



Investigation of the environmental and circulation conditions of the event of heavy and sustained rainfall in the Dez basin

Sara Bani Naima ¹, Hassan Lashkari ², Mohammad Javad Nasr Esafahani ³

¹ Corresponding Author, Ph. D student of Hydrology and Meteorology, Faculty of Humanities, Department of Geography, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Ahvaz, Iran. Email: amiri.sara63@gmail.com

² Associate Professor of Hydrology and Meteorology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. Email: dr_lashkari61@yahoo.com

³ Ph. D graduated of water structures, Head of applied research department of Khuzestan Water and Power Authority, Ahvaz, Iran. Email: mo.isfahani@gmail.com

ABSTRACT

Introduction

The diversity of the source of precipitation in different parts of Iran, along with the conditions of latitude, distance and proximity to moisture sources, etc., causes precipitation behaviors such as intensity and continuity to have temporal and spatial changes. Using statistical methods and the discharge data of Dez river, the violent floods of this river were extracted to identify the effective factors in their creation. The information of all the effective atmospheric levels has been analyzed in a combined manner using descriptive and appropriate maps, and synoptic and thermodynamic characteristics of heavy cloud precipitation in the catchment basin have been investigated and synoptic patterns leading to the prolongation of the systems in the catchment basin and its effect on the discharge of streams have been identified, and was presented. The aim of the research was to identify the pattern or patterns of sustainable rainfall systems in the Dez river basin. The results of the investigation showed that the presence of a deep depression in the east of the Mediterranean Sea has caused the cold air of Europe to fall in the west of this vessel, as well as the transfer of moisture from the Arabian Sea and the Persian Gulf to its east, and the conditions for creating an ascent of the most important elements of the pattern of heavy and durable precipitation in They are basins. Planning of water resources, prevention and timely notification and control and containment of floods are among the results that can be expected from this research.

Due to the importance of rainfall for a dry country like Iran, many researches have been conducted on the characteristics of rainfall in Iran. However, there are still many unknowns about this rebellious and variable climate element. In Iran, precipitation is one of the basic variables to evaluate the potential existence of water resources. Although it has a periodic nature, its temporal and spatial distribution is very uneven and therefore the distribution of water resources is not uniform. The maintenance and management of water resources is also a function of received rainfall and depends on its variability. Therefore, the smaller the spatial changes of precipitation, the greater the homogeneity and homogeneity of water resources (Massoudian, 2015). The diversity of the source of precipitation in different parts of Iran, along with the conditions of latitude, distance and proximity to moisture sources, etc., causes rainfall behaviors such as intensity and continuity to have temporal and spatial changes. Especially in the southern regions of Iran, which have less rainfall, these changes are more severe. Considering the importance of rainfall and its impact on various economic, agricultural, and social sectors and the need to investigate and identify the synergistic patterns of rainfall in the study area for use in planning and optimal management of water resources, the necessity of doing this is evident. Ecosystems and physical structures of human societies are adjusted to normal climatic conditions, and when extreme climatic phenomena occur, they can rarely equip and prepare themselves. It has been identified and investigated continuously with a duration of more than 5 days in the period of 1979-2006 (Ming, 2008, 331). (Canvas et al., 2019) in the analysis of the relationship between the classification of atmospheric circulation patterns and daily precipitation in the Pyrenees region in the north of Barcelona, Spain, concluded that during the statistical period of 1961-2010, the precipitation trend during the period was significantly decreasing, which The decrease corresponds to the change in the type of atmospheric systems during the statistical period. During the rainy years, Iceland's low pressure at sea level and deep mid-atmosphere troughs played an important role. Analysis of the trend and concentration of precipitation in the Sardinia region in western Italy by (Caluero et al., 2019) shows a decrease in precipitation in the winter months and an increase in the summer months during the period of 1945-2017. Also, the distribution of uniform rainfall during the year shows a significant increase and the trend is also significantly decreasing during the statistical period. In our country, studies have been conducted in the field of simultaneity investigation of durable and heavy rain waves and flood modeling of catchment basins. With the investigations conducted on 200 rainfall systems in a statistical period of 20 years, he showed that the Sudanese systems enter Iran from five main routes and cause rainfall according to the synoptic patterns. So that in two routes they enter the country as a merger with the Mediterranean roundabouts and in the other three routes independently.

Methodology

The studied area of synoptic and rain gauge stations is located in the Dez sub-basin. The location of the studied area is in latitude 32°30' to 33°44'N and longitude 48°41' to 49°40'E. The water basin of Dez River is a part of the Karon Basin. Two statistical and synoptic methods were used for a more detailed investigation of the synoptic situation of heavy rains in the Dez river basin. In the statistical part, factor analysis, which is one of the widely used statistical methods in climatology, was used, and in the synoptic part, maps of different atmospheric levels were extracted and analyzed using Grads software for the specified days. Factor analysis index and visual inspection were used for synoptic analysis and pattern finding of dominant systems in heavy rains. For synoptic analysis, maps of different atmospheric levels were prepared and drawn and analyzed.

Results and discussion

The water year of 1371-72 is one of the most watery years of Iran in the period of 1343-1400. The average water flow of the Dez River this year is equal to 503 cubic meters per second, a little more than twice the long-term water flow of 244 cubic meters per second. The water year of 1371-72 is one of the most watery years of Iran in the period of 1343-1400. The average water flow of the Dez River this year is equal to 503

cubic meters per second, a little more than twice the long-term water flow of 244 cubic meters per second. The investigation of rainfall and the hourly hydrograph of Tele Zang station shows that the cumulative rainfall in three stations Tang Panj Bakhtiari, Tele Zang and Kharsar during the rains that led to an increase in the daily discharge and instantaneous discharge of Tele Zang station was equal to 272, 173 and 143 mm, respectively. The flood continued for about 60 hours, which was recorded after 17 hours.

Conclusions

The synoptic analysis of maps of different levels showed that during the period of rain and flood in January 2011, the conditions of sea level pressure patterns (high pressure and low pressure), low level of 850 hectopascal and 500 hectopascal (falling of cold air from high latitudes) and its establishment on water areas (Mediterranean, Red Sea, Persian Gulf and Arabian Sea) and the flow of moisture from these water areas to the north, the establishment of rivers, the high level of Tavai and the negative amount of Omega in the region, as well as the intensification of the ascent process by the heights of Zagros, especially in the western slopes. (rainy mountain) environmental and circulation conditions have been provided for the occurrence of heavy rainfall and its continuation. Synoptic patterns before and during heavy rainfall in the region and neighboring affected areas are important indicators for comparison. In most of the extracted models of this research, a deep descent is formed in the east of the Mediterranean Sea and its extension to the north of the Red Sea at the level of 500 hectopascals, which causes the cold air of Northern Europe to fall to the south, and on the other hand, in the east of this vessel, or a deep descent of warm air. and moist moves from south to north. This pattern is the most important factor and has the largest contribution to heavy and steady rainfall in the studied area.

Keywords: Heavy rain, Symbide, Dez basin, flood

Article Type: Research Article

Article history: Received: 15 April 2022 Revised: 26 May 2022 Accepted: 31 May 2022 ePublished: 23 August 2022

Cite this article: Bani Naima, S., Lashkari, H., & Nasr Esfahani, M.J. (2022). Investigating the environmental and circulation conditions of the event of heavy and sustained rainfall in the Dez basin, *Advanced Technologies in Water Efficiency*, 2(2), 46-60. DOI: 10.22126/ATWE.2022.8057.1024

Publisher: Razi University

© The Author(s).





