

**Identification and analysis of sea level pressure patterns of heavy and pervasive precipitations autumn season in the western part of Iran**

Ali Sadeghi<sup>1</sup>, Farshad Pazhoh<sup>2</sup>, Mohammad Rezaei<sup>3</sup>

1- Associate Professor of Humanities and Social Sciences, Farhangian University, Tehran, Iran.

2- PhD in Climatology, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

3- PhD in Climatology, Faculty of Literature and Human Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

**Received: 04 May 2021**

**Accepted: 06 March 2022**

**Extended Abstract**

**Introduction**

One of the important branches of synoptic climatology is identifying the extreme states of environmental features, such as severe storms and especially heavy rains and floods (Alijani et al., 2008, 107). Flood is the most common environmental damage. Every year, floods kill more than 2000 people and unfortunately affect 75 million of the world's population (Mohammadi and Masoudian, 2008, 70). Flood is considered as one of the most important natural disasters in our country, and what makes this natural disaster a disaster is the lack of awareness to deal with its consequences and prevent the adverse effects of natural events on the pillars of economic and environmental well-being. Therefore, since heavy and torrential rains are dangerous and damaging environmental phenomena that occur in most places, especially in areas with little rain, and cause a lot of damage, identifying the synoptic conditions that cause these rains can help in predicting the time of occurrence and implementing the necessary preparations.

**Methodology**

In this study, two categories of ground and upper atmosphere data are used as follows:

A) Use of daily rainfall data from October to December for 22 stations located in Kurdistan, Kermanshah, Hamedan, Lorestan and Ilam provinces, which were obtained from the National Meteorological Organization during the statistical period of 1991 to 2019.

B) Using high-level data. Includes reprocessed data for components of geopotential height, sea level pressure, zonal wind, meridional wind, specific humidity, and omega obtained from the US Environmental Prediction Database. The spatial resolution of this data is 2.5 by 2.5 arc degrees. TRMM satellite data with a spatial resolution of 1 x 1 degree was also used to analyze rainfall and runoff. To perform synoptic analysis, the environmental to circulation method has been used; In this way, first, the days of heavy rains were identified with the 98% percentile method, and then their synoptic dimensions in the space between 10 to 70 degrees north latitude and 0 to 80 degrees east longitude were investigated. By considering and applying the two conditions of rainfall threshold greater than 98 percent and covering more than 50 percent on the daily rainfall data of the autumn season (September 23 to December 21) during the period from 1991 to 2019 at

---

. Corresponding Author (Email: : a.sadeghi@cfu.ac.ir)

selected stations in the western provinces of Iran, 20 days super heavy rain was extracted. The amount of precipitation on the mentioned days ranges from 22 to 81 mm; which shows the lower intensity of heavy rains in the autumn season compared to the winter season of the region. In this research, using the obtained data, maps of sea level pressure, combination of geopotential height and Omega, humidity advection, jet stream, precipitation rate, runoff and profile have been drawn and analyzed using Grads software. In the next step, in order to classify the patterns of sea level pressure on the days of heavy rain, the s-mode cluster analysis method was carried out using Euclidean distance and Ward technique.

## **Results and Discussion**

Figure 2 shows the clustering tree of sea level pressure data during the days of heavy and pervasive rainfall in the western half of Iran. In this research, s-state cluster analysis method with Ward integration technique was used to classify pressure patterns during days of heavy rain. The obtained patterns were also checked by visual method and trial and error in order to select the best classes with the least intra-group difference and the most extra-group differences and changes. Finally, after the investigations, 4 pressure patterns were identified. But in this research, due to the similarity of patterns and the large number of maps, 3 final patterns were selected for analysis. The identified patterns are the first pattern of multi-core low pressures (Sudanese, Mediterranean and Saudi) with 8 days, the second pattern of Sudanese low pressure with 8 days and the third pattern of North European-Atlas, Mediterranean and Sudanese low pressures with 4 days (Table 1). In terms of time, the months of November, December and October have the highest number of rainy days. The slope of the heavy rainfall trend in all stations except Ilam shows a slight increasing trend. Only Ilam station has experienced a weak negative trend of heavy rainfall. This behavior of the trend of heavy rain actually indicates the increase of flood rains in this region of the country in the autumn season. Based on the frequency of days of heavy rain, the selected stations of Sanandaj and Hamedan are equal to each other with 26 days of heavy rain, Kermanshah and Khorramabad stations with 24 days and Ilam with 15 days. It can be seen that there is a slight difference between the stations in terms of the occurrence of this extreme and risky phenomenon, which can be an indication of the effects of circulation patterns on a synoptic scale that have created these conditions.

## **Conclusion**

The statistical analysis of the days of heavy rain in the western part of Iran in the autumn season showed that the months of November, December and October have the most frequent days of heavy rain. Most of the stations in the region experience a weak positive trend of heavy rainfall on an annual scale, which indicates an increase in the occurrence of such extreme events in the autumn season of the last few years. Based on the 98% percentile threshold, the frequency of rainy days in the selected stations ranges from 15 to 26 days, and there is a slight difference between the stations in this regard. For the synoptic section, after classifying the sea level pressure patterns by cluster analysis method, a visual inspection of the pressure maps from a few days before the peak of rainfall was done to ensure the type of pressure systems and their main origin. Finally, after the investigations, 3 final patterns of super heavy rainfall in the west of the country during the autumn season were identified. The results of the analysis of sea level pressure patterns showed that in the first pattern, multi-core low pressure centers are located over the Middle East. In the second pattern, we see extensive changes in the pressure values in the Northern Hemisphere, in such a way that the Siberian high pressure with an east-west movement covers all of Russia, East and Central Europe, and North-East Africa, It has not allowed the penetration of low pressure systems from the Mediterranean and Europe, and in this case, only the Sudanese low pressure entered the studied area after passing through the Red Sea and Arabia from the south-west and south of Iran. But in the third pattern, the pressure changes in the Northern Hemisphere are the opposite of the other patterns, so that since the days before the peak of rainfall, the closed low pressure center from the north of the Atlantic Ocean has started to advance eastward and with the extension of its tongues on the southern latitudes, created the secondary Mediterranean low pressure in the west of this sea, and on the day of peak rainfall, it is

located in the east of the sea, or it merges with the low pressure tongue of the North Atlantic, and it covers the western region of the country in a unified manner with the closed low pressure of Sudan and Arabia.

**Keywords:** Super Heavy Rainfall, Cluster Analysis, Synoptic Analysis, Trough, Western Half of Iran



## شناسایی و تحلیل الگوهای فشار تراز دریای بارش‌های سنگین و فراگیر فصل پاییز نیمه غربی ایران

علی صادقی<sup>۱</sup> دانشیار گروه علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.  
فرشاد پژوه- دکتری اقلیم شناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.  
محمد رضایی- دکتری اقلیم شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۷

### چکیده

بارش‌های سیل‌آسا به دلیل ناگهانی بودن آن خسارات سنگینی در بخش‌های مختلف تأسیسات زیربنایی، عمرانی و کشاورزی برای مناطق مختلف کشورمان به‌ویژه مناطق پر بارش به بار می‌آورند. در پژوهش حاضر به شناسایی الگوهای فشار تراز دریا و تحلیل شرایط هم‌دید و ترمودینامیک روزهای بارش ابرسنگین در نیمه غربی ایران پرداخته شده است. بدین منظور ابتدا با استفاده از داده‌های ایستگاه زمینی و در نظر گرفتن دو شرط آستانه بارش بالاتر از صدک ۹۸ درصد و فراگیری بیش از ۵۰ درصد، ۲۰ روز بارش ابرسنگین طی فصل پاییز دوره آماری ۱۹۹۱-۲۰۱۹ استخراج شد. داده‌های فشار تراز دریا بر روی یاخته‌هایی ۲/۵ در ۲/۵ درجه‌ی قوسی در ۱۰ تا ۷۰ درجه‌ی عرض شمالی و ۰ تا ۸۰ درجه‌ی طول شرقی از مرکز جوی- اقیانوسی آمریکا (NCEP/NCAR) استخراج شدند. بر روی ماتریس هم‌پراش داده‌های فشار تراز دریا در ۲۰ روز بارش ابرسنگین، تحلیل خوشه‌ای با روش ادغام وارد انجام شد و بعد از تحلیل چشمی در نهایت ۳ الگوی هم‌دید فشار هنگام رخداد بارش‌های ابرسنگین پاییزه در نیمه غربی کشور مشاهده شد. نتایج حاصل از تحلیل هم‌دید نقشه‌ها نشان داد که به هنگام رخداد بارش‌های ابرسنگین، در تراز دریا از یک‌سو با گسترش مراکز کم‌فشار از سمت جنوب دریای سرخ و شرق آفریقا، مدیترانه، عرض‌های شمالی اقیانوس اطلس و اروپا و از سوی دیگر بانفوذ زبانه‌هایی از پرفشارهای سرد مستقر بر روی سیبری، فلات تبت- هیمالیا، اروپا و روسیه باعث شکل‌گیری مناطق جبهه‌زایی فعال و به تبع آن شیو فشاری شدید در خاورمیانه و نیمه غربی ایران شده و منجر به رخداد روزهای بارش ابرسنگین در منطقه مورد مطالعه گردیده است. نتایج حاصل از تحلیل نقشه‌های ترکیبی وزش رطوبت و ارتفاع ژئوپتانسیل نشان داد که با گسترش ناوهای عمیق از عرض‌های فوقانی و نفوذ آن تا عرض‌های جنوبی و استقرار بر روی منابع رطوبتی شرایط را برای تزریق رطوبت در ترازهای زیرین جو (۷۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال) از منابع آبی عرب، عمان و خلیج فارس و در ترازهای میانی جو (۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال) با مداری شدن جریان‌های جوی از منابع آبی مدیترانه و سرخ به سمت نیمه غربی کشور را فراهم کرده‌اند.

**واژگان کلیدی:** بارش ابرسنگین، تحلیل خوشه‌ای، تحلیل هم‌دید، ناوه، نیمه غربی ایران.

## مقدمه

یکی از شاخه‌های مهم علم اقلیم‌شناسی سینوپتیک، شناسایی حالت‌های فرین ویژگی‌های محیطی، مانند طوفان‌های شدید و به‌ویژه بارش‌های سنگین و سیل‌آسا است (Alijani et al, 2008: 107). سیل معمولی‌ترین خسارت محیطی است. هر ساله سیلاب‌ها بیش از ۲۰۰۰ نفر را از بین می‌برند و متأسفانه بر ۷۵ میلیون نفر از جمعیت مردم جهان تأثیر می‌گذارد (محمدی و مسعودیان، ۱۳۸۸: ۷۰). سیل به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی در کشور ما مطرح است و آنچه از این بلای طبیعی فاجعه می‌سازد عدم آگاهی برای مقابله با عواقب آن و پیشگیری از تأثیر سوء وقایع طبیعی بر ارکان اقتصادی و محیطی است؛ بنابراین از آنجایی که بارش‌های سنگین و سیل‌آسا از پدیده‌های خطرناک و خسارت‌بار محیطی هستند که در بیشتر مکان‌ها به‌ویژه در مناطق کم باران اتفاق می‌افتند و خسارات زیادی را سبب می‌شوند، شناسایی شرایط سینوپتیک به وجود آورنده این بارش‌ها می‌تواند در پیش‌بینی زمان وقوع و اجرای آمادگی لازم کمک کند.

## مبانی نظری

بارش پدیده حاصل از ارتباطی پیچیده در جو زمین است. در میان رویدادهای اقلیمی، با توجه به نقش حیاتی آن اهمیت ویژه‌ای دارد و نسبت به پدیده‌های اقلیمی دیگر از پیچیدگی رفتاری چشمگیرتری برخوردار است. تفاوت‌های مکانی بارش در ایران بسیار زیاد است. این تفاوت‌ها از یک سو به طبیعت رفتار مکانی بارش مرتبط است که اساساً متغیری سرکش است و تغییرات مکانی شدیدی از خود نشان می‌دهد. از سوی دیگر، تنوع منشأ بارش در نقاط مختلف ایران سبب شده است تا در هر منطقه مقدار ریزش‌های جوی و زمان بارش متفاوت باشد (مسعودیان، ۱۳۹۱: ۱۱۳).

در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در رابطه با بارش‌های سنگین و سیل‌آسا به روش سینوپتیک و به کمک نقشه‌های سطوح مختلف جو در سطح جهان و ایران انجام شده است.

در سطح جهانی و در ارتباط با تحلیل سینوپتیک رخداد بارش‌های سنگین می‌توان به مطالعه (Chen et al, 2001: 149) اشاره کرد. ایشان بارش‌های سنگین بیش از ۱۰۰ میلی‌متر بعد از ظهرها در تایوان را در طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۷ در طی فصل می‌یو (فصل بارشی در جنوب شرق آسیا) را مطالعه کردند. در طی این دوره پنج بارش بیش از ۱۰۰ میلی‌متر را مشخص و در دو گروه جداگانه طبقه‌بندی شد. گروه اول بارش‌هایی را شامل می‌شد که در زمان آن‌ها جریان‌های جوی جهت جنوبی داشتند و گروه دوم بارش‌هایی را شامل می‌شد که جریان‌های جوی در آن زمان جهت جنوب غربی داشته‌اند. با استفاده از اطلاعات رادار و باران‌سنج در تحلیل بارش‌های سنگین در نوردراین -

وستفالن در غرب آلمان، پنج بارش سنگین با استفاده از رادار مطالعه و در آخر وسعت فضایی محدوده‌ی بارش را به‌وسیله اطلاعات رادار و مقایسه آن با داده‌ای باران‌سنج شناسایی شد (Jessen, 2005: 346). شرایط جو را در زمان رخداد بارش‌های سنگین و غیر سنگین در سوئد نشان داد که تفاوت‌های میانگین شرایط جوی در زمان رویداد بارش‌های سنگین تابستانی (ژوئن تا اوت) و غیر سنگین بر اساس تیپ‌های هوای لامب (چرخندی، و اچرخندی و جهت‌دار)، سهم رویدادهای بارش که در زمان تیپ چرخندی رخ داده بود برای رویداد بارش غیر سنگین ۴۵ درصد و برای رویداد بارش‌های سنگین ۷۰ درصد است (Hellstrom, 2005: 631). در زمینه شناخت الگوهای سینوپتیک منجر به بارش‌های سنگین در فصل بارندگی، الگوهای سینوپتیک توسط نقشه‌های باد در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و آب قابل بارش می‌توانند به‌سادگی آشکار شوند و این نقشه‌ها را خود سازمان‌یافته نامیدند (Nishiyama, 2007: 200). با استفاده از این نقشه‌ها و تکنیک‌های خوشه‌ای الگوهای سینوپتیک بارش‌های سنگین را به ۸ خوشه تقسیم کردند این نقشه‌ها را ابزار مؤثری برای آشکارسازی

وقایع بارش‌های سنگین می‌دانند. همچنین پژوهش (Lana, 2007: 27) با عنوان الگوهای جوی به وجود آورنده‌ی بارش‌های سنگین جزایر بالریک واقع در شرق اسپانیا نمونه دیگری در این زمینه است. 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. در بررسی تأثیرات ناهمواری‌ها بر رخداد بارش‌های سنگین در جنوب غرب تایوان، در طول فصل می-یو (فصل گرم)، صعود توده هوای مرطوب از کوهستان علت بارش‌های سنگین در این منطقه می‌باشد (Chen, 2011: 595). در کشورمان نیز مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است. (Rousta et al, 2014: 127) در بررسی اثر سامانه‌های بندالی در بارش‌های شمال غرب ایران دریافتند که در بیش از ۶۵ درصد بارش‌های منطقه شمال غرب ایران سامانه‌های بندالی نقش داشته‌اند که در این بین سامانه‌های بندالی امگا، رکس، کم فشار و پرفشارهای بریده به ترتیب بیشترین نقش را در رخداد بارش‌های فراگیر منطقه دارند. (Wang et al, 2016: 496) که در بررسی همدید توفان بارشی ۸ روزه در اکتبر ۲۰۱۰ در جزیره هینان در جنوب چین نقش جریان چرخندی شمال سو ناشی از گسترش کمربند همگرایی حاره‌ای را دلیل اصلی تداوم موج بارشی دانسته‌اند. (Akbari et al, 2016: 591) در بررسی نقش سامانه بندالی در رخداد بارش ژانویه ۲۰۰۸ جنوب شرق ایران نشان دادند که در زمان بارش نفوذ کم‌فشار سودانی در سطح زمین و سامانه بندالی در تراز میانی جو موجب دینامیک شدن کم‌فشار و رخداد بارش سیل‌آسا در منطقه شده است. (Ghavidel & Jafari, 2020: 17) در تحلیل بارش فوق سنگین ۱ آوریل ۲۰۱۹ در غرب ایران به این نتیجه رسیدند که در سطح زمین وجود کم‌فشار در شمال عربستان و در سطوح میانی و در سپهر نیز استقرار بندها بریده کم‌فشار در غرب آسیا شرایط را برای گسترش جریانات ناپایدار از سمت دریای سرخ و مدیترانه به سمت نیمه غربی ایران فراهم کرده است. (Ghassabi et al, 2022: 17) در بررسی اثرات الگوهای گردش روزانه و در سپهر بر رخدادهای خشک و مرطوب ایران دریافتند که با گسترش جریان‌های جنوب و جنوب غربی از سمت دریای سرخ شرایط برای گسترش مراکز کم‌فشار از جنوب دریای سرخ تا جنوب ترکیه و بخش‌های غربی ایران فراهم می‌شود که در نتیجه آن عمده بارش‌ها در نیمه غربی کوه‌های زاگرس رخ می‌دهد.

