

## تحلیل سینوپتیکی بارش‌های سیل آسای فروردین ۱۳۹۸ ایران (مطالعه موردی استان لرستان)

رسول نوری آرا<sup>۱</sup>، سید جمال الدین دریاباری<sup>۲\*</sup>، بهلول علیجانی<sup>۳</sup>، رضا برنا<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی،

تهران، ایران

۲- دانشیار گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- استاد اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۴- دانشیار گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

### چکیده

در روز ۱۲ فروردین ۱۳۹۸ وقوع بارندگی شدید و جاری شدن سیل خسارت‌های بسیاری به استان لرستان وارد کرد. پژوهش حاضر به منظور مطالعه سازوکارهای همدیدی وقوع این بارش انجام شده است. ابتدا داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های مطالعاتی از سازمان هواشناسی دریافت، در ادامه، داده‌های سطوح جو: فشار تراز دریا (SLP)، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، سرعت قائم جو، جریان باد سطوح ۱۰۰۰، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، رطوبت ویژه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال و جریان رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال برای روزهای مطالعاتی از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی آمریکا/مرکز ملی پژوهش‌های جوی (NCEP/NCAR) تهیه و نقشه‌ها در نرم افزار گرس و تفسیر شد. نتایج نشان داد که: روز رخداد سیل یک پرفشار روی شمال اروپا قرار گرفته، پرفشار دیگری پهنه وسیعی از اطراف دریاچه آرال تا شمال شرق افغانستان را دربر گرفته است. هم‌میتور، یک کم‌فشاری ازمیتورانه تا سراسر پهنه مطالعاتی و در ادامه تا ایران مرکزی و کم‌فشار دیگری از شمال شرق روسیه با راستای شمال شرق - جنوب غرب تا دریای سرخ و شرق آفریقا را در بر گرفته است و شیو فشاری شدیدی به وجود آمده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، هسته مرکزی برابر با ۵۵۴۰ ژئوپتانسیل متر در راستای شمال شرق - جنوب غرب بر روی شرق دریای مدیترانه قرار گرفته و در مقایسه با روز قبل، ناوه عمیق تر و گسترده تر شده است و تا غرب ایران را هسته مرکزی ناوه در بر گرفته است. قسمت تاوایی مثبت آن سراسر پهنه مطالعاتی را دربر گرفته و باعث ایجاد حرکات صعودی شده است. بیشینه رطوبت ویژه برابر با ۱۰ گرم در کیلوگرم در شرق آفریقا قرار گرفته و با عبور از دریای سرخ و عرب و در ادامه با عبور از خلیج فارس وارد منطقه مطالعاتی شده است. بنابراین منابع رطوبت بارش ابر سنگین روز ۱۲ فروردین، دریای سرخ، دریای مدیترانه دریای عرب و خلیج فارس است.

**کلید واژه‌ها:** بارش سنگین، ژئوپتانسیل، امگا، همدید، لرستان.

## مقدمه

نیازمند تحلیل نقشه‌های همدیدی است. از این رو مهم‌ترین هدف پژوهش حاضر، بررسی و تحلیل همدیدی بارش ابر سنگین پنجم و دوازدهم فروردین و دی ماه ۱۳۹۸ پهنه مطالعاتی است. براساس تحقیقات انجام شده در ایران مطالعات متعددی برای یافتن علل همدیدی وقوع بارش‌های سنگین انجام شده است. (مسعودیان و محمدی، ۱۳۸۹) در تحلیل همدید بارش‌های سنگین ایران به این نتیجه رسیدند که نقش الگوی پرفشار اروپا کم فشار عراق در رویداد بارش‌ها قابل توجه است. (لشکری و خوزانی، ۱۳۸۹) در بررسی سیستم‌های سیل زای جنوب به این نتیجه رسیدند که طوفان‌های تندری جنوب ناشی از فعالیت سیستم سودانی و همگرایی دریای سرخ و در مواردی ادغام آن با کمفشار مدیترانه و تشدید شرایط دینامیکی برای ناپایداری است. (قاندی و همکاران، ۱۳۹۱) بارش‌های سنگین ایران را در رابطه با فرود دریای سرخ مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که این فرود دلیل برخی از بارش‌های سنگین ایران می‌باشد. (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۹۳) در بررسی رخداد سیلاب بهبهان به این نتیجه رسیدند که گسترش کم فشار مدیترانه سودانی به دلیل قرارگیری بین مراکز پرفشار اروپا و جنب حاره جنوب شرق عربستان سبب تشکیل کمربند همگرایی از روی دریای سرخ می‌شود. (براتی و همکاران، ۱۳۹۴) در بررسی بارش‌های سیل آسیای زنجان نقش رطوبتی دریای مدیترانه را بیشتر از دریای سیاه عنوان کرده و برخورد دو رودباد جنب حاره و جنب قطبی را در تشدید عوامل صعود دخیل می‌دانند. (بلبانی و سلیقه، ۱۳۹۵) در مطالعه خود در خصوص بارش‌های سنگین شمال خلیج فارس به این نتیجه رسیدند که استیلای ناوه ی دو دامنه ای تأییدی بر زبانه کم فشار شرق مدیترانه در همراهی با زبانه کم فشار شمال شرق و جنوب دریای خزر مهمترین عامل ریزش بارش در این روز بوده که با ناوه سطوح میانی و بالایی همراه شده است. در خارج از ایران ریچارد و همکاران (Richard et al, 2010) به بررسی تاریخیچه سینوپتیکی بارش‌های سنگین پرداخته و از نظر ضخامت جو الگوها را بررسی کردند. مبارک و همکاران (Mubarak et al, 2011) در بررسی ارتباط بین بارش‌های شرق ایران با سیکلون واقع در مرکز مدیترانه به افزایش دما در لایه‌های بالایی جو با حرکات واگرایی و تغییر مسیر رودباد جنب

بارش مهم‌ترین پدیده یا ویژگی محیط زیست است و تاکنون مطالعات فراوانی درباره عوامل ایجاد آن انجام شده است. در هر مکانی بارش زمانی اتفاق می‌افتد که هوای مرطوب و عامل صعود فراهم شود. هر دوی این شرایط به وسیله الگوی گردشی فراهم می‌شوند (علیجانی، ۱۳۸۵). همچنین باوجود اقلیم خشک و نیمه خشک ایران و عدم وجود منبع رطوبتی عمده در داخل کشور برای تأمین منشأ بارندگی‌های سنگین، این کشور همه ساله شاهد بارش‌های شدید و رگباری بوده است. به‌ویژه آنکه این نوع بارش‌ها به دلیل شرایط خاص توپوگرافی و همچنین نوع پوشش گیاهی حاکم در تراز زمین که در دهه‌های گذشته علت فعالیت‌های انسانی بیش از پیش از بین رفته‌اند قدرت نفوذ در لایه‌های زیرین زمین را نداشته و بخش بیشتر حجم آبی آنها به رواناب تبدیل شده و اکثراً سبب وقوع سیلاب‌های شدید در مناطق مختلف می‌گردد و این مناطق را متحمل خسارات فراوان مالی و حتی جانی از قبیل تخریب و آسیب زیر ساخت‌های حیاتی و یا تخریب جدی زیست بوم‌های منطقه می‌گرداند. به همین علت سیلاب‌ها همواره جزء مخاطرات طبیعی و خسارات‌زای مورد مطالعه بوده است (لشکری، ۱۳۷۵). از جمله گرایش‌های علم آب و هواشناسی، آب و هواشناسی سینوپتیکی می‌باشد که تیپ‌ها و الگوهای اقلیمی یک ناحیه را با توجه به گردش عمومی هوا تجزیه و تحلیل می‌کند. نقشه‌های هوا اساسی‌ترین ابزار این علم است که با استناد به آنها وضعیت اقلیمی هر منطقه و عامل اساسی ایجاد کننده آن یعنی گردش عمومی از طریق ارتباط پراکندگی فشار تراز زمین و طبقات بالای جو مشخص و مقدور می‌شود (علیجانی، ۱۳۸۰). شروع سال جدید خورشیدی ۱۳۹۸ و روز جهانی هواشناسی ۲۰۱۹ همراه با وقوع بارش‌های سیل‌آسا در ایران بود. از ۲۶ اسفند ۱۳۹۷ تا ۱۱ فروردین ۱۳۹۸، ایران تحت تأثیر سه سامانه نسبتاً قوی قرار گرفت که منجر به وقوع بارش و سیلاب بی سابقه در مناطق حاشیه دریای خزر، غرب و جنوب غرب ایران گردید. از آنجا که رابطه بین الگوهای گردشی و بارش رابطه معناداری است (علیجانی، ۱۳۸۱) دستیابی به نتایج قابل قبول در زمینه ارتباط بین این الگوها با بارش حدی و فراگیر پهنه مطالعاتی،

می‌باشد. در تحقیق حاضر، با استفاده از تحلیل‌های همدیدی به بررسی سازوکارهای جوی ایجاد کننده بارش سنگین منجر به سیل دوازدهم فروردین ماه ۱۳۹۸ در پهنه مطالعاتی پرداخته شد.

