

بررسی شرایط سینوپتیک همزمان با رخداد بارش‌های سیل آسای غرب و جنوب

غرب کشور مورخ ۱۱ و ۱۲ فروردین ۱۳۹۸

مهدی خزائی^{۱*}

m.khazaei14@alumni.ut.ac.ir

امیر حسین نیک‌فال^۲

تاریخ دریافت: ۹۸/۵/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۸/۷/۱۰

چکیده

زمینه و هدف: بارش‌های سیل آسا همه ساله خسارات فراوانی را به بخش‌های مختلف کشور وارد می‌سازد. هدف از پژوهش حاضر، شناسایی و بررسی سامانه‌های سینوپتیک منجر به رخداد سیلاب فراگیر و مخرب منطقه غرب و جنوب غرب کشور در مورخ ۱۱ و ۱۲ فروردین ۱۳۹۸ می‌باشد.

روش بررسی: جهت بررسی شرایط سینوپتیک همزمان با رخداد بارش‌های شدید منجر به سیلاب‌های مورد نظر، علاوه بر استفاده از تصاویر ماهواره ای نوآ ۱۸، داده‌های فشار و نم ویژه تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل و امگای فشار تراز ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال؛ نم‌نسبی فشار تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، مولفه باد مداری و نصف‌النهاری از فشار تراز ۱۰۰۰ تا فشار تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال با تفکیک مکانی ۲/۵ درجه در ۲/۵ درجه عرض جغرافیایی از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و مرکز ملی پژوهش‌های جوی ایالات متحده (NCEP/NCAR) دریافت و نقشه‌های مورد نظر ترسیم گردید.

یافته‌ها: وجود چرخندی عمیق در فشار تراز دریا تا فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از شرق دریای مدیترانه تا غرب ایران و همچنین استقرار جت جنب حاره‌ای با جهت نصف‌النهاری (جنوب غربی - شمال شرقی) در منطقه جنوب غرب و غرب کشور و در نهایت چینش شدید قائم باد افقی از فشار تراز دریا تا فشار تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در منطقه مورد مطالعه، به عنوان عوامل اصلی موجد ناپایداری در منطقه غرب و جنوب غرب کشور شناخته شده است. وجود نم ویژه ۱۴ تا ۱۸ گرم بر کیلوگرم در فشار تراز دریا و رطوبت نسبی ۹۵ تا ۱۰۰ درصد در فشار تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز، به عنوان شرایط مناسب رطوبتی در منطقه مورد مطالعه شناسایی شده است.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در روزهای ۱۱ و ۱۲ فروردین ۱۳۹۸ جو منطقه غرب و جنوب غرب کشور در تمام عمق لایه تروپوسفر، ناپایداری شدیدی را به علت استقرار ضلع شرقی چرخندی عمیق، تجربه کرده است. در بالای چرخند یادشده،

۱- دانش‌آموخته دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. * (مسئول مکاتبات)

۲- دانشجوی دکتری هواشناسی، پژوهشگاه هواشناسی، تهران، ایران.

جریان‌ات نصف‌النهاری جت جنب حاره‌ای واقع شده که سبب تشدید ناپایداری تا عمق لایه وردسپهر شده است. همچنین فرارفت رطوبت از غرب دریای عرب، دریای سرخ و خلیج فارس سبب تشکیل سلول‌هایی از ابرهای همرفتی ضخیم در تمام منطقه غرب و جنوب غرب کشور شده است. بارش‌های خیلی شدید منتج از همین ابرهای همرفتی موجب سیلاب‌های شدید و فراگیر در این منطقه از کشور شده است.

واژه‌های کلیدی: بارش سیلاب‌ساز، سامانه‌های همدیدی، منابع رطوبتی، غرب و جنوب غرب کشور.

Investigation of Synoptic Conditions coincided with the Occurrence of West and Southwest Floods on March 31 and April 1, 2019

Mahdi Khazaei^{1*}

m.khazaei14@alumni.ut.ac.ir

Amir Hossain nikkal²

Admission Date: October 2, 2019

Date Received: August 9, 2019

Abstract

Background and Objective: The purpose of this study is to identify and investigate the synoptic systems that led to the extensive and destructive flood events in the west and southwest of the country on March 31 and April 1, 2019.

Method: In order to study the synoptic conditions in coincided with the event of heavy rainfall leading to the floods, in addition to using NOAA18 satellite images, sea level pressure data, sea level specific humidity, geopotential height and omega at pressure level 850, 700 and 500 hPa, Relative humidity pressure at 700 hPa, U and V component from pressure 1000 to 200 hPa with a resolution of 2.5° to 2.5° latitude from the National Center for Environmental Prediction and the National Center for Atmospheric Research (NCEP / NCAR) Received and the maps were plotted.

Findings: Existence of a deep cyclone at sea level pressure to 500 hPa pressure from eastern Mediterranean to western of Iran and also the establishment of a subtropical jet stream with meridian direction (southwest - northeast) in the southwest and west of the country and finally the intense vertical shear of horizontal wind from sea level pressure to 200 hPa in the study area, It is known as the main factors of cause of instability in the west and southwest of the country. existence Specific humidity of 14 to 18 g / kg at sea level pressure and relative humidity of 95 to 100% at a pressure of 700 hPa have also been identified as suitable moisture conditions in the study area.

Discussion and Conclusion: The results of this study show that on March 31 and April 1, 2019, the atmosphere of the western and southwestern regions of the country in all depths of the troposphere layer experienced severe instability due to the establishment eastern part of a deep cyclone. Above the cyclone mentioned above, located meridional flows of subtropical jet stream which has intensified the instability to the depth of the tropospheric layer. Also moisture advection from the western Arabian Sea, the Red Sea and the Persian Gulf has caused form cells from thick convective clouds throughout the west and southwest of the country. The heavy rains resulting from these convective clouds have caused severe and extensive floods in this area of the country.

Keywords: Flooding rainfall, synoptic systems, moisture sources, west and southwest of the country.

1- PhD in Climatology, University of Tehran, Tehran, Iran.*(Corresponding Author)

2- PhD student in Meteorology, Meteorological Institute, Tehran, Iran.