با بررسی کم‌فشار سودانی و نقش آن در بارش‌های جنوب و جنوب غرب ایران مشخص شد که سامانه کم‌فشار سودانی به‌عنوان یکی از عناصر سازنده گردش عمومی جو در شمال آفریقا است 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 چرخند 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 (لشکری، ۱۳۸۲: ۲۵). در مطالعه همدیدی بارش‌های سیل‌زا در خاورمیانه که ناشی از منطقه دریای سرخ بوده، کم‌فشارهای سودانی به‌عنوان کم‌فشارهایی که در آغاز به‌صورت یک منطقه هم‌گرائی بر جانب غربی فلات اتیوپی ظاهر شده و سپس تحت تأثیر عوامل توپوگرافی دریای سرخ و شرایط ترمودینامیکی و دینامیکی حاکم بر جو مناطق اطراف، به‌سوی ایران یا مدیترانه شرقی منتقل شده‌اند (مفیدی، ۱۳۸۳: ۲۵). استفاده از محاسبه‌ی چرخندگی در شناسایی توده‌های باران‌آور تهران نشان داد که اثر تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مهم‌تر از سطوح دیگر است و تیپ‌های چرخندی، بارش‌های سنگین‌تری را ایجاد می‌کنند (علیجانی، ۱۳۸۱: ۴۵).

تأثیر سامانه‌های کم‌فشار سودانی در وقوع بارش‌های سنگین و سیل‌زا در ایران از نظر همدیدی نقش اصلی در کشیده تاوه قطبی، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برمی‌گردد که به‌عنوان منبع اصلی تاوایی برای پیدایش الگوی گردش ناهنجار و تقویت سلول هدلی یا جت جنب حاره بر روی مدیترانه و شمال آفریقا وارد عمل می‌شود (مفیدی و زرین، ۱۳۸۴: ۷۷). (مسعودیان،

۱۳۸۴: ۱۸۲) با تحلیل همدید الگوهای گردشی تراز میانی جو بارش‌های سیل‌آسای کارون را تحلیل کرده و نقش فرودهای مدیترانه را در ایجاد این‌گونه بارش‌ها را نشان داده است. در واکاوی و تحلیل شرایط همیدی و ترمودینامیکی رخداد بارش در منطقه‌ی شیرکوه نتایج حاصله نشان داد که بارش‌های این منطقه، ناشی از سه سامانه همیدی: ۱- استقرار کم‌فشار سودانی روی شبه‌جزیره‌ی عربستان؛ ۲- سامانه‌های ترکیبی سودانی و مدیترانه‌ای؛ ۳- سامانه‌های مدیترانه‌ای می‌باشد (امیدوار، ۱۳۸۶: ۹۸). احمدی و جعفری (۱۳۹۵: ۱۰۴) در بررسی همدید سیل ویرانگر تیرماه ۱۳۹۴ شمال ایران دریافتند که گسترش پرفشار سرد دریای سیاه و کم‌فشار گرم پاکستان از سمت جنوب در سطح زمین و گسترش محور فرود از سمت آسیای مرکزی شرایط را برای صعود شدید هوا و رخداد بارش‌های سنگین در نیمه شمالی کشور مهیا کرده است. کیانیان و همکاران (۱۳۹۵: ۱۹۱) در واکاوی ارتباط خشک‌سالی و ترسالی‌های غرب ایران با الگوهای سینوپتیکی جو نشان دادند که سامانه‌های تأثیرگذار بر دوره‌های خشک الگوی سامانه‌های بندالی، پرفشار جنب‌حاره‌ای و الگوهای دوره‌های مرطوب عبارت‌اند از: دریای مدیترانه، دریای سرخ. با تشکیل ناهه عمیق بر روی منابع رطوبتی مذکور شرایط برای شروع دوره مرطوب فراهم می‌شود، ولی با استقرار سامانه‌هایی مانند بندال‌ها، ضخامت افزایشی جو، چرخندگی منفی و نزول هوا شرایط خشکی فراهم می‌گردد. محمودآبادی و همکاران (۱۳۹۵: ۶۷) 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. برنا (۱۳۹۶: ۵۹) در شناسایی الگوهای همدید بارش سنگین حوضه مارون در جنوب غرب ایران نشان داد که فرود دریای سرخ و کم‌فشار سودانی با جذب رطوبت از منابع آبی مجاور خود و فرارفت آن به سمت منطقه مورد مطالعه شرایط را برای وقوع بارش‌های سیل‌آسا در حوضه آبریز مارون در آبان ۱۳۹۲ ایجاد کرده‌اند. حجازی زاده و همکاران (۱۳۹۷: ۱۳۵) در تحلیل همدید ترسالی و خشک‌سالی‌های شدید و فراگیر شرق ایران به این نتیجه رسیدند که در زمان رخداد خشک‌سالی اندرکنش بین سامانه پرفشار سبیری و پر ارتفاع عربستان و نفوذ آن بر روی کشور و هنگام وقوع ترسالی گسترش کم‌فشار سودانی و مدیترانه‌ای، ناهه شرق مدیترانه به سمت منطقه و شرق سو شدن پر ارتفاع عربستان به سمت دریای عرب مهم‌ترین نقش را ایفا می‌کنند. ذکی زاده و همکاران (۱۳۹۷: ۳۱) نیز استقرار رودباد با سرعت ۶۵ متر بر ثانیه در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال در نیمه جنوبی ایران به همراه تشکیل ناهه سردچالی بر روی خزر را دلیل رخداد بارش‌های سنگین و فراگیر در ایران دانسته‌اند. امیدوار و همکاران (۱۳۹۷: ۳۵) بارش ابرسنگین ۴ آذرماه ۱۳۹۳ استان کهگیلویه و بویر احمد را بررسی کردند و دریافتند که با تشکیل پدیده بندالی بر روی دریای مدیترانه و فرود عمیق روی کشور عراق و در نتیجه ریزش هوای سرد بر روی منطقه و انتقال هوای گرم جنوبی موجب رخداد بارش سنگین در این روز بر روی منطقه مورد مطالعه گردیده است. محمدیاریان و همکاران (۱۳۹۸: ۱۹۲) در بررسی‌های خود دریافتند که هشت رژیم بارش در ایران وجود دارد که رژیم‌های آذربایجان و آذربایجان شمالی در نیمه نخست سال و سایر رژیم‌ها در نیمه دوم سال دارای بالاترین میزان بارش‌های حدی هستند.

از آنجایی که در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه و حتی در مقیاس کشور ایران، فصل پاییز زمان آغاز رخداد روزهای بارشی می‌باشد لذا نویسندگان را بر آن داشت که مجموع بارش سنگین و فراگیر این فصل را طی دوره ۳۰ ساله محاسبه کنند و شرایط همدید و رده‌بهر بررسی شود اینکه در فصل شروع بارش‌ها چه وضعیت جوی وجود داشته است که چنین بارش‌های سنگین و فراگیری در منطقه مورد مطالعه به وقوع پیوسته است.

## روش پژوهش

در این مطالعه از دو دسته داده‌های زمینی و جو بالا به شرح ذیل استفاده شده است:

الف) استفاده از داده‌های بارش روزانه فصل پاییز از ماه مهر تا آذر (اکتبر تا دسامبر) برای ۲۲ ایستگاه واقع در استان‌های کردستان، کرمانشاه، همدان، لرستان و ایلام که از سازمان هواشناسی کشور طی دوره آماری ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۹ اخذ گردید.

ب) استفاده از داده‌های سطوح بالا. شامل داده‌های بازکاوی شده مؤلفه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار سطح دریا، باد مداری، باد نصف‌النهاری، رطوبت ویژه و امگا که از پایگاه پیش‌بینی‌های محیطی آمریکا دریافت شد. وضوح تفکیک مکانی این داده‌ها ۲/۵ در ۲/۵ درجه قوسی است. برای تحلیل بارش و رواناب نیز از داده‌های ماهواره TRMM با تفکیک مکانی ۱ در ۱ درجه استفاده شد. برای انجام تحلیل‌های سینوپتیک از روش محیطی به‌گرددشی استفاده شده است؛ به این نحو که ابتدا روز بارش‌های ابرسنگین با روش صدک ۹۸ درصد شناسایی و سپس ابعاد سینوپتیک آنها در بازه فضایی بین ۱۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی و ۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی مورد بازکاوی قرار داده شده‌اند. با در نظر گرفتن و اعمال دو شرط آستانه بارش بیشتر از صدک ۹۸ درصد و فراگیری بیش از ۵۰ درصد بر داده‌های بارش روزانه فصل پاییز (۲۳ سپتامبر تا ۲۱ دسامبر میلادی) طی دوره ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۹ ایستگاه‌های منتخب استان غرب ایران، ۲۰ روز بارش ابرسنگین استخراج گردید. مقادیر بارش روزهای ذکر شده از ۲۲ تا ۸۱ میلی‌متر قرار دارد؛ که نشان از شدت کمتر بارش‌های شدید در فصل پاییز نسبت به فصل زمستان منطقه دارد.

در این پژوهش با استفاده از داده‌های اخذشده، نقشه‌های فشار سطح دریا، ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا، وزش رطوبت، رودباد، نرخ بارش، رواناب و هاف مولر با استفاده از نرم‌افزار گرادس<sup>۱</sup> ترسیم و تحلیل گردیده‌اند. در مرحله بعد جهت طبقه‌بندی الگوهای فشار تراز دریای روزهای بارش ابرسنگین از روش تحلیل خوشه‌ای حالت S با استفاده از فاصله اقلیدسی و تکنیک وارد انجام شد.

$$e_{jk} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2}$$

رابطه ۱

در رابطه فوق،  $e_{jk}$  بیانگر فاصله اقلیدسی،  $X_{ij}$  مقدار متغیر مورد نظر در نقطه اول،  $X_{ik}$  مار همان پارامتر در نقطه دوم است که با به دست آمدن تفاضل آن‌ها میزان فاصله دونقطه مشخص و با محاسبه فاصله اقلیدسی برای تمام نقاط موردنظر ماتریس فاصله‌ها تشکیل می‌شود. پس از به دست آمدن این ماتریس، باید عملیات ادغام روی مقادیر آن انجام بگیرد. در پژوهش‌های اقلیمی معمولاً از روش ادغام وارد (کمینه واریانس) استفاده می‌شود. برای انتخاب روزهای نماینده طبقات به‌دست آمده از روش همبستگی لوند استفاده شد. ضریب همبستگی معرف درجه همانندی الگوهای دو نقشه با یکدیگر است. میزان ضریب همبستگی بین ۰/۵ تا ۰/۷ متغیر است. در این تحقیق روزهای نماینده طبق آستانه ۰/۵ تعیین شد. برای شناخت منابع تأمین رطوبت بارش‌های ابرسنگین، معادله وزش رطوبت در نرم‌افزار گرادس محاسبه و تحلیل شد. منطقه مورد مطالعه نیمه غربی ایران و شامل استان‌های سندج، کرمانشاه، ایلام، همدان و لرستان می‌باشد. از نظر موقعیت ریاضی نیز سرزمین مورد مطالعه بین عرض‌های جغرافیایی ۳۲ درجه و ۰۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۰۱ دقیقه شرقی قرار دارد، طول آن از شمالی‌ترین قسمت منطقه یعنی از شمال کوه‌های بانه تا جنوبی‌ترین قسمت منطقه یعنی جنوب شهرستان دهلران، بالغ بر ۵۰۰ کیلومتر می‌باشد. این منطقه از



شمال با استان‌های آذربایجان غربی و زنجان و در شرق با اراک و اصفهان و از سمت جنوب با چهارمحال بختیاری و خوزستان هم‌جوار است و از سمت غرب با کشور عراق دارای مرز سیاسی می‌باشد و با ۱۲۱۷۹۱٫۸۲ کیلومترمربع که حدود ۷٫۳۸ درصد کل مساحت ایران می‌باشد. در مرحله بعد، انتخاب ایستگاه‌های همدید که بر اساس پیشینه طول دوره آماری، اشتراک دوره و پراکنش متناسب جغرافیایی ایستگاه‌ها در سطح سرزمین مورد پژوهش، از جمله سه معیاری بودند که برای گزینش آنها استفاده شد که بر این اساس ۱۸ ایستگاه سینوپتیک انتخاب شد که تقریباً از لحاظ بررسی همیددی و سینوپتیکی، منطقه غرب ایران را پوشش می‌دهد (شکل ۱).

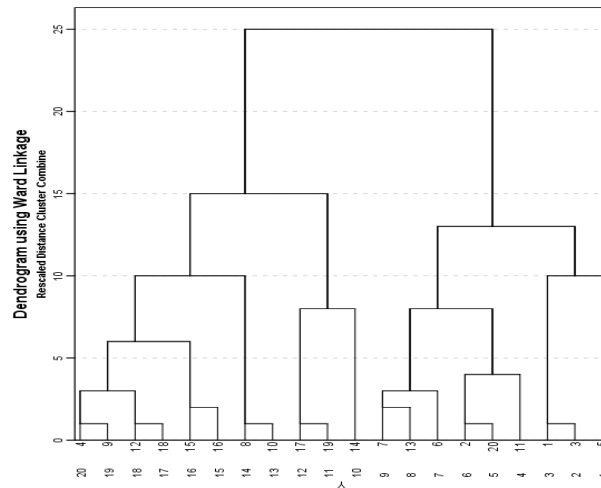


شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران

منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

## بحث و یافته‌ها

(شکل ۲) درخت خوشه‌بندی داده‌های فشار تراز دریا طی روزهای بارش سنگین و فراگیر نیمه غربی ایران را نشان می‌دهد. در این پژوهش جهت طبقه‌بندی الگوهای فشار طی روزهای بارش ابرسنگین از روش تحلیل خوشه‌ای حالت S با تکنیک ادغام وارد استفاده شد. الگوهای به‌دست‌آمده با روش چشمی و آزمون و خطا نیز بررسی شد تا بهترین طبقات با کمترین تفاوت درون‌گروهی و بیشترین تفاوت و تغییرات برون‌گروهی انتخاب شوند. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد ۴ الگوی فشار شناسایی شده است؛ اما در این تحقیق به دلیل شباهت زیاد الگوها و تعداد زیاد نقشه‌ها در نهایت ۳ الگوی نهایی جهت تحلیل انتخاب گردید. الگوهای شناسایی شده به ترتیب الگوی اول کم‌فشارهای چندهسته‌ای (سودانی، مدیترانه‌ای و عربستان) با ۸ روز، الگوی دوم کم‌فشار سودانی با ۸ روز و الگوی سوم کم‌فشارهای شمال اروپا- اطلس، مدیترانه‌ای و سودانی با ۴ روز فراوانی می‌باشد (جدول ۱).



