



Analysis of Rainfall System, Leading to Floods in July 2015 in Saghez City in Kurdistan Province

Seyed Asaad Hosseini^{*1}, Hamzeh Ahmadi² and Mahmoud Houshyar³

1- Ph.D. Graduate, Department of Climatology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

2- Ph.D. Graduate, Department of Agro-climatology, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

3- Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Payame Noor University, Mahabad Center, Mahabad, Iran

*Corresponding author: Hosseini.asad8@gmail.com

(Received: 21 October 2021

Revise: 31 October 2021

Accepted: 3 November 2021)

Extended Abstract

Introduction: Environmental hazards have always changed and threatened various aspects of life throughout the history of human life. Flood is one of the most harmful risks, which is always associated with economic damage and in some cases with human casualties. With the highest relative incidence of natural disasters in the world (about 40%), a flood has not only caused great damage but also made many people homeless and immigrate to other countries. Precipitation is one of the most important atmospheric and effective parameters in floods that plays a vital role in the natural environment. However, its abnormal and irregular behavior can cause great damage to the natural and human environment. One of the most important consequences of global warming is the increase in the frequency of large and rare precipitation events due to rising atmospheric humidity and the activity of large-scale storms and tropical storms that occur every year around the world, with floods killing a number of people and rendering thousands of cubic meters of fresh water and thousands of tons of valuable soil inaccessible. Therefore, the analysis of these precipitation systems is very important to know the mechanism and predict them.

Materials and Methods: This study is based on the method of environmental analysis to focus on atmospheric circulation, so that based on the occurrence of floods, synoptic patterns of this phenomenon have been identified. In order to accurately study the flood that occurred on July 18, 2015, the precipitation data of Saghez station were synchronized and the synoptic maps of different atmospheric levels from 10 to 70 degrees north latitude and zero to 70 degrees east longitude taken from NOAA from 48 hours before the flood up to one day after its occurrence were studied. So the synoptic patterns of the mentioned flooding system were analyzed at different levels of the atmosphere for four consecutive days. The geographical area was selected to include all atmospheric systems affecting the study area.

Results: The results showed that the high-pressure system of European immigrants and the low pressure of Saudi Arabia caused heavy rainfalls on this day. Furthermore, the Mediterranean Sea, Black Sea and the Red Sea also played a role in strengthening the humidity of these systems. The day before the rainfall, the European high-pressure system from the northwest and low-pressure Saudi Arabia from the southwest approached Iran, and on the day of the flood, the merging of the two systems caused heavy rainfall in the region. At the upper levels of the atmosphere, the day before the onset of rainfall, the trough axis was located along with Turkey, Iraq and the Persian Gulf, and west of the region's borders. By moving the short wave and shifting its axis to the east and getting closer to the region, the pressure centers on the ground have also advanced simultaneously. In this case, the whole western region of the country was located below the east axis of the shortwave and has intensified instability and rising humid air and has provided the conditions for heavy rains in the region.

Discussion: The mechanism of the studied heavy rainfall system showed that these rainfalls are due to high-pressure European migratory systems and low-pressure Saudi Arabia, which absorb a lot of moisture by passing through water zones and colliding with these two cold systems. And hot, the conditions for the formation of the front and instability are provided and lead to heavy rainfall in the west of the Iran. Dustan & Mirdrikvand (2013) in the study of heavy and pervasive rainfall in western Iran showed that low-pressure southern currents and the placement of a high-pressure pattern on the Arabian Sea are effective factors in rainfall in this region. Examination of humidity and perceptible water maps showed that the Mediterranean Sea, Black Sea and Red Sea have an important role in providing rainfall moisture of this system, which is consistent with the studies of Arvin *et al.* (2013) and Ahmadi & Jafari (2015).

Conclusion: Flood event July 18, 2015; it is one of the unprecedented and destructive floods in the western half of the Iran. In this regard, the synoptic maps of the earth's surface and the upper atmosphere were analyzed. The results showed that in the period under study, first a cold air mass after passing over Europe and the northern Mediterranean Sea and the Black Sea and finally Turkey and Iraq entered the western and northwestern regions of Iran. Also, the warm air mass entered western Iran by forming in northeastern Africa and Saudi Arabia, crossing the Red Sea, absorbing moisture from this sea and moving to the north of Saudi Arabia and Iraq. The approximate coexistence of these two warm and cold air masses and also the continuation of warm air mass during rainy days can be the main cause of the mentioned heavy rainfall in the west of the Iran.

Keywords: Flood, Pattern of pressure, Precipitation, Saghez, Synoptic analysis.

Citation: Hosseini, S. A., Ahmadi, H. & Houshyar, M. (2021). Analysis of rainfall system, leading to floods in July 2015 in Saghez city in Kurdistan province. *Integrated Watershed Management*, 1(1), 45-62. doi: 10.22034/iwm.2021.247942

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



واکاوی سامانه بارشی مولد سیلاب تیرماه ۱۳۹۴ شهرستان سقز در استان کردستان

سید اسعد حسینی^{۱*}، حمزه احمدی^۲ و محمود هوشیار^۳

۱- دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- دکتری آب و هواشناسی کشاورزی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۳- استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام نور مرکز مهاباد، مهاباد، ایران

*نویسنده مسئول: Hosseini.asad8@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۸/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۹

چکیده

واکاوی سامانه‌های بارشی امکان شناسایی الگوهای جوی منجر به سیل و پیش‌بینی آن را فراهم می‌کند. بنابراین در این پژوهش، بارش سنگین و سیل‌زای ۲۷ تیرماه ۱۳۹۴ شهرستان سقز در استان کردستان مورد واکاوی همدیدی قرار گرفت. بدین منظور از نقشه‌های متوسط فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح ۷۰۰، ۸۵۰، ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال و همچنین نقشه‌های امگا، آب قابل بارش و رطوبت نسبی استفاده شد. تحلیل این نقشه‌ها برای دو روز قبل و یک روز بعد از وقوع سیل صورت گرفت. بررسی‌های آماری نشان داد که در سامانه بارشی مورد مطالعه در کمتر از ۴۵ دقیقه ایستگاه همدید سقز و ایستگاه باران‌سنجی کسنزان به ترتیب ۲۹/۷ و ۶۴ میلی‌متر بارش دریافت کرده‌اند. واکاوی همدیدی نیز نشان داد سامانه پرفشار مهاجر اروپایی و زبانه کم‌فشار عربستانی باعث بارش‌های شدید در این روز شده است که دریای مدیترانه، دریای سیاه و دریای سرخ نیز در تقویت رطوبت این سامانه نقش داشته‌اند. در روز قبل از شروع بارش در سطح زمین سامانه پرفشار اروپایی از سمت شمال غرب و زبانه کم‌فشار عربستانی از طرف جنوب غرب به کشور نزدیک شده‌اند و در روز وقوع سیل ادغام این دو سامانه باعث بارش سنگین شده است. در سطوح بالایی جو نیز در روز قبل از شروع بارش محور ناوه در امتداد ترکیه، عراق و خلیج فارس واقع شده است. با جابه‌جایی موج کوتاه و تغییر موقعیت محور آن به طرف شرق و نزدیک شدن آن به منطقه، مراکز فشار در سطح زمین نیز به‌طور هم‌زمان پیشروی کرده است. در این حالت، تمام منطقه غرب کشور، در زیر شرق محور ناوه موج کوتاه قرار گرفته و باعث تشدید ناپایداری و صعود هوای مرطوب شده است و شرایط را برای ریزش بارش‌های سیل‌آسا در منطقه فراهم نموده است. لذا مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز به‌عنوان یکی از راهکارهای مناسب برای سازگاری و تاب‌آوری در برابر سیلاب ضرورت می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: الگوی فشار، بارش، سقز، سیل، واکاوی همدیدی.

استناد: حسینی، س.ا.، احمدی، ح. و هوشیار، م. (۱۴۰۰). واکاوی سامانه بارشی مولد سیلاب تیرماه ۱۳۹۴ شهرستان سقز در استان کردستان. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۱(۱)، ۴۵-۶۲.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

مخاطرات محیطی (سیل، زلزله، طوفان، خشکسالی، یخبندان، آتش‌سوزی و غیره) همواره طی تاریخ حیات بشری ابعاد مختلف زندگی را دستخوش تغییر و تهدید نموده است. سیل یکی از زیان‌بارترین این مخاطرات است که همیشه با خسارت‌های اقتصادی و در برخی موارد با تلفات انسانی همراه می‌شود (Lashkari *et al.*, 2008). این مخاطره با داشتن بیشترین فراوانی نسبی وقوع از حوادث طبیعی در جهان (حدود ۴۰ درصد) باعث خسارات فراوان و حتی بی‌خانمان شدن و مهاجرت عده زیادی شده است (Parvin, 2007). بارش از مهمترین پارامترهای جوی و مؤثر در سیلاب است که نقش حیاتی در محیط طبیعی دارد با این وجود رفتار ناهنجار و بی‌قاعده آن می‌تواند خسارات زیادی به محیط طبیعی و انسانی وارد سازد. یکی از مهمترین پیامدهای گرم شدن کره زمین، افزایش فراوانی وقوع حوادث بزرگ و نادر بارش به دلیل بالا رفتن میزان رطوبت اتمسفر و فعالیت طوفان‌های بزرگ مقیاس و طوفان‌های حاره‌ای است (Sen Roy *et al.*, 2004)؛ که هر ساله در گوشه و کنار جهان، با ایجاد سیلاب جان تعدادی از انسان‌ها را می‌گیرد و هزاران مترمکعب آب شیرین و هزاران تن خاک ارزشمند را از دسترس خارج می‌سازد. لذا واکاوی جوی این سامانه‌های بارشی جهت اطلاع از سازوکار و پیش‌بینی آن‌ها دارای اهمیت زیادی است. در این راستا Haylock و Nicholls (۲۰۰۰)، Salinger و Griffiths (۲۰۰۱) و Roger و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که رشد خسارت کل سیلاب‌های دهه‌ی اخیر هم با عوامل اقلیمی (افزایش بارش) و هم در ارتباط با عوامل اجتماعی (افزایش جمعیت و تصرف در طبیعت) قابل‌توجه است. Kane و همکاران (۲۰۰۳) به بررسی وقوع سیل جولای ۱۹۹۹ در منطقه قطبی آلاسکا پرداختند. نتایج حاکی از آن است که ورود هوای مرطوب و ناپایدار اقیانوس آرام شمالی به منطقه سبب تشکیل سامانه‌های ناپایدار سیکلون جبهه قطبی گردیده و به همراه، آب‌های ناشی از ذوب برف‌ها و یخ‌زدگی افقی‌های