مقدمه

این سال ها بوده است (6). سیلاب رخ داده سال ۱۹۹۸ در چین، ۳۶ میلیارد دلار خسارت به اقتصاد چین وارد ساخت، در این بین، بیش از ۳۰۰۰ خانه در دره رودخانه یانگ تسه در جنوب چین و دره رودخانه ننجیانگ - سانگواچیانگ در شمال شرق چین ویران شد (7). رخداد سیلاب آگوست ۲۰۰۲ در اروپای مرکزی (در کشورهای جمهوری چک، آلمان و اتریش) و در امتداد رودخانه های دانوب و الب، بیش از ۱۵ میلیارد دلار خسارت وارد ساخت (8).

بررسی ها و نتایج مربوط به بارش های شدید و سیلاب ساز غرب و جنوب غرب کشور، بیشتر متمرکز بر فعالیت سامانه های ورودی از جنوب غرب کشور از قبیل سامانه سودانی، فعال شدن و تقویت منطقه همگرایی دریای سرخ می باشد که نقش ناوه شمال آفریقا یا همان ناوه مدیترانه ای در تکوین، تقویت و جابه جایی شرق سوی این سامانه بسیار اساسی دانسته شده است (9-11). بررسی توفان های تندری سیلاب ساز استان کرمانشاه نشان می دهد که رطوبت تامین سیلاب های ناشی از توفان تندری در این استان از دریا های گرم جنوبی بویژه دریای عرب و ناپایداری ها مرتبط با کم فشارهای تراز زیرین (عمدتا از مرکز دریای مدیترانه تا غرب ایران و از جنوب کشور ترکیه تا شمال عربستان) و ناوه های مدیترانه ای می باشند (12). همچنین منبع تامین رطوبت بارش های فوق سنگین استان بوشهر (13) و منبع اصلی بارش های سیلاب ساز اسفند ماه ۱۳۹۳ در شهرستان بندرعباس نیز تماما از دریا های گرم جنوبی بوده است (14). همچنین ناپایداری ناشی از ناوه مدیترانه ای در رخداد بارش های شدید غرب و جنوب غرب کشور به اثبات رسیده است (15). و هدف از انجام پژوهش حاضر، شناسایی و بررسی سامانه های سینوپتیک منجر به رخداد سیلاب فراگیر و مخرب منطقه غرب و جنوب غرب کشور در مورخ ۱۱ و ۱۲ فروردین ۱۳۹۸ می باشد.

داده ها و روش

در پژوهش حاضر جهت بررسی شرایط همزمان با رخداد سیلاب شدید و فراگیر غرب و جنوب غرب کشور در روزهای

تا کنون رکورد ثبت بیشینه بارش ۲۴ ساعته و بیشینه بارش سالانه هر دو در کشور هند و در منطقه چراپونجی به ترتیب با ۱۵۶۳ میلی متر و ۲۲۹۹۲ میلی متر رخ داده است (1). گریفیتس (۱۹۷۶) بر اساس داده های ثبت شده، مقدار حداکثر بارش را در منطقه چراپونجی در ژولای ۱۸۶۱ به مقدار ۹۳۰۰ میلی متر و در تمام سال ۱۸۶۱ به مقدار ۲۲۹۹۰ میلی متر دانسته است (2). تحقیقات نشان می دهد که بیشینه بارش ۲۴ ساعته در توفان های حاره ای، رکورد بارش منطقه چراپونجی را شکسته است به طوری که توفان کارلا در سال ۱۹۶۷ در منطقه ایکسین لیائو^۱ تایوان ۱۶۷۲ میلی متر بارش ایجاد کرده است (3). در رخداد بارش های خیلی شدید، افزایش قطر قطرات باران، مهم تر از افزایش تعداد قطره های باران است. برای مثال بارش هایی با شدت ۰/۱، ۱/۳ و ۱۰/۲ سانتی متر بر ساعت، بیشترین فراوانی قطره های باران به ترتیب با قطر ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ سانتی متر را دارا می باشند (1). در صورتی که شدت بارش ۲/۷۹ تا ۷/۶۲ میلی متر بر ساعت باشد، آن را بارش با شدت متوسط و در صورتی که حجم بارش رخ داده بیش از ۷/۶۲ میلی متر بر ساعت باشد از آن به عنوان بارش شدید یاد می شود^۲ (4). در مورخ ۹ تا ۱۶ سپتامبر ۲۰۱۳ در شهر بولدر در شمال شرق کلرادو، بارش فرین ۲۳۰/۶ میلی متر را تقریباً در ۹ ساعت و ۸ دقیقه تجربه کرده بود، در مجموع طی هفت روز یاد شده باشد، شهر بولدر ۴۶۰/۵ میلی متر بارش دریافت کرده بود که رکورد بارش ماهانه را از ماه می ۱۹۶۵ شکسته است (5). برآوردهای صلیب سرخ جهانی نشان می دهد که طی یک دوره آماری ۲۵ ساله (۱۹۹۵ - ۱۹۷۱) سیلاب بیش از ۱/۵ میلیارد نفر را متاثر کرده است که در مجموع ۳۱۸ هزار نفر کشته و بیش از ۸۱ میلیون نفر بی خانمان شده اند. همچنین طی ۲۵ سال یاد شده بالا، خسارات ناشی از سیلاب، بیش از ۲۰۰ میلیارد دلار در کره زمین تخمین زده شده است که در حدود ۴۰ درصد از کل خسارات ناشی از بلایای طبیعی طی

1- Xinliao

۲- مقادیر ذکر شده در مناطق و اقلیم های مختلف ممکن است دارای تفاوت هایی باشد.

