

Synoptic analysis of extremely heavy rains and its effect on the peak discharge of Dez river floods (floods of 1993 and 2005)

Sara Bani Naeimeh¹ , Hassan Lashkari^{2,3*} , Jibril Ghorbanian⁴ , Jafar Morshedi⁴ 

¹ Ph.D. Student, Department of Hydrology and Meteorology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

² Visiting Professor, Department of Hydrology and Meteorology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

³ Professor, Department of Natural Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

⁴ Assistant Professor, Department of Climatology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

Abstract

Introduction

The importance of heavy rainfall and its consequences have caused this phenomenon to be of special importance in environmental planning and water resources management. Using statistical methods and the discharge data of the Dez river, the heavy floods of this river were extracted to identify the effective factors in their creation. Among all systems leading to heavy rains, the Sudanian system has been the main factor of moisture advection in the lower layer of the troposphere with its expansion to the north and northeast. Due to its thermal characteristics, this system has been prone to receive considerable moisture from the surrounding warm seas. This system has provided the necessary conditions for the creation of surface instabilities in most transitional systems independently and in a smaller number in the integrated state with the Mediterranean system. In the investigation of the middle layer of the troposphere in all the systems that led to the floods of 1993 and 2005, it was observed that the anticyclone cell of Arabia was established over the Arabian and Oman seas and the east of the Arabian Peninsula by moving eastward. In this situation, a very deep trough has formed in the west of Iran, and the southern end of the trough has extended to southern Sudan and northern Ethiopia. The eastward movement of high pressure in Arabia and the significant southward expansion of the Mediterranean trough and the formation of a low-altitude center over Iraq is the most suitable pattern for the heavy cloud rains in the basin.

Materials and Methods

In terms of geographic location, the Dez basin is limited between 48°10' to 50°21' east longitude and 31°34' to 33°7' north latitude. The studied area is a part of the Dez river basin, which is located almost in the middle part to the end part. After the Karun branch of one of the largest and longest Dez rivers, Dez is formed from two main branches named Caesar and Bakhtiari, and after leaving the mountainous region north of Andimeshk and Dezful, it enters the plain of Khuzestan. For comprehensive and accurate interpretation of pressure systems and assessment of their environmental effects on the earth, the maps of the earth's surface and level of 500 hPa are very efficient. In most cases, the wind direction and temperature distribution at the 500 hPa level are completely affected by the topographic arrangement of the geopotential height at the 500 hPa level. Geopotential height maps are one of the most important and efficient atmospheric maps in synoptic analysis and interpretation. Heavy rains on representative days are analyzed, interpreted, and explained. 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 Gardes software for the specified days. To determine the members of each group, the correlation of the scores of each factor with the sea level pressure map in the time period (1964-2020) was calculated, and the members of each group were determined. To determine the representative days, the correlation of the SLP maps of the days of each group was used, and the day that had a high correlation with more days was selected as the representative day. To perform factor analysis, the elements of the database were transferred from the Excel environment to the S-Plus2008 software environment, and then by performing various inferential analysis calculations, the most suitable method was selected to identify the main and effective factors.

Results and Discussion

As can be seen, the heavy rains of 2013 lasted for 6 days, and the system of 2011 lasted for 7 days. Of course, as mentioned, in some systems, days before or after the end of the activity period of the main system, scattered rains, even with high intensity, have been recorded in some stations. But these scattered rains are considered local rains. The highest peak flow rate of 8556 m^3 belongs to the system in February 2013. This system has lasted for 4 days. It took 31 hours to reach the peak of the flood.

Conclusion

In the investigation of the middle layer of the troposphere in all the systems that led to the floods of 1993 and 2005, it was observed that the Arabian anticyclone has been established over the Arabian and Oman seas and the east of the Arabian Peninsula by moving eastward. In this situation, a very deep trough has formed in the west of Iran, and the southern end of the trough has extended to southern Sudan and northern Ethiopia. Therefore, the eastward displacement of the high pressure in Arabia and the significant southward expansion of the Mediterranean trough, and the formation of a low-altitude center cut over Iraq is the most suitable pattern for heavy cloud precipitation in the Dez basin. The peak discharge of floods with a delay of 12 to 24 hours from the day of peak rainfall has created a very intense discharge system. So, the floods of 2005 with a peak discharge of $8556 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ and the flood of 1993 with a peak discharge of $4022 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, while they were very heavy floods, there were two study periods.

Keywords: Catchment Area, Climate, Factor analysis, Precipitation, Synoptic

Article Type: Research Article

*Corresponding Author, E-mail: h-lashkari@sbu.ac.ir

Citation: Bani Naeimeh, S., Lashkari, H., Ghorbanian, J., & Morshedi, J. (2023). Synoptic analysis of extremely heavy rains and its effect on the peak discharge of Dez river floods (floods of 1993 and 2005). *Water and Soil Management and Modeling*, 3(3), 37-55.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11216.1107

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.3.3.5

Received: 26 July 2022, Received in revised form: 09 November 2022, Accepted: 12 November 2022, Published online: 12 November 2022

Water and Soil Management and Modeling, Year 2023, Vol. 3, No. 3, pp. 37-55

Publisher: University of Mohagheh Ardabili

© Author(s)





تحلیل هم‌دیدگی بارش‌های فوق سنگین و تاثیر آن بر آبدهی اوج سیلاب‌های رودخانه دز (سیلاب سال‌های ۱۹۹۳ و ۲۰۰۵)

سارا بنی‌نعیمه^۱، حسن لشکری^{۲،۳*}، جبرئیل قربانیان^۴، جعفر مرشدی^۴

^۱ دانشجوی دکتری، گروه آب و هواشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

^۲ استاد مدعو، گروه آب و هواشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

^۳ استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

^۴ استادیار، گروه اقلیم‌شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

چکیده

ویژگی‌های ترمودینامیکی سامانه‌های مؤثر بر بارش‌های جنوب و جنوب غرب ایران از یک طرف و خصوصیات توپوگرافی این منطقه سبب شده است که بارش‌ها عموماً سیل آسا و رگباری رخ دهد. کاهش خسارت‌های ناشی از این بارش‌های سیل آسا نیازمند شناخت رفتارهای بارشی این سامانه‌ها و مدیریت سیلاب‌های ناشی از آن است. برای این منظور، بارش‌های فوق سنگین حوضه آبریز دز در یک دوره آماری ۳۰ ساله استخراج شده و آبدهی مرتبط با این بارش‌ها از ۲۴ ساعت قبل از شروع بارش تا فروکش آبدهی سیل برای رودخانه دز دریافت شد. نتایج این تحقیق نشان داد که سامانه مؤثر در ایجاد بارش‌های فوق سنگین سامانه کم‌فشار سودان بوده است. در سیل‌های اتفاق افتاده از ۲۴ تا ۴۸ ساعت قبل از شروع بارش فوق سنگین زبانه عمیقی با راستای جنوب غربی-شمال شرقی در لایه زیرین وردسپهر با گسترش بر روی دریای سرخ و عبور از بخش شمال غربی عربستان بر روی استان خوزستان و جنوب عراق گسترش می‌یابد. هم‌زمان در لایه میانی وردسپهر سامانه واچرخندی عربستان با جابه‌جایی شرق سوی بر آب‌های گرم دریاهای عمان و عرب استقرار دارد. در این حالت در لایه زیرین وردسپهر رطوبت دریاهای گرم جنوبی در گردشی واچرخندی به‌درون سامانه سودانی فرارفت شده است. ویژگی ترمودینامیکی واچرخند عربستان سبب شده است با پتانسیل رطوبت‌پذیری بالا مقادیر قابل ملاحظه‌ای رطوبت در لایه زیرین بر منطقه فرارفت شود. با گسترش شرق سوی واچرخند ضمن این‌که زمینه لازم برای گسترش شمال شرق سوی زبانه کم‌فشار سودانی فراهم شده است. در لایه میانی وردسپهر ناوه عمیقی بر غرب آسیا با گسترش جنوب سوی تا جنوب مصر و گاه تا جنوب سودان گسترش می‌یابد. انطباق این ناوه در لایه میانی با جت جنب حاره در لایه بالایی وردسپهر ناپایداری‌های شدیدی را بر روی حوضه آبریز دز فراهم نموده است. شکل‌گیری میدان‌های امگای منفی با بزرگی ۰/۴- تا ۰/۵- پاسکال بر ثانیه بیان‌گر حاکمیت جریان‌های بالاسوی قوی بر روی منطقه است.

واژه‌های کلیدی: اقلیم، بارش، تحلیل عاملی، حوضه آبریز، سینوپتیک

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: h-lashkari@sbu.ac.ir

استاد: بنی‌نعیمه، سارا، لشکری، حسن، قربانیان، جبرئیل، و مرشدی، جعفر (۱۴۰۲). تحلیل هم‌دیدگی بارش‌های فوق سنگین و تاثیر آن بر آبدهی اوج سیلاب‌های رودخانه دز (سیلاب سال‌های ۱۹۹۳ و ۲۰۰۵). *مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۳)، ۳۷-۵۵.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11216.1107

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.3.3.5

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۴، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۱، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۸/۲۱

مدل سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۲، دوره ۳، شماره ۳، صفحه ۳۷ تا ۵۵

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی



۱- مقدمه

اهمیت بارش در زندگی انسان و دیگر موجودات زنده سبب تبدیل شدن این پدیده به موضوع اصلی مطالعات اقلیمی شده است. در دهه‌های اخیر با طرح مسأله تغییر اقلیم و به دلیل پیامدهای اقتصادی و اجتماعی ناشی از آن، علاقه‌مندی عمومی برای روشن ساختن جلوه‌های مختلف تغییر اقلیم و تحلیل علمی آن‌ها افزایش یافته است. از آن‌جا که وقوع بارش‌های سنگین، نوعی ناهنجاری جوی به‌شمار می‌رود، بسیاری از پژوهش‌گران چگونگی وقوع آن را در الگوهای ناهنجار جوی، از جمله الگوهای بلاکینگ و الگوهای دیگر غیرمعمول سینوپتیکی دنبال می‌کنند. به سامانه‌هایی که از گردش غربی اصلی بریده می‌شود، سامانه‌های بلاکینگ اطلاق می‌شود (Habibi, 2010). در ایران، بارش یکی از متغیرهای اساسی برای ارزیابی موجودیت بالقوه منابع آب به‌شمار می‌رود. هر چند 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 (Mohammadi and Massodiyani, 2010).

وقوع بارش‌هایی با شدت زیاد، به‌طوری که میزان آن از ظرفیت نفوذ خاک بیش‌تر باشد، موجب ایجاد رواناب و بروز سیل می‌شود. حال اگر این بارش‌های رگباری و شدید در نواحی شهری اتفاق بیفتد، با خطرهای بیش‌تری همراه است، زیرا نفوذپذیری در مناطق شهری کم‌تر از نواحی خارج از شهر است و مقدار در خور توجهی از چنین بارش‌هایی در نواحی شهری به رواناب و سیل تبدیل شده، موجب خسارت دیدن اماکن و ابنیه و تاسیسات شهری می‌شود. در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در رابطه با بارش‌های سنگین، سیل آسا و پتانسیل سیل‌خیزی به روش همدید و با کمک نقشه‌های سطوح مختلف جو در سطح جهان و ایران انجام شده است. با توجه به اهمیت بارش و تأثیر آن بر بخش‌های مختلف اقتصادی، کشاورزی، اجتماعی 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 (Tsvieli and Zangvil, 2005).

موضوع بارش‌های سنگین و بادوام مورد توجه محققان و پژوهش‌گران بوده و تحقیقات گسترده‌ای در سطح جهان و در ایران در این زمینه انجام شده است. برای نمونه، Paz and Kutiel (2003) و Lana et al. (2007) مطالعاتی در زمینه بررسی همدید امواج بارشی بادوام و سنگین و مدل‌سازی سیل‌خیزی حوضه‌های آبریز انجام داده‌اند. هم‌چنین می‌توان به پژوهش Lashkari (2002) اشاره کرد. ایشان با بررسی‌های انجام شده بر روی ۲۰۰ 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. به‌طوری که در دو مسیر به‌صورت ادغامی با چرخندهای مدیترانه‌ای و در سه مسیر دیگر به‌صورت مستقل وارد کشور می‌شوند. در پژوهشی دیگر Lashkari (2003) 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 اتیوپی 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. هم‌چنین، Moazami et al. (2016) بیان کردند که رواناب ناشی از بارش‌های سنگین باعث افزایش خطر وقوع سیل می‌شود که غالباً در مناطق شمالی و شمال غربی ایران رخ می‌دهد. در نتیجه، بررسی عملکرد و تخمین بارش با استفاده از محصولات بارش ماهواره‌ای، برای ارزیابی و پایش رویدادهای حدی و سنگین در ایران که گاه در مناطقی با فقدان و یا تراکم کم باران‌سج‌ها مواجه بوده، بسیار مهم است. هم‌چنین، Masoodian and Karsaz (2014) به بررسی و تحلیل همدیدی الگوهای ضخامت بارش‌های سنگین ناحیه زاگرس جنوبی پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که ناوه منتهی‌الیه شرق دریای مدیترانه با کمی تغییر موقعیت در جنوب غرب ایران منطقه کم‌فشار شدیدی را ایجاد نموده که در رخداد بارش‌های سنگین این منطقه نقش اساسی دارند. Rezai Banafsheh et al. (2019) به واکاوی سینوپتیکی الگوهای فشار مرتبط با بلاکینگ‌های مؤثر بر رخداد بارش‌های مداوم و سنگین تبریز طی دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۵۱ پرداختند. آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که استقرار سردچال و سه الگوی اصلی فشار در رخداد این پدیده مؤثر بوده است.