شکل ۲. درخت خوشه‌بندی داده‌های فشار تراز دریای روزهای بارش منتخب  
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

جدول ۱. مشخصات الگوهای فشار بارش‌های ابرسنگین نیمه غربی ایران

الگوهای جوی	فراوانی	میانگین بارش الگوها	تاریخ روز نماینده شمسی	تاریخ روز نماینده میلادی	میانگین بارش روز نماینده
الگوی ۱ کم‌فشار چندهسته‌ای (سودانی، مدیترانه‌ای و عربستان)	۸	۳۸/۸	۲۰۰۹/۱۰/۳۰	۱۳۸۸/۰۸/۰۸	۲۸/۵
الگوی ۲ کم‌فشار سودانی	۸	۴۰/۳	۲۰۰۳/۱۱/۲۹	۱۳۸۲/۰۹/۰۸	۳۵/۹
الگوی ۳ کم‌فشار شمال اطلس، مدیترانه‌ای و سودانی	۴	۳۷/۷	۲۰۱۸/۱۰/۲۶	۱۳۹۷/۰۸/۰۴	۳۹/۶

منبع: (نگارندگان، ۱۴۰۱)

### تحلیل آماری روزهای بارش سنگین فصل پاییز در نیمه غربی ایران

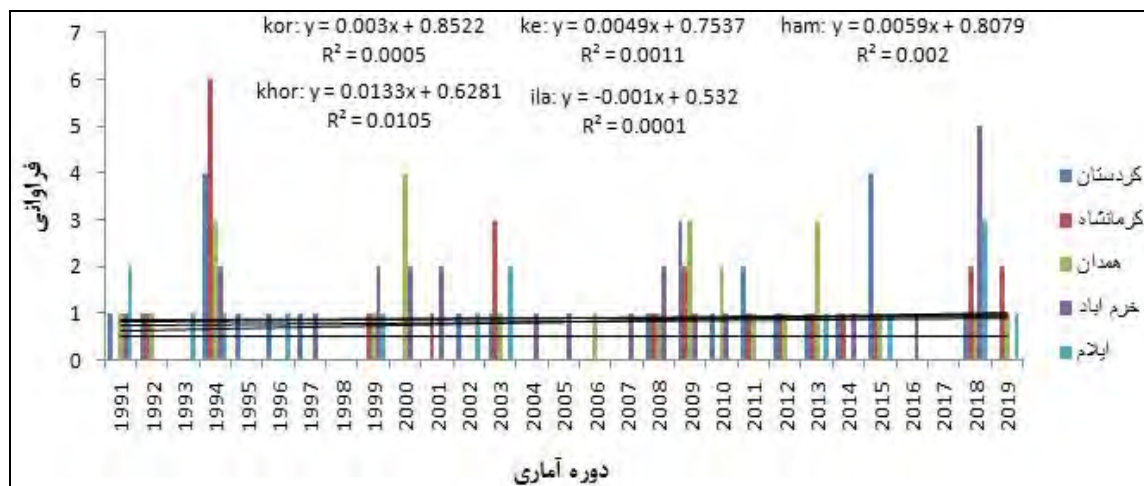
(جدول ۲) فراوانی روزانه بارش سنگین طی ماه‌های مهر تا آذر را از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۹ نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که به ترتیب ماه‌های آبان، آذر و مهر بیشترین فراوانی روزهای بارشی را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۲. فراوانی بارش سنگین (صدک ۹۸ درصد) فصل پاییز ایستگاه‌های منتخب غرب کشور طی دوره ۲۰۱۹-۱۹۹۱

ماه	ایستگاه ایلام	لرستان	همدان	کرمانشاه	کردستان
مهر	۰	۱	۲	۲	۱
آبان	۷	۹	۱۱	۱۳	۱۶
آذر	۸	۱۴	۱۳	۹	۹

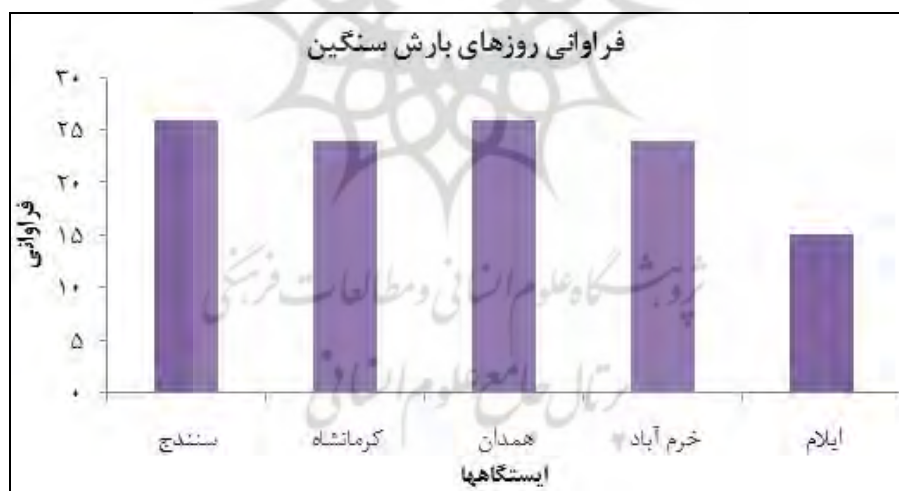
منبع: (نگارندگان، ۱۴۰۱)

(شکل ۳) روند سالانه بارش سنگین را در ایستگاه‌های منتخب واقع در نیمه غربی ایران طی دوره آماری ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۹ نشان می‌دهد. طبق نمودار و معادله‌های شیب روند همه ایستگاه‌ها به جز ایلام روند افزایشی ناچیزی را نشان می‌دهند. فقط ایستگاه ایلام روند منفی ضعیف بارش سنگین را تجربه کرده است. این رفتار از روند بارش سنگین در واقع نشان‌دهنده افزایش بارش‌های سیلابی در این منطقه از کشور می‌باشد.



شکل ۳. روند فراوانی بارش سنگین فصل پاییز ایستگاه‌های منتخب نیمه غربی ایران طی دوره ۱۹۹۱-۲۰۱۹  
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

(شکل ۴) نیز نمودار فراوانی روزهای بارش سنگین ایستگاه‌های منتخب را نشان می‌دهد که در این بین ایستگاه سنندج و همدان به‌طور برابر با ۲۶ روز بارش سنگین و ایستگاه‌های کرمانشاه و خرم‌آباد با ۲۴ روز و ایلام با ۱۵ روز در رتبه‌های بعدی قرار دارند. مشاهده می‌شود که اختلاف ناچیزی بین ایستگاه‌ها از لحاظ رخداد این پدیده فرین و مخاطره‌آمیز وجود دارد که این می‌تواند نشان از اثرات الگوهای گردشی در مقیاسی سینوپتیک باشد که این شرایط را به وجود آورده است.



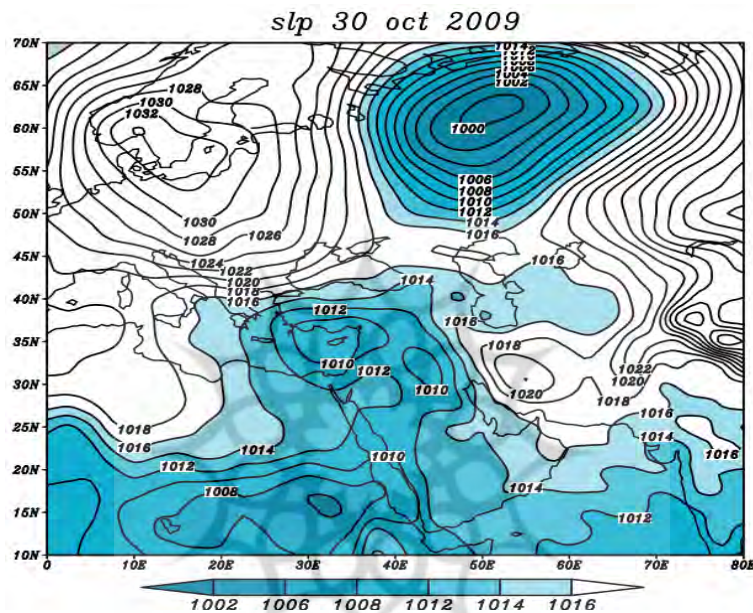
شکل ۴. فراوانی روزهای بارش سنگین فصل پاییز ایستگاه‌های منتخب نیمه غربی ایران طی دوره ۱۹۹۱-۲۰۱۹  
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

### تحلیل هم‌دید الگوهای فشار تراز دریا

#### الگوی اول کم‌فشارهای چندهسته‌ای (مدیترانه، عربستان، سودانی)

تحلیل نقشه فشار تراز دریای در روز منتخب الگوی اول یعنی ۳۰ اکتبر ۲۰۰۹ حاکی از گسترش زبانه‌های سامانه‌های کم‌فشار چندهسته‌ای از نوع سودانی، مدیترانه‌ای و عربستان به سمت نیمه غربی ایران طی روز اوج بارش در نیمه غربی ایران می‌باشد (شکل ۵). مراکز بسته کم‌فشارها در روی سودان، شرق مدیترانه و شمال عربستان دیده می‌شود. بعضی از این مراکز مثل عربستان و سودانی از روزهای قبل با حرکت تدریجی به سمت غرب ایران و عراق پیشروی داشته‌اند و به

نوعی ادغام شده‌اند و سراسر منطقه مورد مطالعه را فرا گرفته‌اند و به دلیل هم‌مرز شدن با زبانه‌های پرفشار تبت- هیمالیا یک گرادبان فشار قوی را در این بخش از کشور ایجاد کرده‌اند که منجر به افزایش شدت ناپایداری‌ها گردیده است. مهم‌ترین نقطه ایجاد و استقرار سامانه کم‌فشار عربستان در جنوب شبه‌جزیره عربستان بوده که عمدتاً طی روزهای بارشی منطقه مورد مطالعه حرکتی شمال سو را به سمت عراق و شمال این کشور داشته است. همان‌طور که در شرق سامانه‌های کم‌فشار ذکر شده با گسترش زبانه‌های پرفشار سرد تبت- هیمالیا به روی دریای عرب شرایط را برای شارش جریان‌های گرم و مرطوب به درون کم‌فشارها ایجاد کرده است. در غرب آن نیز با گسترش زبانه پرفشار بسته با ۱۰۳۲ هکتوپاسکال از سمت دریاچه بالتیک در شمال اروپا به مناطق شمالی آفریقا و پشت کم‌فشار یک اختلاف فشار و دمایی شدیدی را به وجود آورده است که منجر به افزایش قدرت و در نتیجه نفوذ زبانه‌های کم‌فشار به ایران شده است.

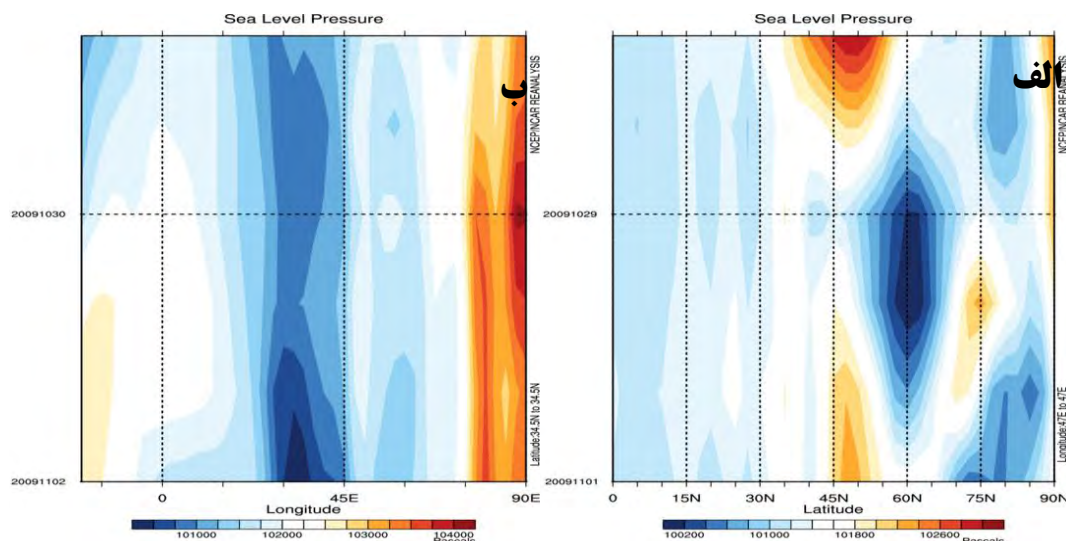


شکل ۵. فشار تراز دریا در روز ۳۰ اکتبر ۲۰۰۹ (محدوده رنگی: سامانه‌های کم‌فشار و زبانه‌های آن)

منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

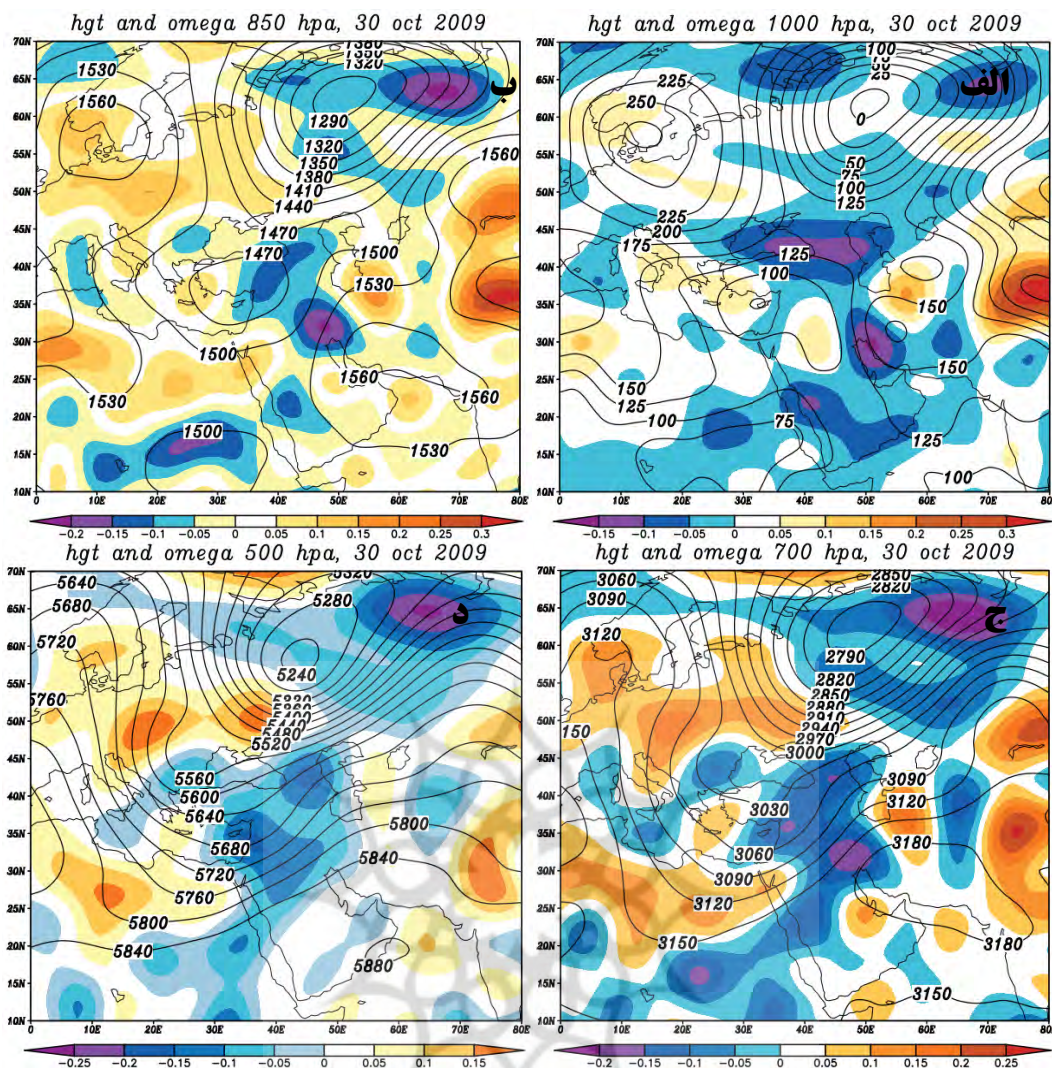
جهت بررسی تغییرات شدت فشار طی روزهای قبل و بعد از روز اوج بارش سنگین و فراگیر غرب ایران اقدام به ترسیم نمودارهای هاف مولر در مقاطع مداری و نصف‌النه‌اری گردید. همان‌طور که در شکل ۶- الف دیده می‌شود در مقطع مداری از فشار تراز دریا از ۲۸ اکتبر تا ۱ نوامبر ۲۰۰۹ مقادیر فشار کمتر از ۱۰۱۰ هکتوپاسکال در بخش‌های مختلف از محدوده مورد بررسی به وجود آمده است که دقیقاً منطبق بر شکل ۳ نقشه فشار تراز دریا می‌باشد. بخش آبی پر رنگ کمترین میزان فشار مربوط به سامانه کم‌فشار عرض ۶۰ درجه شمالی بوده و بقیه سطوح آبی کم‌رنگ نیز مربوط به سامانه‌های کم‌فشار واقع بر روی خاورمیانه است. در مقطع نصف‌النه‌اری (شکل ۶- ب) نیز از حدود ۳۵ تا ۵۰ درجه طول شرقی، موقعیت کم‌فشارهای موجود را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که مقادیر فشار کم از روزهای قبل از روز اوج بارش نیز وجود داشته که این ضرورت بررسی نقشه‌های فشار تراز دریا را نشان می‌دهد که باید از روزهای قبل مورد بررسی چشمی قرار گیرند تا از نوع و منشأ اصلی و اولیه سامانه‌های کم‌فشار مطمئن شد. نکته قابل توجه یکپارچگی مقادیر فشار ۱۰۰۵ تا ۱۰۱۰ هکتوپاسکال در عرض‌های کمتر از ۱۵ درجه شمالی می‌باشد که سراسر محدوده مذکور را در بر گرفته است.