بررسی شرایط محیطی و گردشی رخداد بارش سنگین و بادوام حوضه دز

سارا بنی نعیمه^۱ ✉، حسن لشکری^۲ ID، محمدجواد نصر اصفهانی^۳ ID

^۱ نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران. رایانامه:

amiri.sara63@gmail.com

^۲ دانشیار آب و هواشناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: dr_lashkari61@yahoo.com

^۳ دانش آموخته دکتری سازه‌های آبی، رئیس گروه نوآوری و توسعه فناوری سازمان آب و برق خوزستان، اهواز، ایران. رایانامه: mo.isfahani@gmail.com

چکیده

تنوع منشأ بارش در نقاط مختلف ایران به همراه شرایط عرض جغرافیایی، دوری و نزدیکی به منابع رطوبت و غیره سبب می‌گردد رفتارهای بارش مانند شدت و تداوم نیز دارای تغییرات زمانی و مکانی باشند. با استفاده از روش‌های آماری و داده‌های دبی رودخانه دز سیل‌های سهمگین این رودخانه برای شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد آن‌ها استخراج گردید. اطلاعات تمام ترازهای جوی مؤثر با استفاده از نقشه‌های گویا و مناسب به‌صورت ترکیبی مورد تحلیل قرار گرفته و ویژگی‌های هم‌دیدگی و ترمودینامیکی بارش‌های ابرسنگین حوضه آبریز دز بررسی و الگوهای هم‌دیدگی منجر به طولانی شدن دوام سامانه‌ها بر روی حوضه آبریز و تأثیر آن بر دبی جریان‌ات شناسایی و ارائه گردید. هدف تحقیق شناسایی الگو یا الگوهای سامانه‌های بارشی بادوام در حوضه رودخانه دز بوده است. نتایج بررسی نشان داد وجود یک فرود عمیق در شرق دریای مدیترانه باعث ریزش هوای سرد اروپا در غرب این ناوه و همچنین انتقال رطوبت از دریای عرب و خلیج فارس در شرق آن شده است و شرایط ایجاد یک صعود از مهم‌ترین عناصر الگوی بارش سنگین و بادوام در حوضه می‌باشند. برنامه‌ریزی منابع آب، پیشگیری و اطلاع‌رسانی به‌موقع و کنترل و مهار سیلاب از نتایجی که می‌توان از این تحقیق انتظار داشت.

واژگان کلیدی: بارش سنگین، هم‌دیدگی، حوضه دز، سیل

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

سابقه مقاله: دریافت: ۲۶ فروردین ۱۴۰۱ اصلاح: ۵ خرداد ۱۴۰۱ پذیرش: ۱۰ خرداد ۱۴۰۱ چاپ الکترونیکی: ۰۱ شهریور ۱۴۰۱

استناد: بنی نعیمه، س، لشکری، ح، و نصر اصفهانی، م.ح. (۱۴۰۱). بررسی شرایط محیطی و گردشی رخداد بارش سنگین و بادوام حوضه دز، فناوری‌های پیشرفته در

بهره‌وری آب، ۲(۲)، ۶۰-۴۶. شناسه دیجیتال: 10.22126/ATWE.2022.8057.1024



مقدمه

با توجه به اهمیت بارش برای کشور خشکی مانند ایران، تاکنون پژوهش‌های فراوانی درباره ویژگی‌های بارش ایران انجام گرفته است. با این حال هنوز ندانسته‌ها درباره این عنصر اقلیمی سرکش و متغیر فراوان است. در ایران، بارش یکی از متغیرهای اساسی برای ارزیابی موجودیت بالقوه منابع آب به شمار می‌رود. هرچند سرشتی تناوبی دارد، اما توزیع زمانی و مکانی آن بسیار ناموزون بوده و به همین دلیل توزیع منابع آب نیز از یکنواختی برخوردار نیست. نگهداری و مدیریت منابع آب نیز تابعی از بارش دریافتی بوده و هم به تغییرپذیری آن بستگی دارد. بنابراین هر چه تغییرات مکانی بارش کوچک‌تر باشد، همگنی و یکدستی منابع آب نیز بیشتر می‌شود (مسعودیان، ۱۳۸۵). تنوع منشأ بارش در نقاط مختلف ایران به همراه شرایط عرض جغرافیایی، دوری و نزدیکی به منابع رطوبت و غیره سبب می‌گردد تا رفتارهای بارش مانند شدت و تداوم نیز دارای تغییرات زمانی و مکانی باشند. به‌ویژه در مناطق جنوبی ایران که از بارش کمتری برخوردارند این تغییرات شدیدتر است. همچنین با بروز بارش‌های سیل‌آسا خسارات فراوانی را بر جای می‌گذارد از جمله بارش‌های ۱۵ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۲ بیش از ۲۱۸ میلیارد ریال به بخش‌های مختلف استان بوشهر خسارت وارد کرده است، سیلاب یادشده ۱۱۹ میلیارد ریال به بخش کشاورزی شامل دام و طیور، باغی، زراعی، منابع آبی و ادوات کشاورزی خسارت وارد کرده است. (پژوه و جعفری، ۱۳۹۲).

با توجه به اهمیت بارش و تأثیر آن بر بخش‌های مختلف اقتصادی، کشاورزی، اجتماعی و این که نیاز به بررسی و شناسایی الگوهای هم‌دید بارش‌های منطقه مورد مطالعه برای استفاده در برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه منابع آب، ضرورت انجام در این زمینه مشهود است. اکوسیستم‌ها و ساختارهای فیزیکی جوامع انسانی با شرایط اقلیمی بهنجار تنظیم شده‌اند و در زمان رخداد پدیده‌های حدی اقلیمی، به‌ندرت می‌توانند خود را تجهیز و آماده کنند. از این‌رو تغییرپذیری زمانی بارش به‌ویژه بارش‌های حدی دارای اثرات اقتصادی بسیاری است. این تغییرپذیری در مقیاس‌های مختلف، علت اصلی سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها به حساب می‌آید (تسیویلی و زنگویل، ۲۰۰۵). حوضه آبریز دز یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبی کشور است آب جمع‌آوری شده از این حوضه نیاز آبی بخش مهمی از کشور را تأمین می‌کند. بارش‌های رگباری از ویژگی‌های اصلی بارش‌های استان خوزستان و در کل نوار جنوبی کشور است با این‌همه گاهی این بارش‌ها در غالب رگبارهای بسیار شدید نازل می‌شود که منجر به رواناب‌های سطحی مهیب و سیلاب‌های مخرب می‌گردد. که گاه سدها و بندهای مسیر خود را تهدید کرده و خسارت‌های جانی و مالی و زیست‌محیطی فراوانی را در پی دارد. این سیل‌های مهیب زمانی که سامانه بارشی برای مدت طولانی بر روی حوضه تداوم پیدا می‌کند بسیار سهمگین و مخرب می‌گردند. هدف از انجام این تحقیق شناسایی و واکاوی هم‌دید و دینامیکی شدیدترین و بادوام‌ترین بارش‌ها و آشکارسازی و معرفی الگوهای هم‌دید منجر به این سامانه‌های بارشی سیل‌آسا و بادوام و بررسی ارتباط این‌گونه بارش‌ها با رواناب در حوضه دز در استان خوزستان است.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

از دسته مطالعات در جهان مطالعه متوسط تداوم بارش‌های سنگین و شدید در آفریقای جنوبی را بین ۵ تا ۶ روز می‌داند. (کریمپ و ماسون، ۱۹۹۹) در مدیترانه و به‌ویژه در مناطق با اقلیم خشک، رخدادهای بارش معمولاً کمتر از پنج روز ماندگاری دارند (پاز و کتیل، ۲۰۰۳). (نیشی یاماؤ همکاران، ۲۰۰۷) در زمینه شناخت الگوهای سینوپتیک منجر به بارش‌های سنگین در فصل بارندگی در ژاپن است. آن‌ها فرض را بر این گذاشتند که الگوهای سینوپتیک توسط نقشه‌های باد در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و آب قابل بارش می‌توانند به‌سادگی آشکار شوند و این نقشه‌ها را خود سازمان یافته نامیدند. ایشان با استفاده از این نقشه‌ها و فن‌های خوشه‌ای الگوهای سینوپتیک بارش‌های سنگین را به ۸ خوشه تقسیم کردند و به این نتیجه رسیدند که این نقشه‌ها ابزار مؤثری برای آشکارسازی وقایع بارش‌های سنگین می‌باشند. همچنین پژوهش (لنا و همکاران، ۲۰۰۷) با عنوان الگوهای جوی به وجود آورنده بارش‌های سنگین جزایر بالریک واقع در شرق اسپانیا نمونه دیگری در این زمینه است.

