

واکاوی هم‌دیدی دینامیکی بارش سیلابی نادره فروردین ۱۳۹۸ در نواحی غرب و جنوب غرب ایران کمال امیدوار^۱

گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

محبوبه امیری اسفندقه

دانشجو دکتری، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۰۹

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی و شناسایی عوامل هم‌دیدی، دینامیکی مؤثر در بارش سنگین و فراگیر ۵ فروردین ماه ۱۳۹۸ در غرب و جنوب غرب (ایستگاه‌های فارس، اهواز، مسجد سلیمان، یاسوج، چهارمحال و بختیاری، خرم‌آباد، کرمانشاه، ایلام و فسا) است. ابتدا داده‌های بارش روزانه ۹ ایستگاه هم‌دیدی از سازمان هواشناسی کشور سپس داده‌های سطوح فوقانی جو از سایت NCAR/NCEP استخراج شد. نقشه‌های رودباد، نقشه‌های فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، ضخامت جو، پیچانه، وزش رطوبتی، همگرایی رطوبتی، حرکت‌های قائم هوا در روز قبل و روز بعد از بارش با استفاده از نرم‌افزار GrADS ترسیم و تحلیل شد؛ در پایان نقشه پهنه بندی توزیع بارش و جمع بارش در نرم‌افزار GIS نمایش داده شد. نتایج نشان داد که علت اصلی وقوع بارش اسقرار سرد چالی وسیع در عراق و سوریه بوده است. وجود سردچال شرق مدیترانه ای وجود و اچرخند مستقر در دریای عمان سبب تقویت گرما و رطوبت به درون این سامانه‌های کم فشار غربی و جنوبی شده و آن‌ها را از نظر ترمودینامیک تقویت می‌کند از طرفی دیگر کوهستان زاگرس باعث تقویت و صعود کوهساری شده و باعث شده است که بیشترین بارش در روز بارش سنگین در ایستگاه یاسوج (۱۵۱/۳۸) گزارش شود و روز قبل بارش در ایستگاه خرم‌آباد (۷۷/۹۸) بوده است؛ منابع عمده رطوبت این بارش اقیانوس هند، دریای عمان، دریای عرب، خلیج عدن، خلیج فارس، دریای سرخ و مدیترانه جذب شده است.

کلیدواژگان: بارش سنگین، تحلیل هم‌دیدی، سردچال، غرب و جنوب غرب، ایران

مقدمه

سیل یکی از پدیده‌های پیچیده و مخرب طبیعی است که هر ساله خسارات فراوانی را به دنبال دارد، مطابق آمار تهیه شده توسط سازمان ملل متحد در میان بلایای طبیعی، سیل و طوفان بیشترین تلفات و خسارات را به جوامع بشری وارد آورده‌اند، بگونه‌ای که تنها در یک دهه میزان خسارات ناشی از سیل و طوفان بالغ بر ۲۱ میلیارد دلار بوده است. این امر در کشور ما نیز صادق است. خسارات ناشی از سیل کشور در پنج دهه گذشته رشد ۲۵۰ درصدی داشته است (وطن فدا، ۱۳۸۱). اگر الگوهای گردشی به وجود آورنده سیل شناسایی شوند می‌توان از حداقل یک یا دو روز قبل با رویت آغاز توالی الگوهای مختوم به ایجاد سیل، وقوع سیلاب را پیش بینی کرد در این صورت فرصت کافی برای ایجاد آمادگی‌های لازم وجود دارد (علی‌جانی، ۱۳۹۲). در زمینه تاثیر گردش‌های جوی بر وقوع بارش و الگوهای آن در مناطق مختلف جهان مطالعات زیادی انجام شده است از جمله آلپرت^۲ و همکاران نشان داد دریای مدیترانه، در فصل زمستان یکی از مناطق مهم سیکلون‌زایی است، در این مطالعه مشخص شد که ورودش‌های فصلی و شبانه‌روزی شدیدی هم در تواتر سیکلونها و هم در موقعیت جغرافیایی آن‌ها وجود دارد که با تأثیرات قوی دریا در ارتباط است (۱۹۹۰: ۸). در مطالعه‌ای دیگر دو گروه از بارش‌های سنگین بیش از ۱۰۰ میلی‌متر بعدازظهر در تایوان در طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۷ در طی فصول می و (فصل بارشی در جنوب شرق آسیا) بررسی شد. گروه اول بارش‌های را شامل می‌شد که در زمان آن‌ها جریان‌های جوی جهت جنوبی داشتند، گروه دوم بارش‌های را شامل می‌شد که جریان‌های جوی در آن زمان جهت جنوب غربی داشتند. (چن^۳ و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۶). در یک پژوهش به بررسی شرایط جو در زمان رخداد بارش‌های سنگین و غیر سنگین در سوئد پرداخته شد. نتایج مطالعه نشان داد که سهم رویدادهای بارش در زمان بارش سنگین تیپ چرخندی رخ داده بود که این رویداد برای بارش غیره سنگین ۴۵ درصد و برای بارش‌های سنگین ۷۰ درصد است (هلستروم^۴، ۲۰۰۵: ۱۹). پژوهش گران در یک پژوهش به مطالعه الگوهای جوی به تأثیرگذار بر بارش‌های سنگین جزایر بالریک (مجموعه‌ی جزایر واقع در شرق اسپانیا در دریای مدیترانه) پرداختند. آن‌ها مجموع بارش روزانه بیش از ۶۰ میلی‌متر در ۲۱۶ ایستگاه باران‌سنجی طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۴ را به عنوان معیار بارش سنگین انتخاب کردند. در مجموع ۱۵۷ روز بارش بیش از ۶۰ میلی‌متر مشخص شد یعنی به طور متوسط هر سال ۱۷/۴ رویداد بارش سنگین وجود داشته که از این تعداد تقریباً ۵۰ درصد در فصل پاییز رخ داده بودند و تقریباً ۸۷ درصد بارش‌های سنگین در زمانی رخ داده بود که یک مرکز چرخند در شعاع ۶۰۰ کیلومتری جزایر واقع شده بود (لنا^۵ و همکاران، ۲۰۰۷: ۶). ماتلیک و پست^۶ طی یک دوره آماری ۴۵ ساله (۱۹۶۱-۲۰۰۵) به بررسی بارش‌های سنگین استونی پرداخته‌اند. نتایج مطالعات ایشان نشان می‌دهد که بیشتر بارش‌های سنگین این ناحیه به علت عبور سامانه‌های کم فشار متعدد و سامانه‌های جبهه‌ای بوده است و در این ناحیه بارش‌های همرفتی از اهمیت کمتری برخوردار است (۲۰۰۸: ۱۹۵). نتایج یک پژوهش بر روی رویدادهای بارش سنگین در تابستان‌های گرم و مرطوب در جنوب شرقی برزیل نشان دادند اکثراً بارش‌های سنگین ناشی از دونوع آشفستگی جوی هستند: جبهه‌ی سرد (در

