




Analysis of Iran's Rainfall Fluctuations in Drought and Wet Conditions (1991-2021)

Maryam Aria Sadr¹ | Dariush Rahimi^{2✉} 

1. Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran. maryam.aryasadr@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran. d.rahimi@geo.ui.ac.ir

Article Information

Research Paper

Vol:	15
No:	56
P:	123-140
Received:	2023-09-18
Revised:	2023-11-11
Accepted:	2023-12-02
Published:	2024-08-01

Keywords:

- Fluctuation
- Drought
- Wet
- Rainfall
- Trend
- Iran

Cite this Article:

Aria Sadr, M., Rahimi, D. (2024). Analysis of Iran's Rainfall Fluctuations in Drought and Wet Conditions (1991-2021). *Journal of Arid Regions Geographic Studies* 15(56): 123-140. doi: 10.22034/JARGS.2023.416873.1056

Publisher: Hakim Sabzevari University

Abstract

Aim: Extreme rainfall fluctuations are one of Iran's environmental challenges. The heavy rains of 2019 and the relative drought of 2018 and 2021 show the unevenness of rainfall.

Material & Method: This study utilized the daily rainfall data from 360 weather stations spanning the years 1990 to 2021, along with the synoptic indices of the winter seasons of 2019 and 2021. The geographical range of the data, spanning from latitude N 10-90 to longitude E ° 10-90, was chosen to provide a comprehensive view of the Iranian climate.

Finding: The probability of drought is 42%, drought is 35.5%, and normal conditions are 22.5%. Markov chain indicated the highest probability of normal drought to drought at 57% and consecutive drought at 46.2%. ANOVA showed a significant difference between the climatic variables of wet and dry years. Observational conditions showed that in the wet year (2019) sample year, the Siberian high-pressure center operator had more pressure (1054 megabytes) in 2019 and 1032 mb in 2021. In the wet year, the frequency of cyclones and the temperature difference at the level of 500-1000 are higher, but the omega values are lower. These conditions are for the drought (2021), the amount of pressure in Siberia, the temperature difference between 500 and 1000 is less, and Omega is more (stable air).

Conclusion: The amount of rainfall in Iran fluctuates from year to year, and low rainfall years occur more often than high rainfall years.

Innovation: Planners should increase the risk of water supply and development and plan based on the minimum amount of precipitation. The physical capacity of the country's ecology should be reviewed, and population concentration in limited areas should be avoided to reduce the vulnerability of the country's geographical environment.



Extended Abstract

1. Introduction

Climate extremes (increasing temperature, extreme rainfall, drought, etc.) are a consequence of climate change. According to the IPCC report 2007, human activities have caused global warming. As a result of direct human intervention in climate systems, the water cycle has changed. The amount of evaporation and transpiration changed with the change in rainfall and increase in temperature. With increased evaporation and transpiration, the soil moisture was low, and the permeability decreased. These changes led to an increase in the runoff coefficient and flooding. Increased heavy and moderate rainfall is another consequence of climate change (IPCC 2022). Human activities are initiators. It is a domino with a cybernetic function, owing to the synergy of forces. Consecutive severe droughts are another consequence of climate change. Heavy rain and drought are climate hazards that occur consecutively in most regions of the world. The occurrence of drought has led to the destruction of the environment, forests, pastures, and areas of human activity. Due to the occurrence of heavy rains, the reduction of protective cover, and the infiltration of runoff soil, the result is the occurrence of large floods. The synoptic patterns of precipitation fluctuations showed that drought and wet conditions in Iran are caused by general atmospheric circulation patterns on a macro scale. Positive and negative anomalies in pressure patterns are involved in the occurrence of drought and wetness. The formation of negative pressure anomalies in the sea level and low-altitude patterns in mid-latitudes over Iran and the formation of positive anomalies over Europe are associated with the passage of rain-producing systems in Iran; during the negative anomaly, the height of the mid-level of the atmosphere is on average 20 m higher than normal, and 30 mm of precipitation and drought occur.

2. Materials and Methods

The research method was experimental, carried out using geostatistical techniques and coding in MATLAB software. To analyze this Iranian rainfall anomaly, the daily rainfall data of 360 weather stations from 1990 to 2021 and the synoptic indices of the winter seasons of 2019 and 2021, latitude N 10-90, and longitude E° 10-90 were used.

3. Results and Discussion

The findings showed that the probability of drought is 42%, drought is 35.5%, and normal conditions are 22.5%. The results of the Markov chain show the highest probability of occurrence of normal drought to drought at 57% and consecutive drought at 46.2%. ANOVA showed a significant difference between the climatic variables of wet and dry years. Observational conditions showed that in the wet year (2019) sample year, the Siberian high-pressure center operator had more pressure (1054 hac) in 2019 and 1032 hac in 2021. In the wet year, the frequency of cyclones and the temperature difference at the level of 500-1000 are higher, but the omega values are lower. These conditions are for the drought (2021), the amount of pressure in Siberia, the temperature difference between 500 and 1000 is less, and Omega is more (stable air).

4. Conclusions

Rainfall fluctuations in Iran are a major challenge in managing water resources and their geographical environments. The relatively high frequency and probability of occurrence of more than 50% of droughts and severe spatial changes in precipitation in Iran have created a dry and desert climate. Heavy rain and high deviations from the standard have been added to this challenge. Iran's rainfall regime is mostly divided between two states of consecutive and severe droughts and single maps of heavy rainfall and years with limited normal rainfall and adjusting periods of drought. This rainfall regime has intensified beyond territorial capacity due to climate change and human activities. For example, between the two super-wet years of 2019 and 2021, 2020 is a moderator. The ANOVA results of Iran's annual rainfall showed a significant difference between rainfall and the simultaneous rainfall occurrence in wet and dry years. The results of the F-test in the analysis of variance of the average data of the wet and dry conditions indicate a significant difference between the average data of both groups. In addition, the P-value at the significant level of 95% gave the same results, and the average variables of station precipitation, temperature, humidity, and pressure were equal to 850 hpa, SLP, and 500 hpa. Alpha was estimated to be less than 0.05 in the wet and dry years, and there is a significant difference between the two years. Due to the occurrence of climate change, natural hazards are increasing, and drastic changes in the amount of precipitation over a short period (three years) have affected the uncertainty of precipitation and water resources in Iran to compensate for the destructive effects of climatic hazards such as floods and droughts

in the country. Integrated and inclusive management should be adopted in the context of crises caused by drought and heavy rain.

5. Acknowledgment & Funding

We appreciate the Iran Meteorological Organization, Iran Water Resources Management Company (IWRMC) for providing technical assistance and the Vice Chancellor for Research and Technology at the University of Isfahan for financial support. We also thank Hidouck Vartevan for her assistance throughout all aspects of this study and for her help in writing the manuscript.

6. Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.



دانشگاه حکیم سبزواری

مطالعات جغرافیایی مناطق خشک



مقایسه آماری - همدید بارش ایران در خشکسالی و ترسالی (۲۰۲۱-۱۹۹۱)

مریم آریا صدر^۱، داریوش رحیمی^۲

۱- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. maryam.aryasadr@gmail.com
۲- نویسنده مسئول، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. d.rahimi@geo.ui.ac.ir

چکیده:

هدف: نوسان شدید بارش از محدودیت‌های محیطی ایران است. هرچند میانگین بارش سالانه ایران را حدود یک‌سوم بارش سیاره زمین می‌دانند؛ اما توزیع فضایی و زمانی همین مقدار نیز بیانگر توزیع ناتراز بارش در پهنه جغرافیایی ایران است. خشکسالی و سیلاب دو مشخصه اصلی نظام بارشی ایران هستند. نظام بارشی ایران ناهمگن و نامتوازن است. دو سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ به عنوان نمونه برای مقایسه شرایط همدید انتخاب شدند. بارش‌های سیل‌آسا سال آبی ۲۰۱۹ و خشکسالی نسبتاً شدید سال ۲۰۲۱ ناترازی بارش را نشان می‌دهد.

روش و داده: برای تحلیل این مسئله داده‌های روزانه بارش ۳۶۰ ایستگاه هواشناسی ۲۰۲۱-۱۹۹۱ و شاخص‌های همدید فصول زمستان ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ عرض ۹۰°N-۱۰° و طول ۹۰°E-۹۰° استفاده شد.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد احتمال رخداد خشکسالی ۴۲٪، ترسالی ۳۵.۵٪ و نرمال ۲۲.۵٪ است. طبق نتایج زنجیره مارکف، بیشترین احتمال تغییر فاز حالت نرمال به خشکسالی ۵۷٪ و خشکسالی متوالی ۴۶.۲٪ است. تحلیل Anova (۹۵٪) نشان داد اختلاف معناداری بین متغیرهای اقلیمی سال‌های تر و خشک وجود دارد. شرایط همدید نشان داد در سال نمونه ترسالی (۲۰۱۹) عملگر پر فشار سیبری در سال‌های مرطوب (در سال ۲۰۱۹) دارای فشار بیشتر (۱۰۵۴mb) و در سال ۲۰۲۱ به عنوان نماینده سال خشک، ۱۰۳۲ میلی‌بار و کمتر بوده است. در سال مرطوب فراوانی عبور سیکلون‌ها و اختلاف دما در تراز ۵۰۰-۱۰۰۰ بیشتر اما مقادیر امگا کمتر است. این شرایط در ۲۰۲۱ (خشکسالی) میزان فشار در سیبری، اختلاف دمای تراز ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کمتر و امگا بالاتر است (هوای پایدار).

نتیجه‌گیری: یافته‌ها نشان داد که نوسان‌پذیری بارش ایران از سالی به سال دیگر زیاد و رخداد سال‌های کم‌بارش از پر بارش بیشتر است.

نوآوری و کاربرد نتایج: مقایسه شرایط همدید در شرایط ترسالی و خشکسالی که نشان‌دهنده تغییرات مراکز فشار بر بارش ایران است. رهیافت برنامه‌ریزی مبتنی بر ریسک در زمینه افزایش تاب‌آوری برنامه‌های توسعه و تأمین آب مبتنی بر شرایط اقلیمی با عدم قطعیت بیشتر است. بر این اساس توجه به توان اکولوژی، بازتوزیع فضایی جمعیت و کاهش میزان خطرپذیری محیط جغرافیایی کشور اهمیت بالایی دارد.

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

دوره: ۱۵

شماره: ۵۶

صفحه: ۱۴۰-۱۲۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۵/۱۱

کلیدواژه‌ها:

- نوسان
- خشکسالی
- ترسالی
- بارش
- روند
- ایران

نحوه ارجاع به این مقاله:

آریا صدر، مریم، رحیمی، داریوش. (۱۴۰۳) مقایسه آماری - همدید بارش ایران در خشکسالی و ترسالی (۲۰۲۱-۱۹۹۱). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۵(۵۶): ۱۴۰-۱۲۳.
doi: 10.22034/JARGS.2023.416873.1056

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری



© نویسنده(گان).