¹ Tsvieli & Zangvil

² Crimp & Mason

³ Paz & Kutiel

⁴ Nishiyama et al

⁵ Lana et al

آن‌ها در مجموع ۱۵۷ روز بارش بیش از ۶۰ میلی‌متر مشخص کردند که از این تعداد بارش ۵۰ درصد در فصل پاییز رخ داده بود و تقریباً ۸۷ درصد بارش‌های سنگین در زمانی رخ داده بود که یک مرکز چرخندی در شعاع ۶۰۰ کیلومتری جزیره واقع شده بود. ارتباط بین رخداد بارش‌های سنگین مداوم در دره رودخانه هاوایی و توزیع الگوی فعالیت‌های همرفتی حاره‌ای غرب اقیانوس آرام از داده‌های بارش روزانه ۷۳۰ ایستگاه استفاده شده و ۹ رویداد بارش سنگین و مداوم با تداوم بیش از ۵ روز در دوره ۲۰۰۶-۱۹۷۹ شناسایی و بررسی گردیده است (مینگ، ۲۰۰۸).

(کانواس و همکاران، ۲۰۱۹) در تحلیل ارتباط بین طبقه‌بندی الگوی های گردشی جو و بارش‌های روزانه در منطقه پائین در شمال بارسلونای اسپانیا به این نتیجه رسیدند که طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ روند بارش طی دوره به‌طور معناداری کاهش یافته است که این کاهش منطبق بر تغییر نوع سامانه‌های جوی طی دوره آماری است. در طی سال‌های پربارش نیز، کم‌فشار ایسلند در تراز دریا و ناوه‌های عمیق تراز میانی جو نقش مهمی را ایفا می‌کرد. تحلیل روند و تمرکز بارش در منطقه ساردانیا در غرب ایتالیا توسط (کالوئرو و همکاران، ۲۰۱۹) نشان از کاهش بارش ماه‌های زمستان و یک افزایش در ماه‌های تابستان طی دوره ۲۰۱۷-۱۹۴۵ مشاهده می‌شود. همچنین توزیع بارش‌های یکنواخت در طی سال افزایش معناداری نشان می‌دهد و روند نیز به‌طور معناداری طی دوره آماری کاهش یافته است. در کشورمان نیز مطالعاتی در زمینه بررسی هم‌دید امواج بارشی بادوام و سنگین و مدل‌سازی سیل‌خیزی حوضه‌های آبریز انجام شده است که می‌توان به پژوهش (لشکری، ۱۳۸۱) اشاره کرده. ایشان با بررسی‌های انجام شده بر روی ۲۰ سامانه بارشی در یک دوره آماری ۲۰ ساله نشان داد که سامانه‌های سودانی با توجه به الگوهای سینوپتیکی از پنج مسیر عمده وارد ایران شده و باعث بارندگی می‌شوند. به طوری‌که در دو مسیر به‌صورت ادغامی با چرخندهای مدیترانه‌ای و در سه مسیر دیگر به‌صورت مستقل وارد کشور می‌شوند. در مقاله‌ای دیگر توسط (لشکری، ۱۳۸۲) به بررسی کم‌فشار سودانی و نقش آن در بارش‌های جنوب و جنوب غرب ایران پرداخته است. وی سامانه کم‌فشار سودانی را به‌عنوان یکی از عناصر سازنده گردش عمومی جو در شمال آفریقا معرفی می‌کند که در بیشتر ایام سال بر روی غرب ایتالیایی و کشور سودان تشکیل می‌شود و چهار الگوی کلی ناشی از نحوه آرایش سامانه‌های سیبری، و اچ‌رند شمال آفریقا و شبه‌جزیره عربستان و ناوه شمال آفریقا و کم‌فشار سودان در سطح‌های زیرین و میانی جو، منجر به رخداد بارش‌های سنگین در جنوب و جنوب غرب ایران می‌شوند. در گیاهیان و علیجانی (۱۳۹۲) در مطالعه اثر بن‌دال بر رخداد برف‌های سنگین و بادوام ایران نشان دادند که در بین الگوهای مؤثر بر بارش، تنها الگوی بن‌دال امگا تراف سمت راست منجر به بارش برف مداوم و سنگین می‌شود و ریزش هوای سرد از عرض‌های بالا سبب تقویت سامانه بارشی شده و فراهم بودن سایر شرایط سینوپتیکی لازم، منجر به ریزش برف مداوم و سنگین شده است. در گیاهیان و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی الگوهای فشار مرتبط با بن‌دال‌های مؤثر در رخداد بارش‌های مداوم و سنگین در ایران طی دوره ۲۰۱۲-۱۹۵۳ نشان دادند که از ۷ الگو ۴ الگو بر بارش ایران مؤثر بودند. دو الگوی فشار ناشی از تراف سمت راست و چپ امگا بودند. دو الگوی فشار دیگر مؤثر بر بارش، یعنی الگوی بن‌دال دوقطبی و رکس، به ترتیب از فراوانی رخداد کمتری برخوردار هستند. مسعودیان و کارساز (۱۳۹۳) به بررسی و تحلیل هم‌دید الگوهای ضخامت بارش‌های سنگین ناحیه زاگرس جنوبی پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که فرود منتهی‌الیه شرق دریای مدیترانه با کمی تغییر موقعیت در جنوب غرب ایران و منطقه کژفشاری شدیدی را ایجاد نموده که در رخداد بارش‌های سنگین این منطقه نقش اساسی دارند. محمودآبادی و همکاران (۱۳۹۵) نقش کم‌فشار سودانی در تراز دریا و بن‌دال دوقطبی در تراز میانی تروپوسفر را در رخداد بارش‌های سیلابی فروردین ۱۳۹۲ در نیمه جنوبی ایران را حائز اهمیت می‌دانند. ذکی زاده و همکاران (۱۳۹۷) نیز استقرار رودباد با سرعت ۶۵ متر بر ثانیه در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال در نیمه جنوبی ایران به همراه تشکیل ناوه سردچالی بر روی خزر را دلیل رخداد بارش‌های سنگین و فراگیر در ایران دانسته‌اند. زایل عباسی و اثمیری سعدآباد (۱۳۹۱) در بررسی آماری مشخصات بارندگی و دما در شهرستان بندرلنگه نشان دادند که در طی دوره آماری ۱۹۶۶-۲۰۰۰ بارندگی فصل بهار و تابستان روند کاهشی و فصل‌های پاییز و زمستان روندی افزایشی داشته است. توزیع فصلی بارش فصلی بندرلنگه طی دوره فوق از بهار تا تابستان به ترتیب ۲، ۷، ۲۱ و ۷۰ درصد از بارش سالانه است. نگارش و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی تغییرات

¹ Ming

² Canovas et al

³ Caloiero et al

بارش سقز در دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۵ نشان دادند که فراوانی روزهای بارش در آستانه ۱ تا ۲۰ میلی‌متر کاهش یافته ولی در آستانه بزرگ‌تر از ۲۵ میلی‌متر افزایش یافته است.

