Kharazmi University

Spatial Analysis Environmental Hazards

Online ISSN: 2588-5146
Homepage: https://khu.ac.ir

Seasonal Distribution Analysis of Widespread Torrential Rains in Iran

Enayat Asadolahi [1] | Mehry Akbary [2]✉ | Zahra Hejazizadeh [3]

1. Department of Natural Geography, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: asadolahi5096@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Natural Geography, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: mehryakbary@gmail.com
3. Department of Natural Geography, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: hejazizadeh@yahoo.com

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]

[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 12 February 2025
Accepted 06 May 2025
Published online 10 August 2025

Keywords:
Iran,
Torrential rainfall,
Widespread,
95th percentile index,
Seasonal.

ABSTRACT

Objective: The main goal of this research is to identify and analyze the seasonality of the most widespread Torrential rains in Iran during the years 1940 to 2023.

Methods: To achieve this goal, precipitation data was obtained from the ECMWF database with a spatial resolution of 0.25 by 0.25 degrees of arc for the Iranian region during the study period. The next step was to calculate the threshold of torrential precipitation for each cell seasonally using the 95th percentile, and days with torrential precipitation were identified. By applying the condition of the highest spatial spread of the 95th percentile, the days with the most widespread precipitation above the threshold were identified for each season. Finally, the prevailing atmospheric conditions were examined.

Results: Analysis shows that the highest precipitation of 146.85 mm occurs in winter and the lowest of 85 mm occurs in summer. The highest spatial coverage of total precipitation occurs in spring (41.9), winter (40.69), autumn (32.55) and summer (16.84), respectively.The analysis of sea level pressure indicates that during widespread precipitation in the summer, a low-pressure belt extended from the westernmost to the easternmost regions of the upper atmosphere map, encompassing Iran. In contrast, during other seasons, a high-pressure belt was present in the same area. At the 500 hectopascal level in summer, a closed high-pressure dynamic cell was observed over Iran, while at the 850 hectopascal level, two low-pressure centers over Saudi Arabia and Pakistan intensified instability over Iran. Consequently, it is evident that at lower levels, the conditions for atmospheric precipitation were stable, and even the omega level at 500 hectopascals over Iran on that day indicated a weak upward movement of air. However, in other seasons, a trough consistently positioned over western Iran, with active band patterns in spring and winter, facilitated the slowing and diversion of currents toward moisture sources, thereby enabling the transfer of more moisture than normal conditions to Iran. The precipitation study revealed that, except for the summer season, wind dominated over Iran. The presence of wind intensified instability at lower levels. A study of the Atmospheric River reveals that during widespread rainfall across all seasons, the Atmospheric River, which originates from the Red Sea and the Persian Gulf, has consistently been present. However, in the fall and winter seasons, a branch from the Mediterranean Sea also contributes, resulting in increased rainfall.

Conclusions: The findings of this study showed that during the occurrence of torrential rainfall in each season, there were specific weather conditions and the involvement of an atmospheric river originating from the Red Sea in providing moisture for these rainfalls was quite evident. However, in the two cold seasons of the year, another sub-indicator, an atmospheric river from the Mediterranean, also intervened and caused an increase in rainfall.

Cite this article: Asadolahi, E., Akbary, M., & Hejazizadeh, Z. (2025). Seasonal Distribution Analysis of Widespread Torrential Rains in Iran. *Spatial Analysis Environmental Hazards*, 12 (46 & 795), 47-64. http//doi.org/10.61882/jsaeh.12.46.795.49

© The Author(s)

Publisher: Kharazmi University
DOI: http//doi.org/10.61882/jsaeh.12.46.795.49

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

A report by the Mauna Loa Atmospheric Observatory in May 2023 on CO2 measurements shows that its concentration has reached about 424PPM, which has not been observed in the past 2 million years. Therefore, the high emission of CO2 by humans is currently leading to rapid global warming that has never been seen in history. Meanwhile, 2023 has also been recorded as the warmest year on record. Global warming has brought more and more severe climate hazards and can cause irreparable damage to human society. One of the most important consequences of climate change is the increase in atmospheric extremes, which have generally changed with the time and space of atmospheric patterns. Therefore, it can be said that under the influence of global warming and human activities, the climate cycle has undergone abnormal changes on a global scale.

Methods

In this study, precipitation data from the ECMWF database from 1940 to 2023 for the Iranian region with a number of 2494 cells were used. In the next step, the threshold of torrential rains was calculated separately for each cell using the 95Th percentile, and days with torrential rains were separated for each season. Taking into account the condition of the highest spatial spread of torrential rains, the most widespread torrential rains in Iran were identified for each season during the study period. After identifying the widespread days, their synoptic analysis was carried out, and finally, the relationship between torrential rains and the atmospheric river was examined.

Results

Analysis of the extracted total precipitation shows that the highest precipitation of 146.85 mm is in winter and the lowest of 85 mm is in summer. The highest spatial coverage of total precipitation occurred in spring (41.9), winter (40.69), autumn (32.55) and summer (16.84), respectively. At the time of the total precipitation in summer, there was a low-pressure belt from the westernmost to the easternmost upper atmosphere map, which Iran is located in, but there was a high-pressure belt for other seasons. The study of the 500 hectopascal level for summer shows that a closed high-pressure cell is located over Iran, but nevertheless, at the lower levels of the atmosphere, the conditions for atmospheric precipitation are smooth, so that at the 850 hectopascal level, the role of two low-pressure centers located over Saudi Arabia and Pakistan can be clearly seen in this precipitation, and in the Omega map of the 500 hectopascal level over Iran, there have been weak upward movements.

However, in other seasons, a trough has always been located over western Iran, and Iran has been in an area of maximum instability. Of course, in the two seasons of spring and winter, band patterns have been actively present, and with their mechanism, they have caused the movement of currents to slow down and divert them to moisture sources, and have provided the basis for the transfer of more moisture than normal conditions towards Iran. In all seasons except summer, there has always been a continuous downdraft from the westernmost to the easternmost part of the upper atmosphere map, and Iran has been under the dominance of downdrafts. The study of the atmospheric river combined with rainy days shows that in the widespread precipitation related to the representatives of the seasons, there has always been an atmospheric river originating from the Red Sea and the Persian Gulf, but in the two seasons of autumn and winter, a branch from the Mediterranean Sea has also intervened, providing the basis for the transfer of moisture from this sea in the bed of the main branch towards Iran.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

Despite the intervention of this branch, we are witnessing an increase in the amount of rainfall and the spatial expansion of torrential rainfall in these two seasons.

Conclusion

The findings of this study showed that in each season, there are specific weather conditions during the occurrence of torrential rainfall, and in each season, we witness spatial changes in areas that experience torrential rainfall. These spatial changes are related to changes in weather patterns, so identifying weather conditions will help researchers plan to minimize the damage caused by it.

Keywords: Iran, Torrential rainfall, Widespread, 95th percentile index, Seasonal.

Author Contributions

All authors contributed equally to the writing of this article.All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Data Availability Statement

In this study, daily precipitation data from the ECMWF database and the NCEP/NCAR database were used for atmospheric analysis.
The ECMWF database has been available since 1979 with global spatial coverage and at hourly, daily, monthly and annual scales. The high spatial resolution of these data has attracted more attention from researchers in using these data. The spatial resolution of the data mentioned is at 0.125, 0.25, 0.5 and 3 degrees of arc.
The NCEP/NCAR database is related to the Climate Prediction Center of the United States National Oceanic and Atmospheric Administration and has a spatial resolution of 2.5 by 2.5 degrees of arc and is available from 1940 to the present.
It should be noted that these data are available at the following links.
https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/reanalysis-era5-single-levels?tab=download
https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html

Acknowledgements

We would like to express our appreciation and gratitude to the esteemed head of the National Crisis Management Organization and the Director General of Research, Development of Criteria and Future Studies of the National Crisis Management Organization for their support of this article.
The authors would like to thank all participants of the present study.

Ethical considerations

The study was approved by the Ethics Committee of the University of ABCD (Ethical code: IR.UT.RES.2024.500). The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Funding

This study is supported by the National Crisis Management Organization.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

دانشگاه خوارزمی

تحلیل فضایی مخاطرات محیطی

شاپا الکترونیکی: ۵۱۴۶- ۲۵۸۸

Homepage: https://khu.ac.ir

تحلیل توزیع فصلی بارش‌های سیل‌آسای فراگیر در ایران

عنایت اسدالهی[۱] | مهری اکبری[۲] ✉ | زهرا حجازی زاده[۳]

۱. گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: asadolahi5096@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: mehryakbary@gmail.com

۳. گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: hejazizadeh@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۵/۱۹

کلیدواژه‌ها:
ایران،
بارش سیل‌آسا،
شاخص صدک ۹۵ام،
فصلی.

چکیده

هدف: هدف اصلی از این پژوهش شناسایی و تحلیل فصلی فراگیرترین بارش‌های سیل‌آسا در ایران طی سال‌های ۱۹۴۰ تا ۲۰۲۳ است.

روش پژوهش: برای رسیدن به این هدف اقدام به دریافت داده‌های بارش از پایگاه داده ECMWF با تفکیک مکانی ۰/۲۵ در ۰/۲۵ درجه قوسی برای محدوده ایران طی دوره مطالعاتی شده و گام بعدی با استفاده از صدک ۹۵ام اقدام به محاسبه آستانه بارش‌های سیل‌آسا برای هر یاخته به صورت فصلی شده و روزهای همراه با بارش سیل‌آسا شناسایی شده و با اعمال شرط بالاترین گسترش مکانی صدک ۹۵ام روزهای دارای فراگیرترین بارش بالاتر از آستانه برای هر فصل شناسایی شده و در پایان به بررسی شرایط جوی حاکم بر آن‌ها پرداخته شده است.

یافته‌ها: تحلیل‌ها نشان می‌دهد که بالاترین بارش به میزان ۱۴۶/۸۵ میلیمتر در فصل زمستان و کم‌ترین آن به مقدار ۸۵ میلیمتر مربوط به فصل تابستان می‌باشد. بالاترین پوشش مکانی بترتیب در فصل بهار (۴۱/۹)، زمستان (۴۰/۶۹)، پاییز (۳۲/۵۵) و تابستان (۱۶/۸۴) رخ داده است. بررسی فشار تراز دریا نشان می‌دهد که در زمان رخ داد بارش فراگیر فصل تابستان یک کمربند کم‌فشار از غربی‌ترین تا شرقی‌ترین نقشه جو بالا که ایران داخل آن قرار دارد وجود داشته ولی برای سایر فصول کمربند پرفشار در همین محدوده وجود دارد. تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در فصل تابستان وجود یک سلول بسته پرفشار دینامیکی بر روی ایران را نشان می‌دهد ولی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال دو مرکز کم‌فشار بر روی عربستان و پاکستان وجود داشته و باعث تشدید ناپایداری بر روی ایران شده است، بنابراین می‌توان دریافت که در ترازهای پایینی شرایط جهت ریزش جوی هموار بوده و حتی امگا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی ایران در این روز صعود هوا هر چند ضعیف را نشان می‌دهد. اما در سایر فصول همواره یک ناوه بر روی غرب ایران قرار داشته و در فصل بهار و زمستان الگوهای بندالی حضور فعالی داشته و با سازوکار خود سبب کندی حرکت جریانات و انحراف آن‌ها بر روی منابع رطوبتی شده و زمینه انتقال رطوبت بیشتر از شرایط نرمال را به سمت ایران فرآهم نموده است. در تمامی فصول بجزء فصل تابستان ایران زیر سیطره رودباد بوده است. قرارگیری رودباد بر روی ایران سبب تشدید ناپایداری در ترازهای زیرین شده است. بررسی رودخانه جوی نشان می‌دهد که در بارش‌های فراگیر تمامی فصول همواره رودخانه جوی با منشاء دریای سرخ، خلیج‌فارس وجود داشته ولی در دو فصل پاییز و زمستان شاخه فرعی هم از دریای مدیترانه دخالت داشته و سبب افزایش میزان بارندگی شده است.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش نشان داد که در زمان وقوع بارش‌های سیل‌آسا در هر فصل شرایط جوی خاصی وجود داشته و دخالت رودخانه‌ای جوی با منشاء دریا سرخ در تامین رطوبت این بارش ها کاملا مشهود بوده ولی در دو فصل سرد سال شاخص فرعی دیگر رودخانه ای جوی از مدیترانه نیز دخالت داشته و سبب افزایش میزان بارندگی شده است.