بالایی خاک موجب وقوع سیلاب شده است. Turato و همکاران (۲۰۰۴) به تحلیل سیلاب‌های ناشی از بارش‌های شدید روزهای ۱۶-۱۳ اکتبر سال ۲۰۰۰ در منطقه پیدمونت ایتالیا پرداختند. نتایج نشان داد که عمده رطوبت مؤثر بر بارش و طوفان شدید در دوره مذکور حاصل از طوفان‌های برون‌حاره‌ای است که در جریان گردش بزرگ مقیاس اتمسفری وارد منطقه شده است و شرایط کوهستانی همراه با همگرایی سطح پایین نیز نقش مؤثری در این بارش‌ها داشته است. Rezacova و همکاران (۲۰۰۵) به واکاوی بارش‌های سنگین در کشور چک پرداختند. نتایج نشان داد که ریزش بارش‌های سنگین در این کشور به‌وسیله گرادیان افقی در بخش عقب سیکلون که با حرکت خیلی کند به سمت شمال‌شرقی اروپای مرکزی پیشروی می‌کند، صورت می‌گیرد. Siswanto و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی سامانه‌های بارشی منجر به سیل سال ۲۰۱۵ در جاکارتای اندونزی پرداختند. نتایج نشان داد بادهای موسمی شدید منجر به وقوع سیل در این منطقه شده است. Bednorz و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی الگوهای همدیدی منجر به سیلاب در مناطق کوهستانی سودتن در لهستان پرداختند. نتایج نشان داد که تشکیل سیکلون در دریای مدیترانه و اقیانوس اطلس عامل اصلی بارش‌های سیلابی در این منطقه است. از دیگر مطالعات در این زمینه می‌توان به کارهای Yu Ma و Bosart (۱۹۸۷)، Junker و همکاران (۱۹۹۹)، Kunkel و همکاران (۱۹۹۴)، Smith و همکاران (۱۹۹۴)، Changnon و Kunkel (۱۹۹۹) و Lyman و همکاران (۲۰۰۱) اشاره کرد. Kaviani و Hojatizadeh (۲۰۰۵) به تحلیل همدیدی و ترمودینامیک سیلاب اسفندماه ۱۳۷۱ در حوضه آبخیز کارون پرداختند. نتایج نشان داد این سیل نتیجه فعالیت سامانه باران‌زایی است که از شمال‌غربی شبه‌جزیره عربستان به آرامی به سمت شمال‌شرق حرکت کرده و پس از سه روز جنوب‌غربی کشور را تحت تأثیر خود قرار داده است. Azizi و Samadi (۲۰۰۷) به تحلیل الگوهای همدیدی سیل در

اصلی رخ می‌دهند و رطوبت دریای عرب در تأمین رطوبت این سامانه‌ها بالاترین نقش را داشته است. Safarian Zengir و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی شرایط همدیدی وقوع بارش‌های منجر به سیلاب در شهرستان خلخال با رویکرد محیطی به گردشی پرداختند. نتایج نشان داد که علاوه بر شرایط جوی و زمینی مؤثر در ایجاد بارش سنگین، وضعیت داخلی همراه با الگوی خارجی مانند دریا‌های اطراف و مجاور ایران مثل دریای سیاه تأثیر داشته است. Shiravand و همکاران (۲۰۲۰) به واکاوی همدیدی سامانه بارشی منجر به سیلاب در جنوب و جنوب‌شرق کشور پرداختند. نتایج نشان داد شکل‌گیری مراکز فشار دینامیکی و شرایط جوی ناپایدار در سطح زمین نقش اصلی را در بارش‌های این منطقه داشته است.

از آنجا که تمامی پدیده‌های محیطی در ارتباط با الگوهای خاصی از توزیع فشار (سطوح بالا و زمین) به وجود آمده و امروزه نیز بر همگان مسلم شده که الگوهای گردشی هوا سبب ایجاد بارش‌های سنگین و نهایتاً وقوع سیلاب‌های مخرب می‌شوند. لذا به منظور مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز و مهار سیل و کاهش خسارات ناشی از آن و کمک به برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران، بررسی و شناخت الگوهای همدیدی حاکم بر سیلاب‌های مخرب ضروری می‌نماید. به همین منظور در این پژوهش، به تحلیل سامانه بارشی منجر به سیلاب تیر ماه ۱۳۹۴ در سقز که خسارات مالی فراوانی رو به بار آورد، پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه پژوهش، شهرستان سقز در شمال استان کردستان در ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی است (شکل ۱). متوسط ارتفاع این شهر از سطح دریا برابر با ۱۴۷۶ متر است. این شهرستان یکی از نقاط کوهستانی استان کردستان است که هوای آن در زمستان بسیار سرد و در

استان‌های گیلان و مازندران در ۲۸ مهرماه سال ۱۳۸۲ پرداختند. نتایج نشان می‌دهد عوامل همچون وجود ناوه عمیق در شمال شرق اروپا، حضور آنتی‌سیکلون مهاجر و سیکلون جبهه‌ای و حرکت نصف‌النهاری جریانات سطوح میانی جو در منطقه عوامل لازم جهت ایجاد بارش سیل‌آسای فوق بوده است. Parvin (۲۰۰۷) به واکاوی همدیدی سیلاب‌های مخرب حوضه آبریز دریاچه ارومیه پرداخت. نتایج نشان داد که الگوی همدیدی تراف موج کوتاه بادهای غربی مولد ۶۷/۳ درصد از کل سیلاب‌های این حوضه است. Lashkari و همکاران (۲۰۰۸) به تحلیل همدیدی عوامل ایجاد بارش‌های سیل‌زا در استان گلستان پرداختند. نتایج به دست آمده بیانگر آن است که پنج نوع توده هوا و سامانه فشاری شامل پرفشار مهاجر اروپایی، سامانه پرفشار سبیری، پرفشار جنب حاره، کم‌فشار موسمی و سامانه کم‌فشار سودانی در ریزش این بارش‌های این استان مؤثر است. Dustan و Mirderikvand (۲۰۱۳) به تحلیل همدیدی بارندگی‌های سنگین و فراگیر غرب ایران پرداختند. نتایج نشان داد که الگوهایی همچون تراف‌احمر، تغذیه رطوبتی به وسیله جریانات جنوبی و قرارگیری یک الگوی پرفشار بر روی دریای عرب از عوامل تأثیرگذار هستند. Farajzadeh و Rajaei (۲۰۱۳) به تحلیل جوی شرایط رخداد سیل در شهرستان کوه‌رنگ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که ناپایداری شدید از سطح زمین تا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی باعث صعود شدید و بارش سنگین در این روز شده است. Arvin و همکاران (۲۰۱۳) به تحلیل سینوپتیکی سیل زنجان و ماهنشان در دوم شهریور ۱۳۸۶ پرداختند. نتایج نشان داد فعالیت سیکلونی در غرب اروپا و حرکت آن به سمت شرق و نفوذ سامانه گرم از آفریقا به شمال شرق اروپا از روی دریای مدیترانه و کسب رطوبت لازم باعث سیل در نواحی مذکور شده است. Ahmadi و Jafari (۲۰۱۸) مسیریابی و تحلیل همدیدی سامانه‌های منجر به بارش سنگین در جنوب کشور را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که بارش‌های سنگین در جنوب کشور در قالب چهار الگوی همدید

تابستان نسبتاً معتدل می‌باشد (Salahi *et al.*, 2017). استفاده گردیده است که مشخصات آن در جدول ۱ جهت این بررسی از آمار هواشناسی ایستگاه همدید سقز آورده شده است.

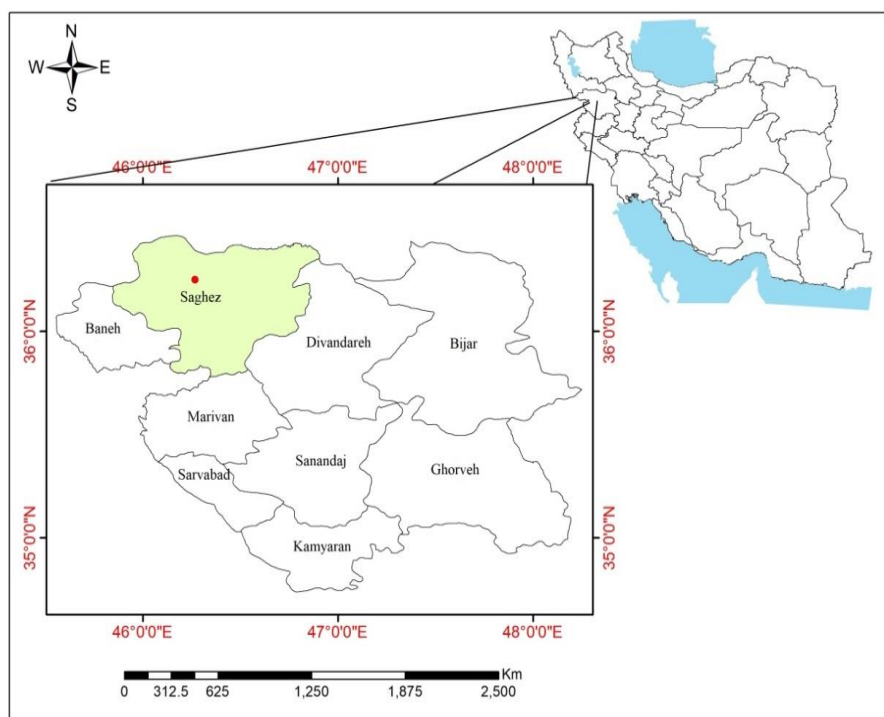
جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه هواشناسی مورد مطالعه

Table 1- Geographical characteristics of the meteorological station under study

نام ایستگاه Station name	نوع ایستگاه Station type	سال تأسیس Established year	ارتفاع (متر) Height (m)	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude
سقز Saghez	همدید Synoptic	1961	1522.8	36°15'	46°16'

۷۰۰ ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال) و همچنین نقشه‌های امگا، آب قابل بارش و رطوبت نسبی از عرض ۱۰ تا ۷۰ درجه شمالی و صفر تا ۷۰ درجه طول شرقی از ۴۸ ساعت قبل از وقوع سیل تا یک روز بعد از وقوع آن مورد بررسی و واکاوی قرار گرفت. بدین ترتیب الگوهای همدیدی سامانه سیل‌زای مذکور در طی چهار روز متوالی در سطوح مختلف جو واکاوی گردید. این نقشه‌ها از پایگاه اداره ملی اقیانوسی و جوی ایالات متحده (NOAA) دریافت شدند.

