

در شکل۳، تغییرپذیری گستره‌ی شدت‌های ترسالی- خشکسالی سالانه ارائه شده است. اگرچه در ۴ سال ابتدایی دهه ۸۰ و سه سال آبی ۱۹۸۶-۱۹۸۵، ۱۹۸۷-۱۹۸۶ و ۱۹۸۸-۱۹۸۷بیشتر مساحت ایران تحت شرایط ترسالی و شرایط نرمال بوده است، اما در سال‌های آبی ۸۴-۱۹۸۳، ۸۵-۱۹۸۴ و ۸۹-۱۹۸۸ گستره رخداد خشکسالی بیش از ۷۰ درصد کشور را دربرگرفته است. در این سال‌ها، خشکسالی‌های شدید (SD) و متوسط (MD) نسبت به دیگر شدت‌ها گسترده‌تر دیده می‌شود. در دهه ۹۰ در سال‌های آبی ۹۲-۱۹۹۱، ۹۳-۱۹۹۲، ۹۵-۱۹۹۴، ۹۶-۱۹۹۵ و ۹۸-۱۹۹۷ گستره‌های ترسالی نمایان‌تر بوده و پهنه‌های وسیع خشکسالی در این دهه به دو سال آبی ۱۹۹۴-۱۹۹۳ و ۱۹۹۷-۱۹۹۶ محدود بوده است. گرچه ترسالی سال‌های آبی ۱۹-۲۰۱۸ و ۲۰-۲۰۱۹ گسترده‌تر بوده و ۹۰ درصد از کشور را در برگرفته، اما در سال آبی ۹۶-۱۹۹۵ بیشتر مساحت کشور تحت ترسالی بسیارشدید (EW) بوده است. ترسالی‌های متوسط (MW)، شدید (SW) و بسیارشدید در سال‌های آبی ۱۹۹۲-۱۹۹۱ و ۱۹۹۸-۱۹۹۷ پهنه بیشتری نسبت به دیگر سال‌ها در این دهه داشته‌اند. در انتهای این دهه و شروع قرن ۲۱، خشکسالی‌های فراگیر و نیمه‌فراگیر دیده می‌شود که شدیدترین و فراگیرترین آن در سال آبی ۲۰۰۰-۱۹۹۹ در بیش از ۹۷ درصد مساحت کشور رخداده است. نکته بارز خشکسالی رخداده در این سال این است که پهنه خشکسالی بسیارشدید (ED) ۷۰ درصد کشور را در برگرفته و از این حیث بسیار قابل‌توجه است. در دهه اول قرن جدید در سال (۲۰۰۸-۲۰۰۷) ۸۹/۶ درصد و در سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۰۰ و ۲۰۰۶-۲۰۰۵ به ترتیب ۸۰ و ۷۰ درصد از مساحت کشور تحت شرایط خشکسالی بوده است. در سال آبی ۲۰۰۸-۲۰۰۷ همانند سال آبی ۲۰۰۰-۱۹۹۹ گستره خشکسالی بسیارشدید وسیع بوده و حدود ۶۱ درصد از کشور را پوشانده است. اما در دو سال ۲۰۰۱-۲۰۰۰ و ۲۰۰۶-۲۰۰۵ پهنه خشکسالی شدید، گسترده‌تر بوده است. در دهه دوم قرن اخیر، سال آبی ۲۰۱۹-۲۰۱۸، ترسالی فراگیر در ۹۰ درصد از مساحت کشور که پهنه ترسالی- خشکسالی بسیارشدید آن ۴۷ درصد از کشور را در بر گرفته و پهنه‌های متوسط و بسیارشدید آن نیز قابل-توجه بوده، رخداده است. در این دهه خشکسالی تقریباً فراگیر در سال‌های آبی ۲۰۱۱-۲۰۱۰ و ۲۰۱۸-۲۰۱۷ و

1 -Tech
2 -Mallick et al.
3 Lin et al.
4 Mahajan et al.

فراگیر در ۲۰۲۱-۲۰۲۰ رخداده که در دو سال آخر بیش از ۶۵ درصد از مساحت کشور درگیر خشکسالی شدید و بسیارشدید بوده است (شکل ۳).



شکل ۳: درصد مساحت شدت‌های ترسالی-خشکسالی سالانه بر روی ایران (طبقه‌های شدت شاخص براساس شکل ۲: خشکسالی‌های بسیارشدید (ED)، شدید (SD)، متوسط (MD)، ضعیف (WD)، نرمال (N) و ترسالی‌های بسیارشدید (EW)، شدید (SW)، متوسط (MW)، ضعیف (WW) می‌باشد.)

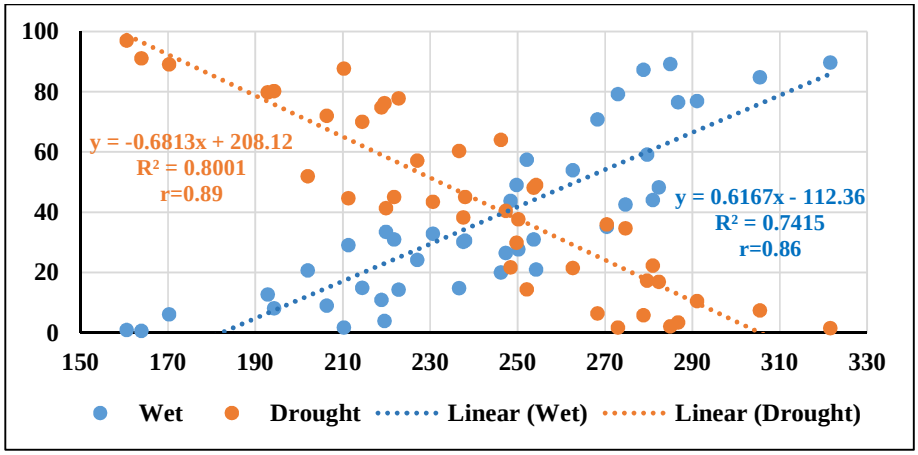
همچنین نتایج نشان می‌دهد که دوره‌های ترسالی در ایران استمرار نداشته و به‌صورت یک و دوساله رخ داده است. می‌توان گفت که گستره‌های شرایط نرمال در ابتدای و انتهای دوره نمایان‌تر می‌باشند. مساحت خشکسالی‌های بسیارشدید و شدید به‌طور محسوس بیش از گستره‌ی ترسالی‌های شدید و بسیارشدید در سال‌ها رخداد است. در سال‌های مختلف مساحت شدت خشکسالی‌های متوسط تا شدید فراوان‌تر دیده می‌شوند، اما در ترسالی‌ها پهنه‌های بسیارشدید مشهودتر بوده است. نکته دیگر اینکه در ۹ سال از سال آبی ۲۰۰۹-۲۰۰۸ الی ۲۰۱۷-۲۰۱۶ که با خشکسالی بسیارشدید و فراگیر ۲۰۰۸-۲۰۰۷ شروع و با خشکسالی فراگیر و شدید ۲۰۱۸-۲۰۱۷ پایان می‌یابد، تقریباً نیمی از کشور شرایط خشکسالی که بیشتر متوسط بوده است را تجربه کرده‌اند (شکل ۳).

فراوانی درصد مساحت ترسالی، نرمال و خشکسالی نشان می‌دهد که شرایط نرمال بارشی در کشور به‌ندرت و در پهنه‌های غیرفراگیر رخ می‌دهد (جدول ۱). وجود گستره‌های نرمال در زیر ۵۰ درصد مساحت کشور آن هم با فراوانی تقریباً یک سوم مساحت‌های زیر ۲۵ درصد به‌همراه وجود گستره‌های بیش از ۵۰ درصد و بیش از دو سوم مساحت کشور در شرایط ترسالی و فراوانی بیشتر خشکسالی، نمایان‌گر رژیم بارشی حدی در ایران بین دو شرایط بی‌هنجاری مثبت (ترسالی) و منفی (خشکسالی) است.

جدول ۱: فراوانی طبقات گستره‌های ترسالی-خشکسالی سالانه کشور در دوره ۴۲ ساله مطالعاتی

	>۷۵٪	۵۰٪-۷۵٪	۲۵٪-۵۰٪	<۲۵٪
ترسالی	۷	۴	۱۵	۱۶
نرمال	۰	۰	۱۲	۳۰
خشکسالی	۸	۷	۱۳	۱۴

تغییرپذیری بارش سالانه رابطه بالایی با تغییرات گستره‌های ترسالی (مستقیم) و خشکسالی (معکوس) نشان می‌دهد (شکل ۴). این رابطه می‌تواند تأییدی بر گفته بالا باشد و رابطه بالاتر (نزدیک به ۰/۹) با گستره‌های خشکسالی نیز نمایان‌گر اقلیم بارشی ایران که رخدادهای بی‌هنجار، البته بی‌هنجار منفی (خشکسالی) با فراوانی بیشتر از مشخصه بارز آن است.

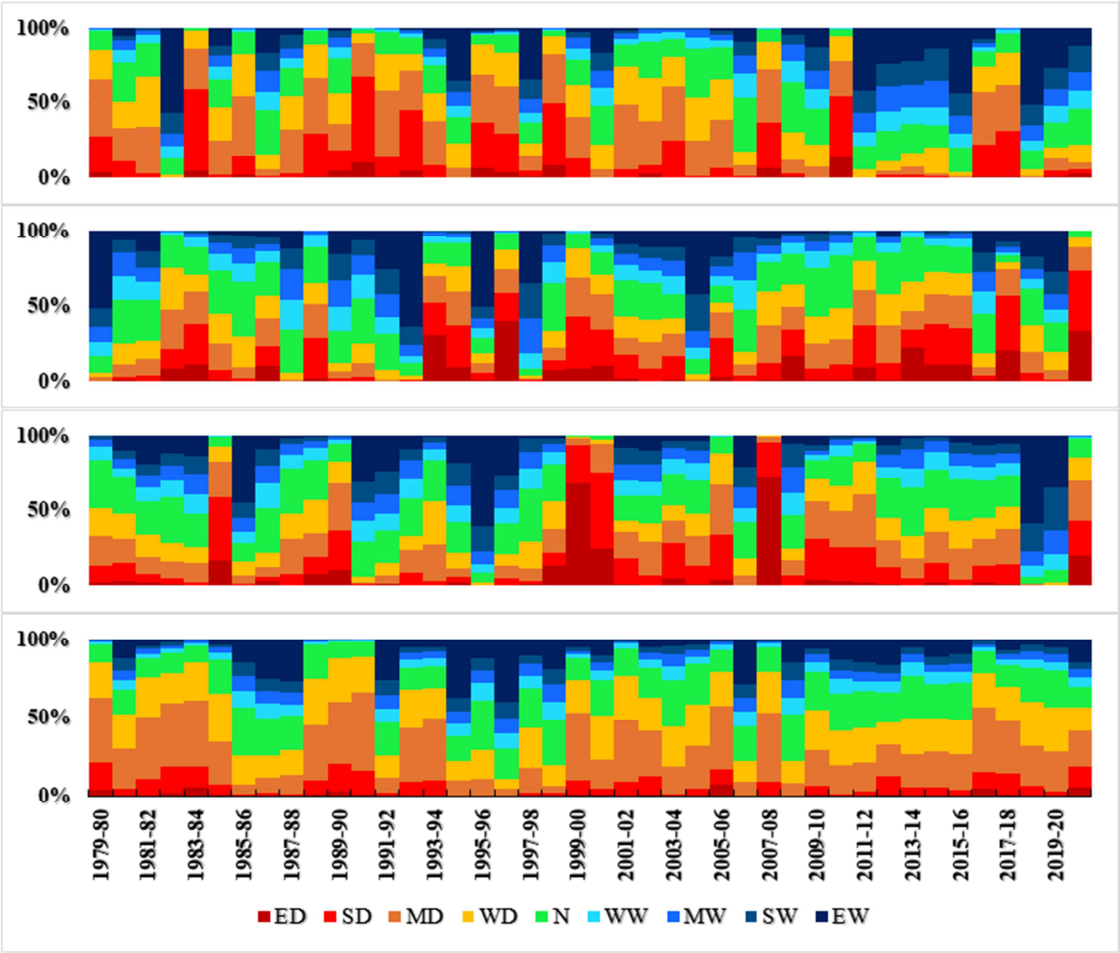


شکل ۴: رابطه بین درصد مساحت (آبی) ترسالی و (قرمز) خشکسالی (محور عمودی) با میانگین بارش (محور افقی به mm) ایران