شکل ۲(ب) دمای قله ابر را در روز ۱۱ فروردین ۹۸ نشان می‌دهد، همان‌طور که مشاهده می‌شود دمای قله ابر در این روز در بیشتر مناطق غرب و جنوب غرب کشور، در حدود ۵۰- تا ۶۵- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. دمای بسیار پایین این ابرها در فصل بهار، نشان‌دهنده ارتفاع و ضخامت زیاد این ابرها در این روز بر روی بیشتر مناطق کشور است. ضخامت زیاد این ابرهای باران‌زا، حداقل در حدود ۷ تا ۱۰ هزار متر است. همین امر سبب شده تا ضخامت بسیار زیادی از هوای مرطوب در یک مدت زمان کوتاهی، تبدیل به بارش‌های فوق سنگین شده و از طرفی پوشش گیاهی و خاک منطقه توانایی جذب و کنترل این حجم وسیع بارش سیل آسا را نداشته و سبب شده که بارش‌های رگباری شدید رخ داده در این روز، همراه با رواناب و طغیان رودخانه‌ها در سطح وسیعی گردد. لازم به ذکر است که طرح مباحثی پیرامون باورسازی ابرها در رخداد این گونه بارش‌های وسیع و فوق سنگین مطلقاً نادرست است و اصولاً باورسازی در پهنه‌های بسیار کوچک با حجم بارش محدود و در شرایط خاصی اتفاق می‌افتد.

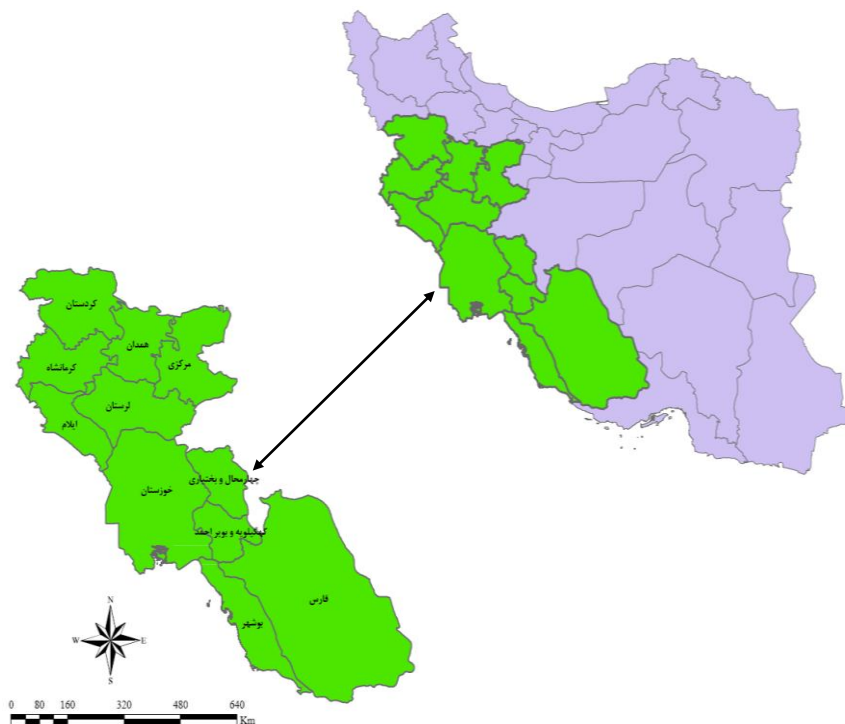
شکل ۲ پ و ت نیز به ترتیب پهنه ابرناکی و دمای قله ابر را در روز ۱۲ فروردین ۹۸ نشان می‌دهد. در این شکل نیز وضعیت پهنه ابرناکی و دمای قله ابر، کماکان شبیه به روز گذشته (۱۱ فروردین ۹۸) است. به طوری که دمای بسیار پایین قله ابرهای همرفتی منطقه (۵۰- تا ۷۰- درجه سانتی‌گراد) نشان‌دهنده ارتفاع زیاد و ضخامت قابل توجه ابرهای تشکیل شده بر روی منطقه است. با توجه به این‌که در روز قبل (۱۱ فروردین ۹۸) بارش‌های خیلی شدیدی در غرب و جنوب غرب کشور رخ داده است؛ در این روز (۱۲ فروردین ۹۸) تمام بارش‌ها (با توجه به اشباع رطوبتی خاک منطقه) تبدیل به رواناب در سطح و حجم زیادی شده است. به عبارت دیگر می‌توان گفت که پوشش گیاهی و خاک منطقه غرب کشور که یک منطقه نیمه مرطوب است، توانایی جذب، نگه‌داشت و کنترل چنین بارش‌های شدیدی در مدت زمان کوتاهی را ندارد.

۱۱ و ۱۲ فروردین^۱ ۱۳۹۸، ابتدا داده‌های جوی فشار و نم ویژه تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل و امگای فشار تراز ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال؛ نم نسبی فشار تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، مولفه باد مداری و نصف‌النهاری از فشار تراز ۱۰۰ ش ۰ تا فشار تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال (جهت ترسیم نقشه‌های چینش قائم باد افقی و نقشه رودباد) با تفکیک مکانی ۲/۵ درجه در ۲/۵ درجه عرض جغرافیایی از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و مرکز ملی پژوهش‌های جوی ایالات متحده (NCEP/NCAR) دریافت و نقشه‌های مورد نظر ترسیم و به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین در این پژوهش از تصاویر ماهواره ای نوآ ۱۸ باند مربوط به ابرناکی و دمای قله ابر در هر دو روز ۱۱ و ۱۲ فروردین ۱۳۹۸ بهره گرفته شده است. شکل ۱ موقعیت منطقه غرب و جنوب غرب کشور که از سیلاب متاثر شده‌اند را نشان می‌دهد.