² Alpert

³ Chen

⁴ Hellstrom

⁵ Lana

⁶ Matlik and Post

حدود ۵۳ درصد از رویدادها) و منطقه ی همگرایی آتلانتیک جنوبی ۴۸ درصد از رویدادهای را در برمی گیرد (کالیرما^۷ و همکاران، ۲۰۰۹: ۹) بارش های شدید شمال چین در ارتباط با سامانه گردشی موسمی است. هنگامی که این سامانه توسعه پیدا می کند. بارش های شدید به سمت شمال چین گسترش می یابد و بر عکس خشک سالی ها در شمال چین هنگامی رخ می دهد که سامانه موسمی تضعیف و یا اینکه در جهت شمال گسترش نمی یابد (تیو و یان^۸، ۲۰۱۰: ۲۹). رسولی و همکاران در پژوهش با عنوان سری زمانی تجزیه و تحلیل سینوپتیکی مراکز الگوهای فشار بر بارش های فصلی ایران پرداخته اند (رسولی و همکاران، ۲۰۱۲: ۴). در مطالعه ای تأثیر سیستم های فشار بر بارش های طوفانی ایران نشان داد که کنترل کننده های اصلی سیستم های پرفشار سیبری و پرفشار آזור و حالت یکپارچه از سیستم های سودانی و سیستم کم فشار مدیترانه ای نقش کنترل کننده اصلی رادر سطوح بالا دارد و عوامل مهم دیگر در بارش های سنگین ادغام رطوبت دریایی مدیترانه، دریای سرخ، خلیج فارس، دریای عمان و اقیانوس هند است (منتظری و همکاران، ۲۰۱۵: ۷). نتایج یک مطالعه همدیدی بر روی بارش های شدید باران در تایوان نشان داد مقادیر بازگشتی بارش های بیش از ۱۰۰ میلیمتر در دوره های ۲۵ تا ۲۰ ساله تکرار می شود همچنین بارندگی های شدید ساعتی عمدتاً در ماه می و اواسط ماه ژوئن در جبهه های می یورخ می دهد (منگ ون^۹، ۲۰۱۷: ۱۴).

از جمله مطالعات صورت گرفته در داخل می توان به مطالعه ای که بر روی مسیریابی سامانه های کم فشار سودانی ورودی به ایران انجام گرفت نشان داد که این چرخندها از پنج مسیر عمده وارد ایران می شوند. دو مسیر اول به صورت ادغام شده با چرخندهای مدیترانه و سه مسیر دیگر به صورت مستقل وارد می شوند (لشکری، ۱۳۸۱: ۲۲). در مطالعه ای دیگر به شناسایی الگوهای گردشی پدیدآورنده سیلاب بزرگ در کارون پرداختند، نتایج این پژوهش نشان از شش الگوی گردشی کم ارتفاع و پر ارتفاع که الگوهای کم ارتفاع و فرودهای شرایط را برای ناپایداری فراهم می آورند و ارتباط معنی داری با بارش و روان آب دارند (مسعودیان، ۱۳۸۴: ۲۰). حبیبی (۱۳۸۵) نیز نقش سامانه های بندالی در چرخند زایی روی دریای مدیترانه و اثر آنها را در سیل سال دوهزار میلادی در غرب ایران مطالعه کرده است. نتایج یک پژوهش بر روی تحلیل همدید بارش های سنگین ایران در آبان ۱۳۷۳ نشان داد که الگوی پرفشار اروپا - کم فشار عراق در رویداد این بارش ها مؤثر بوده است (محمدی، مسعودیان، ۱۳۸۸: ۱۷). در یک مطالعه نتایج واکاوی الگوهای سینوپتیکی بارش های سنگین استان های جنوب غرب ایران نشان داد که عامل اصلی ایجاد بارش های شدید در مرکز و جنوب غرب ایران، نفوذ و استقرار سامانه پرفشار سیبری و تشکیل سرد چالی وسیع بر روی جنوب دریای خزر و مرکز ایران بوده است (امیدوار و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۶). در پژوهشی بارش های سنگین نوار جنوب و مرکز کشور را واکاوی کردند نتایج نشان داد، شکل گیری کم ارتفاع بریده ای بر روی دریای مدیترانه به صورت سیستم مانع ای عمل کرده و به سبب شکل گیری ناوه عمیق با امتداد شمالی جنوبی توسط شاخه شمالی و ادغام آن با ناوه حاصل از شاخه جنوبی می باشد در نتیجه با عمیق تر شدن این ناوه و کسب رطوبت بیشتر از آب های جنوبی کشور شرایط لازم برای ریزش بارش استثنایی در منطقه فراهم می شود (امیدوار و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۶). در یک مطالعه بر روی بارش سنگین لیکن در جنوب غربی ایران مشخص شد پیشروی کم فشار سودانی از سمت جنوب

⁷ Carla Lima

⁸ Tu and yan

⁹ Mengwen

و پرفشار اروپایی از سمت شمال و تشکیل جبهه در غرب و جنوب غرب کشور در تراز میانی جو باعث عمیق تر شدن فرود مدیترانه و حرکت شرق سوی آن و وجود رطوبت زیاد و همچنین قرارگیری هسته سرعت رود باد جنب حارهای بر روی دریای سرخ و شمال عربستان سبب بارش سنگین در این منطقه شد (منتظری و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۲). نتایج یک مطالعه در رخدادهای بارش سنگین یاسوج، در ۲۰ اسفند ۱۳۸۹ نشان داد در روز بارش سنگین رود باد جبهه قطبی بسیار بزرگی با ضخامت زیاد بر روی ایران استقرار داشته و ضخامت جو نیز بر روی منطقه مورد مطالعه، زیاد بوده است. حرکت های قائم هوا در ترازهای ۷۰۰، ۶۰۰، ۵۰۰ هکتوپاسکال در بخش های جنوب و جنوب غربی منفی بوده و ضمن تقویت همگرایی و صعود هوا، با تغذیه ی رطوبتی مدیترانه، دریای سرخ و خلیج فارس، مقدار رطوبت لازم برای تولید بارش سنگین را فراهم کرده است (صالحی، عالی جهان، ۱۳۹۲: ۱۲). نتایج یک پژوهش بر روی بارش سنگین شهر جیرفت نشان داد در روز بارش وجود رود باد جبهه قطبی بسیار بزرگی با ضخامت زیاد بر روی ایران استقرار داشته و منابع عمده رطوبتی بارش سنگین این بارش در سطوح ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال دریای سرخ و خلیج فارس می باشد، اما در ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال دریای عرب، خلیج عمان و خلیج فارس نقش اصلی تأمین رطوبت بارش سنگین را ایفا می کنند (قویدل رحیمی و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۱). طبق نتایج به دست آمده از تحلیل رخدادهای بارشی شدید منجر به سیل ۸ تیر ۱۳۹۴ در استان البرز مشخص شد وجود هوای سرد در جو بالا، ایجاد ناوه شبه پایا، تزریق و تداوم مدام رطوبت از پهنه آبی خزر، کم فشار سطح زمین و جریان های شمال غربی، مشخصه های عمده همدیدی حاکم بر رخدادهای بارشی مذکور محسوب می شوند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۷). منطقه غرب ایران به دلیل دارا بودن کوهستان ها، شرایط مساعدی برای تشدید و گسترش بارندگی و گاهی جاری شدن سیل دارد، چرا که ناهموازی های زاگرس بر سامانه های غربی و جنوب غربی اثر دینامیکی دارند و آن ها را وادار به صعود کرده و سبب تقویت آن ها می شوند در حقیقت وجود و نقش کوهستان مای تواند کنترل کننده اصلی بارش باشد که به بارش های اروگرافیک معروفند با توجه به مطالبی که گفته شد همچنین قرارگیری غرب ایران در مسیر ورود سیستم های سینوپتیکی که منجر به بارش های سنگین می شود این پژوهش در نظر دارد رخدادهای بارش فراگیر و نادر ۵ فروردین ۱۳۹۸ ایستگاه های غرب و جنوب غرب را در قالب بارش های بیش از ۳۰ میلی متر با استفاده تحلیل و تفسیر تصاویر حاصل شده از نرم افزار GRADS مورد بررسی قرار دهد.