پهنه‌های شدت ترسالی و خشکسالی‌های فصلی در شکل ۶ آمده است. در فصل پاییز در ۲۲ سال از سه دهه اول دوره مطالعه پهنه‌های خشکسالی بیش از ۵۰ درصد از ایران را پوشانده‌اند. علاوه بر آن در ۶ سال دیگر نیز بین ۳۰ تا ۵۰ درصد کشور تحت تأثیر خشکسالی بوده که یک دوره خشک متوالی را باعث شده‌اند. در این بین تنها ۳ سال ۸۳-۱۹۸۲، ۹۵-۱۹۹۴ و ۹۸-۱۹۹۷ بیشتر کشور متاثر از ترسالی و به‌طور محسوس ترسالی بسیارشدید بوده است. در دهه چهارم برخلاف سه دهه اول ایران، بیشتر (۸ سال) تحت پوشش ترسالی بوده که بعد از ترسالی‌های بسیارشدید بیش از ۴۰ درصد از مساحت کشور را پوشانده بوده است. در این فصل پهنه‌های خشکسالی متوسط و شدید بیش از دیگر پهنه‌ها خودنمایی می‌کند و خشکسالی بسیارشدید در انتهای دوره در سال ۱۱-۲۰۱۰ حدود ۱۴ درصد از مساحت کشور را درگیر نموده است. سال‌های آبی ۸۴-۱۹۸۳ و ۹۱-۱۹۹۰ به ترتیب ۹۸ و ۹۷ درصد از مساحت کشور فراگیرترین خشکسالی این فصل را تجربه نموده‌اند (شکل ۵). در فصل زمستان دو دوره متوالی رخداد خشکسالی دیده می‌شود؛ اولی از سال ۹۹-۱۹۹۸ تا ۰۴-۲۰۰۳ و دومی از سال۰۸-۲۰۰۷ تا ۱۶-۲۰۱۵ قابل مشاهده است. در این فصل خشکسالی فراگیر و پهنه‌های شدید و بسیارشدید خیلی بیشتر دیده می‌شوند. برخلاف فصل پاییز دوره متوالی که پهنه‌های ترسالی به‌طور مشهود در اوایل دوره مطالعاتی از سال آبی ۹۰-۱۹۸۹ الی ۹۳-۱۹۹۲ قابل رویت هستند. با اینکه گستره‌های شرایط نرمال و ترسالی بسیارشدید مساحت قابل‌توجهی در این سال‌های داشته‌اند، اما ترسالی ضعیف (WW) نیز با مساحتی بین ۵ تا ۱۱ درصد درخور توجه می‌باشد. فراگیرترین ترسالی این فصل در سال‌های ۸۰-۱۹۷۹، ۹۳-۱۹۹۲، ۹۸-۱۹۹۷ و ۰۵-۲۰۰۴ رخ داده است. در این سه سال بیش از ۸۰ درصد از ایران تحت تأثیر ترسالی بوده که پهنه‌های با شدت ترسالی بالا در دو سال میانی بیشتر بوده‌اند. در مقابل در سال‌های ۹۷-۱۹۹۶، ۰۰-۱۹۹۹ و ۲۱-۲۰۲۰ فصل زمستان با خشکسالی فراگیر بیش از ۸۷ درصد روبرو بوده است. در دو سال

ابتدایی و انتهایی خشکسالی بسیارشدید با ۴۰ و ۳۲ درصد و در سال ۲۰۰۰-۱۹۹۹ گستره خشکسالی شدید با ۳۵ درصد پهنه‌ها وسیعی از کشور را متأثر کرده بودند (شکل ۵). پهنه‌های خشکسالی بسیارشدید در سال‌های انتهایی این فصل به‌طور محسوس بیشتر دیده می‌شوند. مساحتی بین ۴۰ تا ۷۵ درصد از کشور را در این سال‌ها متأثر از این شدت خشکسالی بوده است.

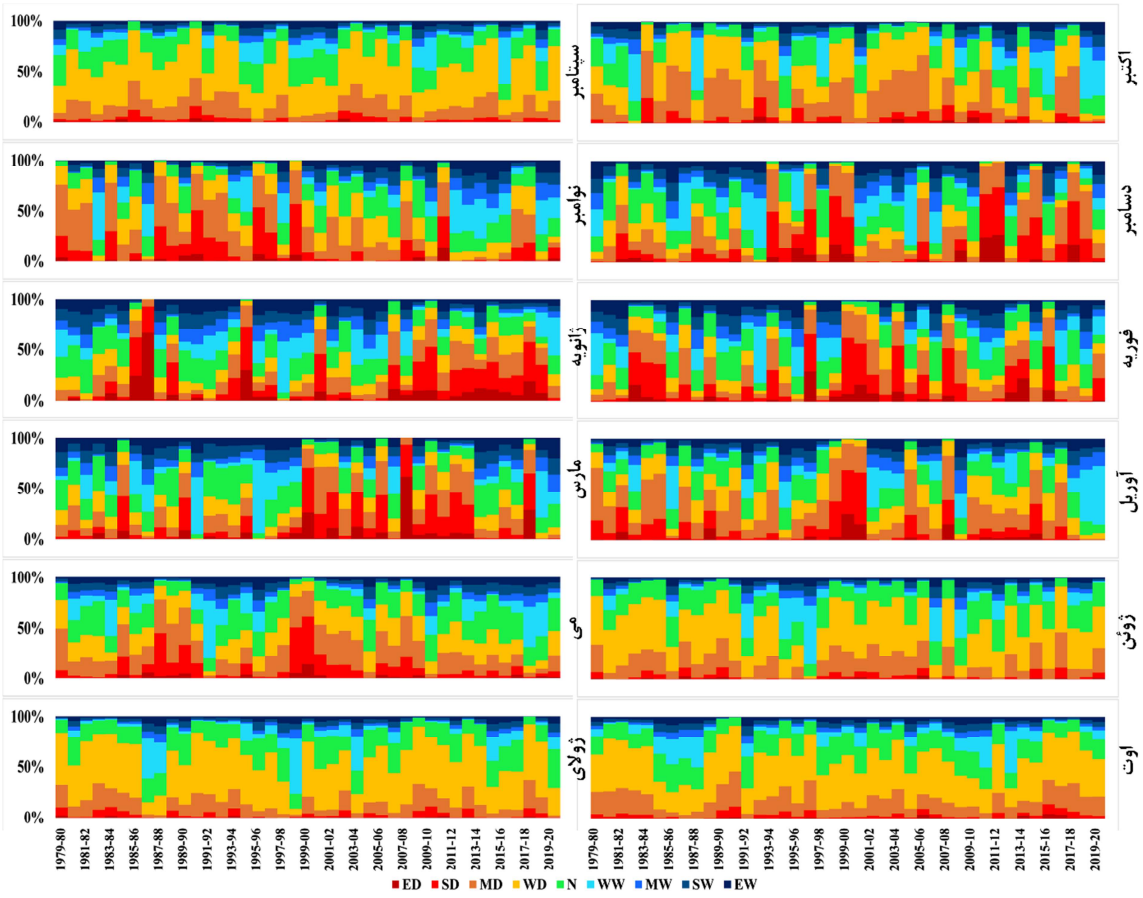
فصل بهار همانند فصل زمستان دارای پهنه‌های خشکسالی بسیارشدید با درصد بالا می‌باشد. در دو سال ۲۰۰۸-۲۰۰۷ و ۲۰۰۰-۱۹۹۹ این شدت از خشکسالی ۹۹ درصد از مساحت ایران را پوشانده است که بالاترین درصد مساحت این شدت در همه دوره مطالعاتی می‌باشد. اما تعداد رخداد خشکسالی‌های فراگیر در این فصل نسبت به دو فصل قبل کمتر بوده است. با این حال، فراگیرین خشکسالی‌ها به ترتیب با ۹۹/۸، ۹۹/۱۵، ۹۷/۷۱ و ۹۲/۷ درصد از مساحت کشور نیز در این فصل در سال‌های ۰۸-۲۰۰۷، ۰۰-۱۹۹۹، ۲۰۰۰-۰۱و ۸۵-۱۹۸۴ دیده می‌شود. همچنین شدیدترین و فراگیرترین ترسالی‌ها نیز در این فصل دیده می‌شود. در سال‌های ۱۹-۲۰۱۸، ۲۰-۲۰۱۹ و ۹۶-۱۹۹۵ ترسالی به ترتیب ۹۴، ۹۰ و ۹۱ درصد از ایران را دربرگرفته است. در فصل تابستان که دوره خشک غالب مساحت کشور می‌باشد و بارش‌ها محدود به مناطق خاص و در دیگر مناطق اتفاقی می‌باشد، صحبت از ترسالی و به‌خصوص خشکسالی شاید منطقی نباشد. به هرحال در این فصل پهنه‌های شدت خشکسالی ضعیف (WD) و متوسط با درصد بالاتری در بسیاری از سال‌ها دیده شده و ترسالی‌هایی نیز جدا از دوره ۹۵-۱۹۹۴ الی ۹۹-۱۹۹۸ به‌صورت مجزا قابل مشاهده‌اند (شکل ۵). می‌توان گفت شدت خشکسالی‌ها در فصل زمستان و بهار که دوره غالب بارشی در ایران است، بیشتر از دو فصل دیگر می‌باشد و مساحت بیشتری از کشور درگیر خشکسالی‌های شدید و بسیارشدید بوده است. نکته دیگر اینکه تقریباً رخداد ترسالی و خشکسالی‌ها و پهنه‌های درگیر در شدت‌های مختلف با فصل پاییز معکوس می‌باشد. در بیشتر سال‌هایی که در فصل پاییز خشکسالی ظاهر شده، در این فصل ترسالی دیده می‌شود. این شرایط به‌ویژه در انتهای دوره مطالعاتی مشهودتر است (شکل ۵).