روش پژوهش

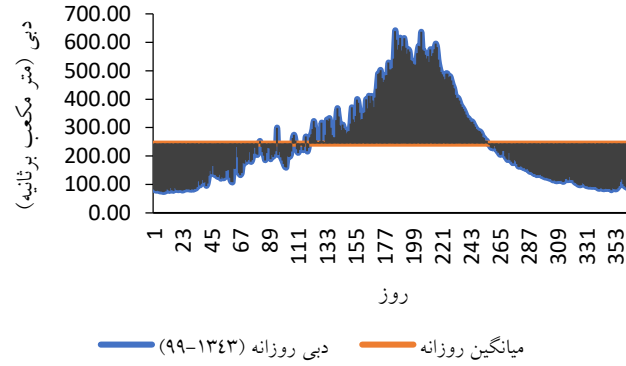
منطقه مورد مطالعه ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی واقع در زیر حوضه دز است موقعیت منطقه مورد مطالعه در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی قرار دارد. حوضه آبی رودخانه دز جزئی از حوضه کارون بزرگ است. این حوضه در واقع اولین حوضه آبی ایران است که در چارچوب مدیریت نوین منابع آب در دهه ۱۳۳۰ مورد توجه قرار گرفت. در اواخر دهه ۱۳۳۰ و اوایل دهه ۱۳۴۰ با احداث سد مخزنی دز و ایجاد نیروگاه برق-آبی وارد فاز بهره‌برداری در بخش کشاورزی و تولید انرژی شد. رژیم بارشی زمستانه و خشک فصل گرم سال باعث شده است این حوضه دارای آب و هوایی سیلابی باشد. بدین معنی حجم بالایی بارش‌های سالانه طی یک یا دو توفان در منطقه رخ دهد و همین امر موجب شکل‌گیری سیلاب‌های بزرگ گردد. برای بررسی دقیق‌تر وضعیت سینوپتیکی بارش‌های سنگین در حوضه رودخانه دز از دو روش آماری و سینوپتیکی بهره‌برداری شد. در بخش آماری از تحلیل عاملی که یکی از روش‌های آماری پرکاربردی در اقلیم‌شناسی است استفاده گردید و در قسمت سینوپتیکی نیز با استفاده از نرم‌افزار گرادس برای روزهای مشخص شده نقشه‌های سطوح مختلف جوی استخراج و این نقشه مورد تجزیه و تحلیلی قرار گرفتند. برای تحلیل همدیدی و الگو یابی سامانه‌های غالب در بارش‌های سنگین از شاخص تحلیل عاملی و بررسی چشمی استفاده شد. برای تحلیل همدید، نقشه‌های سطوح مختلف جو تهیه و ترسیم و تحلیل گردید. که هر کدام از این نقشه‌ها یک یا چند عامل را بیان می‌کند. به‌منظور بررسی سیلاب‌های حوضه دز از دیدگاه اقلیم‌شناسی همدید دبی‌های روزانه ایستگاه تله زنگ به‌عنوان ورودی رودخانه دز در دوره آماری ۱۳۴۳-۹۹ با توزیع آماری نرمال‌سازی گردید و سپس سیلاب‌ها با بالاترین مقدار مثبت (Z) انتخاب شدند. برای استاندارد کردن داده‌ها از رابطه (۱) استفاده گردیده است:

$$SFI = \frac{X_{iF} - \bar{X}_F}{S_D} \quad (1)$$

در این رابطه:

SFI : شاخص استاندارد سیلاب، X_{iF} : دبی روزانه، \bar{X}_F : متوسط دبی روزانه، S_D : انحراف معیار دبی روزانه است.

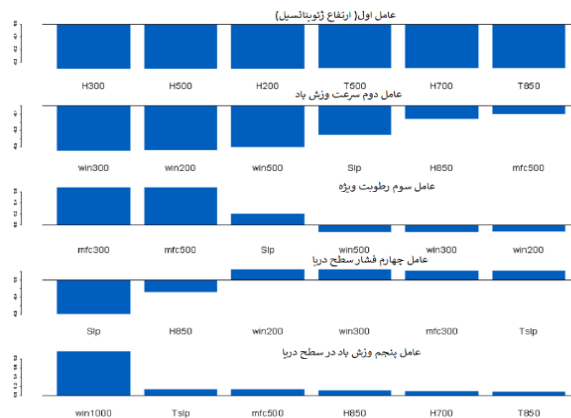
هیدرو گراف ساعتی سیلاب منتخب ترسیم و ضمن بررسی شرایط هیدرولوژی و اقلیمی بارش‌های منجر به سیلاب شرایط همدید سیلاب بررسی گردید. تحلیل هیدرو گراف روزانه رودخانه دز در ایستگاه تله زنگ نشان داد که میزان آورد این رودخانه به‌عنوان ورودی سد دز ۲۴۴ مترمکعب بر ثانیه طی دوره ۱۳۴۳-۹۹ است. تقویم زمانی آبدهی رودخانه دز نشان می‌دهد که کمترین میزان آبدهی در مهرماه بین ۷۳ تا ۷۹ مترمکعب بر ثانیه است. این روند با کاهش دما، کاهش مصرف آب کشاورزی در حوضه‌های بالادست و شروع بارندگی‌های منطقه از اواخر مهرماه روند افزایشی گرفته و از اواسط آذرماه میزان آبدهی به بالاتر از میانگین سال (۲۴۴ مترمکعب بر ثانیه) می‌رسد. این روند تا پایان بهمن ادامه داشته تا اینکه از اواخر اسفندماه تا اوایل فروردین به بالاترین مقدار خود (بین ۵۰۰ تا ۶۰۰ مترمکعب) رسیده سپس از اواسط خردادماه روند کاهشی آن شروع شده و در پایان شهریورماه به کمترین مقدار خود می‌رسد. آبدهی بلندمدت رودخانه از روز ۱۰۰ ام (۱۰ دی‌ماه) تا روز ۲۶۰ ام (۲۰ خردادماه) میزان دبی بیشتر از میانگین آبدهی سالانه است و از حدود ۲۰ ام خردادماه تا ۱۰ ام دی‌ماه میزان دبی از متوسط بلندمدت آبدهی رودخانه کمتر است. (شکل شماره ۱)



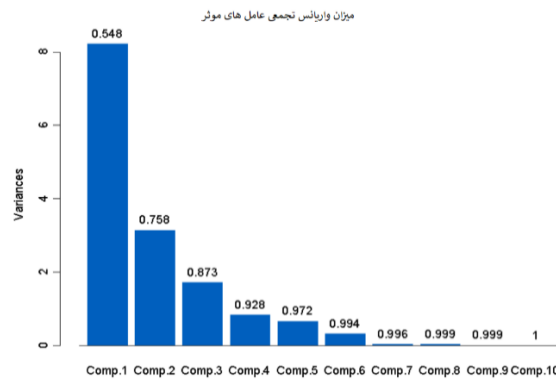
شکل ۱. هیدرو گراف روزانه رودخانه دز ایستگاه تله زنگ (۹۹-۱۳۴۳)

جدول ۱. سیلاب مورد مطالعه در حوضه دز جهت تحلیل همدید مترمکعب بر ثانیه

تاریخ سیل شمسی	دبی سیلاب	سیلاب استاندارد شده
۱۳۷۱/۱۰/۱۷	۴۰۲۲	۵/۸



شکل ۲. عامل های اصلی جهت تحلیل سینوپتیک سیلاب های دز

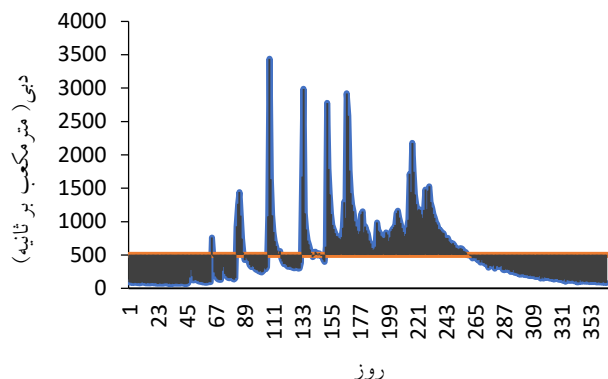


شکل ۳. واریانس تجمعی عامل های اصلی سینوپتیک سیلاب های حوضه دز

بین سامانه‌های فشار سطح زمین و ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای فوقانی روابط جالبی برقرار است که از روابط مذکور به‌منظور تحلیل دینامیک جو و شناسایی سامانه‌ها و پیش‌بینی هوا استفاده می‌شود. عموماً در عرض‌های میانه کم‌فشارها و پرفشارها در درون موج‌های غربی تولیدشده و با حرکت موج جابجا شده و با تضعیف موج غربی از بین می‌روند. حرکت پادساعت‌گرد کم‌فشار یا سیکلون موجب واگرایی هوا و حرکت ساعت‌گرد و آنتی سیکلونی موجب حرکت همرفتی یا همگرایی هوا می‌شود. حدفاصل بین کم‌فشار و پرفشار در تراز فوقانی جو (۵۰۰ هکتوپاسکال) محل عبور محور ناوه است. همیشه حرکت هوا از پرفشار به‌سوی کم‌فشار است. تراز 500 هکتوپاسکال، تراز میانه تروپوسفر را تشکیل می‌دهد. این تراز به‌خوبی کنترل‌کننده جریان‌های بالاسو و پایین‌سوی لایه‌های زیرین خود است. در عرض‌های میانه بخش بالایی ابر (ابره‌ای پوششی) و در سامانه‌های همرفتی، این تراز بخش اصلی ابرهای جوشی کمولونیمبوس‌ها و استراتوکمولوس‌هاست. ملاحظه می‌شود که در این تراز نیز ناوه ارتفاعی عمیقی از مرکز کم ارتفاع بریده شمال اروپا با راستای شمالی-جنوبی بخش شرقی دریای مدیترانه و شرق صحرای آفریقا را در بر گرفته است. انتهای این ناوه سرد تا جنوب سودان امتداد یافته است. وجود این ناوه سرد در تراز میانی تروپوسفر، نیمرخ قائم جو را به‌شدت کژفشاری کرده است. پربندهای نصف‌النهاری بر روی جنوب غرب و جنوب ایران، تاوایی مثبت را بر روی دریای عرب و عمان تزریق کرده است. همچنان شاهد استقرار واچرخند عربستان و تشدید همگرایی و فرونشینی بر روی آب‌های این منطقه هستیم.