بررسی ماهانه تغییرات بارش سامانه سودانی طی دوره تاریخی نشان داد که فعالیت این سامانه در ماه می کمتر و در ماه ژانویه بیشتر از سایر ماهه است. بررسی سیر تاریخی سامانه‌ها نشان داد که فراوانی و شدت سامانه‌های دو روزه نسبت به سایر دوره‌ها در حال افزایش است. در عین حال، فراوانی و ورود سامانه‌هایی با منشأ سودانی به

ماهورهای و زمینی است. بر همین اساس، در این مطالعه برای برآورد بارش‌های سنگین و سیل‌آسا در نوار ساحلی دریای خزر استان گیلان از چهار محصول بارش ماهواره‌ای TRMM، CHIRPS، IMERG و PERSIANN-CDR طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۶ استفاده شد. در نهایت، جهت ارزیابی و تحلیل بارش‌های سنگین در محدوده نوار ساحلی استان گیلان و مطالعات مرتبط با برآورد بارش، پیشنهاد می‌شود محصول IMERG در اولویت استفاده قرار گیرد (Mahmoudi Babolan et al., 2022).

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 این همه گاهی این بارش‌ها در غالب رگبارهای بسیار شدید نازل می‌شود که منجر به رواناب‌های سطحی مهیب و سیلاب‌های مخرب می‌شود و سدها و بندهای مسیر خود را تهدید کرده و خسارت‌های جانی و مالی و محیط زیستی 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 می‌شوند. هدف از انجام این تحقیق شناسایی و واکاوی همیدی و دینامیکی شدیدترین و بادوام‌ترین بارش‌ها و آشکارسازی و معرفی الگوهای همیدی منجر به این سامانه‌های بارشی سیل‌آسا و بادوام و بررسی ارتباط این‌گونه بارش‌ها با رواناب در حوضه دز در استان خوزستان است.

۲- مواد و روش‌ها

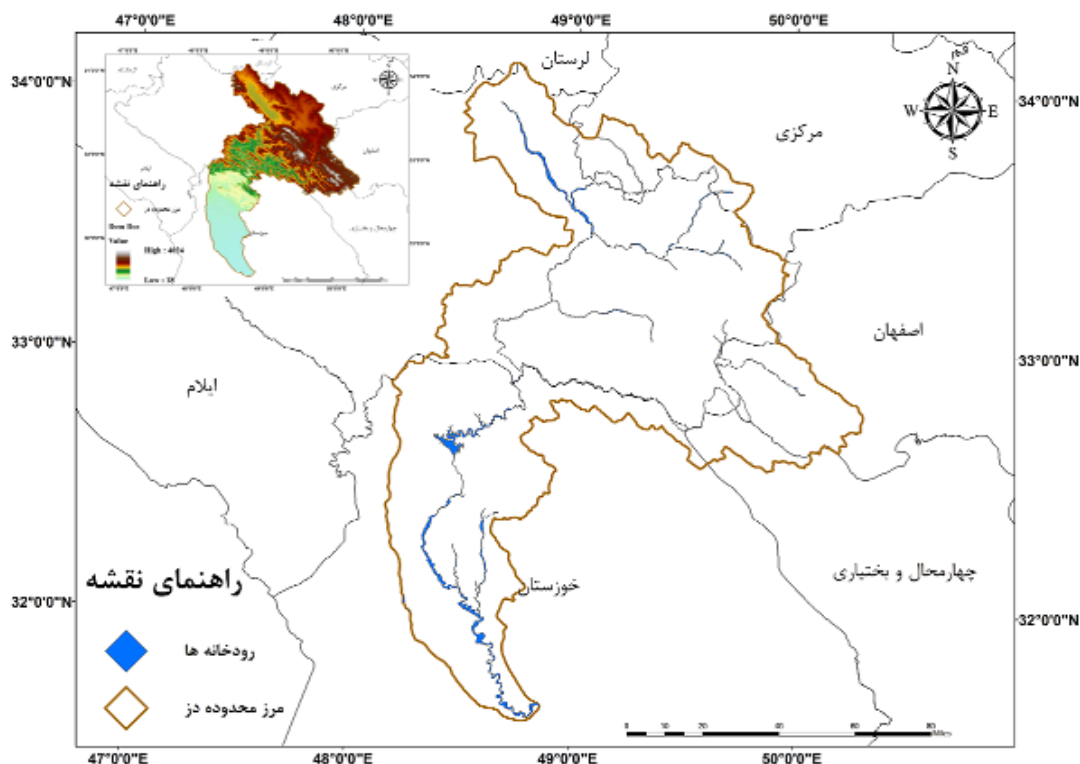
۲-۱- منطقه مورد مطالعه

برای شناخت بیش‌تر و درک بهتر از پدیده‌های اقلیمی و تحولاتی که در وضعیت یک منطقه رخ می‌دهد کسب اطلاعات عمومی از محل ضروری است. در این بخش به بررسی موقعیت و ویژگی‌های حوضه آبریز دز پرداخته می‌شود. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوضه دز را نشان می‌دهد. حوضه دز از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی محدود است.

مساحت کل حوضه بالغ بر ۲۱۷۲۰ کیلومتر مربع و متوسط ارتفاع حوضه حدود ۱۶۰۰ متر است. محدوده مورد مطالعه بخشی از حوضه رودخانه دز به شمار می‌آید که تقریباً در قسمت میانی تا بخش انتهایی آن قرار دارد. در جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های همید و هیدرومتری منتخب جهت بررسی وضعیت بارش و رواناب ذکر شده است. در این بین ایستگاه‌های تله‌زنگ، سد دز، حرمه و تنگ‌پنج بختیاری از نوع هیدرومتری وزارت نیرو و ایستگاه‌های سپیددشت، دزفول، حسینیه، الیگودرز، بروجرد و ملایر نیز از نوع همید است.

کشور ایران سیر صعودی دارد؛ به طوری که حدود ۱۳ درصد کل بارش‌های نازل شده در این محدوده مربوط به سامانه‌هایی با منشأ سودانی مستقل است (Mohammadi and Lashkari, 2019). ترمودینامیک و ساختار همیدی این سامانه همراه بارش‌های همرفتی شدید و بعضاً سیل‌آسا است. بنابراین، باید در جهت سازگاری با این گونه بارش‌ها راهکارهای جدیدی در جهت استفاده بهینه و دوری از آسیب‌های احتمالی اتخاذ کرد. افزایش فراوانی سامانه‌های بارشی دو روزه و به عبارتی کوتاه‌تر شدن طول دوره فعالیت سامانه‌ها در کنار افزایش شدت بارش‌ها قطعاً بر ضریب جریان بارش‌ها مؤثر است. فرسایش خاکی و تشدید اثرهای تخریبی سیل‌ها از آثار مرتب این بارش‌ها و شرایط اقلیمی منطقه خواهد بود. علاوه بر این، (Mohammadi and Lashkari, 2018) با بررسی نقش جابه‌جایی مکانی پرفشار عربستان و رودباد جنب حاره‌ای در الگوهای همیدی و ترمودینامیکی ترسالی‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران مهم‌ترین منبع رطوبتی در همه سامانه‌های بارشی در لایه وردسپهر زیرین دریاهای عرب و عمان هست؛ این رطوبت از طریق جریان‌های شرقی گردش و اچرخندی پرفشار عربستان به درون سامانه سودانی و سپس در امتداد زبانه کم‌فشار بر روی منطقه منتقل شده است. در صورتی که در لایه میانی وردسپهر این رطوبت به صورت شاخه‌ای از جریان‌های شرقی منطقه TICZ به جلوی ناوه مدیترانه‌ای که در این شرایط تا جنوب عرض ۱۵ درجی شمالی گسترش دارد، فرارفت می‌شود.

(Jahanbakhsh et al., 2021) با بررسی تغییرات دهه‌ای سامانه‌های باران‌زای مؤثر بر حوضه آبریز رود زرد به این نتیجه دست یافتند که وسعت منطقه و مجموع بارش ناشی از کنش‌های چرخنده‌ای سالانه روند کاهشی را داشته‌اند. نتایج مطالعات محققان حاکی از تأثیرگذاری چرخندگی به عنوان مهم‌ترین پدیده اقلیمی بر تغییرات اقلیمی از جمله بارش در نقاط مختلف جهان بخصوص در ایران است. با توجه به وجود رشته‌کوه زاگرس در نیمه غربی و تحت تأثیر بودن بارش ایران از سمت غرب و این‌که تأثیر رشته‌کوه زاگرس در دامنه‌های غربی آشکارتر از سایر نقاط است و همچنین به دلیل قرار گرفتن در ابتدای مسیر ورود توده‌های هوای وارد شده به کشور، هم‌جواری شمال غرب ایران با منابع رطوبتی (دریای خزر، سیاه و مدیترانه) و عوامل همید از جمله چرخندگی باعث صعود هوا و ورود رطوبت به این منطقه همواره باعث ایجاد بارش می‌شوند (Rezaei et al., 2022). بارش می‌تواند به عنوان اصلی‌ترین عامل در وقوع سیل‌های مخرب نقش ایفا کرده که تخمین و برآورد دقیق از مقدار آن در مدیریت منابع آب و مدیریت بحران به‌ویژه در مناطق سیل‌خیز، امری حیاتی تلقی می‌شود. از جدیدترین روش‌ها برای برآورد مقدار کمی بارش، استفاده از سامانه‌های سنسجش از دور و الگوریتم‌های ترکیبی از داده‌های



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز دز

Figure 1- Geographical location of Dez watershed

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری و همدمدی مورد مطالعه

Table 1- Characteristics of the studied hydrometric and synoptic stations

ردیف	ایستگاه	مختصات جغرافیایی		ارتفاع (متر)	سال تأسیس	تعداد سال دارای آمار
		عرض - دقیقه/درجه	طول - دقیقه/درجه			
۱	تله‌زنگ	32.49	48.46	440	1334	40
۲	دزفول	32.24	48.24	150	1334	40
۳	حرمله	31.57	48.33	38	1342	38
۴	دز	31.41	48.41	20	1342	38
۵	تنگ‌پنج بختیاری	32.56	48.46	600	1346	40
۶	سپیددشت	33.21	48.88	1055	1388	8
۷	حسینیه	32.67	48.24	385	1384	15
۸	الیگودرز	33.39	49.69	1972	1365	33
۹	بروجرد	33.89	48.75	1572	1368	30
۱۰	ملایر	34.29	48.82	1748	1371	27
۱۱	کشور	33.08	48.38	770	1345	50

۲-۲- روش پژوهش

ECMWF تعیین سنگین‌ترین بارش‌های رخ داده در حوضه رودخانه دز با روش شاخص پایه صدک ۹۸ درصد، سپس تعیین بادوام‌ترین امواج بارشی (امواج شاخص) در هر سال و با در نظر گرفتن دوام روزهای بارشی طی دوره آماری ۳۳ ساله (۲۰۱۷-۱۹۹۰) و ترسیم نقشه‌های هوا با استفاده از نرم‌افزارهای GRADS و SURFER و انجام روش تحلیل عاملی و خوشه‌ای و تحلیل چشمی برای شناسایی الگوهای جوی رخداد بارش‌های سنگین و طولانی‌مدت و تحلیل همدمدی الگوهای جوی بارش‌های ابر سنگین و بادوام و بررسی و

روش مطالعه به صورت تلفیقی از روش میدانی و روش آماری-تحلیلی بوده است. پژوهش از نوع کاربردی است. این پژوهش با استفاده از روش‌های علمی متداول و کتابخانه‌ای و تحلیل آماری بر اساس داده‌های بارش در طول دوره آماری موجود در پایگاه اطلاعاتی سازمان هواشناسی کشور و محاسبات نرم‌افزار انجام می‌شود. دریافت داده جوی فشار، امگا، نم ویژه و جریان برای ترازهای جوی اشاره شده طی یک دوره ۳۳ ساله (۲۰۱۷-۱۹۹۰) از تارنمای NCEP NCAR و

جدول ۲- بارش فراگیر ۶ تا ۸ ژانویه ۱۹۹۳
Table 2- General rainfall from January 6 to 8, 1993

ایستگاه	17 دی 1371 (6 ژانویه 1993)	18 دی 1371 (7 ژانویه 1993)	19 دی 1371 (8 ژانویه 1993)
تله‌زنگ	68	85.5	
سد دز	46	17	
دزفول	50	33	
حرمله	10	16	
تنگ‌پنج	61	160	4
حسینیه	56	95	
الیگودرز	0.6	22	
بروجرد		35	
اهواز	4.5	13	17
ایلام	16	59	28
خرم‌آباد	16	61	12
شهرکرد	2	26	29
یاسوج	12.5	26	78
الیگودرز	0.6	22	17
دزفول	5	26	
بروجرد	7.6		