بحث و نتایج

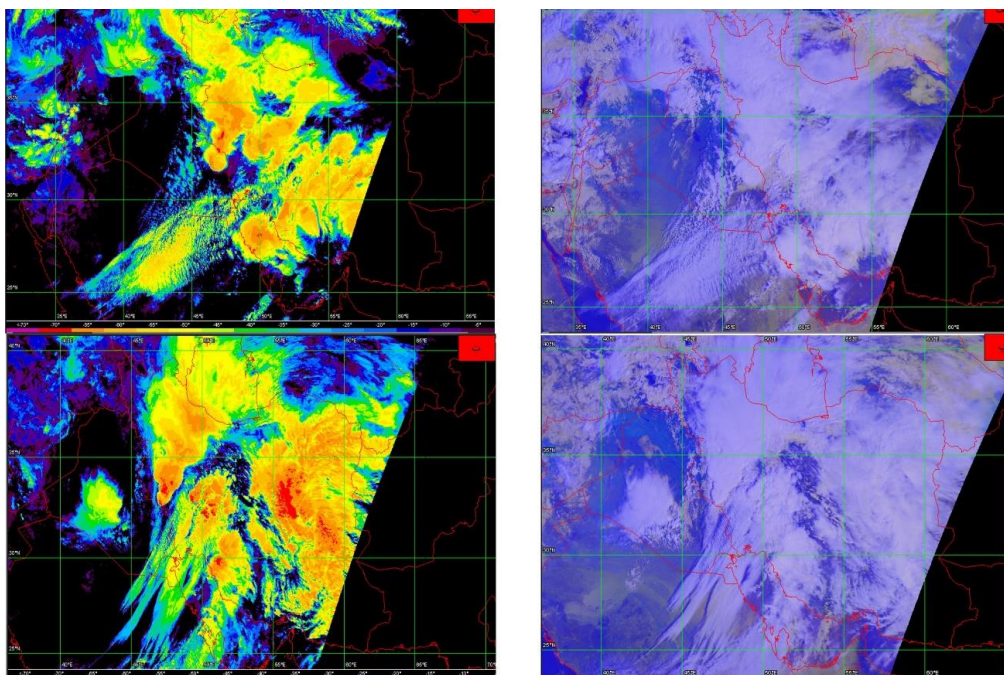
بررسی تصاویر ماهواره‌ای نوآ ۱۸ مورخ ۱۱ و ۱۲ فروردین ۹۸ همان‌طور که در شکل ۲(الف) مشاهده می‌گردد در بیشتر مناطق مختلف کشور ابرهای همرفتی در روز ۱۱ فروردین ۹۸ به چشم می‌خورد. این ابرهای همرفتی، رطوبت بسیار زیادی را در خود جای می‌دهند؛ مسیر اصلی رطوبت موجد تشکیل این ابرهای همرفتی از حوالی دریای سرخ و غرب دریای عرب می‌باشد که با عبور از پهنه آبی خلیج فارس و نواحی شمالی آن، در غرب سلسله جبال زاگرس، سبب بارش‌های بسیار سنگینی شده است. بسیاری از بارش‌های رخ داده در این روز در نواحی غربی کشور، بیش از ۱۰۰ میلی‌متر گزارش شده است (جدول ۱).

۱- در این پژوهش تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های نم‌نسبی فشار تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در هر دو روز رخداد بارش شدید فراگیر در مورخ ۱۱ و ۱۲ فروردین ۱۳۹۸ مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به این‌که در هر دو روز رخداد بارش شدید، یک سامانه سینوپتیکی واحد، سبب ایجاد سیلاب‌های مخرب فراگیر غرب و جنوب غرب کشور شده است؛ به همین دلیل، نقشه‌های جوی فقط در روز دوم رخداد بارش شدید (۱۲ فروردین ۱۳۹۸) مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۱- استان هایی که بیشترین بارش شدید و سیلاب را تجربه کرده اند

Figure 1. Provinces that have experienced the most severe rainfall and floods



شکل ۲- تصاویر ماهواره‌ای نوآ ۱۸: الف- ابرناکی؛ ب- دمای قله ابر بر حسب درجه سانتی‌گراد مورخ ۱۱ فروردین ۹۸؛ پ- ابرناکی و ت- دمای قله ابر بر حسب درجه سانتی‌گراد مورخ ۱۲ فروردین ۹۸

Figure 2. NOAA 18 satellite images: A- cloudiness; B- the cloud top temperature in degrees Celsius dated on March 31, 2019. P- Cloudiness and T- the cloud top temperature in degrees Celsius dated on April 1, 2019.

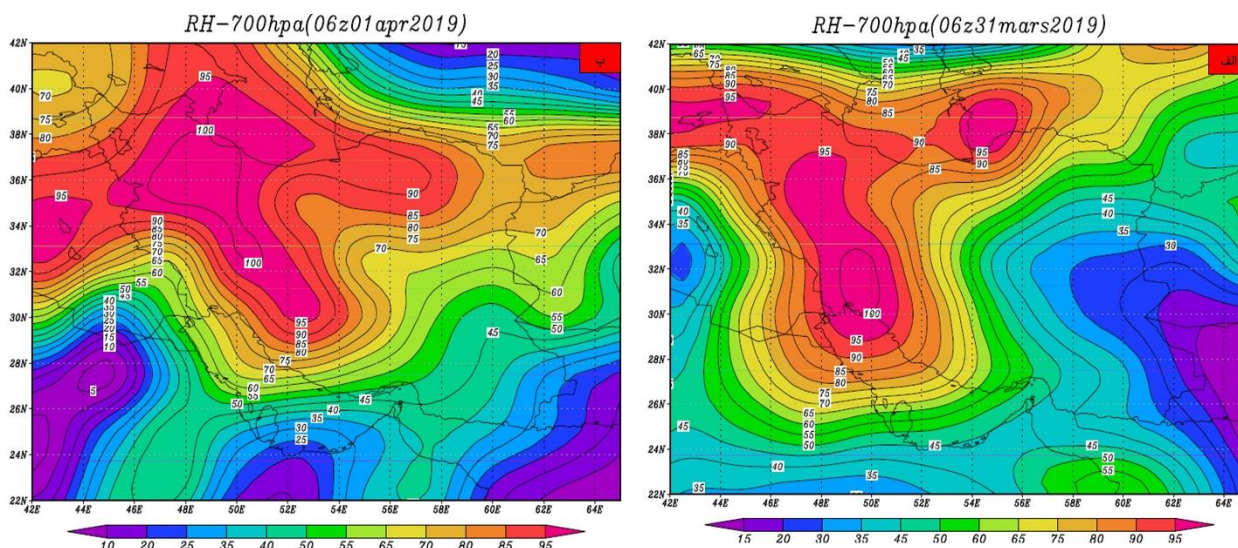
Figure 2. NOAA 18 satellite images: A- cloudiness; B- the cloud top temperature in degrees Celsius dated on March 31, 2019. P- Cloudiness and T- the cloud top temperature in degrees Celsius dated on April 1, 2019.