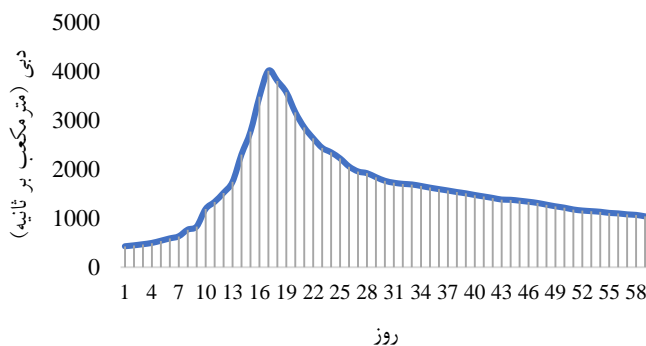
یافته‌ها

سال آبی ۷۲-۱۳۷۱ یکی از پرآب‌ترین سال‌های آبی ایران در دوره ۱۴۰۰-۱۳۴۳ است. متوسط آبدهی این سال رودخانه دز برابر با ۵۰۳ مترمکعب بر ثانیه کمی بیش از دو برابر آبدهی بلندمدت ۲۴۴ مترمکعب بر ثانیه است (شکل شماره ۴). بر اساس شاخص سیلاب استاندارد، سال ۱۳۷۱ دارای چندین سیلاب است که سیلاب ۱۸ ام دی‌ماه با دبی ۴۰۲۲ مترمکعب بر ثانیه و مقدار استاندارد (SFI=۷) بزرگ‌ترین آن‌ها است. هیدروگراف‌های ساعتی سیلاب منتخب ترسیم و ضمن بررسی شرایط هیدرولوژی و اقلیمی بارش‌های منجر به سیلاب شرایط همدید هر سیلاب بررسی گردید. تحلیل هیدروگراف روزانه رودخانه دز در ایستگاه تله زنگ نشان داد که میزان آورده این رودخانه به‌عنوان ورودی سد دز ۲۴۴ مترمکعب در ثانیه طی دوره ۹۹-۱۳۴۳ است. تقویم زمانی آبدهی رودخانه دز نشان می‌دهد که کمترین میزان آبدهی در مهرماه بین ۷۳ تا ۷۹ مترمکعب بر ثانیه است. این روند با کاهش دما، کاهش مصرف آب کشاورزی در حوضه‌های بالادست و شروع بارندگی‌های منطقه از اواخر مهرماه روند افزایشی گرفته و از اواسط آذرماه میزان آبدهی به بالاتر از میانگین سال (۲۴۴ مترمکعب بر ثانیه) می‌رسد. این روند تا پایان بهمن ادامه داشته تا اینکه از اواخر اسفندماه تا اوایل فروردین به بالاترین مقدار خود (بین ۵۰۰ تا ۶۰۰ مترمکعب) رسیده سپس از اواسط خردادماه روند کاهشی آن شروع شده و در پایان شهریورماه به کمترین مقدار خود می‌رسد. آبدهی بلندمدت رودخانه از روز ۱۰۰م (۱۰ دی‌ماه) تا روز ۲۶۰م (۲۰ خردادماه) میزان دبی بیشتر از میانگین آبدهی سالانه است و از حدود ۲۰ ام خردادماه تا ۱۰ ام دی‌ماه میزان دبی از متوسط بلندمدت آبدهی رودخانه کمتر است. جهت بررسی سیلاب‌های مذکور آب نمود روزانه دبی سال آبی ۷۲-۱۳۷۱ ترسیم گردید. آب نمود سال آبی مذکور از جمله آب نموده‌ای چند قله‌ای در حوضه کارون بزرگ است که مقادیر دبی آن برای اولین بار در ایستگاه پایاب حوضه در طی سال‌های آماری به ثبت رسیده است.



شکل ۴. هیدرو گراف روزانه ایستگاه تله زنگ سال آبی ۱۳۷۱-۷۲

بررسی بارش‌ها و هیدرو گراف ساعتی ایستگاه تله زنگ نشان می‌دهد که بارش تجمعی در سه ایستگاه تنگ پنج بختیاری، تله زنگ و کشور در طول بارش‌های منجر به افزایش دبی روزانه و دبی لحظه‌ای ایستگاه تله زنگ به ترتیب برابر با ۲۷۲، ۱۷۳ و ۱۴۳ میلی‌متر بوده است. مدت‌زمان تداوم سیلاب نیز حدود ۶۰ ساعت بوده است که بعد از ۱۷ ساعت تداوم به ثبت رسیده است (شکل ۵).

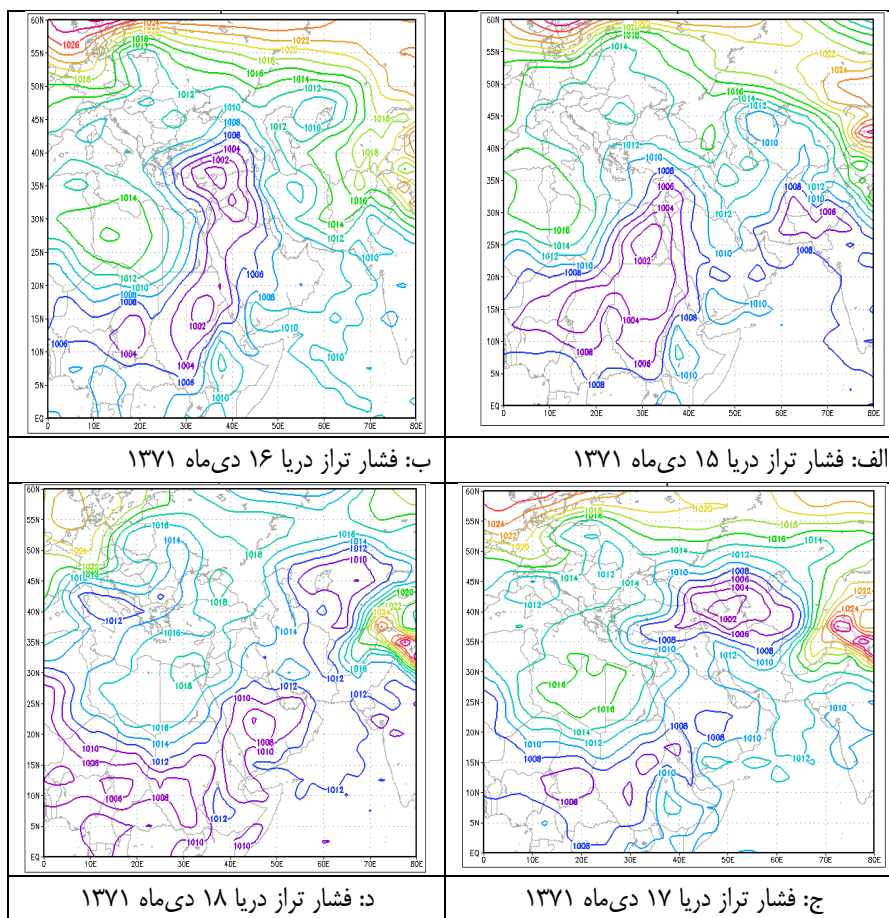


شکل ۵. هیدرو گراف سیلاب ۱۳۷۱/۱۰/۱۷ ایستگاه تله زنگ

فشار تراز دریا:

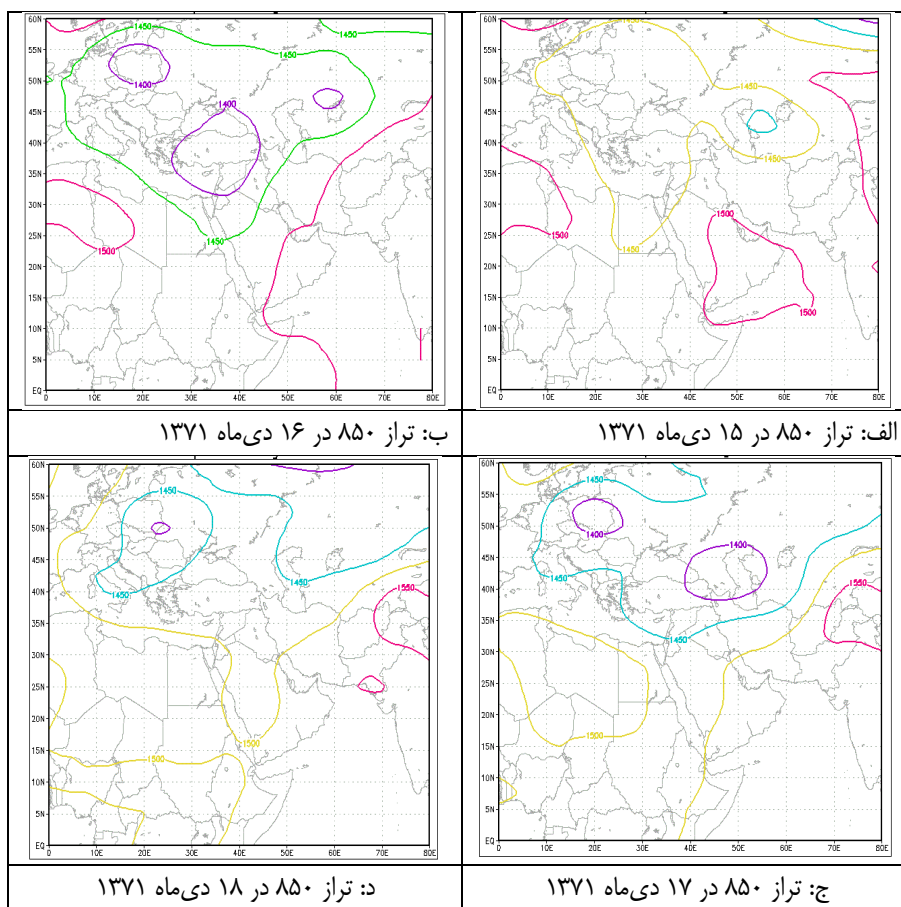
شکل ۶ (الف تا د) شرایط سینوپتیکی حاکم در فشار سطح دریا را در یک شبانه‌روز قبل از وقوع سیلاب و بارش (۱۵ ام دی‌ماه ۱۳۷۱) را نشان می‌دهند. همان‌طور که بر روی نگاره‌های ترسیمی مشاهده می‌شود روز ۱۶ ام دی‌ماه (شکل شماره ۷) دو سیستم پرفشار در نقشه قابل‌مشاهده است. سیستم پرفشار با منحنی همبسته ۱۰۱۶ هکتوپاسکال بر روی شمال غربی آفریقا و غرب ایتالیا قرار گرفته (آزورس) و پرفشار دیگری با منحنی هم‌فشار ۱۰۳۴ هکتوپاسکال بر روی سیبری واقع گردیده است. علاوه بر آن یک کم‌فشار با منحنی هم‌بسته ۱۰۰۲ هکتوپاسکال بر روی غرب و جنوب غربی دریای سرخ قرار دارد. بنابراین الگوی مکانی سامانه‌های فشار سطح دریا ایجاد یک پشته (ریج) در منطقه تفکیک‌شده را به‌خوبی نشان می‌دهد که در روزهای ۱۶ و ۱۷ دی‌ماه به‌صورت آشکارتری بر روی نقشه‌ها مشخص شده است. در روز دوم، همین الگو به سمت شرق حرکت نموده و کم‌فشار آن تا شرق دریای مدیترانه کشیده شده و محدوده وسیع‌تری را در بر گرفت‌هاست در روز هفتم ژانویه این سامانه بر

روی منابع رطوبتی دریای عرب، خلیج فارس و تا حدودی دریای عمان را شامل شده و همین الگو باعث شار رطوبتی مناسب بر روی منطقه جنوب غربی ایران، ارتفاعات زاگرس و حوضه‌های آبی کرخه و دز و ریزش بارش سنگین و رخداد سیلاب گردیده است.



شکل ۶. نقشه‌های فشار تراز دریاتراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

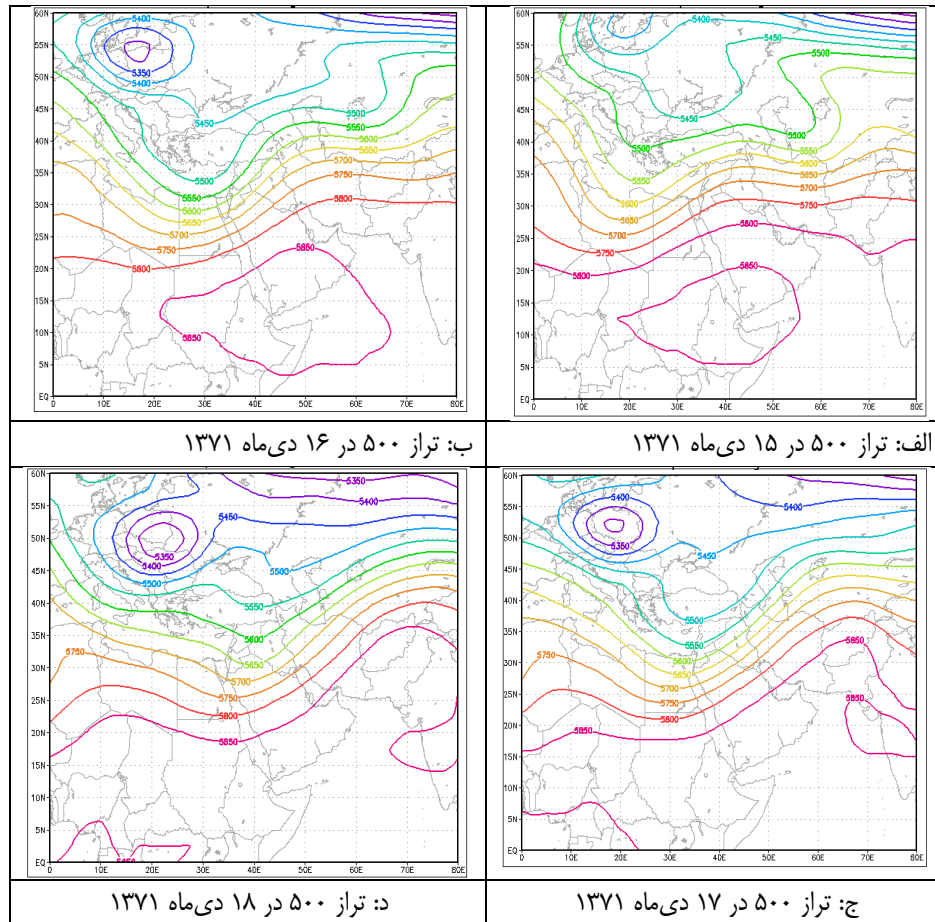
شکل ۷ (الف تا د) تغییرات مکانی تراز نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی در ۱۵ ام تا ۱۸ ام دی ماه ۱۳۷۱ را نشان می‌دهد. الگوی ارتفاعی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که یک مرکز کم ارتفاع با پربندی ۱۱۴۵۰ ژئوپتانسیل متر از روی اروپا و دریای مدیترانه تا شمال دریای سرخ امتداد یافته و در واقع بیانگر ریزش هوای سرد عرض‌های شمالی بر روی غرب خاورمیانه است. در این روز پربند ۱۵۰۰ ژئوپتانسیل متر به صورت کماتی پهنه‌های آبی دریای عرب و جنوب شبه جزیره عربستان را در بر گرفت‌هاست. در روزهای ششم و هفتم ژانویه الگوی پربندی روز گذشته تقویت شده و پربند ۱۴۵۰ ژئوپتانسل متر ضمن کاهش ارتفاع تا میانه دریای سرخ امتداد یافته و از نظر طول جغرافیایی نیز از غرب اروپا تا شرق روسیه را در بر گرفته و نفوذ بیشتر هوای سرد به منطقه و ریزش آن بر روی آب‌های گرم را نشان می‌دهد (مؤید شکل گیری جبهه قطبی) این الگوی مکانی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال تا پایان بارش‌ها تقویت شده و پس از آن در روز ۱۸ ام دی ماه تضعیف گردیده است.