شکل ۶. نمودارهای هاف مولر فشار تراز دریا در مقطع الف: مداری، ب: نصف‌النهاری طی روزهای منتخب بارش سنگین و فراگیر الگوی اول  
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

(شکل ۷) نقشه‌های ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و امگای تراز ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال روز بارش ۳۰ اکتبر ۲۰۰۹ الگوی اول را نشان می‌دهد. در نقشه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۷-الف)، سامانه‌های کم ارتفاع و پر ارتفاع به دلیل نزدیکی به سطح زمین شباهت زیادی به نقشه فشار تراز دریا دارند به نحوی که بر روی شرق آفریقا و عراق مراکز بسته کم ارتفاع مستقر شده است که منطبق با شرق ناوه وارون، امگای منفی نیز بر روی نیمه غربی ایران ایجاد شده است؛ اما از ترازهای ۸۵۰ هکتوپاسکال به بالا که ناوه‌ها به صورت معمول دیده می‌شوند ملاحظه می‌گردد که مرکز بسته کم ارتفاع با ۱۴۷۰ ژئوپتانسیل متر در شرق مدیترانه واقع شده است که طول محور ناوه‌ی آن از ۷۰ درجه شمالی تا جنوب دریای سرخ گسترش یافته است و منطقه مورد مطالعه در شرق ناوه قرار گرفته و میدان امگای منفی با  $-0.2$  پاسکال بر ثانیه را ایجاد کرده است که حاکی از واگرایی و صعود هوا بر روی جو منطقه می‌باشد (شکل ۷-ب). در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۷-ج) به دلیل تقویت عمق ناوه و فشردگی پربندهای ارتفاعی بر گستره امگای منفی بر روی خاورمیانه افزوده شده و با همان شدن به صورت یکپارچه‌تر و با امتداد جنوب غربی به شمال شرقی هوای گرم و مرطوب دچار صعود و واگرایی شدید شده است. وجود میدان‌های امگای مثبت در شرق و غرب محدوده ناوه تراز ۵۰۰ به دلیل همگرایی جریان هوا به توسعه هر چه بیشتر جریان واگرایی ناوه کمک می‌کند (شکل ۷-د).



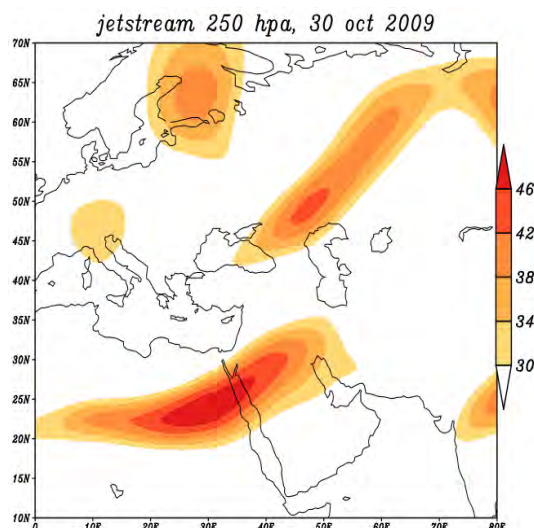
شکل ۷. نقشه‌های ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل (خط) و امگا (رنگی) در ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، ج: ۷۰۰، د: ۵۰۰ هکتوپاسکال

طی روز ۳۰ اکتبر ۲۰۰۹ نماینده الگوی اول

منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

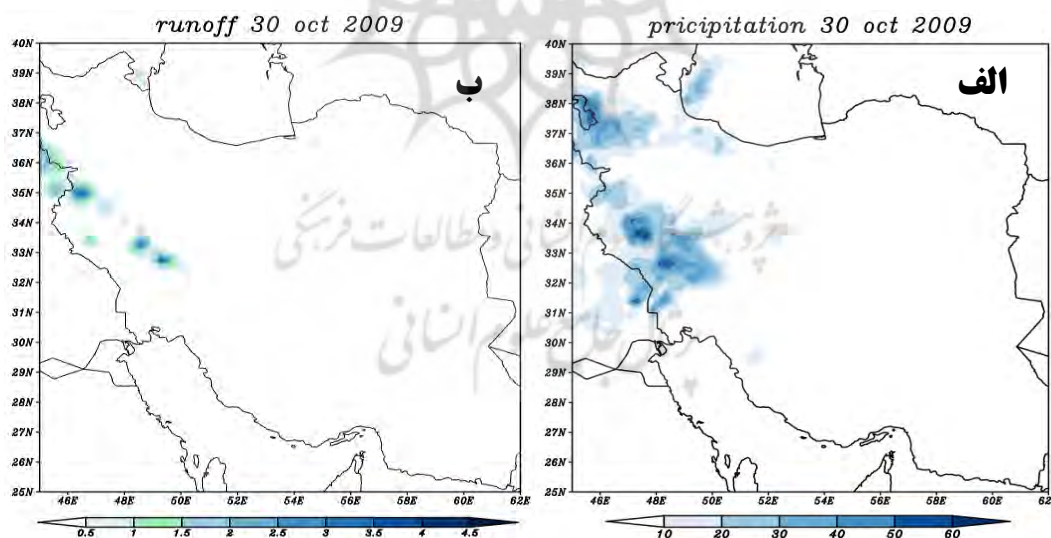
(شکل ۸) نقشه رودباد را برای تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال روز منتخب بارش الگوی اول ۳۰ اکتبر ۲۰۰۹ نشان می‌دهد. طبق شکل زیر مشاهده می‌گردد که رودباد از نوع جنب حاره بوده و به محض رسیدن به دریای سرخ انتحایی نصف‌النهاری به خود گرفته که کاملاً منطبق بر نیمه شرقی ناوه در ترازهای میانی و ردسپهر نیز می‌باشد. این موقعیت رودباد در واقع شرایط را برای تخلیه جرم درون بسته هوا و در نتیجه واگرایی و صعود هوا و رخداد ناپایداری‌ها فراهم کرده است.





شکل ۸. نقشه رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال طی روز ۳۰ اکتبر ۲۰۰۹ نماینده الگوی اول  
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

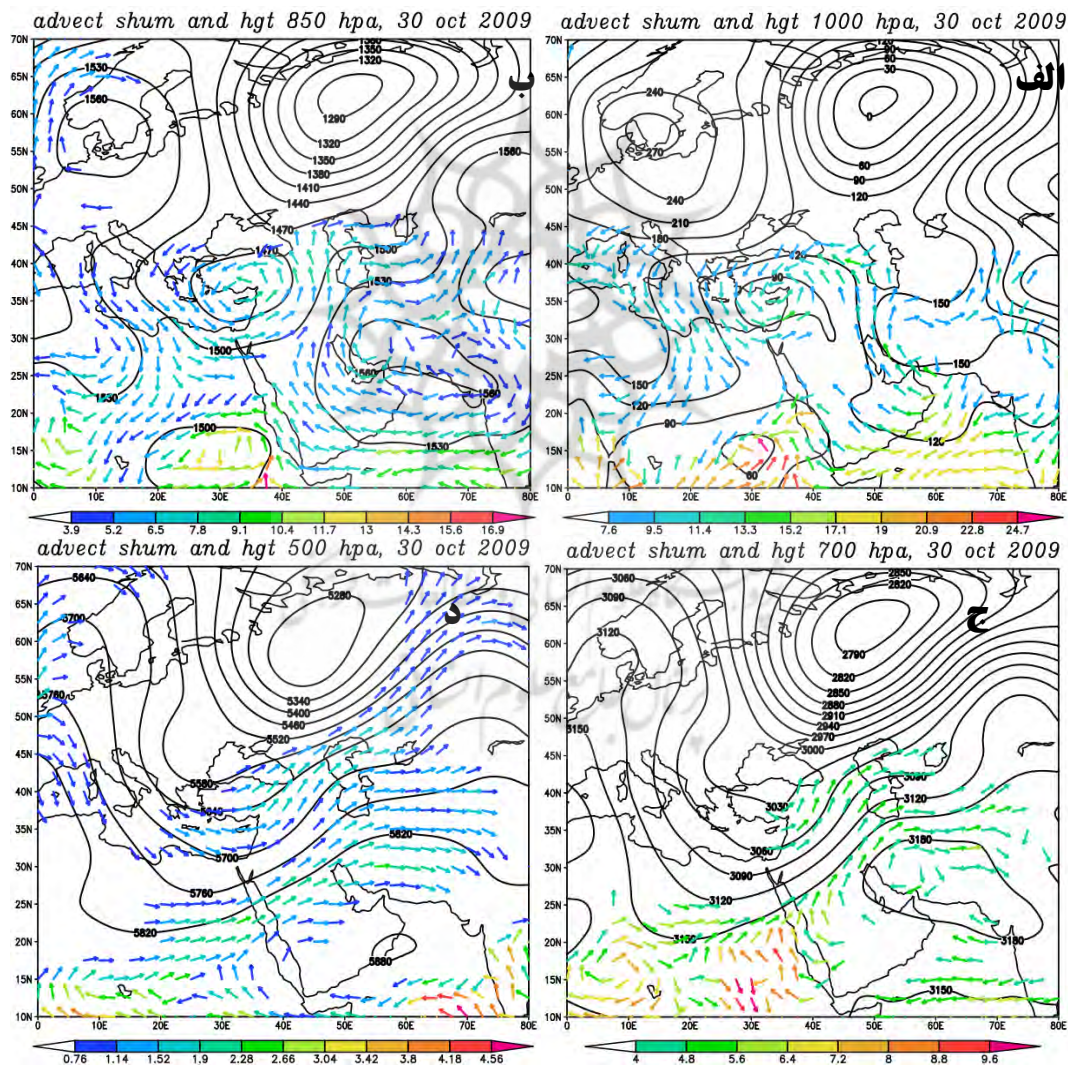
(شکل ۹) نقشه‌های بارش و رواناب را برای روز نماینده ۳۰ اکتبر ۲۰۰۹ نشان می‌دهد. بر اساس نقشه بارش (شکل ۹ - الف) عمده ایستگاه‌های واقع در منطقه مورد مطالعه بارش را دریافت کرده‌اند که شدت آن در استان لرستان و سندج و کرمانشاه بیشتر بوده که از ۳۰ تا بیش از ۶۰ میلی‌متر متغیر است. در همین روز در نقاط مختلف از منطقه رواناب نیز ایجاد شده است (شکل ۹ - ب) که بیشینه آن در نواحی جنوبی استان‌های لرستان و شمال کرمانشاه به بیش از ۴/۵ کیلوگرم بر مترمربع رسیده است.



شکل ۹. الف: بارش، ب: رواناب بر حسب کیلوگرم بر مترمربع در روز ۳۰ اکتبر ۲۰۰۹ نماینده الگوی اول  
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

شکل ۱۰ نقشه‌های ترکیبی وزش رطوبتی و ارتفاع ژئوپتانسیل را برای روز نماینده الگوی اول ۳۰ اکتبر ۲۰۰۹ نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۱۰ - الف در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال منطبق بر ناوه وارون جریان رطوبت به میزان بیش از ۱۳ گرم بر کیلوگرم و با راستایی جنوب شرقی به شمالی از سمت دریای عمان، عرب، خلیج فارس و به صورت اندک از شرق مدیترانه به سمت نیمه غربی ایران فرارفت شده است. ملاحظه می‌گردد که نقش نفوذ زبانه‌های پرفشار از سمت فلات تبت - هیمالیا چقدر در چرخش جریانات مرطوب به سمت منطقه مورد مطالعه و شکل‌دهی به گردش و اچرخندی رطوبت بر

روی دریای عرب و تقویت گستره کم فشار مؤثر بوده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۰ - ب) ضمن ایجاد یک مرکز بسته پر ارتفاع با ۱۵۶۰ ژئوپتانسیل متر در جنوب ایران و گسترش بیشتر زبانه‌های ناشی از آن تا جنوب عربستان باعث شده که سمت تزریق رطوبت به جنوب به شمال تغییر یابد و از طرفی نیز نواحی جنوبی دریای سرخ و خلیج عدن بیشترین نقش را در تأمین رطوبت ایفا کنند. میزان رطوبت فرا رفت شده در این تراز بر روی منطقه حدود ۹ گرم بر کیلوگرم است که دقیقاً منطبق بر ساختار ناوه و پربندهای ارتفاعی گسترش رطوبت صورت گرفته است. در تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۰ ج - د) مرکز واچرخند عربستان ضمن گسترده‌تر شدن به عرض‌های جنوبی و طول غربی حرکت کرده است که این شرایط منجر به تغییر انحنای ناوه به جنوب غربی به شمال شرقی و در نتیجه تغییر منابع تأمین‌کننده رطوبت انجامیده است. همان‌طور که دیده می‌شود منابع رطوبت منطقه‌ای در این ترازها، دریای سرخ و مدیترانه و فرا منطقه‌ای نواحی مرکزی و شمالی اطلس می‌باشد. میزان رطوبت فرا رفت شده بر روی منطقه از تراز ۷۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکالی به کمتر از ۵ گرم بر کیلوگرم رسیده است.



شکل ۱۰. نقشه‌های ترکیبی وزش رطوبت (جریان) و ارتفاع ژئوپتانسیل بر حسب متر (خط) از ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، ج: ۷۰۰، د: ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۳۰ اکتبر ۲۰۰۹ نماینده الگوی اول

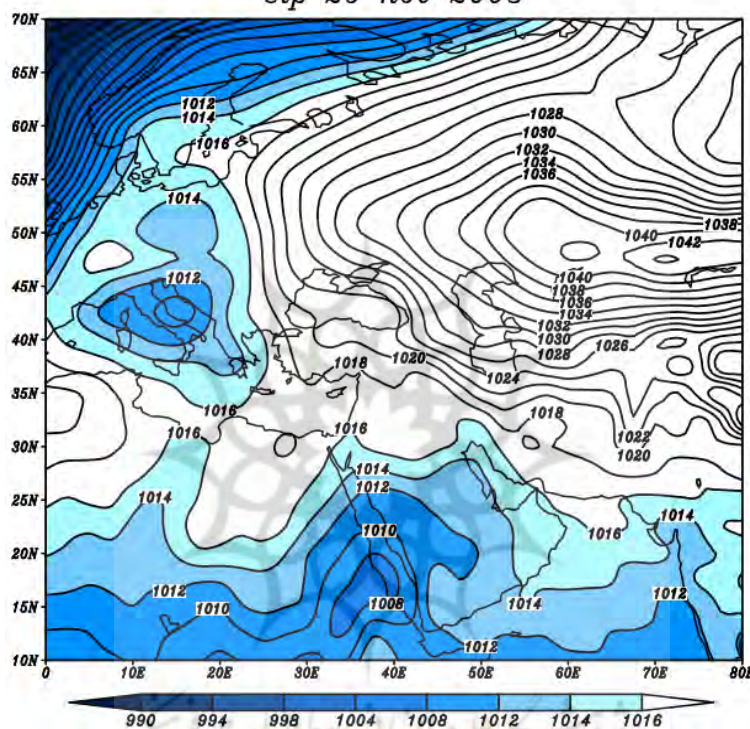
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)



## الگوی دوم: کم‌فشار سودانی

شکل ۱۱ نقشه فشار تراز دریای روز ۲۹ نوامبر ۲۰۰۳ نماینده الگوی کم‌فشار سودانی را نشان می‌دهد. در الگوی دوم کم‌فشار سودانی شاهد تقابل دو سامانه بزرگ‌مقیاس بر روی خاورمیانه از جمله ایران و منطقه مورد هستیم. یکی سامانه کم‌فشار سودانی که پس از عبور از روی عربستان از سمت جنوب غرب وارد کشور می‌شود و سامانه دوم پرفشار هسته سرد از سمت سیبری و فلات تبت-همپالیا است. در واقع در این الگو با نفوذ گسترده پرفشار سرد سیبری از سمت شمال دریای خزر و سیاه تا نواحی شمال شرقی آفریقا و عربستان، شرایط را برای نفوذ و تمرکز کم‌فشار سودانی به سمت جنوب و غرب ایران را فراهم می‌کند. در نقشه روز مذکور ملاحظه می‌گردد با ایجاد چنین شرایطی راه را بر گسترش سامانه‌های کم‌فشار دیگر از جمله مدیترانه و شمال اطلس به سمت ایران بسته است. همچنین پرفشار سیبری با مرکز بسته ۱۰۴۴ هکتوپاسکال مستقر در شمال دریاچه بالخاش، بخش اعظم نیمکره شمالی را پوشانده است و شیو فشاری شدیدی را در برابر کم‌فشار گرم سودانی به وجود آورده است.