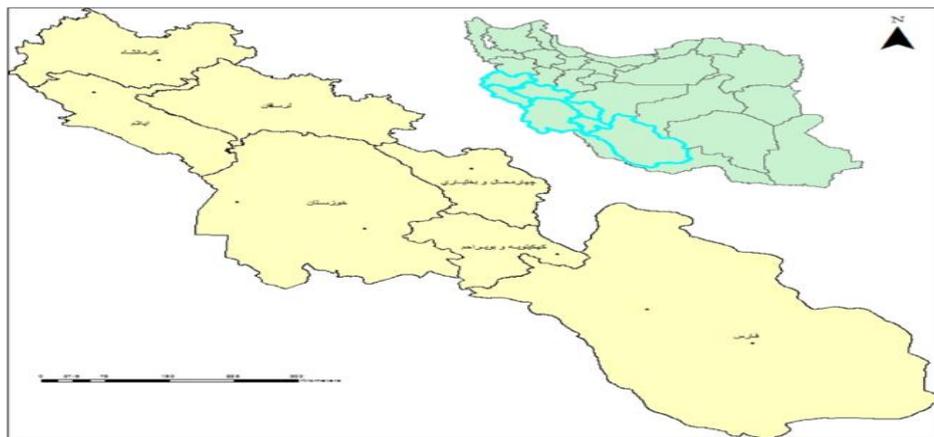
داده ها و روش ها

هدف از این پژوهش بررسی همدیدی بارش سیلابی و نادر ۵ فروردین ۱۳۹۸ ایستگاه های منتخب در غرب و جنوب غرب (ایستگاه های فارس، اهواز، مسجد سلیمان، یاسوج، چهارمحال و بختیاری، خرم آباد، کرمانشاه، ایلام و فسا) است مختصات جغرافیایی ایستگاه های منتخب و میزان بارش در شکل ۱ و جدول ۱ مشخص شده است؛ ابتدا از داده های ایستگاه زمینی و داده های سطوح فوقانی جو در تاریخ ۵ فروردین ۱۳۹۸ جهت تحلیل بارش سنگین و فراگیر ایستگاه ها استفاده شد. سپس با بهره گیری از نقشه های فشار سطح دریا نقشه های فوقانی جو از جمله نقشه ارتفاع ژئو پتانسیل، ضخامت جو، رود باد، پیچانه، وزش رطوبتی، همگرایی و واگرایی رطوبت، حرکت قائم هوا (امگا) با استفاده از نرم افزار GRADS و GIS جهت تحلیل و بررسی، ترسیم شد. برای تعیین منابع رطوبتی این بارش ها بعد

از دریافت نقشه ها مورد نظر از سایت هواشناسی مرکز پیش بینی اقلیمی ایالات متحده آمریکا^{۱۰} تفسیر و تحلیل نقشه ها به روش چشمی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به جز نقشه تک تراز فشار سطح دریا سایر نقشه ها در ترازهای ۵۰۰ و ۸۵۰ و نقشه های رود باد در تراز ۳۰۰ ترسیم شد. نتایج به طور دقیق و منظم گزارش شده است، این پژوهش به روش محیطی به گردشی انجام شده است. وقوع این بارش سنگین و اهمیت آن باعث بررسی پژوهش در زمینه این بارش سنگین شد. در مرحله بعد برای بدست آوردن میزان ناپایداری در روز بارش فراگیر، شاخص های Si و Ki در ایستگاه هایی که جو بالا داشت مورد (فارس، اهواز، کرمانشاه) محاسبه شد. شایان ذکر است که اساس شاخص شولتر (Si) بر رابطه بین دمای خشک و نقطه شبنم تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و دمای خشک تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال استوار است و بر مبنای معادله $Si=T500-T$ محاسبه می شود، شاخص ناپایداری Ki بر مبنای روش ویتینگ و بر اساس اطلاعات کاوش گر جو بالا با استفاده از معادله $Ki=(T+Td)950-(T-Td)700-T500$ محاسبه می گردد و دارای مقادیر عددی مطابق جدول ۲ می باشد (فائمی و همکار: ۱۳۷۱).

جدول ۱: موقعیت ایستگاهها و میزان بارندگی به میلیمتر

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی N	طول جغرافیایی E°	ارتفاع (M)	بارش ۴ فروردین ماه	بارش ۵ فروردین	جمع بارش
شیراز	۲۹.۳۵	۵۲.۳۲	۱۵۱۹	۱۲/۴۵	۴۶/۷۴	۵۹/۱۹
یاسوج	۳۰.۴۰	۵۱.۳۴	۱۸۱۵	۱۱/۳۳	۱۵۱/۳۸	۱۶۲/۷۱
شهرکرد	۳۲.۱۹	۵۰.۵۱	۳۲۱۹	۴/۸۳	۴۶/۹۹	۵۱/۸۲
خرم آباد	۳۳.۲۹	۴۸.۲۱	۱۱۸۸	۷۷/۹۸	۲۰/۳۲	۹۸/۳
اهواز	۳۱.۳۴	۴۸.۷۱	۲۰	۳/۸۱	۷/۳۷	۱۱/۱۸
مسجد سلیمان	۳۱.۹۳	۴۹.۳۰	۲۳۶	۱۰/۴۶	۴۶/۲۳	۵۶/۶۹
کرمانشاه	۳۴.۱۹	۴۷.۴	۱۳۵۱	۴۱/۶۶	۰/۵۱	۴۲/۱۷
ایلام	۳۳.۳۸	۴۶.۲۴	۱۳۶۹	۶۸/۰۷	۸/۳۸	۷۶/۴۵
فسا	۲۸.۵۶	۵۳.۳۸	۱۳۸۰	۰	۲۹/۲۱	۲۹/۲۱



شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعه در کشور ایران (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

جدول ۲- مقادیر شاخص Si و شاخص Ki برای تعیین وضعیت ناپایداری

ارزش شاخص Si	میزان ناپایداری	ارزش شاخص Ki	احتمال وقوع ناپایداری (درصد)
۱ تا ۳	احتمال ناپایداری وجود دارد	کمتر از ۱۵	۰ تا ۲۰

۱ تا ۳-	احتمال ناپایداری بیشتر می شود	۱۵ تا ۳۰	۲۰ تا ۶۰
کمتر از ۳-	شدت ناپایداری ها افزایش می یابد.	۳۱ تا ۴۰	۶۰ تا ۹۰