شکل ۷. نقشه‌های تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

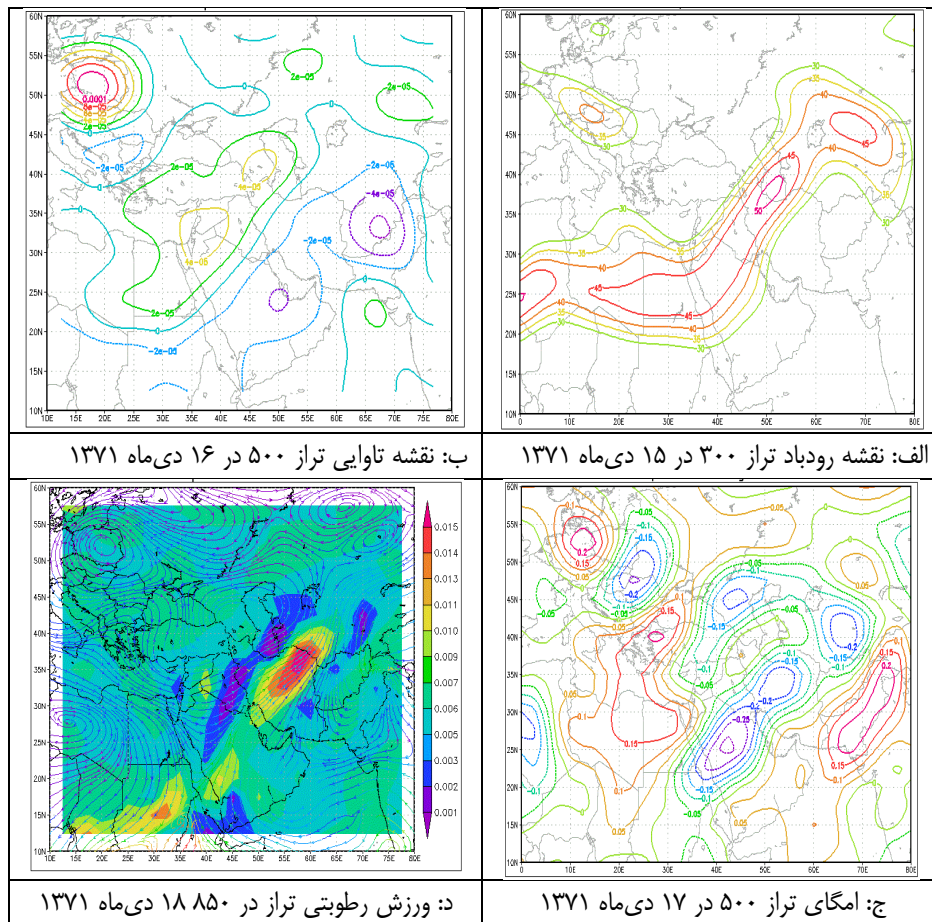
شکل ۸ (الف تا د) نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (جو میانی) را نشان می‌دهند. الگوی سامانه‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی نشان می‌دهد یک ناوه بر روی دریای مدیترانه و کشور لیبی شکل گرفته است. در این زمان مرکز پر ارتفاع ۵۸۵۰ ژئوپتانسیل متر بر روی خلیج عدن و شمال شرقی آفریقا بسته شده است. این مراکز یادشده دقیقاً منطبق با مراکز فشار سطح زمین و هم‌چنین تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی هستند. پر ارتفاع ۵۸۵۰ ژئوپتانسیل متری شکل گرفته با توجه به موقعیت و قرارگیری می‌تواند نقش مهمی در انتقال هوای گرم و مرطوب به داخل سامانه‌های سودانی ایجاد نماید. با توجه به جهت جریانات به سمت ایران و منطقه مورد مطالعه حالت پایداری در این روز حاکم است. در روز ۱۶ ام دی‌ماه ناوه شکل گرفته در روز قبل عمیق‌تر شده و با مرکزیت ۵۳۰۰ ژئوپتانسیل متر به صورت یک سرد چال بر روی اروپای مرکزی و شمالی قرار گرفته است. زبانه‌های این ناوه با عبور از نواحی شمالی اروپا وارد دریای مدیترانه شده و سبب ریزش هوای سرد عرض‌های بالاتر و مناطق قطبی به این مناطق شده است. با حرکت ناوه به سمت مرزهای ایران شاهد ناپایداری در غرب ایران گردیده و بارش‌ها در منطقه مورد مطالعه کم‌کم آغاز گردیدند. در روز ۱۷ ام دی‌ماه ناوه به سمت شرق حرکت کرده و محور آن بین ۲۸ تا ۳۳ درجه شرقی قرار گرفته است. عمیق‌تر شدن ناوه و نزدیک شدن آن به مرزهای غربی ایران و منطقه مورد مطالعه سبب ایجاد ناپایداری‌های شدید شده است.



شکل ۸. نقشه‌های تراز ۵۰۰ میلی بار

رودباد، تاوایی و نم ویژه

برای بررسی نقشه رودباد، تاوایی و نم ویژه با توجه به یکسان بودن نتایج عملگرها نقشه‌ها در روز اوج بارش‌ها ۱۷ ام دی‌ماه بررسی شدند. نگاره‌های (۹ الف تا د) وضعیت رودبادها، امگا، تاوایی و جریان‌های هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و نم ویژه در تراز ۸۵۰ را نشان می‌دهند. نگاره (۹-الف) موقعیت رودباد جبهه قطبی و جنب حاره را نشان می‌دهد. هسته رودباد با جهت جنوب غربی-شمال شرقی از غرب دریای سرخ تا شرق دریای خزر کشیده شده و هسته مرکزی آن با خطوط هم سرعت ۵۰ متر بر ثانیه است. در رودباد منطقه مورد مطالعه در سمت چپ خروجی رودباد قرار گرفته است که این محدوده محل واگرایی سطح بالایی و همگرایی سطوح میانی بوده و باعث تشدید صعود می‌گردد. در روز حداکثر رخداد بارش‌ها و سیلاب (۱۷ ام دی‌ماه) حداکثر تاوایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی منطقه مورد مطالعه وجود داشته است. بیشترین میزان تاوایی بر روی غرب ایران واقع شده و کمترین میزان امگا با مقدار منفی (۰/۳- پاسکال بر ثانیه) که نشان‌دهنده وجود جریان‌های صعودی و تغذیه مناسب سامانه سینوپتیک از نظر رطوبت است روی منطقه قرار دارد. در این روز به جز جنوب شرق ایران مقدار امگایی بر روی ایران به‌ویژه زاگرس منفی است. همچنین نگاره (۷-د) نشان می‌دهد که جهت جریان‌های جوی و شارهای رطوبتی از دریای مدیترانه، دریای سرخ، خلیج فارس، دریای عرب و شمال اقیانوس هند روی ایران به‌ویژه غرب ایران متمرکز است.



شکل ۹. نقشه‌های رودباد، تاوایی و نم ویژه

بحث

با توجه به ریزش هوای سرد و الگوهای تغییرات مکانی، مراکز کم‌فشار شرایط را جهت تشدید شار رطوبتی به سیستم بارشی فعال مهیا می‌کنند. در روز ۱۸ ام دی ماه مراکز پرفشار تضعیف شده و الگوی مکانی مراکز فشار تراز دریا توان تغذیه رطوبتی را نداشته و بارش‌ها عملاً کاهش یافته‌اند. الگوی مکانی و گسترش جغرافیایی موجب ریزش هوای سرد عرض‌های شمالی بر روی منطقه جنوبی (محدوده دریای مدیترانه، دریای سرخ و خلیج فارس) گردیده و همین الگو باعث شدت گرفتن جبهه قطبی و تقویت منابع رطوبتی گردیده است. این پدیده به خوبی در نقشه نم ویژه و جریان‌های جوی و جهت جریان آن‌ها به خوبی دیده می‌شوند. همچنین شرایط لایه‌های سطح زمین و انتقال هوای گرم توسط پر ارتفاع عربستان باعث گردیده که بارش‌ها در منطقه مورد مطالعه شدید و رگباری شوند و بارش باران در اکثر ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه اتفاق بیوفتد.

