ISSN: 2538-4384; Geographical Researches. 2022;37(4):429-440. DOI: 10.29252/geores.37.4.429

Statistical Analysis of High- and Low-Precipitation Areas of Iran

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Derikvand S.[1] *MSc,*
Nasiri B.[1]* *PhD,*
Ghaemi H.[2] *PhD,*
Karampoor M.[1] *PhD,*
Moradi M.[2] *PhD*

How to cite this article
Derikvand S, Nasiri B, Ghaemi H, Karampoor M, Moradi M. Statistical Analysis of High- and Low-Precipitation Areas of Iran. Geographical Researches.2022;37(4):429-440.

[1]Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran
[2]Research Institute of Meteorology and Atmospheric Science, Tehran, Iran

***Correspondence**
Address: Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Kilometer 5 of Khorramabad-Tehran Road, Khorramabad, Iran. Postal Code: 4431668151
Phone: +98 (66) 33126240
Fax: +98 (66) 33120086
nasiri.b@lu.ac.ir

Article History
Received: October 11, 2022
Accepted: November 30, 2022
ePublished: December 16, 2022

ABSTRACT

Aims Investigating and analyzing the causes of droughts and destructive floods in Iran, which is facing a water shortage, is an essential issue. One of the goals of this research was to identify the extent of areas with more or less than the average precipitation during the study period.

Methodology The data used in this article was the daily precipitation of 117 synoptic stations in Iran during 1986-2020. Calculations were done through MATLAB 2013, Excel 2013 and SPSS 22 software, and Surfer 24.3 software was used for interpolation and drawing of maps.

Findings The most precipitation October, the least precipitation November, and the least precipitation January during the 35 years studied were observed in 1987. January and February in 1996 were in the highest range of precipitation above their average. In March and May 2008, most of the country had a lot of precipitation. Absolute low precipitation was observed in November and January 1987 for all the studied stations (117 stations). Most of the stations with higher-than-average precipitation were in March 1996 with 102 stations. In January and December, compared to other months of the year, higher-than-average precipitation was seen with a greater extent. So that in 15 years, most of the stations involved in the load were higher than the average. In June, only in 3 years most of the stations had above average precipitation and the rest of the years the number of stations with high precipitation was very low.

Conclusion The country's precipitation occurs in small areas most of the time. Even though, precipitation below the average occur for all stations, but rainfall above the average does not occur for all stations.

Keywords Difference from Average; Driest Month; High Precipitation Area; Low Precipitation Area; Rainiest Month

CITATION LINKS

[Asakare H; 2007] Temporal-spatial ...; [Asakereh H, et al; 2021] Spatial Analysis of ...; [Amani M, et al; 2021] Spatial analysis ...; [Bazarafshan U, et al; 2011] Investigating the drought ...; [Darand B, Ebrahimi M; 2019] Tempo-spatial analysis ...; [Davarpanah Gh; 2004] The effects of flood ...; [Doostan R; 2020] An analysis of rainfall ...; [Farajzadeh M; 2012] Climatic hazards ...; [Ghanbari A; 2020] Spatial Analysis of ...; [Ghaznavi M, et al; 2021] The effect of breaking ...; [Hasanvand Z, et al; 2022] Fractal analysis ...; [Heydari A, Shahkoui I; 2017] Investigating the probability ...; [Iranpour F, Zohrevandi H; 2019] Analysis of daily rainfall ...; [Jahanbakhsh Asl S, et al; 2022] Identifying extreme ...; [Khosravi A, Azari M; 2022] Determining the temporal ...; [Li S, et al; 2020] Precipitation Characteristics ...; [Li W, et al; 2021] Sun Jianhua ...; [Masoudian A, Kaviani M; 2007] Phenomenology of ...; [Mazidi A, et al; 2022] Revealing the temporal-spatial ...; [Mohammadi B, Masoudian A; 2010] Synopsis analysis ...; [Mohammadyarian M, et al; 2019] Zoning of Iran's ...; [Mohteshmi A, Nasiriyan A; 2015] Drought monitoring ...; [Mirian M, et al; 2022] Analysis of statistics ... [Sadaqat M; 2001] Iran's water resources ... [Salimi Mostala A, et al; 2019] Assessing and ... [Shokohi A, et al; 2018] Flood forecasting ... [Soro GE, et al; 2016] Trend analysis ... [Torabipoodeh H, et al; 2018] Analysis of ... [Zeynali BA, et al; 2020] Statistical and ...

Copyright© 2022, the Authors | Publishing Rights, ASPI. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

تحلیل آماری پهنه‌های پربارش و کم‌بارش ایران

ثریا دریکوند MSc
گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
بهروز نصیری* PhD
گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
هوشنگ قائمی PhD
پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران
مصطفی کرمپور PhD
گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
محمد مرادی PhD
پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران

چکیده

اهداف: بررسی و تحلیل علل خشکسالی‌ها و سیل‌های مخرب در ایران که با کمبود آب مواجه است از مسایل ضروری است. از اهداف این پژوهش شناسایی گستردگی پهنه‌های درگیر بارش بیشتر و کمتر از میانگین در طول دوره مورد مطالعه بود.

روش شناسی: داده‌های مورد استفاده در این مقاله، بارش روزانه ۱۱۷ ایستگاه سینوپتیک ایران در بازه زمانی ۲۰۲۰-۱۹۸٦ بود. انجام محاسبات از طریق نرم‌افزارهای **Matlab 2013**، **Excel 2013** و **SPSS 22** صورت گرفته است و نیز برای میان‌یابی و رسم نقشه‌ها از نرم‌افزار **Surfer 24.3** استفاده شده است.

یافته‌ها : پربارش‌ترین اکتبر، کم‌بارش‌ترین نوامبر و نیز کم‌بارش‌ترین ژانویه طی ۳۵ سال مورد مطالعه در ۱۹۸۷ مشاهده شد. ژانویه و فوریه ۱۹۹٦ در بیشترین گستره بارش بالاتر از میانگین خود قرار داشتند. در مارس و می ۲۰۰۸، بیشینه بارشی از لحاظ پهنه درگیر در کشور مشاهده شد. کم‌بارانی مطلق در نوامبر و ژانویه ۱۹۸۷ با بارش کمتر از میانگین برای هر ۱۱۷ ایستگاه مورد مطالعه مشاهده شد. بیشترین ایستگاه‌های بارش بالاتر از میانگین نیز مربوط به ماه مارس ۱۹۹٦ با ۱۰۲ ایستگاه بود. در دسامبر و ژانویه به نسبت دیگر ماه‌های سال، بارش‌های بالاتر از میانگین با گستردگی بیشتری مشاهده شد، به‌طوری که در ۱۵ سال بیش از نیمی از ایستگاه‌ها درگیر بارش‌های بالاتر از میانگین بودند. در ژوئن، تنها در ۳ سال بیشتر از نصف ایستگاه‌ها بارش بالاتر از میانگین داشتند و مابقی سال‌ها تعداد ایستگاه‌های دارای بارش بالاتر از میانگین بسیار کم بود.

نتیجه‌گیری: میزان بارش در ایران در بیشتر اوقات در پهنه‌های کوچک رخ می‌دهد. با وجود اینکه بارش کمتر از میانگین در تمام ایستگاه‌ها مشاهده می‌شود، هیچ‌گاه تمام ایستگاه‌های ایران دارای بارش بالاتر از میانگین نیستند.

کلیدواژگان: پهنه پربارش، پهنه کم بارش، پربارش‌ترین ماه، تفاضل از میانگین، خشک‌ترین ماه

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۷/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۹/۰۹

*نویسنده مسئول: nasiri.b@lu.ac.ir

مقدمه

بارش پدیده‌ای حاصل از اندرکنش‌های پیچیده جو است که با توجه به نقش حیاتی آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کشور ایران از جمله مناطقی است که شاهد رفتار ناهنجار و بی‌قایده بارش است [Mohammadi, 2010]. بارش در هر اقلیمی از اهمیت اساسی برخوردار است، ولی در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، نقش حیاتی را در زندگی انسآنها ایفا می‌کند [Masoudian & Kavian, 2008]. به‌علت شرایط اقلیمی و جغرافیایی خاص، کشور ما اساساً منطقه‌ای کم باران است. متوسط بارش سالانه در سطح کشور کمی بیش از ۲۵۰ میلی‌متر است بنابراین کشور ما را، باید به‌طور کلی از مناطق نسبتاً خشک جهان به حساب آورد علاوه بر کمبود بارش، همین مقدار محدود نیز به صورت موزون در سطح کشور پراکنده نشده است [Sedaghat, 2001]. بارش‌های سنگین، همه ساله در ایران و جهان خسارت‌های شدید جانی و مالی را به بار می‌آورد و نیز به عنوان عاملی مخاطره‌انگیز در ایجاد بلایای طبیعی مثل طوفان و سیل مطرح است [Davarpanah, 2004]. فراوانی وقوع مخاطره باران شدید در سال‌های (۱۹۹۰-۲۰۰۷) در مناطق مختلف ایران ۲٤ مورد است، که میزان خسارت جانی ناشی از بارش سنگین ۱۳ کشته و ۹ آسیب دیده است و میزان خسارت مالی وارد شده از این طریق حدود ٤۱ میلیارد ریال بوده است [Farajzadeh, ۲۰۱۲]. هچنین بارش‌های کمتر از میانگین باعث ایجاد خشکسالی و در طی آن خسارت در بخش کشاورزی، پایین آمدن سطح آب‌های زیرزمینی، کم‌شدن آب در پشت سدها و به تبع آن مختل‌شدن خدماتی که از سدها به مناطق مختلف می‌رسد، می‌شود. خشکسالی در مناطق مختلف و از سالی به سال دیگر متفاوت است. فراوانی وقوع خشکسالی‌های مخاطره‌آمیز در طی ۱۸ سال مورد مطالعه کشور ایران ۳۵ مورد بوده است. که حدود ۱۱۰۰۰۰ نفر از این واقعه تاثیر مستقیم گرفته‌اند. و خسارت مالی این پدیده ٤ برابر کل مخاطرات مورد مطالعه است [Farajzadeh, 2012].