#### منطقه مورد مطالعه

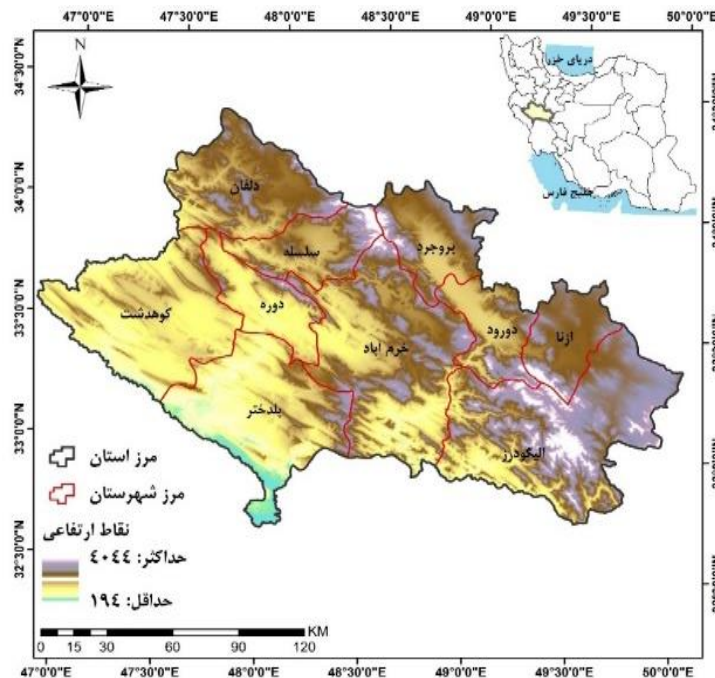
موقعیت جغرافیایی استان لرستان در غرب کشور بین طول‌های جغرافیایی ۰۱ و ۵۰ تا ۵۰ و ۴۶ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۳ و ۳۴ تا ۴۰ و ۳۲۶ شمالی قرار دارد. این استان دارای ۹ شهرستان، ۲۵ بخش، ۲۲ شهر و ۸۱ دهستان می‌باشد. استان لرستان با حدود ۳۱۳۸۴ کیلومتر مربع مساحت در غرب ایران و در بین استان‌های مرکزی، همدان، خوزستان، اصفهان، کرمانشاه و ایلام قرار دارد. بلندترین نقطه این استان اشترانکوه است که در حدود ۴۰۵۰ متر ارتفاع دارد. پایین‌ترین نقطه استان، در جنوبی‌ترین بخش آن قرار دارد که فقط حدود ۵۰۰ متر از تراز دریا ارتفاع دارد. خرم‌آباد مرکز استان است که تا تهران ۴۹۳ کیلومتر فاصله دارد.

#### روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه غرب کشور ایران استان لرستان است. به طور کلی دو رویکرد برای مطالعه اقلیم‌شناسی بارش‌های ابر سنگین وجود دارد: رویکرد گردشی به محیطی و رویکرد محیطی به گردشی (یارنال، ۱۹۹۳). در این مطالعه به دلیل دسترسی بودن داده‌های مورد نیاز و امکان شاخص‌سازی، رویکرد محیطی به گردشی انتخاب شد. برای انجام این مطالعه دو دسته داده مورد نیاز بود: الف: داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های مطالعاتی در روز رخداد بارش ابر سنگین ۱۲ فروردین ماه (۲۰۱۹ آوریل) به همراه داده‌های بارش روزانه روزهای قبل از رخداد سیل (۹۶ ساعت قبل از رخداد سیل) که از سازمان هواشناسی کل کشور دریافت شد. ب: داده‌های سطوح جو شامل: میانگین فشار تراز دریا (SLP)، ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، سرعت قائم جو و جریان باد سطوح ۱۰۰۰، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، رطوبت ویژه سطوح ۱۰۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال و جریان رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال برای روزهای مطالعاتی از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی

Oliveria et al, ) اولیوریا و همکاران ( 2013) به بررسی خصوصیات سینوپتیکی بارش‌های سنگین در قسمت‌های شمالی برزیل پرداختند و به این نتیجه رسیدند که توزیع بارندگی در سال‌های مربوط به لائینا بیشتر و در سال‌های مربوط به النینو کمتر است. میسائیل و همکاران (Michael et al, 2014) به بررسی علت سینوپتیکی رخداد بارش‌های سنگین در دریاچه آبرو و فرام پرداختند و نقش پدیده لائینا و دورپیوند SOI را روی این بارش‌ها مؤثر دانستند. جان و همکاران (John et al, 2014) به مطالعه پیش‌بینی سینوپتیکی در مورد علت همرفت و وقوع بارش‌های سنگین پرداختند و به این نتیجه رسیدند که برای پیش‌بینی بارش‌های همرفتی، مقیاس عددی سینوپتیک غیر قابل اعتماد است. لی و آلبرتوس (Li and Albertos, 2015) به بررسی مسیر سینوپتیکی رطوبت‌رسانی در وقوع بارش سنگین ۲۱ ژوئیه در منطقه بیجینگ پرداختند و ورتکس شمال غربی در ترازهای پایین به همراه رطوبت قائم موجود در جو را علل وقوع بارش دانستند. هدایت و همکاران (Hidayat et al, 2016) در بررسی علل رخداد بارش‌های سنگین در فصول مرطوب در دریای جاوا به این نتیجه رسیدند که همرفت بین نسیم دریا و خشکی و بازتابش امواج از تراز خشکی علت بارش‌های سنگین است. کای و ژوئی (Kai and Zhiwei, 2017) در بررسی جفت پارامترهای رطوبت‌دهی در بارش‌های سنگین منطقه‌ای، به این نتیجه رسیدند واگرایی و همگرایی، اساس تغییرات رودباد برای فراهم کردن رطوبت لازم برای بارش‌های سنگین است. بررسی مطالعات صورت گرفته در رابطه بارش‌های سنگین، نشان می‌دهد تحلیل سینوپتیکی و در برخی موارد تحلیل‌های دینامیکی از روش‌های پرکاربرد در زمینه مطالعه بارش‌های سنگین می‌باشند. در مطالعات مذکور عوامل مختلفی برای ایجاد بارش سنگین شناسایی شده است که می‌توان به مواردی از قبیل سیستم‌های کمفشار و پرفشار، ناوه‌های تراز میانی جو، رودبادهای جبهه قطبی و جنب حاره، سردچال، بلاکینگ‌ها و دورپیوندها اشاره کرد. لذا هر بارش سنگین منشاء و سیستم‌های فشاری به وجود آورنده خاص خود را دارد و بررسی و شناسایی آنها به منظور انجام پیش‌بینی و ارائه هشدارهای لازم جهت جلوگیری و کاستن از خسارات جانی و مالی حائز اهمیت

آمریکا/مرکز ملی پژوهش‌های جوی (NCEP/NCAR) نقشه‌ها در نرم افزار گِردس شد تا قابلیت تفسیر را فراهم سازد. در محدوده ۰ تا ۶۰ درجه عرض شمالی و ۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی تهیه شد و در نهایت اقدام به ترسیم و تهیه



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان لرستان

نمودار زیر میزان بارش‌های نقطه‌ای طی روزهای فعالیت سامانه برای ایستگاه‌های هواشناسی استان نشان داده شده است. بیشترین میزان بارش روزانه به میزان ۱۴۲ میلیمتر در ایستگاه پلدختر در روز ۱۲ فروردین ثبت گردید. همچنانکه در جدول دیده می‌شود ایستگاه‌های نورآباد با ۱۶۵/۹ میلیمتر و الیگودرز با ۵۸/۴ میلیمتر به ترتیب بیشترین و کمترین مجموع بارش دریافتی این سامانه را داشته اند. همچنین میانگین بارش‌های نقطه‌ای دریافتی شهرستان‌های استان طی فعالیت ۳ روزه این سامانه ۱۳۴/۱ میلیمتر به دست آمد.