بررسی نقشه‌های نم‌نسبی مورخ ۱۱ و ۱۲ فروردین ۹۸

جنوب غرب و غرب کشور، نم‌نسبی ۹۰ تا ۱۰۰ درصد را تجربه کرده‌اند. جو سرشار از رطوبت در این روز در پهنه غرب کشور، طبیعتاً بایستی بارش‌های خیلی شدیدی را ایجاد کند. همان‌طور که تصاویر ماهواره‌ای در شکل ۲ (مورخ ۱۱ و ۱۲ فروردین ۹۸) نشان می‌دهد بیشتر ابرهای همرفتی با رطوبت فراوان، از جنوب غرب کشور به سمت شمال شرق در حرکت بوده‌اند. با توجه به این‌که در روز قبل (۱۱ فروردین ۹۸) بارش‌های فوق سنگین، سیلاب‌های مخرب را در تمام منطقه غرب کشور ایجاد کرده بود، بارش‌های روز ۱۲ فروردین ۹۸ با توجه به اشباع رطوبت خاک، طغیان رودخانه‌ها، جریان یافتن مسیل‌ها و غیره؛ تماماً تبدیل به رواناب شده و نهایتاً موجب سیل ویرانگر در این روز نیز شده است. بسیاری از ایستگاه‌های غرب کشور، بارش‌های بیش از ۵۰ میلی‌متر و ایستگاه‌های واقع در استان همدان و لرستان بارش‌های بیش از ۱۰۰ میلی‌متر را تجربه کرده‌اند (جدول ۱).

شکل ۳ (الف) مقادیر نم‌نسبی فشار تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در مورخ ۱۱ فروردین ۹۸، یعنی تراز فشاری که فرآیند تشکیل ابر و بارش اتفاق می‌افتد را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این روز رطوبت نسبی در جنوب غرب و غرب کشور در حدود ۹۰ تا ۱۰۰ درصد است که نشان‌دهنده جوی سرشار و به نوعی اشباع از رطوبت می‌باشد. چگالش همین رطوبت، سبب رخداد بارش‌های بسیار شدید در بسیاری از مناطق غرب کشور شده است؛ به طوری که گزارش بارش در این روز، از بارش‌های بیشتر از ۱۰۰ میلی‌متر در بسیاری از استان‌های نیمه غربی کشور حکایت دارد (جدول ۱). حجم بارش یک یا دو روزه در این مناطق، به تنهایی حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد بارش سالانه بسیاری از این مناطق را تشکیل داده است؛ همین امر سبب شده که بارش‌های فوق سنگین و رگباری رخ داده در این روز به سرعت خاک منطقه را اشباع و تبدیل به رواناب و جریان یافتن مسیل‌ها و طغیان رودخانه‌ها در این مناطق شود.

شکل ۳ (ب) مقادیر نم‌نسبی فشار تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در مورخ ۱۲ فروردین ۹۸ را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این روز نیز مانند روز ۱۱ فروردین ۹۸ بیشتر مناطق



شکل ۳- الف و ب به ترتیب مقادیر نم‌نسبی بر حسب درصد در ارتفاع حدود ۳ کیلومتری از سطح زمین در مورخ ۱۱ و ۱۲ فروردین ۹۸

Figure 3. A and B, respectively, relative humidity percentages at a height of about 3 km from the ground level on March 31 and April 1, 2019

جدول ۱- مقدار بارش برخی از ایستگاه های سینوپتیک غرب کشور مورخ ۱۱ فروردین ۹۸

Table 1. Precipitation Rate of Some West Iran Synoptic Stations on March 31, 2019

ردیف	نام ایستگاه	مقدار بارش بر حسب میلی متر
۱	همدان	۹۸/۶
۲	تویسرکان	۱۲۲/۷
۳	نهایوند	۱۲۶/۸
۴	رزن	۸۹/۸
۵	فامنین	۱۱۱/۶
۶	قهاوند	۹۵/۹
۷	کرمانشاه	۵۸/۶
۸	کنگاور	۱۰۹/۸
۹	کامیاران	۷۶/۷
۱۰	روانسر	۵۵/۵
۱۱	نورآباد	۱۲۲/۴
۱۲	بروجرد	۱۰۴/۵
۱۳	ملایر	۱۰۲/۴
۱۴	الشتر	۱۱۲/۳
۱۵	خرم آباد	۱۰۶/۹
۱۶	درود	۹۴/۸
۱۷	کوهرنگ	۶۹/۴
۱۸	یاسوج	۵۳/۴
۱۹	سنندج	۴۳/۶
۲۰	پیرانشهر	۵۸/۹

بررسی نقشه های جوی همزمان با رخداد سیلاب مورخ ۱۲ فروردین ۱۳۹۸

بررسی نقشه های جوی همزمان با رخداد سیلاب مورخ ۱۲ فروردین ۱۳۹۸

همان طور که در شکل ۴ الف مشاهده می شود مرکز کم فشار وسیعی بر روی غرب و شمال غرب کشور با منحنی مرکزی ۱۰۰۵ هکتوپاسکال بسته شده است. این کم فشار از شرق دریای مدیترانه تا نیمه شمالی کشور ایران را در بر گرفته است. غرب و جنوب غرب ایران در ضلع شرقی این سامانه چرخندی با منحنی های هم فشار ۱۰۰۵ تا ۱۰۰۹ هکتوپاسکال واقع شده است. همچنین غرب و جنوب غرب کشور در این روز در فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، نم ویژه ۱۴ تا ۱۸ گرم بر

کیلوگرم را تجربه می کند (شکل ۴ الف). نم ویژه بالا با همراهی چرخندی در منطقه، شرایط رطوبتی و ناپایداری مناسبی را در این روز در منطقه فراهم کرده است.