ضرورت بررسی استخراج بارش‌های شدید و گسترده و نیز کم بارشی‌های گسترده، احتمال وقوع آنها در هر ماه به صورت جداگانه، و نیز مناطق اثرپذیر در این بارش‌های سنگین و کم بارشی‌ها را مشخص می‌کند.

برای سنجش فرضیات محتمل بر اثرگذاری سامانه‌ها و یا پدیده‌های مدنظر، بر میزان بارش کشور، ابتدا لازم است تا در یک تحلیل آماری همه جانبه تاریخ‌های بی‌هنجاری بارش استخراج شود، در این زمینه، تاریخ بیشترین بارش‌ها، کمترین بارش‌ها، گسترده‌ترین بارش‌های سنگین، گسترده‌ترین پهنه کم بارش، تعداد سال‌های متوالی کم بارش، تعداد سال‌های متوالی پربارش و تغییرات میزان بارش در طول دوره آماری، ضروری به نظر می‌رسد. زیرا با داشتن زمان وقوع هر کدام از متغیرهای فوق با سهولت بیشتری علل وقوع، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در زمینه تحلیل‌های آماری بارش، پژوهش‌های فراوانی انجام شده است؛ که هرکدام بر مبنای اهداف پژوهش می‌باشند. دسته‌بندی مناطق همگن بارش حدی به هشت رژیم، از روش خوشه‌بندی، و شناسایی نیمه سال پر بارش و کم بارش برای رژیم‌های شناسایی شده صورت گرفته است.[Mohammadyarian *et al.*, 2019]. بررسی تغییرات بارش در دوره زمانی ۱۹٦۱-۲۰۰۳، این مساله را روشن‌ساخت که حدود ۵۱/٤ درصد از مساحت کشور در معرض تغییرات بارش قرار گرفته‌اند. این تغییرات عمدتاً در نواحی کوهستانی و نیز نیمه غربی کشور رخداد بیشتری داشته‌اند. عموماً نواحی با بارندگی بیشتر متحمل تغییر بیشتری نیز بوده‌اند. میزان تغییرات به‌ازای هر سال از ۲۹/٦ میلی‌متر در کوهرنگ تا ۱۵/۷-

میلی‌متر در سراب بوده است. [Asakare, 2007]. بررسی تغییرات بارش در دوره ۵۰ ساله نیز نشان می‌دهد؛ میانه بارش موثر ایستگاه‌های منتخب در ایران منفی است و به‌همین دلیل بارش موثر با کاهش همراه بوده است. همچنین, میانه بارش کل ایستگاه‌های منتخب برای دوره زمانی ٤٠ ساله (۲۰۰۰-۱۹٦۱) نزدیک صفر و در دوره زمانی ٤٠ ساله (۲۰۱۰-۱۹۷۱) منفی و در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار و برای دوره ۵۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹٦۱) منفی است؛ ولی معنی دار نیست [Torabipoodeh *et al.*, 2018]. ارزیابی توزیع‌های آماری برای پهنه‌بندی ریسک وقوع بارش حدی در غرب ایران نشان می‌دهد. سه توزیع لوگ لجستیک, پیرسون و گاما به‌عنوان مناسب‌ترین توزیع‌های قابل برازش شناسایی شده‌اند. [Salimi Mostala *et al.*, 2019]. تغییرات بارش در ایران طی ٦٠ سال گذشته بسیار محسوس بوده است به‌طوری که روزهای بارش در ایران کم شده و همزمان ماکزیمم بارش‌ها و روزهای با بارش شدید افزایش معنی‌داری دارند. اما مقدار بارش سالانه طی ٦ دهه گذشته نوسان داشته و روند معنی داری یکدست افزایشی یا کاهشی در کل ایران ندارند.[Doostan, 2020]. بررسی نوسانات بارش در حوضه کشف رود نشان می‌دهد بارش سالانه حوضه تغییر نکرده است و روند آن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست در حالی که در فصل زمستان مقدار بارش حوضه روند کاهشی داشته است و در پاییز نیز در نیمه جنوبی روند افزایشی است. کاهش شدید بارش در زمستان و ماه دی و بهمن و افزایش آن در آن می‌تواند مدیریت منابع آب حوضه را در فصل خشک با چالش جدی مواجه کند[Khosravi *et al.*, 2022]. برای شناسایی بارش‌های فرین غرب کشور، از روش تعیین آستانه اصلی که میانگین بارش‌های بیش از صدک ۷۵ برای هر پیکسل و به ازای هر روز از سال است استفاده شده و آستانه دومی که انحراف معیار این بارش‌ها است با مقادیر یک، دو و سه برابری، به میانگین افزوده شده است. بر این اساس سه گروه از بارش‌های فرین در منطقه شناسایی شد و براساس گستره مکانی که تحت پوشش قرار گرفته بود، تفکیک و الگوهای فشار تراز دریا توام با این بارش‌ها برای هر گستره استخراج شد [Jahanbakhsh Asl *et al.*, 2022]. روش تحلیل فرکتالی نیز از روش‌های نوین تحلیل بارش است. شناسایی رفتار مقیاسی بارش و توپوگرافی منطقه مورد مطالعه را با کاربرد آزمون همبستگی پیرسون انجام پذیر است نتایج تحلیل بارش دو حوضه کرخه و دز از این روش نشان می‌دهد. در حوضه کرخه برای هر دو مقیاس رژیم بارشی ارتباط معنادار وجود ندارد. از سویی حوضه دز در رژیم بارشی کوچک مقیاس ارتباط معنادار است ولی رژیم بارشی بزرگ مقیاس ارتباط معناداری وجود ندارد. این امر می‌تواند در حوضه کرخه ناشی از وضعیت توپوگرافی متعارض و ناهمگون در بخش‌های مختلف منطقه باشد [Hasanvand *et al.*, ۲۰۲۲]. تغییرات در روند بارش در مقیاس زمانی و مکانی مختلف در هرگوشه از جهان دارای رفتار متفاوتی بوده و بی‌تاثیر از سایر متغیرهای اقلیمی نیست. بررسی‌های ساعتی بارش در ساحل عاج در طول دوره ۱۰ ساله نشان می‌دهد که داده‌های بارش شدید در مقیاس ساعتی دارای روند منفی بوده است. بنابراین ایجاد بارندگی‌های شدید و با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه ارتباط سیلاب‌ها با الگوی‌های همدیدی جوی، می‌توان گفت که سیلاب‌ها در مناطق مختلف جغرافیایی تابع الگوهای سینوپتیکی متفاوتی هستند که این الگوها تا حدود زیادی شناسایی گردیده‌اند [Soro *et al.*, 2016]. بررسی خصوصیات بارش‌های سنگین چین، با استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای و چندین رادار آب‌وهوایی داپلر بدین صورت انجام شده است که سیستم‌های همرفتی منجر به بارش سنگین فاجعه‌بار به علاوه تحلیل‌های سینوپتیکی بارش، توپوگرافی و هیدرولوژی منطقه نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بدین صورت بود، بارش به علت یک همرفت میان‌مقیاس در ارتفاع ١٤ کیلومتری منطقه رخ داده است. همگرایی محلی با توجه به توپوگرافی منطقه و نفوذ یک زبانه سرد در پایه رشته کوه باعث تقویت سیستم بارش شده است [Li *et al.*, 2020]. بررسی بارش‌های سنگین در چین علاوه بر روش فوق از روش تحلیل مولفه‌ای نیز صورت گرفته است و شش الگوی آب و هوایی و نیز سه مرکز مهم شناسایی و استخراج شدند. علاوه بر این، مکان‌های وقوع شش رویداد بارش شدید در مقیاس بزرگ ارتباط نزدیکی با تراکم شهری داشتند، که نشان می‌دهد که شهرنشینی نقش مهمی در بزرگی و شدت رویدادها در مقیاس بزرگ و مراکز وقوع آنها ایفا می‌کند[Li *et al.*, 2021].

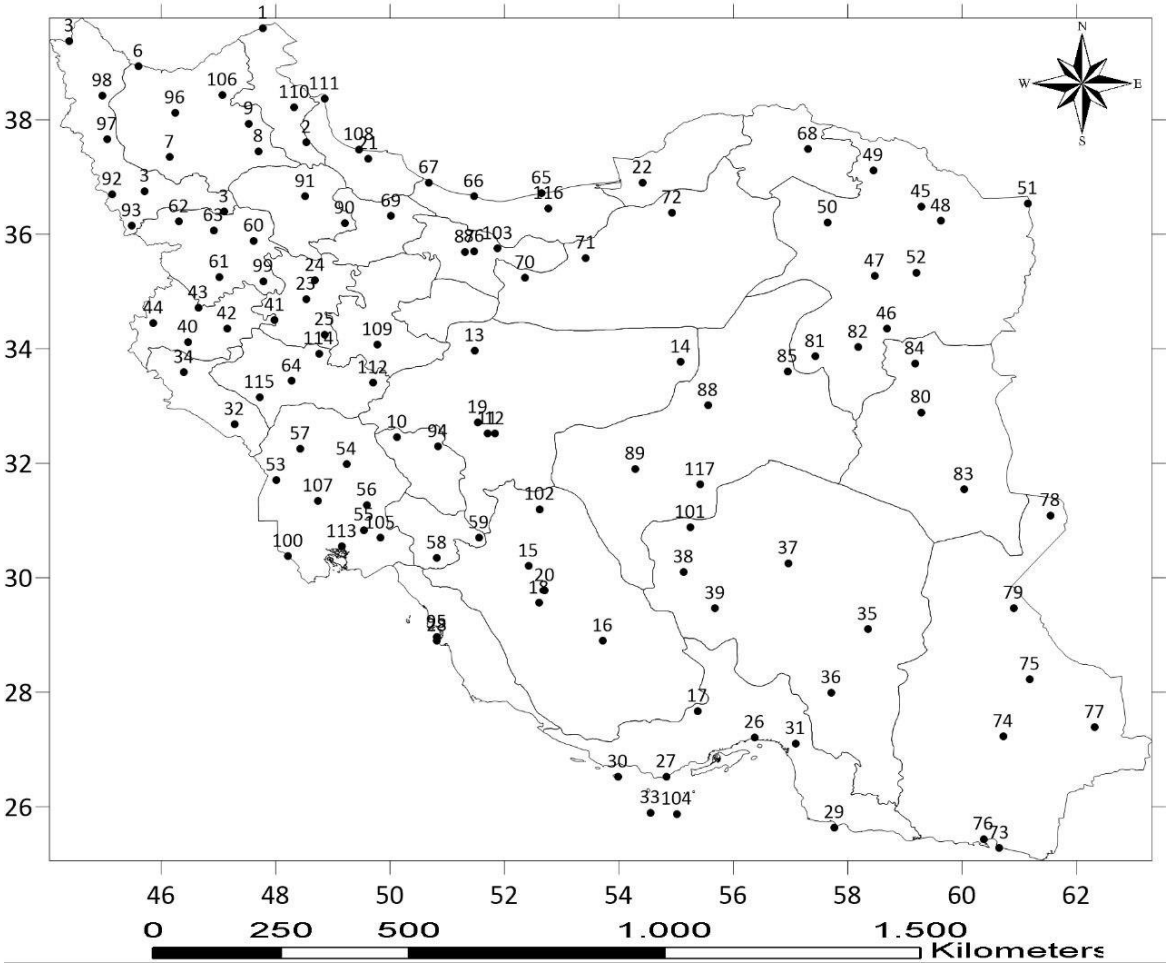
استخراج تاریخ‌های مهم در روند بارش که نه‌تنها کم‌بارشی و پربارشی که میزان پهنه درگیر نیز مشخص شده باشد و شناسایی تغییرات بارش در طول دوره مورد مطالعه به تفکیک ماه از اهداف این پژوهش بود.