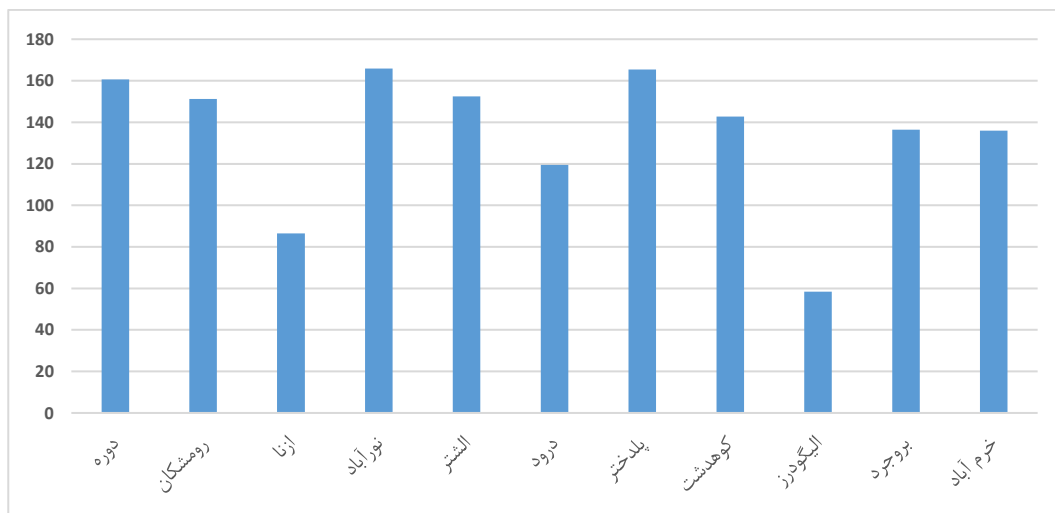
### یافته‌ها و نتایج

#### الف- یافته‌های آماری بارش‌های سنگین نیمه اول فروردین ۱۳۹۸

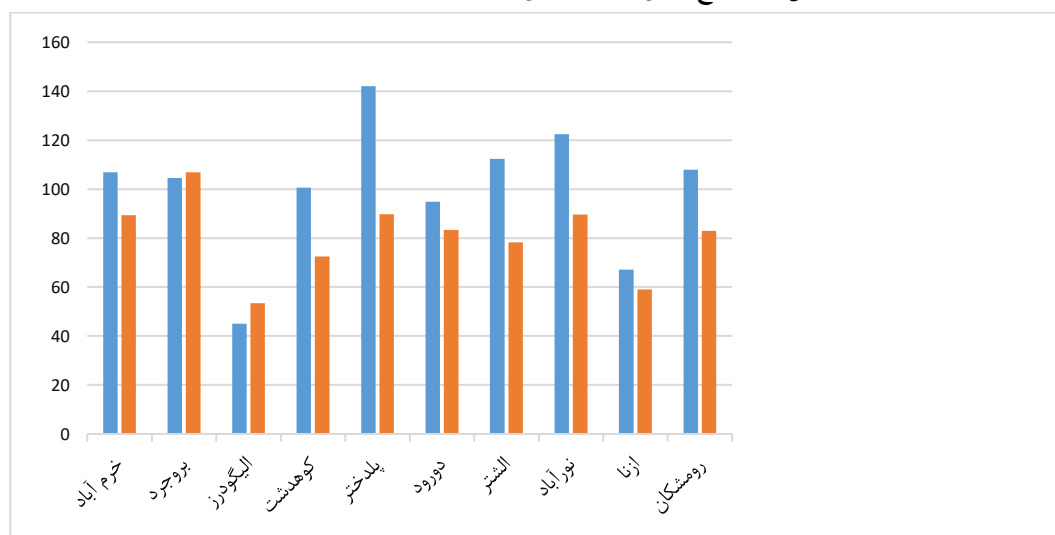
در نیمه اول فروردین ماه ۱۳۹۸ اکثر نقاط کشور تحت تاثیر فعالیت دو سامانه بارشی قوی قرار گرفت که در اغلب شهرهای استان لرستان ریزش‌های جوی قابل توجهی ثبت شد. طی روزهای ۱۱ لغایت ۱۳ فروردین ۹۸ با فعالیت سامانه بارشی قوی و همراه داشتن ریزش‌های جوی سنگین شاهد رخداد سیل در برخی شهرستان‌های این استان بودیم که خسارات مالی فراوانی را به وجود آورد. در جدول و

جدول (۱): بارش نقطه‌ای ایستگاه‌های استان از ابتدا تا انتهای فعالیت سامانه بارشی (۱۱ تا ۱۳ فروردین ۱۳۹۸)

نام ایستگاه	خرم آباد	بروجرد	الیگودرز	کوهدشت	پلدختر	دورد	الشت	نورآباد	ازنا	رومشکان	دوره
۹۸/۰۱/۱۱	۴.۷	۸.۳	۴.۹	۱۲.۵	۹.۸	۴	۷.۱	۱۳.۳	۴.۷	۱۴.۴	۰.۷
۹۸/۰۱/۱۲	۱۰۶.۹	۱۰۴.۵	۴۵	۱۰۰.۶	۱۴۲	۹۴.۸	۱۱۲.۳	۱۲۲.۴	۶۷.۱	۱۰۷.۹	۹۴.۹
۹۸/۰۱/۱۳	۲۴.۴	۲۳.۶	۸.۵	۲۹.۷	۱۳.۶	۲۰.۶	۲۳	۲۰.۲	۱۴.۷	۲۹	۶۵
مجموع	۱۳۶	۱۳۶.۴	۵۸.۴	۱۴۲.۸	۱۶۵.۴	۱۱۹.۴	۱۵۲.۴	۱۶۵.۹	۸۶.۵	۱۵۱.۳	۱۶۰.۶



شکل ۱- مجموع بارش سامانه بارشی (میلیمتر) در شهرستان‌های استان



شکل ۲- بیشترین بارش ۲۴ ساعته (میلیمتر) در ایستگاه‌های مستقر در استان در ماه فروردین در ۲۰ سال گذشته

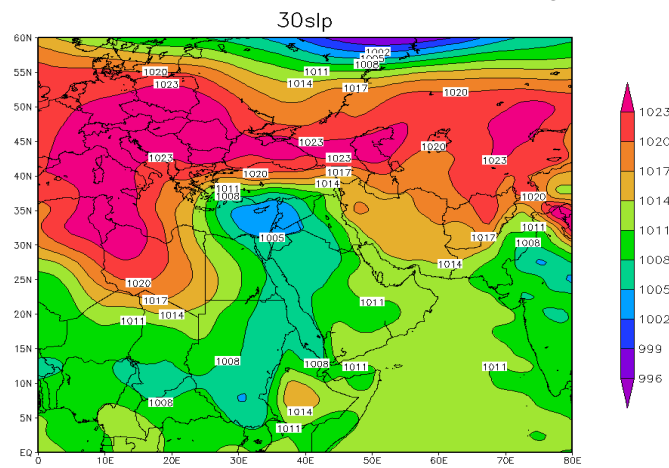
یافته‌های همدید

استان گردید و باعث خسارت‌های فراوان مالی در منطقه

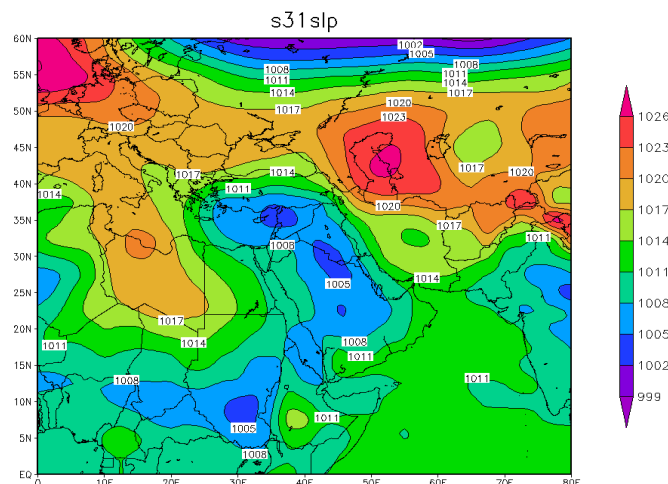
مطالعاتی گردید پرداخته خواهد شد.