استناد: اسدالهی، عنایت؛ اکبری، مهری؛ و حجازی زاده، زهرا (۱۴۰۴). تحلیل توزیع فصلی بارش‌های سیل‌آسای فراگیر در ایران. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۱۲ (۴۶ و ۷۹۵)، ۴۷-۶۴. http//doi.org/10.61882/jsaeh.12.46.795.49

ناشر: دانشگاه خوارزمی

© نویسندگان

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]

[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

مقدمه

گزارشی که توسط رصدخانه پایش جوی مونا لوا[1] در می ۲۰۲۳ در خصوص اندازه‌گیری CO_2 ارائه شده است نشان می‌دهد که غلظت آن به حدود PPM ۴۲۴ رسیده که در طول ۲ میلیون سال گذشته مشاهده نشده است. بنابراین انتشار زیاد CO_2 توسط انسان در حال حاضر منجر به گرم شدن سریع کره زمین شده که در تاریخ سابقه نداشته است. در همین حال سال ۲۰۲۳ نیز به عنوان گرم‌ترین سال جهان ثبت شده است. گرم شدن کره زمین مخاطرات آب و هوایی بیشتر و شدیدتری را به دنبال داشته و می‌تواند خسارات جبران ناپذیری بر جامعه بشری وارد کند (فاس[2] و همکاران، ۲۰۱۴؛ ماینشاوزن[3] و همکاران، ۲۰۲۰؛ زیکفلد[4] و همکاران، ۲۰۲۱). موضوع اقلیم و تغییر آن به عنوان یک وضعیت برگشت ناپذیر بوده و یکی از مظاهر و پیامدهای آن تغییر در عناصر اقلیمی به ویژه دما و بارش در مناطق مختلف می‌باشد (IPCC، ۲۰۰۱). یکی از مهم‌ترین تغییرات در عناصر اقلیمی رخ داد فرین‌های بارشی می‌باشد که به باور اندیشمندان علوم جوی تغییر اقلیم نه تنها باعث افزایش فرین‌های بارشی شده بلکه شدت این بارش‌ها نیز افزایش یافته است (نریمانی و دارند، ۱۳۹۹؛ جهانبخش اصل و همکاران؛ ۱۳۹۹). علت اصلی افزایش بارش‌های سیل‌آسا افزایش دما می‌باشد که نقطه اشباع بخار آب و ظرفیت نگهداری آب در جو را به شدت افزایش داده و زمینه رخداد بارش‌های سیل‌آسا را فرآهم نموده است (دانبر[5] و همکاران، ۲۰۱۹). بارش‌های سیل‌آسا از جمله پدیده‌های اقلیمی است که وقوع آن منجر به خسارات جانی و مالی فراوانی می‌شود (مصطفائی و همکاران، ۱۳۹۴). سیلاب‌های ایجاد شده در طبقه‌بندی جهانی به عنوان مهم‌ترین بلایای طبیعی قرار گرفته است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۹). بنابراین یکی از مهم‌ترین پیامد تغییر اقلیم افزایش فرین‌های جوی می‌باشد که بطور کلی با بازه زمانی و فضایی الگوهای جوی تغییر کرده است (اکبری و صیاد، ۱۴۰۰). بنابراین می‌توان بیان داشت که تحت تاثیر گرمایش جهانی و فعالیت‌های انسانی چرخه آب و هوا در مقیاس جهانی دستخوش تغییرات غیر عادی شده است (علی‌پوری[6] و همکاران، ۲۰۱۷؛ وان[7] و همکاران، ۲۰۲۰؛ سعو[8] و همکاران، ۲۰۲۴). تغییرات آب و هوا ناشی از گرمایش جهانی در ایران سبب تغییر در ضخامت جو شده و زمینه تغییر حالت بارش‌ها از جامد به مایع را طی دوره سرد سال فرآهم نموده است (اکبری و اسدالهی، ۱۴۰۰). از میان عناصر اقلیمی بارش یک عامل بسیار مهم بود که بطور قابل توجهی بر اقتصاد و اکوسیستم‌ها تاثیر می‌گذارد(شو[9] و همکاران، ۲۰۱۶؛ وو[10] و همکاران، ۲۰۲۳).

پیشینه پژوهش

۱. پیشینه تجربی

با توجه به اینکه بارش‌های سیل‌آسا دارای تبعات اقتصادی و اجتماعی شدیدی بر جوامع بشری می‌باشد، مطالعه این گونه بارش‌ها و سازکارهای جو حاکم بر آن بسیار حائز اهمیت می‌باشد به گونه‌ای که مطالعه پژوهش‌های انجام گرفته شده در خصوص تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی نشان می‌دهد که محققین توجه خاصی بر رفتار شناسی و تحلیل جوی این گونه بارش‌ها داشته‌اند که در ادامه به برخی از مطالعات انجام گرفته شده در داخل ایران و منابع خارجی اشاره می‌دهد.

[1] - Mauna Loa
[2] - Fuss
[3] - Meinshausen
[4] - Zickfeld
[5] - Dannenberg
[6] - Alipour
[7] - Won
[8] - Seo
[9] - Xu
[10] - Wu

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

رالف[1] و همکاران (۲۰۰۶) با هدف بررسی ارتباط بین رودخانه جوی و بارش‌های سیل‌آسا رودخانه روسیه در ایالت کالیفرنیا اقدام به ترکیب داده‌های ایستگاهی و ماهواره نموده‌اند. آن‌ها برای رسیدن به این هدف اقدام به مطالعه ۷ بارش سیل‌آسا در این منطقه نموده و نتایج نشان داد که در هر هفت بارش سیل‌آسا به طور مستقیم رودخانه جوی دخالت داشته است. لاورز[2] و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از داده‌های بارش، داده‌های ماهواره‌ای، شبیه سازی مدل‌ها و بررسی جریان رودخانه به بررسی سیل‌های رخ داده در انگلستان طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۰ پرداخته‌اند آن‌ها برای این منظور طی دوره مطالعه ۱۰ رویداد بزرگ سیل طی زمستان را شناسایی و به بررسی شرایط جوی آن پرداخته و نتایج نشان داد که تمامی موارد همواره یک رودخانه جوی وجود داشته و این رودخانه‌های جوی در توزیع مکانی سیل ها نقش بسیار زیادی دارند. دلیما[3] و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از داده‌های بارش روزانه ۵۷ ایستگاه پراکنده شده در سطح کشور پرتغال طی سال‌های ۱۹۴۱ تا ۲۰۰۷ به بررسی روند در شاخص‌های بارش شدید سالانه اقدام نموده و نتایج نشان داد که که فقط چند ایستگاه دارای روند منفی در شاخص بارش‌های شدید هستند و اکثر ایستگاه تغییرات آن‌ها از نظر آماری طی دوره مطالعاتی معنی‌دار نبوده و فقط بارش‌های روزانه معمولی در سطح ۹۵ درصد اطمینان معنی‌دار بوده و با فاز مثبت NAO در ارتباط می‌باشد. بررسی نسبت کل بارش منتسب به بارش‌های سنگین و فوق سنگین طی سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۷ نشان می‌دهد که این گونه بارش‌ها تمایل به شدیدتر شدن را نشان می‌دهد. روستا[4] و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از داده بارشی ۴۸۳ ایستگاه سینوپتیکی و مولفه مداری، نصف النهاری باد و داده‌های ژئوپتانسیل چهار تراز ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال اقدام به بررسی ارتباط بین بارش‌های زمستانه ایران با تاوایی نموده‌اند. در پژوهش فوق برای جدا سازی روزهای بارشی از غیر بارشی آستانه ۱ میلیمتری و گسترش مکانی حداقل ۵۰ درصدی در نظر گرفته شده و نتایج نشان داد که تاوایی رایج در فصل زمستانه ایران عبارت است از کم‌فشار مدیترانه- کم فشار خلیج فارس؛ کم فشار ایران- پرفشار شرق اروپا؛ کم‌فشار اورال- پرفشار شرق خاورمیانه؛ پرفشار اروپا- کم‌فشار عربستان و کمربند پرفشار سیبری- کم‌فشار ایران مرکزی می‌باشد. پنگ[5] و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای به بررسی بارش‌های سنگین حوضه رودخانه زیشوی طی سال‌های ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۸ و ارتباط این بارش‌ها با ۱۸ شاخص آب و هوایی در مقیاس بزرگ پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که روند نزولی شدیدی در شاخص رطوبت پایدار و بارش‌های سنگین وجود داشته و در سایر شاخص‌ها فاقد روند معنی‌دار بوده است. نتایج همبستگی نشان می‌دهد که همبستگی معنی داری بین بارش‌های سنگین یک روزه و نوسانات دهگانه اقیانوس آرام، الگوی آمریکای شمالی اقیانوس آرام و شاخص خشکسالی پایدار و همچنین بین نوسانات چند دهه اقیانوس اطلس وجود دارد. نیکول[6] و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی بارش‌های سنگین در شرق قطب شمال و گرینلند کانادا و همچنین پیش‌بینی آن‌ها تا سال ۲۰۹۹ با استفاده از SSP5,8/5 پرداخته و نتایج نشان داد که بارش‌های سنگین هم از نظر مقدار و هم از نظر فراوانی در تمامی سطح منطقه مطالعاتی روند افزایشی داشته و در مناطق شمال به حداکثر خود رسیده است. بی‌بی و همکاران[7] (۲۰۲۴) با استفاده از داده‌های ERA5 و NCEP/NCAR به بررسی بارش سیل‌آسا کراچی در ماه آگوست ۲۰۲۰ پرداخته و نشان دادند که بارش‌های سیل‌آسا این ماه دارای دو موج بوده موج اول ۶ تا ۹ آگوست (اولین دوره) و ۲۴ تا ۲۸ آگوست (دومین دوره) رخ داده است. بررسی شرایط دینامیکی و ترمودینامیکی در زمان رخ داد دو موج بارشی نشان می‌دهد که یک ناپایداری همرفتی قوی بر روی کراچی وجود داشته است. نتایج به خوبی نشان داد که عامل اصلی موج اول بارش سامانه‌های موسمی بوده و عامل اصلی موج دوم بارش جریانات غربی بوده هست.