روش‌شناسی

در این پژوهش از داده‌های بارش روزانه ۱۱۷ ایستگاه سینوپتیک کشور که پایه آماری مشترک دارند در بازه زمانی ۱۹۸٦ تا ۲۰۲۰ استفاده شد. این داده‌ها از بخش تامین داده سازمان هواشناسی کل کشور دریافت شده‌اند. از آنجا که عمده بارش‌های ایران در سه فصل پاییز، زمستان و بهار است، بازه زمانی مورد مطالعه از اکتبر تا ژوئن هر سال در نظر گرفته شد.

آزمون همگنی داده‌ها از طریق XLSTAT (Standard Normal Homogeneity Test (SNHT)) که یک افزونه در نرم‌افزار EXCEL است انجام شد. بیشترین تعداد ایستگاه دارای پایه آماری مشترک با طول دوره آماری نسبتاً بلند بررسی شد. قبل از سال ۱۹۸٦ تعداد ایستگاه‌های سینوپتیک، به حدی نبودند که بتوانند یک میان‌یابی قابل اطمینان ارایه دهند و بعد از این سال نیز، با وجود افزایش ایستگاه‌های سینوپتیک، دوره بلند آماری محسوب نمی‌شود. هر چه تعداد ایستگاه‌ها با پراکندگی موزون بیشتر باشد هم میان‌یابی و هم بررسی روند و جهت تغییرات بارش در مناطق مختلف دقیق‌تر انجام می‌پذیرد. در نهایت، از بین تمامی ایستگاه‌های موجود، ایستگاه‌هایی که دارای آمار هواشناسی

کامل‌تر و معتبرتری نسبت به بقیه ایستگاه‌ها بودند، انتخاب شدند (شکل ۱). در این پژوهش از بازسازی داده استفاده نشده است. با اینکه در سال‌های اخیر بر تعداد ایستگاه‌های سینوپتیک افزوده شده، ولی متاسفانه از پراکندگی همگنی برخوردار نیستند و به صورت یکپارچه در سطح کشور پراکنده نشده‌اند.



شکل ۱) پراکندگی ایستگاه‌های سینوپتیک

میانگین بارش ماهانه برای هر ایستگاه با روش میانگین حسابی محاسبه گردید و به تفکیک ماه مشخص شده است.

فرمول ۱) $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i = \frac{1}{n}(x_1 + \cdots + x_n)$

برای مشخص شدن پر بارش یا کم بارش بودن هر ماه در هر ایستگاه، پس از محاسبه میزان بارش هر ماه و کسر آن از میانگین کلی همان ماه، پاسخ به دست آمده دارای یکی از این سه حالت است (+، -، ۰) واضح است اگر عدد مثبت باشد، میزان بارش بالاتر از میانگین برای ماه مورد نظر را می‌رساند. پاسخ صفر برابری بارش با میانگین کل را می‌رساند و عدد منفی نشانگر بارش کمتر از میانگین را بیان می‌کند.

فرمول ۲) $-a_{yz}=b\bar{x}_{(y1+\cdots+yz+\cdots+y35)}$

$b > 0 \cup b = 0 \cup b < 0$، حالت‌های قرارگیری b

$\bar{x}$ میانگین بلند مدت بارش به تفکیک ماه

y ماه مورد نظر (می‌تواند هر کدام از ماه‌های مورد مطالعه باشد)

Z شماره سال

a جمع بارش در ماه y سال z

b تفاضل جمع بارش هر ماه از میانگین بارش کل سال‌ها در ماه مورد نظر

برای به‌دست‌آوردن میزان تفاضل از میانگین بارش تک‌تک ایستگاه‌ها از نرم‌افزار MATLAB 2013 استفاده شده است و با استفاده از SURFER 24.3 این ارقام میان‌یابی شده‌اند تا پهنه‌های درگیر بارش کمتر یا بیشتر از میانگین مشخص شوند و نیز میزان این اختلاف هم قابل مشاهده است.

نمودار دو خطی، نشانگر تعداد ایستگاه‌های پربارش (بارش بیشتر از میانگین) و نیز تعداد ایستگاه‌های کم‌بارش (بارش کمتر از میانگین)، در ماه مورد نظر است که با فرمول یر محاسبه شد.

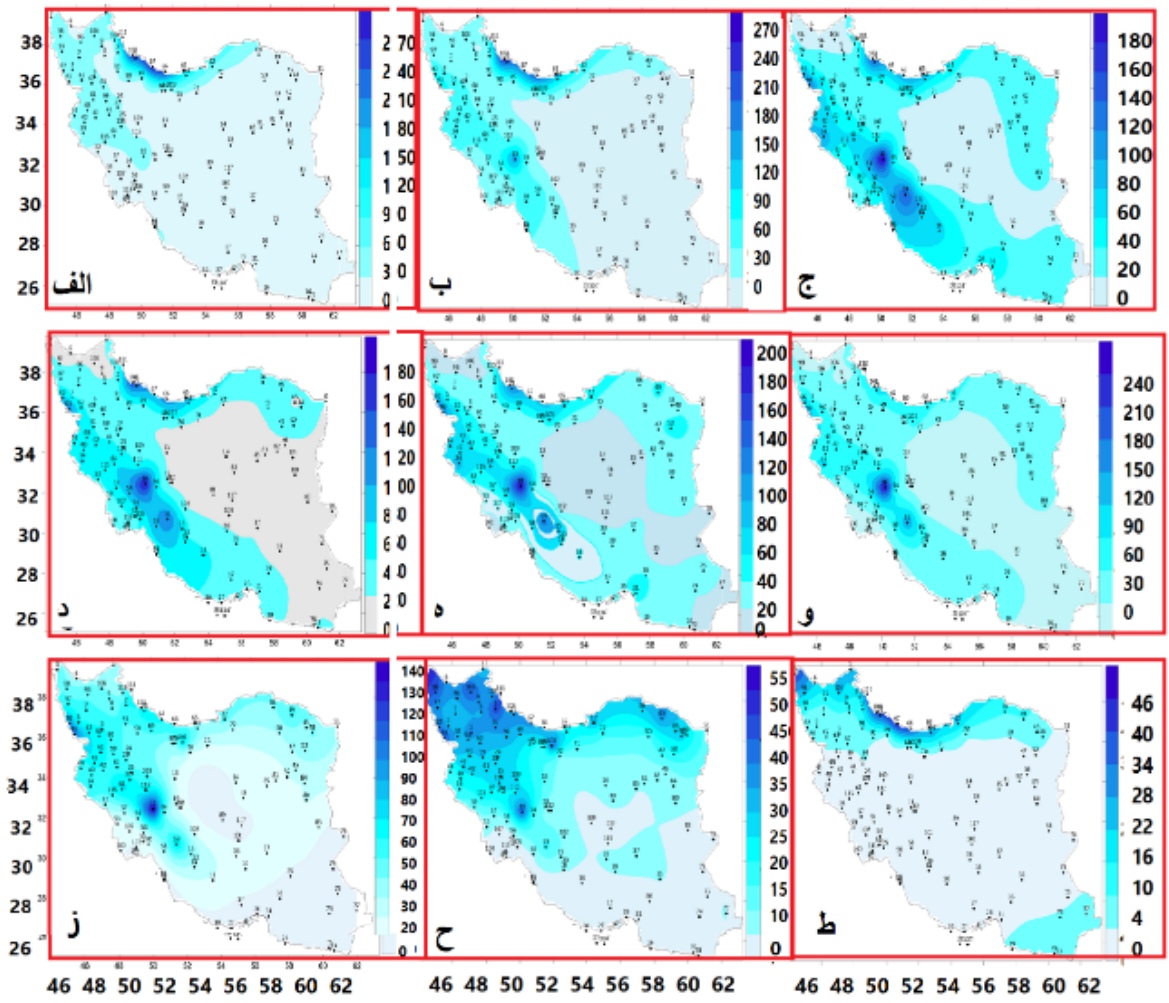
فرمول ۳) N=A+B

تعداد ایستگاه‌های مورد مطالعه N

تعداد ایستگاه‌های پربارش (بارش بالاتر از میانگین) A

تعداد ایستگاه‌های کم‌بارش (بارش کمتر از میانگین) B

دو مقدار A و B نسبت با همدیگر رابطه عکس دارند؛ یعنی هرچه بر مقدار یکی افزوده شود از آن یکی کسر می‌شود. در این نمودار دو خطی با توجه به فاصله دو خط نسبت به همدیگر و نیز عبور آنها از میان هم می‌توان پهنه‌های درگیر بارش کم یا زیاد را در بازه زمانی مدنظر را متوجه شد.