۳-۲- تراز زیرین وردسپهر (سیلاب ۶ ژانویه ۱۹۹۳)

شکل ۲ آرایش سامانه‌ها را در این الگو در سامانه بارشی ۶ ژانویه ۱۹۹۳ نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود سه سامانه اصلی استخوان‌بندی الگوی همبندی این روز را تشکیل می‌دهند. و اچرخند آرزوس با پربند ۳۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی تنگه جبل الطارق و شرق پرتغال استقرار دارد. زبانه جنوبی این و اچرخند با گسترش جنوب-جنوب شرق سوی تمام پهنه صحرای آفریقا به جز بخش شرقی آن را در بر گرفته است. زبانه شمالی این و اچرخند با چرخشی به سمت شمال و شرق و در حالت ادغام شده با دو مرکز و اچرخندی تمام پهنه قاره اروپا تا شرق دریاچه بایکال را در بر گرفته است. در مقابل کم‌فشار سودان بر خلاف الگوی نرمال خود با گسترشی کاملاً شمالی، پس از عبور از کشور مصر و دریای سرخ وارد دریای مدیترانه شده است. این در حالی است که زبانه‌ای با امتداد شمالی جنوبی پس از عبور از بخش‌های شرقی ایران وارد دریای عمان و عرب شده است. با گسترش این زبانه بر روی این دریاهای گرم عرب و عمان، رطوبت این دریاها در گردشی و اچرخندی وارد بخش شرقی کم‌فشار سودان شده است. تندبادهای شرقی حاکم بر روی دریای عرب گویای این فرارفت رطوبتی است. هسته‌های رطوبتی تشکیل شده در دامنه شرقی کم‌فشار سودان با مقادیر ۲۰ تا ۲۴ گرم بر کیلوگرم در شرق سودان و ساحل غربی دریای سرخ منبع رطوبتی خوبی برای جریان‌های جنوبی حاکم در این منطقه می‌باشد. این رطوبت به وسیله جریان‌های جنوبی بر روی جنوب و جنوب غرب ایران فرارفت شده است.

تحلیل سیر تاریخی بارش‌های ابر سنگین و طولانی‌مدت و بررسی و تحلیل میزان همبستگی یا رابطه شدت بارش‌ها و شدت رواناب سطحی و انتخاب عاملی که بیش‌ترین شدت بارندگی را بیان می‌کند. به‌منظور بررسی سیلاب‌های حوضه دز از دیدگاه اقلیم‌شناسی همدید آبدهی روزانه ایستگاه تل‌زنگ به‌عنوان ورودی رودخانه دز در دوره آماری ۱۳۹۹-۱۳۴۳ با توزیع آماری گوسن استانداردسازی شد و سپس سیلاب‌ها با بالاترین مقدار مثبت (Z) انتخاب شدند. برای استاندارد کردن داده‌ها از رابطه (۱) استفاده شد:

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

در این رابطه، SFI شاخص استاندارد سیلاب، X_{iF} دبی روزانه، \bar{X}_F متوسط دبی روزانه و S_D انحراف معیار دبی روزانه است. در ادامه، هیدروگراف‌های ساعتی سیلاب منتخب ترسیم و ضمن بررسی شرایط هیدرولوژی و اقلیمی بارش‌های منجر به سیلاب شرایط همدید هر سیلاب بررسی شد.

۳- نتایج و بحث

یافته‌های این پژوهش در دو بخش جداگانه ارائه شده است. در بخش اول الگوهای همبندی منجر به بارش‌های فوق سنگین انتخابی ارائه خواهد شد. در بخش دوم آبدهی سیل حاصل از این بارش‌های فوق سنگین تحلیل شده است. بر اساس آرایش مکانی و عملکرد سامانه‌ها در دو لایه زیرین و میانی وردسپهر الگوهای همبندی منجر با شکل‌گیری این بارش‌های فوق سنگین شناسایی شدند. در تحلیل هیدروگراف سیل ضمن نمایش آبدهی سیل ناشی از این بارش در طول آبدهی رودخانه در سال آبی، هیدروگراف ساعتی سیل ناشی از این بارش نیز ترسیم و تحلیل شده است.

۳-۱- الگوی ادغامی کم‌فشار سودان-مدیترانه و اچرخند آرزور (سیلاب ژانویه ۱۹۹۳)

در این الگو دو سامانه فوق نقش اساسی را در تکوین و تقویت یک سامانه بارشی سیل‌آسا بر عهده داشته است. در عین حال پرفشار سبیری و ادغام زبانه جنوبی این سامانه با و اچرخند عربستان بر روی دریای عمان و عرب نقش مهمی در ماندگاری و در عین حال فرارفت رطوبتی بدرون سامانه بارشی داشته است. در این الگو از ۲۴ تا ۴۸ ساعت قبل از شروع بارش بر روی ایران زبانه‌ای از کم‌فشار سودان (بر خلاف گسترش نرمال خود که عموماً گسترشی جنوب غربی-شمال شرقی دارد) با راستایی جنوبی-شمالی پس از عبور از روی کشور مصر وارد مدیترانه شرقی می‌شود. جدول ۲ پراکنش بارش را در ایستگاه‌های منتخب حوضه دز نشان می‌دهد. این سامانه در سه روز بارش فراگیر داشته و ۷ ژانویه شدیدترین روز بارشی سامانه بوده است. ولی در روزهای ۵ و ۹ ژانویه نیز بارش‌های پراکنده‌ای در سطح حوضه رخ داده است.

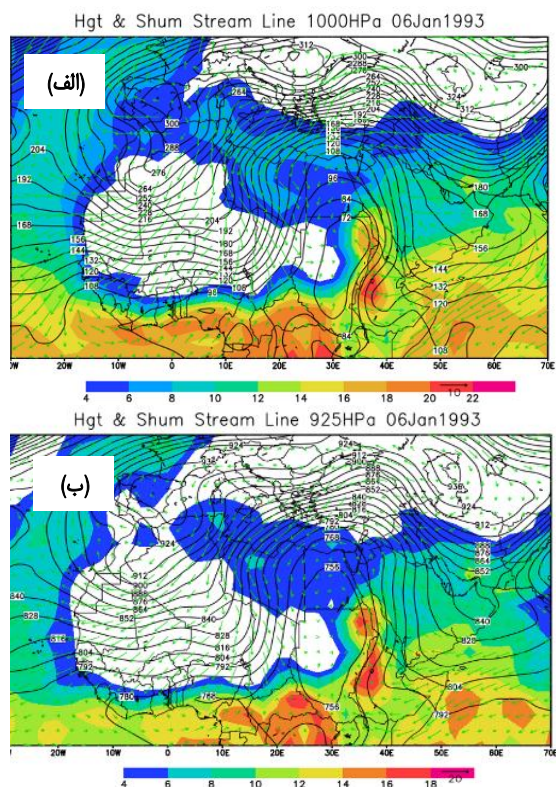
و اداهت‌های حاصل از پدیده‌های سطحی، و اچرخند عربستان به‌صورت سلولی مستقل بر روی شرق شبه‌جزیره عربستان و دریای عمان تظاهر پیدا کرده است. این موقعیت استقرار و اچرخند عربستان مناسب‌ترین موقعیت برای فرارفت رطوبتی به‌درون سامانه‌های بارشی ورودی از عرض‌های جنوبی بر روی ایران و هم‌چنین تمیق و گسترش ناوۀ مدیترانه‌ای بر روی غرب و جنوب غرب آسیاست. به‌دلیل خمیدگی ناوۀ منطقه مورد مطالعه هنوز در موقعیت مناسبی از جلو ناوه قرار ندارد. میدان امگای منفی که نشان‌دهنده منطقه شدیدترین جریان‌های بالا سو در جلو ناوه است بر روی شمال غرب عربستان و عراق قرار دارد. با این همه بخش‌های زیادی از حوضۀ آبریز از شرایط مناسبی از ناپایداری‌های هم‌رفتی قرار دارد. جدول ۳ پراکندگی بارش را بر روی ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد. در این روز بالاترین مقدار بارش در ایستگاه باران‌سنجی تل‌زنگ رخ داده است.

۳-۴- تراز زیرین وردسپهر (سیلاب ۷ ژانویه ۱۹۹۳)

فرارفت مناسب هوای گرم و مرطوب از دریاهای گرم جنوبی به‌وسیله زبانه کم‌فشار سودانی در طی چند روز گذشته و هم‌چنین فرارفت سرد چند روزه از طریق جریان‌های شمالی جلو پشته و اچرخند آژورس سامانه چرخندی قوی از ادغام دو سامانه سودان و مدیترانه در شرق دریای مدیترانه و بر روی جزیره قبرس شکل گرفته است. در نتیجه زبانه عمیقی به شکل امگا تمام محدوده شمال غرب آفریقا تا غرب ایران را در بر گرفته است. این در حالی است که زبانه عمیقی در امتداد زبانه پرفشار سیبری تمام پهنه دریای عمان و عرب را در بر گرفته است. با گسترش جنوب سوی این سامانه، رطوبت دریاهای گرم عرب و عمان در یک گردش و اچرخندی ابتدا بر روی شاخ آفریقا (اتیوپی و سودان) منتقل شده و در ادامه به‌وسیله جریان‌های جنوبی جلو زبانه امگا شکل بر روی عراق و ایران فرارفت می‌شود. کانال رطوبتی روی سودان، دریای سرخ و غرب عربستان نشان‌دهنده نقش رطوبتی دریاهای گرم جنوبی در تأمین رطوبت و انرژی سامانه‌های بارشی فوق‌سنگین بر روی جنوب غرب ایران است (شکل ۴).

۳-۵- لایه مرزی و تراز میانی وردسپهر (سیلاب ۷ ژانویه ۱۹۹۳)

شکل ۵ الگوی هم‌دیدگی و آرایش سامانه‌های فعال در منطقه انتخابی را در ترازهای ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهند. وجود شرایط ترمودینامیکی مناسب در منطقه شرقی مدیترانه سبب شده تا سامانه چرخندی نسبت به روزهای قبل به‌طور قابل توجهی تقویت شود. وجود یک سامانه گسترده با چندین منحنی پربندی بسته نشان‌دهنده یک سامانه قدرتمند بر روی منطقه شرقی اروپا تا غرب اروپاست. ارتفاع ژئوپتانسیلی چرخند از ۱۴۶۴ به ۱۳۹۲ ژئوپتانسیل کاهش یافته که بیان‌گر تقویت قابل ملاحظه سامانه نسبت به روز قبل است. تداوم فرارفت رطوبت از دریاهای گرم جنوبی در این تراز نیز ادامه دارد.



شکل ۲- ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز ۱۰۰۰ (الف) و ۹۲۵ (ب) هکتوپاسکال در ۶ ژانویه ۱۹۹۳
Figure 2- Geopotential height (contour), wind field (vector), and humidity (shaded) at 1000 (a) and 925 (b) hpa level on January 6, 1993

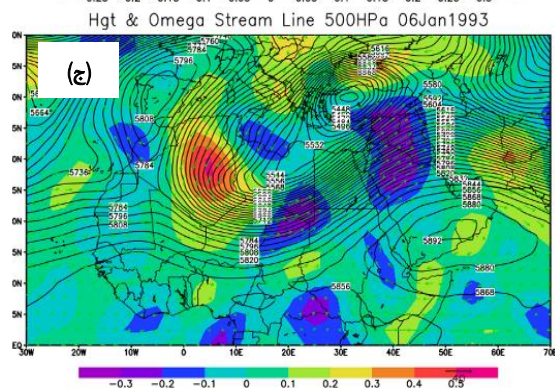
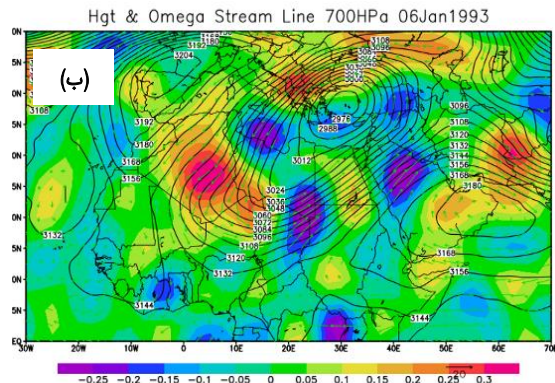
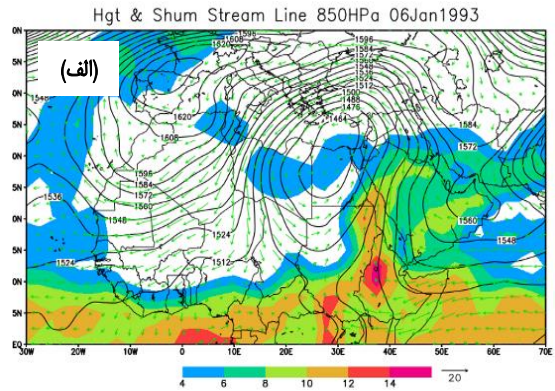
۳-۳- لایه مرزی و تراز میانی وردسپهر