در ادامه به تحلیل همدیدی سیل ۱۲ فروردین ۱۳۹۸ که بطور

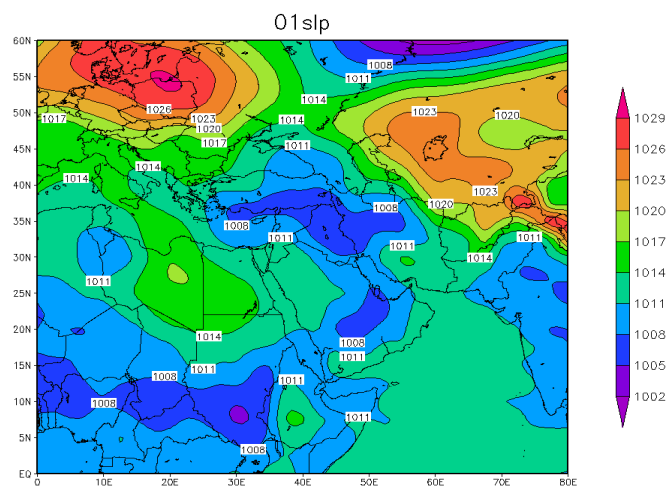
متوسط در سه روز فعالیت منجر به بارش ۱۳۴ میلیمتری در



شکل ۳- نقشه تراز دریا (SLP) روز ۱۰ فروردین



شکل ۴- نقشه تراز دریا (SLP) روز ۱۱ فروردین



شکل ۵- نقشه تراز دریا (SLP) روز ۱۲ فروردین

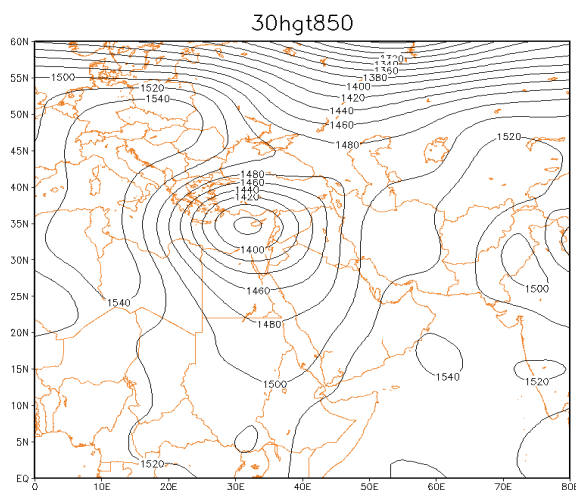
شرق دریای خزر قرار گرفته و پربند ۱۰۲۰ هکتوپاسکال آن سراسر شمال ایران را دربرگرفته است. همچنین پرفشار با هسته مرکزی برابر ۱۰۲۶ هکتوپاسکال شمال غرب اروپا را دربر گرفته است. در ادامه، کم فشار با هسته مرکزی برابر با ۱۰۰۵ هکتوپاسکال در مقایسه با روز قبل شرقی‌تر شده و بر روی سوریه قرار گرفته و پربند ۱۰۱۱ هکتوپاسکال سراسر غرب ایران از جمله پهنه مطالعاتی را در برگرفته سامانه کمفشاری در بستر زبانه کمفشار سودان قرار دارد و شیب فشاری زیاد بین کمفشار روی عراق و سوریه و پرفشار و زبانه پرفشاری روی ایران بوجود آمده است که در منطقه پژوهش به جریانات جنوبی از روی دریاها گرم جنوبی منجر شده است. مقدار بارش در روز ۱۱ فروردین در ایستگاه خرم آباد برابر با ۵ میلیمتر رخ داده است. در روز ۱۲ فروردین در تراز دریا شکل (۵)، پر فشار با هسته مرکزی

### تحلیل همدیدی فشار تراز دریا (SLP)

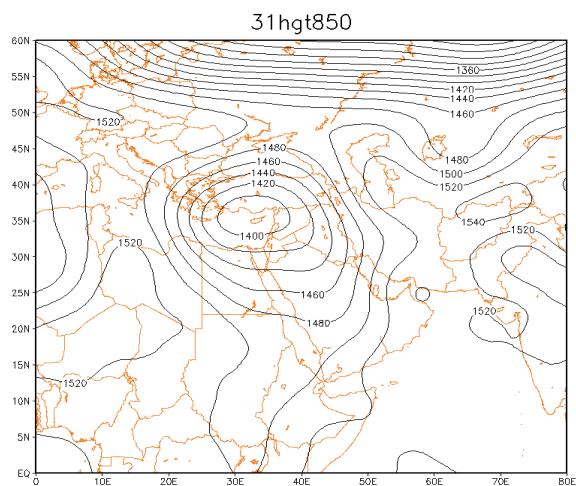
روز ۱۰ فروردین در تراز دریا شکل (۳)، کم فشار با هسته مرکزی ۱۰۰۵ هکتوپاسکال بر روی غرب سوریه قرار گرفته است و پربند ۱۰۱۱ هکتوپاسکال آن تا شرق عراق را در برگرفته است، همچنین پرفشار با هسته مرکزی برابر ۱۰۲۳ هکتوپاسکال بر روی شمال غرب اروپا تا شمال دریای خزر و شمال آفریقا را دربرگرفته است. پرفشار با هسته مرکزی برابر با ۱۰۲۹ هکتوپاسکال بر روی تبت قرار گرفته و در ادامه مرکز بسته ۱۰۲۳ هکتوپاسکال بر روی قزاقستان قرار گرفته است. در این روز با توجه به شرایط همدیدی چون زبانه پرفشار از شمال و شمال‌شرق بر روی ایران و منطقه پژوهش کشیده شده است. هیچ بارشی در پهنه مطالعاتی رخ نداده است. در روز ۱۱ فروردین در تراز دریا شکل (۴)، پر فشار با هسته مرکزی برابر با ۱۰۲۶ هکتوپاسکال بر روی شمال

کم فشار از شمال شرق روسیه با راستای شمال شرق - جنوب غرب تا دریای سرخ و شرق آفریقا را در بر گرفته است شیو فشاری شدیدی به وجود آمده است و همینطور نفوذ زبانه کمفشاری از غرب و از جنوب به غرب ایران دارای اهمیت است. که نتیجه آن ناپایداری و صعود شدید هوا در روز مطالعاتی ۱۲ فروردین و رخداد بارش برابر با ۱۰۷ میلیمتر در ایستگاه مطالعاتی است.

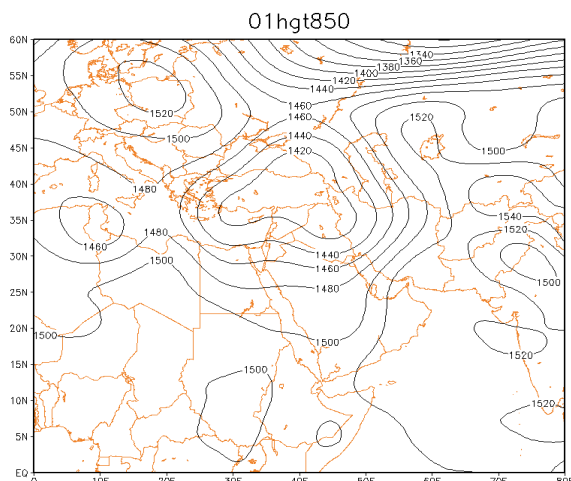
برابر با ۱۰۲۸ هکتوپاسکال بر روی شمال اروپا قرار گرفته و پربندهای آن تا شمال دریای سیاه را دربر گرفته است. همچنین پرفشار با هسته مرکزی برابر ۱۰۲۹ هکتوپاسکال پهله وسیعی از اطراف دریاچه بایکال تا شمال شرق افغانستان را دربر گرفته است. در ادامه، کم فشار با هسته مرکزی برابر با ۱۰۰۸ هکتوپاسکال در مقایسه با روز قبل شرقی تر شده و از مدیترانه تا سراسر پهله مطالعاتی و در ادامه تا ایران مرکزی را در بر گرفته است و با توجه به اینکه



شکل ۶- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۰ فروردین



شکل ۷- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۱ فروردین

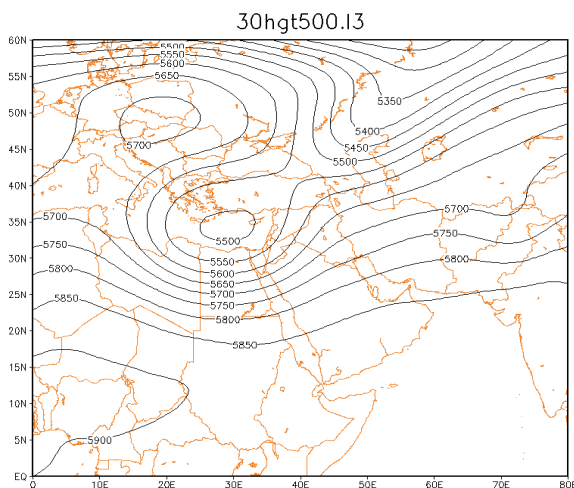


شکل ۸- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۲ فروردین

عرض‌های پایین را در برگرفته است و در ادامه، مرکز بسته کم ارتفاع برابر با ۱۴۲۰ ژئوپتانسیل متر بر روی شرق دریای مدیترانه قرار گرفته و در مقایسه با روز قبل شرق سو شده و تا غرب و شمال غرب ایران و از جمله ایستگاه مطالعاتی را در راستای شمالی- جنوبی گسترش یافته است. همچنین بر ارتفاع با هسته مرکزی برابر با ۱۵۲۰ ژئوپتانسیل متر شمال اروپا تا عرض ۴۸ درجه را دربر گرفته است و با توجه به پر ارتفاع مستقر بر روی افغانستان و پاکستان شیو فشاری شدیدتری در مقایسه با روز قبل مشاهده می‌شود و همینطور شکل (۶) ورود دو شاخه جریان از مدیترانه و شمال دریای سرخ و نیز از جنوب و خلیج فارس و دریای عربی بصورت همگرا شونده به سمت غرب ایران رانشان میدهد. که نتیجه آن بارش شدید و رخداد سیل در روز مطالعاتی بوده است. به منظور بررسی و کنترل جریان باد بر سیستم‌های مستقر در