این مطالعه بر اساس روش تحلیل محیطی به گردشی متمرکز می‌باشد، به طوری که بر اساس رخداد سیلاب الگوهای همدیدی این پدیده شناسایی شده است. به منظور بررسی دقیق سامانه سیل‌زای هیجدهم ژوئیه ۲۰۱۵ (۲۷ تیر ماه ۱۳۹۴)، داده‌های آماری بارش ایستگاه همدید سقز و ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه برای روز مورد مطالعه از اداره هواشناسی شهرستان سقز دریافت گردید و نقشه‌های همدیدی ترازهای مختلف جوی (فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۸۵۰،



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Geographical location of the study area

نتایج

به منظور واکاوی همدیدی سامانه سیل‌زا در هیجدهم ژوئیه ۲۰۱۵ (۲۷ تیر ماه ۱۳۹۴) الگوهای جوی و رفتار آن‌ها در دو روز قبل و یک روز بعد از وقوع سیل مورد بررسی قرار گرفت که در ادامه نتایج حاصل از آن به تفکیک سطوح ارتفاعی و نوع نقشه‌ها ارائه می‌گردد. بررسی‌ها نشان داد حجم عظیم بارندگی و شدت بارش‌ها در این حادثه در ۵۰ سال اخیر بی‌سابقه بوده است به طوری که در مدت زمان کمتر از ۴۵ دقیقه در ایستگاه همدید سقز و ایستگاه باران‌سنجی کسنزان به ترتیب ۲۹/۷ و ۶۴ میلی‌متر بارش به ثبت رسید که این حجم فراوان بارش موجب جاری شدن غیرمنتظره سیلاب و آب‌گرفتگی معابر و منازل مسکونی، بازار و واحدهای تجاری در شهر سقز شد. بر اساس گزارش ستاد بحران بر اثر بارش شدید باران عصر روز شنبه و سیل ناشی از آن ۲۱۰ میلیارد ریال به تأسیسات و تجهیزات شهری و کسبه و بازاریان سطح شهر خسارت وارد شده است. بخشی از این میزان خسارت شامل آسیب دیدن ۲۰ تا ۱۰۰ درصد اجناس و محتویات ۴۵۰ واحد مغازه و واحد تجاری در محدوده بازار تاریخی سقز و بعضی از خیابان‌های دیگر شهر می‌باشد که ۴۰ میلیارد ریال خسارت مالی دیدند. همچنین به ۵۵۰ واحد مسکونی در ۱۴ محله از شهر که دچار آب‌گرفتگی شده بودند، خسارتی در حدود ۱۵ میلیارد ریال وارد شد. در پی رخداد این سیلاب بیش از ۲۰۰ دستگاه خودرو سواری و باری نیز آسیب دیدند که خسارت وارده به آن‌ها ۵ میلیارد ریال تخمین زده شده است. بیشترین خسارت وارده مربوط به تأسیسات و تجهیزات زیربنایی شهری شامل پل‌ها، شبکه فاضلاب، آسفالت شبکه معابر، جداول و کانال آب‌های سطحی بوده که حدود ۱۵۰ میلیارد ریال بوده است.

فشار سطح دریا

بررسی نقشه‌های فشار سطح دریا در گستره‌ای از عرض جغرافیایی ۱۰ تا ۷۰ درجه شمالی و صفر تا ۷۰ درجه شرقی نشان می‌دهد که در دو روز قبل از وقوع سیل ابتدا توده هوای سردی با فشار مرکزی ۱۰۱۸/۵

هکتوپاسکال در قسمت شمال شرقی اروپا تشکیل شده که زبانه‌های آن نیمه‌غربی کشور را فرا گرفته است در روز بعد (روز قبل از واقعه) این مرکز پرفشار با عبور از روی اروپا و شمال مدیترانه به نیمه‌غربی کشور نزدیک می‌شود و در واقع در این زمان در منطقه غرب کشور یک مرکز پرفشار حاکم است و در هیچ‌کدام از ایستگاه‌های مربوطه نیز بارشی گزارش نشده است. دو مرکز کم‌فشار نیز در قسمت شرقی و جنوب‌غربی عربستان نیز به ترتیب بر روی خلیج فارس و دریای سرخ در حال شکل‌گیری است (شکل ۲ الف و ب) در ادامه و در روز حادثه این سامانه‌ها بر روی کشور عمان و خلیج فارس و همچنین جنوب دریای سرخ تشکیل یک سلول کم‌فشار بسته داده است که به ترتیب دارای فشار مرکزی ۹۹۶ و ۱۰۰۵ هکتوپاسکال می‌باشند که زبانه‌های آن‌ها بر روی عربستان و دریای سرخ تا شمال عراق و شرق دریای مدیترانه گسترش یافته است و در این روز بارش در غرب کشور آغاز شده است. در روز شروع بارندگی این سامانه کم‌فشار در راستای شمال غرب ایران قرار گرفته که حاکی از پیشروی سامانه به غرب کشور می‌باشد در این زمان هسته‌ی پرفشار روز قبل بر روی دریای سیاه و شمال‌غرب ترکیه مستقر شده است که زبانه‌های آن به صورت نصف‌النهاری بر روی شرق مدیترانه، ترکیه و سراسر شمال و شمال‌غرب و غرب ایران گسترش یافته است در ادامه مراکز فشار ذکر شده که با عبور از دریای سیاه و دریای مدیترانه و دریای سرخ رطوبت فراوانی جذب کرده‌اند، با پیشروی بیشتر دو سامانه کم‌فشار عربستان و دریای سرخ از سمت جنوب و پرفشار مهاجر اروپایی از سمت شمال و برخورد این دو سامانه سرد و گرم، باعث تشکیل جبهه و ایجاد شیب فشار و ناپایداری لازم در سطح زمین و وقوع بارش‌های سنگین در غرب و شمال کشور شده است (شکل ۳). در روز هیجدهم بیشتر ایستگاه‌های منطقه دارای بارش هستند بیشترین میزان بارش در ایستگاه باران‌سنجی کسنزان در ۳۸ کیلومتری سقز به میزان ۶۴ میلی‌متر و بعد از آن در ایستگاه همدید سقز به میزان ۲۹/۷ میلی‌متر ثبت شده است.

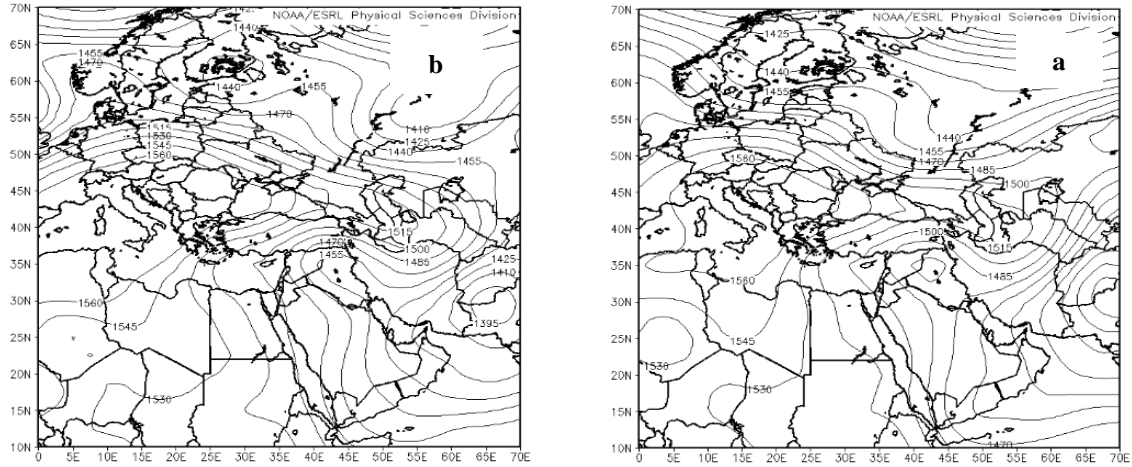


شکل ۴- متوسط فشار سطحی در روز ۱۸ ژوئیه ۲۰۱۵ (روز بارش)
Figure 4- Average surface pressure on July 18, 2015 (Rainy day)