۱- مقدمه

رخدادهای فرین‌های اقلیمی (افزایش دما، بارش‌های حدی، خشکسالی و...) از پیامدهای تغییر اقلیم است (Kevin Trenberth et al., 2013). طبق گزارش IPCC در سال ۲۰۰۷ فعالیت‌های بشری مسبب گرمایش جهانی است (Maslin, 2013). فعالیت‌های انسانی آغازگر دومینوی است که به دلیل هم‌افزایی نیروها عملکرد سیبرنتیکی دارد. در نتیجه مداخلات مستقیم انسانی بر سامانه‌های اقلیمی، چرخه آب تغییر کرده است. اثر تغییر اقلیم بر چرخه آب منجر به نوسان‌های شدید بارش، افزایش تبخیر و خشکسالی‌های هیدرولوژی و سیلاب‌های بزرگ می‌شود (IPCC, 2022). بارش‌های سنگین و خشکسالی زوج مخاطره اقلیمی هستند که در بیشتر مناطق جهان به طور متوالی رخ می‌دهند. وقوع خشکسالی منجر به تخریب محیط‌زیست، جنگل، مرتع، و مناطق فعالیت انسانی شده سپس به دلیل رخدادهای بارش‌های سنگین و کاهش پوشش حفاظتی و نفوذ خاک رواناب افزایش می‌یابد و پیامد آن‌ها رخدادهای سیلاب‌های بزرگ است (Nagaresh & Vesey, 2013; Rahimi & Rahimi, 2016; Rajabizadeh et al., 2019; Alijani & Babaei, 2009; M. Munir al-Qader Mirza, 2010; Thomas Herdinka et al., 2012; Belyani et al., 2017; Mostafazadeh et al., 2018).

خشکسالی‌های بلند مدت و گرمایش جهانی منجر به افزایش تبخیر و تعرق، کاهش آب در دسترس، افت ایستابی و کاهش ذخیره آبی سدها در بیشتر مناطق جهان به ویژه در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک شده است. نتایج مطالعات نشان می‌دهند فراوانی رخدادهای خشکسالی نسبت به ترسالی بیشتر است (Leshni Zand et al., 2012; Rahimi & Mohammadi, 2017; Jafari et al., 2017; Sari Saraf et al., 2016; Rahimi & Hashemi Nasab, 2018; Patrick Mitchell et al., 2011; Khushal et al., 2017; Arvin & Eskandrian, 2017; Khorani & Khajeh, 2014; Babaei Fini & Alijani, 2013). علاوه بر آن تداوم خشکسالی‌ها منشأ رخدادهای مخاطرات آب و هوایی دیگر مانند خشکسالی هیدرولوژی (Hosseinzadeh & Nohegar, 2011)، افزایش گرد و غبار (Broghni et al., 2019; Dargahian et al., 2019; Notaro & Kalash Niko, 2015; Tang et al., 2017)، تخریب مراتع (Karimi et al., 2014)، کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی و افزایش مهاجرت و آسیب‌های اقتصادی اجتماعی و تهدید امنیت غذایی شده است (Doostan, 2020; Saran Adhar & Vimal Mishra, 2017; Chantal Chemnisch et al., 2020).

پژوهش‌های پیرامون الگوهای همدید موجد نوسان بارش نشان داده، خشکسالی و ترسالی در ایران ناشی از الگوهای گردش عمومی جو در مقیاس کلان است (Fatahi & Babaei Fini, 2014). ناهنجاری‌های مثبت و منفی الگوهای فشار در وقوع خشکسالی و ترسالی نقش دارند (Perak et al., 2015). تشکیل ناهنجاری منفی فشار در تراز دریا و الگوهای کم ارتفاع در عرض میانی روی ایران و تشکیل ناهنجاری‌های مثبت روی اروپا با عبور زیاد سامانه‌های بارش‌زا در ایران همراه است (Moradi & Ranjbar, 2019). در زمان ناهنجاری منفی، ارتفاع تراز میانی جو به طور متوسط نسبت به نرمال ۲۰ متر افزایش می‌یابد و ۳۰ میلی‌متر کاهش بارش و خشکسالی رخ می‌دهد (Tulabinejad et al., 2018). در وقوع بارش سنگین کشور فعالیت هم‌زمان چند الگوی همدید نقش دارند: استقرار فرود دریای سیاه، عمیق شدن محور شرقی فرود مدیترانه در عرض میانی، تشکیل کم‌فشار سودان در سطح زمین و تقویت آن توسط فرود دریای سیاه و مدیترانه، استقرار واچرخند عربستان بر فراز دریای عرب که با حرکت واچرخندی منجر به تزریق رطوبت از دریای عرب به جو ایران می‌شود (Saligheh, 2016).

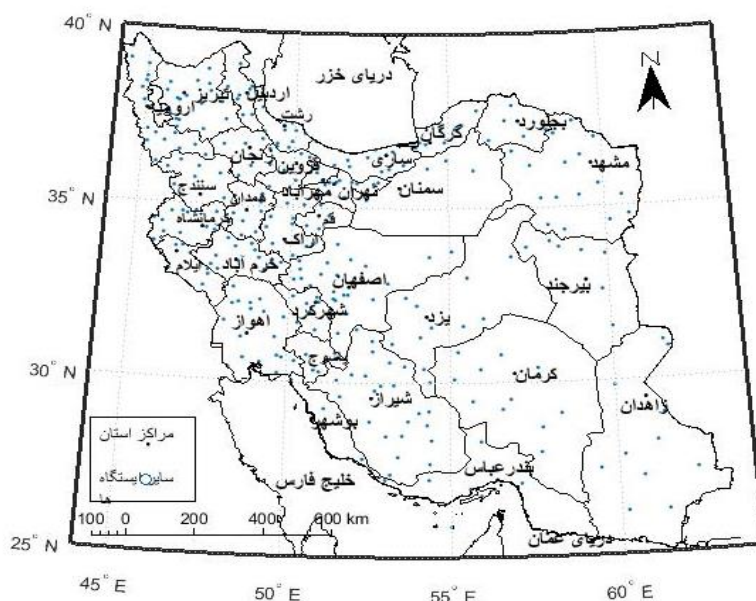
در وقوع خشکسالی نیز استقرار پرفشار سیبری در سطح زمین و پرفشار مهاجر اروپایی در عرض میانی در شمال آفریقا و پیشروی پرفشار جنب حاره آژورس عرض میانی، گسترش پرفشار عربستان به سمت شمال غرب منجر به انحراف بادهای غربی و پایداری جو در فصل زمستان می‌شوند؛ اما با حرکت واچرخند عربستان به سمت جنوب یا شرق، محور شرقی ناوه مدیترانه عمیق شده و به بارش در غرب کشور منجر می‌گردد (Ebrahimi et al., 2023; Ebrahimi et al., 2020; Samadi, 2007; Parandeh Khozani et al., 2010; Lashkari, 2010; Rahimi et al., 2015; Rezaei Banafsheh et al., 2015; Masoudian & Jafari Shandi, 2015; Khoshakhlq et al., 2014; Mohammadi et al., 2015; Halebian & Porjazi, 2016; Ahmadi & Jafari, 2017; Montazeri & Fanai, 2017; Asakere & Hesami, 2019; Mirian & Karampour, 2018; Halebian et al., 2019; Pajoh & Jafari, 2020). جریان رطوبت از پهنه‌های آبی مجاور ایران و تزریق آن توسط الگوهای فرود دریای سیاه، فرود دریای مدیترانه پرفشار مهاجر اروپایی، پر ارتفاع عربستان با حرکت واچرخندی در فراز دریای سرخ و عرب در وقوع بارش سنگین مؤثر هستند (Mohammadi & Masoudian, 2010; 92; Faizi Koshki et al., 2019; Shadmani et al., 2018; Hejazizadeh et al., 2018; Mahmoudi et al., 2022).

هستند و (Abedi et al., 2019; Fal, 2014; Azizi et al., 2012). مطالعات نشان داد افزایش استقرار آن‌ها در محدوده الگوهای باران‌زای ایران، باعث افزایش ضخامت جو در عرض میانی، کاهش بادهای غربی، افزایش بادهای شرقی و کاهش روزهای بارانی در فصل سرد می‌شوند (Rahimi et al., 2022). کاهش میزان رطوبت جو عامل مؤثر رخداد خشکسالی شده است به طوری که وزش بادهای با رطوبت پایین توسعه خشکسالی را تسریع می‌کند (Semenova & Slize, 2020). ناهمواری، میزان ارتفاع و جهت آن نیز بر رخداد بارش‌های سنگین مؤثر هستند و احتمال رخداد بارش‌های سنگین در مناطق کوهستانی بارش‌های سنگین بیشتر است (Farajzadeh & Najafabadi, 2013; Mostafazadeh et al., 2018, Rahimi et al., 2013; Parvin, 2013). طبق تحقیقات انجام شده شرایط جوی و تغییر الگوهای همید منجر به وقوع هر دو پدیده ترسالی و خشکسالی می‌شود. هدف این تحقیق تبیین نوسان‌پذیری بارش با توجه به الگوهای همید موجد آن است (که خود حاصل گرمایش جهانی است). در این مقاله با توجه به زمستانه بودن رژیم بارش‌های ایران و بالا بودن تعداد نقشه‌های خروجی فقط تغییرات بارش فصل زمستان در دو سال نمونه ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ ارائه شده است.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

کشور ایران در عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه در جنوب منطقه معتدله نیم‌کره شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی قرار گرفته است. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل داده‌های ایستگاهی و جو بالا است. سری اول و میانگین باران روزانه مربوط به ۳۶۰ ایستگاه همید کشور (شکل ۱) با حداقل ۲۵ سال آمار و بیشتر، طی دوره آماری ۲۰۲۱-۱۹۹۱ با سری‌های زمانی روزانه، ماهانه و سالانه از سازمان هواشناسی کشور اخذ شد و نیز نقشه‌های پایگاه داده‌ی NCEP/NCAR در عرض $90^{\circ}N$ - $10^{\circ}N$ و طول $90^{\circ}E$ - $10^{\circ}E$ ، در ماه‌های دوره سرد استخراج و مورد تحلیل آماری - همید واقع شد. با توجه به حجم تعداد بالای نقشه‌های همید و به کمک شاخص SPI دو سال ۲۰۱۹ (ترسالی) و ۲۰۲۱ (خشکسالی) در این مقاله مقایسه و ارائه شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایران و ایستگاه‌های همید مورد بررسی

۲-۲- روش پژوهش

روش تحقیق از نوع تجربی است که با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آماری و کدنویسی در نرم‌افزار متلب انجام شده است. در مرحله نخست، پس از اخذ داده‌ها از سازمان هواشناسی کشور، پایگاه داده‌ی اقلیمی تهیه و نقشه‌های سالانه و ماهانه میانگین بارش ترسیم شد. از طریق برنامه‌نویسی در محیط متلب سری‌های زمانی بارش محاسبه و نمودار آن ترسیم شد. برای مشخص شدن سال خشک و سال مرطوب از شاخص SPI (رابطه ۱)، برای برآورد احتمال وقوع ترسالی و خشکسالی از زنجیره مارکوف (رابطه ۲) استفاده شده

است. بعد از ترسیم و تحلیل نمودار سالانه SPI ضمن محاسبه فراوانی رخداد خشکسالی و ترسالی‌ها در دوره ۳۱ ساله، مشخص شد که سال ۹۷ سالی تر و سال ۹۹ سالی خشک در ایران بوده است. بدین جهت در این تحقیق ماه‌های دی، بهمن، اسفند و فروردین در دو سال ۹۸-۱۳۹۷ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ مقایسه و الگوهای همدید مورد بررسی واقع شد. پس از ترسیم نقشه و نمودار پارامترهای اقلیمی، میانگین متغیرهای دو سال از طریق تحلیل واریانس، مقایسه شد.