شکل ۳ آرایش سامانه‌ها و همین‌طور سامانه‌های اثرگذار در شرایط ایجاد شده را در لایه مرزی و میانی وردسپهر نشان می‌دهد. با تداوم فرارفت گرم و مرطوب طی چند روز گذشته به بخش‌های شرقی کم‌فشار و فرارفت سرد عرض‌های بالا به‌وسیله جریان‌های شمالی پشت چرخند و دامنه شرقی پشته و اچرخند آژورس و شیو دمایی ایجاد شده، سامانه چرخندی بر روی مدیترانه شرقی کاملاً تقویت شده است. هم‌اکنون چرخند گسترده و عمیقی در شرق مدیترانه شکل گرفته که تمام پهنه جنوب سودان تا شمال دریای سیاه را در بر گرفته است. فشردگی منحنی‌های هم‌ژئوپتانسیلی در بخش شرقی دریای مدیترانه و شرق اروپا بیان‌گر کُرفشاری شدید حاکم بر منطقه است. این سامانه قوی در لایه میانی وردسپهر به‌صورت یک مرکز کم‌ارتفاع بریده تظاهر پیدا کرده که ناوۀ حاصل از آن تمام پهنه صحرای آفریقا، دریای مدیترانه، بخش جنوبی اروپا تا غرب ایران را در بر گرفته است. بررسی نقشه‌های هم‌دیدگی چند روز قبل نشان داد که هسته مرکزی و اچرخند آژورس به‌مدت ۶ تا ۷ روز در همین موقعیت فعلی استقرار داشته است. این پدیده سبب شده تا ناوۀ ایجاد شده به‌دلیل بلوکه شدن و اچرخند و ماندگاری چندین روزه و اچرخند به سمت عقب یا غرب خمیدگی پیدا کند. این پدیده در هواشناسی به پدیده برگشت به عقب (رتروگرسیو) سامانه معروف است. از تراز مرزی و بالاتر با دور شدن از اغتشاشات و

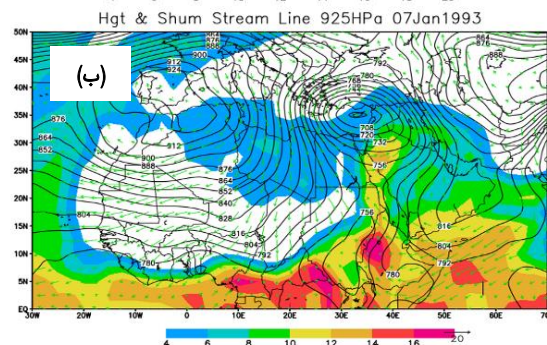
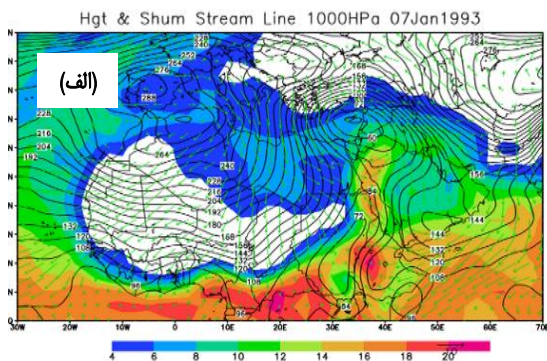
سامانه بوده است. به طوری که در پنج ایستگاه از ایستگاه‌های منتخب، بارشی بیش از ۵۰ میلی‌متر رخ داده است.

جدول ۳- بارش ۶ ژانویه ۱۹۹۳
Table 3- Rainfall on January 6, 1993

ایستگاه	17 دی 1371 (6 ژانویه 1993)
تل‌زنگ	68
سد دز	46
دزفول	50
حرمه	10
تنگ‌پنج	61
حسینیه	56
الیگودرز	0.6
بروجرد	-
اهواز	4.5
ایلام	16
خرم‌آباد	16
شهرکرد	2
یاسوج	12.5
دزفول	5



شکل ۳- ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز ۸۵۰ (الف)، ۷۰۰ (ب) و ۵۰۰ (ج) هکتوپاسکال در ۶ ژانویه ۱۹۹۳
Figure 3- Geopotential height (contour), wind field (vector), and humidity (shaded) at 850 (a), 700 (b), and 500 (c) hpa level on January 6, 1993



شکل ۴- ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز ۱۰۰۰ (الف) و ۹۲۵ (ب) هکتوپاسکال در ۷ ژانویه ۱۹۹۳
Figure 4- Geopotential height (contour), wind field (vector), and humidity (shaded) at 1000 (a) and 925 (b) hpa level on January 7, 1993

این رطوبت مناسب و کژ فشاری شدید حاکم در جلو چرخند شرایط بسیار مناسبی را برای رخداد بارشی‌های هم‌رفتی شدید فراهم نموده است. با وجود این که مرکز کم ارتفاع بریده در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال جابه‌جایی چندانی نسبت به روز قبل را نشان نمی‌دهد، ولی با جابه‌جایی اندک ناوه به سمت شرق میدان‌های امگای منفی در هر دو تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی جنوب غرب ایران و حوضه دز گسترش یافته و این منطقه نیز تحت سیطره جریان‌های بالا سوی شدید جلو ناوه قرار گرفته است. میدان‌های امگایی با بزرگی ۰/۳- تا ۰/۴- پاسکال بر ثانیه می‌تواند شرایط مناسبی را برای جریان‌های هم‌رفتی شدید فراهم نماید. جدول ۴ پراکنش بارش‌های این سامانه را در ۷ ژانویه نشان می‌دهد. این روز پربارش‌ترین روز

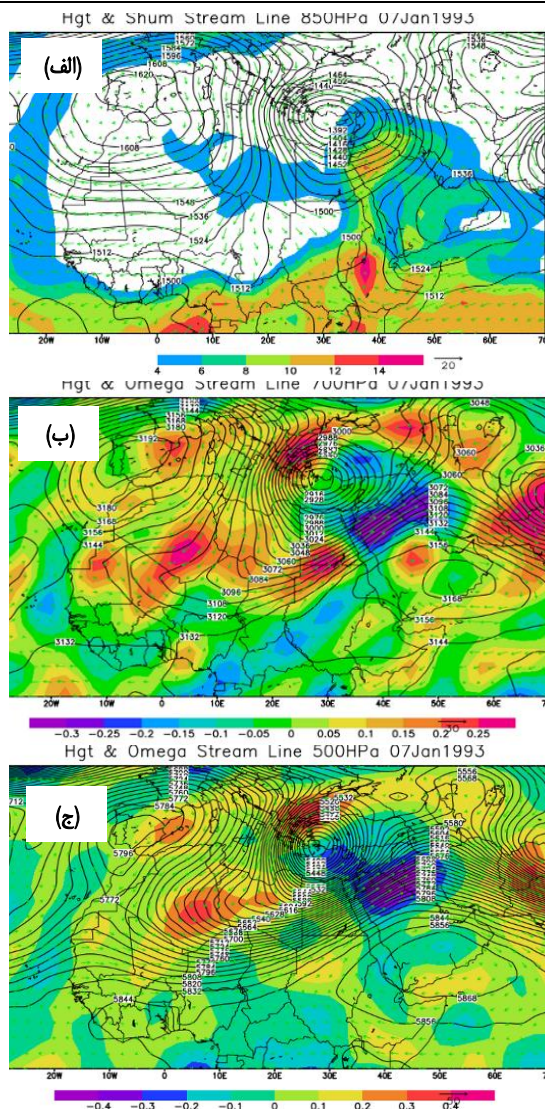
جدول ۴- پراکنش بارش‌های این سامانه در ۷ ژانویه ۱۹۹۳

Table 4- The distribution of rainfall of this system on January 7, 1993

ایستگاه	18 دی 1371 (7 ژانویه 1993)
تل‌زنگ	85.5
سد دز	17
دزفول	33
حرم‌له	16
تنگ‌بیج	160
حسینیه	95
الیگودرز	22
بروجرد	35
اهواز	13
ایلام	59
خرم‌آباد	61
شهرکرد	26
یاسوج	26
الیگودرز	22
دزفول	26

۳-۷- تراز زیرین وردسپهر (۱۰ مارس ۲۰۰۵)

شکل ۶ ساختار و آرایش سامانه‌ها در لایه زیرین وردسپهر را نشان می‌دهد. کم‌فشار سودان در موقعیت همیشگی خود بر روی کشور سودان استقرار دارد. زبانه شمالی این کم‌فشار با راستای جنوب غربی-شمال شرقی پس از عبور از بخش میانی دریای سرخ وارد بخش غربی کشور عربستان شده و در امتداد شمال شرق سو وارد بخش جنوب غربی ایران شده است. هم‌زمان مرکز و اچرخندی عربستان در امتداد زبانه پرفشار سبیری به صورت یک سلول مستقل بر روی دریای عمان تکوین پیدا کرده است. زبانه جنوبی این و اچرخند در گسترشی جنوب غرب سو تمام پهنه دریای عرب و خلیج عدن را فراگرفته است. با گسترش جنوب غرب سوی این زبانه رطوبت دریاهای گرم عرب و عمان در گردشی و اچرخندی به بخش شرقی کم‌فشار سودان فرارفت شده است. رطوبت فرارفت شده به وسیله جریان‌های جنوبی جلو کم‌فشار بر روی دریای سرخ فرارفت شده و ضمن تقویت بر روی دریای سرخ، در امتداد زبانه کم‌فشار ابتدا به بخش غربی عربستان و در ادامه به جنوب غرب ایران فرارفت شده است. هسته‌های رطوبتی قوی ایجاد شده بر روی دریای سرخ و اتیوپی نشان‌دهنده این فرارفت است. همان‌طور که دیده می‌شود بر روی ضلع شرقی و اچرخند آفریقا در محدوده دریای مدیترانه تا میانه صحرا جریان‌های شمالی ضمن فرارفت سرد عرض‌های شمالی به پشت سامانه سودانی شیو دمایی و کژفشاری پشت سامانه سودانی را تشدید نموده است. جریان‌های شمالی در این محدوده عمود بر منحنی‌های هم‌ارتفاع در حال وزش هستند. این الگوی وزشی بیان‌گر تقویت شرایط سلونوئیدالی و تشدید کژفشاری بر روی منطقه است.

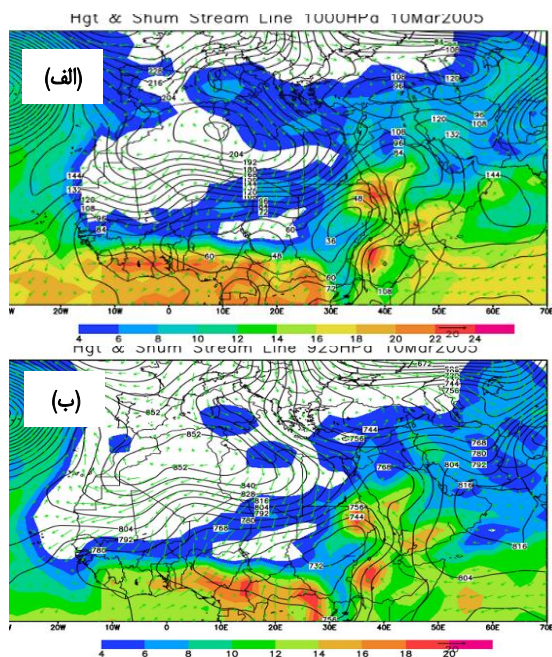


شکل ۵- ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (برداری) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز ۸۵۰ (الف)، ۷۰۰ (ب) و ۵۰۰ (ج) هکتوپاسکال در ۷ ژانویه ۱۹۹۳
Figure 5- Geopotential height (contour), wind field (vector), and humidity (shaded) at 850 (a), 700 (b), and 500 (c) hpa level on January 7, 1993

۳-۶- الگوی کم‌فشار سودان و اچرخند عربستان (سیلاب مارس ۲۰۰۵)

در این الگو دو سامانه کم‌فشار سودان و و اچرخند عربستان نقش اساسی را در تأمین شرایط ترمودینامیکی بارش‌های سیل‌آسای سامانه فراهم نموده‌اند. در این الگو سامانه و اچرخندی عربستان هم در تراز زیرین و میانی نقش بارزتری در تأمین رطوبت ورودی به سامانه سودانی ایفا کرده است. جدول ۵ پراکنش بارش سامانه را در ایستگاه‌های منتخب حوضه نشان می‌دهد. این سامانه از طولانی‌ترین و شدیدترین سامانه‌های بارشی اتفاق افتاده در دوره آماری بوده است. در این سامانه روز ۱۱ مارس پربارش‌ترین روز بارشی سامانه است. این یک سامانه پنج روزه بوده که در چهار روز آن بارش‌ها فراگیرتر بوده است.