شکل ۴ ب نقشه وزش رطوبتی مورخ ۱۲ فروردین ۹۸ را نشان می دهد؛ پیکان های ممتد جهت جریانات جوی و رنگ بندی آن ها مقدار نم ویژه حمل شده توسط هر پیکان بر حسب گرم بر کیلوگرم می باشد. در این روز غرب و جنوب غرب کشور نم ویژه حدود ۱۳ تا ۱۷ گرم بر کیلوگرم را تجربه کرده است که نشان دهنده نم ویژه بسیار بالا در این روز در غرب کشور است. نم ویژه بالا برای رخداد بارندگی های بسیار شدید اهمیت دارد و

بررسی نقشه های جوی همزمان با رخداد سیلاب مورخ ۱۲ فروردین ۱۳۹۸

همان طور که در شکل ۴ الف مشاهده می شود مرکز کم فشار وسیعی بر روی غرب و شمال غرب کشور با منحنی مرکزی ۱۰۰۵ هکتوپاسکال بسته شده است. این کم فشار از شرق دریای مدیترانه تا نیمه شمالی کشور ایران را در بر گرفته است. غرب و جنوب غرب ایران در ضلع شرقی این سامانه چرخندی با منحنی های هم فشار ۱۰۰۵ تا ۱۰۰۹ هکتوپاسکال واقع شده است. همچنین غرب و جنوب غرب کشور در این روز در فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، نم ویژه ۱۴ تا ۱۸ گرم بر

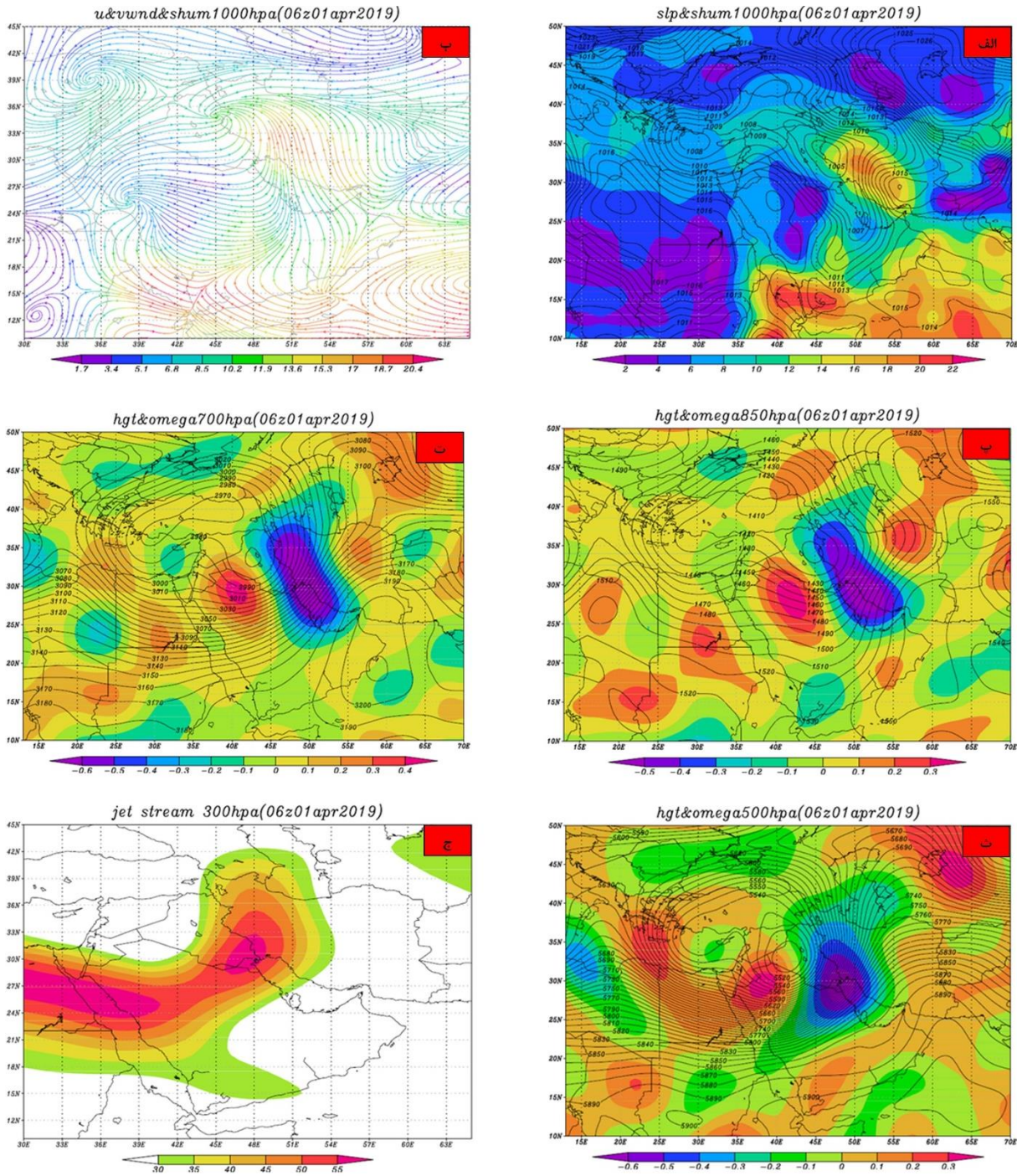
همچنان در جلوی چرخند پیش‌گفته با پربندهای ۲۹۸۰ تا ۳۱۰۰ ژئوپتانسیل متر واقع شده است. مقادیر امگای منفی ۰/۱ تا منفی ۰/۲ پاسکال بر ثانیه، نشان‌دهنده جوی ناپایدار در این تراز فشاری است. شکل ۳ ارتفاع ژئوپتانسیل و امگای فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد. نقشه این تراز فشاری نیز در هماهنگی کامل با نقشه‌های سطوح ۷۰۰، ۸۵۰ هکتوپاسکال و نقشه فشار تراز دریا است. در این تراز فشاری نیز، غرب و جنوب غرب کشور در شرق مرکز کم‌ارتفاع پیش‌گفته با پربند ۵۵۵۰ تا ۵۷۵۰ ژئوپتانسیل متر واقع شده است. مقادیر امگای منفی ۰/۲ تا منفی ۰/۳ پاسکال بر ثانیه نشان‌دهنده جوی بسیار ناپایدار در این تراز فشاری است. همچنان که مشاهده می‌شود جو منطقه غرب و جنوب غرب کشور در این روز از فشار تراز دریا تا فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، بسیار ناپایدار بوده و شرایط مناسبی جهت رخداد بارش‌های شدید سیلاب ساز را فراهم آورده است.