در زنجیره مارکف^۱ احتمال وقوع یک حالت اقلیمی در طی زمان (t) بستگی به وضعیت آن در زمان قبل (t-1) دارد در حقیقت احتمال وقوع سال و یا ماه خشک (تر) در آینده، بستگی به وقوع سال و یا ماه خشک (تر) در گذشته دارد.

تحلیل واریانس (ANOVA) توسط رونالد فیشر و برای تحلیل تفاوت میانگین گروه‌های مختلف از داده‌ها به کار می‌رود. ANOVA، آزمون آماری را ارائه می‌دهد که با آن می‌توان برابری یا عدم برابری میانگین بین دو یا تعداد بیشتر از جوامع را تعیین کرد. ANOVA آزمون T را تعمیم می‌دهد (رابطه ۳).

در ANOVA دو طرفه زمانی که F از مقدار F crit بزرگ‌تر باشد و یا در صورتی که مقدار P-Value از مقدار آلفای انتخابی کوچک‌تر باشد فرض H_0 که فرض برابری میانگین‌ها نام دارد، رد شده و فرض H_1 یعنی وجود تفاوت بین میانگین‌ها، مورد پذیرش واقع می‌گردد.

فرمول	معرفی نمایه	اجرای فرمول
$SPI = (p_i - \bar{p}) / \delta_i$	P_i بارش هر سال، \bar{P} میانگین بلندمدت بارش، δ_i انحراف معیار	رابطه ۱: شاخص استاندارد شده بارش (SPI)
$M = t_f - t_p$	t_f تغییر حالت آینده، t_p تغییر حالت گذشته	رابطه ۲: زنجیره مارکوف
$sst = ssb + ssw$	SST مجموع مربعات کل، ssb مجموع مربعات بین گروهی، ssw مجموع مربعات درون گروهی (خطا)	رابطه ۳: الگوی کلی F در تحلیل واریانس

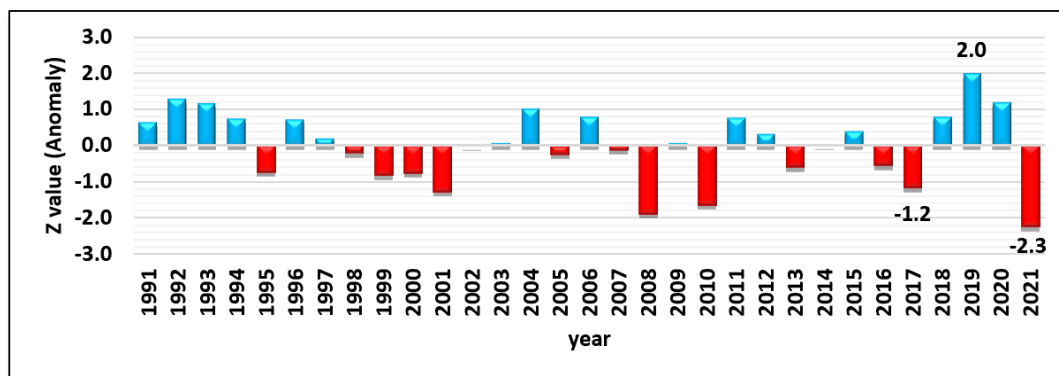
در گام دوم، بر مبنای رویکرد محیطی به گردشی و با هدف شناسایی الگوهای همدید مؤثر بر وقوع نوسان‌های بارشی، الگوی روز پر بارش و روز کم‌بارش به‌عنوان روزی که در سطح کشور فراگیر بوده، انتخاب و مورد بررسی همدید قرار گرفت.

۳- یافته‌ها

آشکارسازی وقوع ترسالی و خشکسالی و مقایسه سامانه‌های جوی در شرایط خشکسالی و ترسالی از اهداف تحقیق است که در ادامه پژوهش با روش‌های آماری و همدید مورد تحلیل و واکاوی قرار می‌گیرند.

۳-۱- شاخص استاندارد شده بارش

نمودار شاخص استاندارد شده بارش (SPI) ایران طی دوره آماری ۲۰۲۱-۱۹۹۱ نشان می‌دهد، فراوانی خشکسالی ۱۳، شرایط نرمال ۷ و ترسالی ۱۱ با شدت‌های مختلف تکرار شده است. علاوه بر این، شدیدترین ترسالی (۲+) ایران در سال ۲۰۱۹ و سال ۲۰۲۱ شدیدترین خشکسالی (۲-۳-) رخ داده است (شکل ۲).



شکل ۲. نمودار شاخص استاندارد شده بارش ایران طی دوره ۲۰۲۱-۱۹۹۱

۳-۲- احتمال رخداد خشکسالی، ترسالی و نرمال بارش ایران (زنجیره مارکف)

با توجه به نوسان پذیری بارش ایران و احتمال رخداد شرایط گوناگون بارش با زنجیره مارکف محاسبه گردید. احتمال تکرار ترسالی و احتمال وقوع خشکسالی بعد از سال تر، $36/4\%$ درصد است، اما احتمال وقوع حالت نرمال بعد از سال تر 18.2% ، ترسالی متوالی 45% است. احتمال رخداد خشکسالی به ترسالی 30.7% ، خشکسالی به نرمال 23% و خشکسالی متوالی 46.2% است. احتمال رخداد شرایط نرمال متوالی 28.6% ، نرمال به ترسالی 14.2% و نرمال به خشکسالی 57% است (جدول ۱). با توجه به احتمال شرطی مارکف احتمال رخداد خشکسالی‌ها همواره بیش از شرایط نرمال و ترسالی است. در مجموع نیز خشکسالی حدود 42% ، نرمال 22.5% و رخداد ترسالی 35.5% است (جدول ۱). یافته‌های زنجیره مارکف و احتمال شرطی نشان می‌دهد بارش ایران نامنظم و مخاطره آفرین است.

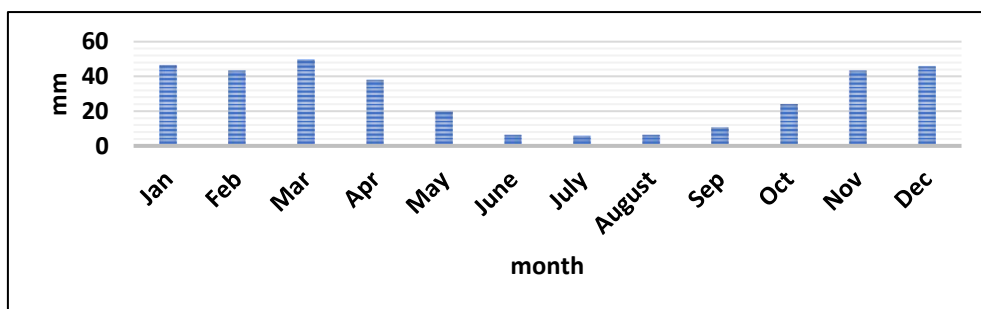
جدول ۱. احتمال وقوع حالات اقلیمی خشک (D)، مرطوب (W) و نرمال (N) بر اساس زنجیره مارکف طی سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۲۱

۲۰۲۱

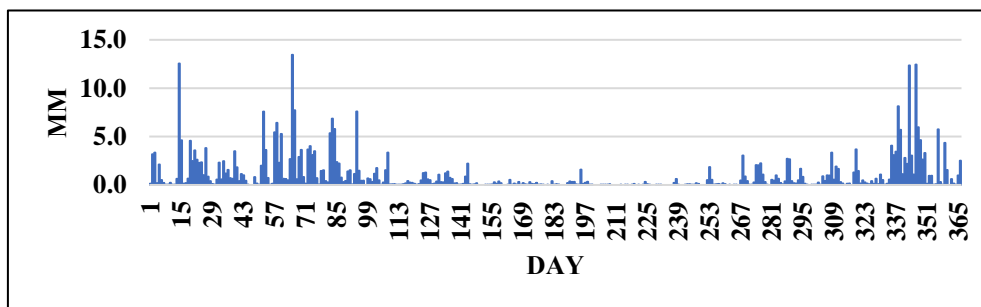
PW حالات پرش		PN حالات پرش		PD حالات پرش	
PW,W	٪ ۴۵	PN,W	٪ ۱۴/۲	PD,W	٪ ۳۰/۷
PW,N	٪ ۱۸/۲	PN,N	٪ ۲۸/۶	PD,N	٪ ۲۳
PW,D	٪ ۳۶/۴	PN,D	٪ ۵۷	PD,D	٪ ۴۶/۲

۳-۳- سری زمانی بارش

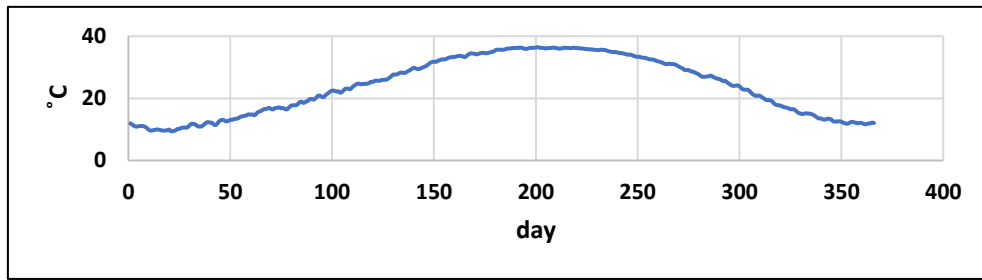
سری زمانی میانگین بلندمدت ماهانه باران ایران طی دوره آماری مطالعاتی نشان داد که مقدار مجموع باران ایران به ترتیب در ماه‌های مارس، ژانویه، دسامبر، نوامبر، فوریه و می بیشتر و ماه جولای باران کمتری دریافت می‌کند، بدین گونه که میانگین بلندمدت ماهانه ایران طی دوره ۳۱ ساله در ماه مارس با 49.8 میلی‌متر و ماه جولای با 5.7 میلی‌متر به ترتیب بیشترین و کمترین هستند (شکل ۳). میانگین بلندمدت روزانه باران ایران طی دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد که روز ۷۳ ام (۱۳ مارس) بیشترین میزان باران (2.4 میلی‌متر) و روز ۲۳۱ ام (۱۸ اوت) کمترین دریافتی باران (0.09 میلی‌متر) در کشور هستند (شکل ۴). روزهای کمینه باران با روزهای بیشینه دما در روزهای ۲۰۱ ام تا ۲۳۶ (۱۹ جولای تا ۲۳ اوت) هماهنگ است (شکل ۵)؛ بنابراین، روزهای بارانی در اغلب مناطق کشور در نیمه سرد سال و به ورود موج بادهای غربی بستگی دارد.