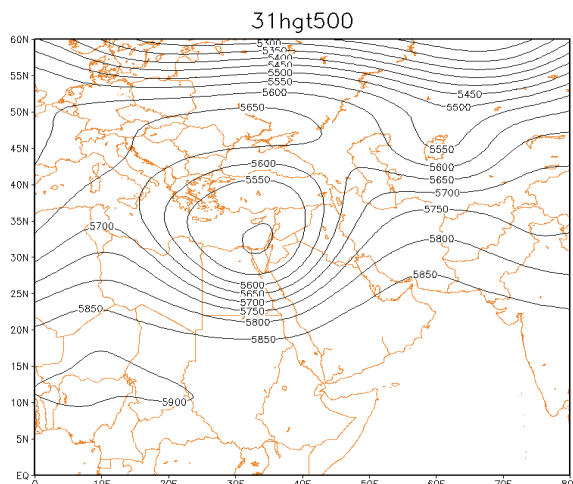
### تحلیل همدیدی تراز ۸۵۰

روز ۱۰ فروردین در تراز ۸۵۰ شکل (۶) مرکز بسته کم ارتفاع برابر با ۱۳۸۰ ژئوپتانسیل متر بر روی دریای مدیترانه قرار گرفته و زبانه ۱۴۸۰ ژئوپتانسیل متر، غربی‌ترین نقطه ایران را در برگرفته است و شرایط برای ایجاد بارش در روز ۱۰ فروردین در ایستگاه مطالعاتی فراهم نبوده و بارشی رخ نداده است. در روز ۱۱ فروردین شکل (۷) مرکز بسته کم ارتفاع برابر با ۱۴۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی شرق دریای مدیترانه و سوریه قرار گرفته است و در مقایسه با روز قبل فاصله آن با پهنه مطالعاتی کمتر و تاثیر آن بیشتر شده است، بطوریکه مقدار ۵ میلیمتر بارش در این روز در ایستگاه مطالعاتی رخ داده است. همچنین زبانه ۱۵۲۰ ژئوپتانسیل متر، بر روی منابع آبی جنوب ایران قرار گرفته است. در روز ۱۲ فروردین یعنی روز اوج بارش شکل (۸)، کم ارتفاع شمال روسیه با هسته مرکزی برابر با ۱۳۰۰ هکتوپاسکال تا

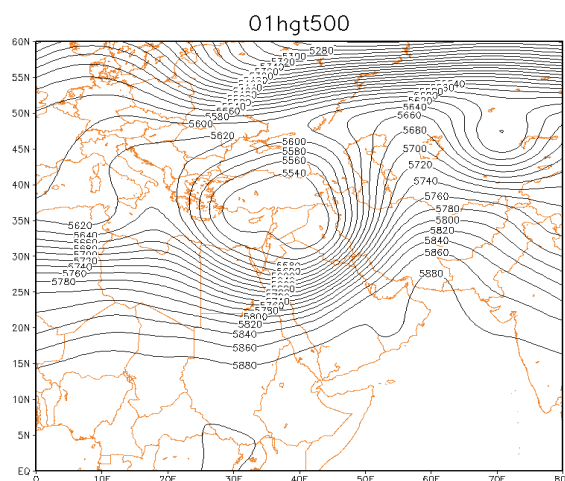


شکل ۹- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۰ فروردین





شکل ۱۰- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۱ فروردین



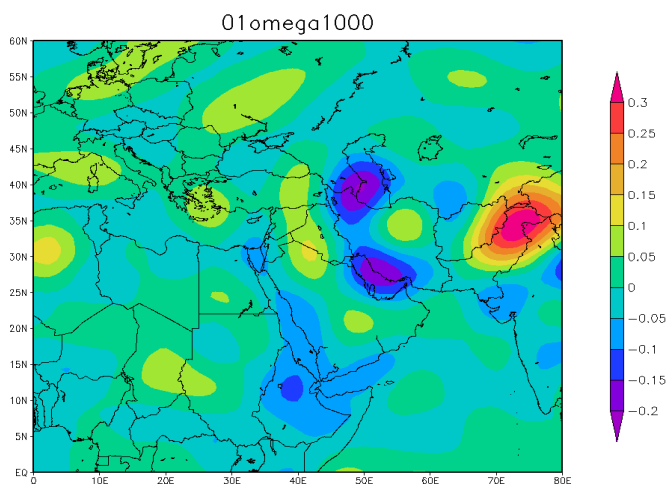
شکل ۱۱- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۲ فروردین

### تحلیل همدیدی تراز ۵۰۰

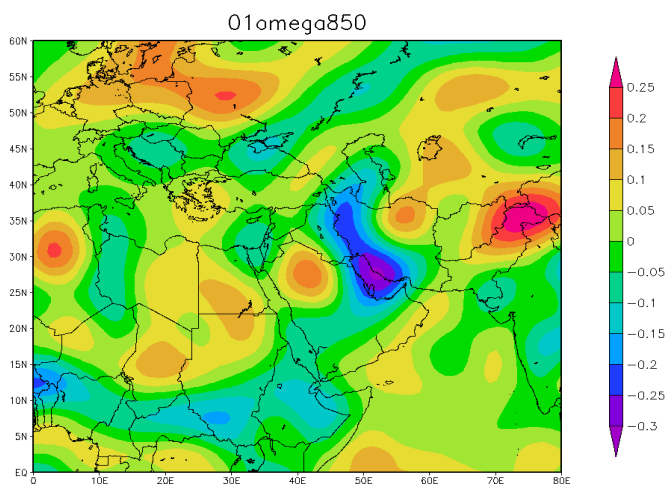
روز ۱۰ فروردین در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۹) کم ارتفاع شمال روسیه در راستای شمال شرق- جنوب غرب تا عرض‌های پایین گسترش یافته است که در ادامه هسته مرکزی برابر با ۵۵۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی مرکز دریای مدیترانه قرار گرفته است و تاثیری مثبت جهت تشکیل و تقویت سیکلون‌ها در سطح زمین در منطقه مطالعاتی داشته است. همچنین بر ارتفاع با هسته مرکزی برابر با ۵۷۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی مرکز اروپا قرار گرفته است که هوای سرد عرض‌های بالا را به درون ناوه انتقال داده و باعث تقویت و گسترش آن در روزهای آینده شده است. در روز ۱۱ فروردین در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۱۰) هسته چرخندی برابر با ۵۵۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی شرق دریای

مدیترانه قرار گرفته و در مقایسه با روز قبل شرقی تر و به منطقه مطالعاتی نزدیک‌تر شده است. در روز ۱۲ فروردین یعنی روز اوج بارش شکل (۱۱)، هسته مرکزی برابر با ۵۵۴۰ ژئوپتانسیل متروزبانه آن در راستای شمال شرق- جنوب غرب بر روی شرق دریای مدیترانه قرار گرفته و در مقایسه با روز قبل، ناوه عمیق‌تر و گسترده‌تر شده است و تا غرب ایران را هسته مرکزی ناوه در بر گرفته است. لازم بذکر است که ناوه باعث القای تاوایی مثبت به جو، باعث افزایش واگرایی در سطوح میانی تروپوسفر، حرکت و هدایت چرخندهای دینامیکی در ترازهای پایینی و باعث دینامیکی شدن کم فشار حرارتی سودانی شده است. قرارگیری منطقه مطالعاتی در قسمت تاوایی مثبت آن باعث ایجاد حرکات صعودی قوی شده و این عمیق شدن چرخند و نفوذ ناوه تا

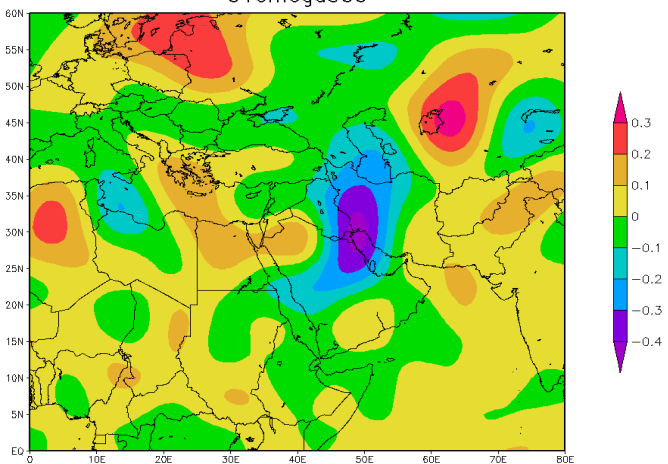
عرض‌های پایین، ریزش هوای سرد را باعث شده است. در ایران بصورت جریان جنوبی و ایجاد واگرایی بالا سبب این روز شیب ارتفاعی شدید تراز ۵۰۰ در عربستان و غرب ایجاد بارش شدید بوده است.