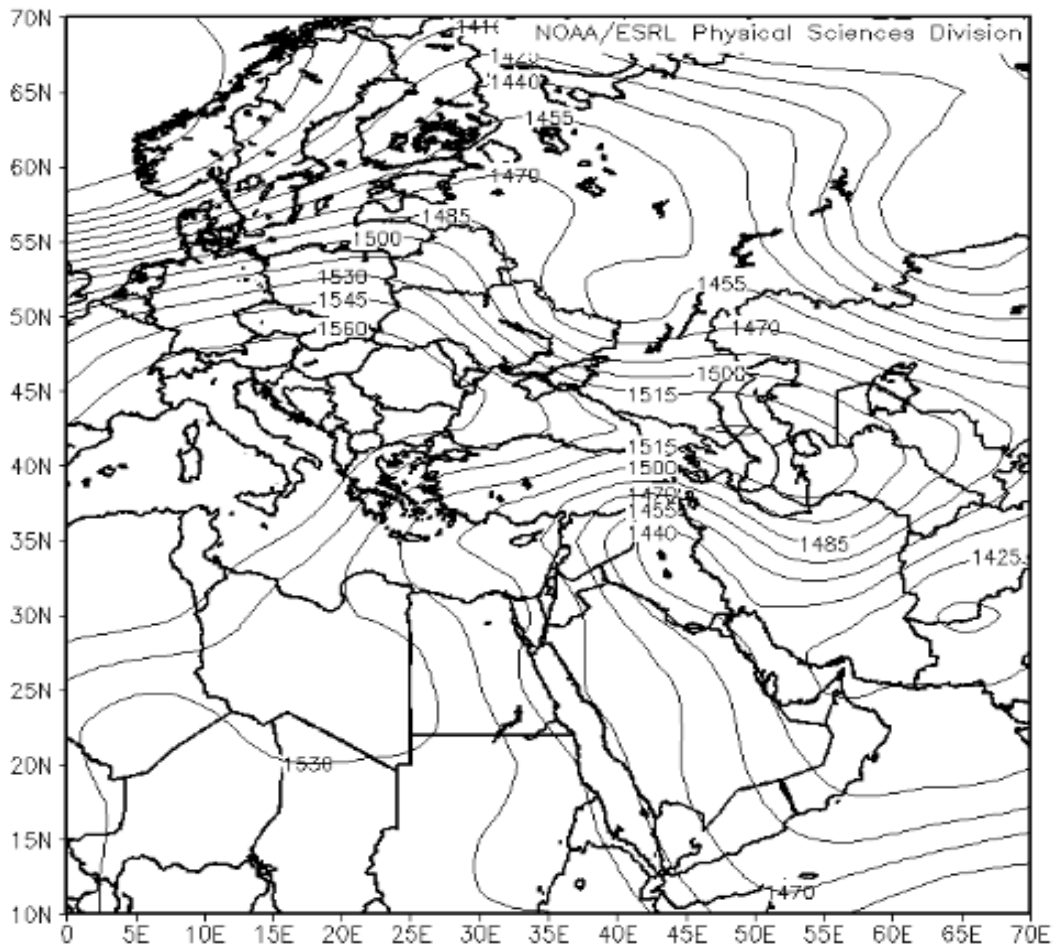
ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال به دلیل نزدیکی به سطح زمین تحت تأثیر این لایه بوده و به نوعی نمایشگر ویژگی‌های تعدیل شده سطح زمین می‌باشد. بر سی نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که در دو روز قبل از شروع بارندگی یک مرکز پر ارتفاع وسیع با پربند ۱۵۶۰ متر بر روی جنوب اروپا و دریای مدیترانه شکل گرفته و زبانه‌های خود را بر روی بخش اعظم اروپا و مدیترانه گسترش داده است. انتقال هوای گرم از نواحی شمالی آفریقا به جنوب شرق مدیترانه کاملاً مشخص می‌باشد؛ و غرب و شمال غرب ایران در زیر پشته این امواج قرار دارد این سامانه در شمال غرب سибیری تشکیل یک ناوه داده است. هم‌زمان بر روی عراق نیز یک مرکز کم ارتفاع کوچک مشاهده می‌شود. در روز قبل از واقعه ناوه شمال غرب سيبیری هم‌زمان با گسترش زبانه‌های سامانه پر ارتفاع به طرف شرق حرکت کرده و بر روی مرکز و شرق سيبیری گسترش یافته است و عمیق‌تر نیز شده است، و به دنبال آن

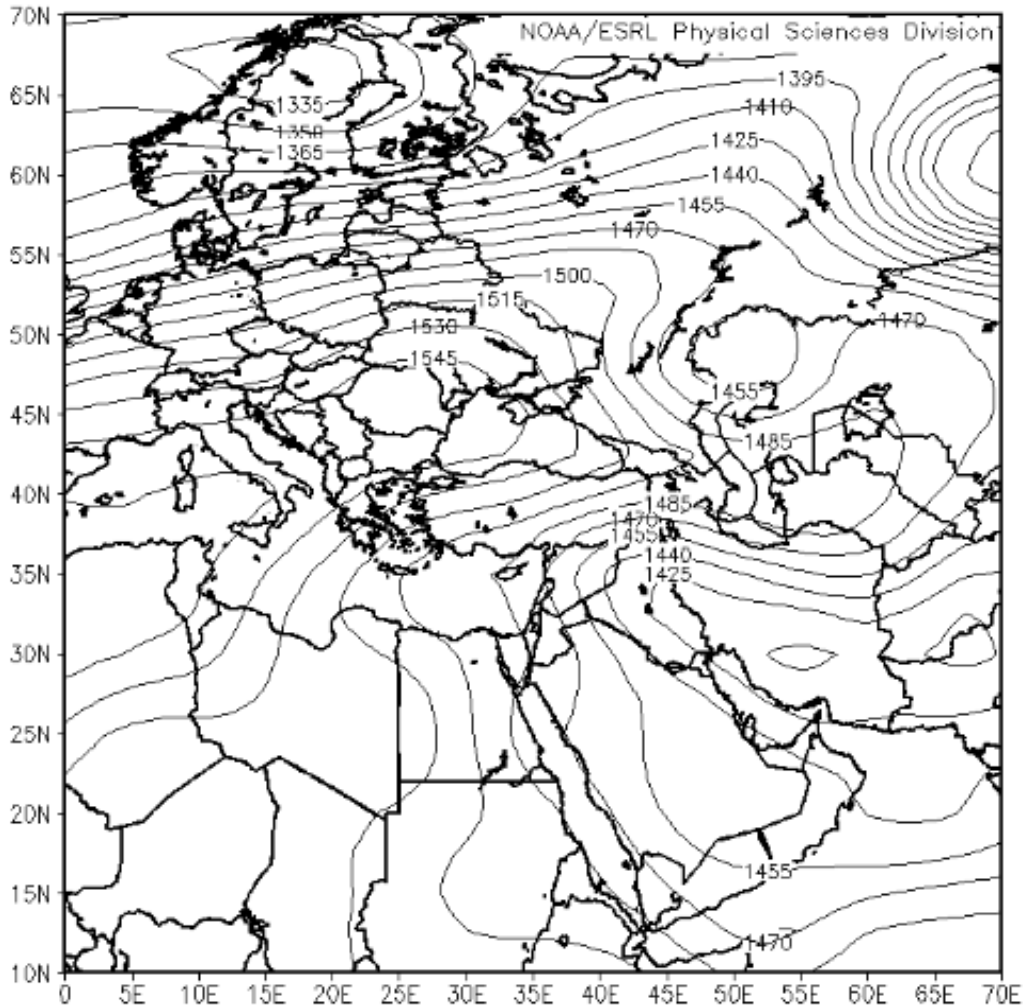
زبانه‌های پشته مستقر بر روی مدیترانه گسترش و نفوذ بیشتری را بر نیمه شمال و غربی کشور را داشته‌اند. یک مرکز کم ارتفاع نیز با پربند ۱۳۹۵ متر نیز بر روی پاکستان تشکیل شده است که زبانه آن تا غرب ایران گسترش دارد (شکل ۵ الف و ب). هم‌زمان با روز بارندگی این مرکز کم ارتفاع گسترش بیشتری یافته است و بر روی دریای عمان و خلیج فارس تا غرب کشور و بر روی عراق نیز گسترش یافته است و ناوه شکل گرفته بر روی سيبیری نیز عمیق‌تر شده است و هم‌زمان زبانه‌های مرکز پر ارتفاع نفوذ بیشتری را بر روی ترکیه و شمال غرب کشور تا ترکمنستان داشته و به سمت شرق پیشروی بیشتری داشته است (شکل ۶). در روز بعد از بارندگی در منطقه مورد مطالعه از ناوه شکل گرفته بر روی سيبیری یک منحنی بسته کم ارتفاع با پربند ۱۴۵۵ متر جدا شده و بر روی شمال دریای خزر مستقر شده است که در این روز شاهد بارش‌های سنگین و سیلاب در نواحی شمالی کشور و همچنین استان‌های تهران و البرز بوده‌ایم (شکل ۷).



شکل ۵- نقشه همدید تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در روزهای ۱۶ (الف) و ۱۷ (ب) ژوئیه (دو روز قبل از شروع بارش) ۲۰۱۵
 Figure 5- Synoptic map of 850 hPa level on days 16 (a) and 17 (b) July (two days before precipitation) 2015



شکل ۶- نقشه همدید تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در روز ۱۸ ژوئیه (روز بارش) ۲۰۱۵
 Figure 6- Synoptic map of 850 hPa level on July 18 (Rainy day) 2015