شکل ۳. نمودار سری زمانی میانگین بلندمدت ماهانه بارش ایران طی دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۱



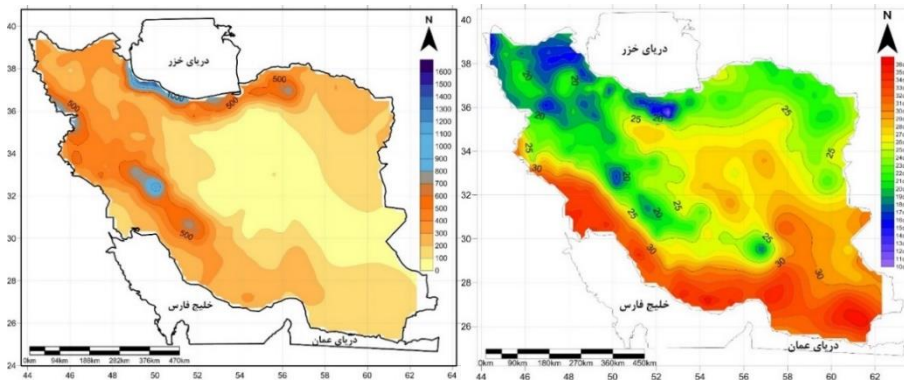
شکل ۴. نمودار سری زمانی میانگین بلندمدت روزانه بارش ایران طی دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۱



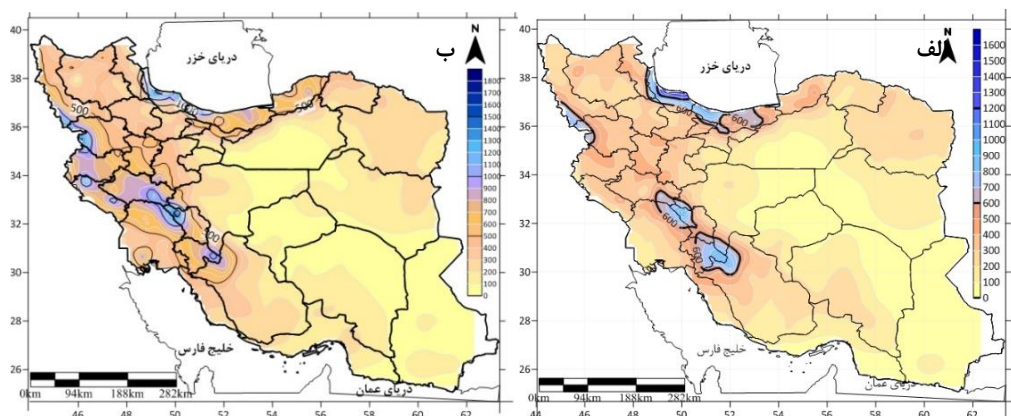
شکل ۵. میانگین بلندمدت روزانه بیشینه دمای ایران طی دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۱

۳-۴- نوسان مکانی بارش

ایران با متوسط بارش سالانه ۲۵۰ میلی‌متر (Masoudian, 2011)، تغییرپذیری مکانی بارش در آن بسیار زیاد است. بر اساس نقشه هم بارش میانگین بلندمدت ایران طی دوره ۳۱ ساله، بارش دریافتی مناطق مرکزی و کویری بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر در حالی که قسمت اندکی از کشور، دریافتی بارش بین ۵۰۰ تا ۱۸۰۰ میلی‌متر است. ایران دو منطقه بیشینه دریافت بارش در سواحل جنوب غرب دریای خزر و ارتفاعات زاگرس در غرب کشور دارد. منحنی هم بارش ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر ارتفاعات رشته کوه زاگرس و در شمال رشته کوه البرز در سواحل دریای خزر دریافتی بارش بین ۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ میلی‌متر متفاوت است، تفاوت مکانی در این محدوده نیز مشهود است بدین گونه که در سواحل غربی حداکثر دریافت ۱۸۰۰ میلی‌متر و در شرق دریای خزر میزان دریافتی ۵۰۰ میلی‌متر است (شکل ۶). تفاوت در توزیع مکانی بارش؛ علاوه بر تأثیر دو رشته کوه البرز و زاگرس، اثر رطوبتی دریاهای همسایه و ورود سامانه‌های غربی هستند. در مرکز و شرق و جنوب کشور، مناطق بیابانی و کم باران با مناطق دارای بیشینه دما منطبق است (شکل ۷). در شکل ۸ پراکنده‌گی مکانی مجموع بارش ایران در دو سال تر (۲۰۱۹) و سال خشک (۲۰۲۱) ترسیم و ایستگاه‌های همدید منتخب، به عنوان نماینده نواحی اقلیمی ایران با یکدیگر مقایسه شده‌اند. در سال ۲۰۱۹ مجموع بارش دریافتی ایستگاه‌های بندر انزلی ۱۸۳۴.۳ میلی‌متر، کوه‌رنگ ۱۷۸۲.۴ میلی‌متر، آستارا ۱۶۱۰.۳ میلی‌متر، مریوان ۱۵۴۵.۳ میلی‌متر، تالش ۱۲۲۰.۲ میلی‌متر، رشت ۱۱۱۰.۲ میلی‌متر، یاسوج ۱۱۰۷.۳ میلی‌متر، ایلام ۱۰۵۱.۸ میلی‌متر، خرم‌آباد ۹۰۳.۴ میلی‌متر، ساری ۸۹۲.۰۵ میلی‌متر، اهواز ۳۵۷.۴ میلی‌متر، بزمان ۱۲۳.۲ میلی‌متر، کرمان ۱۰۰.۷ میلی‌متر، بندر لنگه ۹۳.۸ میلی‌متر، یزد ۷۰.۷ میلی‌متر، زاهدان ۵۲.۵ میلی‌متر، شهداد ۳۷.۶ میلی‌متر، زابل ۲۵.۵ میلی‌متر به عنوان پربارش‌ترین و کم‌بارش‌ترین ایستگاه‌ها ثبت شده‌اند (شکل ۸-الف). در سال ۲۰۲۱ ایستگاه‌های بندر انزلی ۱۷۰۵.۵ میلی‌متر، رشت ۱۳۰۴.۳ میلی‌متر، آستارا ۱۲۵۱.۶ میلی‌متر، تالش ۱۱۱۰.۸ میلی‌متر، کوه‌رنگ ۱۰۹۸.۳ میلی‌متر، یاسوج ۹۰۸.۵ میلی‌متر، مریوان ۷۲۱.۵ میلی‌متر، ساری ۶۳۶.۲ میلی‌متر، ایلام ۳۹۴.۶ میلی‌متر و خرم‌آباد ۳۷۴.۳ میلی‌متر، اهواز ۱۹۳.۷ میلی‌متر، کرمان ۱۸۸.۳ میلی‌متر، بندر لنگه ۵۰.۹ میلی‌متر، زاهدان ۵۰.۵ میلی‌متر، یزد ۴۹.۴ میلی‌متر، زابل ۳۶.۶ میلی‌متر، شهداد ۳۴.۳ میلی‌متر، بزمان ۰.۱ میلی‌متر ایستگاه‌های پربارش و کم بارش ثبت شده‌اند. از میزان و وسعت مناطق تحت پوشش بارش کاسته شده است. در سواحل غربی و مرکزی دریای خزر نیز از میزان بارش کاسته شده است و مناطق مرکز و شرقی خشک تر شده است (شکل ۸-ب).



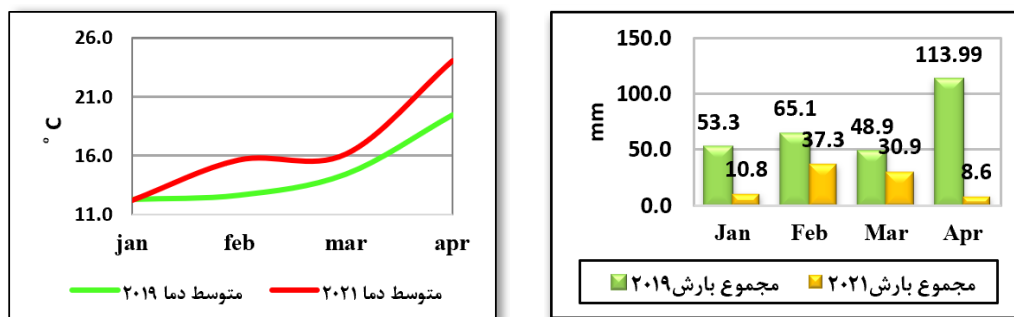
شکل ۶. نقشه میانگین بلندمدت سالانه هم بارش ایران (۱۹۹۱-۲۰۲۱) شکل ۷- نقشه میانگین بلندمدت سالانه هم دمای (بیشینه) ایران (۱۹۹۱-۲۰۲۱)



شکل ۸. نقشه هم بارش میانگین ایران (الف) در سال ۹۷ (۲۱ مارس ۲۰۱۸ الی ۲۰ مارس ۲۰۱۹)، (ب) در سال ۹۹ (۲۰ مارس ۲۰۲۰ الی ۲۰ مارس ۲۰۲۱)

۳-۵- تغییرات بارش و دما زمستان ایران در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱

بررسی بارش ایران در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و آوریل نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین بارش این ماه‌ها در سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ وجود دارد. بارش ژانویه از ۵۳ به ۱۰۸، بهمن از ۶۵ به ۳۷، مارس از ۴۹ به ۳۱ و آوریل از ۱۱۴ به حدود ۹ میلی‌متر کاهش یافته است. میانگین دمای کشور نشان می‌دهد دمای ژانویه بدون تغییر، دمای فوریه ۲۰۲۱ نسبت به سال ۲۰۱۹، ۲۰۹ درجه، مارس ۱۸ و آوریل ۴۰۴ درجه سلسیوس افزایش داشته است. در واقع سال ۲۰۲۱ علاوه بر کاهش بارش شدید با افزایش دما نیز همراه بوده است. این تغییرات دما و بارش منجر به افزایش ضریب خشکیدگی و کاهش شدیدتر منابع آب در دسترس شده است (شکل ۹).



شکل ۹. مجموع ماهانه بارش و متوسط دمای ایران در سال ۹۸-۱۳۹۷ و ۰۰-۱۳۹۹

۳-۶- تحلیل واریانس داده‌ها

تحلیل واریانس (ANOVA) برای تحلیل تفاوت میانگین گروه‌های مختلف از داده‌ها به کار می‌رود. در ANOVA با آزمون F و یا مقدار P-Value برابری یا عدم برابری بین میانگین داده‌ها تأیید می‌شود. در جدول ۲ تفاوت میانگین‌های دو گروه داده‌های اقلیمی در سال تر (۲۰۱۹) و خشک (۲۰۲۱) با هم مقایسه شده‌اند. تحلیل واریانس نشان داد تفاوت آماری معنی‌داری بین میانگین متغیرهای اقلیمی در دوره مورد بررسی ۲۰۱۹ (سال مرطوب) و ۲۰۲۱ (سال خشک) وجود دارد. بدین معنا که، F در متغیرهای بارش ایستگاه، دما و رطوبت در تراز ۰.۰۵، P و فشار در ترازهای؛ دریا، ۰.۰۵ و ۰.۵۰، مقدار F crit بیشتر است علاوه بر آزمون F، مقدار P در سطح اطمینان ۹۵٪ برای داده‌های مذکور کمتر از آلفای ۰.۰۵ بوده بنابراین، فرض صفر رد شده و فرض یک پذیرفته می‌شود و تفاوت معنادار بین میانگین متغیرهای دو سال را نشان می‌دهد (جدول ۲).