یافته های تحقیق

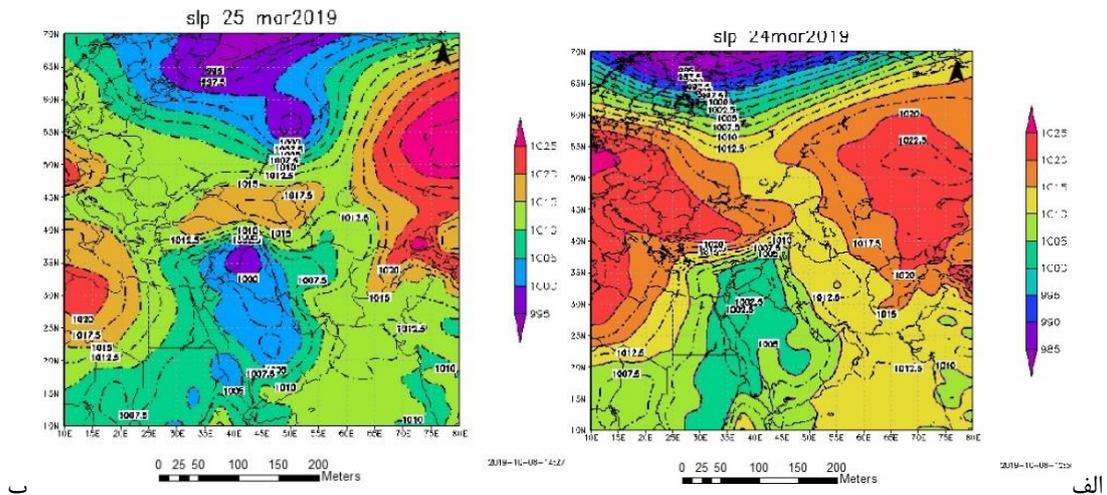
در این مطالعه به بررسی همدیدی دینامیک بارش فراگیر ۵ فروردین ۱۳۹۸ ایستگاه های منتخب در غرب و جنوب غرب پرداخته شد. رخداد بارش در اکثر ایستگاه های سینوپتیک و قابل توجه بودن مقدار این بارش ها علت انتخاب این بارش جهت مطالعه است. جهت این بررسی نقشه های روزانه از ۴۸ ساعت قبل از وقوع بارش تا ۲۴ ساعت بعد از وقوع بارش استخراج شده و نقشه های همدید آنها با توجه به آرایش و نحوه گسترش و حرکت سیستم ها نسبت به هم بررسی گردید. شروع بارش های این دوره در برخی از ایستگاه ها در تاریخ ۴ فروردین بوده و در اتمام دوره ی بارشی در ۵ فروردین ماه میزان مجموع بارش در بعضی ایستگاه ها به بیش از ۳۰ میلیمتر هم می رسد. جهت کم شدن حجم مقاله فقط از نقشه های همدیدی روز قبل و روز اوج بارش در این مقاله استفاده شد. سپس با توجه به الگوهای همدید و میزان بارش، نقشه های توزیع بارش و جمع بارش در محیط GIS ترسیم شد. نتایج نشان داد که علت اصلی وقوع بارش استقرار سرد چالی وسیع در عراق و سوریه بوده است. وجود سردچال شرق مدیترانه ای و واچرخند مستقر در دریای عمان سبب تقویت گرما و رطوبت به درون این سامانه های کم فشار غربی و جنوبی شده و آن ها را از نظر ترمودینامیک تقویت می کند از طرفی دیگر کوهستان زاگرس باعث تقویت و صعود کوهساری شده و باعث شده است که بیشترین بارش در روز بارش سنگین در ایستگاه یاسوج (۱۵۱/۳۸) گزارش شود و روز قبل بارش در ایستگاه خرم آباد (۷۷/۹۸) بوده است؛ بر اساس آمار سال های قبل این مقدار بارش روزانه ایستگاه یاسوج در ماه مارس بی سابقه بوده است (سال ۱۳۹۷ حداکثر بارش روزانه ۸/۳۸ میلیمتر، حداکثر بارش روزانه سال ۱۳۹۶ ماه مارس ۳۸/۶۱ میلیمتر، حداکثر بارش روزانه سال ۱۳۹۵ ماه مارس ۱۶/۵۱ میلیمتر، حداکثر بارش روزانه سال ۱۳۹۴ ماه مارس ۶۰/۲ میلیمتر، حداکثر بارش روزانه سال ۱۳۹۳ ماه مارس ۳۷/۳۴ میلیمتر)؛ منابع عمده رطوبت این بارش اقیانوس هند، دریای عمان، دریای عرب، خلیج عدن، خلیج فارس، دریای سرخ و مدیترانه جذب شده است.

واکاوی نقشه های همدیدی بارش های سنگین روز ۵ فروردین

واکاوی نقشه های ارتفاعی جو

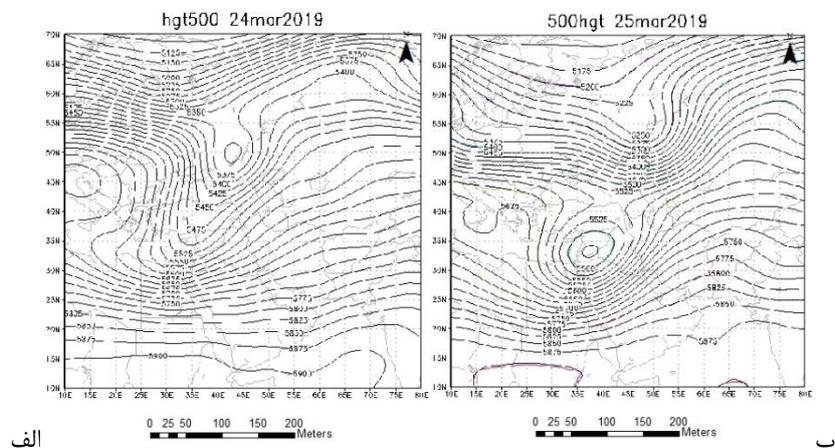
در نقشه فشار سطح دریا ساعت ۱۲ زولو (۱۵:۳۰) روز ۴ فروردین ماه ۱۳۹۸، وجود یک چرخند بسیار قوی از عرض های بالا با فشار مرکزی ۹۸۵ هکتوپاسکال مشاهده می شود. زبانه ۱۰۱۲ هکتوپاسکالی این کم فشار از شمال تا جنوب کشور ایران پیشروی کرده است. در همین زمان وجود کم فشار قوی مستقر در عراق و سوریه و شرق دریای مدیترانه با فشار مرکزی ۱۰۰۲/۵ هکتوپاسکال (شکل ۲ الف) از سمت غرب کشور و وجود پرفشار قوی با فشار مرکزی ۱۰۲۲/۵ از سمت شمال شرق مشاهده می شود که زبانه ۱۰۱۵ هکتوپاسکالی این پرفشار تا قسمت های جنوبی ایران را تحت تاثیر قرار داده است همچنین مرکز پرفشار در غرب دریای مدیترانه مشاهده می شود. در روز ۵ فروردین ماه ۱۳۹۸، منحنی بسته ۹۹۷ هکتوپاسکالی کم فشار عرض های بالا از جریان اصلی جدا شده و به سمت جنوب حرکت می کند (شکل ۲ ب) در همین حال کم فشار مستقر در شرق دریای مدیترانه قویتر شده و پربندهای ۱۰۰۷/۵ هکتوپاسکالی آن از سمت غرب ایران را تحت تاثیر قرار می دهد و مرکز پرفشار غرب مدیترانه عقب نشینی کرده و پربندهای پرفشار شرق ایران مشاهده می شود. استقرار چرخند در شرق دریای مدیترانه با حرکت سیکلونی و پاد ساعتگرد خود موجب شارش و جذب رطوبت دریای مدیترانه و دریای سرخ از سمت جنوب غرب، و تقویت و صعود هوا در قسمت هایی از جنوب غرب و غرب شده است. با توجه به تأثیرگذاری چرخند مذکور همچنین استقرار

کم فشار عراق و سوریه در غرب موجب تقویت شیو فشار هوا شده که این شرایط ایجاد جو بارو کلنیک در غرب و جنوب غرب ایران را باعث شده است.