شکل ۵: درصد مساحت شدت‌های ترسالی-خشکسالی فصلی بر روی ایران (از بالا به پایین پاییز، زمستان، بهار و تابستان)

با مشاهده سری زمانی مساحت شدت‌های ترسالی- خشکسالی در مقیاس ماهانه، تقریباً ۳ الگو قابل تفکیک است (شکل ۶). ماه‌های ژوئن، ژولای، اوت و سپتامبر که در آن خشکسالی ضعیف گستره غالب در اکثر سال‌ها بوده است. در دو ماه ژوئن و ژولای ترسالی‌های نادر و فراگیر تا نسبتاً فراگیری نیز رخ داده، اما در ماه اوت و به‌خصوص سپتامبر ترسالی‌ها حداکثر نیمی از کشور را پوشش داده‌اند (شکل ۶). در دو ماه اکتبر و می پهنه‌های خشکسالی متوسط و شدید به‌ویژه در ماه می نسبت به ماه‌های دوره گرم افزایش محسوسی داشته است. گستره‌های خشکسالی متوسط در ماه اکتبر در چند مقطع زمانی از میانه دهه ۸۰ میلادی تا پایان دهه اول قرن ۲۱ به شکل دوره‌های چندساله تکرار شده‌اند. همین شرایط در ماه می نیز قابل رؤیت است با این تفاوت که در این ماه پهنه‌های خشکسالی شدید نیز به‌صورت واضح در چند سال اول قرن ۲۱ دیده می‌شود (شکل ۶). پهنه‌های ترسالی در ماه می به‌صورت دوره‌های چندساله نیز قابل مشاهده است؛ ولی در ماه اکتبر بیشتر ترسالی‌ها در سال‌های مجزا دیده می‌شود. در ماه‌های دیگر سال از نوامبر الی آوریل پهنه‌های شدت مختلف خشکسالی به‌خصوص خشکسالی شدید زیاد دیده می‌شود. در این ۶ ماه که دوره اصلی بارشی ایران می‌باشد، مشاهده پی‌درپی درصد بالای گستره خشکسالی جلب توجه می‌کند. در

همین ماه‌ها به‌ویژه ماه‌های ژانویه و مارس بالاترین درصد مساحت‌های خشکسالی بسیارشدید دیده می‌شود. با این حال چند اختلاف در درصد پهنه‌های ترسالی- خشکسالی نیز قابل رؤیت است. در ماه‌های دسامبر و ژانویه در سال-های انتهای دوره با افزایش مساحت‌های تحت خشکسالی روبرو هستند. درحالی‌که در ماه نوامبر، مارس و آوریل این شرایط برعکس بوده و گستره ترسالی در کشور غالب بوده است (شکل ۶).



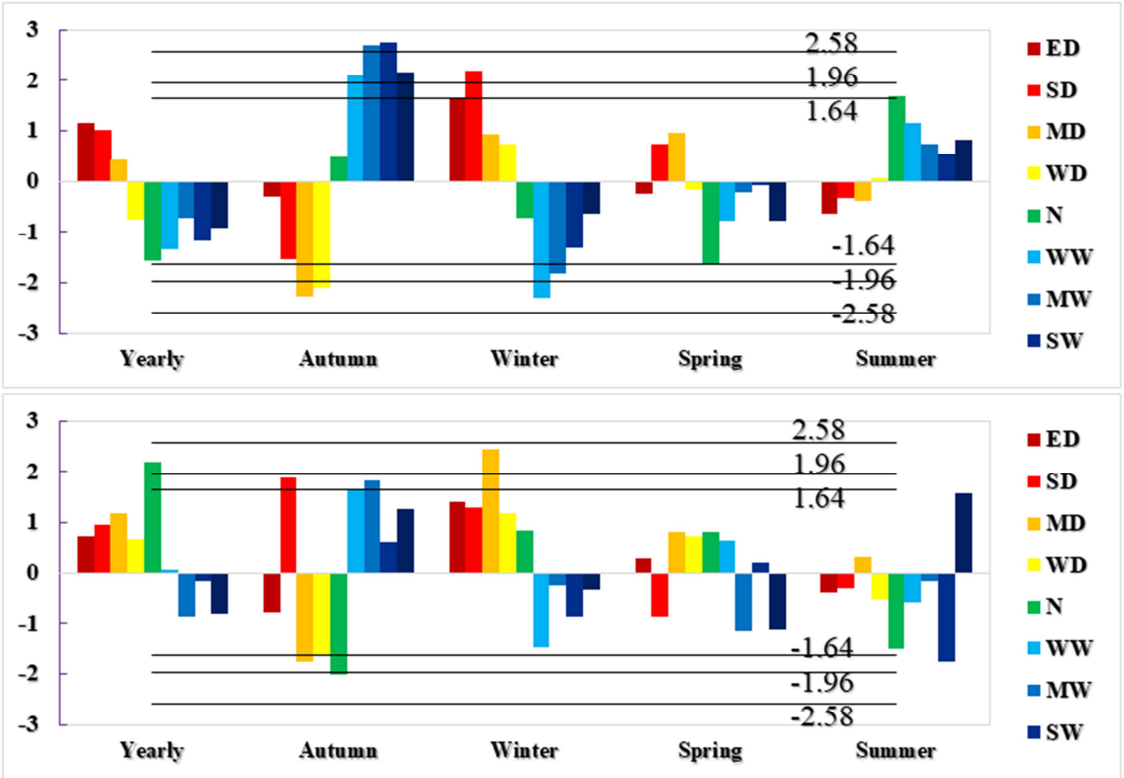
شکل ۶: درصد مساحت شدت‌های ترسالی-خشکسالی ماهانه برروی ایران

روند تغییرات مساحت- شدت ترسالی- خشکسالی

همان‌طورکه در بررسی سری‌های زمانی و تغییرپذیری مساحت شدت‌های ترسالی- خشکسالی دیده شد، پهنه‌های شدت ترسالی- خشکسالی در سری‌های مختلف تغییرپذیری گاه بالایی از خود نشان داده و یا افزایش و کاهشی در مساحت آنها دیده می‌شود. در این بخش برای جواب به سوال دوم پژوهش در خصوص چگونگی روند تغییرات شدت و پهنه‌های شدت ترسالی- خشکسالی نتایج آزمون من‌کندال که برروی داده‌های سری زمانی شدت و مساحت‌های ترسالی- خشکسالی در سه مقیاس زمانی سالانه، فصلی و ماهانه انجام پذیرفته، ارائه می‌شود. در مقیاس سالانه، روند تغییرات مساحت‌های خشکسالی بسیارشدید، شدید، متوسط، ترسالی ضعیف، پهنه‌های نرمال و خشکسالی ضعیف در ایران در حال کاهش و پهنه‌های خشکسالی متوسط، شدید و بسیارشدید در حال افزایش است. اگرچه هیچ کدام از

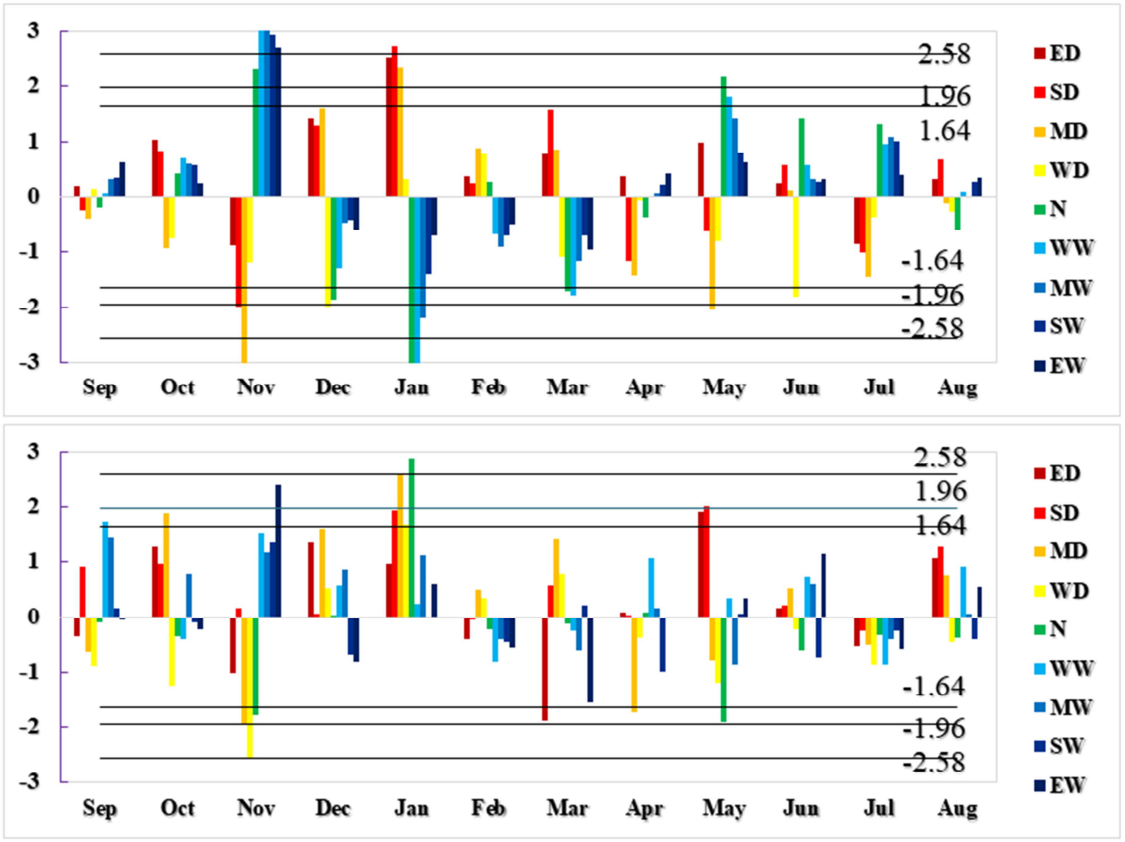
این تغییرات دارای روندی معنی‌دار نبوده‌اند؛ ولی افزایش مساحت‌های خشکسالی بسیارشدید و شدید در مقابل کاهش مساحت ترسالی‌های و پهنه‌های نرمال نگران کننده است. همچنین شدت شاخص منفی (تمام شدت‌های خشکسالی) گرچه معنی‌دار نیست، ولی افزایشی و در مقابل شاخص مثبت (ترسالی) کاهشی بوده است. در مقیاس فصلی، در فصل پاییز روند معنی‌دار در تغییرات کاهشی مساحت خشکسالی شدید، متوسط، ضعیف و پهنه نرمال و در مقابل افزایشی مساحت ترسالی‌های بسیارشدید، شدید، متوسط و ضعیف دیده می‌شود (شکل ۷). این شرایط در زمستان تقریباً بر عکس بوده، به‌طوری‌که روند تغییرات مساحت همه شدت‌های خشکسالی افزایشی و در مقابل گستره‌های شرایط نرمال، و تمامی شدت‌های ترسالی به‌ویژه ترسالی‌های ضعیف و متوسط کاهشی بوده است. روند تغییرات پهنه‌های ترسالی و خشکسالی در فصل بهار پرنوسان است، ولی افزایش مساحت خشکسالی‌های شدید و متوسط در مقابل کاهش گستره‌ی ترسالی بسیارشدید، ضعیف و به‌خصوص شرایط نرمال مشخص‌تر است. در فصل تابستان روند پهنه‌های ترسالی بسیارشدید، شدید، متوسط، ضعیف و گستره‌ی نرمال و خشکسالی ضعیف در حال افزایش و از سویی دیگر پهنه‌های خشکسالی بسیارشدید، شدید و متوسط در حال کاهش می‌باشند (شکل ۷).

علاوه بر آن شدت شاخص نیز به‌خصوص در دو فصل پاییز و زمستان تغییر معنی‌داری داشته است. در فصل پاییز و به‌ویژه ماه نوامبر، میزان شاخص مثبت (در تمام طبقات ترسالی) افزایش و در آن سو شاخص منفی (خشکسالی‌های ضعیف، متوسط و شدید) کاهش یافته‌اند. درمقابل در فصل زمستان گرچه شدت شاخص منفی (مثبت) افزایش (کاهش) نشان داده، ولی فقط افزایش شدت خشکسالی متوسط معنی‌دار بوده است (شکل ۷).