شکل ۱۲- نقشه سرعت قائم جو تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۲ فروردین



شکل ۱۳- نقشه سرعت قائم جو تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۲ فروردین

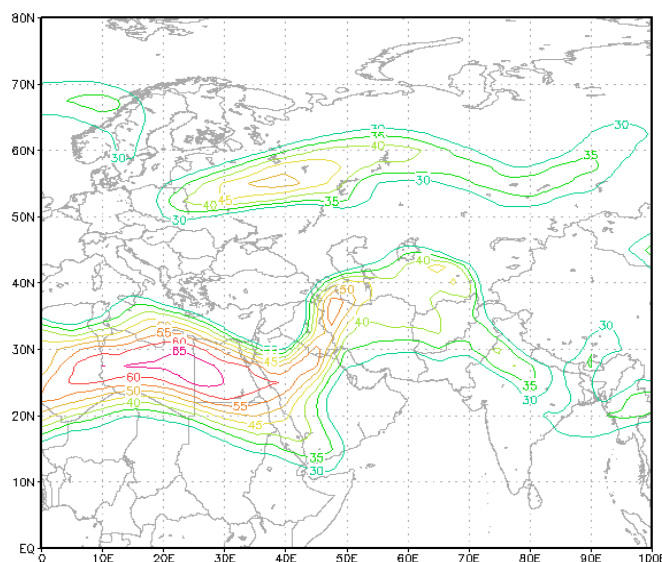


شکل ۱۴- نقشه سرعت قائم جو تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۲ فروردین

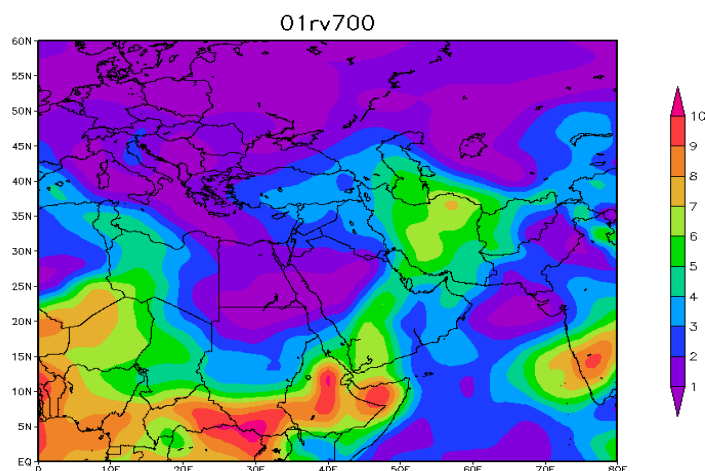
## تحلیل هم‌مدیدی سرعت قائم جو

تحلیل هم‌مدیدی سرعت قائم جو تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۲ فروردین شکل (۱۲) نشان می‌دهد که بیشینه امگای منفی برابر با  $-0.2$  پاسکال بر ثانیه است که در راستای شمال شرق - جنوب غرب بر روی شمال غرب دریای خزر قرار گرفته و در ادامه به سمت استان لرستان از مقدار آن کاسته شده و به  $-0.05$  پاسکال بر ثانیه رسیده است. با توجه به اینکه هسته دوم امگای منفی برابر با  $-0.15$  پاسکال بر ثانیه بر روی خلیج فارس قرار گرفته و سراسر منطقه مطالعاتی مقدار امگا منفی است ناپایداری و شرایط برای صعود هوا و رخداد بارش فراهم شده است. در ادامه در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال شکل (۱۳)، بیشینه امگای منفی افزایش پیدا کرده است و به  $-0.3$  پاسکال بر ثانیه رسیده

است که در راستای شمال غرب - جنوب شرق از خلیج فارس به سمت پهنا مطالعاتی می‌باشد و در سراسر منطقه مطالعاتی شرایط برای صعود و ناپایداری هوا فراهم بوده است که نشان دهنده تقویت ناپایداری و تشدید بارش در روزهای اوج بارشی در پهنا مطالعاتی شده است. شکل (۱۴) نشان می‌دهد در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مسیر امگای منفی از سمت دریای سرخ به سمت پهنا مطالعاتی می‌باشد که در ادامه بر روی خلیج فارس تقویت شده و در راستای شمالی - جنوبی سراسر منطقه مطالعاتی را در بر گرفته است و با توجه به افزایش ارتفاع سطوح جو بیشینه امگای منفی افزایش و به  $-0.4$  پاسکال بر ثانیه رسیده است و نشان دهنده صعود قوی هوا و شرایط برای ناپایداری جو تشدید شده است.



شکل ۱۵- نقشه رودباد سطح ۲۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۲ فروردین



شکل ۱۶- نقشه رطوبت ویژه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۲ فروردین

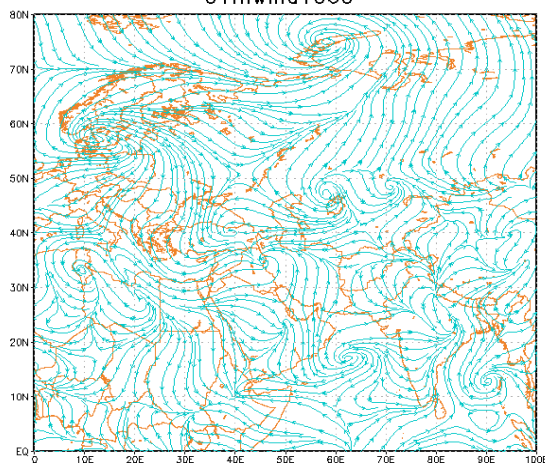
## تحلیل هم‌دیدی رودباد سطح ۲۵۰ هکتوپاسکال

نقشه رودباد سطح ۲۵۰ هکتوپاسکال شکل (۱۵) در روز ۱۲ فروردین نشان می‌دهد که رودباد با هسته سرعت بیش از ۵۵ متر بر ثانیه از سمت جنوب غرب وارد ایران شده است و هسته پیشینه ۵۵ متر بر ثانیه غرب و شمال غرب ایران را در بر گرفته است و فشردگی خطوط و مقدار سرعت باد در مقایسه با روزهای قبل بیشتر شده است و با توجه به قرارگیری پهنه مطالعاتی در جنوب هسته رودباد، مقدار بارش به حداکثر خود یعنی ۱۰۷ میلیمتر در روز رسیده است (در زیر رودباد بیشترین بارش‌ها رخ می‌دهد و هرچه از مرکز هسته دورتر شویم از میزان بارش‌ها نیز کاسته می‌شود).

## تحلیل هم‌دیدی رطوبت ویژه

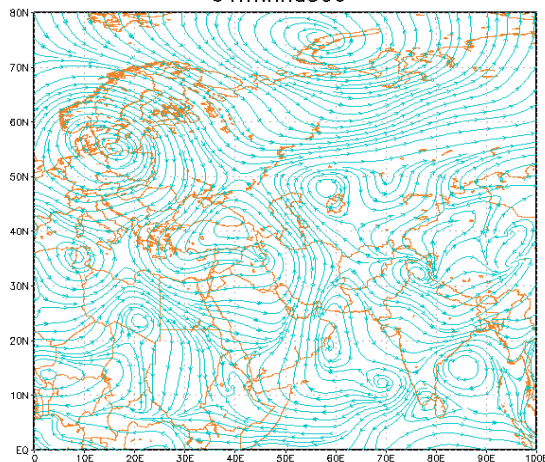
با افزایش ارتفاع در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال شکل (۱۶) بیشینه رطوبت ویژه برابر با ۱۰ گرم در کیلوگرم در شرق آفریقا قرار گرفته و با عبور از دریای سرخ و عرب و در ادامه با عبور از خلیج فارس وارد منطقه مطالعاتی شده است. با توجه به اینکه مسیر فرارفت رطوبت در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نسبت به سطوح دیگر مشخص‌تر است، در این بارش سنگین سیکلون هم توانسته از منابع آبی جنوب یعنی دریای احور و اقیانوس هند و هم از منابع غرب یعنی دریای مدیترانه و دریای سیاه بهره‌مند گردد. بنابراین منابع رطوبت بارش ابر سنگین روز ۱۲ فروردین، دریای سرخ، دریای مدیترانه، دریای عرب و خلیج فارس و همچنین اقیانوس هند است.