شکل ۲) میانگین بارش طی سال‌های ۱۹۸٦ تا ۲۰۲۰ (الف: اکتبر؛ ب: نوامبر؛ ج: دسامبر؛ د: ژانویه؛ ه: فوریه؛ و: مارس؛ ز: آپریل؛ ح: می؛ ط: ژوئن)

یافته‌ها

میانگین بارش و تغییرات پهنه‌های بارشی

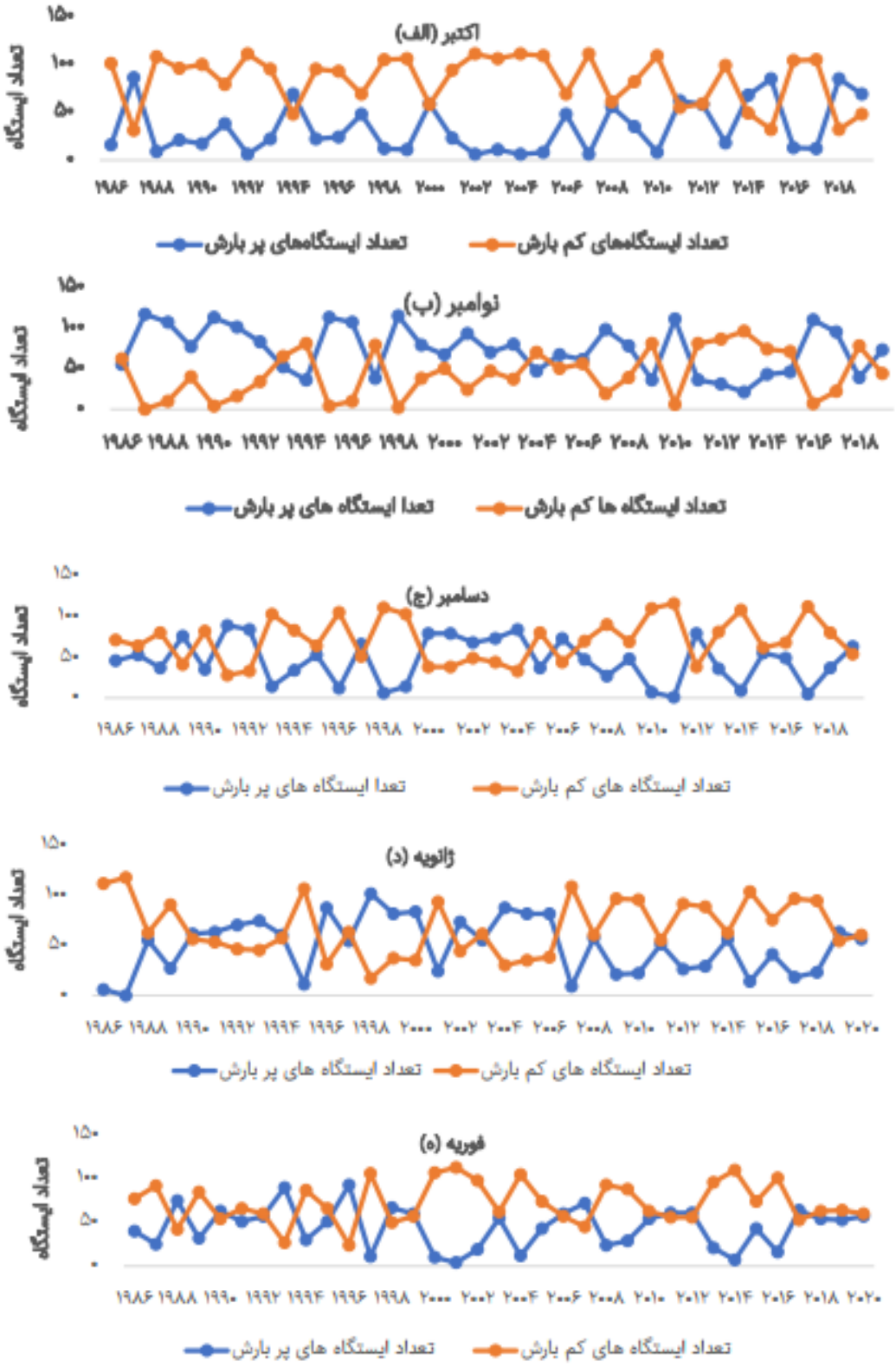
میانگین بارش ماه‌های اکتبر تا ژوئن طی دوره ۱۹۸٦ تا ۲۰۲۰ در شکل ۲ و تغییرات پهنه‌های بارشی در شکل ۳ نشان داده شده است.

اکتبر: بیشترین میزان بارش کشور در این ماه در نواحی شمال تا حداکثر ۲٦۰ میلی‌متر در ماه و سپس در شمال غرب تا کوهرنگ اصفهان با بیش از ۱۲۰ میلی‌متر بود و جنوبی‌ترین منطقه بارش‌های بالاتر از ۲۰ میلی‌متر، تا مناطق جنوبی استان لرستان کشیده شده بود. ولی پهنه وسیعی از کشور بارش زیر ۲۰ میلی‌متر داشتند (شکل ۲- الف). در نمودار دو خطی ماه اکتبر دو دوره ۷ ساله خشک طی سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۱ و ۱۹۹۸-۱۹۹٤ مشاهده شد. تنها در ٦ سال تعداد ایستگاه پربارش بیشتر بود. در سال‌های اخیر تعداد اکتبرهای پربارش تا حدودی افزایش یافته است (شکل ۳- الف).

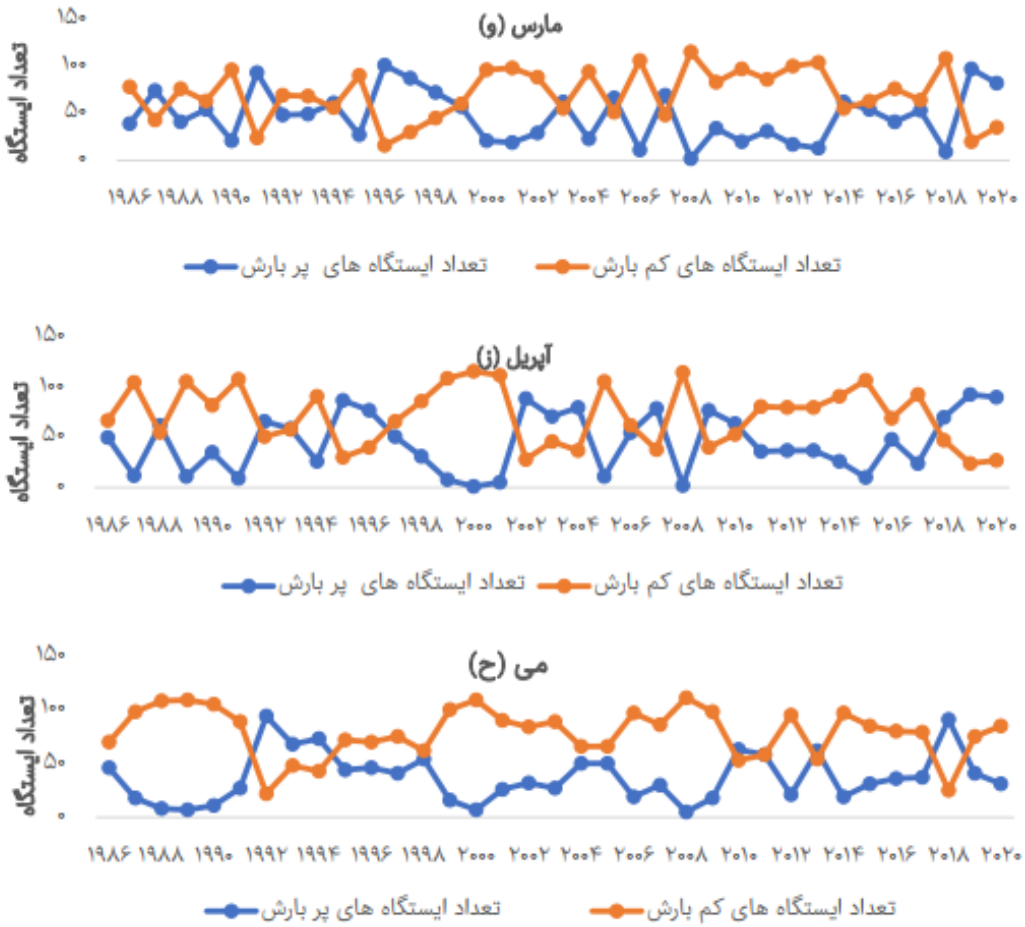
نوامبر: گستره بارش بالای ۲۰ میلی‌متر نسبت به ماه قبل بیشتر بود و تا نواحی جنوب غرب کشور کشیده شده بود. نواحی شمالی کماکان با بارش ۲٦۰میلی‌متری دارای بیشینه بارشی این ماه بودند. ایستگاه کوهرنگ با بارش بیش از ۱۲۰ میلی‌متر پس از سواحل دریای خزر بیشترین بارش را در این ماه نسبت به نقاط دیگر کشور داشت و پس از آن نواحی غربی و شمال غرب تا شمال شرق نیز در رده دوم این بارش‌ها با بیش از ۸۰ میلی‌متر قرار داشتند (شکل ۲- ب). در ابتدای دوره مطالعه، یک دوره ۸ ساله خشک مشاهده شد. در ۱۱ سال تعداد ایستگاه‌های پربارش بیشتر بود که بیشتر در سال‌های اخیر دیده شد (شکل ۳- ب).

دسامبر: در این ماه نواحی غرب و جنوب غرب و نیز قسمت‌های شمالی از بارش‌های خوبی نسبت به دیگر نواحی برخوردار بودند. بارش این ماه نسبت به ماه قبل از لحاظ گستره بارش تغییر زیادی نداشت، ولی بر میزان بارش ایستگاه‌ها افزوده شده بود. نواحی جنوبی و قسمت‌هایی از مرکز و نیز شمال شرق کشور دارای بارش‌های بالاتر از ۵۰ میلی‌متر در این ماه بودند، ولی نواحی شرق، جنوب شرق و مرکز از میانگین بارشی کمتری نسبت به نواحی دیگر

کشور برخوردار بودند (شکل ۲- ج). از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰٤ یک دوره تر مشاهده شد. در ۱۰ سال تعداد ایستگاه‌های پربارش بیش از کم‌بارش بود. در دسامبر بر خلاف اکتبر و نوامبر پهنه‌های خشک در سال‌های اخیر بیشتر شده‌اند (شکل ۳- ج).