شکل ۷: (بالا) روند تغییرات گستره‌ی شدت و (پایین) روند شدت‌های ترسالی-خشکسالی سالانه و فصلی برروی ایران (۲۰۲۰ – ۱۹۷۹)

روند تغییرات پهنه‌های ترسالی - خشکسالی ماهانه در شکل ۸ آمده است. در این شکل روند تغییرات معنی‌دار افزایشی مساحت شدت‌های مختلف ترسالی و شرایط نرمال در ماه نوامبر و کاهش مساحت‌های شدت خشکسالی که در شدت‌های متوسط و شدید که به ترتیب در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد معنی‌دار هستند، قابل‌توجه‌تر می-باشد. این شرایط با میزان تغییرات کمتر در ماه‌های ژوئن، ژولای، آوریل و می نیز دیده می‌شود. در این ماه‌ها فقط افزایش پهنه‌های نرمال در دو ماه می و ژوئن و کاهش مساحت‌های خشکسالی شدید و متوسط در ماه آوریل، خشکسالی متوسط در ماه می و ضعیف در ماه ژوئن معنی‌دار بوده است. در نقطه مقابل در ماه‌های دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس روند تغییرات پهنه‌ها معکوس بوده است. در این ماه‌ها به‌خصوص ماه ژانویه، مارس و دسامبر پهنه‌های ترسالی روند کاهشی محسوسی داشته‌اند که کاهش پهنه‌های ترسالی متوسط در ژانویه و پهنه‌های ترسالی ضعیف در هر دو ماه مارس و آوریل و گستره نرمال در هر سه ماه معنی‌دار بوده است. به‌طورکلی در شروع و انتهای دوره بارشی سالانه در ماه‌های سپتامبر الی نوامبر و آوریل الی اوت، پهنه‌های ترسالی تغییرات افزایشی داشته، ولی در دوره سرد سال و بارشی ایران تغییرات کاهشی پهنه‌های ترسالی و افزایش گستره‌های خشکسالی بارزتر بوده است (شکل ۸).



شکل ۸: (بالا) روند تغییرات گستره‌ی شدت و (پایین) روند شدت‌های ترسالی-خشکسالی ماهانه برروی ایران (۲۰۲۰ – ۱۹۷۹)

تغییرات شدت شاخص در طبقه‌های ترسالی - خشکسالی نیز در بعضی از ماه‌ها معنی‌دار بوده است. در ماه نوامبر که گستره‌های ترسالی (خشکسالی) افزایشی (کاهشی) بود، شدت شاخص مثبت (منفی) به‌ویژه ترسالی بسیارشدید (خشکسالی ضعیف و متوسط) نیز افزایشی (کاهشی) بوده است. در ماه‌های ژانویه و مارس که روند گستره‌ها برعکس نوامبر بود، شدت شاخص تغییرات همسو با گستره‌ها ندارد. در ماه ژانویه مقادیر شاخص به‌خصوص در خشکسالی‌های ضعیف تا شدید و شرایط نرمال افزایش معنی‌داری داشته است؛ اما در ماه مارس، مقدار شاخص در طبقه ترسالی و خشکسالی بسیارشدید کاهشی بوده است. همچنین در ماه می از فصل بهار، مساحت شدت‌های ترسالی - خشکسالی تغییرات معنی‌دار و شدت‌های شاخص نیز در طبقه‌های خشکسالی شدید و بسیارشدید در این ماه افزایش معنی‌داری نشان داده‌اند (شکل ۸).

با توجه به نتایج می‌توان گفت که شدت ترسالی بسیارشدید به مراتب بیشتر از پهنه‌های دیگر ترسالی بوده و با تداوم یک و دوساله رخ داده است. در مقابل گستره‌ی خشکسالی‌ها با توالی چند ساله با دو دوره مشخص: ۱. دوره ۶ ساله از سال ۹۹-۱۹۹۸ الی ۰۴-۲۰۰۳ که سه سال ابتدایی دوره، خشکسالی بسیارشدید پیوسته بوده، ۲. دوره ۱۱ ساله از سال ۰۸-۲۰۰۷ تا ۱۸-۲۰۱۷ که در ابتدا و انتهای این دوره خشکسالی فراگیر بیش از ۷۰ درصد مساحت کشور را پوشانده بوده است، رخ داده است. واکاوی روند تغییرات گستره‌ی شدت‌های مختلف ترسالی - خشکسالی ایران حاکی از این است که تمام پهنه‌های ترسالی سالانه و همچنین نرمال، کاهشی و درمقابل پهنه‌های خشکسالی بسیارشدید، شدید و متوسط گرچه معنی‌دار نبوده، ولی روندی افزایشی نشان می‌دهد. هرچند یزدانی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی فراوانی خشکسالی‌های ایران با شاخص ۱۲ ماهه SPI، بیشترین مقدار مساحت کشور را در خشکسالی ضعیف سالانه دانسته‌اند؛ ولی نتایج مطالعه نشان داد که بیشترین مقدار مساحت کشور در خشکسالی شدید و ترسالی بسیارشدید بوده است. این تفاوت به‌علت استفاده از شاخص SPI است که با میانگین متحرک، بارش‌ها شدید و یا دوره‌های کم بارشی را تعدیل می‌کند. همچنان که رضایی و همکاران (۱۳۹۷) بیان کردند، استفاده از توابع توزیع شاخص SPI در مقیاس سالانه باعث تغییر فراوانی و در نتیجه جابه‌جایی طبقات مختلف خشکسالی می‌شود.

مطالعات چرخه‌های معنی‌دار بارش در ایران نشان داده‌اند که چرخه‌های ۳-۲ ساله، ۵-۳ ساله، ۶-۲ ساله و گاهی ۱۱ ساله و بالاتر حاکم است (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ دوستکامیان، ۱۴۰۰). اما نتایج این پژوهش حاکی از این است که دوره‌های غالب موجود در سری‌های زمانی ترسالی‌ها و خشکسالی‌های ایران بسیار متنوع بوده که نتایج پژوهش دانشمند و محمودی (۲۰۱۷) تأییدی بر این امر می‌باشد. اما به‌طورکلی برخی محققین به این نتیجه رسیده‌اند که برای دوره‌های بلندمدت خشکسالی‌ها، می‌توان در کل ایران دو دوره ۱۰ ساله و ۳۰ ساله را به‌عنوان دوره‌های غالب در نظر گرفت. اما در خصوص دوره‌های کوتاه‌مدت این مخاطره، نمی‌توان برای کل ایران یک دوره غالب مشخص کرد (دانشمند و محمودی، ۱۳۹۵؛ محمودی و دانشمند، ۱۳۹۷). همچنین دوره بازگشت ترسالی‌ها و خشکسالی‌های ایران در یک مقیاس منطقه‌ای می‌تواند بسیار کوتاه مدت باشد (محمودی و همکاران، ۱۳۹۹).

در مقیاس فصلی، فصل زمستان و بهار بیشترین گستره‌ی مشاهده‌شده خشکسالی‌های شدید و بسیارشدید بوده است. این در حالی است که این فصل‌ها دوره غالب بارشی در ایران می‌باشند (کریمی و فرجزاده،۱۳۹۰؛ موحدی، ۱۳۹۰؛ دوستکامیان، ۱۴۰۰). اما در فصل پاییز، گستره شدت‌های ترسالی - خشکسالی برعکس دو فصل گفته‌شده می‌باشد.

این شرایط به‌ویژه در انتهای دوره مطالعاتی مشهودتر است که می‌تواند ناشی از روند افزایشی بارش در این فصل (کریمی و همکاران، ۱۴۰۰) به‌علت تغییرپذیری گردش‌های جوی (لشکری و همکاران، ۱۳۹۶؛ طولابی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۸) و تغییر مسیر سامانه‌های بارشی کشور (خجسته[1]، ۲۰۲۰) باشد.

گستره‌های ترسالی - خشکسالی ماهانه نیز حاکی از تمرکز بیشتر رخدادهای ترسالی در ماه نوامبر اما با تغییرپذیری بالا و درمقابل تمرکز پهنه‌های وسیع خشکسالی‌های شدید و بسیارشدید در دوره بارشی به‌ویژه ماه‌های ژانویه و دسامبر در طی سال‌های اخیر می‌باشد. این در حالی است که عمیق‌ترین میزان بارش ایران در طی ماه‌های دسامبر تا فوریه ریزش می‌کند (رضیئی و همکاران، ۲۰۰۹؛ هادی پور و همکاران، ۲۰۲۰) که این می‌تواند نمایان‌گر تمایل به افزایش دوره‌های خشک در فصل‌های زمستان و بهار به‌ویژه ماه دسامبر، ژانویه و مارس و همچنین تمایل به افزایش دوره‌های تر در فصل پاییز به‌خصوص ماه نوامبر باشد. در مقیاس ماهانه تغییرات درصد مساحت شدت‌های ترسالی-خشکسالی ایران در سال‌های اخیر نوسانات بیشتری داشته که دلیل آن می‌تواند افزایش ناهنجاری‌های بارش در نواحی مختلف ایران در سال‌های اخیر باشد (کیانیان و همکاران، ۱۳۹۵). این شرایط را می‌توان شاهدی بر تغییر رژیم بارشی ایران دانست که موحدی و همکاران (۱۳۹۰) نیز به آن اشاره داشته‌اند.

علاوه بر آن شدت شاخص نیز به‌خصوص در دو فصل پاییز و زمستان تغییر معنی‌داری داشته است. در فصل پاییز و به‌ویژه ماه نوامبر، میزان شاخص مثبت (در تمام طبقات ترسالی) افزایش و در آن سو شاخص منفی (خشکسالی‌های ضعیف، متوسط و شدید) کاهش یافته‌اند. در مقابل در فصل زمستان گرچه شدت شاخص منفی (مثبت) افزایش (کاهش) نشان داده، ولی فقط افزایش شدت خشکسالی متوسط معنی‌دار بوده است. در این فصل در ژانویه که مساحت‌های خشکسالی افزایشی و ترسالی کاهشی بوده اما شدت شاخص افزایشی بوده و در شاخص منفی (خشکسالی ضعیف و متوسط) و شرایط نرمال معنی‌دار بوده است. در بهار و به‌ویژه می، برخلاف روند مساحت‌ها، شدت شاخص منفی (خشکسالی شدید و بسیارشدید) افزایش معنی‌دار داشته است. در ماه مارس به‌عنوان پربارش‌ترین ماه کشور، اگرچه گستره‌های خشکسالی افزایش و کاهش ترسالی‌ها معنی‌دار بوده، ولی شدت شاخص در دو محدوده انتهایی (ترسالی و خشکسالی بسیارشدید) کاهشی بوده است. اگرچه در بعضی از ماه‌ها از گستره مساحت خشکسالی کاسته شده، ولی شدت آنها کمی افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری

خشکسالی‌های ایران بعد از ترسالی‌های بسیارشدید یک الی دو ساله، در توالی‌های چندساله رخ می‌دهند که شروع و پایان دوره‌ها بیشتر همراه با خشکسالی‌های بسیارشدید و فراگیر بوده است. این شرایط و رابطه بالا بین تغییرپذیری سالانه بارش و گستره‌های ترسالی خشکسالی و رابطه بیشتر با مساحت‌های خشکسالی در کشور بیانگر ویژگی اصلی اقلیم بارشی ایران، یعنی احتمال رخداد بالای بی‌هنجارهای بارشی البته با رخداد بیشتر خشکسالی می‌باشد. می‌توان گفت شرایط نرمال بارشی نادر بوده و تنها درصد کمی از مساحت کشور را پوشش می‌دهد. بنابراین، رژیم بارشی ایران در گستره‌های بزرگی از آن بین دو رخداد حدی و بی‌هنجاری‌های مکرر مثبت و منفی در نوسان است.