سلیمی و سلیقه (۱۳۹۴) با استفاده از داده رطوبت ویژه طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳ اقدام به شناسایی رودخانه‌های جوی اثرگذار بر روی ایران نموده و نتایج نشان داد که سالانه بطور میانگین حدود ۱۲ رودخانه جوی تشکیل شده و رطوبت بارش‌های

[1] - Ralph
[2] - Lavers
[3] - De Lima
[4] - Rousta
[5] - Peng
[6] - Nicole

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

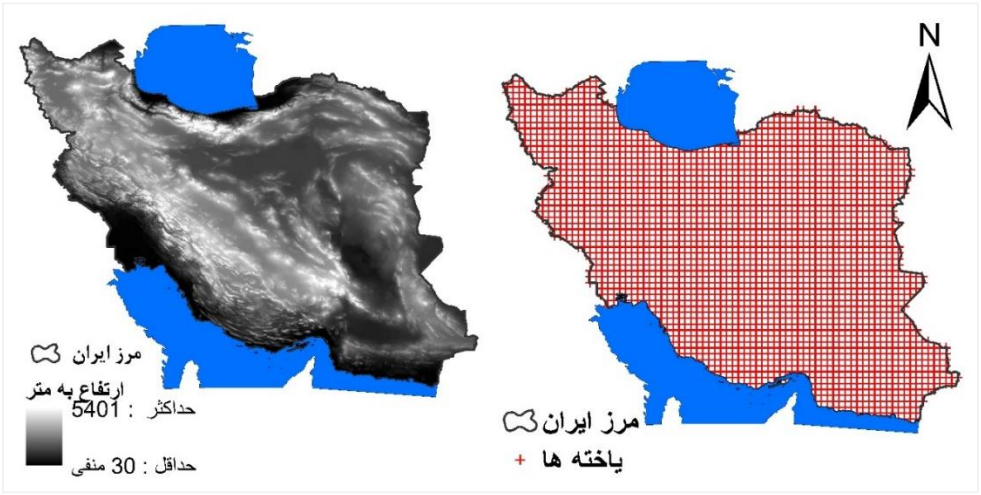
ایران را تامین می‌کند. از میان رودخانه‌های جوی رودخانه‌ها با منشاء جنوبی و جنوب‌غربی رطوبت بیش‌تری دارند. اسدالهی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای خود به بررسی شرایط جوی حاکم بر تداوم روزهای خشک و بارانی در استان زنجان پرداخته و بیان داشتند که الگوهای بندالی سبب ایجاد توالی‌های بارشی و خشکی در منطقه مطالعاتی شده و در زمان رخ داد دوره‌های بارشی همواره بر روی دریای سیاه و مدیترانه ناوه‌ای در تراز میانی جو وجود داشته که زمینه انتقال رطوبت این دو منبع آبی را به سمت منطقه مطالعاتی فرآهم نموده است. اسدالهی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی الگوهای همدید موثر بر بارش سنگین استان‌های لرستان، ایلام و همدان در تاریخ ۲۷ اکتبر تا ۲ نوامبر ۲۰۱۵ بیان داشتند که عامل اصلی ایجاد بارش در منطقه مورد مطالعه وجود الگوی بندالی از نوع دوقطبی در تراز میانی جو بوده و تاثیر منابع آبی جنوبی کشور و دریای مدیترانه در تامین رطوبت مورد نیاز این بارش بسیار چشمگیر بوده است. ذکی‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) اقدام به شناسایی بارش‌های فراگیر ایران طی دوره آماری ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۸ نموده سپس داده‌های سرعت باد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال در روزهای همراه با بارش فراگیر استخراج شده و با استفاده از تحلیل عاملی با رویکرد مولفه مبنا ۸ مولفه اصلی با پراش ۸۵ درصدی شناسایی شده و در ادامه با استفاده از تحلیل خوشه‌ای هشت الگوی غالب رودباد در ارتباط با بارش‌های فراگیر ایران شناسایی گردید. درگاهیان و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از داده‌های بارش روزانه ۵۷۳ ایستگاه و با در نظر گرفتن سمعیار بارش روزانه بالاتر از یک میلیمتر، حداقل تداوم دو روزه و گسترش مکانی حداقل ۵۰ درصدی اقدام به شناسایی بارش‌های بهاره ایران نموده و در گام بعدی شرایط جوی حاکم بر این بارش‌ها مطالعه شده است. نتایج نشان داد که بیش ترین مقدار بارش‌های بهاره ایران ناشی از شیو شدید پرفشار شمال دریای خزر –کم‌فشار شرق ترکیه و کم‌فشار عربستان بوده و غلب‌ترین الگوی بارشی بهاره فراگیر الگو پرفشار سیبری – کم‌فشار عربستان، کم‌فشار سودان می‌باشد. سینایی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به بررسی ارتباط بین رودبادها و بارش‌های حدی جنوب غرب ایران طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ با استفاده از داده‌های بارش روزانه ۲۲ ایستگاه سینوپتیکی واقع در استان‌های جنوب‌غرب پرداخته‌اند نتایج نشان داد که روزهای انتخاب شده همواره رودباد با جهت نصف‌النهاری منطقه مطالعاتی را تحت تاثیر قرار داده است. در تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال چرخنده‌ای قوی بر روی شرق مدیترانه قرار داشته و ضلع شرقی آن تا منطقه مطالعاتی کشیده شده است. حجازی‌زاده و همکاران (۱۴۰۱) با استفاده از داده‌های دما و بارش سه ایستگاه سینوپتیک مهرآباد، آبعلی و شمیران در سطح تهران برای سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۲۰ اقدام به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بارش‌های سیل‌آسا در استان تهران نموده و نتایج نشان داد که شاخص حدی دما در هر سه ایستگاه مطالعاتی روند افزایشی داشته و شاخص حدی بارش فقط در ایستگاه آبعلی روند افزایشی داشته و در دو ایستگاه دیگر روند کاهشی داشته است. سپس با استفاده از مدل CanESM2 با تاکید سناریو انتشار RCP۸/۵ اقدام به پیش‌بینی دما برای دوره زمانی ۲۰۲۱ تا ۲۰۸۳ کرده و نتایج این بخش نشان داد که بیش‌ترین افزایش میانگین دما مربوط به ایستگاه مهرآباد با ۵/۱ درصد افزایش نسبت به دوره مشاهداتی می‌باشد.

روش شناسی پژوهش

۱. قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش کشور ایران با وسعت ۱۶۴۵۱۹۵ کیلومتر مربع در نیمه جنوبی منطقه معتدل شمالی بین عرض شمالی ۳ ° ۲۵ و ۴۷ ° ۳۹ از خط استوا و ۱۴ ° ۴۴ و ۲۰ ° ۶۳ طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار دارد. پست ترین نقاط ایران به صورت نواری به دور سواحل جنوبی خزر و نواحی جنوبی و جنوب غربی قرار گرفته است. براساس مدل رقومی ارتفاع ۹۰ متری کم‌ترین ارتفاع ایران منفی ۳۰ و بیش‌ترین ارتفاع آن ۵۴۰۱ متر می‌باشد. کم‌ترین ارتفاع ایران در چاله لوت و بلندترین آن قله دماوند در میان رشته کوه البرز قرار دارد، در کناره جنوبی دریای خزر ارتفاع زمین به حدود ۲۸ متر پایین تر از سطح دریای آزاد می‌رسد (اکبری و اسدالهی، ۱۴۰۰) (شکل ۱).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]



شکل ۱. مدل رقومی ارتفاع ۹۰ متری منطقه مطالعاتی و توزیع مکانی یاخته بارشی ۰/۲۵در ۰/۲۵ درجه قوسی پایگاه داده ECMWF

۲. داده‌ها و روش کار

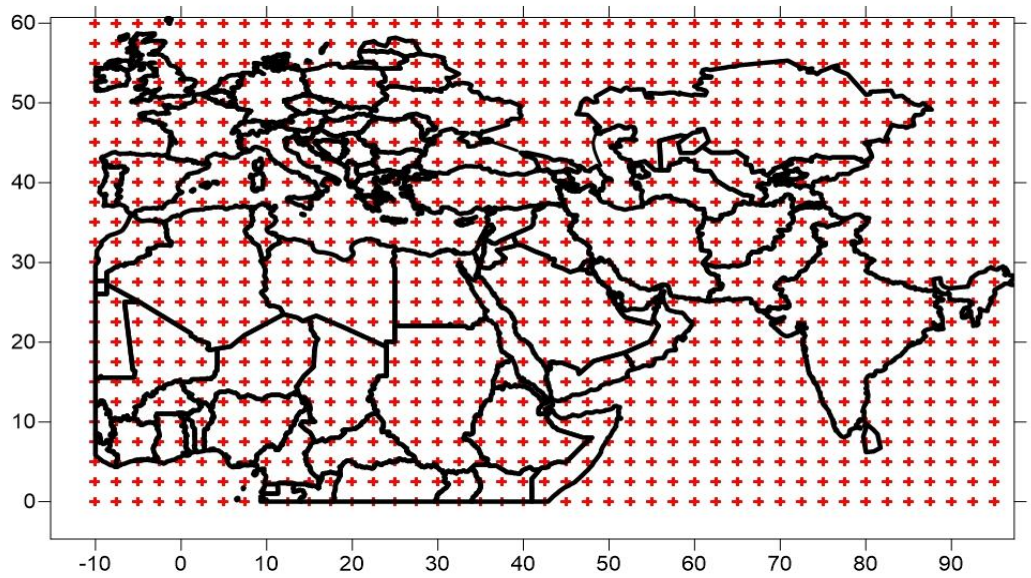
در این پژوهش از داده‌های بارش ساعتی پایگاه داده ECMWF با تفکیک مکانی ۰/۲۵ در ۰/۲۵ درجه قوسی طی سال‌های ۱۹۴۰ تا ۲۰۲۳ برای محدوده ایران با تعداد ۲۴۹۴ یاخته استفاده شده است (شکل ۱). پس از دریافت داده‌های ساعتی بارش با استفاده از امکانات کدنویسی در محیط متلب اقدام به تبدیل داده‌ها از فرمت NC به فرمت عددی شده سپس اقدام به محاسبه مجموع بارندگی روزانه و تفکیک فصلی داده‌ها شده و در گام بعدی با استفاده از صدک ۹۵ام آستانه بارش‌های سیل‌آسا برای هر یاخته بصورت جداگانه محاسبه گردیده و روزهای توام با بارش سیل‌آسا برای هر فصل جدا شده و با در نظر گرفتن شرط بالاترین گسترش مکانی بارش سیل‌آسا اقدام به شناسایی فراگیرترین بارش سیل‌آسا ایران برای هر فصل طی دوره مطالعاتی شده است. پس از شناسایی روزهای فراگیر اقدام به تحلیل همدیدی آن‌ها با استفاده از داده‌های NCEP/NCAR با تفکیک مکانی ۲/۵ در ۲/۵ درجه قوسی برای طول ۱۰ درجه غربی تا ۱۰۰ درجه شرقی و صفر تا ۶۰ درجه شمالی با تعداد ۱۴۸۵ یاخته شده است (شکل ۲). علت انتخاب این محدوده وجود سامانه‌های اثر گذار بر روی اقلیم ایران می‌باشد. داده‌های جو بالا مورد استفاده شامل فشار سطح دریا به پاسکال، ارتفاع ژئوپتانسیل به متر، مولفه مداری و نصف النهاری باد به متر بر ثانیه، رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال به متر بر ثانیه، امگا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به پاسکال می‌باشد. با توجه به شرایط خاص فصل تابستان نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و مولفه‌های مداری و نصف‌النهاری این تراز ترسیم شده است. در پایان برای شناسایی رودخانه جوی و ارتباط آن با فراگیرترین بارش‌های فصلی از داده‌های یکپارچه شده شار قائم بخار آب شرق سو و شمال سو پایگاه داده ECMWF با تفکیک ۰/۲۵ در ۰/۲۵ درجه قوسی با تعداد یاخته ۱۳۲ هزار ۷۴۱ عدد برای طول ۱۰ درجه غربی تا ۱۰۰ درجه شرقی و صفر تا ۶۰ درجه عرض شمالی شده است. داده‌های یکپارچه شده شار قائم بخار آب[1] شامل نم ویژه، وزش‌های مداری و نصف النهاری از تراز ۱۰۰۰ تا ۳۰۰ هکتوپاسکال جو، در دستگاه اویلری و به صورت زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۱):

$$IVT = \sqrt{(\frac{1}{g}\int_{1000hpa}^{300hpa} qu\ dp)^2 + (\frac{1}{g}\int_{1000hpa}^{300hpa} qv\ dp)^2} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

[1] - Integrated Vapour Transport

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

در این رابطه IVT نشان‌دهنده شار قائم بخار آب، q نشان‌دهنده نم ویژه کیلوگرم در کیلوگرم ($kg\ kg^{-1}$) u و v مولفه‌های مداری و نصف‌النهاری بر حسب متر بر ثانیه ($m\ s^{-1}$)، g شتاب گرانی و dp اختلاف میان دو سطح تعیین شده است (لاورز و همکاران[1]، ۲۰۱۲؛ راموس[2] و همکارن، ۲۰۱۵).