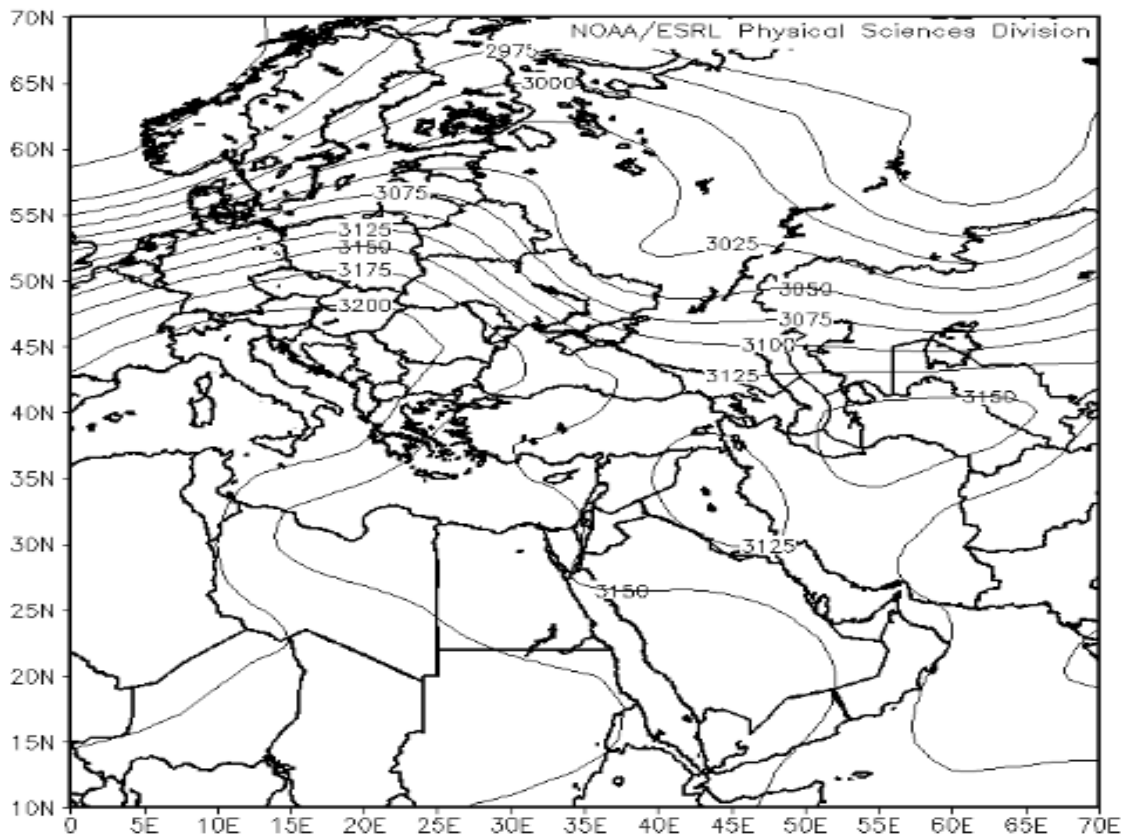
شکل ۷- نقشه همدید تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در روز ۱۹ ژوئیه (خاتمه بارش) ۲۰۱۵
 Figure 7- Synoptic map of 850 hPa level on July 19 (Rainfall end) 2015

عراق، شرق سوریه و شرق دریای سیاه امتداد یافته است. هماهنگی این پیش‌ته با پیش‌ته تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال سبب گسترش کم‌فشار سودانی به سوی نواحی شمالی شده است. لازم به ذکر است که ناوه مستقر بر روی شمال‌غرب سیبری در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال از ناوه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال عقب‌تر است و این بدان معنی است که سامانه فعال می‌باشد (شکل ۸).

ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال

در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز در روز حادثه یک مرکز کم ارتفاع با پربند^۱ ۳۱۲۵ متر بر روی عراق و بخش باریکی از غرب کشور از شمال‌غربی کشور تا جنوب‌غربی کشور شکل گرفته است. همچنین پربند ۳۲۰۰ متر این تراز نیز یک پیش‌ته نسبتاً قوی را بر روی اروپا و جنوب دریای مدیترانه و مصر و لیبی نشان می‌دهد که دامنه آن به سوی شمال تا غرب

1. Contour

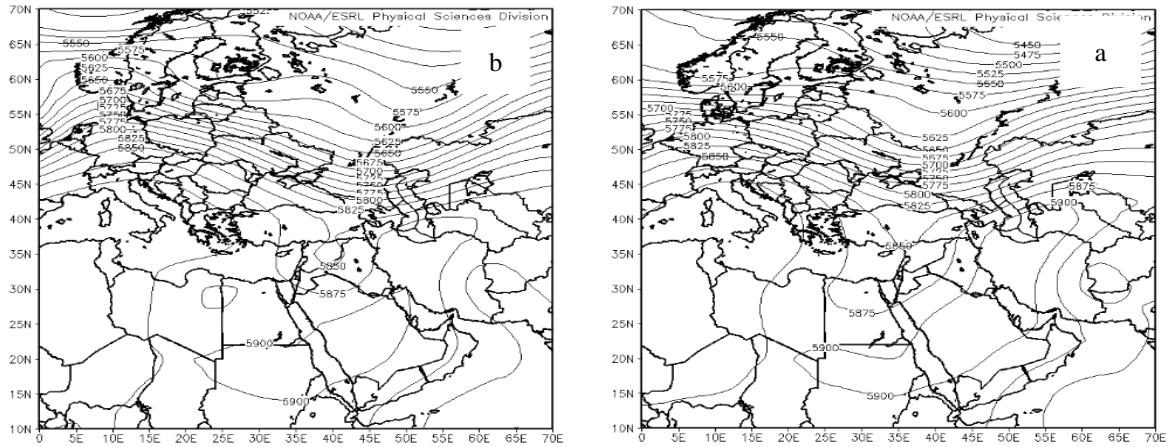


شکل ۸- ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۸ ژوئیه ۲۰۱۵ (روز بارش)
Figure 8- Geopotential height of 700 hPa level on July 18, 2015 (Rainy day)

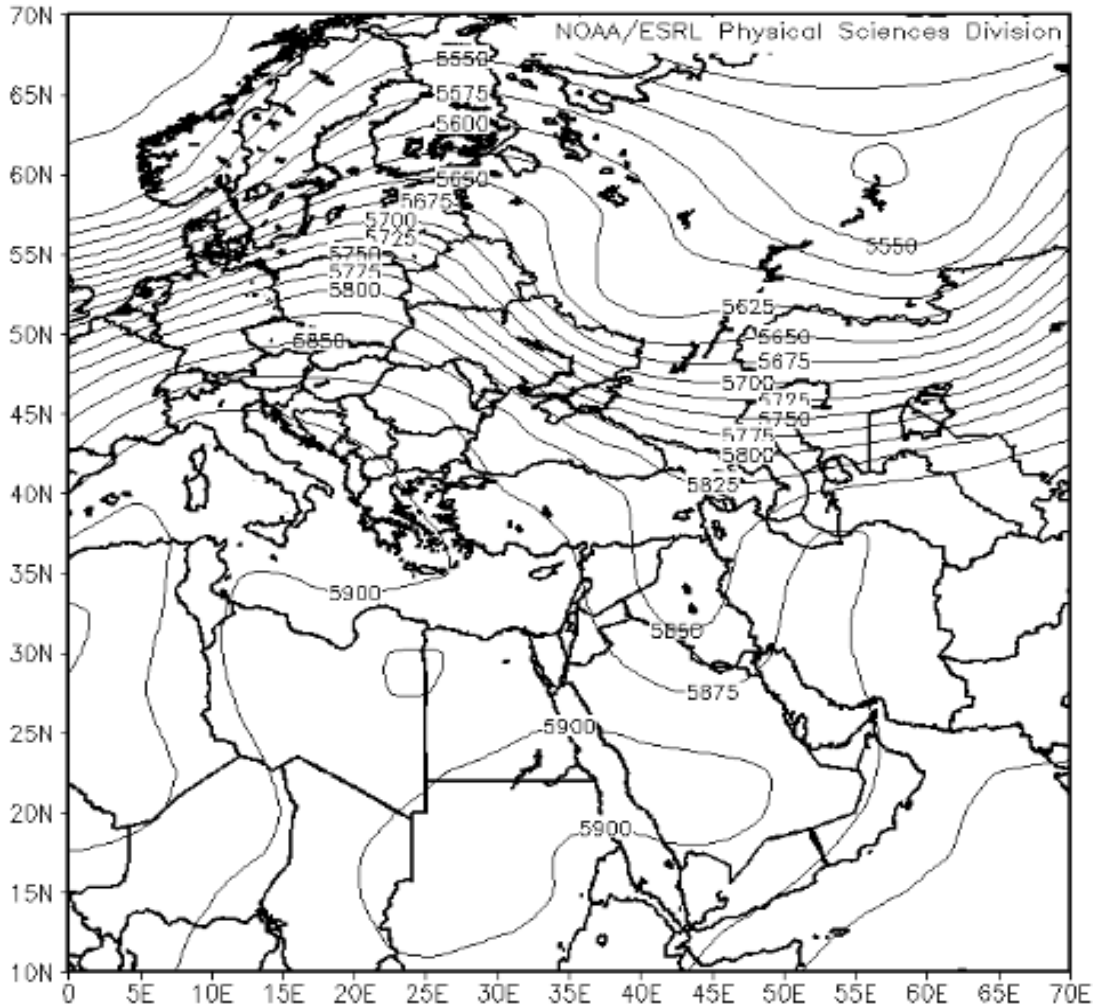
است (شکل ۹ الف و ب). در روز شروع بارش، امتداد ناوه و محور آن از شمال خاورمیانه تا شبه‌جزیره عربستان زمینه ناپایداری و صعود هوا را در این ناحیه فراهم می‌آورد، که منحنی ۵۸۵۰ متر این ناوه با دامنه نسبتاً عمیق‌تر بر روی منطقه مورد مطالعه کشیده شده است و باعث انتقال رطوبت و گرما به داخل سامانه کم‌فشار مستقر بر روی عمان و شبه‌جزیره عربستان که زبانه‌های آن نیز تا این منطقه گسترش یافته بودند می‌شود و آن را تغذیه می‌کند (شکل ۱۰). در روز بعد نیز این ناوه به سمت شرق حرکت کرده و محور آن بر روی دریای خزر مستقر شده است که زبانه‌های فرعی این ناوه نیز از سمت غرب کشور تا خلیج فارس گسترش یافته است که در این روز باعث بارش‌های سنگین در نواحی شمالی کشور گردید (شکل ۱۱).

ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

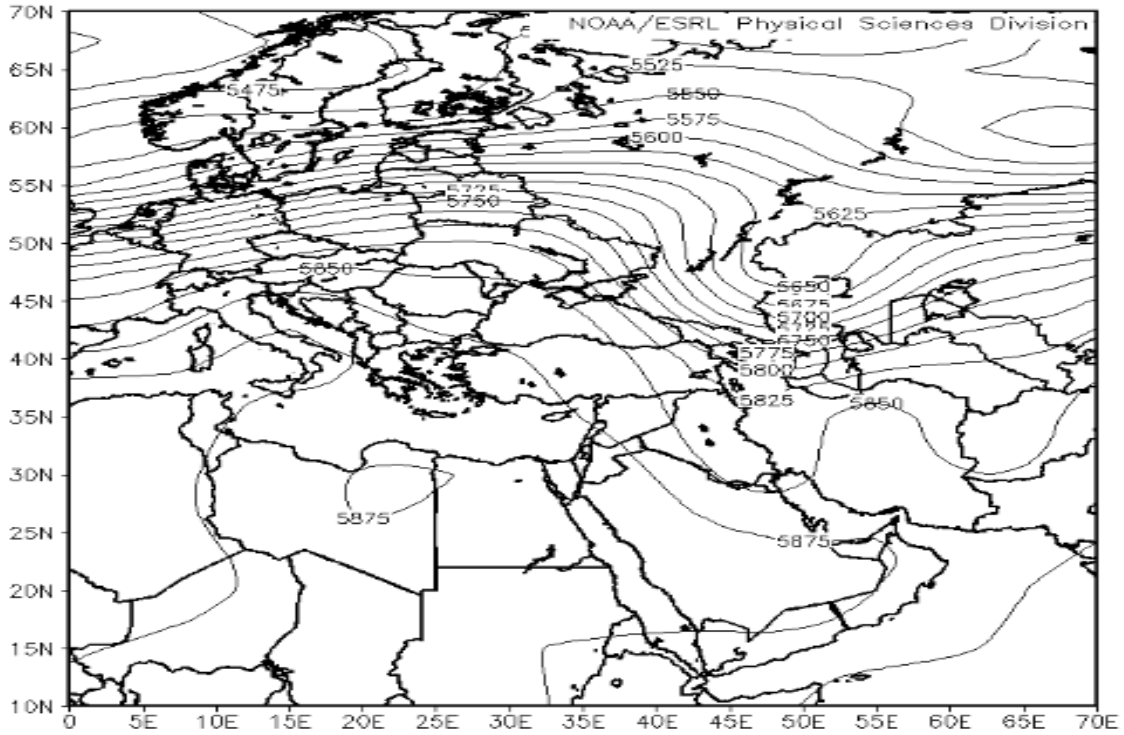
بررسی نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی جو نشان می‌دهد که در دو روز قبل از شروع بارش سیل‌زا (۱۶ ژوئیه) یک پشته بر روی ایتالیا و همچنین یک ناوه در شرق اروپا که محور آن شمالی-جنوبی بوده و با عبور از روی ترکیه و سوریه تا مرکز لیبی کشیده شده است قرار دارد. یک مرکز پر ارتفاع وسیع با پربند ۵۹۰۰ متر بر روی کشور با گسترش شمال شرقی-جنوب غربی تا عربستان و دریای سرخ کشیده شده است. در روز بعد با حرکت شرق سوی ناوه مستقر بر روی شرق اروپا محور این ناوه به نواحی غربی دریای خزر و شمال غربی کشور رسیده است که ناوه فرعی آن بر روی ترکیه، سوریه و عراق تا شمال عربستان کشیده شده است و مرکز پر ارتفاع نیز بر روی عربستان و دریای سرخ محدود شده



شكل ۹- نقشه همدید تراز ۵۰۰ هكتوپاسكال در روزهای ۱۶ (الف) و ۱۷ (ب) ژوئیه (دو روز قبل از شروع بارش) ۲۰۱۵
 Figure 9- Synoptic map of 500 hPa level on days 16 (a) and 17 (b) July (two days before the start of precipitation) 2015



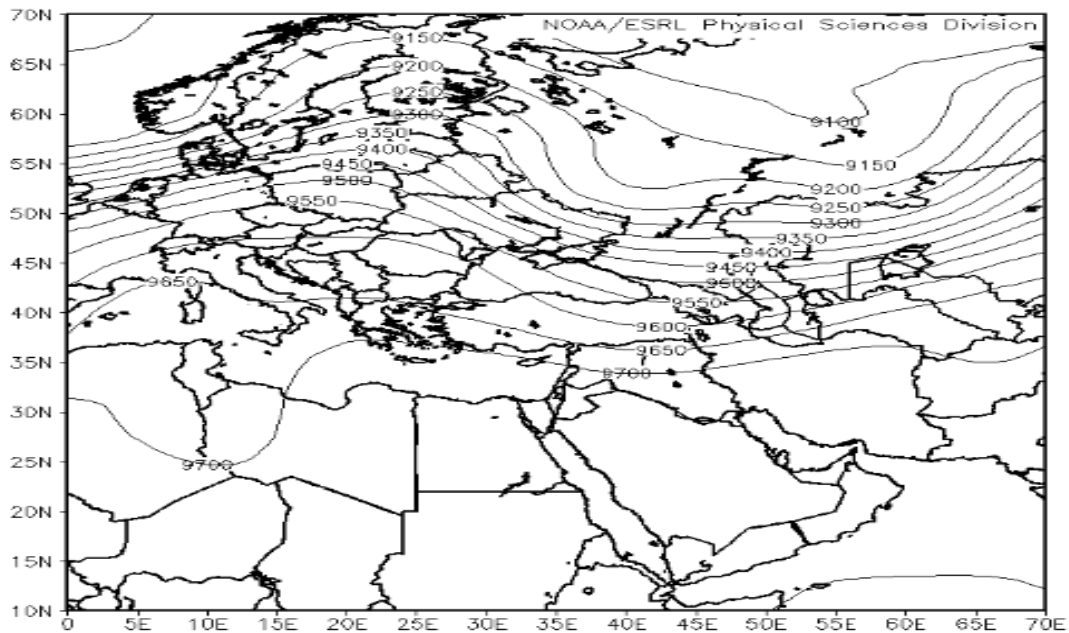
شكل ۱۰- نقشه همدید تراز ۵۰۰ هكتوپاسكال در روز ۱۸ ژوئیه (روز بارش) ۲۰۱۵
 Figure 10- Synoptic map of 500 hPa level on July 18 (Rainy day) 2015



شکل ۱۱- نقشه همدید تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ۱۹ ژوئیه (خاتمه بارش) ۲۰۱۵
 Figure 11- Synoptic map of 500 hPa level on July 19 (Rainfall end) 2015

گرفته است محور این ناوه نیز با جهت شمال شرق به سمت جنوب شرقی با عبور از روی دریای خزر و ترکیه به روی عراق و غرب کشور کشیده شده است (شکل ۱۲).

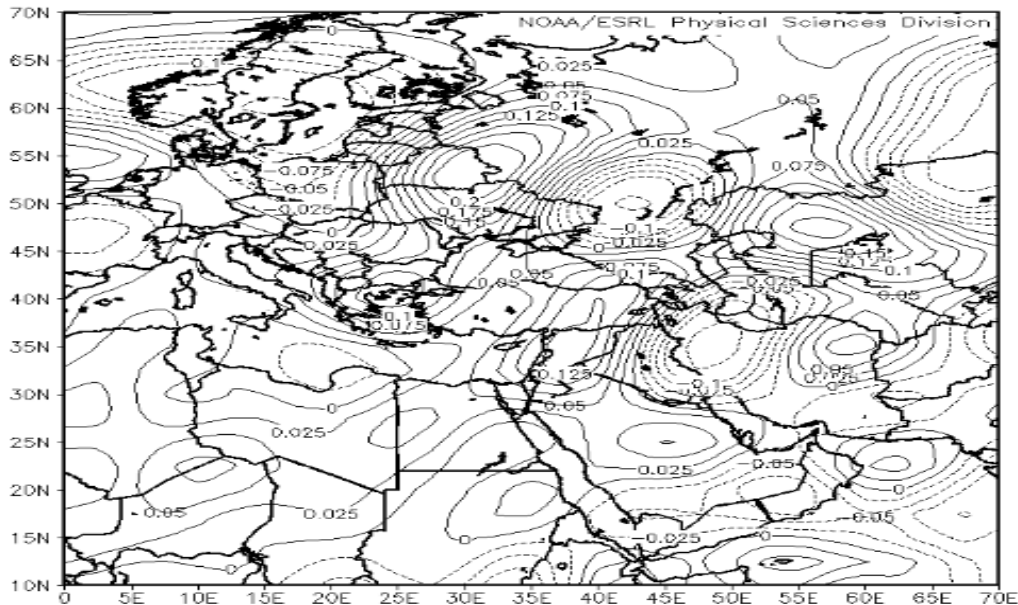
در ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۳۰۰ هکتوپاسکالی نیز در روز وقوع سیل یک پشته نسبتاً قوی بر روی اروپا قرار گرفته است که ناوه آن نیز بر روی غرب سبیری قرار



شکل ۱۲- ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۸ ژوئیه ۲۰۱۵ (روز بارش)
 Figure 12- Geopotential height of 300 hPa on July 18, 2015 (Rainy day)

با بیشینه ۰/۲- پاسکال بر ثانیه همراه گردیده است که بیانگر فراهم بودن شرایط صعود و ناپایدار در سطح منطقه مورد مطالعه و بخش اعظم غرب و شمال غرب کشور است.