ندارد. در نتیجه بارش‌ها بر روی حوضه‌ی دز گستردگی و شدت لازم را ندارد. جدول ۶ پراکنش بارش را بر روی ایستگاه‌های منتخب حوضه‌ی دز نشان می‌دهد. از لحاظ طول دوام سامانه این روز، روز دوم شروع فعالیت سامانه بوده است. بالاترین مقدار بارش ثبت شده در این روز به میزانی که در ایستگاه ایلام که در مدخل ورود سامانه قرار دارد، اتفاق افتاده است.



شکل ۶- ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (برداری) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز ۱۰۰۰ (الف) و ۹۲۵ (ب) هکتوپاسکال در ۱۰ مارس ۲۰۰۵
Figure 6- Geopotential height (contour), wind field (vector), and humidity (shaded) at the level of 1000 (a) and 925 (b) hpa on March 10, 2005

۳-۹- تراز زیرین وردسپهر (۱۱ مارس)

در این روز با جابه‌جایی شرق سوی واچرخند عربستان و استقرار آن بر روی آب‌های گرم عمان و عرب ضمن این که شرایط بسیار مناسبی برای فرارفت رطوبت فراهم شده است. زمینه مناسبی برای گسترش زبانه کم‌فشار سودانی بر روی حوضه‌ی دز و جنوب غرب ایران فراهم شده است. زبانه شمالی کم‌فشار سودانی جنوب غرب ایران را تحت تأثیر قرار داده است. کانال رطوبتی با راستای جنوب غربی-شمال شرقی در امتداد زبانه کم‌فشار فرارفت رطوبت از دریاهای گرم جنوبی را بر روی جنوب غرب ایران نشان می‌دهد. جریان‌های شرق-جنوب شرق در دامنه شرقی زبانه کم‌فشار و جریان‌های غرب-شمال غرب در ضلع غربی زبانه کم‌فشار خط جبهه ایجاد شده در میانه کم‌فشار و بیان‌گر شکل‌گیری جریان‌های همرفتی در میانه زبانه است. این جریان‌های همرفتی با تأمین رطوبت مناسب از دریاهای گرم مستعد شکل‌گیری ابرها و بارش‌های همرفتی شدید در امتداد خط جبهه است (شکل ۸).

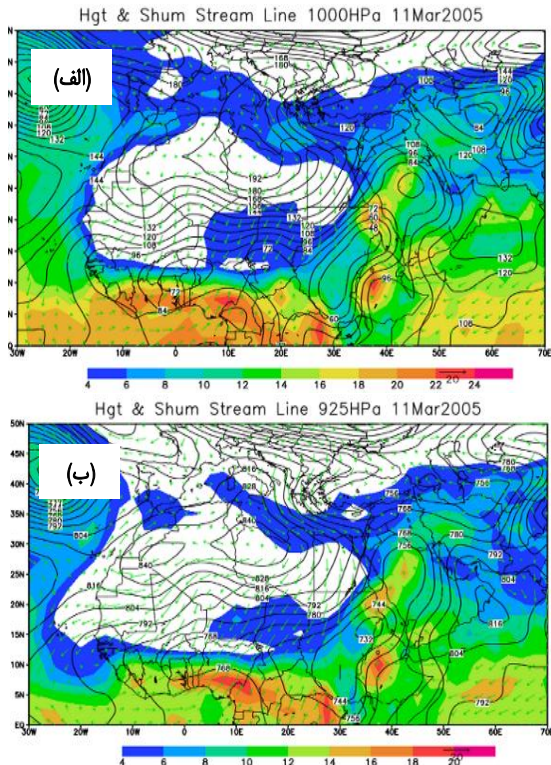
جدول ۵- بارش ایستگاه‌های منطقه مطالعاتی در نمونه انتخابی ۱۰ تا ۱۳ مارس ۲۰۰۵

Table 5- Precipitation of stations in the study area in the selected sample from 10 to 13 March, 2005

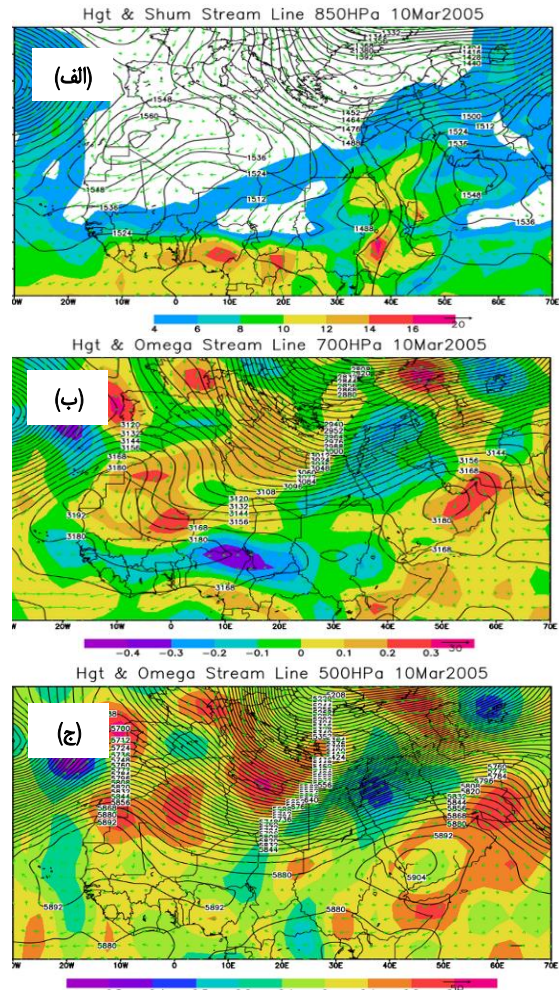
ایستگاه	20 اسفند 1383 (10 مارس 2005)	21 اسفند 1383 (11 مارس 2005)	22 اسفند 1383 (12 مارس 2005)	23 اسفند 1383 (13 مارس 2005)
تله‌زنگ	23.5	97.5	44.5	10
سپید شت	37	120	81	9
سد دز	7.5	61.5	35	8.2
دزفول	3	38	25	2
حرمه	3	37	50	0
تنگ‌پنج	35	120	132	7
حسینیه	23.5	12.9	33.9	6.4
الیگودرز	8.2	43	30	34
بروجرد	0	41	68	0.6
ملایر	3	22.6	28	1.5
اهواز	2.1	5.7	24	4
ایلام	46	79	1.2	
خرم‌آباد	28	28	48	
شهرکرد	2	23	49	14.2
یاسوج	31	33	13.4	39
الیگودرز	8.2	43	30	15
پل دختر	23.6	41	27	0
کوه‌دش ت	11	30		0.2
بروجرد	14	41		0
جمع		917.2	719	

۳-۸- لایه مرزی و تراز میانی وردسپهر (۱۰ مارس)

در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ناوهای در محدوده دریای سیاه و غرب دریاچه مازندران با گسترش جنوب سو تا شمال دریای سرخ گسترش پیدا کرده و تمام محدوده دریای مدیترانه تا غرب ایران را در بر گرفته است (شکل ۷). با گسترش جنوب سوی این ناوه هوای سرد عرض‌های جنب قطبی به پشت سامانه سودانی فرارفت شده است. این در حالی است که پرفشار عربستان با جابه‌جایی شرق سوی در ساحل شرقی شبه‌جزیره عربستان استقرار پیدا کرده است. این الگوی همبندی استقرار پرفشار عربستان مناسب‌ترین الگو برای فرارفت رطوبت بدرون سامانه سودانی می‌باشد. میدان رطوبتی شکل گرفته در دامنه شرقی کم‌فشار سودان و ضلع غربی سلول پرفشار عربستان نشان‌دهنده این فرارفت رطوبتی از طریق شارواگرا واچرخند عربستان بر روی منطقه است. در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال ناوه خمیده بسیار گسترده و عمیقی با راستای شمال شرقی-جنوب غربی از نزدیک قطب تا جنوب صحرای آفریقا گسترش پیدا کرده است. به دلیل جابه‌جایی و خمیدگی هسته مرکزی عربستان در لایه‌های میانی منطقه مورد مطالعه هنوز در موقعیت مناسبی از جلو ناوه قرار



شکل ۸- ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (برداری) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز ۱۰۰۰ (الف) و ۹۲۵ (ب) هکتوپاسکال در ۱۱ مارس ۲۰۰۵
Figure 8- Geopotential height (contour), wind field (vector), and humidity (shaded) at 1000 (a) and 925 (b) hpa level on March 11, 2005



شکل ۷- ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (برداری) و امگا (سایه‌دار) در تراز ۸۵۰ (الف)، ۷۰۰ (ب) و ۵۰۰ (ج) هکتوپاسکال روز ۱۰ مارس ۲۰۰۵
Figure 7- Geopotential height (contour), wind field (vector), and Omega (shaded) at the level of at 850 (a), 700 (b), and 500 (c) hpa on March 10, 2005

جدول ۶- بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه در ۱۰ مارس ۲۰۰۵
Table 6- Precipitation of the studied stations on March 10, 2005

ایستگاه	20 اسفند 1383 (10 مارس 2005)
تله‌زنگ	23.5
سپیددشت	37
سد دز	7.5
دزفول	3
حرم‌له	3
تنگ‌پنج	35
حسینیه	23.5
الیکودرز	8.2
بروجرد	0
ملایر	3
اهواز	2.1
ایلام	46
خرم‌آباد	28
شهرکرد	2
یاسوج	31
الیکودرز	8.2
پل دختر	23.6
کوه‌دشت	11
بروجرد	14

۳-۱- لایه مرزی و تراز میانی وردسپهر (۱۱ مارس)

همان‌طور که نقشه‌های همدیدی تراز مرزی و لایه میانی نشان می‌دهند از تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال با نفوذ یک ناوه گسترده و عمیق از عرض‌های شمالی بر روی منطقه غربی آسیا و فرارفت سرد حاصل از آن و تریزیک تاوایی مناسب و استقرار این ناوه بر روی زبانه کم‌فشار سودانی که حاوی رطوبت مناسب در لایه زیرین وردسپهر است، زمینه مناسبی برای تشدید جریان‌های هم‌رفتی بر روی منطقه و شکل‌گیری ابرهای هم‌رفتی را فراهم نموده است. نقشه‌های همدیدی تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال منطقه مورد مطالعه در موقعیت بسیار مناسبی از جلو ناوه قرار دارد. میدانی از امگای منفی قوی که بیان‌گر استقرار اوج جریان‌های بالاسوی جلو ناوه است، درست بر روی جنوب غرب ایران استقرار دارد. بالاترین مقدار امگای منفی به بزرگی ۰/۴- پاسکال بر ثانیه کاملاً بر روی منطقه قرار دارد. اوج جریان‌های بالاسوی و هم‌رفتی بر روی منطقه استقرار دارد. با جابه‌جایی شرق سوی هسته مرکزی و اچرخند عربستان و یکنواخت شدن محور قائم آن ناوه در موقعیتی مناسب بر روی حوضه دز قرار دارد. (شکل ۹). جدول ۷ پراکنش بارش را بر روی ایستگاه‌های منتخب در این روز نشان می‌دهد. در ایستگاه‌های بارانسنجی مانند تنگ‌پنج بیش از ۱۲۰ میلی‌متر بارش ثبت شده است. در بیش از پنج ایستگاه بارشی بیش از ۵۰ میلی‌متر ثبت شده است. میدان امگای ترازهای میانی به‌خوبی این پدیده را توجیه می‌نماید.

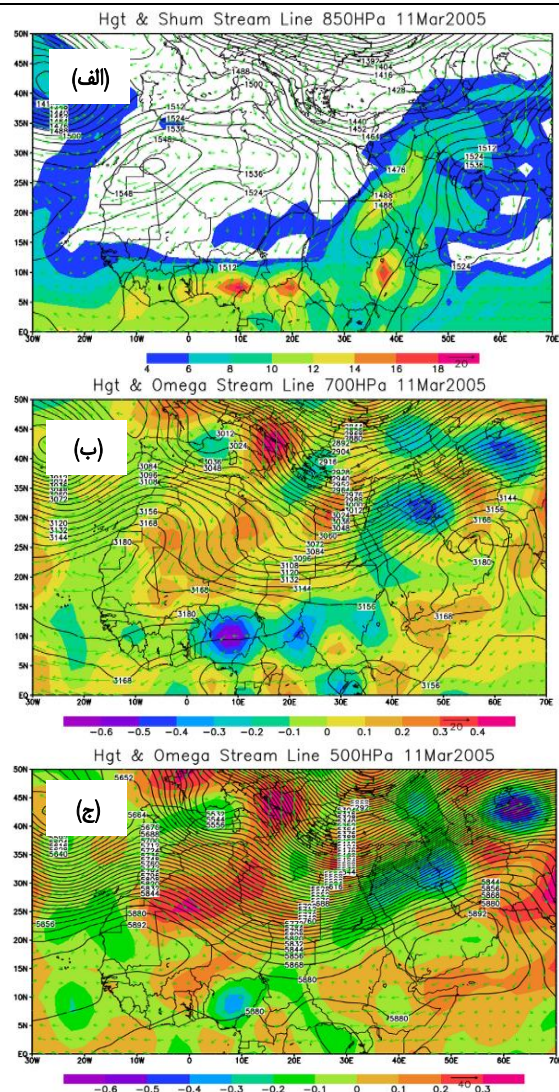
رطوبتی در تمام ترازهای زیرین وردسپهر تا ترازهای میانی به چشم می‌خورد.