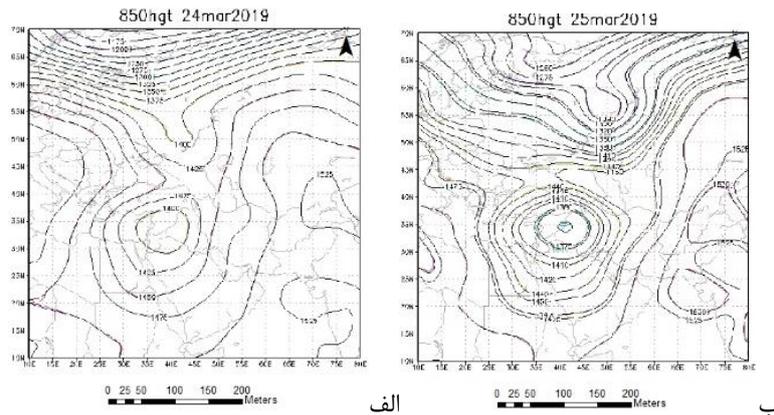


شکل ۲. فشار تراز دریا در روز ۴ فروردین ماه (الف) و در روز ۵ فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

در بررسی نقشه های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۳ الف) در روز ۴ فروردین ماه ۱۳۹۸ اولین پدیده های که، جلب توجه می کند وجود ناوه بریده در عرض های بالا و ناوه عمیق در شرق مدیترانه است که مناطق شمال غرب و غرب ایران را تحت تأثیر خود قرار داده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۳ ب) در روز ۵ فروردین ماه ناوه بسته با چند منحنی بسته در شرق مدیترانه، عراق و سوریه به واسطه شرایط چرخندی شدید در ناوه و اگرایی شدید در قسمت جلوی ناوه در منطقه مورد مطالعه باعث ایجاد آسمانی ابرآلود و ریزش بارش شدید در این منطقه شد. استقرار محور ناوه بر روی شرق مدیترانه باعث مکش رطوبتی و ترکیب و جذب رطوبت به سمت شرق ناوه شده است. با گسترش شرایط و اگرایی ریزش بارش سنگین در این روز در غرب و جنوب غرب شرایط صعود هوا و ایجاد جو باروکلنیک و ناپایداری شدید هوا فراهم شده است. رطوبت موجود بر روی این منطقه باعث شده که بیشترین بارش به میزان ۱۵۱/۳۸ میلیمتر را ایستگاه یاسوج داشته است. در بررسی نقشه های تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ۴ و ۵ فروردین (شکل ۴ الف و ب) ماه استقرار یک سردچال با چند منحنی بسته در شرق دریای مدیترانه مشاهده می شود که جنوب غرب تا شمال شرق ایران را تحت تأثیر قرار می دهد.

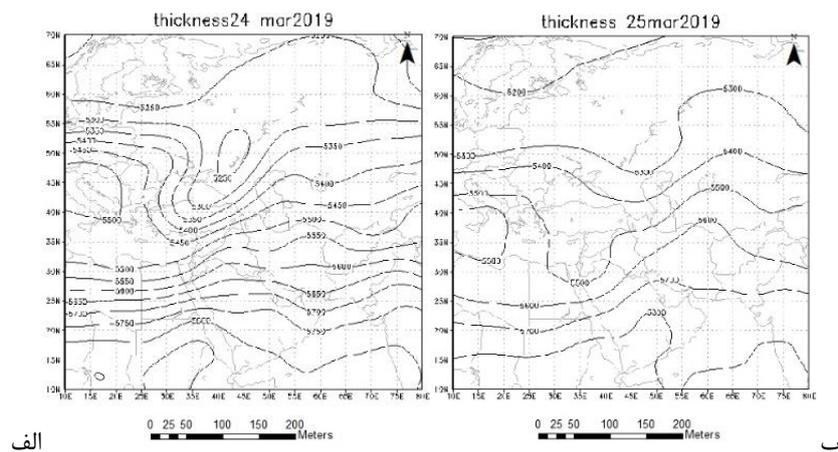


شکل ۳: وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ در روز ۴ فروردین ماه (الف) و روز ۵ فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)



شکل ۴: وضعیت ارتفاع ژئو پتانسیل تراز ۸۵۰ در روز ۴ فروردین ماه (الف) و روز ۵ فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

روشن است چنانچه در یک منطقه بین سطوح هم فشار هوای گرم با چگالی کمتری قرار گیرید، ضخامت لایه بین سطوح هم فشار بیشتر از منطقه ای است که هوای سرد قرار گرفته است. در روی زمین جایی که ضخامت جو کمتر است، کم فشار و در زیر مکانی که ضخامت جو زیاد است پرفشار وجود دارد (امیدوار، ۱۳۸۹: ۷۸)، در روز ۴ فروردین ماه (شکل ۵ الف) یک ناوه بسیار عمیق وجود دارد که محور آن بر روی شرق مدیترانه، و منحنی بسته کم ارتفاع در شمال دریای سیاه قرار دارد از این رو پشته بر روی مرکز ایران تشکیل شده است. در روز بارش سنگین ناوه به سمت شرق جابجا شده و پشته مرکز ایران نیز قوی تر شده است. در برخورد با هوای گرم و مرطوب بر روی خلیج عدن و دریای سرخ و خلیج فارس می تواند منجر به تشکیل جبهه شود. این ضخامت بسیار زیاد جو (۵۷۰۰ متر) در روز بارش سنگین نشان از صعود هوا در این منطقه دارد. این امر نشان دهنده ورود هوای سرد و مرطوب و قرارگیری جبهه گرم بر روی منطقه موردنظر است؛ بنابراین ریزش های سرد از مناطق شمالی اروپا و عرض های بالاتر و برخورد آن با هوای گرم مرطوب باعث ایجاد پدیده فرا رفت و در نتیجه صعود هوا و در نتیجه ایجاد بارش سنگین در منطقه موردنظر شده است (شکل ۵ ب).

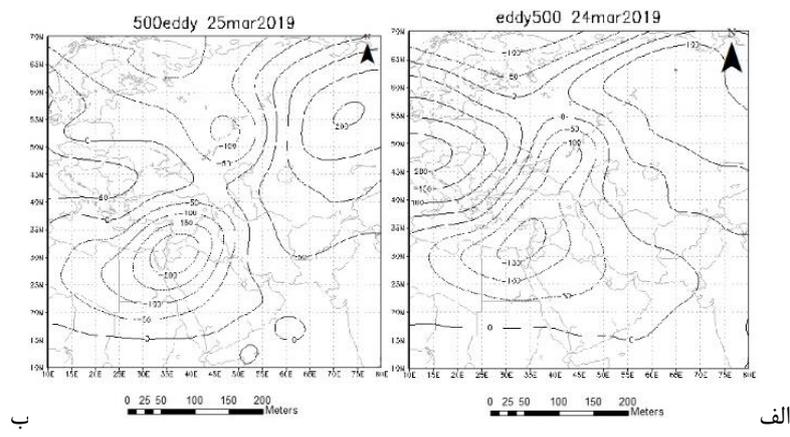


شکل ۵: ضخامت جو در روز ۴ فروردین ماه (الف) و روز ۵ فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

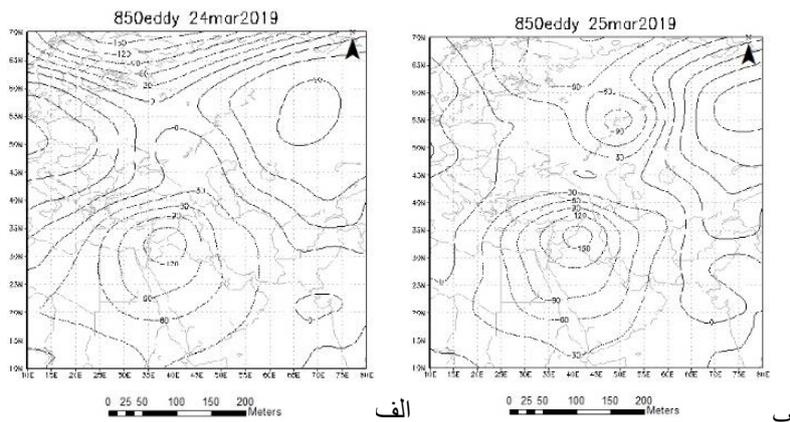
واکوی نقشه های ناپایداری جو:

نگاشت و تفسیر نقشه های پیچانه تا پایان بارش سنگین (۵ فروردین ماه ۱۳۹۸) در منطقه مورد مطالعه در ترازهای ۵۰۰ تا ۸۵۰ هکتوپاسکال بیانگر مقادیر منفی پیچانه روی منطقه مورد مطالعه در روز بارش سنگین است. در روز قبل از شروع بارش سنگین (شکل ۶ الف) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی هسته بیشینه پیچانه منفی (۱۵۰-) در شرق دریای

مدیترانه و سوریه قرار دارد؛ شکل گیری پیچانه های مثبت با هوای پایدار و جو باروتروپیک و تشکیل پیچانه های منفی با شکل گیری هوای ناپایدار و جو باروکلینیک همراه خواهد بود (قویدل رحیمی، ۱۳۹۱: ۷۰)، در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی روز ۴ فروردین ماه نیز (شکل ۷ الف) هسته بیشینه پیچانه منفی (۱۵۰-) در عراق و سوریه می باشد بنابراین زمینه صعود هوا با توجه به مسیر حرکت سیکلون به سمت غرب و جنوب غرب ایران و ورود آن به منطقه مورد مطالعه را آماده کرده است. در نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی (شکل ۶ ب) در روز بارش (۵ فروردین ۱۳۹۸) خطوط پیچانه بسته (۵۰-) در ساعت ۱۲ زولو به مرزهای غربی ایران و روی خلیج فارس قرار گرفته است؛ اما در نقشه های تراز نزدیک سطح زمین (۸۵۰ هکتوپاسکال) هسته بیشینه پیچانه منفی بسته (۷۵-) غرب، جنوب غرب و شمال غرب ایران را فرا گرفته است (شکل ۴ الف). این امر با توجه به کم فشار موجود بر روی منطقه (ارجاع به شکل امگا) باعث حرکات صعودی هوا و ایجاد ناپایداری شدید در منطقه مورد مطالعه گشته است؛ اگر جریان هوا در پیچانه منفی در مسیری بسته و در جهت خلاف عقربه های ساعت صورت گیرد از نظر دینامیکی شرایط را برای صعود هوا آماده است (قویدل رحیمی، ۱۳۹۱: ۷۱).



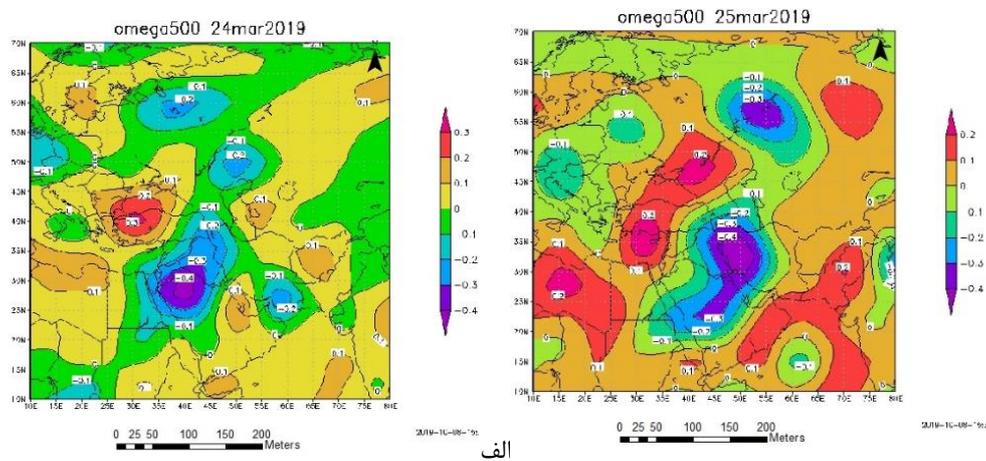
شکل ۶: نقشه پیچانه تراز ۵۰۰ در روز ۴ فروردین ماه (الف) و روز ۵ فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)



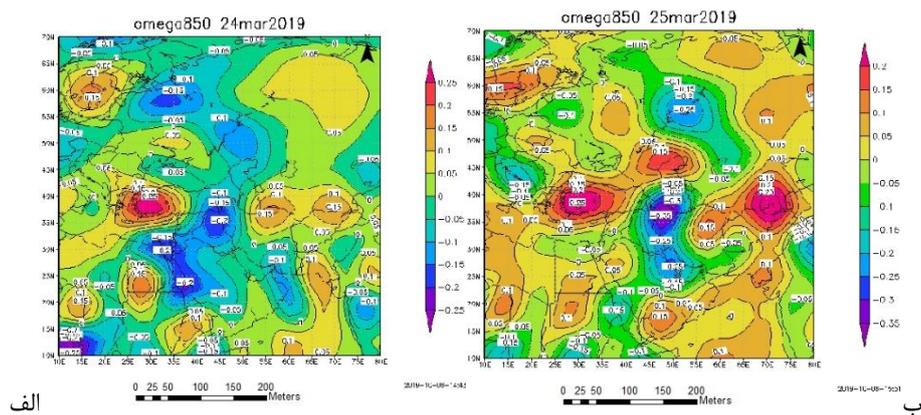
شکل ۷: نقشه پیچانه تراز ۸۵۰ در روز ۴ فروردین ماه (الف) و روز ۵ فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

نقشه های سرعت قائم هوا (شکل ۸ و ۹) در روز ۵ فروردین ماه برای سطوح (۵۰۰ و ۸۵۰) نشان دهنده مقادیر منفی امگا در نیمه غرب و جنوب غرب کشور می باشد. در نقشه های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز قبل از بارش (شکل ۸ ب) سرعت قائم هوا در جنوب غرب و جنوب شرق کشور درازای مراکز بیشینه امگای منفی ۰/۲- پاسکال در ثانیه بوده است ولی در همین تراز در روز بارش (۵ فروردین) در ساعت ۱۲ زولو یک مرکز بیشینه امگای منفی با هسته

مرکزی ۰/۴- بروی غرب و جنوب غرب قرار گرفته است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۹ الف) شرایط به این صورت است که در روز قبل از بارش سرعت قائم هوا بر روی مراکز جنوب، جنوب غرب و غرب ۰/۱- و در روز بارش (۵ فروردین) مراکز بیشینه امگای منفی با هسته مرکزی ۰/۳۵- بروی شمال غرب و غرب قرار گرفته است.