1 - Khojasteh

کاهش گستره‌های خشکسالی و افزایش پهنه‌های ترسالی در فصل پاییز به‌خصوص ماه نوامبر و درمقابل کاهش گستره‌های ترسالی و افزایش پهنه‌های خشکسالی شدید و بسیارشدید در زمستان و تا حدودی بهار به‌ویژه ماه‌های ژانویه و مارس ناشی از تغییرات گردش جو مؤثر در بارش ایران و پی‌آمد آن می‌تواند تغییر رژیم بارشی کشور باشد. این امر به‌همراه بی‌هنجاری بارش زمستان و بهار می‌تواند شرایط نامناسب منابع آب به‌خصوص در دوره بدون بارش، فصل گرم را در سال‌های پیش‌رو تشدید نماید. جابه‌جایی زمانی بارش به‌همراه نوسان بارش ایران بین دو بی‌هنجاری مثبت و منفی، آسیب‌پذیری و ریسک در بخش‌های مختلف به‌ویژه منابع‌آب و کشاورزی را در آینده افزایش می‌دهد.

منابع

اسماعیلی، حسین؛ روشنی، احمد؛ شکیبا، علیرضا؛ پرک، فاطمه. (۱۳۹۷). روند وردایی فرین‌های اقلیمی براساس شاخص‌های ترکیبی تغییراقلیم در گستره ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۷ (۴)، ۱۱۰-۸۹. doi.10.22067/GEO.V0I0.67984

اشرفی، سعیده. (۱۳۸۹). پهنه‌بندی شمال‌غرب ایران با استفاده از روش‌های تحلیل خوشه‌ای و تحلیل ممیزی. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱ (۴-۳)، ۴۴-۲۷.

اصلاحی، مهدی؛ سبحانی، بهروز؛ پوراصغر، فرناز. (۱۳۸۹). بررسی و کاربرد شاخص خشکسالی تبخیر و تعرق بارش استانداردشده (SPEI). پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۵ (۱۹-۲۰)، ۳۸-۲۳.

امین، پیمان؛ ملکی‌نژاد، حسین. (۱۳۹۶). بررسی و مقایسه دوره‌های خشکسالی با استفاده از نمایه‌های مبتنی بر بارش در برخی مناطق مرکزی و غرب کشور. مدیریت حوزه آبخیز، ۸ (۱۶)، ۲۸۱-۲۷۱. doi.10.29252/jwmr.8.16.271

بابایی فینی، ام السمله؛ علیجانی، بهلول. (۱۳۹۲). تحلیل فضایی خشکسالی‌های بلند مدت ایران. پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۴۵ (۳)، ۱۲-۱. doi.10.22059/JPHGR.2013.35831

بازگیر، سعید؛ اسعدی اسکویی، ابراهیم؛ عباسی، فائزه؛ رضازاده، پرویز؛ حقیقت، مسعود. (۱۳۹۹). مطالعه تطبیقی کارایی برخی نمایه‌های خشکسالی هواشناسی در مناطق مختلف اقلیمی ایران. تحقیقات آب‌وخاک ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۵۱ (۱۱)، ۲۷۶۰-۲۷۵۱. doi.10.22059/IJSWR.2020.301067.668581

پرک، فاطمه؛ خاکی، علی؛ روشنی، احمد. (۱۳۹۷). واکاوی اقلیم‌شناختی الگوهای واگرایی شار رطوبت در بارش‌های سنگین منجر به سیل در جنوب‌غرب ایران با تاکید بر سیلاب‌های فروردین ماه ۱۳۹۸. هواشناسی و علوم جوّ، ۱ (۴)، ۳۸۰-۳۹۳.

پرک، فاطمه؛ روشنی، احمد؛ علیجانی، بهلول. (۱۳۹۴). واکاوی همدیدی سامانه کم‌فشار سودانی در رخداد ترسالی‌ها و خشکسالی نیمه جنوبی ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۴ (۳)، ۹۰-۷۵. doi.10.22067/GEO.V4I3.40062

تاج‌بخش، سحر؛ عیسی خانی، نسرین، فضل کاظمی، امین. (۱۳۹۴). ارزیابی خشکسالی هواشناسی در ایران با استفاده از شاخص «استانداردشده بارش و تبخیر- تعرق (SPEI)». فیزیک زمین و فضا، ۴۱ (۲)، ۳۱۳-۳۲۱. doi.10.22059/JESPHYS.2015.52888

حجازی‌زاده، زهرا؛ عساکره، حسین؛ صیادی، فریبا. (۱۳۹۵). تغییراقلیم و توزیع زمانی- مکانی بارش در پهنه ایران‌زمین. جغرافیا، ۱۴ (۵۰)، ۵۴-۳۳.

حکیم‌دوست، سیدیاسر؛ رستگار، محسن؛ پورزیدی، علی‌محمد؛ حاتمی، حسین. (۱۳۹۳). تحلیل فضایی خشکسالی اقلیمی و اثرات آن بر الگوی فضایی مکان‌گزینی سکونتگاه‌های روستایی (مطالعه موردی روستاهای استان مازندران). جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۳ (۳)، ۷۶-۶۱. doi.10.22067/GEO.V3I3.32701

خزانه‌داری، لیلی؛ زابل عباسی، فاطمه؛ قندهاری، شهرزاد؛ منصوره، کوهی؛ ملبوسی، شراره. (۱۳۸۸). دورنمایی از وضعیت خشکسالی ایران ایران طی سی سال آینده. جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ۷ (۱۲)، ۹۸-۸۳. doi.10.22067/GEOGRAPHY.V7I12.8929

خسروی، محمود؛ زهرایی، اکبر؛ حیدری، حسین؛ بنی نعیمه، سارا. (۱۳۹۱). تعیین مناطق هم خشکسالی استان گیلان با استفاده از شاخص ناهنجاری بارش. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱ (۳)، ۲۰-۱.doi.10.22067/GEOGRAPHY.V7I12.8929

دانشمند، حجت‌اله؛ محمودی، پیمان. (۱۳۹۵). تحلیل طیفی خشکسالی‌های ایران. ژئوفیزیک ایران، ۱۰ (۴)، ۴۷-۲۸.
دوستان، رضا. (۱۳۹۸). تحلیل بر تحقیقات خشکسالی در ایران. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۶ (۴)، ۹۴-۵۳. doi.10.29252/jsaeh.6.4.53
دوستکامیان، مهدی؛ عساکره، حسین؛ دارند، محمد. (۱۴۰۰). بررسی و تحلیل آشفتگی، نوسانات و جهش نواحی بارشی ایران. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۱ (۶۰)، ۱۴۹-۱۲۷. doi.10.52547/jgs.21.60.127
رضایی، حسین؛ خان‌محمدی، ندا؛ منتضری، مجید؛ بهمنش، جواد. ۱۳۹۷. ارزیابی انتخاب تابع توزیع احتمال مناسب در استفاده ازشاخص‌های خشکسالی SPI و RDI. دانش آب و خاک (دانش کشاورزی)، ۲۸ (۱)، ۴۰-۲۹.
رضیئی، طیب؛ دانش‌کار آراسته، پیمان؛ ثقفان، بهرام. (۱۳۸۶). بررسی الگوی زمانی و مکانی خشکسالی‌های هواشناسی در استان سیستان-وبلوچستان. کشاورزی، ۳۰ (۱)، ۹۹-۸۶.
رنجبرسعادت‌آبادی، عباس؛ پناهی، علی؛ فتاحی، ابراهیم. (۱۳۹۳). تأثیر نابهنجاری‌های ماهانه الگوهای گردشی جو در رخداد دوره‌های خشک و تر در غرب و شمال‌غرب ایران. اقلیم‌شناسی، ۵ (۱۸-۱۷)، ۱۰۹-۹۱.
طولابی‌نژاد، میثم؛ حجازی‌زاده، زهرا؛ سلیقه، محمد. (۱۳۹۸). توزیع فضایی سامانه‌های بندالی و همزمان آن با ترسالی‌های فصل‌های سرد در ایران. جغرافیا، ۱۷ (۶۲)، ۴۰-۲۰.
عزیزی، قاسم. (۱۳۷۹). ال‌نینو و دوره‌های خشکسالی- ترسالی در ایران. پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۲ (۳۸)، ۸۴-۷۱.
عسگری، احمد؛ رحیم‌زاده، فاطمه. (۱۳۸۲). برجستگی نوسان بارش در کشور نسبت به روند و جهش آن. سومین کنفرانس و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. اصفهان، ۲۹ مهر الی اول آبان سال ۱۳۸۲، ۲۴۲-۲۳۴.
علیجانی، بهلول؛ بابایی فینی، ام السلمه. (۱۳۸۸). تحلیل فضایی خشکسالی‌های کوتاه‌مدت ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۱ (پیش شماره)، ۱۲۱-۱۰۹.
علیجانی، بهلول؛ بیات، علی؛ دوستکامیان، مهدی؛ بلیانی، یداله. (۱۳۹۵). تحلیل طیفی سری‌های زمانی بارش سالانه ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۰ (۵۷)، ۲۳۷-۲۱۷.
علیجانی، بهلول؛ دوستکامیان، مهدی؛ اشرفی، سعیده؛ شاکری، فهیمه. (۱۳۹۴). بررسی تغییرات الگوهای خودهمبستگی فضایی درون دهه‌ای بارش ایران طی نیم قرن اخیر. جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، ۵ (۱۴)، ۸۸-۷۱. doi.10.22111/GAIJ.2015.1914
علیزاده، شهمراد؛ محمدی، حسین. (۱۳۹۴). مدل‌سازی سیستم دینامیک با استفاده از الگوی توزیع زمانی و مکانی خشکسالی در ایران. جغرافیا، ۱۳ (۴۷)، ۱۶۰-۱۴۱.
فاطمی، مهران؛ امیدوار، کمال؛ نارنگی‌فرد، مهدی؛ حاتمی بهمن بیگو، خداکرم. (۱۳۹۴). شناخت الگوهای همدید مؤثر بر دوره‌های ترسالی و خشکسالی در ایران مرکزی. جغرافیای طبیعی، ۸ (۲۹)، ۴۰-۱۹. doi.20.1001.1.20085656.1394.8.29.2.3
فتاحی، ابراهیم؛ بابایی فینی، ام‌السلمه. (۱۳۹۳). طبقه‌بندی الگوهای همدیدی بارش‌زا و خشکسالی‌زا در ایران زمین. تحقیقات جغرافیایی، ۲۹ (۱)، ۱۲۲-۱۰۵.
فتاحی، ابراهیم و بهیار، محمدباقر. (۱۳۹۰). بررسی الگوهای سینوپتیکی خشکسالی‌های فراگیر در استان چهارمحال بختیاری. تحقیقات جغرافیایی، ۲۲۶ (۲)، شماره ۲، ۱۰۰-۷۹.
کریمی احمدآباد، مصطفی؛ جعفری، مهناز؛ خوش‌اخلاق، فرامرز؛ بازگیر، سعید. (۱۳۹۸). نقش تغییرات رطوبت انتقال‌یافته در رخداد خشکسالی و ترسالی ایران. پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۵۱ (۴)، ۵۶۲-۵۴۵. doi.10.22059/JPHGR.2019.244445.1007134
کریمی، مصطفی؛ فرجزاده، منوچهر. (۱۳۹۰). شار رطوبت و الگوهای فضایی- زمانی منابع تأمین رطوبت بارش‌های ایران. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۱ (۲۲)، ۲۲-۳۸.
کریمی، مصطفی؛ جعفری، مهناز. (۱۳۹۷). تغییرپذیری سالانه و روند تغییرات مساحت خشکسالی- ترسالی در ایران. دومین کنفرانس ملی آب‌وهواشناسی ایران، مشهد، ۶۱۰-۶۰۵.
کریمی، مصطفی؛ حیدری، سوسن؛ رفعتی، سمیه. (۱۴۰۰). روند تغییرات مؤلفه‌های جوی چرخه آب (بارش و آب‌قابل بارش) در حوضه-های آبریز ایران. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۸ (۲)، ۵۴-۳۳.