جدول ۲. تحلیل واریانس (ANOVA) متغیرهای اقلیمی در فصل زمستان در دو سال تر (۲۰۱۹) و سال خشک (۲۰۲۱)

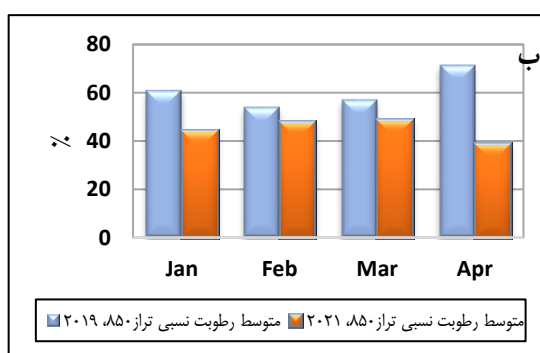
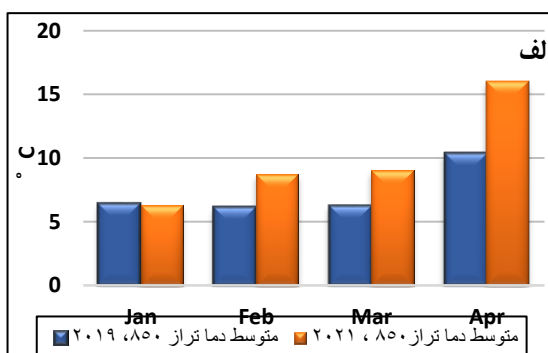
F crit	P_value	F	واریانس		میانگین		متغیر اقلیمی
			سال ۲۰۲۱	سال ۲۰۱۹	سال ۲۰۲۱	سال ۲۰۱۹	
۳.۹	۰.۰۰۱	۱۱.۲	۲.۹	۱۲.۲	۰.۸	۲.۲	بارش در ایستگاه
۳.۹	۰.۰۰۰	۴۳.۸	۱۳.۸	۳.۵	۸.۸	۶.۷	دما تراز ۸۵۰
۳.۹	۰.۰۰۰	۳۳.۱	۱۷۵.۴	۲۵۸.۳	۴۶.۲	۵۸.۹	رطوبت تراز ۸۵۰
۳.۹	۰.۰۰۰	۱۹.۴	۳۵.۱	۳۴.۵	۱۰۱۷.۷	۱۰۱۵.۳	فشار تراز دریا
۳.۹	۰.۰۲۱	۵.۵	۹۵۹.۲	۳۹۷۳.۷	۱۵۱۷.۷	۱۵۰۰.۹	فشار تراز ۸۵۰
۳.۹	۰.۰۰۰	۴۹.۷	۲۱۴۸.۵	۲۵۳۰.۷	۵۶۶۹.۳	۵۶۲۴.۲	فشار تراز ۵۰۰
۳.۹	۰.۰۷۲	۳.۳	۰.۰۰۴۶	۰.۰۱۸۱	۰.۰۴	۰.۰۲	امگا تراز ۸۵۰

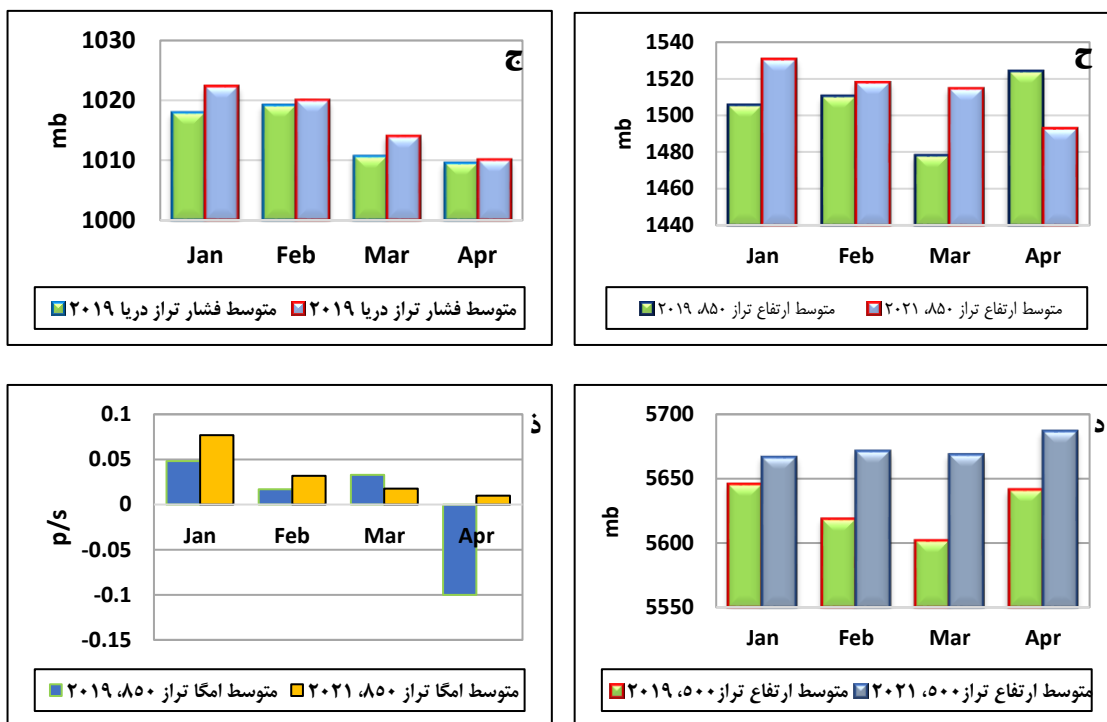
۳-۷- تحلیل شرایط همدید داده‌های جو بالا و مقایسه آن‌ها

ایران در درون سرزمین خود فاقد منابع آبی جهت تأمین رطوبت جو و آغاز چرخه بارش است. از نظر منابع رطوبتی و امدار سامانه‌های جوی است که رطوبت آن را تأمین می‌کنند. از سوی دیگر گستردگی ایران در امتداد عرض جغرافیایی منجر به تنوع عملگرهای همدید شده است. بررسی‌های متعدد اقلیم‌شناسی همدید ایران نشان می‌دهد مجموع عوامل منطقه‌ی (سیبری، شبه جزیره عربستان، دریای سیاه، خلیج فارس، دریای عمان و اقیانوس هند) و سیاره‌ی از طریق عملگرهای پیوند از دور مانند انسو در اقیانوس آرام و NAO در اقیانوس اطلس در بارش‌های زمستانه و مقدار دریافتی آن در ایران آن مؤثر است (Ebrahimi et al., 2022).

در بررسی نوسان بارش ایران تفاوت‌های همدید آن در دو سال مرطوب و خشک بررسی گردید. در شکل ۱۰ نمودار فراسنج‌های جو بالا شامل دما و رطوبت و امگا در تراز ۸۵۰ ه. پ و فشار تراز دریا، ۸۵۰ ه. پ در زمستان (۲۰۱۹) و زمستان (۲۰۲۱) دمای تراز ۸۵۰ ه. پ (شکل ۱۰- الف)، در سال تر طی ماه‌های مذکور کمتر (شکل ۱۰- الف)، با کاهش دما، درصد رطوبت در تراز مذکور بیشتر (شکل ۱۰- ب)، فشار در تراز دریا و تراز ۸۵۰ ه. پ (شکل ۱۰- ح، ج، د)، کمتر بوده است. امگا تراز ۸۵۰ ه. پ (شکل ۱۰- ذ) در سال تر روند کاهشی و منفی دارد و شرایط جو ناپایدار را نشان می‌دهد. دما در تراز ۸۵۰ ه. پ، در سال خشک (۲۰۲۱) افزایشی و رطوبت موجود در جو کمتر، به نسبت افزایش دمای جو و افزایش بخار آب، درصد رطوبت نسبی کاهش می‌یابد این شرایط در سال ۲۰۲۱ رخ داده و موجودی رطوبت به عنوان عامل مهم در وقوع بارندگی کاهش یافته است.

دما در آوریل ۲۰۱۹، 10.3°C و رطوبت نسبی ۷۱٪ و در سال ۲۰۲۱ دما 16°C و رطوبت موجود در جو ۳۹٪ است. میزان فشار در تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسل ۸۵۰ و ۵۰۰ ه. پ در سال ۲۰۲۱ از سال ۲۰۱۹ بیشتر است. شکل‌گیری الگوهای پرفشار باعث استقرار الگوهای بن‌دال و وقوع خشکسالی در این سال شده است، امگا در تراز ۸۵۰ ه. پ در سال خشک مثبت و نشان‌دهنده پایداری جو می‌شود. بنابراین، فراهم بودن مکانیسم‌های صعود و فراوانی رطوبت شرایط برای وقوع باران سنگین در زمستان ۲۰۱۹ و فقدان و کمبود این عوامل منجر به کاهش بارش و رخداد خشکسالی ۲۰۲۱ شده است.





شکل ۱۰. مقایسه فراسنج‌های جو بالا در سال ۲۰۲۱ و ۲۰۱۹

۴- بحث و نتیجه‌گیری

نوسان‌های بارش ایران یکی از چالش‌های عمده در مدیریت منابع آب و محیط جغرافیایی آن است. فراوانی نسبتاً بالا و احتمال رخداد بیش از ۵۰٪ خشکسالی‌ها و تغییر مکانی شدید بارش اقلیمی خشک و بیابانی را برای بیشتر پهنه ایران ایجاد نموده است. بارش‌های سنگین و بالا بودن میزان انحراف از معیار بر این چالش افزوده است. رژیم بارشی ایران بیشتر بین دو حالت خشکسالی‌های متوالی و شدید و تک‌نگاشت‌های بارش سنگین تقسیم شده و سال‌های با بارش نرمال محدود و تعدیل‌کننده دوره‌های خشکسالی است. این رژیم بارشی به دلیل تغییر اقلیم و فعالیت‌های انسانی بیش از توان سرزمینی تشدید شده است. به عنوان نمونه بین دو سال فرا مرطوب ۲۰۱۹ و فرا خشک ۲۰۲۱ سال ۲۰۲۰ یک تعدیل‌کننده است.

یافته‌ها نشان داد، طی سال‌های ۲۰۲۱-۱۹۹۱ سال‌های خشک ۱۳ بار و سال‌های مرطوب ۱۱ و شرایط نرمال بارش ۷ بار با توالی و شدت متفاوت تکرار شده‌اند. سال ۲۰۱۹ با شاخص $SPI=2$ و سال ۲۰۲۱ با شاخص $SPI=-2.3$ شدیدترین حالت ترسالی و خشکسالی را داشته‌اند. احتمال تکرار ترسالی و احتمال وقوع خشکسالی بعد از سال تر، 36.4 درصد است، اما احتمال وقوع حالت نرمال بعد از سال تر 18.2٪، ترسالی متوالی 45٪ است. احتمال رخداد خشکسالی به ترسالی 30.7٪، خشکسالی به نرمال 23٪ و خشکسالی متوالی 46.2٪ است. احتمال رخداد شرایط نرمال متوالی 28.6٪، نرمال به ترسالی 14.2٪ و نرمال به خشکسالی 57٪ است. در مجموع نیز خشکسالی حدود 42٪، نرمال 22.5٪ و رخداد ترسالی 35.5٪ است.