شکل ۳) تعداد ایستگاه‌های پربارش و کم‌بارش هر ماه طی سال‌های ۱۹۸٦ تا ۲۰۲۰ (الف: اکتبر؛ ب: نوامبر؛ ج: دسامبر؛ د: ژانویه؛ ه: فوریه؛



شکل ۳) تعداد ایستگاه‌های پربارش و کم‌بارش هر ماه طی سال‌های ۱۹۸٦ تا ۲۰۲۰ و: مارس؛ ز: آپریل؛ ح: می؛ ط: ژوئن). قرارگیری خط آبی (تعداد ایستگاه‌های پربارش) در بالای خط قرمز (تعداد ایستگاه‌های کم‌بارش) نشان‌دهنده وسعت بیشتر پهنه بارش زیاد نسبت به بارش کم است و بالعکس. فاصله‌گرفتن دو خط نمودار دو خطی مبین بزرگترشدن پهنه تر یا خشک است.

ژانویه: بارش‌های این ماه نسبت به دسامبر از گستردگی بیشتری به سمت شرق کشور برخوردار بود. میزان بارش نواحی غربی تا شمال غرب بیشتر بود و همچنین بارش‌ها نیز به سمت جنوب کشور گسترده شده بود. کمترین بارش در مرکز و شرق کشور و بیشترین بارش در نواحی جنوب غرب، غرب و شمال، نسبت به دیگر نواحی مشاهده شد (شکل ۲- د). دوره‌های کوتاه و بلند خشک در سال‌های اخیر مشاهده شدند. در ۱۲ سال، تعداد پهنه خشک از پهنه تر پیشی گرفته بود (شکل ۳- د).

فوریه: میزان بیشینه بارش از ۱۸۰ میلی‌متر در ژانویه به ۲۰۰ میلی‌متر در این ماه تغییر کرده بود و این بیشینه در نواحی غربی و سواحل غربی دریای خزر قرار داشت و از میزان بارندگی در نواحی شرقی کاسته و به نواحی مرکزی افزوده شده بود. مابقی ایستگاه‌های کشور از تغییرات چندانی برخوردار نبودند (شکل ۲- ه). میزان پهنه‌های تر و خشک در اوایل دوره مورد مطالعه به هم نزدیک بود، ولی در سال‌های اخیر پهنه‌های خشک هم از لحاظ تعداد و هم گستردگی پهنه درگیر بارش، از پهنه پربارش، پیشی گرفته بود. تنها در ٦ سال تعداد ایستگاه‌های پربارش از کم‌بارش بیشتر بود (شکل ۳- ه).

مارس: بیشینه بارش در این ماه از نواحی ساحلی دریای خزر به نواحی ارتفاعات جنوب غربی و کوهرنگ منتقل شده بود. بارش‌های پایین‌تر از ۳۰ میلی‌متر، پهنه بیشتری را نسبت به ماه فوریه داشت. میزان بارش برای بیشتر ایستگاه‌ها کاهشی بود، ولی در نواحی کمی مانند ارتفاعات مرکزی زاگرس این میزان بارش افزایشی بود (شکل ۲). گستردگی دوره‌های خشک و تر در میان نمودار بهتر مشاهده شد. تغییرات پهنه‌ها در سال‌های اخیر تفاوتی با سال‌های گذشته نشان نداد. در ۷ سال، بارش بالاتر از میانگین پهنه گسترده‌تری را در برگرفته بود (شکل ۳).

آپریل: در این ماه بارش نسبت به ماه قبل تغییرات محسوسی داشت. بیشینه بارش، همانند ماه قبل در ناحیه کوهرنگ بود، ولی حدوداً ۱۰۰ میلی‌متر از میزان بارش آن کاسته شده بود. بارش در نواحی مرکزی و جنوب شرقی نزدیک به صفر بود، ولی کماکان در نواحی شمال غرب، غرب و قسمت‌های جنوب غربی بارش تا ۷۰ میلی‌متر هم گزارش شد و نواحی گسترده‌ای از مرکز ایران، از بارش‌های تا ۲۰ میلی‌متر در ماه نیز برخوردار بودند (شکل ۲- ز). یک دوره ۸ساله خشک از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ مشاهده شد. در ۱۲ سال

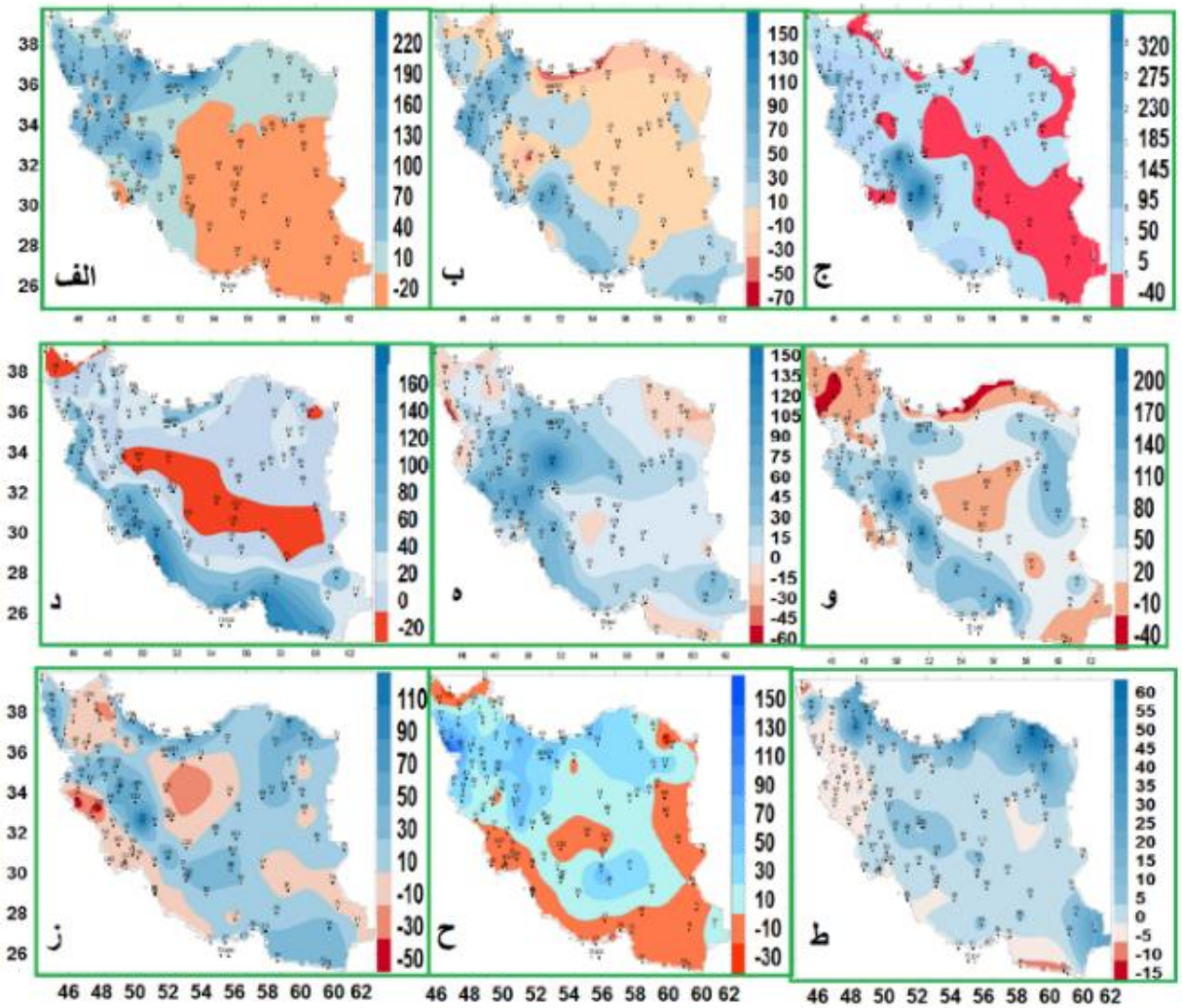
بارش بالاتر از میانگین در پهنه گسترده بود. در سال‌های اخیر، بارش‌های گسترده و زیادی گزارش شد (شکل ۳- ز).

می: بیشینه بارش در این ماه مربوط به ناحیه شمال غرب ایران تا ۵۵ میلی‌متر است و کمینه بارشی در نواحی مرکز، جنوب و جنوب شرق با حداکثر ۵ میلی‌متر در ماه، قرار داشت (شکل ۲- ح). تنها در ٤ سال شاهد پیشی‌گرفتن پهنه پربارش نسبت به کم‌بارش بودیم که در سال‌های اخیر این کم‌بارشی فراگیر شده است (شکل ۳- ح).

ژوئن: بارش نسبت به ماه قبل به میزان چشمگیری کاهش یافت و بیشینه بارش در نواحی شمالی قرار داشت، ولی میزان بارش به بیش از ٤٦ میلی‌متر در ماه نرسید؛ با این حال پربارش‌ترین نواحی در ماه ژوئن بودند. ناحیه جنوبی سیستان و بلوچستان نسبت به ماه قبل از بارش بیشتری برخوردار بود و این تنها ناحیه‌ای در کشور بود که بر میزان بارش آن افزوده شده بود. بیشتر پهنه کشور بارش زیر ٤ میلی‌متر داشتند (شکل ۲- ط). تنها در سه سال، آن هم با اختلاف جزیی، تعداد ایستگاه‌های پربارش بیشتر شده بود. در سال‌های اخیر وارد یک دوره خشک شده که گستره پهنه خشک به وضوح نسبت به پهنه پربارش بیشتر بود (شکل ۳- ط).