کریمی، مصطفی؛ خوش‌اخلاق، فرامرز؛ شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ نوروزی، فهمیه. (۱۳۹۸). الگوهای گردشی پراتفاع جنب‌حاره‌ای عربستان در تراز میانی و ارتباط آن با بارش ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۳ (۶۹)، ۲۵۵-۲۳۳.

کشاورز، محمدرضا؛ وظیفه دوست، مجید؛ فتاحی، ابراهیم؛ بهیار، محمدباقر. (۱۳۹۱). الگوی توزیعی جهت و شدت روند تغییرات ایران به کمک نمایه توزیعی شدت خشکسالی پالمر. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۲ (۲۷)، ۱۱۰-۹۷.

کیانیان، محمدکیا؛ صالح پورجم؛ حاجی‌محمدی، حسن؛ رسولی، فهیمه. (۱۳۹۵). بررسی و ارتباط خشکسالی و ترسالی‌های غرب ایران با الگوهای سینوپتیکی جو. آمایش جغرافیا فضا، ۶ (۲۲)، ۱۹۲-۱۷۵.

کیانیان، محمدکیا؛ حاجی محمدی، حسن؛ کابلی، سیدحسن؛ مشکی، علیرضا؛ عسگری، حمیدرضا. (۱۳۹۷). مطالعه و شناسایی الگوهای دینامیکی همدیدی مؤثر بر رخداد خشکسالی‌های استان سمنان. آمایش جغرافیایی فضا، ۸ (۲۸)، ۳۲-۱۹.

لشکری، حسن؛ متکان، علی‌اکبر؛ آزدای، مجید؛ محمدی، زینب. (۱۳۹۶). تحلیل همدیدی نقش پرفشار جنب حاره‌ای عربستان و رودباد جنب‌حاره‌ای در خشکسالی‌های شدید جنوب و جنوب‌غرب ایران. پژوهش‌های دانش‌زمین، ۸ (۳۰)، ۱۶۳-۱۴۱. doi. 20.1001.1.20088299.1396.8.2.10.0

متکان، علی‌اکبر؛ شکیبا، علیرضا؛ میرباقری، بابک؛ فلاحی. (۱۳۹۳). محاسبه عدم قطعیت محلی و مکانی بارش با استفاده از الگوریتم‌های شبیه‌سازی زمین آماری SGS و CO-SGS. سنجش‌ازدور و GIS ایران، ۶ (۳)، ۱۵-۱.

مجرد، فیروز؛ خیری، راضیه؛ نوری، زهرا. (۱۳۹۳). تحلیل فراوانی خشکسالی‌های روزانه در ایران با شاخص خشکسالی مؤثر. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۴ (۳۵)، ۴۸-۲۹.

محمودی، پیمان؛ دانشمند، حجت‌اله. (۱۳۹۷). کاربرد تحلیل موجک در شناسایی رفتار دوره‌ای خشکسالی‌های ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۷ (۱)، ۱۶۸-۱۵۳. doi.10.22067/GEO.V7I1.60717

محمودی، پیمان؛ رزمجو، سمیرا؛ جهانشاهی، سید مهدی امیر. (۱۳۹۹). همپوشانی دوره تناوب شاخص نوسان اطلس شمالی (NAO) با دوره تناوب خشکسالی‌ها و ترسالی‌های ایران. ژئوفیزیک ایران، ۱۴ (۱)، ۱۰۴-۹۱. doi.10.30499/IJG.2020.104299

مسعودیان، ابوالفضل؛ کاویانی، محمدرضا. (۱۳۸۷). اقلیم‌شناسی ایران، چاپ اول، انتشارات دانشگاه اصفهان.

معروفی، صفر؛ طبری، حسین. (۱۳۹۰). آشکارسازی روند تغییرات دبی رودخانه مارون با استفاده از روش‌های پارمتری و ناپارمتری. تحقیقات جغرافیایی، ۲۶ (۲)، ۱۴۶-۱۲۵.

معصوم‌پور سماکوش، جعفر. (۱۳۸۴). مطالعه سینوپتیکی خشکسالی‌های فراگیر در سواحل جنوبی خزر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، جغرافیای طبیعی گرایش اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

موحدی، سعید؛ عساکره، حسین؛ سبزی پرور، علی اکبر؛ مسعودیان، ابوالفضل؛ مریانجی، زهره. (۱۳۹۰). بررسی تغییرپذیری رژیم بارش در ایران. آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی، ۲۵ (۶)، ۱۴۴۷-۱۴۳۴. doi.10.22067/JSW.V0I0.12487

الوانکار، سیدرضا؛ نظری، فرزانه؛ فتاحی، ابراهیم. (۱۳۹۴). تأثیر تغییراقلیم بر شدت و دوره بازگشت خشکسالی‌های ایران. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۳ (۲)، ۱۲۰-۹۹. doi.10.18869/acadpub.jsaeh.3.2.99

یزدانی، وحید؛ زارع‌ابیانه، حمید؛ شادمانی، مجتبی. (۱۳۹۰). تحلیل فراوانی و پهنه‌بندی خشکسالی‌های ایران با کاربرد نمایه شاخص استانداردشده بارش. مهندسی منابع آب، ۴ (۸)، ۴۳-۳۱. doi.20.1001.1.20086377.1390.4.8.4.0

Akhtari, R., Morid, S., Mahdian, M. H., & Smakhtin, V. (2009). Assessment of areal interpolation methods for spatial analysis of SPI and EDI drought indices. International Journal of Climatology, 29(1), 135-145. doi.org/10.1002/joc.1691

Daneshmand, H. and Mahmoudi, P. (2017). Estimation and assessment of temporal stability of periodicities of droughts in Iran. Water Resources Management, 31(11), 3413-3426. doi.org/10.1007/s11269-017-1676-8

Ekwezuo, C.S. and Madu, J.C. (2020). Evaluation of Different Rainfall-based Drought Indices Detection of Meteorological Drought Events in Imo State, Nigeria. Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 24(4), 713-717. doi. 10.4314/jasem.v24i4.25

Ely, L.L., Enzel, Y., Baker, V.R. and Cayan, D.R. (1993). A 5000-year record of extreme floods and climate change in the southwestern United States. Science, 262(5132), 410-412. DOI: 10.1126/science.262.5132.4

Forzieri, G., Feyen, L., Russo, S., Vousdoukas, M., Alfieri, L., Outten, S., Migliavacca, M., Bianchi, A., Rojas, R. and Cid, A. (2016). Multi-hazard assessment in Europe under climate change. Climatic Change, 137(1), 105-119. doi.org/10.1007/s10584-016-1661-x

Ganji, M.H. (1968). Climate. In: The Cambridge History of Iran, the Land of Iran. Cambridge University Press.
Gao, J., Holden, J. and Kirkby, M. (2016). The impact of land-cover change on flood peaks in peatland basins. Water Resources Research, 52(5), 3477-3492. doi.org/10.1002/2015WR017667
HadiPour, S.H., Abd Wahab, A.K. and Shahid, S. (2020). Spatiotemporal changes in precipitation indicators related to bioclimate in Iran. Theoretical and Applied Climatology, 141(1), 99-115. DOI: 10.1007/s00704-020-03192-6
Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Wardlow, B. D., Anderson, M. C., and Kogan, F. (2012). Drought monitoring: Historical and current perspectives.
Heim Jr, R. R. (2002). A review of twentieth-century drought indices used in the United States. Bulletin of the American Meteorological Society, 83(8), 1149-1166. doi.org/10.1175/1520-0477-83.8.1149
Hersbach, H., D., Dee. (2016). ERA5 reanalysis is in production. ECMWF Newsletter No. 147, 7.
Hosseini, A., Ghavidel, Y., Khorshiddoust, A. M., and Farajzadeh, M. (2021). Spatio-temporal analysis of dry and wet periods in Iran by using the Global Precipitation Climatology Center-Drought Index (GPCC-DI). Theoretical and Applied Climatology, 143(3), 1035-1045. DOI: 10.1007/s00704-020-03463-2
Khojasteh, A., 2020. Cyclone tracking affecting precipitation in Iran. Arabian Journal of Geosciences, 13(18), 1-16.
Kim, S., Kim, B., Ahn, T. J., & Kim, H. S. (2011). Spatio-temporal characterization of Korean drought using severity–area–duration curve analysis. Water and Environment Journal, 25(1), 22-30. doi.org/10.1111/j.1747-6593.2009.00184.x
Lin, H., Wang, J., Li, F., Xie, Y., Jiang, C., & Sun, L. (2020). Drought Trends and the Extreme Drought Frequency and Characteristics under Climate Change Based on SPI and HI in the Upper and Middle Reaches of the Huai River Basin, China. Water, 12(4), 1100. doi.org/10.3390/w12041100
Liu, Z., Menzel, L., Dong, C., & Fang, R. (2016a). Temporal dynamics and spatial patterns of drought and the relation to ENSO: a case study in Northwest China. International Journal of Climatology, 36(8), 2886-2898. doi.org/10.1002/joc.4526
Liu, Z., Wang, Y., Shao, M., Jia, X., & Li, X. (2016b). Spatiotemporal analysis of multiscalar drought characteristics across the Loess Plateau of China. Journal of Hydrology, 534, 2. 81-299. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.003
Mahajan, D. R., & Dodamani, B. M. (2015). Trend analysis of drought events over the upper Krishna basin in Maharashtra. Aquatic Procedia, 4, 1250-1257. doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.163
Mallick, J., Talukdar, S., Alsubih, M., Salam, R., Ahmed, M., Kahla, N.B. and Shamimuzzaman, M. (2021). Analyzing the trend of rainfall in the Asir region of Saudi Arabia using the family of Mann-Kendall tests, innovative trend analysis, and detrended fluctuation analysis. Theoretical and Applied Climatology, 143(1), 823-841. doi.org/10.1007/s00704-020-03448-1
Mirza, M.M.Q. (2002). Global warming and changes in the probability of occurrence of floods in Bangladesh and implications. Global environmental change, 12(2), 127-138. doi.org/10.1016/S0959-3780(02)00002-X
Mishra, A. K., Singh, V. P., & Desai, V. R. (2009). Drought characterization: a probabilistic approach. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 23(1), 41-55. doi.org/10.1007/s00477-007-0194-2
Modarres, R., Sarhadi, A. and Burn, D.H. (2016). Changes in extreme drought and flood events in Iran. Global and Planetary Change, 144, 67-81. doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.07.008
Nastos, P.T. and Zerefos, C.S. (2009). Spatial and temporal variability of consecutive dry and wet days in Greece. Atmospheric Research, 94(4), 616-628. DOI: 10.1016/j.atmosres.2009.03.009
Patil, S. R. (2013). Analysis of Spatial Performance of Meteorological Drought Indices. Master of Science Thesis. Supervisor: Steven Quiring. Texas A&M University.
Peterson, T.C., Heim, R.R., Hirsch, R., Kaiser, D.P., Brooks, H., Diffenbaugh, N.S., Dole, R.M., Giovannettone, J.P., Guirguis, K., Karl, T.R. and Katz, R.W. (2013). Monitoring and understanding changes in heat waves, cold waves, floods, and droughts in the United States: State of knowledge. Bulletin of the American Meteorological Society, 94(6), 821-834. doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00066.1
Rahimi, J., Ebrahimpour, M. and Khalili, A. (2013). Spatial changes of extended De Martonne climatic zones affected by climate change in Iran. Theoretical and applied climatology, 112(3), 409-418. doi.org/10.1007/s00704-012-0741-8
Rakhmatova, N., Arushanov, M., Shardakova, L., Nishonov, B., Taryannikova, R., Rakhmatova, V. and Belikov, D.A. (2021). Evaluation of the Perspective of ERA-Interim and ERA5 Reanalyses for Calculation of Drought Indicators for Uzbekistan. Atmosphere, 12(5), 1-14. doi.org/10.3390/atmos12050527
Raziei, T., Saghafian, B., Paulo, A.A., Pereira, L.S. and Bordi, I. (2009). Spatial patterns and temporal variability of drought in western Iran. Water resources management, 23(3), 439-455. doi.org/10.1007/s11269-008-9282-4
Rodriguez-Puebla, C., Encinas, A.H., Nieto, S. and Garmendia, J. (1998). Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula. International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 18(3), 299-316. doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(19980315)18:3<299::AID-JOC247>3.0.CO;2-L
Savari, M., Damaneh, H. E., & Damaneh, H. E. (2022). Drought vulnerability assessment: Solution for risk alleviation and drought management among Iranian farmers. International Journal of Disaster Risk Reduction, 102654. doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102654
Singh, D., Tsiang, M., Rajaratnam, B. and Diffenbaugh, N.S., (2014). Observed changes in extreme wet and dry spells during the South Asian summer monsoon season. Nature Climate Change, 4(6), 456-461. doi.org/10.1038/nclimate2208
Sun, S.L., Li, Q., Li, J., Wang, G. (2019). Revisiting the evolution of the 2009–2011 meteorological drought over Southwest China. J. Hydrol. 568, 385–402. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.071
Tech, T., 2011. Statistical analysis for monotonic trends.