جدول ۷- پراکنش بارش بر روی ایستگاه‌های منتخب در ۱۱ مارس ۲۰۰۵
Table 7- Precipitation distribution on selected stations on March 11, 2005

ایستگاه	۱۱ مارس ۲۰۰۵
تله‌زنگ	97.5
سپیددشت	120
سد دز	61.5
دزفول	38
حرمه	37
تنگ‌پنج	120
حسینیه	12.9
الیگودرز	43
بروجرد	41
ملایر	22.6
اهواز	5.7
ایلام	79
خرم‌آباد	28
شهرکرد	23
یاسوج	33
الیگودرز	43
پل دختر	41
کوه‌دشت	30
بروجرد	41

۳-۱۲- لایه مرزی و لایه میانی وردسپهر

در انطباق با لایه زیرین وردسپهر در لایه مرزی نیز زبانه کم‌فشار سودان در همان راستای لایه‌های زیرین از جنوب غرب وارد ایران شده و در همان امتداد تا شمال شرق ایران و آسیای میانه امتداد می‌یابد. در امتداد این زبانه کانالی از رطوبت از روی هسته رطوبتی روی کشور سودان و اتیوپی ضمن تقویت بر روی دریای سرخ وارد بخش غربی شبه‌جزیره عربستان شده و از جنوب غرب وارد ایران شده است. هسته‌ای با نم ویژه ۱۲ تا ۱۴ گرم بر کیلوگرم در بخش شرقی حوضه استقرار دارد. این مقدار رطوبت در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال رطوبت قابل توجهی است. با استقرار سلول واچرخند عربستان در موقعیتی مناسب بر روی بخش شرقی شبه‌جزیره عربستان و دریای عمان با کشیدگی جنوب غربی-شمال شرقی شرایط بسیار مناسبی را برای گسترش جنوب سوی ناوه ترازهای میانی فراهم نموده است. در این روز نیز حوضه دز در موقعیتی مناسب از جلو ناوه قرار دارد. میدان امگای منفی هم‌چنان بر روی حوضه آبریز دز قرار دارد. بزرگی امگا نسبت به روز قبل قدری کاهش یافته است ولی هم‌چنان هسته‌هایی با بزرگی بیش از ۰/۳- تا ۰/۴- پاسکال بر ثانیه بر روی منطقه قرار دارد (شکل ۱۱). جدول ۸ پراکنش بارش این روز را بر روی ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد. هم‌چنان بارش بر روی ایستگاه‌ها شدید و سنگین است. بالاترین مقدار بارش به مقدار ۱۳۲ میلی‌متر از ایستگاه تنگ‌پنج

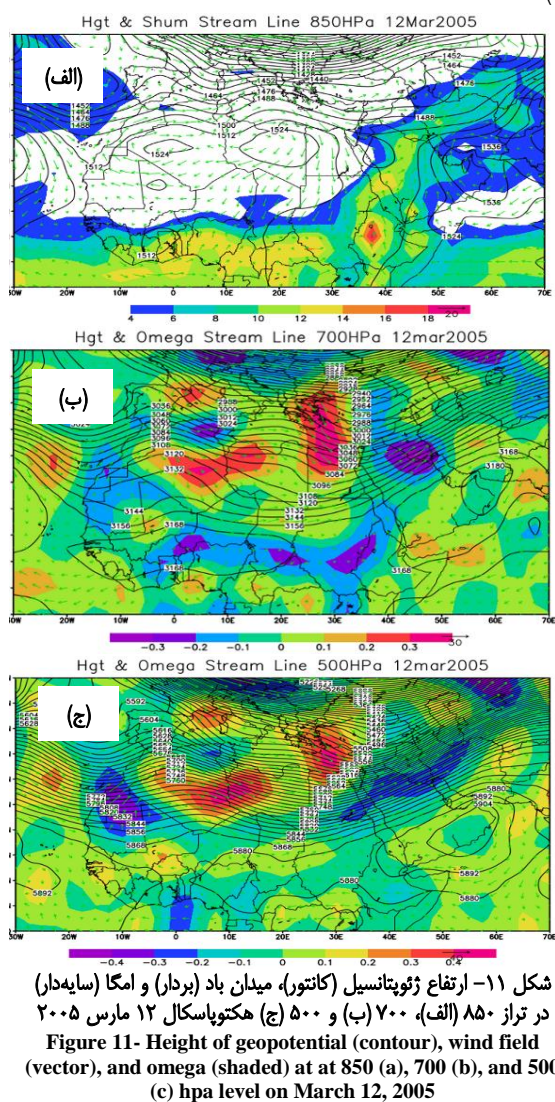


شکل ۹- ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و امگا (سایه‌دار) در تراز ۸۵۰ (الف)، ۷۰۰ (ب) و ۵۰۰ (ج) هکتوپاسکال در ۱۱ مارس ۲۰۰۵
Figure 9- Geopotential height (contour), wind field (vector), and Omega (shaded) at 850 (a), 700 (b), and 500 (c) hpa level on March 11, 2005

۳-۱۱- تراز زیرین وردسپهر (۱۲ مارس)

شکل ۱۰ شرایط همبندی ترازهای زیرین وردسپهر را در روز سوم فعالیت سامانه بارشی منجر به سیل سال ۲۰۰۵ را نشان می‌دهد. به دلیل تداوم استقرار ناوه عمیقی که در طی روزهای گذشته بر روی منطقه غربی آسیا استقرار پیدا کرده بود و این ناوه تمام محدوده قطب تا منطقه حاره را در بر گرفته بود زبانه کم‌فشار سودان با گسترش شمال شرق سوی در زیر ناوه ترازهای میانی در همان راستای جنوب غرب-شمال شرق پس از عبور از میانه کشور ایران تا آسیای میانه امتداد یافته است. در نتیجه رطوبت فرارفت شده از دریاهای جنوبی در همان راستا تا شمال شرق ایران فرارفت شده است. پرفشار عربستان با استقراری مناسب بر روی دریاهای گرم جنوبی به‌عنوان منبع اصلی تغذیه‌کننده رطوبت سامانه هم‌چنان بر روی آب‌های دریای عمان و عرب استقرار دارد. این فرارفت

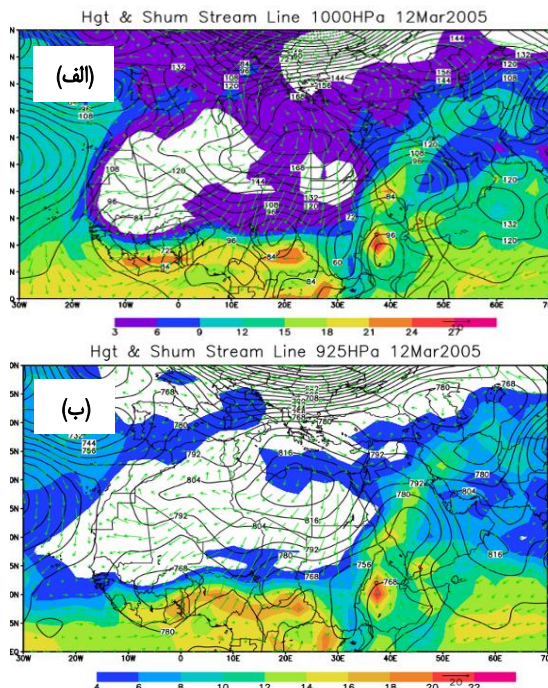
مکعب بر ثانیه طی دوره ۱۳۹۹-۱۳۴۳ است. تقویم زمانی آبدی رودخانه‌دز نشان می‌دهد که کم‌ترین میزان آبدی در مهر بین ۷۳ تا ۷۹ متر مکعب بر ثانیه است. این روند با کاهش دما، کاهش مصرف آب کشاورزی در حوضه‌های بالادست و شروع بارندگی‌های منطقه از اواخر مهر روند افزایشی گرفته و از اواسط آذر میزان آبدی به بالاتر از میانگین سال (۲۴۴ متر مکعب بر ثانیه) می‌رسد. این روند تا پایان بهمن ادامه داشته تا این‌که از اواخر اسفند تا اوایل فروردین به بالاترین مقدار خود (بین ۵۰۰ تا ۶۰۰ متر مکعب) رسیده سپس از اواسط خرداد روند کاهشی آن شروع شده و در پایان شهریور به کم‌ترین مقدار خود می‌رسد. آبدی بلندمدت رودخانه از روز ۱۱۰۰م (۱۰ دی) تا روز ۱۲۶۰م (۲۰ خرداد) میزان آبدی بیش‌تر از میانگین آبدی سالانه است و از حدود ۲۰م خرداد تا ۱۰م دی میزان آبدی از متوسط بلندمدت آبدی رودخانه کم‌تر است (شکل ۱۲).



شکل ۱۱- ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (برداری) و امگا (سایه‌دار) در تراز ۸۵۰ (الف)، ۷۰۰ (ب) و ۵۰۰ (ج) هکتوپاسکال ۱۲ مارس ۲۰۰۵
 Figure 11- Height of geopotential (contour), wind field (vector), and omega (shaded) at at 850 (a), 700 (b), and 500 (c) hpa level on March 12, 2005

بررسی زمانی سیلاب‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد سیلاب‌های سنگین رودخانه‌دز نیز در همین دوره زمانی افتاده

گزارش شده است. در چهار ایستگاه هم‌چنان بارش بیش از ۵۰ میلی‌متر گزارش شده است.



شکل ۱۰- ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (برداری) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز ۱۰۰۰ (الف) و ۹۲۵ (ب) هکتوپاسکال در ۱۲ مارس ۲۰۰۵
 Figure 10- Geopotential height (contour), wind field (vector), and humidity (shaded) at 1000 (a) and 925 (b) hpa level on March 12, 2005

جدول ۸- پراکنش بارش این روز بر روی ایستگاه‌های منتخب در ۱۲ مارس ۲۰۰۵

Table 8- Rainfall distribution of this day on selected stations on March 12, 2005

ایستگاه	۱۲ مارس ۲۰۰۵
تله‌زنگ	44.5
سپیددشت	81
سد دز	35
دزفول	25
حرمه	50
تنگ‌بنج	132
حسینیه	33.9
الیگودرز	30
بروجرد	68
ملایر	28
اهواز	24
ایلام	1.2
خرم‌آباد	48
شهرکرد	49
یاسوج	13.4
الیگودرز	30
پل دختر	27

۳-۱۳- تحلیل آبدی سیلاب‌های انتخابی

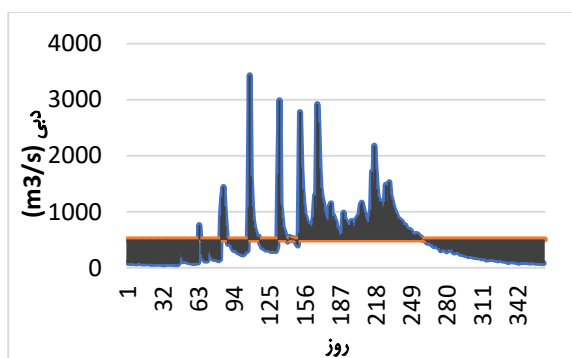
تحلیل هیدروگراف روزانه رودخانه‌دز در ایستگاه تله‌زنگ نشان داد که میزان آورده این رودخانه به‌عنوان ورودی سد دز ۲۴۴ متر

در حوضه کارون بزرگ است که مقادیر آبدهی آن برای اولین بار در ایستگاه پایاب حوضه در سال‌های آماری به ثبت رسیده است (مقدار آبدهی ۴۰۲۲ مترمکعب بر ثانیه در دی) بررسی بارش‌ها و هیدروگراف ساعتی ایستگاه تله‌زنگ نشان می‌دهد که بارش تجمعی در ایستگاه‌های تنگ‌پنج بختیاری، تله‌زنگ در طول بارش‌های منجر به افزایش آبدهی روزانه و آبدهی لحظه‌ای ایستگاه تله‌زنگ به ترتیب برابر با ۱۷۳ و ۲۴۲ میلی‌متر بوده است. مدت زمان تداوم سیلاب نیز حدود ۶۰ ساعت بوده که پس از ۱۷ ساعت تداوم به ثبت رسیده است (شکل ۱۴).