شکل۲. محدوده مورد بررسی جو بالا با ۱۴۸۵ یاخته ۲/۵ در۲/۵ درجه قوسی

یافته‌های پژوهش

۱. استخراج روزهای همراه بارش سیل‌آسا برای هر فصل

پس از اعمال صدک ۹۵ام بر روی مجموع بارش روزانه آستانه بارش‌های سیل‌آسا برای هر یاخته محاسبه شده و در ادامه با در نظر گرفتن شرط فراگیرترین بارش سیل‌آسا اقدام به شناسایی روزهای فراگیر بصورت جداگانه برای هر فصل شده و نتایج آن در جدول (۱) آمده است. بررسی پراکنش فضایی بارش سیل‌آسا فراگیر فصل بهار نشان می‌دهد که تمرکز این بارش در نواحی شرقی، مرکزی و نواحی جنوبی کشور بوده و متوسط ثبت شده از داده‌های بارش سیل‌آسا در این روز ۱۹/۲۳ میلیمتر و مقدار حداقل و حداکثر آن بترتیب ۶/۱۹ و ۷۵/۱ میلیمتر می‌باشد. اما در فصل تابستان تمرکز اصلی بارش بر روی نواحی جنوب غربی و تا حدودی نواحی جنوبی و مرکزی کشور می‌باشد و چند لکه محدود بر روی شمال کشور وجود داشته و در مجموع پوشش مکانی بارش سیل‌آسا به حدود ۱۶/۸۴ درصد از مساحت کل کشور رسیده است. بیشینه بارش سیل‌آسا در فصل تابستان حدود ۱۶/۴۷ میلیمتر بوده و این در حالی هست که حداکثر و حداقل بترتیب ۸۵ و ۱ میلیمتر می‌باشد. براساس نقشه پراکندگی بارش سیل‌آسا در این فصل می‌توان دریافت که تمرکز این بارش بر روی نواحی مرکزی، جنوب‌غربی و شمال شرقی کشور می‌باشد. بررسی بارش‌های فرین سیل‌آسا فصل پاییز نشان می‌دهد که میزان متوسط، حداکثر و حداقل بارش نسبت به نمایندگان دو فصل بهار و تابستان افزایش چشم‌گیری داشته به نحوی که میانگین، حداکثر و حداقل آن بترتیب به میزان ۲۴ ،۹۱/۴۰ و ۷/۵ میلیمتر رسیده است. علت اصلی افزایش میزان این بارش را می‌توان در فعال شدن سامانه‌های غربی و کشیدگی آن‌ها بر روی ایران اشاره کرد. تمرکز اصلی بارش سیل‌آسا فصل زمستان بر روی جنوب، جنوب‌غربی، نواحی مرکزی، شمال و شمال‌شرق کشور می‌باشد. پوشش مکانی بارش سیل‌آسا در این فصل در مقایسه با فصل تابستان و پاییز افزایش چشمگیری داشته به گونه‌ای به حدود ۴۰/۶۹ درصد رسیده و شاهد به اوج رسیدن بارش در این در قیاس با سایر فصول هستیم. متوسط بارش این روز ۳۵/۳۵ میلیمتر، حداقل آن ۸/۲۸ میلیمتر و حداکثر آن ۱۴۶/۸۵

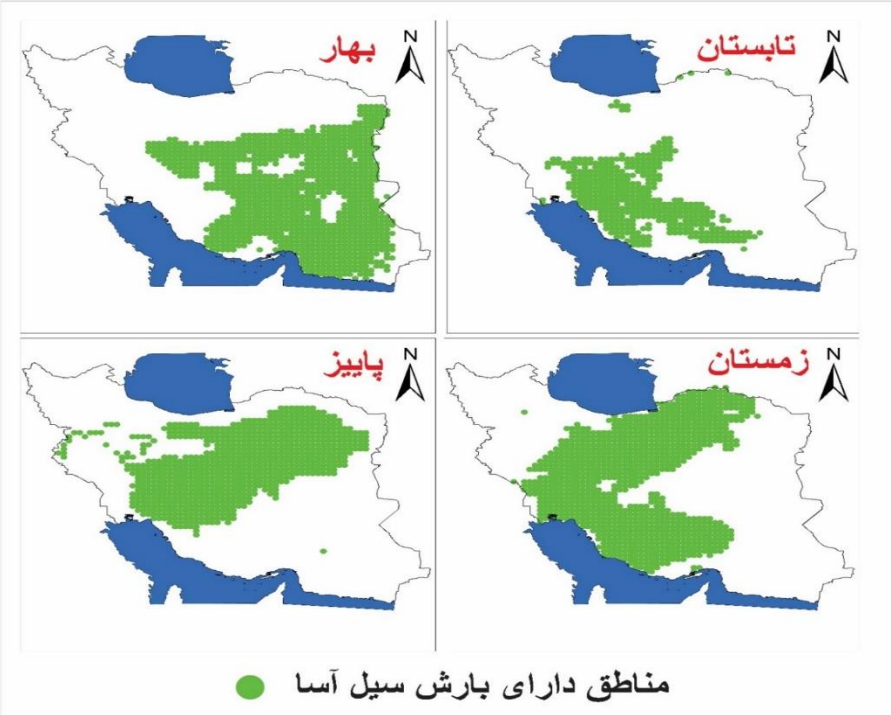
[1] - Lavers
[2] - Ramos

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

میلیمتر می‌باشد. افزایش چشم‌گیر بارش در این الگو نشان می‌دهد که در فصل زمستان سامانه‌های غربی به اوج قدرت خود رسیده و ایران تحت استیلای آن‌ها می‌باشد(شکل ۳ و جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات فراگیرترین بارش‌های سیل‌آسا فصلی طی ۱۹۴۰ تا ۲۰۲۳

ردیف	فصل	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی	پوشش مکانی به درصد	متوسط	حداکثر	حداقل
۱	بهار	۱۹۷۶/۰۳/۲۵	۱۳۵۵/۰۱/۰۵	۴۱/۹	۱۹/۲۳	۷۵/۱	۶/۱۹
۲	تابستان	۲۰۲۲/۰۷/۲۹	۱۴۰۱/۰۵/۰۷	۱۶/۸۴	۱۶/۴۷	۸۵	۱
۳	پاییز	۱۹۸۶/۱۲/۲۰	۱۳۶۵/۰۹/۲۹	۳۲/۵۵	۲۴	۹۱/۴۰	۷/۵
۴	زمستان	۱۹۸۰/۰۲/۱۱	۱۳۵۸/۱۱/۲۲	۴۰/۶۹	۳۵/۳۵	۱۴۶/۸۵	۸/۲۸



شکل ۳. نقشه بارش سیل‌آسا در نمایندگان هر فصل

۲. تحلیل الگوی جوی حاکم بر بارش سیل‌آسا فصل بهار

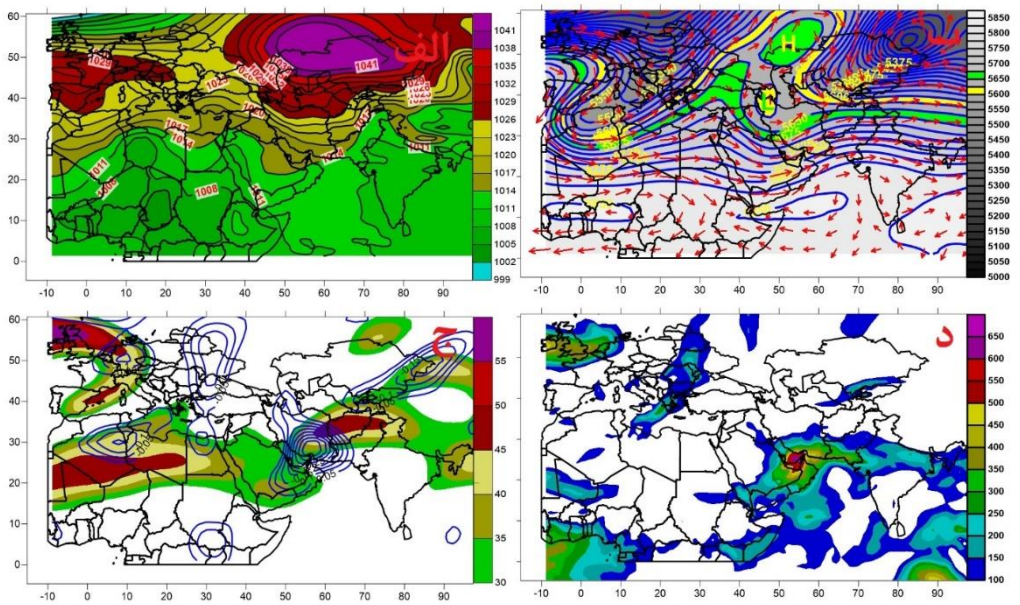
در شکل(۴) شرایط جوی حاکم بر فراگیرترین بارش سیل‌آسا بهار آمده است. همان گونه که پیداست در سطح زمین دو مرکز پرفشار و یک مرکز کم فشار فعال می‌باشد. یکی از مرکز پرفشار با فشار ۱۰۴۱ هکتوپاسکال بر روی غرب روسیه و دیگری با فشار مرکزی ۱۰۳۲ هکتوپاسکال بر روی غرب اروپا واقع شده که موقعیت آن‌ها در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به صورت مراکز پرارتفاع کاملا مشهود بوده و مرکز کم‌فشار با فشار مرکزی ۹۹۹ هکتوپاسکال بر روی کشورهای حوزه اسکاندیناویی (کم‌فشار ایسلند) قرار گرفته است. نحوه قرارگیری این مراکز پرفشار به گونه‌ای هست که گسترش مداری زبانه‌های آن‌ها سبب ایجاد کمربند پرفشار از ۱۰ درجه غربی تا ۱۲۰ درجه شرقی شده است. اما تقابل ایجاد شده بین زبانه‌های دو مرکز پرفشار یاد شده با کم‌فشار ایسلند و شرایط جغرافیایی مناطق تحت نفوذ آن‌ها سبب کشیدگی زبان‌های پرفشار به سمت عرض‌های ۳۰ درجه جنوبی و حتی در بعضی مناطق تا عرض ۲۰ درجه جنوبی شده مانند گسترش زبانه‌های پرفشار غرب روسیه بر روی ایران و نواحی شمالی عربستان و کشیدگی زبانه‌های پرفشار غرب اروپا بر روی نواحی شمالی و غربی آفریقا می‌باشد. چیدمان مراکز فشار و حرکات زبانه‌های آن‌ها در این تراز به خوبی نشان می‌دهد مرکز کم‌فشار سودان که عامل بسیاری از بارش‌های سنگین ایران می‌باشد به سمت جنوب کشیده شده و اثر قابل توجهی بر روی این بارش نداشته است. قرارگیری منحنی‌های میزان بر روی نواحی مرکزی ایران نشانگر وجود شیو شدید فشار بر روی این مناطق می‌باشد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

بررسی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال وجود یک الگو بندالی از نوع دو قطبی بر روی نیمه شمالی ایران (کم ارتفاع) و نیمه غربی روسیه (پر ارتفاع) را نشان می‌دهد. قرارگیری پشته بر روی غرب اروپا و به تبع آن وجود یک ناوه پردامنه بر روی اروپا مرکزی با جهت تقریبی شمال شرقی- جنوب غربی سبب ایجاد شیو فشاری بسیار شدید بر روی این مناطق شده و به خوبی افزایش شدید سرعت باد را می‌توان از روی پیکان‌های باد در این مناطق مشاهده کرد. پرارتفاع ایجاد شده بر روی شرق میدترانه با جهت تقریبی شمال شرقی سبب نفوذ هوایی گرم و مرطوب به سمت عرض‌های بالا شده و این جریان بر روی ترکیه و دریای سیاه و همچنین جریانات حاکم بر روی دریای خزر تحت تاثیر چرخش پادساعتگر و نیروی جاذب به مرکز کم‌ارتفاع واقع شده بر روی شمال غرب ایران شده و زمینه انتقال رطوبت دریا سیاه – مدیترانه و هوایی سرد عرض‌های بالا به سمت ایران را فرآهم کرده به نحوی که نیمه شمالی ایران در این روز تحت تاثیر این جریانات بوده است. جهت چینش منحنی‌های میزان تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در این الگو به خوبی نشان می‌دهد که بر روی غرب اروپا، نواحی شمالی و غربی آفریقا همچنین در نواحی جنوبی و تا حدودی مرکزی ایران شیو فشاری بسیار شدید حاکم بوده که گواهی بر تایید این بحث پیکان‌های نشان دهنده سرعت جریان باد بر روی این مناطق بوده که به حداکثر خود رسیده و باعث تشکیل رودباد در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال بر روی این مناطق شده است. توزیع مکانی رودباد در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال بیانگر وجود رودباد بزرگی با چند هسته سرعتی متفاوت از ۱۰ درجه غربی تا ۱۰۰ درجه شرقی می‌باشد.