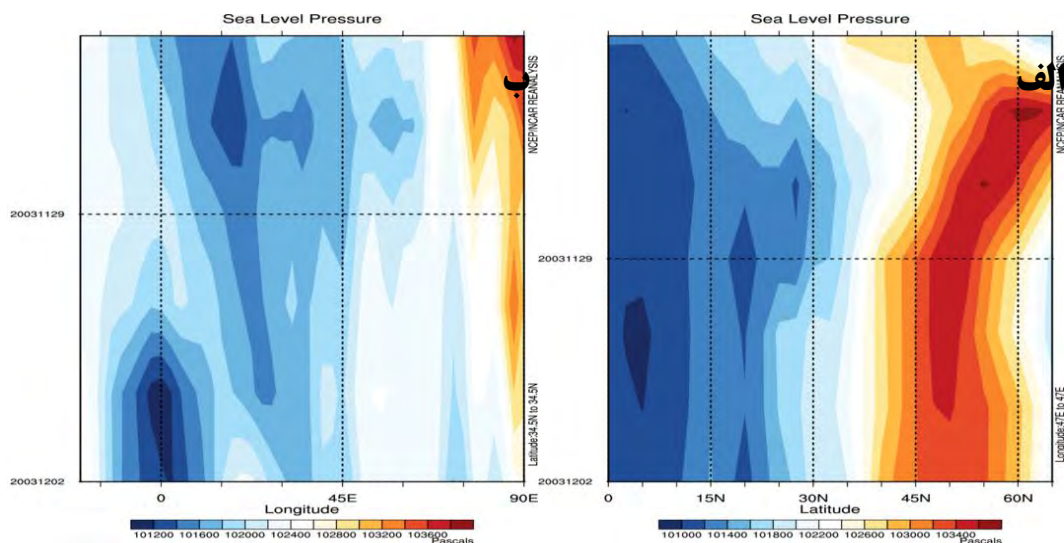
slp 29 nov 2003



شکل ۱۱. فشار تراز دریا در روز ۲۹ نوامبر ۲۰۰۳ نماینده الگوی دوم

منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

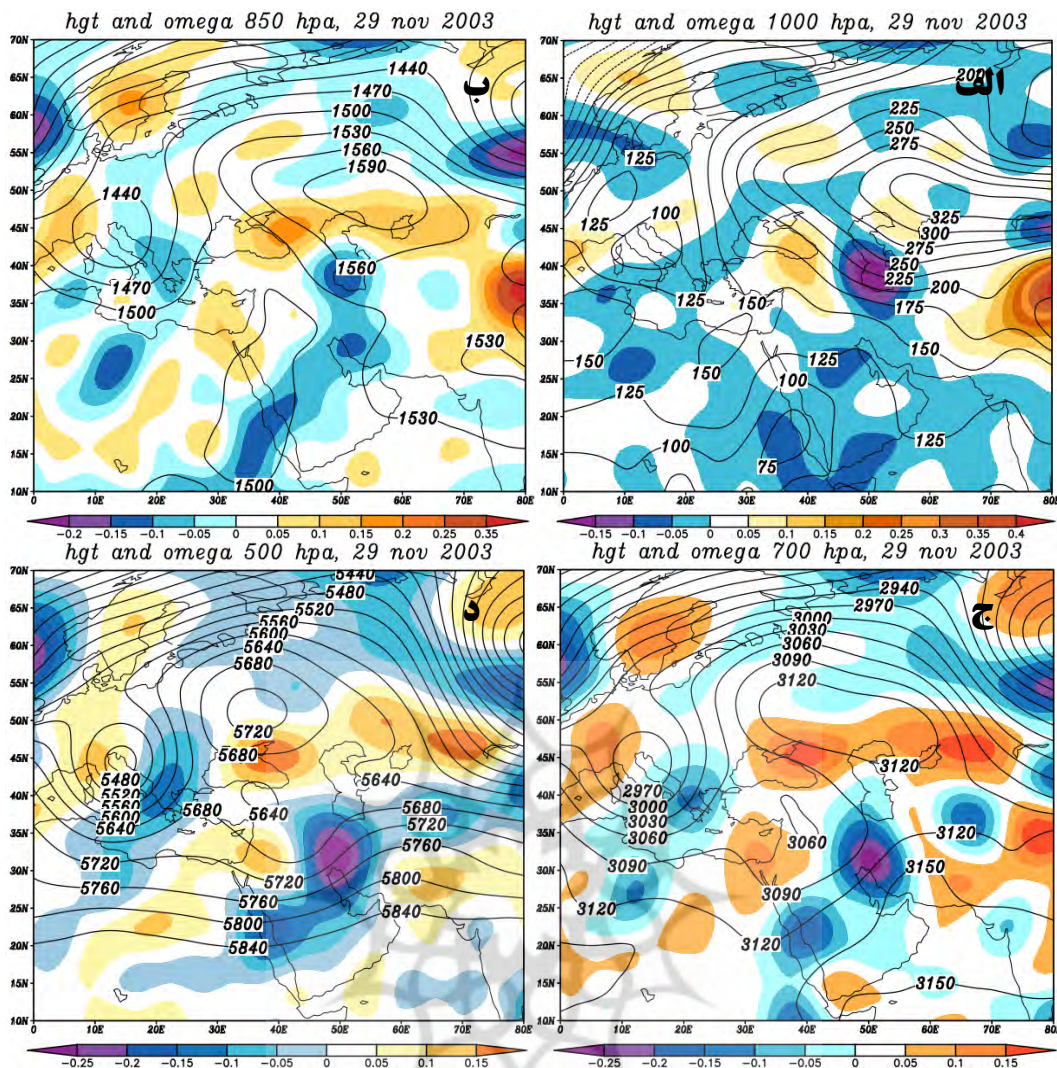
شکل ۱۲ تغییرات شدت مقادیر فشار تراز دریا را برای روز ۲۹ نوامبر ۲۰۰۳ در مقاطع مداری و نصف‌النهاری نشان می‌دهد. بر اساس نقشه‌های هاف مولر دیده می‌شود که از روزهای قبل از روز اوج بارش شرایط فشار کم بر روی بخش گسترده‌ای از خاورمیانه حاکم بوده و شدت آن طی روزهای مختلف متفاوت می‌باشد به نحوی در شکل ۱۲-الف و مقطع مداری طی روز اوج بارش کم‌فشار سودانی نفوذ بیشتری را بر روی نیمه غربی ایران داشته است که در تقابل با پرفشار سیبری در عرض‌های شمالی قرار گرفته است. در شکل ۱۲-ب حرکت شرق سوی تدریجی کم‌فشار سودانی از یک روز قبل از اوج صورت گرفته که در نهایت طی روز ۲۹ نوامبر کاملاً منطبق بر طول ۴۵ تا ۵۰ درجه شرقی محدوده منطقه مورد مطالعه واقع شده است.



شکل ۱۲. نمودارهای هاف مولر فشار تراز دریا در مقطع الف: مداری، ب: نصف‌النهاری طی روزهای منتخب بارش سنگین و فراگیر الگوی اول  
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

بر اساس نقشه‌ی ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۳-الف) گسترش مراکز بسته کم ارتفاع و پر ارتفاع منطبق بر فشار تراز دریا از سمت شرق آفریقا و سیبری شرایط را برای گسترش جریان‌های همگرا و واگرای هوا به سمت منطقه مورد مطالعه فراهم کرده است. به‌نحوی که بیشینه امگای منفی در سواحل خزر واقع شده که در بین سامانه‌های مذکور واقع شده که شرایط صعود هوا را از ترازهای نزدیک به سطح زمین بر روی کشور نشان می‌دهد؛ اما در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۳-ب) مرکز بسته کم ارتفاع گسترده‌ای با ۱۵۰۰ ژئوپتانسیل متر از جنوب سرخ تا مناطق غربی ایران را در بر گرفته است با این تغییرات شاهد یکپارچه شدن مسیر امگای منفی منطبق بر امتداد سامانه کم ارتفاع هستیم که به خوبی منشأ جنوبی جریانات ناپایدار را بر روی منطقه تأیید می‌کند. تغییرات بیشتر در ترازهای ۷۰۰ به بالا (شکل ۱۳-ج) رخ داده است که با نفوذ یک سردچال (با مرکز بسته ۳۰۶۰ ژئوپتانسیل متر در شمال عراق) به صورت بندال دو قطبی از سمت اروپا شرایط را برای افزایش شدت امگای منفی تا ۰/۲۵ پاسکال بر ثانیه در نیمه شرقی ناوه واقع در غرب ایران و در نتیجه افزایش صعود هوای ناپایدار و تخلیه انرژی فراهم کرده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۳-د) نیز یک بندال دو قطبی واضح ایجاد شده است که ناوه و مرکز کم ارتفاع بسته حاصل از آن را با ۵۶۴۰ ژئوپتانسیل متر در جنوب دریای سیاه ایجاد کرده است. نیمه غربی ایران نیز در بهترین حالت ممکن در نیمه شرقی ناوه واقع شده که مرکز بیشینه امگای منفی در این تراز غرب سو شده و دقیقاً بر روی جو منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است. نقش بندال‌ها در وقوع بارش هم در تحقیق قدمی و همکاران (۱۳۹۷: ۲۱) و طولایی نژاد و همکاران (۱۳۹۸: ۳۹) اشاره شده است.



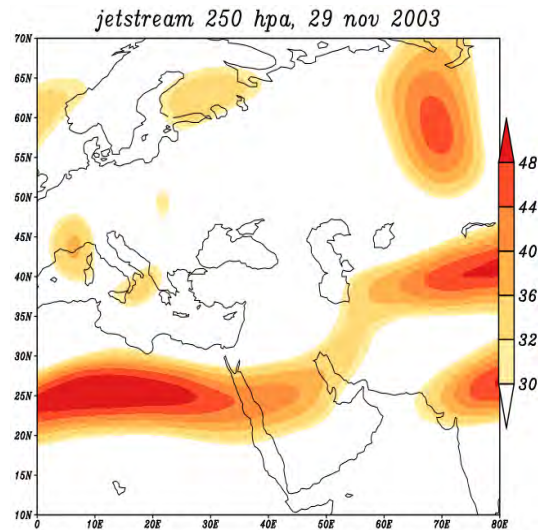


شکل ۱۳. نقشه‌های ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل (خط) و امگا (رنگی) در ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، ج: ۷۰۰، د: ۵۰۰

هکتوپاسکال طی روز ۳۰ اکتبر ۲۰۰۹ نماینده الگوی اول

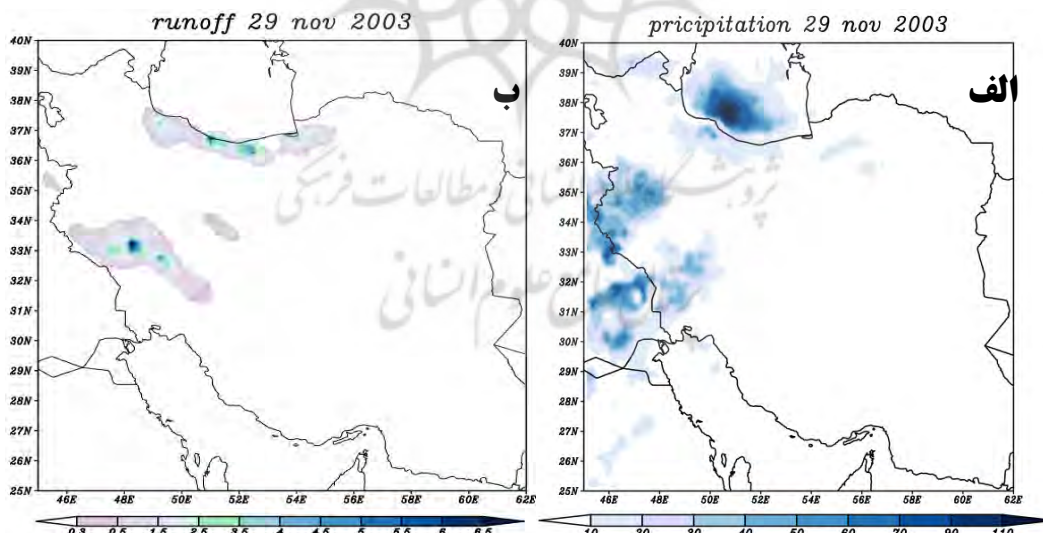
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

شکل ۱۴ نقشه رودیاد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال را در روز ۲۹ نوامبر ۲۰۰۳ نماینده الگوی دوم نشان می‌دهد. طبق شکل زیر رودیاد مداری جنب حاره مثل الگوهای دیگر به محض رسیدن به ایران و کوه‌های زاگرس نصف‌النهاری شده و منطبق بر نیمه شرقی ناوه و پس از عبور از منابع آبی گرم و مرطوب سرخ و خلیج فارس بخش گسترده‌ای از خاورمیانه و کشور را فراگرفته است که این موقعیت در مکش جریان هوا از ترازهای پایین و واگرایی آن در ترازهای فوقانی وردسپهر و در نتیجه ایجاد یک ناپایداری فراگیر مؤثر بوده است.



شکل ۱۴. نقشه رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال طی روز ۳۰ اکتبر ۲۰۰۹ نماینده الگوی اول  
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

موقعیت فضایی بارش و رواناب روز ۲۹ نوامبر ۲۰۰۳ نماینده الگوی دوم فشار تراز دریا نیز در شکل ۱۵ ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که در این روز جز سواحل خزر فقط نیمه غربی و جنوب غربی کشور بارش را تجربه کرده است. شدت بارش‌ها از حدود ۳۰ تا ۵۰ میلی‌متر بر روی منطقه مورد مطالعه متغیر است (شکل ۱۵-الف). رواناب ایجاد شده هم با شدت کمتر تنها در ایستگاه‌های واقع در استان‌های ایلام و لرستان از منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود. بیشینه رواناب در بخش‌های مختلف از استان لرستان با حداکثر ۵/۵ کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد (شکل ۱۵-ب). به نظر شیب حوضه نسبت به میزان بارش در تجمع جریان به سمت پایین دست نقش مهم تری را در افزایش رواناب می‌تواند داشته باشد.