پربارش ترین و کم‌بارش‌ترین ماه‌ها از لحاظ پهنه درگیر

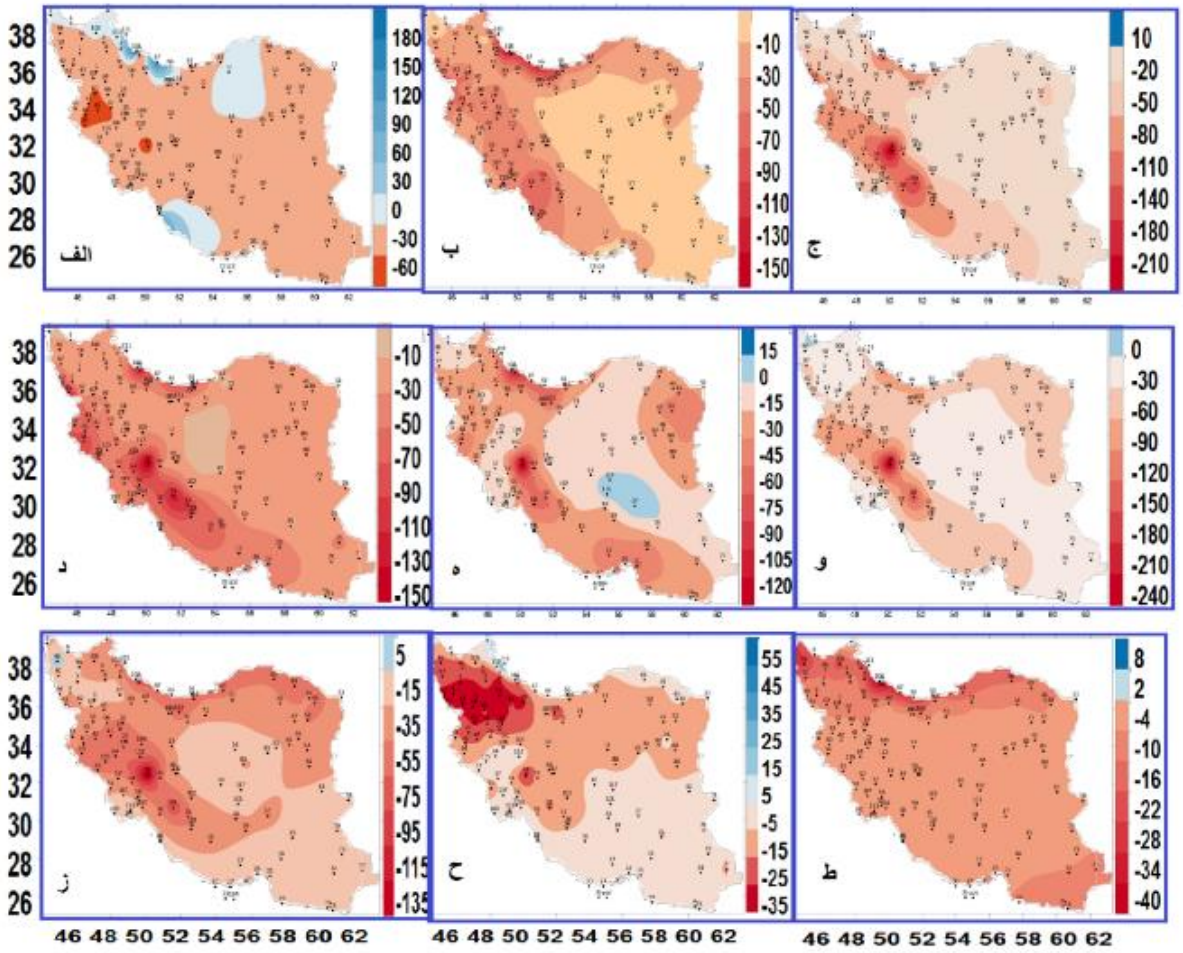
پربارش‌ترین اکتبر، کم‌بارش‌ترین نوامبر و نیز کم‌بارش‌ترین ژانویه طی ۳۵ سال مورد مطالعه در ۱۹۸۷ مشاهده شد؛ به عبارت دیگر، در این سال گسترش پهنه‌های کم‌بارش و پربارش بیش از سال‌های دیگر بود. ژانویه و فوریه ۱۹۹٦ در بیشترین گستره بارش بالاتر از میانگین خود قرار داشتند. در مارس و می ۲۰۰۸، بیشنه بارشی از لحاظ پهنه درگیر در کشور مشاهده شد. کم‌بارانی مطلق در نوامبر و ژانویه ۱۹۸۷ با بارش کمتر از میانگین برای هر ۱۱۷ ایستگاه مورد مطالعه مشاهده شد. بیشترین ایستگاه‌های بارش بالاتر از میانگین نیز مربوط به ماه مارس ۱۹۹٦ با ۱۰۲ ایستگاه بود. در دسامبر و ژانویه به نسبت دیگر ماه‌های سال، بارش‌های بالاتر از میانگین با گستردگی بیشتری مشاهده شد، به‌طوری که در ۱۵ سال بیش از نیمی از ایستگاه‌ها درگیر بارش‌های بالاتر از میانگین بودند. در ژوئن، تنها در ۳ سال بیشتر از نصف ایستگاه‌ها بارش بالاتر از میانگین داشتند و مابقی سال‌ها تعداد ایستگاه‌های دارای بارش بالاتر از میانگین بسیار کم بود. اکثریت ایستگاه‌ها بارش کمتر از میانگین داشتند (اشکال ٤ و ٥).



شکل ٤) گسترده‌ترین پهنه‌های پربارش طی سال‌های ۱۹۸٦ تا ۲۰۲۰.

شکل ٤) گسترده‌ترین پهنه‌های پربارش طی سال‌های ۱۹۸٦ تا ۲۰۲۰.

الف: اکتبر ۱۹۸۷ - بارش در تقریباً تمام نواحی (۸٦ ایستگاه) به جز شرق و جنوب شرقی بالاتر از میانگین بارشی این ماه بود و در نواحی شمال و قسمت‌هایی از شمال غربی بارش با اختلاف مثبت بیشتری نسبت به میانگین در مناق دیگر داشتند؛ ب: نوامبر ۲۰۱۳ - نواحی غربی، قسمت‌هایی از شمال غرب، مناطق جنوبی، جنوب شرقی و قسمت‌هایی از مرکز (۹٦ ایستگاه)، دارای بارش‌های بالاتر از میانگین بودند، ولی نواحی شمال شرق و شرق و قسمت‌هایی از مرکز، بارش‌های بالاتر از میانگین نداشتند؛ ج: دسامبر ۱۹۹۱ - جز مناطق ساحلی شمال، قسمتی از مرکز و جنوب شرقی، دیگر نقاط کشور بارش‌های بالاتر از میانگین را تجربه کردند (۸۹ ایستگاه). بیشترین تفاضل مثبت با میانگین مربوط به نواحی غرب و جنوب غرب بود؛ د: ژانویه ۱۹۹۸ - نواحی جنوبی، غرب، شمال غرب، شمال، شمال شرق و جنوب شرق (۱۰۱ ایستگاه) پربارش بودند. اختلاف از میانگین مثبت در حاشیه کشور از جنوب تا نزدیک شمال غرب قرار داشت. تنها مرکز و قسمت‌هایی از شمال‌غرب، از بارش بالاتر از میانگین برخوردار نبودند؛ ه: فوریه ۱۹۹٦ - بیشتر پهنه کشور از بارش بالاتر از میانگین برخوردار بودند (۱۰۲ ایستگاه). نواحی غرب و جنوب غربی و ناحیه جنوب شرقی، بیش از دیگر نواحی شاهد بارش‌های بالاتر از میانگین بودند، ولی نواحی شمال شرق و شمال غرب از این بارش‌های گسترده و شدید بی‌نصیب ماندند؛ و: مارس ۱۹۹٦ - بیشترین اختلاف مثبت با میانگین بارش در آذربایجان غربی و نیز نیمه شمالی کشور بود (۱۰۲ ایستگاه)، ولی مناطق مرکزی و کل حاشیه نیمه جنوبی بارش‌های کمتر از میانگین داشتند؛ ز: آپریل ۲۰۱۹ - نواحی غربی، شمالی، جنوب، جنوب شرق و شمال شرق از بارش‌های بالاتر از میانگین برخوردار بودند (۹۳ ایستگاه) و تنها نواحی مرکزی، حاشیه غربی و جنوب غربی و نیز قسمت‌هایی از شمال غرب از این بارش‌های زیاد بی‌نصیب ماندند؛ ح: می ۱۹۹۲ - بیشترین اختلاف مثبت با میانگین مربوط به نواحی شمال غرب، غرب، قسمت‌هایی از مرکز و شمال شرق بود (۹٤ ایستگاه). نواحی جنوب غرب، جنوب شرق، قسمت‌های کوچکی از مرکز و نواحی مرزی و باریکی از شمال غرب بارش کمتر از میانگین داشتند؛ ط: ژوئن ۱۹۹۷ - نواحی شمال شرق، شمال، قسمت‌هایی از جنوب شرق و نیز قسمت‌هایی از مرکز اختلاف بارشی مثبت نسبت به میانگین داشتند (۷٦ ایستگاه)، ولی نواحی غربی، شمال غرب و جنوب کمبود بارش داشتند. بیشترین پهنه کشور، با بارشی نزدیک به میانگین یعنی اختلاف مثبت کم مشاهده شد.



شکل ۵) گسترده‌ترین پهنه‌های کم‌بارش طی سال‌های ۱۹۸٦ تا ۲۰۲۰.