جدول ۱۰- بارش ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه در روز بارشی منجر به

Table 10- Precipitation of stations in the study area on a rainy day leading to flooding

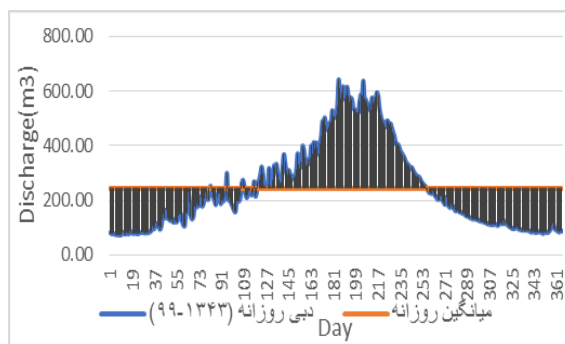
ایستگاه	16 دی 1371 (5 ژانویه 1993)	17 دی 1371 (6 ژانویه ۱۹۹۳)	18 دی 1371 (7 ژانویه 1993)	19 دی 1371 (8 ژانویه 1993)
تله‌زنگ	20	68	85.5	
سد دز	5	46	17	
دزفول	4	50	33	
حرمه	5	10	16	
تنگ‌پنج	17	61	160	4
حسینیه	33	56	95	
الیگودرز		0.6	22	
بروجرد			35	
اهواز	0.4	4.5	13	17
ایلام		16	59	28
خرم‌آباد		16	61	12
شهرکرد		2	26	29
یاسوج	4	12.5	26	78
الیگودرز		0.6	22	17
دزفول		5	26	
بروجرد		7.6		



شکل ۱۳- هیدروگراف روزانه ایستگاه تله‌زنگ سال آبی ۱۳۷۲-۱۳۷۱

Figure 13- Daily hydrograph of Tele Zang Station, Blue Year 1993-1994

است (جدول ۹). با توجه به مقادیر استاندارد شده آبدهی روزانه سیلاب، هفت سیلاب در دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۹ برای بررسی‌های هم‌دید انتخاب شد.



شکل ۱۲- هیدروگراف روزانه رودخانه دز ایستگاه تله‌زنگ (۱۳۹۹-۱۳۳۳)

Figure 12- Daily hydrograph of Dez river at Tele Zang station (1964-2020)

جدول ۹- سیلاب‌های سنگین منتخب در حوضه دز در دوره آماری

Table 9- Selected heavy floods in the Dez basin in the statistical period

تاریخ شمسی	تاریخ میلادی	آبدهی سیلاب (مترمکعب بر ثانیه)	سیلاب استاندارد شده (مترمکعب بر ثانیه)
1371/10/17	1993/01/07	4022	5.8
1383/12/22	2005/03/12	8554	10.62

۳-۱۴- سیلاب تاریخ ۱۳۷۱/۱۰/۱۷ شمسی (۱۹۹۳/۱۸ میلادی)

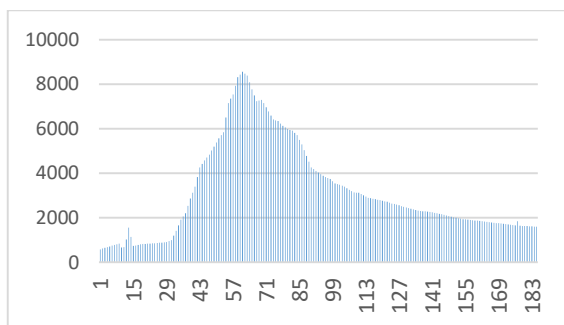
این سیلاب نتیجه سامانه‌الگوی ادغامی کم‌فشار سودان-مدیترانه و واچرخند آזור است. این سامانه یک سامانه چهار روزه است. پراکنش بارش این سامانه بر روی ایستگاه‌های انتخابی در بالادست و پایین‌دست حوضه آبریز در جدول ۱۰ آمده است. با وجود این که در روز اول فعالیت سامانه نیز بارش‌های شدیدی به‌ویژه در ایستگاه‌های تله‌زنگ، حسینیه و تنگ‌پنج حوضه رخ داده است ولی اوج بارش سامانه در ۱۸ دی یا ۷ ژانویه اتفاق افتاده است. در این روز در ایستگاه‌هایی مانند تنگ‌پنج به بیش از ۱۶۰ میلی‌متر رسیده است. ایستگاه تله‌زنگ که آبدهی سیل این ایستگاه در نمودار برای ۱۸ دی ترسیم شده است، در ۱۷ دی ۶۸ میلی‌متر و در ۱۸ دی ۸۵/۵ میلی‌متر بارش دریافت کرده است. سال آبی ۱۳۷۱-۷۲ یکی از پرآب‌ترین سال‌های آبی ایران در دوره ۱۴۰۰-۱۳۴۳ بوده است. متوسط آبدهی این سال برابر با ۵۰۳ متر مکعب بر ثانیه کمی بیش از دو برابر آبدهی بلندمدت (۲۴۴ متر مکعب بر ثانیه) است (شکل ۱۳). بر اساس شاخص سیلاب استاندارد، سال ۱۳۷۱ دارای چندین سیلاب است که سیلاب ۱۸ دی با آبدهی ۴۰۲۲ مترمکعب بر ثانیه و مقدار استاندارد (SFI=7) بزرگ‌ترین آن‌هاست. جهت بررسی سیلاب‌های مذکور آب‌نمود روزانه آبدهی سال آبی ۱۳۷۱-۷۲ ترسیم شد. آب‌نمود سال آبی مذکور از جمله آب‌نمودهای چندقله‌ای

نشان می‌دهد که مدت تداوم بارش روزانه ایستگاه‌های شاخص پنج روز و میزان تجمع آن در سه ایستگاه تنگ‌پنج و تله‌زنگ به ترتیب برابر با ۲۹۵ و ۱۷۷ میلی‌متر بوده است. مدت زمان تداوم سیلاب نیز حدود ۱۸۳ ساعت و آبدهی اوج سیلاب لحظه‌ای ایستگاه تله‌زنگ برابر با ۸۵۵۶ متر مکعب در ثانیه بوده است. علاوه بر آن مدت زمان اوج سیلاب ۳۱ ساعت (از ساعت ۱۳:۱ تا ساعت ۱۶:۲) است (شکل ۱۶، جدول ۱۱).

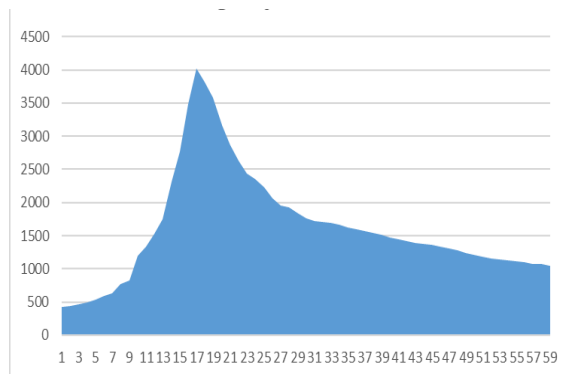
جدول ۱۱- بارش سیلاب ۱۳۸۳/۱۲/۲۲ شمسی (۲۰۰۵/۳/۱۲) در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

Table 11- Flood rainfall on 22/12/1383 (12/03/2005) in the stations of the study area

ایستگاه	20 اسفند 1383 (10)	21 اسفند 1383 (11)	22 اسفند 1383 (12)	23 اسفند 1383 (13)
تله‌زنگ	23.5	97.5	44.5	10
سپیددشت	37	120	81	9
سد دز	7.5	61.5	35	8.2
دزفول	3	38	25	2
حرم‌له	3	37	50	0
تنگ‌پنج	35	120	132	7
حسینیه	23.5	12.9	33.9	6.4
الیگودرز	8.2	43	30	34
بروجرد	0	41	68	0.6
ملایر	3	22.6	28	1.5
اهواز	2.1	5.7	24	4
ایلام	46	79	1.2	
خرم‌آباد	28	28	48	
شهرکرد	2	23	49	14.2
یاسوج	31	33	13.4	39
الیگودرز	8.2	43	30	15
پل دختر	23.6	41	27	0
کوه‌دشت	11	30	0.2	
بروجرد	14	41	0	
جمع		917.2	719	



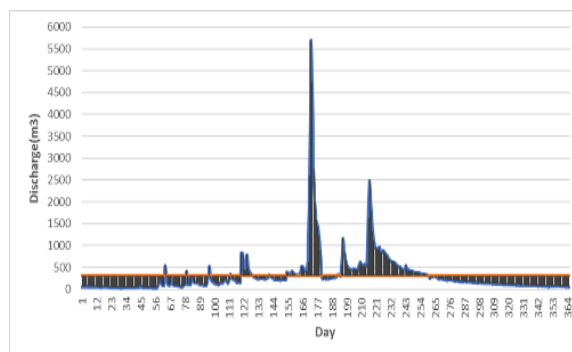
شکل ۱۶- هیدروگراف ساعتی سیلاب ۱۳۸۳/۱۲/۲۲ ایستگاه تله‌زنگ
Figure 16- Hourly flood hydrograph on 12/03/2005 Tel Zang station



شکل ۱۴- هیدروگراف ساعتی سیلاب ۱۳۷۱/۱۰/۱۷ ایستگاه تله‌زنگ
Figure 14- Hourly flood hydrograph on 07/01/1993 Tel Zang station

۳-۱۵- سیلاب ۱۳۸۳/۱۲/۲۲ شمسی (۲۰۰۵/۳/۱۲)

این سیلاب نتیجه سامانه الگوی کم‌فشار سودان و اچرخند عربستان است. این سامانه یک سامانه چهار روزه بوده که از ۲۰ اسفند ۱۳۸۳ شروع شده و در ۲۳ اسفند از سطح حوضه خارج شده است. روز دوم فعالیت حوضه مقادیر بارش در ایستگاه‌ها به بالاترین مقدار خود رسیده است. در ایستگاه سپیددشت و تنگ‌پنج مقدار بارش به بیش از ۱۲۰ میلی‌متر رسیده است. در روز بعد نیز در این دو ایستگاه ۸۱ و ۱۳۲ میلی‌متر بارش ثبت شده است. سال آبی ۸۴-۱۳۸۳ با متوسط آبدهی سالانه ۳۱۱ متر مکعب بر ثانیه نسبت به میانگین بلندمدت آبدهی رودخانه دز (۲۴۴ متر مکعب) سال نسبتاً پربابی است. این سال آبی با شاخص استاندارد ۱۰/۶۲ و آبدهی لحظه‌ای ۸۵۵۶ متر مکعب بر ثانیه جزء سیلاب‌های بزرگ رودخانه دز در ایستگاه تله‌زنگ محسوب می‌شود. تحلیل هیدروگراف روزانه این سیلاب بیان‌گر این است که این سال آبی تا روز ۱۵۵ ام سال آبی (۱۵ بهمن ماه) به‌جز در روزهای ۶ و ۷، ۸، ۱۱ تا ۱۲ ام دارای آبدهی کم‌تر از میانگین بوده است. از ۱۵ بهمن روند افزایش آبدهی شروع شده است و در روزهای ۱۵۵ ام تا ۲۵۴ ام به‌مدت ۹۹ روز بیش‌تر از میانگین سالانه تداوم داشته است. آبدهی روزانه ۲۲ ام اسفند با مقدار روزانه ۵۵۶۲ متر مکعب به اوج رسیده است. (شکل ۱۵). بررسی بارش‌های و هیدروگراف ساعتی ایستگاه تله‌زنگ



شکل ۱۵- هیدروگراف روزانه ایستگاه تله‌زنگ سال آبی ۸۴-۱۳۸۳
Figure 15- Daily hydrograph of Tele Zang station in water year 2005-2006

جدول ۱۳- مشخصات سیل‌های انتخابی از نظر مدت زمان شروع و خاتمه
Table 13- Characteristics of selected floods in terms of start and end time

تاریخ	زمان شروع	زمان خاتمه	مدت سیل
دی ۱۳۷۱	ساعت ۰ روز ۱۳ دی	ساعت ۲۴ روز ۱۹ دی	۷ روز
اسفند ۱۳۸۳	ساعت ۰ روز ۱۶ بهمن	ساعت ۲۴ روز ۲۱ بهمن	۶ روز

همان‌طور که دیده می‌شود نمونه بارش فوق سنگین سامانه دی ۱۳۷۱، سه روز تداوم داشته است و سامانه اسفند ۱۳۸۳ به مدت چهار روز تداوم داشته است. البته همان‌طور که بیان شد در برخی از سامانه‌ها روزهای قبل یا پس از پایان دوره فعالیت سامانه اصلی بارش‌های پراکنده‌ای حتی با شدت زیاد در برخی از ایستگاه‌ها ثبت شده است. ولی این بارش‌های پراکنده را به عنوان بارش‌های محلی قلمداد شده است. نتایج این بررسی با مطالعات (Mohammadi et al., 2021; Mohammadi and Lashkari, 2018) هم‌خوانی دارد.