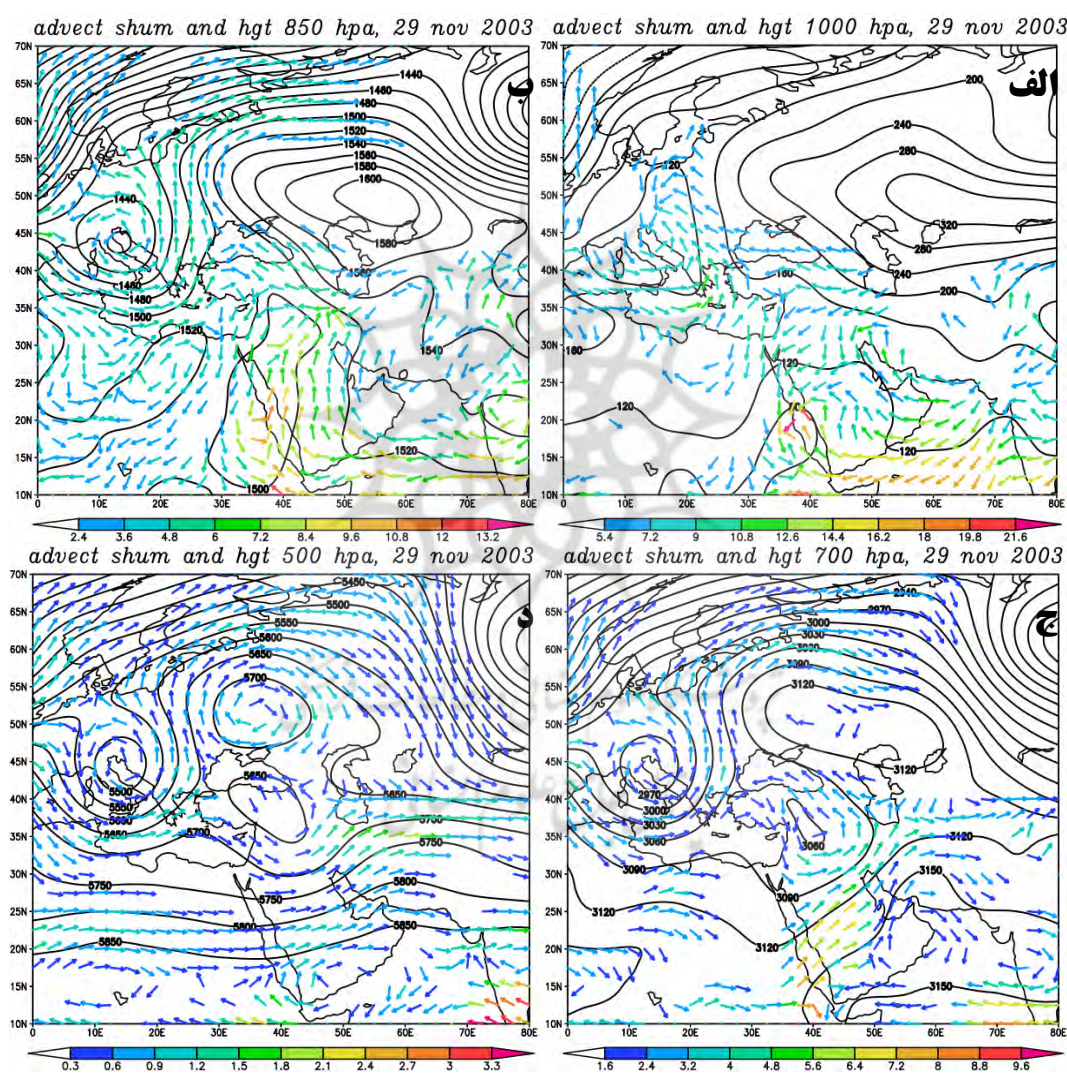


شکل ۱۵. الف: بارش بر حسب میلی‌متر، ب: رواناب بر حسب کیلوگرم بر مترمربع در روز ۳۰ اکتبر ۲۰۰۹ نماینده الگوی اول  
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

بر اساس شکل ۱۶-الف نقشه وزش رطوبت تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، گسترش جریان‌های مرطوب با شدت ۱۰ تا ۱۲ گرم بر کیلوگرم مستقیم از دریای عمان و عرب توسط گردش چرخندی ناوه وارون بر روی سودان و عربستان به سمت منطقه مورد مطالعه صورت گرفته است. از تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۶-ب) به بالا شاهد تغییر راستای پربندهای ارتفاعی و در نتیجه تغییر جهت وزش رطوبت هستیم به نحوی که در این تراز جهت وزش به جنوبی به شمالی و از سمت جنوب سرخ



و خلیج عدن بوده است. شدت رطوبت فرارفت شده نیز از ۶ تا ۸ گرم بر کیلوگرم می‌باشد. ملاحظه می‌گردد در این تراز نیز نفوذ زبانه‌های پر ارتفاع از سمت فلات تبت- هیمالیا با ایجاد جریان شرقی به غرب بر روی دریای عرب باعث انباشت رطوبت در شرق آفریقا و جنوب عربستان شده و از آنجا توسط ناوه به سمت غرب ایران این حجم رطوبت فرارفت گردیده است. در طرف غرب نیز وجود یک ناوه عمیق بر روی بخش‌های غربی و مرکزی دریای مدیترانه و زبانه پر ارتفاع در شمال شرقی آفریقا جریان مرطوبی را البته با شدت کمتر به درون ناوه تزریق کرده است؛ اما از تراز ۷۰۰ (شکل ۱۶-ج) و به ویژه ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۶-د) زبانه‌های پربندی حاصل از کم ارتفاع از سمت اقیانوس اطلس بر روی غرب آسیا گسترش یافته و راستای وزش رطوبت به جنوب غربی به شمال شرقی تغییر یافته که این امر موجب شده نقش منبع رطوبت فرا منطقه اطلس در تأمین رطوبت بارش افزایش یابد. جریان رطوبتی هم که از سمت اطلس و مدیترانه در حال جریان هم پس از رسیدن به دریای سرخ شدت آن افزایش محسوسی پیدا کرده است.



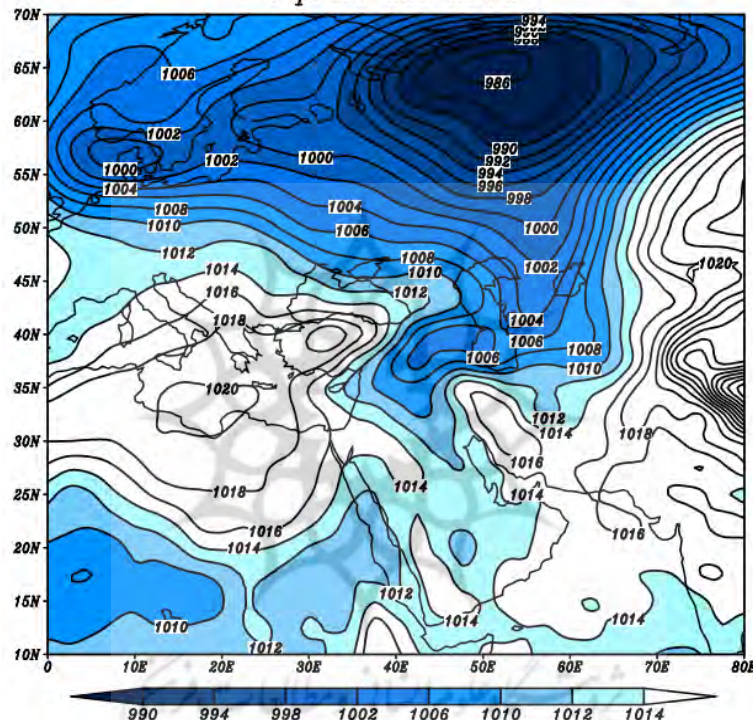
شکل ۱۶. نقشه‌های ترکیبی وزش رطوبت (جریان) و ارتفاع ژئوپتانسیل بر حسب متر (خط) از ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، ج: ۷۰۰، د: ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۹ نوامبر ۲۰۰۳ نماینده الگوی دوم  
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

#### الگوی سوم: کم‌فشارهای شمال اقیانوس اطلس، سودانی و مدیترانه‌ای

شکل ۱۷ نقشه فشار تراز دریای روز ۲۶ اکتبر ۲۰۱۸ نماینده الگوی سوم را نشان می‌دهد. برای تعیین واقعی الگوهای فشار تراز دریا، نقشه‌های میانگین روزانه از چندین روز قبل از اوج بارش مورد بررسی و ردیابی چشمی نیز قرار گرفته‌اند تا منشأ

واقعی سامانه‌های کم‌فشار موجد بارش سنگین منطقه مورد مطالعه به درستی مشخص گردند. برای الگوی سوم نیز بعد از این بررسی مشخص شد که مرکز کم‌فشار بسته و قوی طی روزهای بارش و قبل از اوج از سمت شمال اطلس و بالای عرض ۷۵ درجه شمالی، و با نفوذ زبانه‌های فشار در حد جنوبی خود ضمن ایجاد یک مرکز بسته کم‌فشار بر روی غرب دریای مدیترانه، حرکت شرق سوی خود را آغاز کرده و شرایطی از جریان‌های فشاری را مطابق آنچه در شکل زیر می‌بینید ایجاد کرده است. در روز ۲۶ اکتبر ۲۰۱۸ و اوج بارش دیده می‌شود که مرکز کم‌فشار بسته قدرتمندی در شمال روسیه مستقر شده است و گستره آن بخش‌های وسیعی از اروپا، خاورمیانه و ایران را فرا گرفته است. هم‌زمان کم‌فشار سودانی نیز فعال بوده در این الگو و زبانه‌های آن به این کم‌فشار شمالی ملحق شده است که در تقابل با سامانه‌های پرفشار شرق و غرب ایران به خوبی یک شیو فشاری مناسب را هم برای ایجاد یک بارش سنگین مهیا کرده‌اند.

slp 26 oct 2018

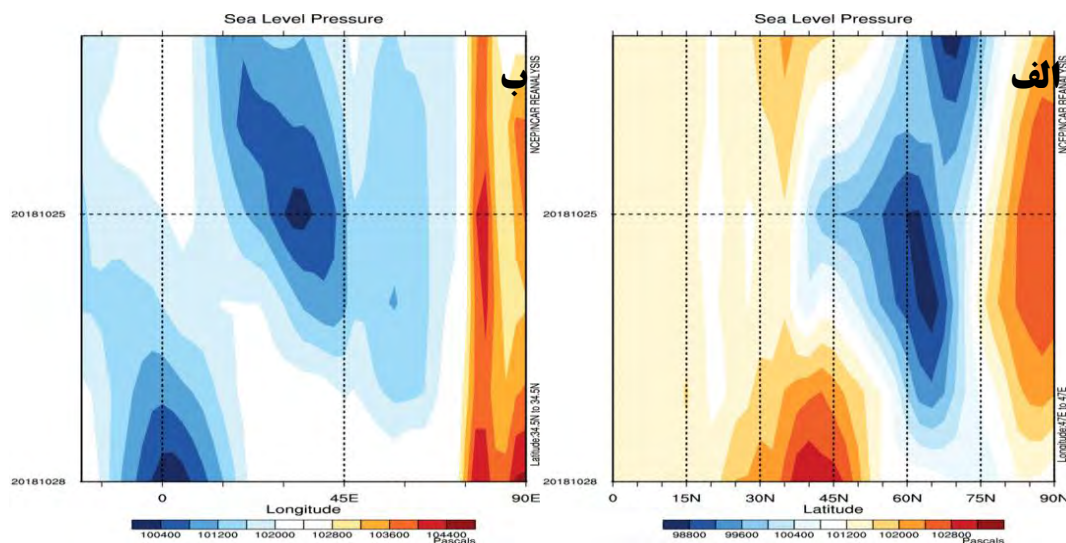


شکل ۱۷. فشار تراز دریا در روز ۲۹ نوامبر ۲۰۰۳ نماینده الگوی دوم

منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

برای الگوی سوم هم نمودار هاف مولر در مقاطع مداری و نصف‌النهاری مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱۸). در مقطع مداری حرکات شرق و جنوب سوی تدریجی کم‌فشار شمال اطلس از عرض‌های حدود ۷۵ درجه شمالی صورت گرفته است. گسترش زبانه‌های کم‌فشار سودانی (۱۰۱۲ هکتوپاسکالی) از جانب جنوب و همچنین بیشینه کاهش فشار در روز اوج رخ داده است (شکل ۱۸-الف). در شکل ۱۸-ب نیز تغییرات مقادیر فشار در مقطع نصف‌النهاری نمایش داده شده است. گسترش غربی به شرقی مقادیر فشار کم و در موقعیت واقع بر روی نیمه غربی ایران در این مقطع کاملاً نمایان است. ملاحظه می‌گردد در روز ۲۶ اکتبر کمترین مقادیر فشار بر روی منطقه مورد مطالعه حاکم شده است.

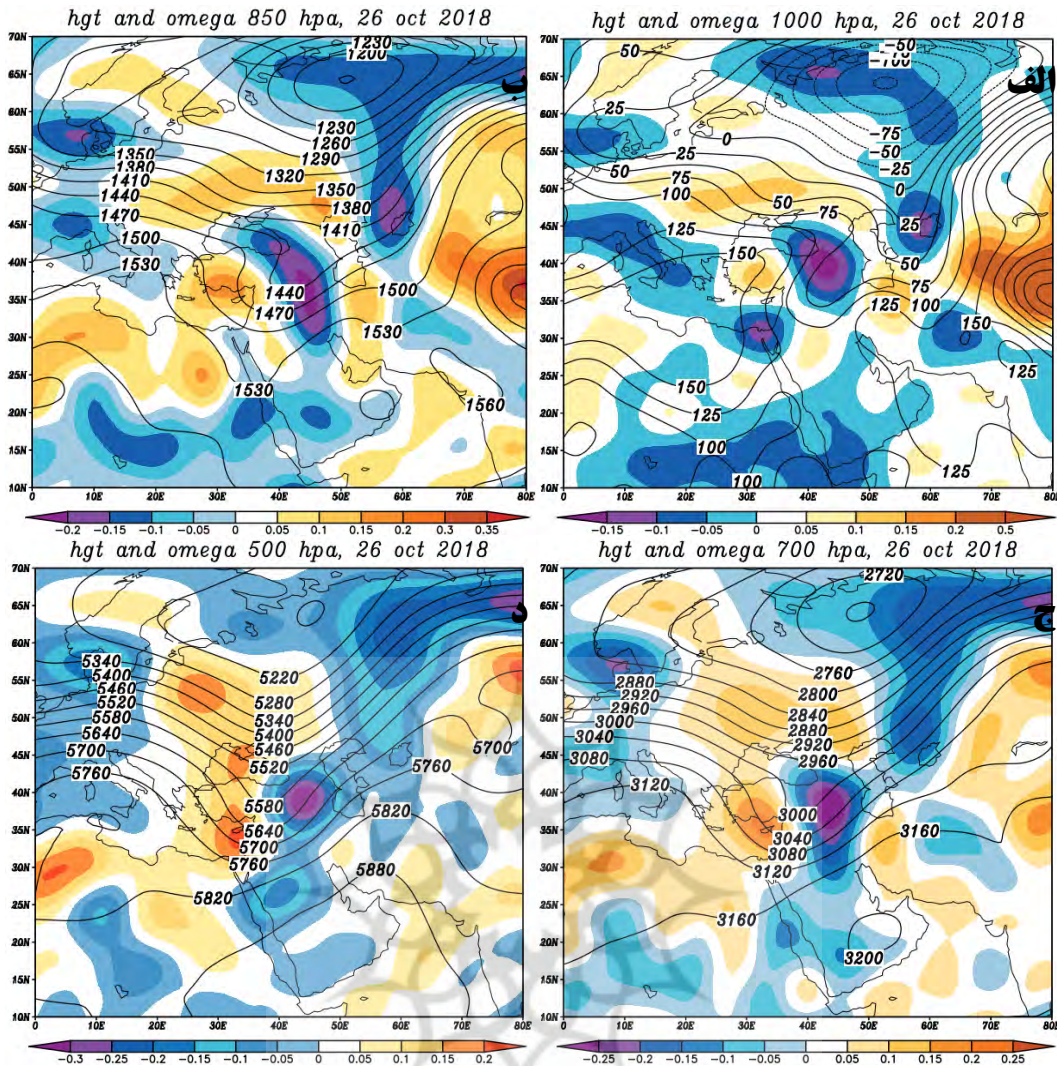




شکل ۱۸. نمودارهای هاف مولر فشار تراز دریا در مقطع الف: مدار، ب: نصف‌النهاری طی روزهای منتخب بارش سنگین و فراگیر الگوی سوم  
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

با توجه به نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۹- الف) منطبق بر فشار تراز دریا سامانه چرخندی با مرکز بسته ۱۲۵- ژئوپتانسیل متر از سمت شمال کشور روسیه با راستایی شمال به جنوب تا نواحی مرکزی عربستان گسترش یافته که منطقه مورد مطالعه در نیمه شرقی ناوه حاصل از آن واقع شده است. در این تراز غرب ایران مابین دو میدان امگای مثبت و منفی واقع شده است که نشان از همگرایی اولیه در تراز نزدیک به سطح زمین بر روی منطقه می‌باشد. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال به بالا با افزایش عمق ناوه و گسترش زبانه‌های آن تا عرض‌های حدوداً ۲۰ درجه شمالی، میزان امگای منفی نیز بر روی نیمه غربی ایران و عراق افزایش یافته (شکل ۱۹- ب) و در مرکز میدان امگای منفی به ۰/۳- پاسکال بر ثانیه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال هم رسیده است که با توجه به گسترش مسیر آن از سمت عرض‌های جنوبی حاکمی از واگرایی جریان‌های مرطوب از دریای سرخ به سمت منطقه می‌باشد. گسترش ناوه بر روی نیمکره شمالی در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال قابل توجه است که یک مسیر ممتد از امگای منفی را نیز از ۱۵ درجه (جنوب عربستان) تا ۷۰ درجه شمالی (شمال و شمال شرقی روسیه) ایجاد کرده است (شکل ۱۹ ج-د).