شکل ۸: نقشه حرکت‌های قائم هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی روز ۴ فروردین ماه (الف) روز ۵ فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

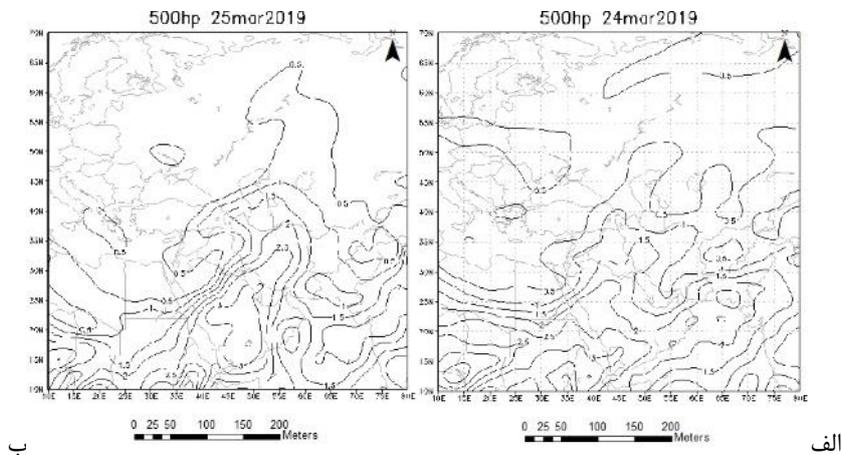


شکل ۹: نقشه حرکت‌های قائم هوا در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی روز ۴ فروردین ماه (الف) روز ۵ فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

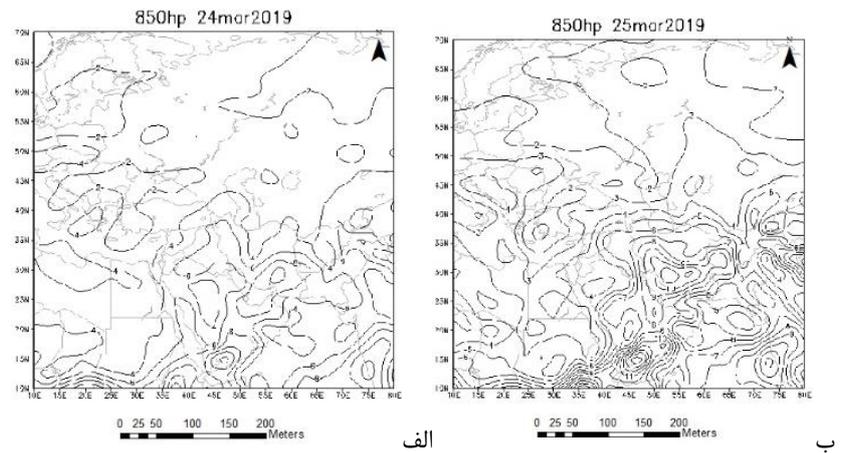
واکاوی وزش رطوبتی جو:

بررسی نقشه‌های وزش رطوبتی در ساعت ۱۲ زولو در روز قبل و روز شروع بارش سنگین ایستگاه‌های منتخب نشان دهنده این است که منبع تأمین رطوبت در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز بارش (۵ فروردین) ناوه شرق مدیترانه است که باعث مکش رطوبت از دریای سرخ و دریای مدیترانه و تقویت آن توسط خلیج فارس همچنین و اچرخند مستقر در دریای عمان باعث انتشار رطوبت اقیانوس هند، دریای عمان و دریای عرب می‌باشد (شکل ۱۰ ب) و در روز قبل از بارش در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال منبع رطوبت دریای سرخ و دریای مدیترانه است (شکل ۱۰ الف)؛ در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی (شکل ۱۱) نقش اصلی تغذیه رطوبت در روز بارش سنگین پرفشار مستقر در اقیانوس هند، دریای عمان، خلیج فارس، دریای سرخ و دریای مدیترانه و خلیج عدن بوده است. در این تراز از جو دریای عمان و خلیج عدن به عنوان اصلی‌ترین منبع تغذیه رطوبت نقش خود را ایفا می‌کند. و در حالیکه در روز قبل از بارش سنگین در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال اقیانوس هند، دریای عمان، خلیج فارس منبع اصلی رطوبت بوده است. بارش سنگین در روز ۵ فروردین زمانی اتفاق افتاده است که با رطوبت منتقل شده دریایی اقیانوس هند، دریای عمان، دریای

عرب، خلیج فارس مدیترانه و دریای سرخ همراه شده است. مقدار رطوبت در روز بارش سنگین بر روی مناطق مورد مطالعه در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال ۱۰ گرم بر کیلوگرم رسیده است؛ که نشان می دهد رطوبت به خوبی جذب شده است.

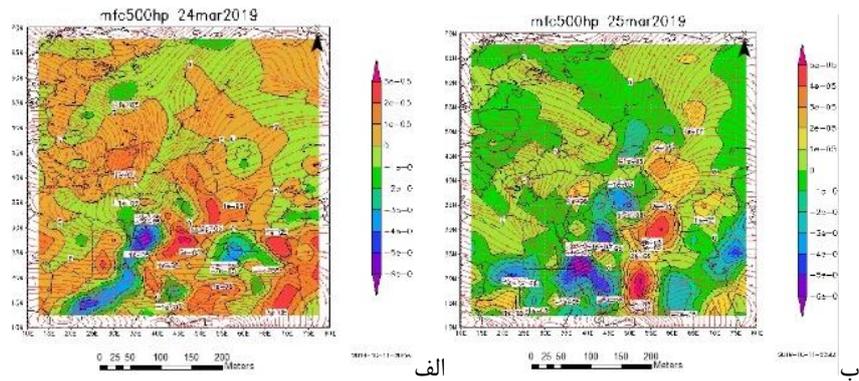


شکل ۱۰: نقشه تراز ۵۰۰ وزش رطوبتی در روز ۴ فروردین ماه (الف) و روز ۵ فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

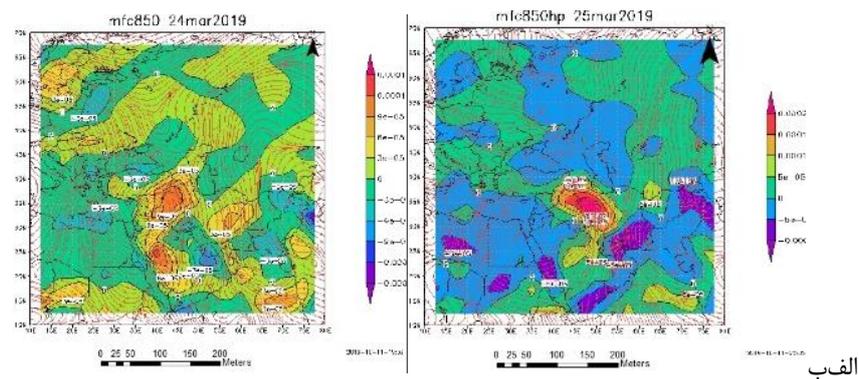


شکل ۱۱: نقشه تراز ۸۵۰ وزش رطوبتی در روز ۴ فروردین ماه (الف) و روز ۵ فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

بررسی الگوی همگرایی رطوبت در ساعت ۱۲ روز ۴ و ۵ فروردین ماه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان داده شده است (شکل ۱۲ ب) بیشینه همگرایی رطوبتی در روز ۵ فروردین ماه بر روی منطقه جنوب و جنوب غرب ایران قرار دارد. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در روز ۴ فروردین ماه (شکل ۱۳ الف) بیشینه همگرایی رطوبت بر روی منطقه جنوب و غرب قرار گرفته است. در روز ۵ فروردین ماه ناوه مذکور با جذب رطوبت از اقیانوس هند و دریای عمان تقویت شده و به طور کامل زمینه کسب رطوبت از دریای مدیترانه، دریای سرخ و خلیج فارس و دریای عمان و اقیانوس هند زمینه آشفتهگی جو را در این مکان فراهم آورده است.