01mwind1000

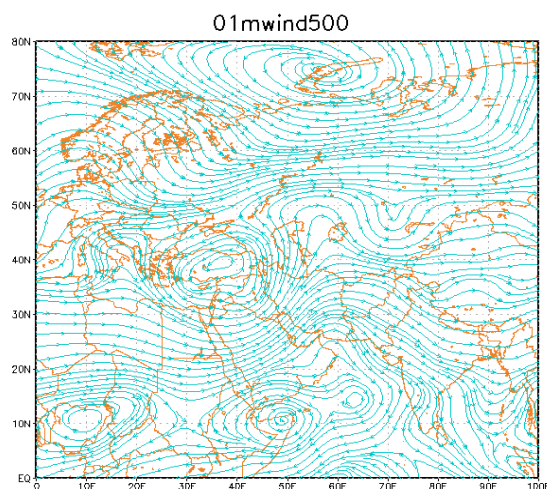


شکل ۱۷- نقشه جریان باد تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۲ فروردین

01mwind850



شکل ۱۸- نقشه جریان باد تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۲ فروردین



شکل ۱۹- نقشه جریان باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۲ فروردین

### تحلیل همدیدی جریان باد

با توجه به نقشه جریان باد تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۷)، سراسر منطقه مطالعاتی خطوط جریان باد منطبق بر پربند کم فشار تا دریای مدیترانه با حرکت پاد ساعت گرد رطوبت دریای مدیترانه و سیاه را به درون چرخند موثر بر بارش فرارفت کرده است، همچنین خطوط جریان منطبق بر کم فشار شرق آفریقا با حرکت پاد ساعت گرد خود رطوبت منابع آبی جنوب بویژه اقیانوس هند به درون ناوه موثر بر بارش روز ۱۲ فروردین فرارفت کرده است، در ادامه خطوط جریان منطبق بر پرفشار شمال اروپا و پرفشار اطراف دریاچه بایکال تا شمال شرق افغانستان با حرکت ساعت گرد واقع شده است. نقشه جریان باد تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۸) نشان می‌دهد که خطوط جریان منطبق بر کم ارتفاع عمیق مستقر بر روی پهنه مطالعاتی که تا شرق دریای مدیترانه مستقر شده است با حرکت پاد ساعت گرد خود رطوبت دریای سیاه و مدیترانه را به درون چرخند موثر بر بارش ابر سنگین روز مطالعاتی فرارفت کرده است.

شکل (۱۹) نشان می‌دهد، چرخند با حرکت پادساعتگرد خود هوای عرض‌های بالاتر را به درون ناوه غربی تزریق کرده و سبب عمیق شدن آن‌ها شده است و در تراز میانی تروپوسفر به دلیل قرارگیری در جلو ناوه واگرایی شدید در ناحیه مطالعاتی مشاهده می‌شود. از سوی دیگر حرکت واچرخند با حرکت ساعتگرد بر روی دریای عرب و اقیانوس هند مستقر است که زبان‌های آن قسمت عمده‌ای از ایران را در بر گرفته است که سبب انتقال هوای گرم و

مرطوب دریای سرخ، خلیج فارس، اقیانوس هند و افزایش بارش در منطقه شده است. به عبارت دیگر نحوه قرارگیری پراارتفاع عربستان سبب شده تا رطوبت با حرکات قائم بالا سو به ترازهای بالاتر و از جمله تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال برسد (نقشه رطوبت ویژه تراز ۷۰۰ این نکته را به خوبی نشان می‌دهد).

### نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش بررسی عوامل سینوپتیکی و دینامیکی بر روی عملکرد سامانه بارشی فوق سنگین استان لرستان در فروردین ۱۳۹۸ بوده است. منطقه لرستان بدلیل موقعیت کوهستانی و محصور بودن در میان سلسله جبال زاگرس میانی شرایط مساعدی جهت تقویت و تشدید بارش‌ها و نیز جاری شدن سیلاب و حتی وقوع سیل (با توجه به شیب منطقه) را داراست زیرا عامل ناهمواری در کنار سیستم‌های سینوپتیکی عواملی برای شدت گرفتن بارش‌ها می‌باشد. از طرفی این منطقه (غرب ایران) همواره در مسیر ورود سامانه‌های بارشی قرار دارد. به همین منظور اطلاعات داده‌ای و نقشه‌ای سطوح مختلف جو با تفکیک ۲.۵ درجه در ۲.۵ درجه عرض جغرافیایی از مرکز پیش بینی و مرکز ملی پژوهش‌های جوی ایالات متحده NCEP/NCAR دریافت گردید. بررسی نقشه‌های لایه‌های مختلف ۴۸ ساعت قبل از رخداد سیل نشان می‌دهد که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال کم ارتفاع شمال روسیه در راستای شمال

امگای منفی از سمت دریای سرخ به سمت پهنه مطالعاتی می‌باشد که در ادامه بر روی خلیج فارس تقویت شده و در راستای شمالی- جنوبی سراسر منطقه مطالعاتی را در بر گرفته است و با توجه به افزایش ارتفاع سطوح جو بیشینه امگای منفی افزایش و به  $0/4$  - پاسکال بر ثانیه رسیده است و شرایط برای ناپایداری جو تشدید شده است. با افزایش مقدار امگا در سطوح میانی جو ریزش هوای سرد افزایش پیدا کرده است. به بیان دیگر در سطوح میانی جو با افزایش اختلاف دما بین تراز زمین و تراز  $500$  هکتوپاسکال، بر مقدار بارش‌ها افزوده شده است. بررسی همه لایه‌های مذکور حاکی از آن است که دلیل شدت بارش دوازدهم فروردین هماهنگی شدت صعود در ترازهای  $850$  و  $500$  و ورود رطوبت از دریای عمان، خلیج فارس، دریای سرخ و دریای مدیترانه می‌باشد. همین شرایط هم از طرفی با افزایش مقادیر منفی سرعت حرکات قائم هوا (امگا) از تراز  $1000$  هکتوپاسکال تا تراز  $500$  و تشکیل هسته بیشینه منفی آن بر منطقه همراه بود که شدت حرکات صعودی هوا را نشان می‌دهد که تقویت و تشدید بارش‌های سیل آسیای منطقه در فروردین  $1398$  را به خوبی نشان می‌دهد.

### منابع

- Ahmadi, Mahmoud., Farzaneh Jafari, 2014. Analysis of super heavy rain on March 23, 2012 causing destructive flood in Bandar Abbas city. Risk Science, 2(3): 307-324
- Omidhar, Kamal., Mahmoudabadi, Mehdi, Parisa Shams., Mehbobeh Amiri-Esfandgeh, 2019. Collaborative study of the effects of wind movements on floods in Kerman province. Scientific Journal System, 7(3), 163-178
- Pejoh, Farshad, Farzaneh Jafari, 2019. Collaborative analysis of heavy and dangerous rainfall in the west and southwest of Iran in the first decade of Farvardin, period 29, number 114 - serial number 114, pages 165-184.
- Jahanbakhsh, Saeed., Hassan Zulfaqari, 2013. Review of synoptic patterns of daily rainfall in western Iran, Geographical Research Quarterly, Vol. 64-63, pp. 234-258.
- Hosseini Sadr, Atefa, Gholam Hossein. Mohammadi, Firoz, Abdul Alizadeh, Vahid Khojaste, and. 2018. Analyzing the

شرق- جنوب غرب تا عرض‌های پایین گسترش یافته است که در ادامه هسته مرکزی برابر با  $5500$  ژئوپتانسیل متر بر روی مرکز دریای مدیترانه قرار گرفته است و تاثیری مثبت جهت تشکیل و تقویت سیکلونها در سطح زمین در منطقه مطالعاتی داشته است. همچنین بر ارتفاع با هسته مرکزی برابر با  $5700$  ژئوپتانسیل متر بر روی مرکز اروپا قرار گرفته است که هوای سرد عرض‌های بالا را به درون ناوه انتقال داده و باعث تقویت کم فشارهای تراز پایینی در روزهای آینده شده است. تحلیل همدیدی میانگین فشار تراز دریا (SLP) نشان می‌دهد، بر فشار با هسته مرکزی برابر با  $1029$  هکتوپاسکال بر روی شمال اروپا قرار گرفته و پربندهای آن تا شمال دریای سیاه را دربر گرفته است. همچنین پرفشار با هسته مرکزی برابر  $1026$  هکتوپاسکال پهنه وسیعی از اطراف دریاچه بایکال تا شمال شرق افغانستان را دربر گرفته است. در ادامه، کم فشار با هسته مرکزی برابر با  $1008$  هکتوپاسکال در مقایسه با روز قبل شرقی تر شده و از مدیترانه تا سراسر پهنه مطالعاتی و در ادامه تا ایران مرکزی را در بر گرفته است و با توجه به اینکه کم فشار از شمال شرق روسیه با راستای شمال شرق - جنوب غرب تا دریای سرخ و شرق آفریقا را در بر گرفته است شیو فشاری شدیدی به وجود آمده است که نتیجه آن ناپایداری و صعود شدید هوا در روز مطالعاتی  $12$  فروردین و رخداد بارش برابر با  $107$  میلی‌متر در منطقه مطالعاتی بوده است با توجه به نقشه جریان باد تراز  $1000$  هکتوپاسکال، سراسر منطقه مطالعاتی خطوط جریان باد منطبق بر پربند کم فشار تا دریای مدیترانه با حرکت پاد ساعت گرد رطوبت دریای مدیترانه و سیاه را به درون کم فشار موثر بر بارش فرارفت کرده است، همچنین خطوط جریان منطبق بر کم فشار شرق آفریقا با حرکت پاد ساعت گرد خود رطوبت منابع آبی جنوب را به درون کم فشار موثر بر بارش روز  $12$  فروردین فرارفت کرده است، در ادامه خطوط جریان منطبق بر پرفشار شمال اروپا و پرفشار اطراف دریاچه بایکال با حرکت ساعت گرد واقع شده است، قرار گیری این سیستم‌ها باعث افزایش شیو فشاری و رخداد بارش ابر سنگین در روز مطالعاتی شده است. بررسی همدیدی سرعت قائم جو تراز  $500$  هکتوپاسکال نشان می‌دهد مسیر