پرتال جامع علوم انسانی



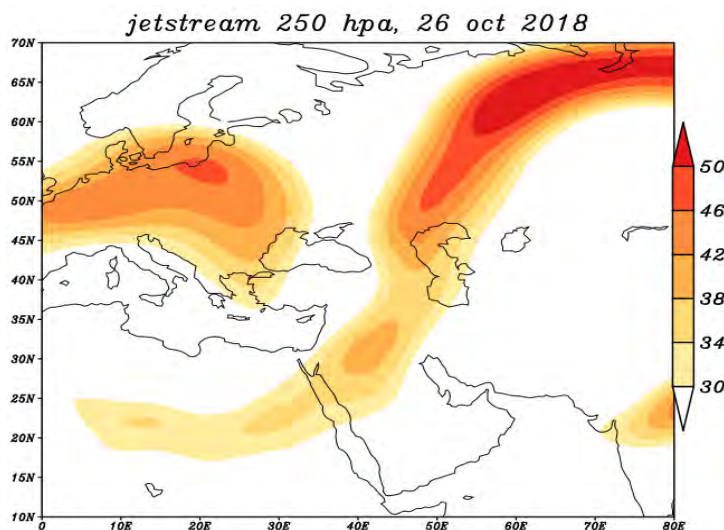
شکل ۱۹. نقشه‌های ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل (خط) و امگا (رنگی) در ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، ج: ۷۰۰، د: ۵۰۰

هکتوپاسکال طی روز ۲۶ اکتبر ۲۰۱۸ نماینده الگوی سوم

منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

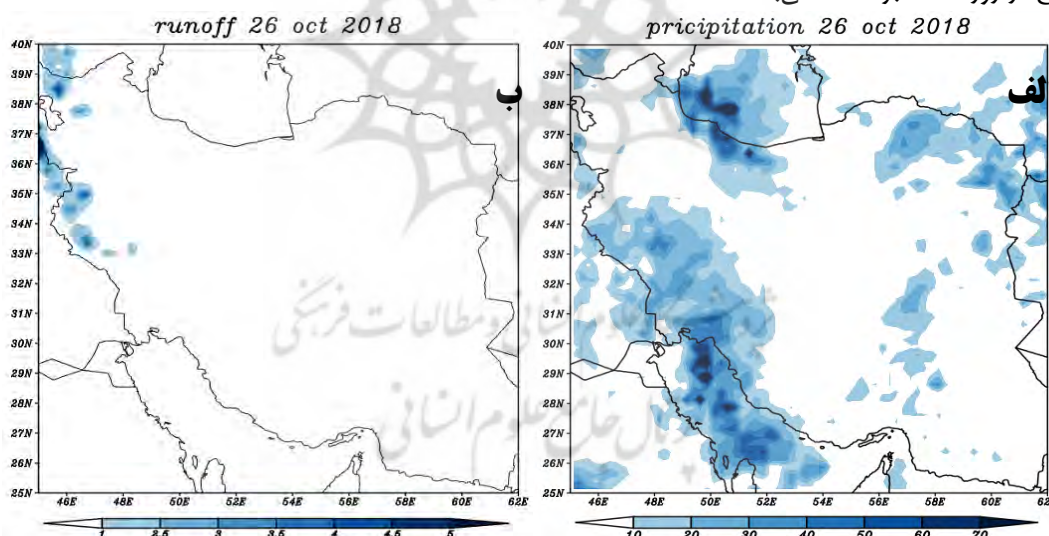
(شکل ۲۰) وضعیت رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال را در روز اوج بارش ۲۶ اکتبر ۲۰۱۸ الگوی سوم نشان می‌دهد. بر اساس شکل رودباد از نوع ادغامی جنب حاره - قطبی بوده و با انحنای کاملاً نصف‌النهاری و منطبق بر نیمه شرقی ناوه و پس از عبور از دریای سرخ، منطقه نیمه غربی ایران را در بر گرفته است. هسته سرعت رودباد با ۳۸ متر بر ثانیه و تقریباً منطبق بر محل بیشینه امگای منفی در شمال عربستان واقع شده است که تخلیه شدید جریان‌های هوای گرم و مرطوب ترازهای زیرین را بر روی جو منطقه فراهم آورده است.





شکل ۲۰. نقشه رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال طی روز ۲۶ اکتبر ۲۰۱۸ نماینده الگوی سوم  
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

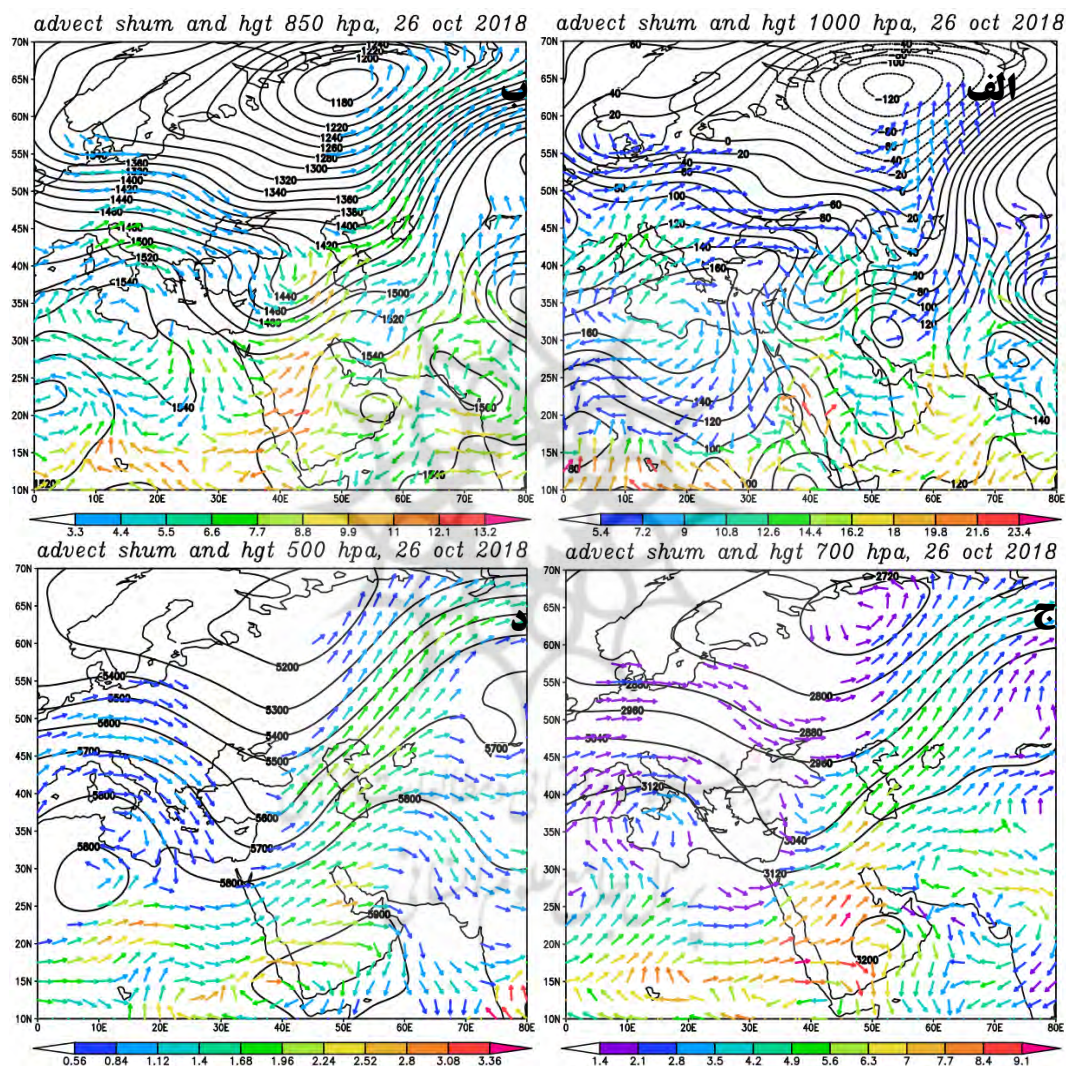
بر اساس نقشه بارش (شکل ۲۱-الف) بخش عمده‌ای از ایستگاه‌های واقع در استان‌های ایلام، کرمانشاه، لرستان و همدان بارش را تجربه کرده‌اند که این میزان از ۲۰ تا ۴۰ میلی‌متر در منطقه مورد مطالعه متغیر است. نقشه رواناب (شکل ۲۱-ب) نیز گویای ایجاد رواناب در بخش‌های غربی کرمانشاه، ایلام و بخش‌هایی از لرستان با شدت ۲/۵ تا ۴/۵ کیلوگرم بر مترمربع در روز ۲۶ اکتبر ۲۰۱۸ می‌باشد.



شکل ۲۱. الف: بارش برحسب میلی‌متر، ب: رواناب برحسب کیلوگرم بر مترمربع در روز ۲۶ اکتبر ۲۰۱۸ نماینده الگوی سوم  
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

در نقشه ترکیبی وزش رطوبت و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲۲-الف) ملاحظه می‌گردد که با نفوذ زبان‌های کم ارتفاع شمال روسیه تا مناطق جنوب شرقی عربستان، شرایط را برای دریافت رطوبت از بخش‌های غربی دریای عرب با راستایی جنوبی به شمالی برای غرب کشور فراهم آورده است. نکته قابل توجه چند منبعی بودن تأمین‌کننده‌های رطوبت از دریای سرخ، مدیترانه، سیاه و در نهایت اطلس می‌باشد (شکل ۲۲-ب) که می‌تواند به دلیل گستردگی ناهه حاصل از کم ارتفاع شمالی و همچنین سامانه واچرخندی واقع بر روی شمال آفریقا که با گردش ساعت‌گرد خود جریان هوای مرطوب را از منابع آبی غربی و شمالی به سمت منطقه فرارفت کرده است. در ترازهای بالاتر مشاهده می‌گردد که به دلیل کاهش اثر توپوگرافی، تمایل جریان گردش هوا به مداری شدن تا تراز میانی وردسپهر به صورت

تدریجی افزایش یافته و به جنوب غربی و غربی به شمال شرقی تغییر یافته است. باز هم مطابق دیگر الگوهای مورد بررسی نقش منابع فرامنطقه‌ای اطلس در ترازهای فوقانی (شکل ۲۲ ج-د) نسبت به ترازهای پایین در تأمین رطوبت بیشتر شده است. در این ترازها دریای سرخ، خلیج فارس، مدیترانه و اطلس به ترتیب بیشترین میزان رطوبت را فراهم آورده است. در این بین جدا از ناهه شمالی روسیه که باعث واگرایی جریانات مرطوب بر روی منطقه شده است می‌توان به نقش دو سامانه واچرخندی واقع در غرب دریای عرب و شمال آفریقا در ایجاد موج و دینامیکی شدن جریان و در نتیجه افزایش شدت ناپایداری‌ها اشاره کرد.



شکل ۲۲. نقشه‌های ترکیبی وزش رطوبت (جریان) و ارتفاع ژئوپتانسیل برحسب متر (خط) از ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، ج: ۷۰۰، د: ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۶ اکتبر ۲۰۱۸ نماینده الگوی سوم  
منبع: (ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱)

### نتیجه‌گیری

هدف این تحقیق شناسایی الگوهای فشار تراز دریای بارش ابرسنگین و تحلیل هم‌دیدگی و ترمودینامیکی آن طی فصل پاییز (۲۳ سپتامبر تا ۲۱ دسامبر) دوره آماری ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۹ است. با توجه به هدف تحقیق از رویکرد محیطی به گردشی استفاده شد. بدین منظور با در نظر گرفتن دو شرط آستانه صدک ۹۸ درصد و فراگیری بیش از ۵۰ درصد، ۲۰ روز

از شدیدترین و فراگیرترین بارش‌ها انتخاب شد. با اعمال روش تحلیل خوشه‌ای بر روی داده‌های فشار تراز دریای ۲۰ روز بارش ابرسنگین نیمه غربی ایران، ۳ الگوی فشار تراز دریا شناسایی گردید.

تحلیل آماری روزهای بارش سنگین نیمه غربی ایران در فصل پاییز نشان داد که به ترتیب ماه‌های آبان، آذر و مهر بیشترین فراوانی روزهای بارش سنگین را به خود اختصاص داده‌اند. عمده ایستگاه‌های منطقه روند مثبت ضعیف بارش سنگین را در مقیاس سالانه تجربه می‌کنند که حاکی از افزایش رخداد این گونه پدیده‌های فرین در فصل پاییز چند سال اخیر می‌باشد. بر اساس آستانه صدک ۹۸ درصد فراوانی روزهای بارشی در ایستگاه‌های منتخب از ۱۵ تا ۲۶ روز متغیر است و اینکه اختلاف اندکی بین ایستگاه‌ها از این لحاظ وجود دارد. برای بخش همدید بعد از طبقه‌بندی الگوهای فشار تراز دریا با روش تحلیل خوشه‌ای به بررسی چشمی نقشه‌های فشار از چند روز قبل از اوج بارش اقدام گردید تا از نوع سامانه‌های فشار و منشأ اصلی آنها اطمینان حاصل شود. در نهایت بعد از بررسی‌های صورت گرفته ۳ الگوی نهایی موجد بارش فوق سنگین در غرب کشور طی فصل پاییز شناسایی گردید. نتایج حاصل از تحلیل الگوهای فشار تراز دریا نشان داد که در الگوی اول مراکز کم فشار چندهسته‌ای بر روی خاورمیانه مستقر شده‌اند که این مراکز طی روزهای قبل با حرکت تدریجی و یا در بعضی موارد با نفوذ زبانه‌های فشار حاصل از آنها منطقه مورد مطالعه را فرا گرفته‌اند برای مثال کم فشار عربستان طی روزهای قبل از اوج بارش در جنوب عربستان ایجاد شده و با حرکت شمال سوی خود در روز اوج بارش عمدتاً در شمال عربستان و جنوب عراق مستقر شده است. کم فشار مدیترانه و سودانی نیز به ترتیب با حرکتی غربی به شرقی و جنوب غربی به شمال شرقی عمدتاً به صورت ادغامی بر روی عراق مستقر شده و با حرکت پادساعتگرد جریان‌های ناپایدار را به سمت منطقه مورد مطالعه فرارفت می‌کنند. در الگوی دوم شاهد تغییرات گسترده‌ای در مقادیر فشار در نیمکره شمالی هستیم به نحوی که پرفشار سیبری با حرکتی شرقی به غربی سراسر روسیه، شرق و مرکز اروپا و شمال شرق آفریقا را در بر گرفته و اجازه نفوذ سامانه‌های کم فشار از سمت مدیترانه و اروپا را نداده و در این حالت فقط کم فشار سودانی پس از عبور از دریای سرخ و عربستان از سمت جنوب غرب و جنوب ایران وارد منطقه مورد مطالعه گردیده است. اما در الگوی سوم تغییرات فشار در نیمکره شمالی برعکس دیگر الگوها بوده به طوری که از روزهای قبل از اوج بارش، مرکز کم فشار بسته‌ای از شمال اطلس شروع به پیشروی شرق سو کرده و با گستره دامنه زبانه‌های خود بر روی عرض‌های جنوبی، کم فشار ثانویه مدیترانه را در غرب این دریا ایجاد کرده و در روز اوج بارش در شرق دریا واقع شده یا با زبانه کم فشار شمال اطلس ادغام شده و به صورت یکپارچه با کم فشار بسته سودانی و عربستان، منطقه غرب کشور را فرا گرفته‌اند. در هر سه الگو همچنین سامانه‌های پرفشار سرد در اطراف سامانه‌های کم فشار وجود داشته است به طوری که از جانب شرقی پرفشار سیبری، تبت - هیمالیا و از جانب غربی پرفشار سرد اروپا نقش مهمی در ایجاد شیو فشاری و تقویت ایجاد جریان‌های متضاد فراهم کرده‌اند. نتایج این تحقیق در زمینه‌ی اثر کم فشارهای عربستان و مدیترانه بر رخداد بارش‌های سنگین با تحقیق (Darand and pazhoh, 2019: 3582) و احمدی و جعفری (۱۳۹۵: ۲۳۷) و در زمینه اثر کم فشار سودانی با تحقیق احمدی و علیجانی (۱۳۹۳: ۲۹۵) منطبق است.