رودباد واقع شده در غرب آفریقا پس از طی کردن مسیری بر روی شمال آفریقا با تغییر مسیر حرکت خود و با گذر از روی دریا سرخ و خلیج فارس وارد ایران شده گذر این رودباد از روی منابع آبی ذکر شده زمینه مناسبی برای انتقال رطوبت در ترازهای پایینی را برای ایران فرآم نموده است. شاخص امگا تراز ۵۰۰ از وجود حرکت صعودی هوا در بیشتر نواحی ایران به مرکزیت جنوب کشور را نشان می‌دهد. حرکت جریانات به سمت بالا بر روی نواحی جنوبی ایران در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال زمینه انتقال رطوبت خلیج فارس را به سمت نواحی داخلی ایران را فرآهم نموده است. بررسی نقشه رودخانه جوی نشان می‌دهد که رودخانه جوی از شمال آفریقا(کشور سودان) شروع شده و با گذر از روی دریای سرخ و جنوب عربستان با رطوبت خلیج فارس ادغام شده و به بیشینه خود به میزان ۶۵۰ کیلوگرم متر بر ثانیه رسیده و از سمت جنوب وارد کشور ایران شده است. بررسی دقیق‌تر نشان می‌دهد که یک رودخانه جوی ثانویه بر روی عراق تحت تاثیر ناوه تراز میانی جو با منشاء رطوبتی دریای سیاه و مدیترانه وجود دارد که تحت تاثیر شرایط جوی به سمت عربستان کشیده شده و پس از آن با رودخانه جوی اصلی ادغام شده و در بستر آن به سمت ایران حرکت کرده است. نقشه بارشی این روز با شرایط جوی به خوبی نشان می‌دهد که یک هماهنگی خوبی بین الگوهای جوی با بارش سیل‌آسا وجود داشته به گونه‌ای که در تحلیل کلی الگو جوی این بارش می‌توان بیان داشت که در سطح زمین حاکمیت با زبانه‌های پرفشاری بوده که تحت تاثیر سامانه کم‌فشار ایسلند به سمت عرض‌های پایین حرکت کرده و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال الگوی بندالی از نوع دو قطبی که باعث کند شدن جریانات و تشدید حالت ناپایداری بر روی جو ایران و زمینه نفوذ رطوبت بیشتر از شرایط نرمال به داخل ایرانفرآهم نموده که تاییدی بر آن وجود رودخانه جوی می‌باشد. به طور کلی می‌توان عامل اصلی رخ داد این بارش سیل‌آسا فراگیر را الگوی بندالی دو قطبی در تراز میانی جو و رودخانه جوی دانست.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

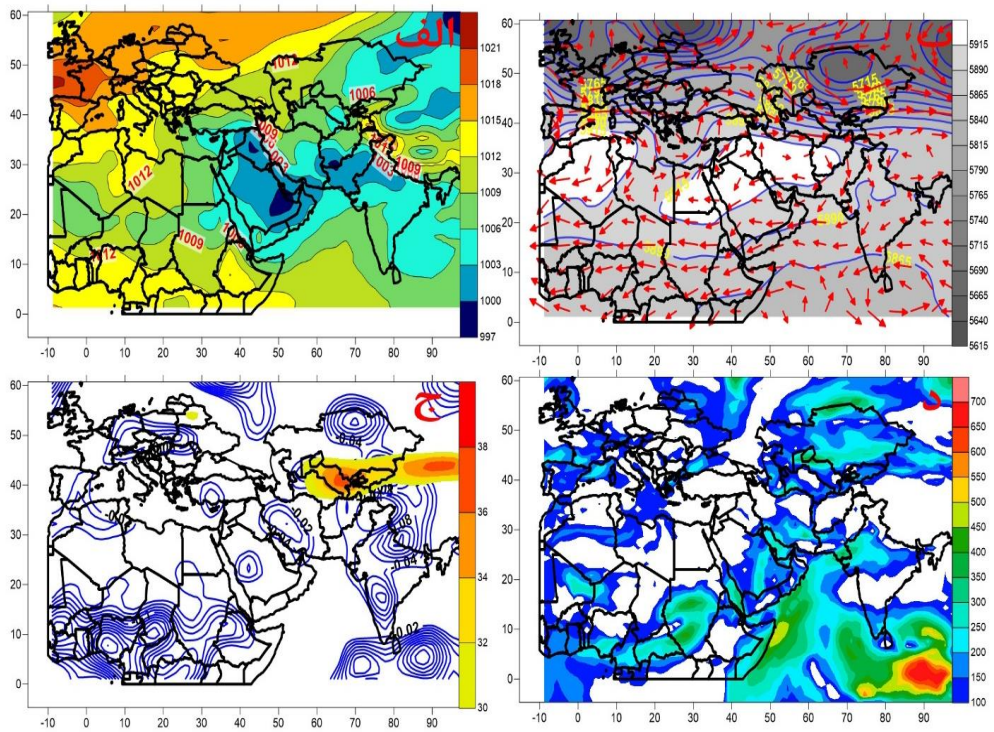


شکل ۴. الف) فشار سطح دریا به پاسکال ب) ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به متر و جهت جریان باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به متر بر ثانیه ج) امگا تراز ۵۰۰ به پاسکال و رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال به متر بر ثانیه د) رودخانه جوی کیلوگرم متر بر ثانیه

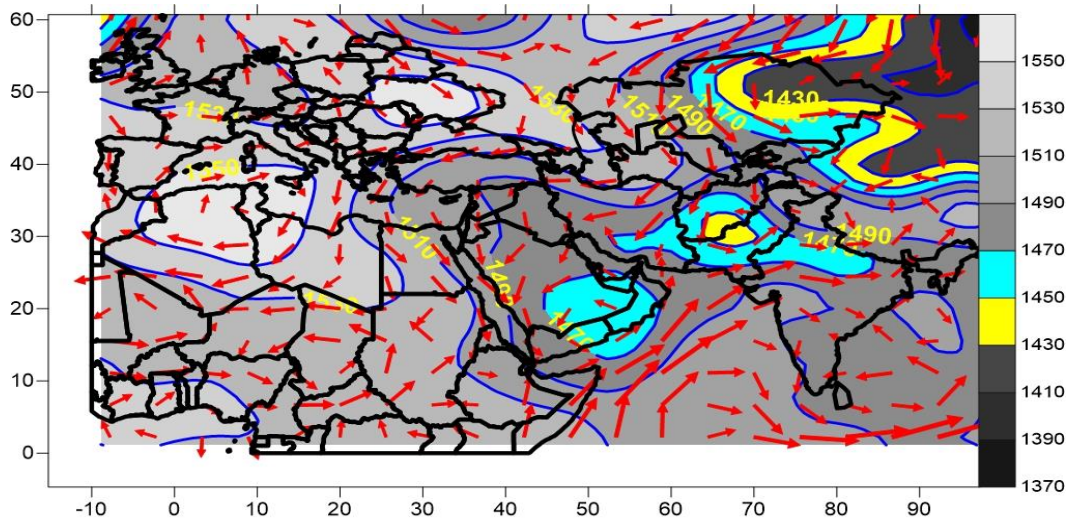
۳. تحلیل الگوی جوی حاکم بر بارش سیل‌آسا فصل تابستان

بررسی فشار سطح زمین در این الگو نشان می‌دهد که سه مرکز کم فشار با فشار مرکزی ۹۹۷ هکتوپاسکال بر روی عراق، شرق عربستان و مرز بین پاکستان و افغانستان فعال بوده و ادغام زبانه‌های این مراکز سبب ایجاد کمربند کم‌فشاری از ۱۰ درجه غربی تا ۱۰۰ درجه شرقی شده است و کل ایران تحت تاثیر این کمربند کم‌فشار می‌باشد. بررسی دقیق نقشه فشار سطح زمین نشان می‌دهد که یک مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۱۸ هکتوپاسکال بر روی مرز پاکستان، هندوستان و چین قرار دارد و باعث ایجاد شیو فشاری شدیدی بر روی این مناطق گردید و بررسی تراز فوقانی جو حاکی از تشکیل رودباد بر روی این مناطق می‌باشد. چیدمان مراکز کم فشار اطراف ایران به خوبی نشان می‌هد که این مراکز با چرخش پاد ساعتگر خود و همچنین نیروی جاذب به مرکز زمینه انتقال رطوبت مورد نیاز این بارش سیل‌آسا را فرآهم نموده که تاییدی بر آن می‌توان به وجود رودخانه جوی و کشیدگی آن بر روی مناطق دارای بارش سیل‌آسا اشاره نمود. در بین سه مرکز کم فشار فعال در سطح زمین در این الگو اثر کم‌فشار تشکیل شده بر روی عربستان بسیار چشم‌گیر تر از دو مرکز کم فشار دیگر هست علت آن هم قرارگیری این مرکز در نزدیکی خلیج فارسی و دریای عرب می‌باشد که با چرخش خود سبب انتقال رطوبت دریای عرب و خلیج فارس به نواحی داخلی ایران شده است. در بررسی نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال به خوبی می‌توان دید کم فشار واقع شده بر روی عربستان و بین مرز هند و پاکستان در این تراز بسیار قوی شده و با توجه به پیکان‌های جهت و سرعت باد می‌توان دریافت که سامانه مذکور در این تراز نقش بسیار مهمی در انتقال رطوبت خلیج فارس، دریای عمان و عرب به سمت نواحی دارای بارش سیل‌آسا داشته است. بررسی شاخص بالا سو و پایین سو در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان دهنده وجود حرکت صعودی بر روی مناطق دارای بارش سیل‌آسا می‌باشد بنابراین می‌توان دریافت که هر چند در تراز میانی جو شاهد تشکیل یک سلول بسته پرارتفاع بر روی منطقه دارای بارش سیل‌آسا هستیم ولی در ترازهای پایینی آن شرایط صعود و ریزش بارش کاملا موجود بوده و نوع ناپایداری به نحوی بوده هست که نیازی به صعود بسیار زیاد توده‌های هوا برای بارش تا تراز میانی جو نبوده است (شکل ۵ و ۶).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]



شکل ۵. الف) فشار سطح دریا به پاسکال ب) ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به متر و جهت جریان باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به متر بر ثانیه ج) امگا تراز ۵۰۰ به پاسکال و رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال به متر بر ثانیه د) رودخانه جوی کیلوگرم متر بر ثانیه