شکل ۴ ج نقشه رودباد را در فشار تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۲ فروردین ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، رودباد یاد شده بالا، رودباد جنب حاره‌ای بوده که از شمال شرق آفریقا تا مرکز عربستان، دارای جریان غربی بوده و از مرکز عربستان به سمت جنوب غرب و غرب ایران، جهتی نصف‌النهاری پیدا می‌کند. این رودباد بر روی غرب و جنوب غرب کشور، سرعتی در حدود ۴۵ تا ۵۰ متر بر ثانیه داشته است. نصف‌النهاری شدن جریان رودباد (جنوب غرب - شمال شرق) سبب تشدید ناپایداری تا سقف لایه وردسپهر در بسیاری از مناطق کشور بویژه غرب و جنوب غرب کشور شده است.

نم‌نسی نیز میزان رطوبت موجود در هوا یا درجه اشباع بودن جو (شکل ۳ الف و ب) در هر دو روز رخداد بارندگی‌های شدید سیلاب‌ساز را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۴ ب مشاهده می‌شود، منبع اصلی تامین رطوبت بارش‌های سیل‌آسای غرب کشور، عمدتاً از دریای سرخ، غرب دریای عرب و خلیج فارس بوده است. در این روز سهم دریای مدیترانه جهت تامین رطوبت بارش‌های سیل‌آسای غرب و جنوب غرب کشور بسیار ناچیز بوده است.

شکل ۴ پ ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا در فشار تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را در روز ۱۲ فروردین ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. نقشه این تراز فشاری در هماهنگی با نقشه فشار تراز دریا (شکل ۳ الف) است. همچنان مرکز کم‌ارتفاعی با پربند ۱۴۱۰ ژئوپتانسیل متر بر روی شرق دریای مدیترانه بسته شده است. چرخند یاد شده بالا، یک چرخند بسیار بزرگ بوده به طوری که ضلع غربی آن تا مرکز دریای مدیترانه و ضلع شرق آن تا مرکز و شمال شرق ایران گسترش یافته است. غرب و جنوب غرب کشور، در ضلع شرقی این چرخند با حداکثر انحنای خطوط هم‌ارتفاع با ۱۴۲۰ تا ۱۴۹۰ ژئوپتانسیل متر واقع شده است. مقادیر امگای منفی ۰/۳ تا منفی ۰/۵ پاسکال بر ثانیه در جنوب غرب و غرب کشور، نشان‌دهنده جوی بسیار ناپایدار در این تراز فشاری است.

شکل ۴ ت ارتفاع ژئوپتانسیل و فشار تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال را در روز ۱۲ فروردین ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. نقشه فشار تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز در هماهنگی کامل با نقشه فشار تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال است به طوری که غرب و جنوب غرب کشور



شکل ۴- الف: فشار تراز دریا و نم ویژه فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال؛ ب: وزش رطوبتی در فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال؛ پ، ت و ث به ترتیب ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا در فشار تراز ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و ج: رودباد در فشار تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال در ساعت UTC ۰۶ روز ۱۲ فروردین ۱۳۹۸.

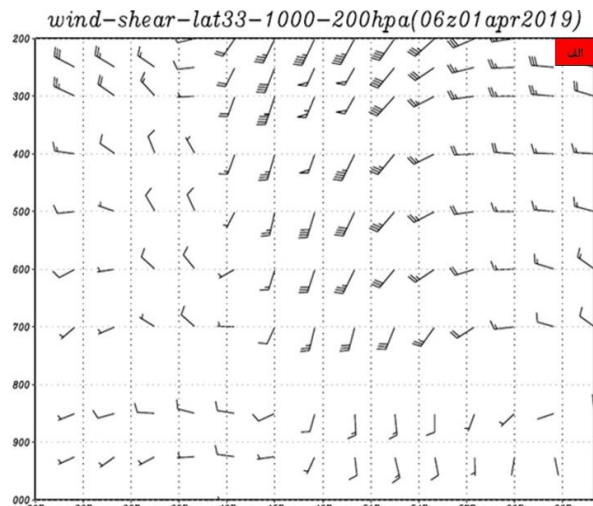
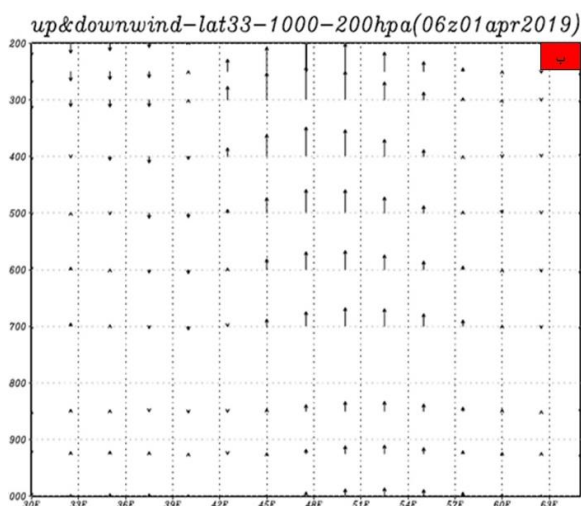
Figure 4. A: sea level pressure and specific humidity pressure level of 1000 hPa; B: humidity advection at pressure level of 1000 hPa; P, T and C, respectively, geopotential height and omega at pressure level of 850, 700 and 500 hPa and G: Jetstream at pressure level of 300 hPa at UTC 06 day April 1, 2019

حداکثر رخداد بارش های شدید سیل آسا) در مورخ ۱۲ فروردین ۱۳۹۸ را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود تا قبل از

شکل ۵ الف چینش قائم باد افقی از فشار تراز ۱۰۰۰ تا ۲۰۰ هکتوپاسکال در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه شمالی (منطبق بر

شکل ۵ ب جریانات باد بالاسو و پایین سو را در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه شمالی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین جریانات بالا سو در نصف‌النهار ۴۸ تا ۵۱ درجه شرقی قابل مشاهده است و از ۵۴ درجه شرقی به سمت شرق و از ۴۲ درجه شرقی به سمت غرب، از میزان جریانات بالا سو به شدت کاسته شده و در برخی از سطوح فشاری به جریانات ضعیف پایین سو یا نزولی هم تبدیل شده است. بررسی نقشه‌های جوی نشان می‌دهد که تمام شرایط لازم جهت رخداد بارش‌های شدید سیلاب ساز در این روز فراهم بوده است.