نتایج ANOVA بارش سالانه ایران نشان داد تفاوت معنی‌داری بین بارش و شرایط هم‌دید رخداد بارش در سال‌های مرطوب و خشک وجود دارد. نتایج آزمون F در تحلیل واریانس میانگین داده‌های گروه سال تر و گروه سال خشک حاکی از تفاوت معنادار بین میانگین داده‌های هر دو گروه است. علاوه بر این، مقدار P-value در سطح معنادار 95٪ نتایج یکسانی ارائه داد و متوسط متغیرهای بارش ایستگاه، دما و رطوبت و فشار تراز 850 ه. پ، فشار در تراز دریا و تراز 500 ه. پ در سال تر و سال خشک آلفای کمتر از 0.05 برآورد شد و در دو سال تفاوت معنادار دارند.

شواهد حاصل از مقایسه هم‌دید الگوهای فشار به عنوان نماینده در سال تر (۲۰۱۹) نشان می‌دهد، در تراز 500 ه. پ همگرایی ناشی از استقرار فرود بلندمدت‌ترانه باعث تقویت سامانه‌های کم‌فشار در تراز زیرین جو و از سوی دیگر حرکت و اچرخندی دو الگوی پر ارتفاع در فراز دریای عرب و دریای سیاه باعث تزریق رطوبت از دریاهای مجاور ایران، ریزش هوای سرد و امگا منفی باعث رخداد

بارش‌های فراگیر و سیل‌آسا شده است. در حالی که در سال خشک (۲۰۲۱) به دلیل حاکمیت الگوی پر ارتفاع در شمال و شمال شرق کشور در تراز ۵۰۰ ه. پ، فعالیت الگوهای کم‌فشار به تراز دریا محدود می‌شود؛ بنابراین تزریق رطوبت به جو کاهش یافته و از ورود سامانه‌های غربی در کشور ممانعت می‌شود. نتایج الگوی فشار در سال ۲۰۲۱ نشان داد هر گاه الگوی بن‌دال در تراز ۵۰۰ ه. پ روی ایران مستقر باشد، دریافت بارش کشور کمتر بوده است. یافته‌های این بخش با نتایج مطالعات پرنده خوزانی و لشکری، مسعودیان و جعفری شندی، خوش‌اخلاق و همکاران، حلبیان و پورجزی، منتظری و فناپی، عساکره و حسامی، فرج‌زاده و نجف‌آبادی، رحیمی و همکاران، مرادی و رنجبر در مورد سامانه‌های مؤثر در وقوع ترسالی و خشکسالی همسو است (Parandeh Khozani & Lashkari, Rahimi et al., 2013; Masoudian & Jafari Shandi, 2015; Khoshakhlaq et al., 2014; Halebian & Porjazi, 2010; 2016; Montazeri & Fanai, 2017; Asakere & Hesami, 2019; Farajzadeh & Najafabadi, 2013; Rahimi et al., 2022; Moradi & Ranjbar, 2019). با توجه به وقوع رخداد تغییر اقلیم، مخاطرات طبیعی رو به افزایش است، تغییرات شدید در فاصله کوتاه زمانی میزان بارش (سه سال) بر نااطمینانی بارش‌ها و منابع آب در ایران برای جبران اثرات مخرب مخاطرات اقلیمی مثل سیل و خشکسالی در کشور، مدیریت یکپارچه و فراگیر در زمینه بحران‌های ناشی از خشکسالی و بارش‌های سنگین باید اتخاذ شود.

۵- سپاس‌گزاری

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتری خانم مریم آریاصدر است که با حمایت‌های معنوی و مادی دانشگاه اصفهان انجام شده است.

۶- فهرست منابع

- آروین، عباسعلی و اسکندریان، غلامرضا. (۱۳۹۶). بررسی روند خشکسالی استان خوزستان. *پژوهش‌های مکانی فضایی*، ۴(۱)، ۱۹-۳۷.
- احمدی، محمود و جعفری، فرزانه. (۱۳۹۵). تحلیل همدیدی سیل ویرانگر تیرماه سال ۱۳۹۴ شمال ایران. *جغرافیای طبیعی*، ۹(۳۴)، ۸۳-۱۰۴.
- بابایی فینی، ام‌السلمه و علیجانی، بهلول. (۱۳۹۲). *تحلیل فضایی خشکسالی‌های بلندمدت ایران*. ۴۵ (۳)، ۱۲-۱.
- بروغنی، مهدی، مرادی، حمیدرضا، زنگنه اسدی، محمدعلی و پورهاشمی، سیما. (۱۳۹۸). ارزیابی نقش خشکسالی بر فراوانی وقوع گرد و غبار در استان خراسان رضوی. *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۲۱(۵)، ۱۰۹-۱۲۱.
- بلیانی، سعید، خسروی، یونس و عباسی‌سمنانی، علیرضا. (۱۳۹۵). پهنه‌بندی مخاطرات بارشی منجر به خشکسالی و سیل در حوضه‌های آبریز حله و مند. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۱۲(۳)، ۱۳-۳۴.
- پرک، فاطمه، روشنی، احمد و علیجانی، بهلول. (۱۳۹۴). واکاوی همدیدی سامانه کم‌فشار سودانی در رخداد ترسالی‌ها و خشکسالی‌های نیمه جنوبی ایران. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۴(۳)، ۷۵-۹۰.
- پژوه، فرشاد و جعفری، فرزانه. (۱۳۹۹). واکاوی همدید بارش‌های سیل‌آسا و مخاطره‌آمیز غرب و جنوب غرب ایران در دهه اول فروردین ۱۳۹۸. *فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»*، ۲۹(۱۱۴)، ۱۶۵-۱۸۴.
- پرنده خوزانی، اکرم و لشکری، حسن. (۱۳۸۹). بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در جنوب ایران. *تحقیقات منابع آب ایران*، ۶(۲)، ۶۶-۷۳.
- پروین، نادر. (۱۳۹۲). بررسی ارتباط موقعیت مکانی رودبادهای تراز میانی جو و وقوع سیل در حوضه آبریز دریاچه ارومیه. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۹(۱۲)، ۲۳۵-۲۵۰.
- جعفری، غلامحسین، بختیاری، فاطمه؛ و دوستکامیان، مهدی. (۱۳۹۵). بررسی و تحلیل ارتباط فضایی خشکسالی‌ها با دبی حوضه آبی قزل‌اوزن. (۴۸)، ۷۹-۹۴.
- حجازی زاده، زهرا، پژوه، فرشاد، و جعفری، فرزانه. (۱۳۹۷). آشکارسازی شرایط همدید مؤثر بر خشک‌سالی و ترسالی‌های شدید و فراگیر در نیمه شرقی ایران. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۷(۳)، ۱۳۵-۱۶۰.
- حلبیان، امیرحسین و پورجزی، حسینعلی. (۱۳۹۴). تحلیل سینوپتیکی مخاطرات اقلیمی در جنوب غرب ایران مورد مطالعه: بارش‌های سنگین سیل‌زا در آذر ۱۳۹۱. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۳۱-۴۶، (۲)۸.

- حلبیان، امیرحسین، نیکاندریش، نسرين و اکبری، مطهره. (۱۳۹۸). واکاوی سینوپتیکی و دینامیکی سامانه‌های سیل‌زا در مازندران. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۱۱(۱)، ۱۲۹-۱۴۶.
- خورانی، اسدالله و خواجه، محمد. (۱۳۹۳). بررسی همزمانی روند خشکسالی و افت سطح آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت داراب). *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، ۱۸(۲)، ۵۷-۸۰.
- خوشحال دستجردی، جواد، غیور، حسنعلی و مرادی، مسعود. (۱۳۹۰). بررسی تأثیر خشکسالی بر آب‌های زیرزمینی در حوضه آبی دهگلان - کردستان. (۷۹)، ۳۶-۱۹.
- خوش اخلاق، فرامرز، صفایی راد، رضا و سلمانی، داود. (۱۳۹۳). واکاوی هم‌دید رخداد سیلاب آبان‌ماه ۱۳۹۰ در شهرستان‌های بهبهان و لیکک. *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، ۴۶(۴)، ۵۰۹-۵۲۴.
- درگاهیان، فاطمه، تیموری، سارا، لطفی نسب اصل، سکینه و رضوی زاده، سمانه. (۱۳۹۸). بررسی تغییر کاربری زمین در هور منصوریه و ارتباط آن با رخ‌دادهای خشک‌سالی و گرد و غبار در کلان‌شهر اهواز. *پژوهش‌های آبخیزداری*، ۳۳(۴)، ۹۴-۱۰۴.
- دوستان، رضا. (۱۳۹۸). تحلیلی بر تحقیقات خشکسالی در ایران. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۳۴(۶)، ۵۳-۹۴.
- رجبی‌زاده، یوسف، ایوب‌زاده، سید علی و قمشی، مهدی. (۱۳۹۸). بررسی سیل استان خوزستان طی سال آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ و ارائه راه‌کارهای کنترل و مدیریت آن در آینده. *اکوهیدرولوژی*، ۶(۴)، ۱۰۶۹-۱۰۸۴.
- رحیمی، داریوش، آتشی، ناهید و بشیریان، فاطمه. (۱۴۰۰). اثر سامانه‌های بندالی بر خشکسالی‌های ایران (مطالعه موردی: آذر و دی ۱۳۹۳). *تحقیقات منابع آب ایران*، ۱۷(۴)، ۱-۱۰.
- رحیمی، داریوش و رحیمی داشلی برون، یونس. (۱۳۹۵). بررسی اثر تغییرات اقلیمی و کاربری ارضی بر سیلاب در شمال ایران (حوضه مادرسو). (۲۷/۱)، ۸۹-۱۰۲.
- رحیمی، داریوش و محمدی، زهرا. (۱۳۹۴). بررسی خشکسالی هیدرولوژیکی حوضه آبخیز سد زاینده رود. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۷(۲۵)، ۲۲۱-۲۳۳.
- رحیمی، داریوش، میرهاشمی، حمید و رحیمی، یونس. (۱۳۹۲). تحلیل ترمودینامیک و سینوپتیکی سیلاب‌های لحظه‌ای مناطق کوهستانی (حوضه بهشت آباد). *تحقیقات جغرافیایی*، ۲۸(۳)، ۱۳۱-۱۴۴.
- رحیمی، داریوش و هاشمی نسب، سادات. (۱۳۹۷). تحلیل واکنش هیدرولوژی حوضه کارون شمالی به افزایش دمای کمینه. *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، ۵۰(۱)، ۱-۱۷.
- رضایی بنفشه، مجید، حسین‌علی پور گزی، حسین، جعفری شندی، فاطمه و محمدی، علی. (۱۳۹۱). تحلیل هم‌دید بارش‌های سنگین پهنه شمال غرب ایران (با تأکید بر الگوهای ضخامت جو). *نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۱۹(۵۳)، ۱۱۷-۱۳۵.
- ساری صراف، بهروز، واعظی هیر، عبدالرضا؛ والائی، اکرم و ابطحی، وحیده. (۱۳۹۵). آشکارسازی خشکسالی‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی جنوب شرق دریاچه ارومیه. *مخاطرات محیط طبیعی*، ۵(۱۰)، ۲۵-۴۲.
- سلیقه، محمد (۱۳۹۵). *آب و هواشناسی سینوپتیک*. چاپ اول، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی، تهران.
- شادمانی، ناهید، نصرافهانی، محمدعلی و قاسمی، احمدرضا. (۱۳۹۷). تشخیص منابع تأمین رطوبت و مسیر دقیق حرکت توده‌های هوای مرطوب مؤثر بر بارش‌های سیل‌آسا در غرب و جنوب ایران (مطالعه موردی: سیل ۷ و ۲۰ آبان ۱۳۹۴). *مجله ژئوفیزیک ایران*، ۵۰-۱۲، ۲۶۳.
- صمدی، زهرا. (۱۳۸۶). تحلیل الگوی سینوپتیکی بارش سیل زای پاییز سال ۱۳۸۲ سواحل جنوبی دریای خزر. طولی نژاد، میثم، حجازی‌زاده، زهرا؛ بساک، عاطفه و بزمی، نسرين. (۱۳۹۶). اثرات نوسان اطلس شمالی بر ناهنجاری تراز میانی جو و بارش ایران (مطالعه موردی: غرب ایران). *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۸(۴۹)، ۱۹-۳۵.
- عابدی، فاطمه، رحیمی، داریوش و مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۹۸). تحلیل روند سامانه‌های بندالی نیمکره شمالی. *نشریه جغرافیا و توسعه*، ۱۷(۵۷)، ۲۳۳-۲۴۴.
- عزیزی، قاسم، شمسی‌پور، علی اکبر و میری، مرتضی. (۱۳۹۱). واکاوی هم‌دید ارتباط آتش‌سوزی‌های ماه ژوئیه ۲۰۱۰ روسیه و سیل پاکستان.