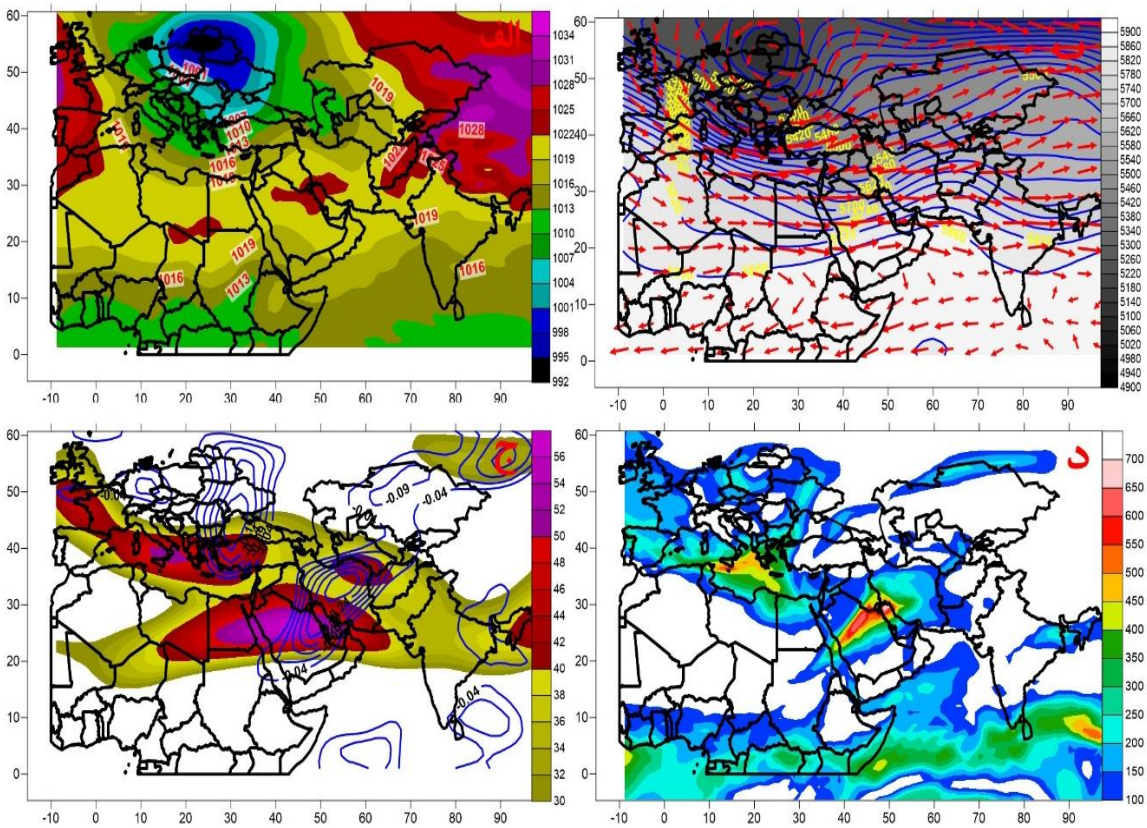
شکل ۶. ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال به متر و جهت جریان باد تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال به متر بر ثانیه

۴. تحلیل الگوی جوی حاکم بر بارش سیل‌آسا فصل پاییز

بررسی الگوی فشار تراز دریا نشان می‌دهد که در این روز دو مرکز پرفشار و یک مرکز کم فشار فعال می‌باشد. از نظر مکانی دو مرکز پرفشار یاد شده بر روی سیبری و غرب اروپا و کم فشار بر روی مرکز اروپا قرار دارد. همان گونه که از روی نقشه قابل مشاهده می‌باشد کم‌فشار ایسلند بسیار قوی بوده به نحوی که فشار مرکزی آن ۹۹۲ هکتوپاسکال می‌باشد این کم فشار در حرکت خود به سمت عرض‌های پایینی باعث ایجاد تقابل با دو مرکز پرفشار را فرآهم نموده به نحوی که بترتیب باعث عقب راندن پرفشار سیبری و پرفشار غرب اروپا به سمت شرق و غرب شده اما با این حال در الگوی فوق می‌توان دید که از ۱۰ درجه غربی تا ۱۰۰ درجه شرقی و عرض ۱۵ تا ۳۵ درجه شمالی و در بعضی مناطق همانند ایران تا عرض حدود ۴۰ درجه یک کمربند پرفشاری تشکیل

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

شده است. بررسی دقیق‌تر فشار تراز دریا نشان می‌دهد که کل ایران تحت تاثیر زبانه‌های پرفشار بوده و بیش‌ترین تاثیر بر روی ایران مربوط به سلول بسته پرفشار ایجاد شده بر روی جنوب غربی ایران، شمال شرقی عربستان و جنوب شرقی عراق می‌باشد این سلول پرفشار با چرخش ساعتگر خود و نیروی گریز از مرکز زمینه انتقال فراوان رطوبت خلیج فارس و دریای سرخ را در تراز پایینی جو به داخل ایران را فرآهم نموده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال یک سردچاله بر روی اروپا شمالی قرار گرفته، جریانات پس از رسیدن به این سردچاله به سمت عرض‌های پایین کشیده شده و باعث ایجاد یک ناوه پردامنه تا شمال آفریقا شده است. پربندهای ناوه مذکور پس از گذر از روی دریای مدیترانه و دریای سرخ و همچنین خلیج فارس رطوبت کسب کرده و در حرکت خود به سمت عرض‌های بالای بر روی عربستان تحت تاثیر الگو بندالی از نوع دو قطبی که در حال شکل گرفتن بر روی روسیه و شرق آسیا بوده قرار گرفته و این نوع چیدمان سبب کند شدن جریانات و دسترسی بیشتر آن‌ها به رطوبت دریای سرخ، مدیترانه و خلیج فارس شده است. البته در بررسی دقیق این تراز مشاهده می‌شود که بر روی غرب ایران یک ناوه ایجاد شده ناوه مذکور سبب همگرایی قوی جریانات بر روی ایران گردیده و تحت تاثیر آن ناپایداری شدید بر روی قسمت‌های وسیعی از ایران بخصوص مناطق دارای بارش سیل‌آسا رخ داده و تاییدی بر این گفته وجود جریانات صعودی شدید بر روی مناطق یاد شده در همین تراز براساس نقشه امگا می‌باشد. تراکم بسیار زیاد منحنی‌های میزان تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که شیو فشاری بسیار شدید از غرب اروپا تا آسیا شرقی جریان داشته و شیو فشاری بر روی مدیترانه و ایران به اوج خود رسیده به گونه‌ای که پیکان‌های باد به خوبی این تغییرات شدید را نشان داده و حتی این شیو فشاری آنقدر شدید می‌باشد که ما شاهد تشکیل رودباد بسیار بزرگ در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال بر روی مناطق یاد شده هستیم. پراکنش فضایی رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که رودباد دارای دو شاخه جداگانه می‌باشد، یک شاخه از آن با عبور از روی دریای مدیترانه و شاخه دیگر آن با عبور از روی دریای سرخ و خلیج فارس زمینه انتقال حجم عظیمی رطوبت به صورت رودخانه جوی از سه منبع آبی یاد شده به سمت ایران را فرآهم نموده است (شکل ۷).

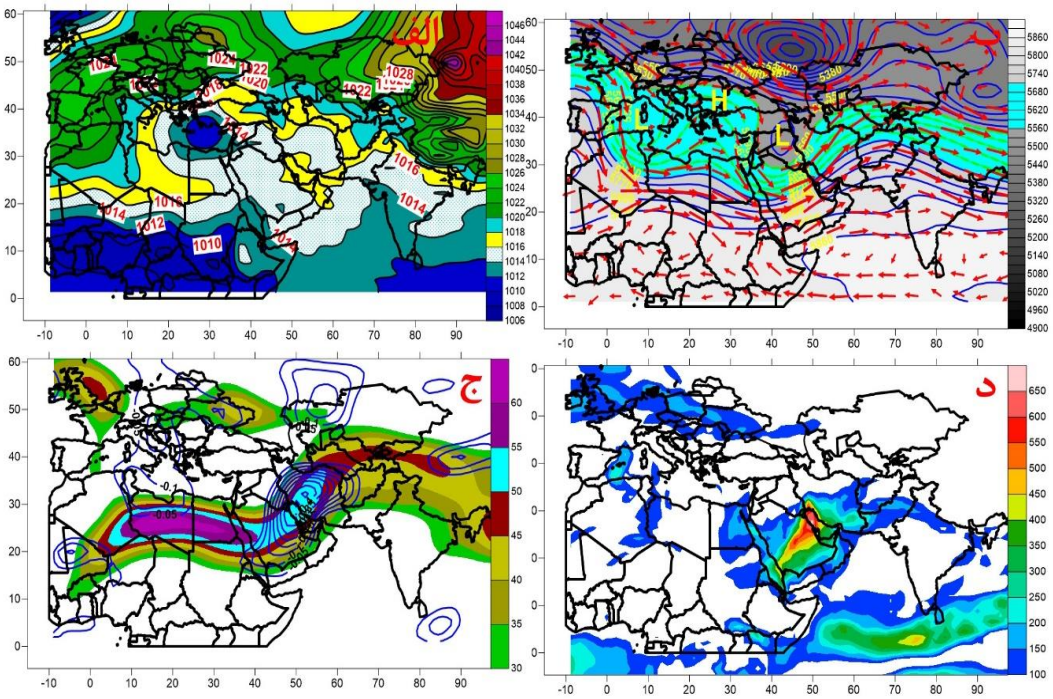


شکل ۷. الف) فشار سطح دریا به پاسکال ب) ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به متر و جهت جریان باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به متر بر ثانیه ج) امگا تراز ۵۰۰ به پاسکال و رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال به متر بر ثانیه د) رودخانه جوی کیلوگرم متر بر ثانیه

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

۵. تحلیل الگوی جوی حاکم بر بارش سیل‌آسا فصل زمستان

در الگوی زمستانه مشاهده می‌گردد که در فشار سطح دریا دو مرکز پرفشار فعال می‌باشد یکی از این مراکز بر روی سیبری با فشار مرکزی ۱۰۴۶ هکتوپاسکال و دیگری با فشار ۱۰۲۶ هکتوپاسکال بر روی کشورهای حوزه اسکاندیناویی قرار دارند. چیدمان مراکز فشار در این روز به نحوی هست که از عرض ۲۰ تا ۶۰ درجه شمالی و ۱۰ درجه غربی تا ۱۰۰ درجه شرقی که ایران هم داخل این محدوده قرار گرفته تحت تاثیر زبانه‌های پرفشار بوده و فقط بر روی شرق دریای مدیترانه سلول کم‌فشاری با فشار مرکزی ۱۰۱۰ هکتوپاسکال واقع شده است. کم‌فشار واقع شده بر روی شرق مدیترانه با حرکت پادساعتگر خود باعث انتقال جریان هوایی سرد و رطوبت دریای مدیترانه به سمت ایران شده است. بررسی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به خوبی وجود دو الگوی بندالی از نوع امگا را نشان می‌دهد که یکی از آن‌ها بر روی غرب نقشه و دیگری هم بر روی شمال شرقی نقشه واقع شده است. بررسی الگوی بندالی که بر روی غرب نقشه قرار دارد نشان می‌دهد که فراز آن با کم‌فشار سطح زمین بر روی شرق دریای مدیترانه مطابقت داشته و بازوی غربی این بندال بر روی غرب مدیترانه و بازوی شرقی آن بر روی غرب ایران واقع و زمینه ایجاد ناپایداری در ایران را فرآهم کرده به گونه‌ای که شاخص امگا در همین تراز وجود جریانات بالاسو شدیدی را بر روی ایران و عربستان نشان می‌دهد. چینش جریانات تحت تاثیر این بندال‌ها به گونه‌ای هست که شاهد وجود شیو فشاری بسیار زیادی بر روی جنوب اروپا، شمال‌آفریقا، بخش بسیار زیادی از آسیا(مرکزی، غربی، شمالی و جنوبی) و کل ایران هستیم، گواهی بر این تحلیل بزرگ شدن پیکان‌های قرمز رنگ سرعت باد بر روی مناطق یاد شده می‌باشد که حتی این اختلاف فشاری در ترازهای فوقانی زمینه تشدید سرعت باد و حتی تشکیل رودباد را فرآهم نموده به نحوی که شاهد تشکیل یک رودباد عظیم از غرب آفریقا تا شرق آسیا هستیم. چینش رودباد به نحوی هست که با عبور از روی دریای سرخ و خلیج فارس از سمت جنوب‌غربی وارد ایران شده حرکت رودباد به این حالت باعث کشیدگی و نفوذ هر چه بیشتر رطوبت به سمت ایران شده است. بررسی نقشه رودخانه جوی نشان می‌دهد که رودخانه جوی دارای دو منشاء اصلی و فرعی بوده که منشاء اصلی آن از شرق آفریقا شروع شده و شاخه فرعی آن از دریای مدیترانه شروع شده و در حرکت به سمت عرض‌های پایینی با شاخه اصلی ادغام شده و این شاخه اصلی با گذر از روی دریای سرخ و خلیج فارس از سمت جنوب غربی وارد ایران شده و با بارش‌های سیل‌آسا ایران کاملا منطبق بوده است (شکل ۸).