۴- نتیجه‌گیری

جابه‌جایی شرق سوی پرفشار عربستان و گسترش جنوب سوی قابل توجه ناوه مدیترانه‌ای و تشکیل یک مرکز کم‌ارتفاع بریده بر روی عراق مناسب‌ترین الگو برای بارش‌های ابر سنگین حوضه دز است. با بررسی لایه میانی وردسپهر در تمام سامانه‌های منجر به سیل ۱۹۹۳ و ۲۰۰۵ ملاحظه شد که سلول واچرخند عربستان با جابه‌جایی شرق سوی بر روی دریاهای عرب و عمان و شرق شبه‌جزیره عربستان استقرار داشته است. در همین شرایط ناوه بسیار عمیقی در غرب ایران شکل گرفته است که انتهای جنوبی ناوه تا جنوب سودان و شمال اتیوپی گسترش داشته است. گسترش شمال سوی پشته پرفشار آزور و ایجاد یک سامانه بندالی بر روی غرب اروپا مناسب‌ترین الگو برای ماندگاری سامانه‌های بارشی سیل آسا است و روند افزایشی رواناب سطحی نسبت به افزایش شدت بارش‌ها روند تصاعدی دارد. در بررسی دبی سیل سامانه‌های بارشی فوق سنگین ملاحظه شد که در تمام سامانه‌های بارشی منتخب دبی اوج سیلاب‌ها با تأخیری ۱۲ تا ۲۴ ساعته از روز اوج بارش‌های سامانه، دبی بسیار شدیدی را ایجاد کرده‌اند. به طوری که سیل ۲۰۰۵ با دبی اوج ۸۵۵۶ متر مکعب بر ثانیه و سیل ۱۹۹۳ با دبی اوج ۴۰۲۲ متر مکعب بر ثانیه از جمله سیل‌های بسیار سنگین بوده‌اند. مقادیر دبی به دلیل بارش‌های فوق سنگین کوتاه‌مدت با شدت‌های بیش از ۱۶۰ تا ۱۲۰ میلی‌متر در برخی از ایستگاه‌ها به صورت تصاعد هندسی در ایستگاه‌های هیدرومتری ثبت شده‌اند.

در تمام سیلاب‌های شدید اتفاق افتاده در طول دوره آماری چند ویژگی همیدی در تمام بارش‌های فوق سنگین تکرار شده است. در تمام سامانه‌های منجر به بارش‌های سنگین سامانه سودانی در لایه زیرین وردسپهر با گسترش شمال و شمال شرق سوی عامل اصلی فرارفت رطوبتی بر روی حوضه بوده است. این سامانه با توجه به ویژگی حرارتی مستعد دریافت رطوبت قابل ملاحظه‌ای از دریاهای گرم اطراف بوده است. این سامانه در بیش‌تر سامانه‌های انتقالی به صورت مستقل و در تعداد کم‌تری در حالت ادغام شده با سامانه مدیترانه‌ای شرایط لازم برای ایجاد ناپایداری‌های سطحی را فراهم نموده است. در تمام سامانه‌های منجر به بارش سنگین سامانه واچرخندی در تراز زیرین وردسپهر در حالت ادغام شده با زبانه پرفشار سبیری نقش اساسی را در فرارفت رطوبت دریاهای گرم عرب و عمان در گردشی واچرخندی بدرون سامانه سودانی داشته است. به همین دلیل در تمام سامانه‌های انتخابی هسته بسیار مرطوبی بر روی کشورهای سودان و اتیوپی تشکیل شده بود. این رطوبت در لایه زیرین وردسپهر به وسیله سامانه سودانی پس از تقویت بر روی دریای سرخ بر روی حوضه فرارفت شده است. در نمونه‌های انتخابی در لایه میانی وردسپهر با جابه‌جایی شرق سوی بر روی دریای عمان و شرق شبه‌جزیره عربستان شرایط مناسبی را برای گسترش جنوب سوی ناوه مدیترانه فراهم نموده است. در نتیجه در تمام سامانه‌های بررسی شده ناوه عمیقی در غرب آسیا بر روی غرب ایران و عراق شکل گرفته است. با عمیق شدن ناوه بر روی این منطقه و فرارفت تاوایی مناسب میدان‌های گسترده‌ای با امگای منفی بر روی حوضه آبریز شکل گرفته است. وجود این جریان‌های بالا سوی قوی و وجود رطوبت فراوان فرارفت شده در لایه زیرین وردسپهر جریان‌های هم‌رفتی شدید بر روی حوضه شکل گرفته است. در دو سامانه بارشی واچرخند آفریقا بر روی کشورهای لیبی و الجزایر استقرار دارد. در سامانه‌های سیل‌زا پشته‌ای از این واچرخند با گسترش شمال سوی تمام بخش‌های مدیترانه مرکزی و شرق اروپا سبب تشدید جریان‌های شمالی در شرق مدیترانه و غرب عراق شده است. این جریان‌های شمالی با فرارفت سرد جنب قطبی و فرارفت تاوایی مناسب سبب ایجاد شیو دمایی و ژئوپتانسیلی در غرب آسیا شده است. جدول‌های ۱۲ و ۱۳ مشخصات سیل‌های انتخابی را نشان می‌دهد.

جدول ۱۲- مشخصات سیل‌های انتخابی از جهت تداوم و آبدهی
Table 12- Characteristics of selected floods in terms of continuity and discharge

تاریخ	دوره فعالیت سامانه (روز)	آبدهی اوج (متر مکعب در ثانیه)	تداوم سیلاب (ساعت)	زمان اوج (ساعت)	تأثیر بر آبدهی (کل روز)
۱۳۸۳	۴	۸۵۵۶	۱۸۳	۳۱	۹۹
۱۳۷۱	۳	۴۰۲۲	۶۰	۱۷	۰

سپاسگزاری

از سازمان آب و برق خوزستان، دفتر پژوهش‌های کاربردی و سازمان هواشناسی ایران که اطلاعات مورد نیاز این پژوهش که مستخرج از

رساله دکتری نویسنده اول است، را در اختیار نویسندگان قرار دادند، سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- جهانبخش، سعید، اشرفی، سعیده، و عساکره، حسین (۱۴۰۰). بررسی تغییرات دهه‌ای سامانه باران‌زا مؤثر بر حوضه آبخیز رود زرد. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۵(۷۵)، ۱۰۱-۱۱۲. doi:10.22034/gp.2021.10842
- حبیبی، فریده (۱۳۸۵). تحلیل همدیدی-دینامیکی سامانه‌های بندالی، روش تشخیص سامانه‌ی بندالی و تأثیر آن روی ایران. *فیزیک زمین و فضا*، ۹۴، ۶۹-۸۹. dor: 20.1001.1.2538371.1385.32.3.6.6
- رضایی بنفشه، مجد، جعفری شندی، فاطمه، حسینعلی پورجزی، فرشته (۱۳۹۹). واکاوی سینوپتیکی الگوهای فشار مرتبط با بلاکینگ‌های مؤثر بر رخداد بارش‌های مداوم و سنگین تبریز (طی سال‌های ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۳). *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۴(۷۱)، ۱۰۵-۱۲۳.
- علیچانی، بهلول، و هوشیار، محمود (۱۳۸۷). شناسایی الگوهای سینوپتیکی سرماهای شدید شمال غرب ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۶۵، ۱-۶.
- لشکری، حسن (۱۳۸۱). مسیریابی سیستم‌های کم‌فشار سودانی وارد ایران. *علوم انسانی مدرس*، ۲(۶)، ۱۳۳-۱۵۶.
- لشکری، حسن (۱۳۸۲). مکانیسم تشکیل، تقویت و توسعه مرکز کم‌فشار سودان و نقش آن بر بارندگی در جنوب و جنوب غرب ایران. *تحقیقات جغرافیایی*، ۴۶، ۵۲-۸۸.
- محمدرضایی، مریم، سلطانی، سعید، و مدرس، رضا (۱۴۰۱). تأثیر شاخص‌های دمایی انسو بر خشکسالی هواشناسی در نیمه غربی
- ایران. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۲(۲)، ۱۳-۲۷. doi:10.22098/mmws.2022.9632.1053
- محمدی، بختیار، و مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۸۹). تحلیل همدید بارش‌های سنگین ایران - مطالعه موردی آبان‌ماه (۱۳۷۳). *جغرافیا و توسعه*، ۱۹(۸)، ۴۷-۷۰. doi:10.22111/gdij.2010.1108
- محمدی، زینب، و لشکری، حسن (۱۳۹۷). نقش جابه‌جایی مکانی پر فشار عربستان و رودباد جنب حاره‌ای در الگوهای همدیدی و ترمودینامیکی ترسالی‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۰(۳)، ۴۹۱-۵۰۹. doi:10.22059/jphgr.2018.249422.1007165
- محمدی، فهیمه، و لشکری، حسن (۱۳۹۸). بررسی تغییرات بارش سامانه کم فشار سودان طی روند تاریخی در منطقه جنوب غرب ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۱۵(۲)، ۳۷۳-۳۸۷. doi:10.22059/jphgr.2019.272706.1007323
- محمودی بابلان، سجاد، نسترنی عموقین، سعید، و رسول‌زاده، علی (۱۴۰۱). ارزیابی محصولات بارش ماهواره‌ای برای تخمین رویدادهای بارشی سنگین در نوار ساحلی دریای خزر. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۲(۴)، ۱۰۷-۱۲۲. doi:10.22098/mmws.2022.11147.1102
- مسعودیان، سید ابوالفضل، و کارساز، سکینه (۱۳۹۲). تحلیل همدیدی الگوهای ضخامت بارندگی‌های شدید در منطقه زاگرس جنوبی. *جغرافیا و توسعه*، ۱۲(۳۷)، ۱۵-۲۷. doi:10.22111/gdij.2015.1816

References

- Alijani, B., & Houshyar, M. (2008). synoptic origin of cold temperatures over the northwest of Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 40(65), 1-16.
- Habibi, F. (2010). Synoptic-dynamic analysis of bandal systems, method of diagnosing bandal system and its effect on Iran. *Earth and Space Physics*, 94, 69-89. dor: 20.1001.1.2538371.1385.32.3.6.6 [In Persian]
- Jahanbakhsh, S., Ashrafi, S., & Asakareh, H. (2021). Examining decadal changes in cyclones associated with precipitation in the Zard Rud basin. *Geography and Planning*, 25(75), 101-112. doi:10.22034/gp.2021.10842 [In Persian]
- Lana, A. (2007). Atmospheric patterns for heavy rain events in the Balearic island. *International Journal of Climatology*, 12, 27-32. doi:10.5194/adgeo-12-27-2007
- Lashkari, H. (2002). Routing Sudanese low pressure systems entering Iran. *Human Sciences Modares*, 6(2), 133-156. [In Persian]
- Lashkari, H. (2003). Mechanism of formation, strengthening and development of Sudan low pressure center and its role on rainfall in South and Southwest of Iran. *Geographical Research Quarterly*, 46, 52-88. [In Persian]
- Mahmoudi Babolan, S., Nastarani Amoghini, S., & Rasoulzadeh, A. (2022). Evaluation of satellite precipitation products for estimating heavy precipitation in the Caspian coast. *Water and Soil Management and Modeling*, 2(4), 107-122. doi:10.22098/mmws.2022.11147.1102 [In Persian]
- Masoodian, S.A., & Karsaz, S. (2014). Synoptic analysis of thickness patterns at the time of heavy and extensive precipitations of south Zagros Area. *Geography and Development*, 12(37), 15-27. doi:10.22111/gdij.2015.1816 [In Persian]

- Moazami, S., Golian, S., Hong, Y., Sheng, C., & Kavianpour, M.R. (2016). Comprehensive evaluation of four high-resolution satellite precipitation products under diverse climate conditions in Iran. *Hydrological Sciences Journal*, 61(2), 420-440. doi:10.1080/02626667.2014.987675
- Mohammad Rezaei, M., Soltani, S., & Modares, R. (2022). The effect of Enso temperature indices on meteorological drought in the western half of Iran. *Soil and Water Modeling and Management*, 2(2), 13-27. doi:10.22098/mmws.2022.9632.1053 [In Persian]
- Mohammadi, B., & Massodiyani, S.A. (2010). Synoptic analysis of heavy precipitation events in Iran. *Geography and Development*, 8(19), 47-70. doi:10.22111/gdij.2010.1108 [In Persian]
- Mohammadi, Z., Lashkari, H., & Mohammadi, M. S. (2021). Synoptic analysis and core situations of Arabian anticyclone in shortest period precipitation in the south and southwest of Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(12), 1-18. doi:10.1007/s12517-021-07572-8
- Mohammadi, F., & Lashkari, H. (2019). Investigation of rainfall variation of Sudan low during the historical process in southwestern Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 51(2), 373-387. doi: 10.22059/jphgr.2019.272706.1007323 [In Persian]
- Mohammadi, Z., & Lashkari, H. (2018). Effects of spatial movement of Arabia Subtropical high pressure and subtropical jet on synoptic and thermodynamic patterns of intense wet years in the south and south west Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 50(3), 491-509. doi:10.22059/jphgr.2018.249422.1007165 [In Persian]
- Paz, S., & Kutiel, H. (2003). Rainfall regime uncertainty (RRU) in an Eastern Mediterranean region- A methodological approach. *Israel Journal of Earth Sciences*, 47-52. doi: 10.1560/J8DJ-7VJC-CTD1-ME3H
- Rezaei Banafsheh, M., Jafari Shandi, F., & Hossein Ali Pourjazi, F. (2019). Synoptic analysis of pressure patterns related to blockings affecting the occurrence of continuous and heavy rains in Tabriz (during the years 1951 to 2013). *Geography and Planning*, 24(71), 105-123. [In Persian]
- Tsvieli, Y., & Zangvil, A. (2005). Synoptic Climatological Analysis of wet and dry Red Sea Troughs Over Israel. *International Journal of Climatology*, 25, 1997-2015. doi: 10.1002/joc.1232