- عساکره، حسین و حسامی، نرگس. (۱۳۹۸). واکاوی همدید الگوهای جوی سیل‌زا در حوضه آبریز بازفت. *فضای جغرافیایی*، ۱۹/۶۷، ۲۷-۱.
- علیچانی، بهلول و بابایی، ام‌السلمه. (۱۳۸۸). تحلیل فضایی خشکسالی‌های کوتاه مدت ایران. ۱۰۹-۱۲۱.
- فتاحی، ابراهیم و بابایی فیینی، ام‌السلمه. (۱۳۹۳). طبقه‌بندی الگوهای همدیدی بارش‌زا و خشکسالی‌زا در ایران زمین. (۱) ۲۹. ۱۰۵-۱۲۲.
- فرج‌زاده، منوچهر و رجایی نجف‌آبادی، سعید. (۱۳۹۲). تحلیل شرایط سینوپتیک رخداد سیل در بارش‌های سنگین (شهرستان کوهرنگ). *نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۱۷(۴۵)، ۱۴۲-۱۶۲.
- فیضی کوشکی، فاطمه، رسولی، فهیمه و حاجی محمدی، حسن. (۱۳۹۸). بررسی الگوهای هم دیدی حاکم بر رخداد سیلاب‌های کلان حوضه کارون. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، ۱(۹)، ۳۴-۲۲.
- کریمی، صادق، جاودانی، راضیه، خسروی، محمود و طاووسی، تقی. (۱۳۹۳). واکنش فصل رشد در برابر خشکسالی و ترسالی اقلیمی مورد مطالعه: منطقه بلوچستان مرکزی، (۳۷)، ۱-۱۴.
- لشنی زند، مهران، پروانه، بهروز، پیامی، کیانفر و سپهوند، علیرضا. (۱۳۹۱). بررسی تطابق خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در حوزه سراب صیدعلی. *نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۱(۳)، ۱۱-۱.
- مارسلین، مارک. (۱۳۹۲). گرمایش جهانی. (ترجمه ماندانا فرهادیان). انتشارات فرهنگ نصر، تهران.
- محمدی، بختیار و مسعودیان، سیدابوالفضل. (۱۳۸۹). تحلیل همدید بارش‌های سنگین ایران مطالعه موردی: آبان ماه ۱۳۷۳.
- محمودی، پیمان، طاووسی، تقی و کردی تمندانی، صابره. (۱۴۰۱). شناسایی الگوهای ناهنجاری‌های همدیدی منجر به خشکسالی‌ها و ترسالی‌های فراگیر ایران.
- محمدی، علی، سلیقه، محمد، حمیدی میرکلایی، اسحاق و حسامی، علی. (۱۳۹۴). تحلیل همدیدی بارش‌های سیل‌زای حوضه آبریز دریای مازندران مطالعه موردی: سیل نوشهر در زمستان سال ۱۳۹۱. *پژوهش‌های علوم و فنون دریایی*، ۱۰(۲)، ۴۴-۵۸.
- مرادی، محمد و رنجبر سعادت آبادی، عباس. (۱۳۹۸). بررسی موردی بارش‌های سیل‌آسای ایران در ماه مارس ۲۰۱۹. *مجله علمی و ترویجی نیوار*، ۱۰۵-۱۰۴، ۷۲-۸۷.
- مسعودیان، سیدابوالفضل و جعفری شندی، فاطمه. (۱۳۹۲). بررسی رابطه سامانه‌های همدید مؤثر در بارش‌های سنگین پهنه کم بارش شمالی ایران.
- مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۹۰). *آب و هوای ایران*. چاپ اول، شریعه توس، مشهد.
- مصطفی‌زاده، رئوف، صفریان‌زنگیر، وحید و حاجی، خدیجه. (۱۳۹۷). تحلیل الگو و شرایط وقوع بارش‌های منجر به سیل در سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳ در شهرستان گرمی، استان اردبیل *مخاطرات محیط طبیعی* ۸۹-۱۰۶، ۱۵/۷.
- منتظری، مجید و فنایی، راضیه. (۱۳۹۶). شناسایی الگوهای همدید بارش‌های سنگین در حوضه بهشت آباد. *فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)*، ۱۷(۳)، ۳۳۹-۳۵۶.
- میریان، مینا و کرمپور، مصطفی. (۱۳۹۷). واکاوی همدید سامانه‌های سیل‌زا در استان گلستان (مطالعه موردی: سیلاب ۲۰ مرداد ۱۳۸۰). *فضای جغرافیایی*، ۱۸(۶۲)، ۱۱۷-۱۳۵.
- نگارش، حسین و ویسی، جلیل. (۱۳۹۲). تجزیه و تحلیل اثرات تغییرات بارش در سیل‌خیزی حوضه آبریز رودخانه راوند (منطقه اسلام‌آباد غرب - استان کرمانشاه). *برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۱۱(۳)، ۷۹-۹۸.

References

- Aadhar, S., & Mishra, V. (2017). High-resolution near real-time drought monitoring in South Asia. *Scientific Data*, 4(1), 1-14.
- Abedi, F., Rahimi, D., & masodian, S. (2019). Trend Analysis Blocking system in the north of Himesepher. *Geography and Development*, 17(57), 233-244. doi: 10.22111/gdij.2019.5049. [in persian]
- Ahmadi, M., & Jafari, F. (2017). Synoptic analysis of devastating floods July 2015 in north of Iran. *Physical Geography Quarterly*, 9(34), 83-104. [in persian]
- Alijani, B., & Babae, O. (2009). Spatial Analysis of short-term Droughts in Iran. *Journal of Urban Ecology Researches*, 1(0), 109-121. [in persian]

- Arvin, Abbasali & Eskandarian, Gholamreza. (2017). Investigation of Drought Trend of Khozestan Province, *Journal of Space and Place Researches*. 4(1), 19- 37. [in persian]
- Asakereh, H., hesami, N. (2019). A Synoptic Analysis of Circulation Patterns flood casue in Bazoft Basin. *Geographic Space*, ۱۹ (۶۷), 1-۲۷. [in persian]
- Azizi, Ghasem., Shamsipour, Aliakbar., & Miri, Morteza. (2012). Synoptic Analysis of July 2010 Russian Fires and Pakistan Floods. *Geography and Development*, 10(29), 131-144. doi: 10.22111/gdij.2013.128[in persian]
- Babae, O., & Alijani, B. (2013). Spatial Analysis of Long Duration Droughts in Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 45(3), 1-12. doi: 10.22059/jphgr.2013.35831 . [in persian]
- Balyani, Said; Khosravi, Yones & Abbasi Semnani, Alireza. (2017). Zoning of Rain hazards of drought and flood emphasis on population centers in Helle and Mond basins. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazarts*. 12(3), 13- 34. [in persian]
- Boroghani, M., moradi, H., Zangane Asadi, M., & Pourhashemi, S. (2019). Evaluation of the role of drought in frequency of dust in Khorasan Razavi province. *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(5), 109-121. doi: 10.22034/jest.2019.10464 . [in persian]
- Camenisch, C., Brázdil, R., Kiss, A., Pfister, C., Wetter, O., Rohr, C., ... & Retsö, D. (2020). Extreme heat and drought in 1473 and their impacts in Europe in the context of the early 1470s. *Regional environmental change*, 20, 1-15.
- Dargahian, F., Teimori, S., Lotfinasbasl, S., & Razavizadeh, S. (2019). Land use Changes in the Mansouriyeh Wetland and its Relation with the Occurrence of Drought and Dust Formation in the Ahwaz Metropolis. *Watershed Management Research Journal*, 32(4), 94-104. doi: 10.22092/wmej.2019.126472.1224. [in persian]
- Doostan, Reza. (2020). Analysis of Drought Researches of Iran. *JOURNAL OF SPATIAL ANALYSIS ENVIRONMENTAL HAZARTS*, 6(4), 53-94. SID. <https://sid.ir/paper/380239/en>[in persian]
- Ebrahimi, A., Rahimi, D., Joghataei, M., Movahedi, S. (2021), Correlation Wavelet Analysis for Linkage between Winter Precipitation and Three Oceanic Sources in Iran, *Environmental Processes*.
- Ebrahimi, A., Rahimi, D., Gushchina, D. (2023), Analysis of atmosphere–ocean interaction on cold season precipitation in Iran, *Environmental Earth Sciences* (2023) 82:192.
- Faizi Koushki, F., Rasouli, F., & Haji Mohammadi, H. (2019). A Survey the Synoptic patterns governing the occurrence of large floods in the Karun basin. *Crisis Prevention and Management Knowledge Quarterly*, 9(10), 22-34. [in persian]
- Farajzadeh, M., & Rajae Najafabadi, S. (2013). The Analysis of Synoptic Conditions of Flood Occurrence in Heavy Rainfalls (Koohrang County). *Geography and Planning*, 17(45), 142-162. [in persian]
- Farajzadeh, Manuchehr. (2013). *Climatic Hazards of Iran*. Tehran: The Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Humanities (SAMT), The center for Research and Development in Humanities. [in persian]
- Fatahi, E., & BaBae Feeni, O. (2014). Classification of Synoptic patterns of rainfall and drought in Iran. *Terminology of geographical research*, 29(1), 105-122. [in persian]
- Halabian, A. H., & hossienalipour jazi, F. (2016). Synoptic Analysis of Climatic Hazards in Southwestern Iran (Case study: flood generating heavy precipitation of Azar 1391). *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 2 (4), 31-46. [in persian]
- Halabian, A., Nikandish, N., & Akbari, M. (2019). Synoptic and dynamic analysis of flood generating systems in Mazandaran. *Watershed Engineering and Management*, 11(1), 129-146. doi: 10.22092/ijwmse.2018.108884.1246[in persian]
- Hejazizadeh, Z., Pazhooh, F., & Jafari, F. (2018). The Relationship between Severe and Pervasive Droughts and Wet Years in Half East of Iran with Synoptic Troposphere Condition. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 7(3), 135-160. doi: 10.22067/geo.v0i0.68353. [in persian]
- Hosseinzadeh, M. M., & Nohegar, A. (2011). Studying the Effect of Drought on Water Resources over Two Decades and Occurrences of the Sinking Phenomenon in Minab Plain.
- Hrdinka, T., Novický, O., Hanslík, E., & Rieder, M. (2012). Possible impacts of floods and droughts on water quality. *Journal of Hydro-environment Research*, 6(2), 145-150.
- IPCC, (2022), WORKING GROUP REPORT AR6 Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, February 2022. Pörtner, H.O., Roberts, D.C., Adams, H., Adler, C., Aldunce, P., Ali, E., Begum, R.A., Betts, R., Kerr, R.B., Biesbroek, R. and Birkmann, J., 2022. *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability* (p. 3056). Geneva, Switzerland: IPCC.
- Jafari, G. H., Bakhtiyari, F., & doostkamian, M. (2017). Analyzing the Spatial Relationship Between the Droughts and Drainage of Ghazalozan Basin. *Geography and Development*, 15(48), 79-94. doi: 10.22111/gdij.2017.3349. [in persian]