شکل ۸. الف) فشار سطح دریا به پاسکال ب) ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به متر و جهت جریان باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به متر بر ثانیه ج) امگا تراز ۵۰۰ به پاسکال و رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال به متر بر ثانیه د) رودخانه جوی کیلوگرم متر بر ثانیه

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

بحث

هدف اصلی از این پژوهش شناسایی و تحلیل فصلی فراگیرترین بارش‌های سیل‌آسا در ایران طی سال‌های ۱۹۴۰ تا ۲۰۲۳ است. بنابراین برای رسیدن به این هدف اقدام به دریافت داده‌های بارش ساعتی از پایگاه داده ECMWF با تفکیک مکانی ۰/۲۵ در ۰/۲۵ درجه قوسی برای محدوده ایران شده سپس با استفاده از امکانات برنامه نویسی متلب اقدام به تبدیل داده‌ها از فرمت NC به فرمت عددی شده پس از آن داده‌ها از حالت ساعتی به مجموع روزانه تبدیل شده و بصورت فصلی جدا گردیده سپس با استفاده از صدک ۹۵ام اقدام به محاسبه آستانه بارش‌های سیل‌آسا برای هر یاخته به صورت فصلی شده و روزهای همراه با بارش سیل‌آسا شناسایی شده و با اعمال شرط بالاترین گسترش مکانی صدک ۹۵ام روزهای دارای فراگیرترین بارش بالاتر از آستانه برای هر فصل شده و در پایان به بررسی شرایط جوی حاکم بر آن‌ها پرداخته شده است. تحلیل بارش‌های فراگیر استخراج یافته نشان می‌دهد که بالاترین بارش به میزان ۱۴۶/۸۵ میلیمتر در فصل زمستان و کم‌ترین آن به مقدار ۸۵ میلیمتر مربوط به فصل تابستان می‌باشد. بالاترین پوشش مکانی بارش‌های فراگیر بترتیب در فصل بهار (۴۱/۹)، زمستان (۴۰/۶۹)، پاییز (۳۲/۵۵) و تابستان (۱۶/۸۴) رخ داده است. بررسی فشار تراز دریا نشان می‌دهد که در زمان رخ داد بارش فراگیر تابستان یک کمربند کم‌فشار از غربی‌ترین تا شرقی‌ترین نقشه جو بالا که ایران داخل آن قرار دارد وجود داشته ولی برای سایر فصول کمربند پرفشار وجود دارد. بررسی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای فصل تابستان نشان می‌دهد بر روی ایران یک سلول بسته پرفشار بر روی ایران قرار گرفته ولی با این حال در ترازهای پایینی جو شرایط جهت ریزش جوی هموار بوده به گونه‌ای که در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال به خوبی می‌توان نقش دو مرکز کم‌فشار واقع شده بر روی عربستان و پاکستان را در این بارش دید و در نقشه امگا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی ایران حرکات صعودی ضعیفی وجود داشته است. اما در سایر فصول همواره یک ناوه بر روی غرب ایران قرار داشته و ایران در قسمت بیشینه ناپایداری‌ها بوده است. البته در دو فصل بهار و زمستان الگوهای بندالی حضور فعالی داشته و با سازکار خود سبب کندی حرکت جریانات و انحراف آن‌ها بر روی منابع رطوبتی شده و زمینه انتقال رطوبت بیشتر از شرایط نرمال را به سمت ایران فراهم نموده است. در تمامی فصول بجز فصل تابستان همواره رودباد پیوسته‌ای از غربی‌ترین قسمت تا شرقی‌ترین قسمت نقشه جو بالا وجود داشته و ایران زیر سیطره رودباد بوده است. قرارگیری رودباد بر روی ایران سبب تشدید ناپایداری در ترازهای زیرین شده و این موضوع در نقشه امگا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال قابل مشاهده هست. بررسی رودخانه جوی توام با روزهای بارشی نشان می‌دهد که در بارش‌های فراگیر مربوط به نمایندگان فصول همواره رودخانه جوی با منشاء دریای سرخ، خلیج‌فارس وجود داشته ولی در دو فصل پاییز و زمستان شاخه فرعی هم از دریای مدیترانه دخالت داشته و زمینه انتقال رطوبت این دریا را در بستر شاخه اصلی به سمت ایران را فرآهم نموده و با وجود دخالت این شاخه فرعی شاهد افزایش میزان بارندگی و گسترش مکانی بارش‌های سیل‌آسا در این دو فصل هستیم. یافته‌های این پژوهش با تحقیقات پیشین که توسط اسدالهی و همکاران (۱۳۹۵)، سلیمی و سلیقه (۱۳۹۵)، ذکی‌زاده و همکاران (۱۳۹۷)، لشکری و اسفندیاری (۱۳۹۸)، محمدی و همکارن (۱۳۹۹)، سینایی و همکاران (۱۴۰۰)، قهرمانی و همکاران (۱۴۰۱) و معنوی‌پور و همکارن (۱۴۰۳) انجام شده همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این پژوهش نشان داد که در زمان وقوع بارش‌های سیل‌آسا فراگیر در هر فصل شرایط جوی خاصی حاکم بوده است. در فصل تابستان در تراز میانی جو شاهد وجود یک سلول بسته پرارتفاع بر روی ایران هستم که از نظر تئوری باید شاهد یک جو آرام و ساکن باشیم ولی مطالعه ترازهای پایینی جو نشان داد که تمامی شرایط رخ داد بارش سیل‌آسا به گونه‌ای وجود داشته که توده‌های هوا نیازی به صعود به ترازهای بالاتر نداشته و این بارش سیل‌آسا در شبکه‌های خبری و رسانه‌ای گروهی تحت عنوان بارش مونسون یاد شده، سیل ایجاد شده تحت تاثیر این بارش سبب خسارات فراوان مالی و جانی به هموطنان عزیزمان شده است. در دو فصل پاییز و زمستان ما شاهد گسترش بارش‌های سیل‌آسا هم از نظر پوشش مکانی و مقدار هستیم که علت اصلی آن گسترش نفوذ بادهای غربی و به اوج رسیدن قدرت این سامانه‌ها می‌باشد. بررسی رودخانه‌ای جوی در نمایندگان بارش‌های هر فصل نشان داد که همیشه یک رودخانه جوی با منشاء دریای سرخ و خلیج فارس از سمت جنوب غربی کشور وارد ایران شده و باعث تامین

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

رطوبت مورد نیاز این بارش‌ها شده است. در بررسی دقیق‌تر رودخانه جوی طی دو فصل سرد سال مشاهده میگردد یک شاخه فرعی از دریا مدیترانه در تامین رطوبت بارش‌های این دو فصل نقش داشته و با دخالت این شاخه فرعی شاهد افزایش شدید میزان بارش در منطقه مطالعاتی نسبت به دو فصل بهار و تابستان هستیم. وجود رودباد سبب تشدید ناپایداری‌ها در ترازهای زیرین شده به نحوی با قرارگیری رودباد بر روی منطقه مطالعاتی و منابع رطوبتی در سه فصل بهار، پاییز و زمستان شاهد افزایش شدید حرکات بالا سو، افزایش میزان بارندگی و گسترش مکانی بارش‌های سیل‌آسا نسبت به فصل تابستان که فاقد رودباد می‌باشد هستیم.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه مطابق با شیوه‌های پژوهش اخلاقی انجام شده است. تمام داده‌های استفاده شده در این تحقیق از منابع عمومی در دسترس یا توسط مؤسسات مجاز تأمین شده‌اند. هیچ انسانی یا حیوانی در این مطالعه درگیر نبود و بنابراین نیازی به اخذ تأییدیه اخلاقی نبود.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در مقاله به شکل زیر باشد:

نویسنده اول: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیشنویس مقاله.

نویسنده دوم: استاد راهنمای رساله، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله.

نویسنده سوم: استاد مشاور رساله، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی

مقاله حاضر استخراج شده از رساله دکتری تحت حمایت سازمان مدیریت بحران کشوری می‌باشد.

سپاسگزاری

از ریاست سازمان مدیریت بحران کشور، مدیرکل تحقیقات تدوین ضوابط و آینده پژوهی سازمان مدیریت بحران کشور و معاونت هماهنگی پیشگیری و کاهش خطرپذیری به خاطر حمایت از پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.

منابع

اسدالهی، عنایت؛ میرموسوی، حسین و شادمان، حسن (۱۳۹۵). مطالعه تداوم روزهای خشک و بارانی با استفاده از مدل‌های زنجیره مارکف (مطالعه موردی استان زنجان). زنجان، دانشگاه زنجان.

اسدالهی، عنایت؛ میرموسوی، حسین و شادمان، حسن (۱۳۹۶). شناسایی الگوهای همدید موثر بر بارش سنگین تاریخ ۲۷ اکتبر تا ۲ نوامبر ۲۰۱۵ در استان‌های لرستان، ایلام و همدان. *اولین کنفرانس ملی اندیشه‌ها و فناوری‌های نوین در علوم جغرافیایی*، دانشگاه زنجان.

اکبری، مهری و اسدالهی، عنایت (۱۴۰۰). گرمایش جهانی و تغییرات ضخامت جو طی دوره سرد سال در ایران. *نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی*،۲(۸)، ۹۸-۸۳.

اکبری، مهری و صیاد، وحیده (۱۴۰۰). تحلیل مطالعات تغییر اقلیم در ایران. *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، ۵۳(۱)، ۳۷-۷۴.

جهانبخش اصل، سعید؛ ساری صراف، بهروز؛ عساکره، حسین و شیر محمدی، سهیلا (۱۳۹۹). واکاوی تغییرات زمانی- مکانی بارش های بحرانی(فرین بالا) در غرب ایران طی سال‌های ۲۰۱۶- ۱۹۶۵. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۷(۱)، ۱۰۶-۸۹.

حجازی‌زاده، زهرا؛ اکبری، مهری؛ ساسانپور، فرزانه؛ حسینی، علیرضا و محمدی، نیلوفر (۱۴۰۱). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بارش‌های سیل‌آسا در استان تهران. *مدلسازی و مدیریت آب و خاک*، ۲(۲)، ۸۵-۱۰۵.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

درگاهیان، فاطمه؛ دوستکامیان، مهدی و طاهریان، مراد (۱۴۰۱). واکاوی همدیدی–دینامیکی وردش‌های جوّی بارش بهارهٔ فراگیر ایران. *مهندسی اکوسیستم بیابان*، ۸(۲۴)،۱۹-۳۶.

ذکی‌زاده، میربهروز؛ سلیقه، محمد؛ ناصرزاده، محمد حسین و اکبری، مهری (۱۳۹۷). تحلیل آماری و سینوپتیکی موثرترین الگوی رودباد ایجاد کننده بارش‌های سنگین ایران. *مجله مخاطرات محیط طبیعی*، ۷(۱۵)، ۳۱- ۴۸.

سلیمی، سعدون و سلیقه، محمد (۱۳۹۵). تأثیر رودخانه های اتمسفری (ARS) بر آب وهوای ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی)*، ۴۸(۲)، ۲۴۷-۲۶۴.

سینایی، حسن؛ سلیقه، محمد و اکبری، مهری (۱۴۰۱). بررسی بارش های حدی و نقش رودبادها در آن – مطالعه موردی: جنوب غرب ایران. *اطلاعات جغرافیایی (مجله سپهر)*، ۳۱(۱۲۱)، ۱۷۷-۱۸۹.