- extreme cold in the northwestern region of Iran, Tehran University Geographical Research Journal; pp. 1-16: 65
15. Alizadeh, Amin, Kamali, Gholamali, Mousavi, Farhad., Mohammad Mousavi Baygi, 2005. Weather and Climatology, 11th edition, Ferdowsi University of Mashhad Press.
  16. Alizadeh, Timur 2009. Synoptic analysis of heavy rains in Kerman province, master's thesis of Isfahan University, supervisor Khushal Dastjardi.
  17. Qaemi, Hoshang, Mirian, Mina., Mostafa Karampour, Mohammad Moradi, 2019. Understanding the dynamic and thermodynamic patterns of widespread heavy rainfall in Iran in the period of 1960-2010 (case study of widespread heavy rainfall 05/12/1974), natural geography researches Bahar Volume 52, Number 1 (consecutive 111) 95-111.
  18. Lashkari, Hossein., Neda Esfandiari, 2019. Synoptic and thermodynamic patterns of atmospheric rivers leading to heavy rainfall in the cold period of Iran, Journal of Natural Environmental Hazards, pp. 1-1.
  19. Mahmoodabadi, Mahdi., Kamal., Umidred, Gholamali, Mozafari, Ahmed, Noosesi, Mehdi., Narangifard Mehran, Fatemi. 2015. Synoptic analysis of the effects of the blocking phenomenon on the flooding rains of April 2012 in the southern half of Iran. Climatology Research, 7(25): 67-82.
  20. Moradi, Hamidreza. 139. Forecasting the occurrence of floods based on synoptic conditions in the southern coast of the Caspian Sea, Geographical Researches, Vol. 55, pp. 109-131.
  21. Mostafaei, Hassan., Bahlol Alijani, Mohammad Saseh, 2014. Synoptic analysis of heavy and widespread rains in Iran. Spatial Analysis of Environmental Hazards, 2(4): 65-76.
  22. Nazim Al-Sadat Mohammad Jaafar, Shirwani Amin, 2016, forecasting winter rainfall in the southern regions of Iran using the water level temperature of the Persian Gulf: conventional correlation analysis modeling, Scientific Journal of Agriculture 29: 66.
  23. Hashmi Rana, S. K, 1389. Collaborative analysis of heavy rains in Khuzestan province, master's thesis of Isfahan University, supervisor: Javad Khushal Dastjard. Ai, Yang, & Qian, Weihong. (2020). Anomaly-based synoptic analysis on the Heavy Rain Event of July 2018 in Japan. Natural Hazards, 101(3), 651-668.
  6. Halabian, Amirhossein., Nikandish, Nasreen, Mehri Akbari, 2018. Complete routing and synoptic analysis of a study sample of systems leading to heavy rains of more than 50 mm in southern Iran, Spatial Analysis of Environmental Hazards, 5th year, Fall 2018, no. 3.
  7. Hamidianpour, Mohsen, Sadeghi, Alireza, Bahlol Alijani, 2009, Identifying synoptic patterns of heavy rains in northeastern Iran, Geographical Studies of Dry Areas, Vol. 1, pp. 1-16.
  8. Zakizadeh Amaslan Alia, Mir Behrouz, Mohammad Saligha, Mohammad Hossein Naserzadeh, Mehri Akbari. 2017. Statistical and synoptic analysis of the most effective river pattern causing heavy rains. Natural Environment Hazards, 7(15): 31-48.
  9. Rastgo, Zahra Abbas Ranjbarsaadabadi, 2017. Study of heavy and moderate rainfall in Bushehr province from synoptic-dynamic point of view, Journal of Meteorology and Atmospheric Science, Volume 1, Number 1, 77-96.
  10. Rezaei, Majid B., Jafarishandi, Fatemeh, Fershte Hossein Alipour Jezi, 2019. Synoptic analysis of pressure patterns related to blockings affecting the occurrence of continuous and heavy rains in Tabriz (during the years 1951 to 2013). Scientific Journal of Geography and Planning, 24(71), 105-123.
  11. Sabzi Parvar, Ali Akbar 1370. Synoptic survey of flood systems in southwest Iran. Master's Thesis in Geophysics, University of Tehran, Iran. P. 105.
  12. Shah-Hosseini, Mansour 2017, evaluation of the effects of drought on agricultural products of Zahedan city, Master's thesis under the guidance of Dr. Hossein Nagaresh, University of Sistan and Baluchistan.
  13. Safrian Zangir, Vahid., Zinali, Betul., Jafarzadeh Aliabad, Leila. 2018. Evaluation of the concurrent conditions of occurrence of rains leading to floods in Khalkhal city, with an environmental approach to circulation in the time period 2016 to 2015, period 10, number 19 - serial number 19, pages 104-89.
  14. Alijani, Bahloul., Mahmoud Hoshiar, 2017. Identification of synoptic patterns of synergistic mechanism of heavy and damaging rain in northwest Iran (case study: April 14, 2017), Journal of Geography and Planning, Volume 23, Number 70 - Serial Number 23, Pages 79-100.



24. Dimitrova, T, Mitzvahs, R., Savtchenko, A. (2009), "Environmental Conditions Responsible for the Type of Precipitation in Summer Convective Storms over Bulgaria", *Atmospheric Research*, pp: 30-38.
25. Hermoso, Alejandro, Victor Homar., & Amengual, Arnau. (2021). The sequence of heavy precipitation and flash flooding of 12 and 13 September 2019 in eastern Spain. Part I: Mesoscale diagnostic and sensitivity analysis of precipitation. *Journal of Hydrometeorology*.
26. Lavers, David A., and Gabriel Villarini, G., 2013, Atmospheric rivers and flooding over the central united states: *Journal of Climate*, 26, 7836-7829.
27. Meseguer-Ruiz, Oliver., Lopez-Bustins, Jan. A., Arbiol-Roca, Laia., Martin-Vide, Janier., Miró, J., & Estrela, M. J. (2021). Temporal changes in extreme precipitation and exposure of tourism in Eastern and South-Eastern Spain. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-12
28. Pall, P., Patricola, C. M., Wehner, M. F., Stone, D. A., Paciorek, C.J., & Collins, W. D. (2017). Diagnosing conditional anthropogenic contributions to heavy Colorado rainfall in September 2013. *Weather and Climate Extremes*, 17, 1-6.
29. Paredes Trejo, F. Barbosa, H. Murillo, P. Moreno, A. Farias, A. (2016), Intercomparison of improved satellite rainfall estimation with chirps gridded product and raingauge data over Venezuela, *atmosfers*, Vol. 29, Issue 4.
30. Schreiber, E. A., & Serreze, M. C. (2020). Impacts of synoptic-scale cyclones on Arctic sea-ice concentration: a systematic analysis. *Annals of Glaciology*, 61(82), 139-153.
31. Uriano, Z.J., Leathers, D.J., & Benjamin, A.E. (2020). Regionalization of Northeast US moisture conditions: analysis of synoptic-scale atmospheric drivers. *Climate Research*, 79(3), 193-206.
32. Yao, S. Huang, Q. (2016), An analysis of extreme intraseasonal rainfall events during janury-march 2010 over eastern china, *dynamics of atmospheres and oceans*, Vol. 75: 22-32.
33. Zhong, S., Yu, L., Heilman, W. E., Bian, X., & Fromm, H. (2020). Synoptic weather patterns for large wildfires in the northwestern United States—a climatological analysis using three classification methods. *Theoretical and Applied Climatology*, 141, 1057-1073.