نتیجه‌گیری

بررسی سینوپتیک نقشه‌های ترازهای مختلف نشان داد که در دوره بارش و رخداد سیلاب دی ماه ۱۳۷۱ شرایط الگوهای فشار تراز دریا (پرفشار و کم‌فشار)، کم ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و ۵۰۰ هکتوپاسکال (ریزش هوای سرد از عرض‌های بالا) و استقرار آن روی پهنه‌های آبی (مدیترانه، دریای سرخ، خلیج فارس و دریای عربی) و جریان رطوبت شمال سو از این پهنه‌های آبی، استقرار رودبادها، بالا بودن میزان تاوایی و منفی بودن مقدار امگا بر روی منطقه و همچنین تشدید فرایند صعود توسط ارتفاعات زاگرس به ویژه در دامنه‌های غربی (کوه بارشی) شرایط محیطی و گردشی جهت رخداد بارش سنگین و تداوم آن فراهم بوده است. الگوهای سینوپتیک قبل و هنگام بارش سنگین در منطقه و مناطق تأثیرگذار هم‌جوار

از جمله شاخص‌های مهم برای مقایسه است. در اغلب الگوهای استخراجی این تحقیق یک فرود عمیق در شرق دریای مدیترانه و امتداد آن تا شمال دریای سرخ در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال تشکیل می‌شود که باعث ریزش هوای سرد شمال اروپا به سمت جنوب می‌گردد و از طرف دیگر در شرق این ناهه یا فرود عمیق هوای گرم و مرطوب از جنوب به شمال حرکت می‌کند این الگو مهم‌ترین عامل و بیشترین سهم را در بارش‌های سنگین و بادوام منطقه مورد مطالعه دارد که منطبق با یافته‌های حسن سینایی (سال ۱۳۹۷)، کرامت هاشمی عنا (سال ۱۳۸۸)، نساء سپندار (سال ۱۳۹۹)، عاطفه میر مریدی (سال ۱۳۹۹) است.

تقدیر و تشکر

از سازمان آب و برق خوزستان دفتر پژوهش‌های کاربردی و دانشگاه شهید بهشتی و دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز که اطلاعات مورد نیاز این پژوهش را در اختیار نویسندگان قرار دادند، سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

- پژوه، فرشاد، و جعفری، فرزانه. (۱۳۹۹). واکاوی همید بارش‌های سیل آسا و مخاطره آمیز غرب و جنوب غرب ایران در دهه اول فروردین ۱۳۹۸. فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۲۹(۱۱۴): ۱۸۴-۱۶۵. <https://www.doi.org/10.22131/sepehr.2020.44600>
- سپندار، نساء، و امیدوار مظفری مزیدی، کمال. (۱۴۰۰). واکاوی ارتباط بین بارش‌های سنگین جنوب و جنوب غرب ایران با رودخانه‌های جوی (ARS). تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۱(۶۱): ۲۹۵-۳۱۴. <http://dx.doi.org/10.52547/jgs.21.61.295>
- سینایی، حسن، سلیقه، محمد، و اکبری، مهری. (۱۴۰۱). بررسی بارش‌های حدی و نقش رودبادهای در آن - مطالعه موردی: جنوب غرب ایران. فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»، ۳۱(۱۲۱): ۱۸۹-۱۷۷. <https://www.doi.org/10.22131/SEPEHR.2022.252777>
- لشکری، حسن. (۱۳۸۱). مسیر یابی سامانه‌های کم فشار سودانی ورودی به ایران. مجله مدرس علوم انسانی، ۶ (۲)، ۱۵۶-۱۳۳. <http://hsmmp.modares.ac.ir/article-21-2111-fa.html>
- لشکری، حسن. (۱۳۸۲). مکانسیم تکوین، تقویت و توسعه مرکز کم فشار سودان و نقش آن بر بارش‌های جنوب و جنوب غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۵(۳). https://jrg.ut.ac.ir/article_10765.html
- مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۸۵). مرزبندی مناطق آبی ایران به کمک شاخص آشفتگی بارش. مجله پژوهشی علوم انسانی دانشگاه اصفهان (ویژنامه جغرافیا)، ۲۰، ۱، ۱۴-۱. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=54251>

References

- Caloiero, T., Coscarelli, R., & Pellicone, G. (2019). Trend Analysis of Rainfall Using Gridded Data over a Region of Southern Italy. *Water*, 13(16), 2271. <https://doi.org/10.3390/w13162271>
- Crimp, S. J., & Mason, S. J., (1999). the extreme precipitation event of 11 to 16 February 1996 over South Africa, *Meteorol. Atmos. Phys.* 70, 29 -42. <https://doi.org/10.1007/s007030050023>
- Lana, A., Campins, J., Genovés, A., & Jansà, A. (2007). Atmospheric patterns for heavy rain events in the Balearic Islands, *Adv. Geosci.*, 12, 27-32. <https://doi.org/10.5194/adgeo-12-27-2007>
- Lashkari, H. (1382). Mechanism of formation, strengthening and development of low pressure center in Sudan and its role on rainfall in south and southwest of Iran. *Geographical Research Quarterly*, 35(3). https://jrg.ut.ac.ir/article_10765.html [In Persian]
- Lashkari, H. (2002). Tracking Sudanese Low Systems Entering Iran. *MJSP*, 6 (2), 133-157. <http://hsmmp.modares.ac.ir/article-21-2111-fa.html> [In Persian]

- Lemus-Canovas, M., Lopez-Bustins, J., Trapero, L., & Martin-Vide, J. (2019). Combining circulation weather types and daily precipitation modelling to derive climatic precipitation regions in the Pyrenees. *Atmospheric Research*, 220, 181-193. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.01.018>
- Masoudian, S. (1385). Demarcation of Iran's water areas using rainfall disturbance index, *Isfahan University Humanities Research Journal (Geography Special)*, 20, 1, 1-14. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=54251> [In Persian]
- Ming, B. (2008). Relationship Between Persistent Heavy Rain Events in the Huaihe River Valley and the Distribution Pattern of Convective Activities in the Tropical Western Pacific Warm Pool. *Advances in Atmospheric Sciences*, 25(2), 329–338. <https://doi.org/10.1007/s00376-008-0329-5>
- Nishiyama, K., Endo, S., Jinno, K., Uvo, C., Olsson, J., & Berndtsson, R. (2007). Identification of typical synoptic patterns causing heavy rainfall in the rainy season in Japan by a Self-Organizing Map. *Atmospheric Research*, 83, 185-200. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2005.10.015>.
- Paz, S., & Kutiel, H. (2003). Rainfall regime uncertainty (RRU) in an Eastern Mediterranean region a methodological approach. *Israel J. Earth Sci.* 52, 47-63. <http://dx.doi.org/10.1560/J8DJ-7VJC-CTD1-ME3H>
- Pazhoh, F., & Jafari, F. (2019). A synoptic analysis of heavy and hazardous rains in the west and southwest of Iran in the first decade of April 2018. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Information*, 29(114), 165-184. <https://www.doi.org/10.22131/sepehr.2020.44600> [In Persian]
- Sepandar, N., & Omidvar, K. (2021). Investigation of the Relation between South and Southwest Iran's Heavy Rainfall with Atmospheric Rivers (ARs). *Jgs*, 21 (61), 295-314. <http://dx.doi.org/10.52547/jgs.21.61.295> [In Persian]
- Sinaei, H., Saliqe, M., & Akbari, M. (2022). Extreme precipitation and the role of jet streams - Case study: Southwestern Iran. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 31(121), 177-189. <https://www.doi.org/10.22131/SEPEHR.2022.252777> [In Persian]
- Tsvieli, Y., & Zangvil, A. (2005). Synoptic climatological analysis of 'wet' and 'ry' Red Sea Troughs over Israel. *International Journal of Climatology*, 25, 1997-2015. <https://doi.org/10.1002/joc.1232>