قهرمانی، امین الله؛ ذوالفقاری، حسن و جعفر معصوم پور، سماکوش (۱۴۰۱). الگوهای گردشی تراز دریا و ارتباط آن‌ها با رودخانه‌های جوی تأثیرگذار بر بارش‌های شدید ایران. *جغرافیا و توسعه ناحیه ای*،۲۰(۴)، ۳۹-۶۶.

لشکری، حسین و اسفندیاری، ندا (۱۳۹۹). شناسایی و تحلیل همدید بالاترین بارش‌های مرتبط با رودخانه‌های جوی در ایران. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*،۷(۲)،۱۸۷- ۲۰۶.

محمدی، غلامرضا؛ برنا، رضا و اسدیان، فریده (۱۳۹۹). تحلیل زمانی – مکانی تاوه قطبی و نقش آن در وقوع روزهای بارش سنگین و فراگیر حوضه آبریز قره سو در استان کرمانشاه. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۷(۳)، ۲۰۶-۱۷۹.

محمدی، مازیار؛ سلیقه، محمد و اکبری، مهری (۱۳۹۹). تاثیر گرمایش جهانی بر محتوای رطوبتی سامانه‌های بارش زای غرب ایران. *هواشناسی و علوم جو*، ۳(۱)، ۸۴-۹۷.

مصطفائی، حسن؛ علیجانی، بهلول و سلیقه، محمد (۱۳۹۴). تحلیل سینوپتیکی بارش‌های شدید و فراگیر در ایران. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۲(۴)، ۷۶-۶۵.

معنوی پور، کبری؛ زینالی، بتول و صلاحی، برومند (۱۴۰۳). بررسی ارتباط بین بارش های سنگین غرب کشور ایران با رودخانه جوی. *مطالعات علوم محیط زیست*، ۹(۲)، ۸۳۲۲-۸۳۳۲.

نریمانی، محمود و دارند، محمد (۱۳۹۹). بررسی اثر الگوهای پیوند از دور بر رخداد بارش‌های فرین ایران. کردستان، دانشگاه کردستان.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

References

Ahmadalipour, A., Moradkhani, H., & Demirel, M.C. (2017). A comparative assessment of projected meteorological and hydrological droughts: Elucidating the role of temperature. *Journal of Hydrology*,53 (2), 785–797. https://doi.org/10.1016/j.jhydorl.2017.08.047

Akbari, M., & Asadollahi, E. (2021). Global warming and changes in atmospheric thickness during the cold season in Iran. *Journal of Climate Change Research*, 2 (8), 83-98. (in Persian). https://doi.org/10.30488/ccr.2022.321782.1067

Akbari, M., & Sayyad, V. (2021). Analysis of climate change studies in Iran. *Natural Geographical Research*, 53 (1), 37-74. (in Persian). https://doi.org/10.22059/jphgr.2021.301111.1007528

Asadolahi, E., Mirmousavi, H., & Shadman, H. (2016). Study of the continuity of dry and rainy days using Markov chain models (case study of Zanjan province), *Master's thesis*. University of Zanjan. (in Persian).

Asadolahi, E., Mirmousavi, H., & Shadman, H. (2017). Identification of synoptic patterns affecting heavy rainfall from October 27 to November 2, 2015 in Lorestan, Ilam and Hamedan provinces. *First National Conference on New Thoughts and Technologies in Geographical Sciences*, University of Zanjan. (in Persian).

Dannenberg , M .P., Wise, E., & Smith, A .(2019). Reduced tree growth in States due to asymmetric responses to intensifying precip-itation extremes. *Science advances,* 5 (1),80-90. https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw0667

Dargahian, F., Dostkamian, M., & Taherian, A.M. (2012). Synoptic-dynamic analysis of atmospheric changes in widespread spring precipitation in Iran. *Desert Ecosystem Engineering*, 8 (24): 19-36. (inPersian). https://doi.org/10.22059/jphgr.2022.334160.1007659

Fuss, S, J., Canadell, G., Peters, P., Tavoni, M., Andrew, R, M., Ciais, P., Jackson, B., Jones, D., Kraxner, F., Nakicenovic, N. Quere, C. L., Raupach, M., Sharifi, A., Smith, P., & Yamagata,Y. (2014). Betting on negative emissions. *Nat Clim. Change*, 4 (1), 850–853. https://doi.org/10.1038/nclimate2392

Ghahramani, A., Zolfaghari, H., & Samakoosh, J. M. (2022). Sea level circulation patterns and their relationship with atmospheric rivers affecting heavy rainfall in Iran. *Geography and Regional Development*. 20 (4), 66-39.(inPersian). https://doi.org/10.22067/jgrd.2022.68440.1008

Hejazizadeh, Z., Akbari, M., Sasanpour, F., Hosseini, A., & Mohammadi, N. (2012). Investigating the effects of climate change on flooding in Tehran Province. *Water and Soil Management and Modeling*.2 (2), 85-105. (inPersian) https://doi.org/10.22098/mmws.2022.9958.1075

Jahanbakhsh Asl, S., Sari-Saraf, B., Asakere, H., & Shirmohammadi, S. (2019). Analysis of temporal-spatial changes in critical precipitation (high-frequency) in western Iran during the years 1965-016. *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 7(1), 106-89. (inPersian). https://doi.org/10.29252/ jsaeh.7.1.7

Isabel, M., Santo, F. E., Ramos, A. M., & Trigo, R. M. (2015). Trends and correlations in annual extreme precipitation indices for mainland Portugal, 1941–2007. *Theoretical and Applied Climatology*,119 (1), 55-75. https://doi.org/10.1007/s00704-013-1079-6

IPCC. (2001). Climate change 2001. Cambridge University.

Lashkari, H., & Esfandiari, N. (2019). Identification and synoptic analysis of the highest precipitation associated with atmospheric rivers in Iran, *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*,7 (2), 187-206. (inPersian). https://doi.org/10.29252/jsaeh.7.2.187

Lavers, D .A., Allan, R. P., Wood, E. F., Villarini, G., Brayshaw, D. J., & Wade, A. J. (2011).Winter floods in Britain are connected to atmospheric rivers. *Geophysical Research Letters,* 38 (1),1-8. https://doi.org/10.1029/2011GL049783

Lavers, D.A., Villarini, G., Allan, R. P., Wood, E. F., & Wade, A. J. (2012). The detection of atmospheric rivers in atmospheric reanalyses and their links to British winter floods and the large-scale climatic circulation. *J Geophys Res Atmos,* 117 (1), 1-30. https://doi.org/10.1029/2012JD018027

Manavipour, K., Zeinali, B., & Salahi, B. (2023). Studying the relationship between heavy rainfall in western Iran and the Joi River. *Environmental Science Studies*, 9 (2), 8322-8332. (inPersian). https://doi.org/10.22034/jess.2023.406638.2078

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

Meinshausen, M. Z., Nicholls, R., Lewis, J., Gidden, M.J., Vogel, E., Freund, M., Beyerle, U., Gessner,C., Nauels, A., Bauer, N., Canadell, J.G., Daniel, J.S., John. A., Krummel, P.B., Luderer, G. Meinshausen, N. Montzka, S A. Rayner, P J. Reimann, S. Smith, S J. Berg, M. Velders, G. Vollmer, M.K., & Wang, R. (2020). The shared socio-economic pathway (SSP) greenhouse gas concentrations and their extensions to 2500. *Geosci. Model Dev.* 13 (8), 3571–3605 (2020). https://doi.org/10.5194/gmd-13-3571-2020

Mohammadi, Gh., Borna, R., & Asadian, F. (2019). Spatial-temporal analysis of polar vortex and its role in the occurrence of heavy and widespread rainfall days in the Qarasu watershed in Kermanshah province. *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 7(3), 179-206. (inPersian). https://doi.org/10.29252/jsaeh.7.3.179

Mostafaei, H., Alijani, B., & Salaki, M. (2015). Synoptic analysis of severe and widespread rainfall in Iran. *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 2(4), 65-76. (inPersian). https://doi.org/10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.65

Mohammadi, M., Saligheh, M., & Akbari, M. (2019). The effect of global warming on the moisture content of precipitation systems in western Iran. *Journal of Meteorology and Atmospheric Sciences*. 3 (1), 84-97. (inPersian). https://doi.org/10.22034/jmas.2020.130883

Nicole, A. L., Crawford, A., Herrington, A., McCrystall, M., Stroeve, J., & Hanesiak, J. (2014). Projections and Physical Drivers of Extreme Precipitation in Greenland & Baffin Bay. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. 129 (22), 20-35. doi.org/10.1029/2024JD041375.

Narimani, Mahmoud., Darand, Mohammad (2019). Studying the effect of long-distance linkage patterns on the occurrence of heavy rainfall in Iran. Kurdistan, University of Kurdistan. (inPersian).

Peng, Y. Dong, Z. Zhang, T. Cui, C. Zhu, S. Wu, S. Li, S. & Cui, X. (2024). Assessment of Teleconnections of Extreme Precipitation with Large-Scale Climate Indices: A Case Study of the Zishui River Basin, China. *Journal of Sustainability*. 16 (24),1-15. https://doi.org/10.3390/su162411235

Ralph, F.M., Neiman, P. J., Wick, G. A., & Gutman, S. (2006). Flooding on California's Russian River: Role of atmospheric rivers. *Journal Geophysical Research Letters*. 33 (13), 1-5. https://doi.org/10.1029/2006GL026689

Rousta, I., Javadizadeh, F., Dargahian, F., Olafsson, H., Karimvandi, A. S., Vahedinejad, H., Doostkamian, M., Vargas, E. R. M., & asadolahi, A. (2018). Investigation of vorticity during prevalent winter precipitation in Iran. *Journal Advances in Meteorology*. 18(5), 1–13. https://doi.org/10.1155/2018/6941501

Salimi, S., & saligheh, M.. (2016). The impact of atmospheric rivers (ARS) on the climate of Iran. *Physical Geography Research (Geographical Research)*. 48 (2), 247-264. (in Persian) https://doi.org/10.22059/jphgr.2016.59366.2

Seo, ,J. Won, J., Lee, H., & Kim, S. (2024). Probabilistic monitoring of meteorological drought impacts on water quality of major rivers in South Korea using copula models. *Journal Elsevier Water Research*. 251(1),1-15. https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121175

Sinai, H., Saligheh, M., & Akbari, M. (2012). Investigation of extreme precipitation and the role of torrential rains in it - Case study: Southwest Iran. *Quarterly Scientific-Research Journal of Geographic Information*. *Sepehr Magazine*. 31 (121), 177-189. (inPersian)

Won, J., Choi, J., Lee, O., & Kim, S. (2020). Copula-based Joint Drought Index using SPI and EDDI and its application to climate change. *Science of the Total Environ*. 744(1), 1-15. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140701

Wu, S.J., Dong, Z., Cai, C., Zhu, S., Shao, Y., Meng, J., & Amponsah, E. (2023). Identification of Extreme Droughts Based on a Coupled Hydrometeorology Index from GRACE-Derived TWSA and Precipitation in the Yellow River and Yangtze River Basins. *Journal MDPI Water*. 15(5), 1-20. https://doi.org/10.3390/w15111990

Xu, J., Chen, Y., Li, W., Liu, Z., Tang, J., & Wei, C. (2016). Understanding temporal and spatial complexity of precipitation distribution in Xinjiang, China. *Journal Theoretical and Appl climatology*.123(15): 321–333. https://doi.org/10.1007/s00704-014-1364-z

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]

Zakizadeh, M., Saligheh, M., Naserzadeh, M. H., & Akbari, M. (2018). Statistical and synoptic analysis of the most effective wind pattern causing heavy rainfall in Iran. *Journal of Natural Environmental Hazards*. 7 (15), 31-48.(inPersian). https://doi.org/10.22111/jneh.2017.3335

Zickfeld, K., Azevedo, D., Mathesius, S., & Matthews, H. D. (2021). Asymmetry in the climate-carbon cycle response to positive and negative CO_2 emissions. *journal Nature climate Change*.11(5),613-617. https://doi.org/10.1038/s41558-021-01061-2

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.2.3.2]
[DOI: 10.61882/jsaeh.12.46.795.49]