- Karimi, S., Javdani, R., Khosrav, M. I., & Tavousi, T. (2014). Reaction of Growth Season Against Climatic Drought and Wet Year Case study: Iranshahr and Nikshahr. *Geography and Development*, 12(37), 1-14. doi: 10.22111/gdij.2015.1831 [in persian]
- Khorani, A., & khajeh M. (2014). An Investigation on the coincidence between trend of drought and groundwater levels decline (A Case Study: Plain of Darab). *The Journal of Spatial Planning*, 18 (2), 57-80. [in persian]
- Khoshakhlagh, F., Safaierad, R., & Salmani, D. (2014). The Synoptic analysis of flood occurrence on November 2011 in Behbahan and Likak cities. *Physical Geography Research Quarterly*, 46(4), 509-524. doi: 10.22059/jphgr.2014.53001. [in persian]
- Khoshhal, J., Ghayoor, H. A., & Moradi, M. (2012). A Survey on the Impact of Groundwater Drought in Dehghan Basin, Kurdistan Province. *Physical Geography Research Quarterly*, 44(1), 19-36. doi: 10.22059/jphgr.2012.24732[in persian]
- Lashti Zand, M., parvaneh, B., payamani, K., & sephavand, A. (2012). Assessment of the meteorological and hydrological drought adaptation in the Sarab Ali watershed. *Irrigation and Water Engineering*, 3(1), 1-11. [in persian]
- Mahmoudi, P., Tavousi, T., & Kordi Tamandani, S. (2022). Identifying patterns of Synoptic Anomalies Resulting in Pervasive Droughts and Wet periods in Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 54(1), 1-20. doi: 10.22059/jphgr.2022.267431.1007286[in persian]
- Maslin, Mark. (2013). *Global Warming*. (Translated by Mandana Farhadian) Tehran: Contemporary culture.
- Masoudian, S. A. (2011). *Climatology of Iran*. Mashhad: Sharia Tus. [in persian]
- Masoudian, S. A., Jafari Shendi, F. (2015). The Relationship between Synoptic Systems Influencing Heavy Rainfall in the Northern Low Rainfall Region. *Geography and Planning*, 18(50), 305-331. [in persian]
- Mirian, M., & Karampur, M. (2018) .Analysis of synoptic systems, causing floods in Golestan Province (Case Study: Flood in 11 August 2001). *Journal of Geographical-Space*, 18(62), 117-135. [in persian]
- Mirza, M. M. Q. (2011). Climate change, flooding in South Asia and implications. *Regional environmental change*, 11(Suppl 1), 95-107.
- Mitchell, P. J., Benyon, R. G., & Lane, P. N. (2012). Responses of evapotranspiration at different topographic positions and catchment water balance following a pronounced drought in a mixed species eucalypt forest, Australia. *Journal of Hydrology*, 440, 62-74.
- Mohammad, B., Massodiyani, S. A. (2010). Synoptic Analysis of Heavy Precipitation Events in Iran (Case study: November 1373). *Journal of Geography and Development*, 8(19), 47- 70. [in persian]
- Mohammadi, A., Saligheh, M., Hamidi Mirkalai, E., & Hesami, A. (2015). Synoptic Analysis of flood-causing rains in the Mazandaran Sea catchment, case study: Nowshahr flood in the winter of 1391. *Marine science and technology research*. 10(2), 44- 58. [in persian]
- Montazeri, M., & Fanaei, R. (2017). Identification of synoptic patterns of heavy precipitations over Behesht Abad Basin. *Geography (Regional Planning)*, 7(27), 339-356. [in persian]
- Moradi, M., & Ranjbar, A. (2019). Case Study of Flood Rainfall in March 2019. *Nivar*, 43(104-105), 72-87. doi: 10.30467/nivar.2019.90510[in persian]
- Mostafazadeh, R., Safariyan-Zengir, V., & Haji, K. (2018). Analysis of pattern and conditions of flood-producing rainfall in the years 2004 to 2014 in the Garmi City, Ardabil Province. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 7(15), 89-106. doi: 10.22111/jneh.2017.3205[in persian]
- Negaresh, H., & Visi, J. (2013). Analysis of the effects of rainfall changes on the flood risk of Ravand River catchment (Islamabad West Region - Kermanshah Province). *Journal of Regional Planning*, 3(11), 79-98. [in persian]
- Notaro, M., Yu, Y., & Kalashnikova, O. V. (2015). Regime shift in Arabian dust activity, triggered by persistent Fertile Crescent drought. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 120(19), 10-229.
- Parak, F., Roshani, A., & Alijani, B. (2015). Synoptic Investigation of the Role of the Sudanese Low Pressure System during Wet and Drought Years in the Southern Half of Iran. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 4(3), 75-90. doi: 10.22067/geo.v4i3.40062. [in persian]
- Parandeh Khozani, A., & Lashkari, H. (2010). Synoptic Analysis of Flood Generating Systems in the Southern Part of Iran. *Iran-Water Resources Research*, 6(2), 66-73. [in persian]
- Parvin, Nader. (2013). The study location of the 500 hp level jet sterams and floods in Urmia lake basin. *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 29(12), 235-250. [in persian]
- Pazhooh, F., & Jafari, F. (2020). Synoptic analysis of heavy and hazardous precipitations in western and south western Iran during the first ten days of April 2019. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 29(114), 165-184. doi: 10.22131/sepehr.2020.44600. [in persian]

- Pfahl, S. (2014). Characterising the relationship between weather extremes in Europe and synoptic circulation features. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14(6), 1461-1475.
- Rahimi, D., & Hasheminasab, S. (2018). Hydrologic Response of North Karun Basin to Increase in Minimum Air Temperature. *Physical Geography Research Quarterly*, 50(1), 1-17. doi: 10.22059/jphgr.2018.229600.1007021. [in persian]
- Rahimi, D., & Mohamadi, Z. (2017). Assessing the hydrological drought of Zayande Rood Basin. *Geographical Planning of Space*, 7(25), 221-233. [in persian]
- Rahimi, D., & Rahemi, Y. (2016). Resources in the Impacts Climate Change on Floods in North of Iran. *Geography and Environmental Planning*, 27(1), 89-102. doi: 10.22108/gep.2016.21358. [in persian]
- Rahimi, D., Atashi, N., & Bashirian, F. (2022). Impact of Blocking System on Droughts in Iran (Case Study: December 2014 and January 2015). *Iran-Water Resources Research*, 17(4), 1-10. [in persian]
- Rahimi, D., Mirhashemi, H., Rahemi, Y. (2013). Analysis Thermodynamic and Synoptic Pick Floods Region Mountain (Behesht Abad Basin). *Geographical Researches*, 28 (3), 131-144[in persian]
- Rajabizadeh, Y., Ayyoubzadeh, S. A., & Ghomeshi, M. (2019). Flood Survey of Khuzestan Province in 97-98 and Providing Solutions for its Control and Management in the Future. *Iranian journal of Ecohydrology*, 6(4), 1069-1084. doi: 10.22059/ije.2020.285854.1166. [in persian]
- Rezaee Banafshe, M., Hossein Alipour Ghazi, H., Jaffari Shendi, F., Alimohammadi, M. (2015). Synoptic Analysis of Heavy Rainfall in Northwest of Iran (With an Emphasis on Patterns of Atmospheric Thickness). *Geography and Planning*, 19(53), 117-135. [in persian]
- Saligheh, Mohammad. (2016). *Synoptic Climatology of Iran*. Tehran: The Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Humanities (SAMT), The center for Research and Development in Humanities. [in persian]
- Samadi, Zahra. (2007). Analyzing the synoptic pattern of flood-causing rainfall in the fall of 1382 on the southern shores of the Caspian Sea. *Isfahan University Research Journal*, 25 (27). [in persian]
- Sarisarraf, B., Vaezihir, A., Valaei, A., & Abtahi, V. (2016). Study of trend and relationship between meteorological and hydrogeological droughts of Sufi Chai and Mordagh Chai watershed. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 5(10), 25-42. doi: 10.22111/jneh.2017.2963. [in persian]
- Semenova, I., & Slizhe, M. (2020). Synoptic conditions of droughts and dry winds in the Black Sea Steppe Province under recent decades. *Frontiers in Earth Science*, 8, 69.
- Shadmani, N., Nasr Esfahani, M. A., & Ghasemi, A. (2018). Determination of humidity sources and accurate trajectory of moist air mass effective on heavy rainfalls in west and south of Iran (case study: flooding events of October and November 2015). *Iranian Journal of Geophysics*, 12(2), 50-63. [in persian]
- Tong, D. Q., Wang, J. X., Gill, T. E., Lei, H., & Wang, B. (2017). Intensified dust storm activity and Valley fever infection in the southwestern United States. *Geophysical research letters*, 44(9), 4304-4312.
- Toulabi Nejad, M., Hejazizadeh, Z., Bosak, A., & bazmi, N. (2018). The Effects of North Atlantic Oscillation on the atmospheric middle level Anomaly and precipitation of Iran (Case study: west of Iran). *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 18 (49), 19-35.
- Trenberth, K. E., Dai, A., Van Der Schrier, G., Jones, P. D., Barichivich, J., Briffa, K. R., & Sheffield, J. (2014). Global warming and changes in drought. *Nature Climate Change*, 4(1), 17-22.