شکل ۵) گسترده‌ترین پهنه‌های کم‌بارش طی سال‌های ۱۹۸٦ تا ۲۰۲۰. الف: اکتبر ۲۰۰۲ - تقریباً تمام پهنه کشور (۱۱۱ایستگاه)، به غیر از نیمه غربی سواحل دریای خزر، قسمت‌های ساحلی گیلان، قسمت‌های مرزی آذربایجان شرقی، سواحل بوشهر و قسمت‌هایی از استان‌های گرگان و سمنان، بارش‌های کمتر از میانگین را تجربه کردند؛ ب: نوامبر ۱۹۸۷ - خشکی و کم‌بارشی در کل کشور (۱۱۷ ایستگاه) حاکم بود، ولی کمبود بارش در نیمه غربی کشور بیش از نیمه شرقی بود؛ ج: دسامبر ۲۰۱۱ - سراسر کشور پهنه کم‌باران بود (۱۱٦ ایستگاه). کمبود بارش در نواحی شمال و غرب و جنوب غرب، بیش از دیگر نواحی بود؛ د: ژانویه ۱۹۸۷ - همه نواحی بارش کمتر از میانگین را تجربه کردند (۱۱۷ ایستگاه). بیشترین اختلاف از میانگین و کمبود بارش، مربوط به نواحی غرب و جنوب غربی و نیز نواحی شمالی بود. بارش مرکز در این ماه به میانگین نزدیک‌تر بود؛ ه: فوریه ۲۰۰۱ - در قسمت‌هایی از نواحی مرکز بارش بالاتر از میانگین رخ داد، ولی در نواحی دیگر بارش‌ها کمتر از میانگین بود (۱۱٤ ایستگاه) و شدت این کم‌بارشی بیشتر در نواحی خراسان، نواحی ساحلی دریای خزر، جنوب غرب و جنوب مشاهده شد؛ و: مارس ۲۰۰۸ - تقریباً تمام کشور به جز نواحی کوچکی در شمال غرب کمبود بارش داشتند (۱۱۵ ایستگاه). این کمبود در نواحی غربی، جنوب غرب و نیمه غربی سواحل خزر، بیش از دیگر مناطق بود؛ ز: آپریل ۲۰۰۰ - به غیر از مناطق کوچکی در شمال غرب که بارش بالاتر از میانگین داشتند، تمام نواحی ایران کم‌بارشی را تجربه کردند (۱۱۵ ایستگاه). بیشترین کمبود باران در نواحی غرب، شمال شرق، جنوب غرب و نیز شمال دیده شد؛ ح: می ۲۰۰۸ - تنها در حواشی مرزی استان اردبیل بارش بالاتر از میانگین وجود داشت، اما در دیگر پهنه‌ها بارش کمتر از میانگین بود (۱۱۲ ایستگاه). بیشترین کمبود بارش در منطقه آذربایجان شرقی و غربی بود. در نواحی نیمه شمالی نیز کمبود بارش به وضوح قابل مشاهده بود. در مناطق جنوبی و غربی اختلاف بارش از میانگین، به صفر نزدیک و مقدار کمبود بارش ناچیز بود؛ ط: ژوئن ۱۹۹۰ - تقریباً تمام پهنه کشور بارش کم را تجربه کردند (۱۱٦ ایستگاه). بیشترین کمبود بارش مربوط به نواحی شمال یعنی از شمال غرب تا شمای شرق بود. ناحیه جنوب شرق نیز اختلاف میانگین بارش منفی زیادی نسبت به دیگر نواحی نشان داد.

بحث

هدف این پژوهش علاوه بر بررسی آماری بارش، مشخص‌کردن گستردگی پهنه درگیر بارش‌های کمتر یا بیشتر از میانگین در ماه‌های اکتبر تا ژوئن بود.

وسعتی که بارش‌های بالاتر از میانگین در برمی‌گیرد، مبین وسعت سامانه‌های بارش‌زا نیز هست. استخراج تاریخ گسترده‌ترین پهنه‌های بارشی کشور برای هر ماه پیش زمینه بررسی سامانه‌های مسبب آن است. بررسی تغییرات بارش هر ماه نسبت به همان ماه در سال‌های دیگر از این جهت حایز اهمیت است که در بررسی روند گونه بارش در ماه‌های متوالی سال، عامل اقلیمی مهمی همچون زاویه تابش، ثابت در نظر گرفته می‌شود، در صورتی که سامانه‌های بزرگ مقیاس، که قدرت آنها به زاویه تابش بستگی دارد، در ماه‌های یک سال به یک گونه عمل نمی‌کند ولی در مقایسه هر ماه با میانگین کلی خودش و حذف عوامل یکسان، پی به علل دیگری می‌بریم که هر ماه را نسبت به میانگین کلی‌اش منحصر به فرد می‌کند و اینگونه، بارش هر ماه، با هم نوع خودش مقایسه می‌شود نه با ماه‌هایی که با آن در شرایط یکسانی قرار ندارند. شناسایی وسعت پهنه‌های درگیر بارش سنگین در هر ماه در نمودار دو خطی مورد استفاده در این مقاله، قابل مشاهده است و به صورت آماری وسعت بارش سنگین یا وسعت کمبود بارش را مشخص می‌کند. علاوه بر این، تغییرات وسعت پهنه درگیر بارش سنگین هر سال در ماه مورد نظر مشخص است. قدرت و گسترش بارش‌های بالاتر از میانگین در هر ماه با ماه‌های دیگر متفاوت است. به طور مثال در ماه‌های پاییز نسبت به ماه‌های زمستان گستردگی بارش‌های بیشتر از میانگین کمتر است. علاوه براین، نواحی مختلف کشور، در ماه‌های متفاوتی جز پهنه‌های پر بارش کشور قرار می‌گیرند مانند نواحی شرق و جنوب شرقی، که زمانی در پهنه پر بارش قرار می‌گیرند که بیشتر نواحی، از پهنه پر بارش خارج شده اند. به‌طور کلی با بررسی نمودار دو خطی برای هر ماه اطلاعات زیادی را در مورد بارش کلی آن ماه به دست می‌آوریم. استخراج سال پر بارش و کم بارش و گستردگی آنها برای هر ماه در طول دوره مورد مطالعه و میزان گستردگی پهنه‌های درگیر بارش برای هر ماه از سال‌های مورد مطالعه، از تمایزات این مقاله است.

در پژوهش‌های پیشین روند بارش و بررسی تغییرات آن در مناطق مختلفی از کشور، با آزمون من-کندال مورد مطالعه قرار گرفته است. از آزمون من-کندال، برای معنادار بودن یا نبودن روند بارش، الگوی کلی میزان بارش در سطح کشور، بیشترین و کمترین ضریب تغییرات بارش، فراوانی دوره‌های خشک و تر نسبت به هم در نواحی مورد مطالعه استفاده شده است [Mirian *et al.*, 2022; Mazidi *et al.*, 2022; Amani *et al.*, 2020]. زنجیره مارکف نیز مدلی تصادفی برای توصیف یک توالی از رویدادهای احتمالی است که در آن احتمال هر رویداد فقط به حالت رویداد قبلی بستگی دارد. برای بررسی روند بارش و در نهایت پیش‌بینی آن نیز محققان بسیاری از این روش استفاده کرده‌اند. احتمال تداوم و تواتر روزهای بارش و خشکی، احتمال وقوع بارش، احتمال مقدار بارش و دوره برگشت مورد تحلیل قرار گرفته است. بررسی روند سری زمانی دوره‌های تر و خشک و نیز شدت آنها و احتمال گذر از دوران تر به خشک و بر عکس از یافته های این روش است [Ghaznavi *et al.*, 2021; Iranpour *et al.*, 2019]. پایش خشکسالی‌ها به چند شکل اقلیمی، هیدرولوژی، کشاورزی، اقتصادی و اجتماعی انجام می‌شود. در بررسی خشکسالی‌های اقلیمی کاربرد شاخص SPI بسیار بالا است. شاخص بارش استانداردشده (SPI) در مقیاس زمانی ۱۲، ۲٤ و ٤۸ ماهه در ایستگاه‌های منتخب؛ محاسبه و نقشه‌های درون‌یابی تهیه شد. در نهایت، به منظور شناسایی الگوی خشکسالی و نمایش آن بر روی نقشه به ترتیب از آماره خودهمبستگی فضایی موران و

تحلیل لکه‌های داغ استفاده شد. ویژگی‌های خشکسالی استان فارس نشان می‌دهد که تقریباً تمامی نقاط استان رخداد خشکسالی را با شدت و ضعف‌های متفاوت تجربه می‌کنند. از نظر شدت خشکسالی نتایج بررسی بیانگر این است که هر قدر مقیاس زمانی بالاتر می‌رود، ارقام SPI نیز بالاتر می‌رود؛ اما قدر مطلق خشکسالی کم می‌شود [Ghanbari, 2020]. شاخص SPI نیز از شاخص‌هایی است که میزان ترسالی و خشکسالی را برای هر منطقه مشخص می‌کند. پایش خشکسالی و ترسالی و نیز پیش‌بینی خشکسالی از موارد استفاده این روش هستند که محققان زیادی از آن بهره برده‌اند. در این روش خشکسالی و یا ترسالی‌ها درجه‌بندی شده‌اند و محدوده خاصی برای هر درجه در نظر گرفته شده است [Bazrafshan *et al.*, 2011; Shokohi *et al.*, 2018; Mohtashami *et al.*, ۲۰۱۵]. شناختن تغییرات مدت زمان انتظار رخداد بارش نیز از مباحثی است که مورد بررسی قرار گرفته است. با بهره‌گیری از روش زمین آماری کریجینگ مقادیر بارش بر سلول‌های ٦×٦ کیلومتر برای هر روز جداگانه میان‌یابی شدند. این بررسی از طریق آزمون ناپارامتریک من-کندال در سطح اطمینان ۹۰٪ بر سری زمانی مقادیر مدت زمان انتظار رخداد برازش داده شد. نرخ تغییرات به کمک روش خطی حداقل مربعات برآورد شد. یافته‌ها نشان دادند که طی ماه‌های سرد سال مدت زمان انتظار رخداد بارش طولانی‌تر شده است، در حالی که در ماه‌های گرم سال فاصله زمانی بین دو رویداد بارشی پیاپی کوتاه‌تر شده است [Darand *et al.*, 2019]. تفاوت رفتار ماهانه بارش در مقیاس زمانی مکانی، بدین صورت بررسی شده است که ارتباط بارش و توپوگرافی منطقه به چه میزان است. اگرچه بین دامنه تغییرات بارش ماهانه و متغیرهای فضایی-توپوگرافی از لحاظ آماری رابطه معنی‌داری وجود دارد، اما در بررسی‌ها همبستگی‌ها چندان قوی نبوده است. با این حال بر اساس تکنیک تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، ۵ منطقه شناسایی شد. این مناطق عموماً از عرض جغرافیایی ۳۲ شمالی به سمت عرض‌های جغرافیایی شمالی پیشروی می‌کنند، در حالی که منطقه در جنوب ۳۲ شمالی به طور کلی از الگوهای طول جغرافیایی پیروی می‌کند [Asakare *et al.*, ۲۰۲۱]. برای تحلیل بارش‌های سنگین با در نظر گرفتن آستانه بارش‌های بالای صدک ۹۵، با استفاده از روش‌های ناپارامتریک آزمون‌های من-کندال، سنس استیمیتور و روش رگرسیون خطی ساده روند بارش‌های سنگین مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج این آزمون‌ها نشان داد ایستگاه آستارا روند مثبت، صعودی و معنی‌داری داشته ولی در بقیه ایستگاه‌های منتخب باوجود صعودی‌بودن، روند معنی‌دار نبوده است [Zeynali *et al.*, 2020].