Triola, M.F. (1995). Elementary Statistics ((6th edition)), Addison-Wesley: Reading, MA (1995), 691-693.
Tsakiris, G., & Vangelis, H. (2004). Towards a drought watch system based on spatial SPI. Water resources management, 18(1), 1-12. doi.org/10.1023/ B: WARM.0000015410.47014.a4
Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. Journal of Climate, 23(7), 1696-1718. doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1
Wang, G., Zhang, X., and Zhang, S. (2019). Performance of three reanalysis precipitation datasets over the Qinling-Daba mountains, eastern fringe of Tibetan plateau, China. Advances in Meteorology, 2019. doi.org/10.1155/2019/7698171
Wang, J. and Zhang, X. (2008). Downscaling and projection of winter extreme daily precipitation over North America. Journal of Climate, 21(5), 923-937. doi.org/10.1175/2007JCLI1671.1
Yao, N., Li, Y., Lei, T., et al. (2018). Drought evolution, severity and trends in mainland China over 1961–2013. Sci. Total Environ. 616–617, 73–89. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.327.

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., & Babaei, O. (2009). Spatial analysis of short-term droughts in Iran. Iran. Geogr. Region. Plan, 1, 109-121. [In Persian]

Alijani, B., Bayat, A., Doostkamian, M., & Balyani, Y. (2016). Spectral analysis of time series for annual precipitations in Iran. Geography and planning, 20(57), 217-236. [In Persian]

Alijani, D., Doostkamian, M., Ashrafi, S., & Shakeri, F. (2015). Review the changes in spatial autocorrelation patterns within a decade of precipitation over the last half-century in Iran. Geography and Territorial Spatial Arrangement, 5(14), 71-88. doi.10.22111/GAIJ.2015.1914. [In Persian].

Alizadeh, SH., H., Mohammadi. (2016). Dynamic System Modeling. Geography . 141-160. [In Persian]

Alvankar, S. R., & Fattahi, E. (2016). The Intensity and Return Periods of Drought under Future Climate Change Scenarios in Iran. Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards, 3(2), 99-120. doi.10.18869/acadpub.jsaeh.3.2.99. [In Persian].

Amin, P. M., & Malekinejad, H. (2018). Investigating the drought periods using precipitation-based indices in some regions in central and Western Iran. J Watershed Manag Res, 8(16), 271-81. DOI:10.29252/jwmr.8.16.271. [In Persian].

Asgari, A; Rahimzadeh, F. (2003). The prominence of precipitation fluctuations in the country concerning its trend and jump. Third Conference and First National Conference on Climate Change. Isfahan, October 20 to November 1, 2003, 242-234. [In Persian]

Ashrafi, Saeedeh. 2010. Zoning of northwestern Iran using the methods of cluster analysis and Discriminant Analysis. Climatological researches. Vol 1, Num 3-4, 44-27. [In Persian]

Azizi, G. (2000). Elnino and drought-wet periods in the climate of Iran. Geographical research quarterly. Vol 38, issue 0. 1426. [In Persian]

Babaee, O., & Alijani, B. (2013). Spatial analysis of long-duration droughts in Iran. Physical Geography Research Quarterly, 45(3), 1-12. DOI:10.22059/JPHGR.2013.35831. [In Persian].

Bazgeer, S., Asadi Oskouei, E., Abbasi, F., Rezazadeh, P., Haghighat, M. (2021). Comparative Study of Efficiency of Some Meteorological Drought Indices in Different Climate Regions of Iran. Iranian Journal of Soil and Water Research. 51(11), 2751-2760. doi.10.22059/IJSWR.2020.301067.668581. [In Persian].

Daneshmand, H., & Mahmoudi, P. (2016). Spectral analysis of Iran's droughts. Vol 10(4), Num 5, 28-47. [In Persian]

Doostan, R. (2020). Analysis of drought research in Iran. Spatial Analysis. Vol 6(4), 53-94. DOI 10.29252/jsaeh.6.4.53. [In Persian].

Doustkamian, M., Asakareh, H., Darand, M. (2021), Investigation and analysis of turbulence and fluctuations of rainfall regions of Iran. Research in Geographic Sciences, Vol 21(60), 127-149. doi.10.52547/jgs.21.60.127. [In Persian].

Eslahi, M., Sobhani, B., & Pourasghar, F. (2014). Studying and applying the standardized precipitation evapotranspiration index (Case study: Tabriz Meteorological Station). Journal of Climate Research, 1393(19), 23-38. [In Persian]

Esmaeili, H., Roshani, A., Parak, F. (2018). Trend analysis of climate compound extreme indices in IRAN, Journal of Meteorology and Atmospheric Science, 1(2), 97-113. doi.10.22067/GEO.V0I0.67984. [In Persian].

Fatahi, E., & Behyar, M. (2011). Investigation of synoptic patterns of pervasive drought in Chahar-Mahal and Bakhtiyari Province, Iran. Geography Researches, 26(101), 79-100. [In Persian]

Fatemi, M., Omidvar, K., Narangifard, M., and Hatami Bahman Beiglou, K. (2015). Investigating The Synoptic Patterns Effective in Drought and Wet Years in Central Iran. 19-40. doi.20.1001.1.20085656.1394.8.29.2.3. [In Persian].

Fattahi, Ibrahim and Babaei Fini, Umm al-Salama. (2014). Classification of synoptic patterns of precipitation and drought in Iran. Geographical Research, No., 1: 122-105. [In Persian]

Hakimdost, Y., Rastegar, M., Pourzeidi, A., & Hatami, H. (2014). Analysis of the Climate Drought and Its Effects on Spatial Patterns of Location in Rural Settlement (Case Study Villages in Mazandaran Province). Journal of Geography and Environmental Hazards, 3(3), 61-76. doi.10.22067/GEO.V3I3.32701. [In Persian].

Hejazizadeh, Zahra; Askareh, Hussein; Siyadi, Fariba. (2016). Climate change and temporal-spatial distribution of precipitation in Iran. Geography. New Volume, Year of Jihad, No. 50, 54-33. [In Persian]

Karimi Ahmadabad, M., Jafari, M., Khoshakhlagh, F., & Bazgir, S. (2019). The role of transmitted moisture changes in the occurrence of drought and wet years in Iran. Physical Geography Research Quarterly, 51(4), 545-562. doi.10.22059/JPHGR.2019.244445.1007134. . [In Persian].

Karimi, M. and Jafari, M. (2018). The Variability and Change Trend of Drought-Wet Area in Iran. The 2nd National Conference on the Climatology of Iran, Mashhad, Ferdowsi University of Mashhad. 610-605. [In Persian]

Karimi, M., Heidari, S., & Rafati, S. (2021). The trend of atmospheric water cycle components (precipitation and precipitable water) in catchments of Iran. Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards, 8(2), 0-0. [In Persian]

Karimi, M., Khoshakhlagh, F., Shamsi Por, A. A., & Noruzi, F. (2019). Arabian subtropical High-Pressure circulation patterns in the middle troposphere and its relationship with Iran's Precipitation. Geography and Planning, 23(69), 233-255. [In Persian]

Karimi, Mostafa, Farajzade, M. (2011), Moisture flux and Spatio-temporal pattern of Moisture Supplying Sources for Iran's Precipitation. Applied Researches in Geographical Sciences 19, no. 22, 109-123. [In Persian]

Keshavarz MR, Vazifedoust M, Fatahi E, Behyar MB (2012) Distribution pattern of direction and intensity of drought changes in Iran using Palmer drought intensity distribution index. J Appl Res Geogr Sci 27, 98–101. [In Persian]
Khazanedari, L., Zabol, A. F., Ghandhari, S., Kouhi, M., & Malbousi, S. (2009). Drought conditions in the next thirty years in Iran. doi.10.22067/GEOGRAPHY.V7I12.8929. [In Persian].
Khosravi, M., Zahraei, A., Heydari, H., Bani naimeh, S. (2012). Designated drought regions of Gilan using the rainfall anomaly index. Journal of Geography and Environmental Hazards, 1(3), 1-20. [In Persian]
Kianian, M. K., Haji Mohamdi, H., Kaboli, S. H., Meshki, A. R., & Asgari, H. R. (2018). Studying and identifying Dynamic synoptic patterns affecting droughts occurrence in Semnan province. Geographical Planning of Space, 8(28), 19-32. [In Persian]
Kianian, M; Saleh P; Haji Mohammadi, H; Rasooli, F. (2016). Review and relationship between Western Iranian Wet years and drought and atmospheric synoptic patterns. Geographical Planning of Space Quarterly, Vol 6(22), 192-175. [In Persian]
Lashkari, H., Matkan, A.A., Azadi, M. and Mohammadi, Z. (2017). Synoptic analysis of the role of Saudi Arabia's subtropical high pressure subtropical and polar jet streams and severe droughts in the South and South West of Iran. Journal of Researches in Earth Sciences, 8(2), 141-163. DOI. 20.1001.1.20088299.1396.8.2.10.0. [In Persian].
Mahmoudi, P., & Daneshmand, H. (2018). The Application of Wavelet Analysis to Identify the Periodic Behavior of Droughts in Iran. Journal of Geography and Environmental Hazards, 7(1), 153-168. [In Persian]
Mahmoudi, P., Razmjoo, S., & Amir Jahanshahi, S. M. (2020). Overlap of North Atlantic Oscillation (NAO) periodicities with periodicities of droughts and wet years of Iran. Iranian Journal of Geophysics, 14(1), 91-104. [In Persian]. doi.10.30499/IJG.2020.104299
Marofi, S., & Tabari, H. (2011). Detection of Maroon River flow trends using parametric and non-parametric methods. Geographical research. Vol 26, Num2 (101), 125-146. [In Persian]
Masoompour Samakoush, J. (2005). Synoptic study of pervasive droughts on the southern shores of the Caspian Sea, M.Sc. Thesis, Natural Geography, Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran. [In Persian]
Masoudian, A, Kaviani, M, R. (2008). Iranian Climatology, First Edition, University of Isfahan Press. [In Persian]
Mohammadi, B. (2011). Trend Analysis of annual rainfall over Iran. Geography and Environmental Planning. 22(3), 95-106. [In Persian]
Mojarad F, Kheiri R, Nouri Z (2014) Analysis of the frequency of daily droughts in Iran with effective drought index. Applied Research in Geographical Sciences 35, 29-48. [In Persian]
Movahedi, S., Asakereh, H., Sabzi Parvar, A. A., Masoudian, A., Maryanji, Z. (2012). Investigating the variability of precipitation regime in Iran. water and soil. 25(6), 1434-1446. doi.10.22067/JSW.V0I0.12487. [In Persian].
Mutkan, A., A; Shakiba, A. R; Mirbagheri, Falahi. B. (2011). Calculation of Local and Spatial Uncertainty of Precipitation Using Geostatistical SGS and CO-SGS Simulation Algorithms. Num 3(6), 1-15. [In Persian]
Parak, F., Khaki, A., & Roshani, A. (2019). A climatological study of moisture flux divergence patterns in heavy rainfall leading to floods in southwestern Iran with emphasis on April 2019 floods. Journal of Meteorology and Atmospheric Science, 1(4), 380-393. [In Persian]
Parak, F., Roshani, A., & Alijani, B. (2015). Synoptic Investigation of the Role of the Sudanese Low-Pressure System during Wet and Drought Years in the Southern Half of Iran. Journal of Geography and Environmental Hazards, 4(3), 75-90. doi.10.22067/GEO.V4I3.40062. [In Persian].
Ranjbar SaadatAbadi, A., Panahi, A., & Fatahi, E. (2014). Influence of Monthly Atmospheric Circulation Patterns Anomalies on Wet/Dry conditions in the West and Northwest of IRAN. Journal of Climate Research, 1393(17), 91-109. [In Persian]
Raziei, Tayeb; Knowledge of adorned work, covenant; Saghfan, B, (2007). Investigation of the temporal and spatial pattern of meteorological droughts in Sistan and Baluchestan province. Agriculture. Volume 30, Number 1, 99-86. [In Persian]
Rezaie, H., Khanmohammadi, N., Montazeri, M. and Behmanesh, G., (2018). Evaluating the Selection of the Most Suitable Probability Distribution Function for Using the RDI and SPI Drought Indices. Water and Soil Science, 28(1), 29-40. [In Persian]
Tajbakhsh, S., Eisakhani, N., & Fazl Kazemi, A. (2015). Assessment of meteorological drought in Iran using standardized precipitation and evapotranspiration index (SPEI). Journal of the Earth and Space Physics, 41(2), 313-321. [In Persian]. doi.10.22059/JESPHYS.2015.52888
ToulabiNeJad, M; Hejazizadeh, Z & Salighe, M. Spatial distribution of Bandali systems and its synchronization with cold season wetlands in Iran, Geography, 17(62), 20-40. [In Persian]
Yazdani, V; Zareabianeh, H; Shadmani, M. (2011). Frequency analysis and zoning of Iranian droughts using standardized precipitation index. Warer, 4, 31-43. DOI. 20.1001.1.20086377.1390.4.8.4.0. [In Persian].