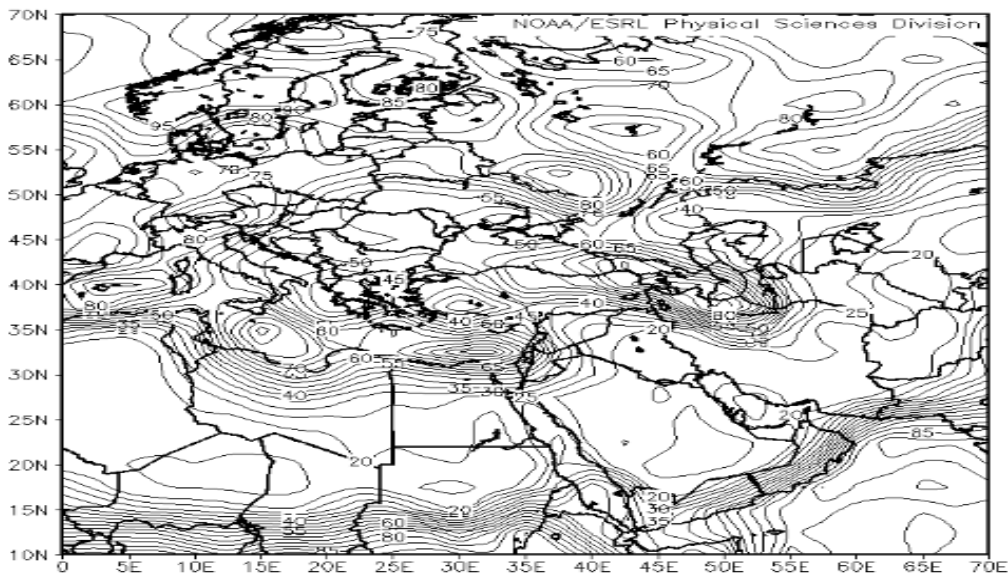
شکل ۱۳ نقشه امگای روز وقوع سیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد در این روز در غرب کشور به‌واسطه استقرار یک مرکز کم‌فشار با صعود شدید هوا



شکل ۱۳- نقشه امگای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (پاسکال بر ثانیه) در روز ۱۸ ژوئیه ۲۰۱۵ (روز بارش)
Figure 13- Omega map of 500 hPa level (Pa S⁻¹) on July 18, 2015 (Rainy day)

در روز وقوع سیل را نشان می‌دهد در این روز یک کانون رطوبتی در شمال غرب کشور شکل گرفته است و بر روی منطقه مورد مطالعه نیز کشیده است که حاکی از وجود رطوبت بالا در منطقه است.

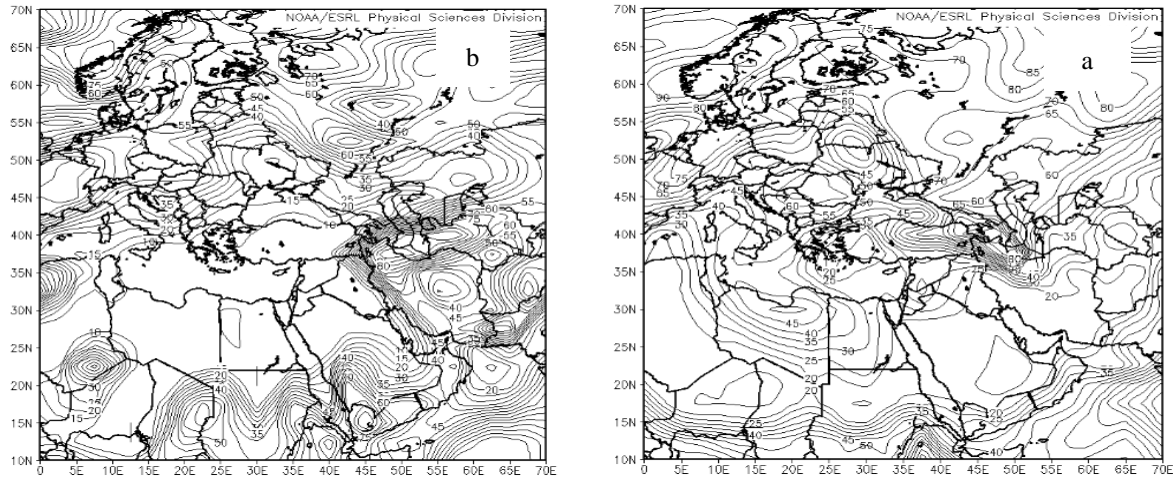
میزان بارندگی ارتباط مستقیمی با مقدار رطوبت جو دارد؛ بنابراین مطالعه و شناخت میزان رطوبت جو در پژوهش‌های اقلیم‌شناسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شکل ۱۴ نقشه درصد رطوبت نسبی سطح زمین



شکل ۱۴- نقشه رطوبت نسبی سطح زمین بر حسب درصد در روز ۱۸ ژوئیه ۲۰۱۵ (روز بارش)
Figure 14- Map of relative surface moisture in terms of percentage on July 18, 2015 (Rainy day)

در ترازهای فوقانی نیز قابل مشاهده است که تا نواحی غربی کشور گسترش یافته است و بیانگر افزایش رطوبت در محدوده مورد بررسی است (شکل ۱۵ الف و ب).

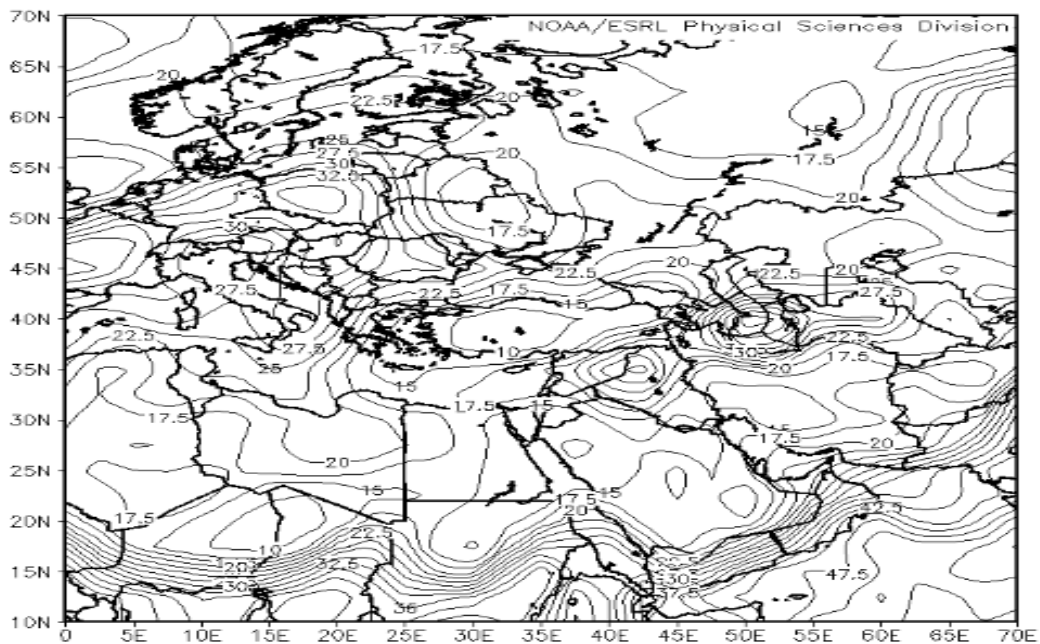
نقشه درصد رطوبت نسبی در تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال را در همان روز نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود در این روز نیز یک کانون رطوبتی تقریباً منطبق بر همان کانون رطوبتی در سطح زمین



شکل ۱۵- نقشه رطوبت نسبی در تراز ۸۵۰ (الف) و ۵۰۰ (ب) هکتوپاسکال در روز ۱۸ ژوئیه ۲۰۱۵ (روز بارش)
Figure 15- Relative humidity map at the level of 850 (a) and 500 (b) hectopascals on July 18, 2015 (Rainy day)

دو کانون یکی بر روی عراق و دیگری بر روی دریای خزر مشخص شده است و با تراکم زیاد و منحنی ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع روی منطقه مورد مطالعه کشیده شده است.

شکل ۱۶ نقشه آب قابل بارش در روز وقوع سیل را به نمایش می‌گذارد نقشه‌ی ارائه شده حاکی از وجود آب قابل بارش فراوان در سطح منطقه مورد مطالعه است که با



شکل ۱۶- نقشه همدید آب قابل بارش (کیلوگرم بر مترمربع) در روز ۱۸ ژوئیه ۲۰۱۵ (روز بارش)
Figure 16- Synoptic map of rainwater (kg m^{-2}) on July 18, 2015 (Rainfall day)