در تحلیل نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی جو نیز گسترش ناوهای عمیق از سمت عرض‌های فوقانی بر روی خاورمیانه و قرارگیری منطقه مورد مطالعه در بهترین حالت در جلو و شرق ناوه، شرایط را برای فرارفت گرما و رطوبت از منابع آبی جنوبی مانند دریای عرب، عمان و خلیج فارس (در ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال) و غربی مانند دریای سرخ و مدیترانه (در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال) فراهم کرده‌اند. منابع فرامنطقه‌ای نیز مانند اقیانوس اطلس نیز در ترازهای فوقانی در تأمین رطوبت مؤثر بوده است. بیشترین حجم رطوبت در ترازهای زیرین جو (۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال) و به ترتیب اهمیت توسط دریای عرب، عمان و خلیج فارس تأمین شده است؛ اما در ترازهای میانی و فوقانی جو (۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال) میزان رطوبت فرارفت شده بسیار کمتر از ترازهای زیرین جو صورت گرفته و عمدتاً توسط دریای سرخ و مدیترانه رطوبت روزهای بارشی تأمین شده است. در این بین رودباد جنب حاره با استقرار بر روی خاورمیانه و منطبق بر شرق ناوه زیرین خود شرایط را برای تخلیه شدید گرما و رطوبت بر روی منطقه غربی کشور را فراهم کرده است و نقش مؤثری در تقویت ناپایداری‌ها داشته است. در بحث سامانه‌ها بر ارتفاع نیز می‌توانیم به گسترش زبانه‌های پربندی پر



ارتفاع سیبری در ترازهای زیرین و رددسپهر به سمت عرض‌های جنوبی اشاره کنیم که نقش مؤثری در شارش انرژی بر روی دریای عرب و انباشت رطوبت به درون ناوه و مراکز کم‌فشار واقع بر روی عربستان و شرق آفریقا ایفا کرده است. در ترازهای میانی نیز واچرخند عربستان با گردش ساعت‌گرد جریان هوا در پمپاژ رطوبت به درون ناوه و دینامیکی کردن جریان در افزایش شدت ناپایداری‌ها مؤثر بوده است.

## تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

## منابع

- ۱) احمدی، اسماعیل و علیجانی، بهلول (۱۳۹۳). شناسایی الگوهای همدیدی بارش‌های سنگین ساحل شمالی خلیج فارس، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۶، شماره ۳، صص. ۲۹۶-۲۷۵. Doi: 10.22059/JPHGR.2014.52132
- ۲) احمدی، محمود و جعفری، فرزانه (۱۳۹۵). تحلیل سینوپتیک بارش سنگین ۱۲ آوریل شهرستان قزوین، جغرافیا (فصلنامه علمی انجمن جغرافیایی ایران)، دوره ۱۳، شماره ۴۴، صص. ۲۳۷-۲۲۱. <https://www.sid.ir/paper/150189/fa>
- ۳) احمدی، محمود و جعفری، فرزانه (۱۳۹۵). تحلیل همدیدی سیل ویرانگر تیرماه سال ۱۳۹۴ شمال ایران، فصل نامه جغرافیای طبیعی، دوره ۹، شماره ۳۴، صص. ۸۳-۱۰۴. Dor: 20.1001.1.20085656.1395.9.34.5.3
- ۴) امیدوار، کمال؛ تنی، نظام؛ ابراهیمی، رضا و قیائی، ابراهیم (۱۳۹۷). واکاوی همدیدی دینامیکی بارش ابر سنگین ۴ آذر ۱۳۹۳ مطالعه موردی کهگیلویه و بویراحمد، فصل نامه جغرافیای طبیعی، دوره ۱۱، شماره ۴۱، صص. ۳۶-۱۱. Dor: 20.1001.1.20085656.1397.11.41.2.8
- ۵) امیدوار، کمال (۱۳۸۶). تحلیل شرایط سینوپتیکی و ترمودینامیکی رخداد بارش در منطقه شیرکوه، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۹، شماره ۵۹، صص. ۹۸-۸۱. <https://www.sid.ir/paper/5402/fa>
- ۶) برنا، رضا (۱۳۹۶). شناسایی الگوهای همدید بارش‌های سنگین در حوضه مارون (مطالعه موردی: بارش ۲۹ آبان ۱۳۹۲)، فصل نامه جغرافیای طبیعی، دوره ۱۰، شماره ۳۶، صص. ۶۰-۴۷. [https://jopg.iaularestan.ac.ir/article\\_536181.html](https://jopg.iaularestan.ac.ir/article_536181.html)
- ۷) حجازی زاده، زهرا؛ پژوه، فرشاد و جعفری همبری، فرزانه (۱۳۹۷). آشکارسازی شرایط همدید مؤثر بر خشک‌سالی و ترسالی‌های شدید و فراگیر در نیمه شرقی ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۷، شماره ۳، صص. ۱۶۰-۱۳۵. Doi: 10.22067/GEO.V0I0.68353
- ۸) ذکی زاده اوماسلان علیا، میربهرروز؛ سلیقه، محمد و ناصرزاده، محمد حسین (۱۳۹۷). تحلیل آماری و سینوپتیکی مؤثرترین الگوی رودباد ایجاد کننده بارش‌های سنگین، مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۷، شماره ۱۵، صص. ۴۸-۳۱. Doi: 10.22111/JNEH.2017.3335
- ۹) طولابی نژاد، میثم؛ حجازی زاده، زهرا و سلیقه، محمد (۱۳۹۸). توزیع فضایی سامانه‌های بندالی و همزمانی آن با ترسالی‌های فصل‌های سرد در ایران، جغرافیا (فصلنامه علمی انجمن جغرافیایی ایران)، دوره ۱۷، شماره ۶۲، صص. ۴۰-۲۰. [https://mag.iga.ir/article\\_246836.html](https://mag.iga.ir/article_246836.html)
- ۱۰) علیجانی، بهلول (۱۳۸۱). آب و هواشناسی سینوپتیک، چاپ اول، تهران: انتشارات سمت.
- ۱۱) قدمی، فردین؛ حجازی زاده، زهرا و علیجانی، بهلول (۱۳۹۷). شناسایی سامانه‌های گردشی و رددسپهر در ارتباط با بارش‌های مخاطره‌آمیز حوضه آبخیز کرخه، جغرافیا (فصلنامه علمی انجمن جغرافیایی ایران)، دوره ۱۶، شماره ۵۸، صص. ۳۲-۲۱. <https://rimag.ricest.ac.ir/fa/Article/8828>
- ۱۲) کیانیان، محمد؛ صالح پور جم، امین؛ حاجی محمدی، حسن و رسولی، فهیمه (۱۳۹۵). بررسی و ارتباط خشک‌سالی و ترسالی‌های غرب ایران با الگوهای سینوپتیک جو، مجله آمایش جغرافیایی فضا، دوره ۶، شماره ۲۲، صص. ۱۹۱-۱۷۵. [http://gps.gu.ac.ir/article\\_44777.html](http://gps.gu.ac.ir/article_44777.html)
- ۱۳) لشکری، حسن (۱۳۸۲). مکانیسم تکوین، تقویت و توسعه مرکز کم‌فشار سودان و نقش آن بر بارش‌های جنوب و جنوب غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۵، شماره ۴۶، صص. ۱۸-۱. [https://jrg.ut.ac.ir/article\\_10765.html](https://jrg.ut.ac.ir/article_10765.html)
- ۱۴) محمدی، بختیار و مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۸). تحلیل همدید بارش‌های سنگین ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه، دوره ۸، شماره ۱۹، صص. ۷۰-۴۷. <http://ensani.ir/fa/article/166257>

- ۱۵) محمدیاریان، محترم؛ طاوسی، تقی؛ خسروی، محمود و حمیدیان پور، محسن (۱۳۹۸). ناحیه‌بندی رژیم بارش‌های حدی ایران در دوره ۲۰ ساله، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی. دوره ۳۴، شماره ۲، صص. ۱۹۲-۱۸۳. <https://georesearch.ir/article-1-612-fa.html>
- ۱۶) محمودآبادی، مهدی؛ امیدوار، کمال؛ مظفری، غلامعلی؛ نارنگی فرد، مهدی؛ مزیدی، احمد و فاطمی، مهران (۱۳۹۵). تحلیل همید اثرات پدیده بلاکینگ بر بارش‌های سیلابی فروردین ماه ۱۳۹۲ در نیمه جنوبی ایران، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، دوره ۷، شماره ۲۵، صص. ۸۲-۶۷. [https://clima.irimo.ir/article\\_42077.html](https://clima.irimo.ir/article_42077.html)
- ۱۷) مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۴). شناسایی الگوهای گردشی پدیدآورنده‌ی سیلاب‌های بزرگ در کارون، جغرافیا و توسعه، دوره ۳، شماره ۵، صص. ۱۸۲-۱۶۱. <https://www.sid.ir/paper/436505/fa>
- ۱۸) مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۱). آب و هوای ایران، چاپ اول، مشهد: انتشارات شریعه توس.
- ۱۹) مفیدی، عباس (۱۳۸۳). اقلیم‌شناسی همیدی بارش‌های سیل زا با منشأ منطقه دریای سرخ در خاورمیانه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۱۹، شماره ۷۵، صص. ۵۱-۲۵. <https://www.sid.ir/paper/29946/fa>
- ۲۰) مفیدی، عباس و زرین، آذر (۱۳۸۴). بررسی سینوپتیکی تأثیر سامانه‌های کم‌فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل زا در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۰، شماره ۷۷، صص. ۱۳۶-۱۱۳. <https://www.sid.ir/paper/29958/fa>
- 21) Ahmadi, I. & Alijani, B. (2014). Identification of Synoptic Patterns Causing Heavy Rainfall in Northern Coast of Persian Gulf, *Physical Geography Research Quarterly*, Vol. 46, No. 3, pp. 275-296. [Persian].
  - 22) Ahmadi, M. & Jafari, F. (2015). Synopsis analysis of the devastating flood of July 2014 in North Iran, *Natural Geography Quarterly*, Vol. 9, No.34, pp. 104-83. [Persian].
  - 23) Ahmadi, M. & Jafari, F. (2015). Synoptic analysis of heavy rainfall on April 12 Qazvin city, *Geography*, Vol. 13, No. 44, pp. 237-221. [Persian].
  - 24) Akbari, T., Azizi, G., Asadi, A. & Davodi, M. (2016). The role of blocking system in heavy precipitation of Iran (a case study: southeast of Iran January 2008), *Arab J Geosci*, vol. 9, No. 591. pp. 591-606.
  - 25) Alijani, B. (2001). *Synoptic Climatology*, first edition, Tehran: Samt Publications. [Persian].
  - 26) Alijani, B., O'Brien, J. & Yarnal, B. (2008). Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran, *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 94, No. 2, pp. 107-124.
  - 27) Borna, R. (2016). Identifying the synoptic patterns of heavy rainfall in the Maroon Basin (case study: rainfall on November 29, 2012), *Natural Geography Quarterly*, Vol. 10, No. 36, pp. 47-60. [Persian].
  - 28) Chen, C. (2011). Orographic effects on localized heavy rainfall events over southwestern Taiwan on 27 and 28 June 2008 during the post-Mei-Yu period, *Atmospheric Research*, Vol. 101, No. 3, pp. 595-610.
  - 29) Chen, C., Lin, S., Chuang, C. & Yeh, Y. (2001). A Study of Afternoon Heavy Rainfall in Taiwan During the Mei-yu Season, *Atmospheric Research*, Vol. 65, No. 1, pp.129-149.
  - 30) Darand, M. & Pazhoh, F. (2019). Synoptic analysis of sea level pressure patterns and vertically integrated moisture flux convergence VIMFC during the occurrence of durable and pervasive rainfall in Iran, *Dyn Atmos Ocean*, Vol. 86, pp.10-17.
  - 31) Ghadami, F., Hejazizadeh, Z. & Alijani, B. (2017). Identifying the circulation systems of Troposphere in relation to the dangerous rainfall of the Karkheh watershed, *Geography*, Vol. 16, No. 58, pp. 21-32. [Persian].
  - 32) Ghassabi, Z., Fattahi, E. & Habibi, M. (2022). Daily Atmospheric Circulation Patterns and Their Influence on Dry/Wet Events in Iran, *Atmosphere*, vol. 13, No. 1, pp. 1-17.
  - 33) Ghavidel, Y. & Jafari Hombari, F. (2020). Synoptic analysis of unexampled super-heavy rainfall on April 1, 2019, in west of Iran, *Nat Hazards*, Vol. 104, No. 2, pp.1567-1580.
  - 34) Hejazizadeh, Z., Pazhooh, F. & Jafari, F. (2018). The Relationship between Severe and Pervasive Droughts and Wet Years in Half East of Iran with Synoptic Troposphere Condition, *Journal of Geography and Environmental Hazards*, Vol. 7, No. 3, pp. 135-160. [Persian].

- 35) hellstrom, C. (2005). Atmospheric condition during extreme and non-extreme precipitation events in Sweden, *International journal of climatology*, Vol. 25. No. 5, pp. 631-648.
- 36) Jessen, M. (2005). Analysis of heavy rainfall events in North Rhine–Westphalia with radar and rain gauge data, *Atmospheric Research*, Vol. 77, No. 1-4, pp. 337–346.
- 37) Kayanian, M., Salehpour Jam, A., Haji Mohammadi, H. & Rasouli, F. (2017). Review and relationship between Western Iranian Wet years and drought and atmospheric synoptic patterns, *Geographical Planning of Space*, Vol. 6, No. (22), pp. 175-192. [Persian].
- 38) Lana, A. (2007). Atmospheric patterns for heavy rain events in the Balearic Island, *International journal of climatology*, Vol. 12, No. 4, pp. 27-32
- 39) Lashkari, H. (2003). Mechanism of formation, strengthening and development of low pressure center in Sudan and its role on rainfall in South and Southwest of Iran, *Geographical Researches*, Vol. 35, No. 46. pp. 1-18. [Persian].
- 40) Mahmoodabadi, M., Omidvar, K., Mozafari, G.A., Narangi Fard, M., Mazidi; A. & Fatemi, M. (2015). Synoptic analysis of the effects of the blocking phenomenon on the flooding rains of April 2012 in the southern half of Iran, *Meteorology Research*, Vol. 7, No. 25, pp. 67-82. [Persian].
- 41) Masoudian, S. A. (2005). Identifying circulation patterns causing large floods in Karun, *Geography and Development*, Vol. 3, No. 5, pp. 182-161. [Persian].
- 42) Mofidi, A. (2004). Colloquial Climatology of Flooding Rainfalls Originating in the Red Sea Region in the Middle East, *Geographical Research Quarterly*, Vol. 19, No. 75, pp. 25-51. [Persian].
- 43) Mofidi, A. & Zarin, A. (2005). Synoptical investigation of the influence of Sudanese low pressure systems on the occurrence of flood-causing rains in Iran, *Geographical Research Quarterly*, Vol. 20, No 77, pp. 113-136. [Persian].
- 44) Mohammadi, B. & Masoudian, S.A. (2008). Synoptic analysis of Iran's heavy rains, *Geography and Development Quarterly*, Vol. 8, No. 19, pp. 47-70. [Persian].
- 45) Mohammadyarian, M., Tausi, T., Khosravi, M. & Hamidianpour, M. (2018). Regionalization of Iran's extreme rainfall regime in a 20-year period, *Geographical Research Quarterly*. Vol. 34, No. 2, pp. 183-192. [Persian].
- 46) Nishiyama, K., Schneider, S. & Chen, C.H. (2007). Identification of typical synoptic patterns causing heavy rainfall in the rainy season in Japan by a Self-Organizing Map, *Atmospheric Research*, Vol. 83, No. 2-4, pp.185–200.
- 47) Omidvar, K. (2016). Analysis of synoptic and thermodynamic conditions of precipitation in Shirkoh region, *Geographical Researches*, Vol. 39, No. 59, pp. 81-98. [Persian].
- 48) Omidvar, K., Nezam, T., Ebrahimi, R. & Qiyasi, E. (2017). Analyzing the dynamics of heavy cloud precipitation on December 4, 2013, a case study by Kohgiluyeh and Boyer Ahmad, *Natural Geography Quarterly*, Vol. 11, No. 41, pp. 11-36. [Persian].
- 49) Rousta, I., Khosh Akhlagh, F., Soltani, M. & Modir Taheri, S. (2014). Assessment of blocking effects on rainfall in northwestern Iran, e-book of proceedings, Vol. 3, No. 14, pp. 127-132.
- 50) Tulabinejad, M., Hejazizadeh, z. & Saligheh, M. (2018). Spatial distribution of Blocking systems and its coincidence with cold seasons in Iran, *Geography*, Vol. 17, No. 62, pp. 20-40. [Persian].
- 51) Wang, H., Sun, J. & Zhao, S. (2016). The Multiscale Factors Favorable for a Persistent Heavy Rain Event over Hainan Island in October 2010, *J Meteorol Res*, Vol. 30, No. 4, pp. 496-512. [www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded](http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded). [www.ndmo.ir](http://www.ndmo.ir)
- 52) Zaki Zadeh, M. B., Saligheh, M., Nasserzad, M. H. & Akbari, M. (2018). Statistical analysis and synoptic most effective jet stream pattern creating the precipitation of Iran, *Journal of Natural Environmental Hazards*, Vol. 7, No. 15, pp. 31-48. [Persian].