نصف‌النهار ۴۲ درجه شرقی، چینش قائم باد بسیار ناچیز بوده است (در حدود ۵ تا ۱۰ متر بر ثانیه) اما همین چینش قائم باد، در نصف‌النهار ۴۸ تا ۵۱ درجه شرقی به حدود ۵۰ متر بر ثانیه می‌رسد. چینش شدید قائم باد از سطح زمین تا فشار تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال، نشان‌دهنده جوی بسیار ناپایدار در تمام عمق و در سپهر در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ تا ۵۱ درجه شرقی می‌باشد. چینش قائم باد به تدریج از نصف‌النهار ۵۴ درجه شرقی (حدود ۲۰ متر بر ثانیه) کاهش یافته است.



شکل ۵- الف و ب به ترتیب چینش قائم باد و باد بالاسو و پایین سو از فشار تراز ۱۰۰۰ تا ۲۰۰ هکتوپاسکال در عرض

جغرافیایی ۳۳ درجه شمالی در ساعت ۰۶ UTC در مورخ ۱۲ فروردین ۱۳۹۸

Figure 5. A and B, respectively, vertical wind shear and upward and downward from pressure level of 1000 to 200 hPa at latitude 33 degrees north at UTC 06 on April 01, 2019

نتیجه گیری

➤ جوی سرشار از رطوبت (نم ویژه ۱۴ تا ۱۸ گرم بر کیلوگرم در فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال) و به نوعی اشباع از رطوبت (نم نسبی ۹۵ تا ۱۰۰ درصد در فشار تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال) در بیشتر مناطق غرب و جنوب غرب کشور در روزهای یاد شده بالا. ➤ منبع اصلی تامین رطوبت بارش‌های سیلاب ساز رخ داده عمدتاً غرب دریای عرب، دریای سرخ و خلیج فارس بوده است.

از بررسی تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های همدیدی مورخ ۱۱ و ۱۲ فروردین ۹۸ که منجر به بارش‌های بسیار شدید موجد سیلاب در بیشتر مناطق غرب و جنوب غرب کشور شده است، نتایج زیر قابل استخراج است:

➤ وجود ابرهای همرفتی مرتفع و ضخیم (قله ابر با دمای منفی ۵۰ تا منفی ۷۰ درجه سانتی گراد) در بیشتر مناطق کشور از جمله غرب و جنوب غرب کشور.

6. Pielke Jr RA, Downton MW. Precipitation and damaging floods: Trends in the United States, 1932-97. *Journal of Climate*. 2000 Oct; 13(20):3625-37.
7. Zhai P, Zhang X, Wan H, Pan X. Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China. *Journal of climate*. 2005 Apr; 18(7):1096-108.
8. Kundzewicz ZW, Radziejewski M, Pinskiwar I. Precipitation extremes in the changing climate of Europe. *Climate Research*. 2006 Jun 26; 31(1):51-8.
9. Lashkari, H. The Development Mechanism of the Tropical Convergence Zone of the Red Sea, *Journal of Geographical Research*. 2001 Jan, 15(3, 4):164- 184. (In Persian)
10. Lashkari, H. Mechanism of Development, Reinforcement and Development of Sudan Low Pressure Center and Its Role on Precipitation in South and Southwest of Iran, *Journal of Geographical Research*. 2004 Jan, 35(46):1-18. (In Persian)
11. Parandeh Khouzani, A, Lashkari, H. Synoptic Investigation of Flooding Systems in Southern Iran, *Iranian Journal of Water Resources Research*. 2011 Apr, 22(1):66-73. (In Persian)
12. Khaledi, Sh; Faramarz, Kh, Khazaei, M. Synoptic Analysis of Thunderstorms in Kermanshah Province, *Planning Studies of Human Settlements*, 2011 Jan, 5(13): 12-32. (In Persian)
13. Khoshhal, J, Khosravi, M, Nazari Pour, H. Identification of the Origin and Path of Moisture of Heavy Precipitation in Bushehr Province, ➤ وجود چرخندی قوی در فشار تراز دریا، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در شرق دریای مدیترانه و قرارگیری ضلع شرقی چرخند بر روی غرب و جنوب غرب کشور در سطوح فشاری پیش گفته.
- قرارگیری جریان جت جنب حاره‌ای با سرعت ۴۵ تا ۵۰ متر بر ثانیه در فشار تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال با جهتی جنوب غربی - شمال شرقی بر روی غرب و جنوب غرب کشور.
- وجود چینش قائم شدید باد افقی بر روی غرب کشور (مدار ۳۳ درجه شمالی و نصف النهار ۴۸ تا ۵۱ درجه شرقی).
- فراهم شدن تمامی شرایط رطوبتی و ناپایداری در تمام عمق لایه وردسپهر، منجر به رخداد بارش‌های شدید سیلاب‌ساز در منطقه غرب و جنوب غرب کشور شده است.

Reference

1. Barry RG, Chorley RJ. *Atmosphere, weather and climate*. Routledge; 2009 Oct 20.
2. Bryant EA. *Natural Hazards*, © Cambridge University Press. Cambridge, New York, Melbourne. 2005.
3. Yu Z, Chen Y, Wu D, Chen G, Bao X, Yang Q, Yu R, Zhang L, Tang J, Xu M, Zeng Z. Overview of severe Typhoon Fitow and its operational forecasts. *Tropical Cyclone Research and Review*. 2014 Feb 1; 3(1):22-34.
4. Ahrens CD. *Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment*. Cengage Learning; 2009 May 31.
5. Tye MR, Cooley D. Developing a Spatial Model to Examine Rainfall Extremes in Colorado's Front Range. InAGU Fall Meeting Abstracts 2014 Dec.

- Knowledge, 2015 Oct, 2(3) 307- 324.
(In Persian)
15. Masoudian, S.A, Kasesaz, S. (2014) Synoptic Analysis of Heavy Rainfall Thickness Patterns in South Zagros Region, Journal of Geography and Development, 2015 Jan, 12(37) 15-27. (In Persian)
- Geography and Development Quarterly, 2010 Jan, 7(16):7-28. (In Persian)
14. Ahmadi, M, Jafari, F. (2015) Analysis of Heavy Precipitation March 23, 2013 Destructive Flood Generator in Bandar Abbas City, Hazardous