بحث

سازوکار سامانه بارشی مورد بررسی نشان داد که این بارش‌ها ناشی از سامانه‌های پرفشار مهاجر اروپایی و زبانه کم‌فشار عربستانی است که با عبور از روی پهنه‌های آبی، رطوبت فراوانی جذب می‌کنند و با برخورد این دو سامانه سرد و گرم، شرایط برای تشکیل جبهه و ناپایداری فراهم شده و منجر به ریزش بارش‌های سنگین در غرب کشور شده است. Dustan و Mirderikvand (۲۰۱۳) نیز در بررسی بارش‌های سنگین و فراگیر غرب ایران نشان دادند که جریان‌ات کم‌فشار جنوبی و قرارگیری یک الگوی پرفشار بر روی دریای عرب از عوامل تأثیرگذار در بارش‌های این منطقه هستند. همچنین Farajzadeh و Rajaei Najafabadi (۲۰۱۳) در تحلیل رخداد سیل شهرستان کوه‌رنگ به این نتیجه رسیدند که ناپایداری شدید از سطح زمین تا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی باعث صعود شدید و بارش سنگین در این روز شده است که مطالعه حاضر نیز نتایج هر دو مطالعه مذکور را مورد تأیید قرار می‌دهد. بررسی نقشه‌های رطوبت و آب قابل بارش نشان داد که دریای مدیترانه، دریای سیاه و دریای سرخ نقش مهمی در تأمین رطوبت بارش‌های این سامانه دارند که با مطالعات Arvin و همکاران (۲۰۱۳) و Ahmadi و Jafari (۲۰۱۸) مبنی بر نقش منابع رطوبتی مذکور مطابقت دارد. بررسی سامانه‌های بارشی در غرب کشور نشان داد که موقعیت رودباد جنب‌حاره‌ای و قرار گرفتن بخش‌های غربی ایران در زیر منطقه شمال و خروجی رودباد (بیشینه واگرایی) بر تقویت شرایط صعود (افزایش ارتفاع لایه واگرایی نسبت به ارتفاع لایه همگرایی) می‌افزاید. ویژگی‌های توپوگرافی منطقه و کشیدگی شمالی جنوبی رشته‌کوه‌های زاگرس که به صورت دیواری عمود بر مسیر جریان بادهای غربی قرار دارد سبب تشدید عوامل صعود می‌گردد. در این سامانه‌های بارشی معمولاً تمامی عوامل سه‌گانه صعود یعنی صعود سیکلونی، صعود همرفتی و صعود کوهستانی مشارکت دارند و باعث رخداد بارش سنگین و سیل‌آسا در غرب کشور می‌شوند.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش به واکاوی سامانه‌های بارشی منجر به سیل بر اساس تحلیل همدیدی با رویکرد محیطی به گردش در شهر سقز در استان کردستان پرداخته شد. رخداد سیل ۲۷ تیر ۱۳۹۴ یکی از سیل‌های بی‌سابقه و مخرب در سقز محسوب می‌شود به همین منظور نقشه‌های همدیدی سطح زمین و سطوح فوقانی جو در دو روز قبل و یک روز بعد از وقوع سیل، جهت شناسایی سامانه‌های بارشی منجر به سیلاب در منطقه مورد مطالعه، تحلیل گردید. نتایج نشان داد که در سامانه بارشی مورد بررسی ابتدا یک توده هوای سرد پس از عبور از روی اروپا و شمال دریای مدیترانه و دریای سیاه و سرانجام ترکیه و عراق به نواحی غربی و شمال‌غربی ایران وارد شده و همین‌طور توده هوای گرمی نیز با شکل‌گیری در شمال شرقی آفریقا و عربستان و عبور از روی دریای سرخ و جذب رطوبت از این دریا و حرکت به سمت شمال عربستان و عراق وارد غرب ایران شده است. هم‌زمانی تقریبی این دو توده هوای گرم و سرد و نیز تداوم یافتن توده هوای گرم در طول روزهای بارندگی می‌تواند علت اصلی بارش سنگین مذکور در غرب کشور باشد. نقشه‌های سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز حاکی از استقرار یک ناوه نسبتاً عمیق در شرق دریای مدیترانه و قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه در شرق محور ناوه دارد. انطباق محور ناوه موج کوتاه با شرایط جوی حاکم بر سطح زمین در جریان نفوذ یک سامانه و بررسی داده‌های بارندگی و رطوبت ایستگاه مورد مطالعه نشان می‌دهد که اگر استقرار ناوه موج کوتاه به گونه‌ای باشد که امکان جذب رطوبت از دریای سیاه، مدیترانه و شمال دریای سرخ را داشته باشد، به دلیل عمق و شدت ناوه موج کوتاه، ناپایداری هوا به شدت تقویت شده و بارش‌های سنگینی در سطح منطقه ایجاد می‌شود. در روز اوج بارش، محور موج کوتاه وارد غرب کشور شده و منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر خود قرار داده است؛ در یک تحلیل کلی از نقشه‌های همدیدی قبل از وقوع بارش تا روز پایان آن می‌توان چنین نتیجه گرفت که در

نیمه‌غربی کشور محسوب می‌شود. بنابراین واکاوی سامانه‌های هم‌دیدگی منجر به سیلاب و همچنین مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز از راهکارهای مهم برای پیش‌بینی و تاب‌آوری در مناطق سیل‌خیز این منطقه هستند.

سطح زمین دو سامانه مختلف در شمال و جنوب کشور باعث بارش سیل‌آسا در غرب کشور شده است و کوهستانی بودن منطقه نیز شرایط را برای صعود و ناپایداری و ریزش بارش‌های سنگین فراهم می‌نماید. رخداد سیل یکی از مهمترین مخاطرات طبیعی در

References

- Ahmadi, M. & Jafari, F. (2018). Full routing and synoptic analysis a sample of studies of heavy rainfall systems in excess of 50 mm in southern Iran. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 5(3), 83-102. Doi: 10.29252/jsaeh.5.3.83. (In Persian)
- Arvin, A. A. Taghavi, H. & Valizadeh Behrouz, F. (2013). *Synoptic analysis of flood Zanzan, Mahneshan 8 august 2013 (Zanzanrood river basins, Ghazalozan)*, The National Meteorological Conference, Kerman, 11 p.
- Azizi, Gh. & Samadi, Z. (2007). The synoptic patterns analysis of flood in 20 October 2007 of Gilan and Mazandaran provinces. *Geographical research*, 60, 74-61. (In Persian)
- Bednorz, E, Wrzesinski, D., Tomczyk, A. M. & Jasik, D. (2019). Classification of Synoptic Conditions of Summer Floods in Polish Sudeten Mountains, *Water*, 7, 1450. Doi: 10.3390/w11071450.
- Changnon, S. A. & Kunkel, K. E. (1999). Record flood-producing rainstorms of 17-18 July 1996 in the Chicago metropolitan area. Part III: Impacts and responses to the flash flooding. *Journal of Applied Meteorology*, 38, 273-280. Doi: 10.1175/1520-0450.
- Dustan, R. & Mirderikvand, M. (2013). *Synoptic analysis of heavy widespread rainfalls in the western part of Iran*, Second International Conference on Environmental Hazards, University of Kharazmi 17 pp. (In Persian)
- Farajzadeh, M. & Rajaei Najafabadi, S. (2013). Synoptic analysis of heavy rainfalls in Kuhrang, *Geography and Development*, 45, 143-162. (In Persian)
- Haylock, M., & Nicholls, N. (2000). Trends in extreme rainfall indices for an updated high quality data set for Australia, 1910-1998. *International Journal of Climatology*, 20, 1533-1541. Doi: 10.1002/1097-0088.
- Junker, N. W., Schneider, R. S. & Fouver, S. L. (1999). A study of heavy rainfall events during the Great Midwest flood of 1993. *Weather and Forecasting*, 14, 701-712.
- Kane, D. L., Mcnamaro, J. P., Yang, D., Olsson, P. Q. & Giech, R. E. (2003). An extreme rainfall/runoff event in Arctic Alaska. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 4, 1220-1228. Doi: 10.1175/1525-7541 (2003)004<1220:AEREIA>2.0.CO;2.
- Kaviani, M. & Hojatizadeh, R. (2001). Synoptic and Thermodynamic analysis of heavy rainfall of Karun in winter 2001, *Research and Scientific Magazine of Isfahan University*, 26(2), 1-27. (In Persian)
- Kunkel, K. E., Changnon, S. A. & Angel, J. R. (1994). Climatic aspects of the 1993 upper Mississippi river basin flood. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 75, 811-822. Doi: 10.1175/1520-0477 (1994)075<0811:CAOTUM>2.0.CO;2.
- Lashkari, H., Asqarpur, M. & Matkan, A. (2008). Synoptic analysis of heavy rainfalls in Golestan Province. *The Journal of Spatial Planning*, 2(12), 181-211. (In Persian)
- Lyman, R. E., Schroeder, T. A. & Barnes, G. M. (2005). The heavy rain event of 29 October 2000 in Hana, Maui. *Weather and Forecasting*, 20, 394-414. Doi: 10.1175/WAF868.1.
- Parvin, N. (2007). *Investigation and determination of synoptic pattern of widespread destructive flash floods in Urmia lake basin*, PhD thesis in Climatology and environmental Management, Tarbiat Moalem University, Tehran. (In Persian)
- Rezacova, D., Kaspar, M., Muller, M. Sokol, Z., Kakos, V., Hanslian, D. & Pesice P. (2005). A comparison of the flood precipitation episode in August 2002 with historic extreme precipitation events on the Czech territory, *Atmospheric Research*, 7(1-4), 354-366. Doi: 10.1016/j.atmosres.2004.10.008.
- Roger, A., Pielke, J. R. & Downton, M. W.

- (2000). Precipitation and Damaging floods: Trends in the United States, 1932-1997. *Journal of Climate*, 13, 3652-3637.
- Safarian Zengir, S., Zenali, B. & Jafarzadeh Aliabad, L. (2019). Assessment of synoptic conditions of occurrence of flood-induced rainfall in Khalkhal city with a perimeter environmental approach during the time period 2016- 1987. *Urban Ecological Research*, 10(19), 89-104. Doi: 10.30473/grup.2019.5635. (In Persian)
 - Salahi, B. Goudarzi, M. & Hosseini, S. A. (2017). Predicting the temperature and precipitation changes during the 2050s in Urmia Lake Basin, *Watershed Engineering and Management*, 8(4), 425-438. Doi: 10.22092/ijwmse.2016.107179. (In Persian)
 - Salinger, M. J., & Griffiths, G. M. (2001). Trends in New Zealand daily temperature and rainfall extremes. *International Journal of Climatology*, 21, 1437-1452. Doi: 10.1002/joc.694.
 - Sen Roy, S., Robert, C. & Balling, J. R. (2004). Trends in extreme a daily precipitation indices in India. *International Journal of climatology*, 24, 457-466. Doi: 10.1002/joc.995.
 - Shiravand, H., Asaadi Oskuei, E. & Hosseini, S. A. (2020). Statistical and Synoptical Analysis of the South and South east of Iran Flood System in January, 2020. *Journal of Climate Research*, Available Online. (In Persian)
 - Siswanto, G., Oldenborgh, G., Hurk, B., Aldrian, E., Swarinoto, Y., Sulistya, W. & Sakya, A. (2017). A very unusual precipitation event associated with the 2015 floods in Jakarta, *Weather and Climate Extremes*, 16, 23-28. Doi: 10.1016/j.wace.2017.03.003.
 - Smith, J. A., Bradley, A. A. & Baeck, M. L. (1994). The space-time structure of extreme storm rainfall in the southern plains. *Journal of Applied Meteorology*, 33, 1402-1417. Doi: 10.1175/1520-0450 (1994)033<1402: TSSOES>2.0.CO;2.
 - Turato, B., Reale, O. & Siccardi, F. (2004). Water vapor sources of the October 2000 piedmont flood. *Journal of Hydrometeorology*, 5, 693-712. Doi: 10.1175/1525-7541.
 - Yu Ma, K. & Bosart, L. F. (1987). A synoptic overview of a heavy rain even in southern China. *Weather and Forecasting*, 2, 89-112.