References (in English)

Akhtari, R., Morid, S., Mahdian, M. H., & Smakhtin, V. (2009). Assessment of areal interpolation methods for spatial analysis of SPI and EDI drought indices. International Journal of Climatology, 29(1), 135-145. doi.org/10.1002/joc.1691
Daneshmand, H. and Mahmoudi, P. (2017). Estimation and assessment of temporal stability of periodicities of droughts in Iran. Water Resources Management, 31(11), 3413-3426. doi.org/10.1007/s11269-017-1676-8
Ekwezuo, C.S. and Madu, J.C. (2020). Evaluation of Different Rainfall-based Drought Indices Detection of Meteorological Drought Events in Imo State, Nigeria. Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 24(4), 713-717. doi. 10.4314/jasem.v24i4.25

Ely, L.L., Enzel, Y., Baker, V.R. and Cayan, D.R. (1993). A 5000-year record of extreme floods and climate change in the southwestern United States. Science, 262(5132), 410-412. DOI: 10.1126/science.262.5132.4
Forzieri, G., Feyen, L., Russo, S., Vousdoukas, M., Alfieri, L., Outten, S., Migliavacca, M., Bianchi, A., Rojas, R. and Cid, A. (2016). Multi-hazard assessment in Europe under climate change. Climatic Change, 137(1), 105-119. doi.org/10.1007/s10584-016-1661-x
Ganji, M.H. (1968). Climate. In: The Cambridge History of Iran, the Land of Iran. Cambridge University Press.
Gao, J., Holden, J. and Kirkby, M. (2016). The impact of land-cover change on flood peaks in peatland basins. Water Resources Research, 52(5), 3477-3492. doi.org/10.1002/2015WR017667
HadiPour, S.H., Abd Wahab, A.K. and Shahid, S. (2020). Spatiotemporal changes in precipitation indicators related to bioclimate in Iran. Theoretical and Applied Climatology, 141(1), 99-115. DOI: 10.1007/s00704-020-03192-6
Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Wardlow, B. D., Anderson, M. C., and Kogan, F. (2012). Drought monitoring: Historical and current perspectives.
Heim Jr, R. R. (2002). A review of twentieth-century drought indices used in the United States. Bulletin of the American Meteorological Society, 83(8), 1149-1166. doi.org/10.1175/1520-0477-83.8.1149
Hersbach, H., D., Dee. (2016). ERA5 reanalysis is in production. ECMWF Newsletter No. 147, 7.
Hosseini, A., Ghavidel, Y., Khorshiddoust, A. M., and Farajzadeh, M. (2021). Spatio-temporal analysis of dry and wet periods in Iran by using the Global Precipitation Climatology Center-Drought Index (GPCC-DI). Theoretical and Applied Climatology, 143(3), 1035-1045. DOI: 10.1007/s00704-020-03463-2
Khojasteh, A., 2020. Cyclone tracking affecting precipitation in Iran. Arabian Journal of Geosciences, 13(18), 1-16.
Kim, S., Kim, B., Ahn, T. J., & Kim, H. S. (2011). Spatio-temporal characterization of Korean drought using severity–area–duration curve analysis. Water and Environment Journal, 25(1), 22-30. doi.org/10.1111/j.1747-6593.2009.00184.x
Lin, H., Wang, J., Li, F., Xie, Y., Jiang, C., & Sun, L. (2020). Drought Trends and the Extreme Drought Frequency and Characteristics under Climate Change Based on SPI and HI in the Upper and Middle Reaches of the Huai River Basin, China. Water, 12(4), 1100. doi.org/10.3390/w12041100
Liu, Z., Menzel, L., Dong, C., & Fang, R. (2016a). Temporal dynamics and spatial patterns of drought and the relation to ENSO: a case study in Northwest China. International Journal of Climatology, 36(8), 2886-2898. doi.org/10.1002/joc.4526
Liu, Z., Wang, Y., Shao, M., Jia, X., & Li, X. (2016b). Spatiotemporal analysis of multiscalar drought characteristics across the Loess Plateau of China. Journal of Hydrology, 534, 2. 81-299. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.003
Mahajan, D. R., & Dodamani, B. M. (2015). Trend analysis of drought events over the upper Krishna basin in Maharashtra. Aquatic Procedia, 4, 1250-1257. doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.163
Mallick, J., Talukdar, S., Alsubih, M., Salam, R., Ahmed, M., Kahla, N.B. and Shamimuzzaman, M. (2021). Analyzing the trend of rainfall in the Asir region of Saudi Arabia using the family of Mann-Kendall tests, innovative trend analysis, and detrended fluctuation analysis. Theoretical and Applied Climatology, 143(1), 823-841. doi.org/10.1007/s00704-020-03448-1
Mirza, M.M.Q. (2002). Global warming and changes in the probability of occurrence of floods in Bangladesh and implications. Global environmental change, 12(2), 127-138. doi.org/10.1016/S0959-3780(02)00002-X
Mishra, A. K., Singh, V. P., & Desai, V. R. (2009). Drought characterization: a probabilistic approach. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 23(1), 41-55. doi.org/10.1007/s00477-007-0194-2
Modarres, R., Sarhadi, A. and Burn, D.H. (2016). Changes in extreme drought and flood events in Iran. Global and Planetary Change, 144, 67-81. doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.07.008
Nastos, P.T. and Zerefos, C.S. (2009). Spatial and temporal variability of consecutive dry and wet days in Greece. Atmospheric Research, 94(4), 616-628. DOI: 10.1016/j.atmosres.2009.03.009
Patil, S. R. (2013). Analysis of Spatial Performance of Meteorological Drought Indices. Master of Science Thesis. Supervisor: Steven Quiring. Texas A&M University.
Peterson, T.C., Heim, R.R., Hirsch, R., Kaiser, D.P., Brooks, H., Diffenbaugh, N.S., Dole, R.M., Giovannettone, J.P., Guirguis, K., Karl, T.R. and Katz, R.W. (2013). Monitoring and understanding changes in heat waves, cold waves, floods, and droughts in the United States: State of knowledge. Bulletin of the American Meteorological Society, 94(6), 821-834. doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00066.1
Rahimi, J., Ebrahimpour, M. and Khalili, A. (2013). Spatial changes of extended De Martonne climatic zones affected by climate change in Iran. Theoretical and applied climatology, 112(3), 409-418. doi.org/10.1007/s00704-012-0741-8
Rakhmatova, N., Arushanov, M., Shardakova, L., Nishonov, B., Taryannikova, R., Rakhmatova, V. and Belikov, D.A. (2021). Evaluation of the Perspective of ERA-Interim and ERA5 Reanalyses for Calculation of Drought Indicators for Uzbekistan. Atmosphere, 12(5), 1-14. doi.org/10.3390/atmos12050527
Raziei, T., Saghafian, B., Paulo, A.A., Pereira, L.S. and Bordi, I. (2009). Spatial patterns and temporal variability of drought in western Iran. Water resources management, 23(3), 439-455. doi.org/10.1007/s11269-008-9282-4
Rodriguez-Puebla, C., Encinas, A.H., Nieto, S. and Garmendia, J. (1998). Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula. International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 18(3), 299-316. doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(19980315)18:3<299::AID-JOC247>3.0.CO;2-L
Savari, M., Damaneh, H. E., & Damaneh, H. E. (2022). Drought vulnerability assessment: Solution for risk alleviation and drought management among Iranian farmers. International Journal of Disaster Risk Reduction, 102654. doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102654
Singh, D., Tsiang, M., Rajaratnam, B. and Diffenbaugh, N.S., (2014). Observed changes in extreme wet and dry spells during the South Asian summer monsoon season. Nature Climate Change, 4(6), 456-461. doi.org/10.1038/nclimate2208

Sun, S.L., Li, Q., Li, J., Wang, G. (2019). Revisiting the evolution of the 2009–2011 meteorological drought over Southwest China. J. Hydrol. 568, 385–402. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.071
Tech, T., 2011. Statistical analysis for monotonic trends.
Triola, M.F. (1995). Elementary Statistics ((6th edition)), Addison-Wesley: Reading, MA (1995), 691-693.
Tsakiris, G., & Vangelis, H. (2004). Towards a drought watch system based on spatial SPI. Water resources management, 18(1), 1-12. doi.org/10.1023/ B: WARM.0000015410.47014.a4
Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. Journal of Climate, 23(7), 1696-1718. doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1
Wang, G., Zhang, X., and Zhang, S. (2019). Performance of three reanalysis precipitation datasets over the Qinling-Daba mountains, eastern fringe of Tibetan plateau, China. Advances in Meteorology, 2019. doi.org/10.1155/2019/7698171
Wang, J. and Zhang, X. (2008). Downscaling and projection of winter extreme daily precipitation over North America. Journal of Climate, 21(5), 923-937. doi.org/10.1175/2007JCLI1671.1
Yao, N., Li, Y., Lei, T., et al. (2018). Drought evolution, severity and trends in mainland China over 1961–2013. Sci. Total Environ. 616–617, 73–89. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.327.