در پژوهش حاضر، تنها یک آستانه (میانگین)، برای تری و خشکی هر ایستگاه در نظر گرفته شده است. زیرا قرارگیری ایستگاه‌ها تنها در دو دسته تر (بارش بالاتر میانگین) و خشک (بارش پایین تر از میانگین) سهولت سنجش دیگر پارامترهای مربوط، مانند فواصل دوره‌های خشک و تر، میزان اختلاف پهنه‌تر و خشک و تغییرات این دو پارامتر در طول زمان را فراهم می‌کند. این در شرایطی است که با قراردادن بیش از یک آستانه مشخص‌کردن این عوامل هم با دسته‌بندی‌های همراه می‌شود که ارتباط‌دهی میان آنها با مشکل روبه‌رو می‌شود. در دو آزمون من-کندال و زنجیره مارکف در صورتی که بارش از حالت نرمال به میزان زیادی خارج شود دیگر معناداری در روند مشاهده نمی‌شود و در پی آن مساله پیش‌بینی این دو روش هم منتفی می‌شود و این در صورتی است که با عواملی مانند تغییر اقلیم و گرمایش جهانی این انتظار می‌رود که بارش‌های غیرنرمال افزایش یابند. یکی دیگر از پیامدهای گرمایش جهانی و تغییر اقلیم جابه‌جایی در الگوهای زمانی-مکانی سنجه جوی مهم و آشوب‌مند بارش است. بررسی فواصل بارش‌ها نسبت به همدیگر در دو دوره گرم و سرد از روش خطی حداقل مربعات کمتر یا بیشتر شدن فاصله دو بارش پیاپی را مشخص کرده است. ولی در پژوهش حاضر فاصله دوره‌های خشک و تر برای هر ماه در سال‌های متوالی مشخص شده است. در این پژوهش بررسی روند و توجه به امر پیش‌بینی بارش صورت نگرفته است و از اهداف پژوهش نیست، بلکه استخراج تغییرات مهم بارش در بازه زمانی و مکانی به منظور پرداختن به علل آنها حایز اهمیت است.

از محدودیت‌های این پژوهش، تک‌آستانه‌ای‌بودن آن، درجه‌بندی‌نشدن شدت خشکی (کم‌بارشی) و تری (پربارشی) در مناطق مورد مطالعه است که می‌توان در صورت نیاز و تغییر هدف پژوهش، به تعیین آستانه‌های دیگر بارشی، با توجه به اقلیم هر منطقه، اقدام کرد. در نهایت پیشنهاد می‌شود با توجه به استخراج تاریخ خشک‌ترین و پربارش‌ترین ماه‌ها و همچنین دوره‌های بارش گسترده و خشکی گسترده در این روش به تحلیل سینوپتیکی و دینامیکی آنها نیز پرداخته شود.

نتیجه‌گیری

میزان بارش در ایران در بیشتر اوقات در پهنه‌های کوچک رخ می‌دهد. با وجود اینکه بارش کمتر از میانگین در تمام ایستگاه‌ها مشاهده می‌شود، هیچ‌گاه تمام ایستگاه‌های ایران دارای بارش بالاتر از میانگین نیستند.

تشکر و قدردانی: از سازمان هواشناسی کل کشور به جهت تامین داده‌های این پژوهش، صمیمانه سپاسگزاریم.

تاییدیه اخلاقی: موردی برای گزارش وجود ندارد.

تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان: ثریا دریکوند (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی (۵۰٪)؛ بهروز نصیری (نویسنده دوم)، نگارنده بحث (۱۵٪)؛ هوشنگ قائمی (نویسنده سوم)، روش‌شناس (۱۵٪)؛ مصطفی کرمپور (نویسنده چهارم)، تحلیل‌گر داده (۱۰٪)؛ محمد مرادی (نویسنده پنجم)، نگارنده مقدمه (۱۰٪)

منابع مالی: این پژوهش برگرفته از رساله دکتری نویسنده نخست با عنوان "بررسی اثر پوشن سپهر بر ورد سپهر در تشدید یا تضعیف بارش‌های ایران در دوره سرد سال" به راهنمایی نویسندگان دوم و سوم و مشاوره نویسندگان چهارم و پنجم، در دانشگاه لرستان است.

منابع

- Asakare H (2007). Temporal-spatial changes of rainfall in Iran during recent decades. Tehran. Journal of Geography and Development. 5(10):145-164. [Persian]
- Asakereh H, Masoodian S A, Tarkarani F (2021). Spatial Analysis of variation of inter-annual distribution of precipitation in Iran over recent decades (1970-2016). Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards. 8(4):103-122. [Persian]

Amani M, Zohorian M, Borna R (2021). Spatial analysis of drought trend and calculation of reliable rainfall in Khuzestan province. Quarterly Geography and Regional Planning.1(13):97-109. [Persian]

- Bazarafshan U, Mohseni Saravi M, Malekian A, Moeini A (2011). Investigating the drought situation of Golestan province using Standard Precipitation Index (SPI). Iranian Journal of Rangeland and Desert Research. 18(44):395-407. [Persian]
- Darand B, Ebrahimi M (2019). Tempo-spatial analysis of precipitation waiting time duration changes in Kurdistan province. Marvdasht. Water Resources Engineering. 12(41):17-30. [Persian]
- Davarpanah Gh (2004). The effects of flood and drought and providing solutions to deal with them. Isfahan. Journal of Water and Wastewater. 15(1):73-76. [Persian]
- Doostan R (2020). An analysis of rainfall changes in Iran. Journal of Climate Research. 10(40):13-25. [Persian]
- Farajzadeh M (2012). Climatic hazards of Iran. 1st ed. Tehran: Publications of Humanities Research and Development Center(SMT). [Persian]
- Ghanbari A (2020). Spatial Analysis of Fars Province Climatic Drought from the Period 1990 to 2014. Nivar. 44(110):53-64. [Persian]
- Ghaznavi M, Mosaedi M, Qabaei Souq (2021). The effect of breaking the time series of rainfall data on changes in drought characteristics (A case study of the cities of Tabriz and Arak). Journal of Water and Soil. 35(3):409-425. [Persian]
- Hasanvand Z, Yarahmadi D, Lashkari H, Mirhashemi H (2022). Fractal analysis of daily rainfall in Karkheh and Dez watersheds. Larestan. Natural Geography Quarterly. 15(55):115-129. [Persian]
- Heydari A, Shahkoui I (2017). Investigating the probability of occurrence of dry and wet periods in Mazandaran using Markov chain. Environmental studies(Natural resources and sustainable development). 4(36): 16-31. [Persian]
- Iranpour F, Zohrevandi H (2019). Analysis of daily rainfall in Tabriz to investigate the probability of the continuation of dry and wet days. Climatology Research.9(36): 91-105. [Persian]
- Jahanbakhsh Asl S, Sari Saraf B, Asakareh H, Shirmohammadi S (2022). Identifying extreme precipitation events in western Iran (1965-2016). Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards. 26(79):115-125. [Persian]
- Khosravi A, Azari M (2022). Determining the temporal and spatial trend and point of change of temperature and precipitation in Kashf River basin. Scientific Journals Management System. 22(66):289-306. [Persian]
- Li S, Li G, Wang X, Li C, Liu H, Li G (2020). Precipitation Characteristics of an Abrupt Heavy Rainfall Event over the Complex Terrain of Southwest China Observed by the FY-4A Satellite and Doppler Weather Radar. Water. 12(9):2502.
- Li W, Bi X, Sheng L, Luo Y (2021). Sun Jianhua modulations of synoptic weather patterns on warm-sector heavy rainfall in south China: Insights from high-density observations with principal component analysis. Frontiers in Earth Science. (9):1-12.
- Masoudian A, Kaviani M (2007). Climatology of Iran. Isfahan: Isfahan University Press.
- Mazidi A, Salamati Hormozi V, Omidvar K, Mozafari G (2022). Revealing the temporal-spatial changes of precipitation in southeast Iran. Geographical explorations of desert areas. 5(18):47-64. [Persian]
- Mohammadi B, Masoudian A (2010). Synopsis analysis of heavy rainfall in Iran, a case study. November 1373. Geography and Development. 8(19):47-70. [Persian]
- Mohammadyarian M, Taavosi T, Khosravi M, Hamidianpour M (2019). Zoning of Iran's extreme rainfall regime in the 20-year period. Tehran. Journal of Geographical Research. 34:192-183. [Persian]
- Mohteshmi A, Nasiriyan A (2015). Drought monitoring of South Khorasan province using standard precipitation index (SPI). Iran National Irrigation and Drainage Congress. 17(1):177-181. [Persian]
- Mirian M, Moradi M, Ghaemi H, Nasiri B, Karampoor M (2022). Analysis of statistics and anomalies of 50-year rainfall of Iran's synoptic stations (period 1960-2010). Applied Research of Geographical Sciences. 67(17):327-343. [Persian]
- Sadaqat M (2001). Iran's water resources and issues. 7th ed. Tehran: Payam-e Noor University Publications. [Persian]
- Salimi Mostala A, Khoshkhoo Y, Gholizadeh M (2019). Assessing and zoning the risk of extreme rainfall in western Iran. Journal of Water and Soil Consevation. 26(1): 49-69. [Persian]
- Shokohi A, Hosseini N, Bakhtiari A (2018). Flood forecasting using the Standard Precipitation Index (SPI) on a daily scale.Tabriz Journal of Civil and Environmental Engineering (University of Tabriz). 48(91):27-35. [Persian]
- Soro, GE, Noufé D, Goula Bi TA, Shorohou B (2016). Trend analysis for extreme rainfall at sub-daily and daily timescales in Côte d'Ivoire. Climate. 4(3):37.
- Torabipoodeh H, Izadjo F, Hamehzadeh P (2018). Analysis of changes in total precipitation and effective precipitation in the whole of Iran. Iranian Water Research Journal. 12(4):1-10. [Persian]
- Zeynali BA, Minaei S, Foroutan M (2020). Statistical and synoptic study of super heavy rainfall in Guilan province. Jornal of Environmental Sciences Studies. 7(4):5682-5695. [Persian]