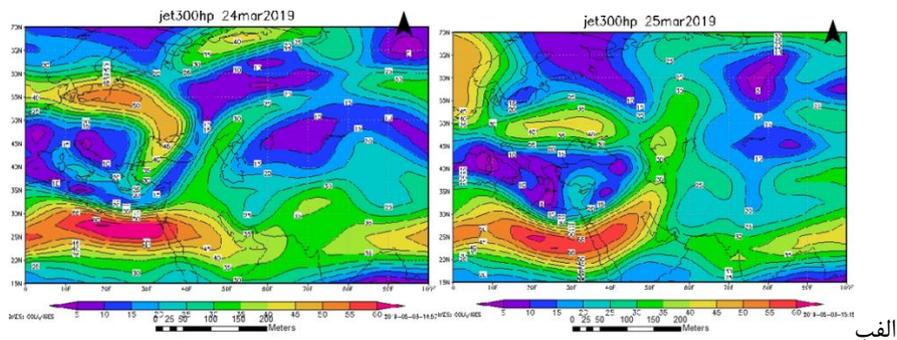


شکل 12: همگرایی وزش رطوبتی تراز 500 در روز 4 آفروردین ماه (الف) و روز 5 فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)



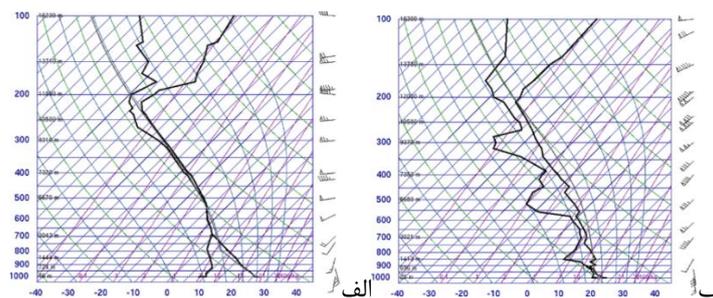
شکل 13: همگرایی وزش رطوبتی تراز 850 در روز 4 آفروردین ماه (الف) و روز 5 فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

سطوح 300، 250 هکتوپاسکال مناسب‌ترین سطوح برای ترسیم نقشه وضعیت رود باد ترازهای فوقانی جو است (قویدل رحیمی، ۱۳۹۱: ۶۹)، در زمان رخداد بارش سنگین در تراز 300 هکتوپاسکال در روز 4 فروردین (شکل 14 الف) یک رودباد بسیار قوی با جهت غربی - شرقی بر روی گوشه جنوب غرب ایران کشانیده است. هسته بیشینه این رود باد (60 متر در ثانیه) بر روی غرب دریای سرخ قرار گرفته است که محور خروجی آن به سمت نیمه جنوب و جنوب غرب ایران در حال حرکت است. در روز 5 فروردین (شکل 14 ب) ماه رودباد جهت جنوب غرب و شمال شرقی گرفته و هسته بیشینه رود باد به طرف خلیج فارس و نواحی جنوب غرب و غرب ایران جابه جاشده و منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر خود قرار داده است. در زمان رخداد بارش سنگین سرعت باد بر روی ایستگاه های منتخب به 35 متر بر ثانیه رسیده است؛ که این امر به شدت ناپایداری ها افزوده است. نقشه های مربوط به سرعت قائم هوا و چرخندگی در روز بارش سنگین این وضعیت را تأیید می کنند؛ و در ادامه با همبستگی این شرایط ذکر شده به ایجاد جو باروکلنیک و شرایط کژ فشار بر روی این بخش از کشور شرایط برای بارش سنگین محیا شده است.

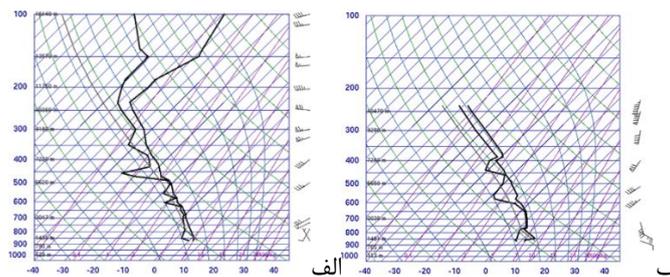


شکل 14: نقشه رو باد تراز 300، در روز 4 فروردین ماه (الف) و روز 5 فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

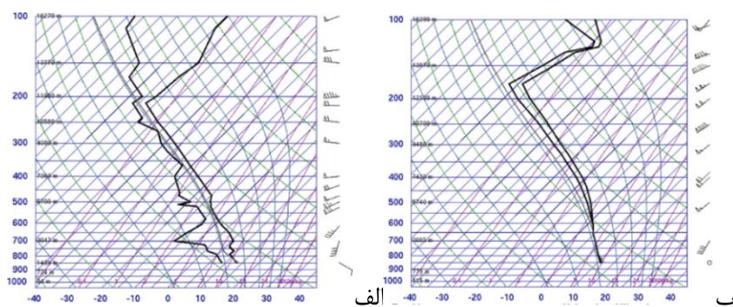
شاخص Si محاسبه شده در ایستگاه شیراز برای روز ۵ فروردین ماه (شکل ۱۷ ب) عدد ۲/۲۰ و شاخص Ki عدد ۳۳ و در ایستگاه کرمانشاه (شکل ۱۶ ب) شاخص Si عدد ۲/۵۷ و شاخص Ki عدد ۲۶/۷۰ و در ایستگاه اهواز (شکل ۱۵ ب) شاخص Si عدد ۴/۴۹ و شاخص Ki عدد ۲۹ را نشان می دهد که هر دو شاخص بیانگر وجود ناپایداری و وجود رطوبت قابل توجه تا سطوح بالای جو در منطقه می باشند. نقشه توزیع بارش این روز نیز نشان می دهد که بیشینه بارش در روز اوج بارش در شهرستان یاسوج (۱۵۱/۳۸ میلیمتر) بوده و سامانه در قسمت های غرب و جنوب غرب فعالیت است، در نقشه توزیع بارش روز ۴ فروردین نیز بیشینه بارش در شهرستان خرم آباد (۷۷/۹۸ میلیمتر) فعال بوده است (شکل ۱۸ الف و ب)؛ همچنین نقشه جمع بارش ایستگاه های منتخب (شکل ۱۹) نیز نشان می دهد اوج جمع بارش در ایستگاه یاسوج (۱۶۲/۷۱ میلیمتر) و حداقل آن در ایستگاه اهواز (۱۱/۱۸ میلیمتر) بوده است.



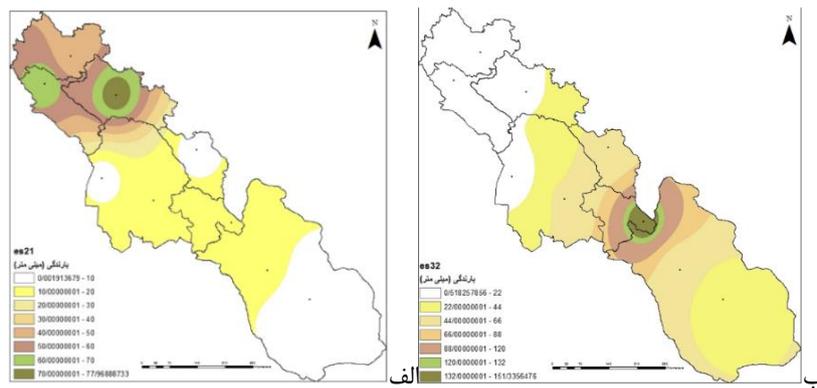
شکل ۱۵: نمودار ترمودینامیکی جو بالای اهواز روز ۴ فروردین ماه (الف) و روز ۵ فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)



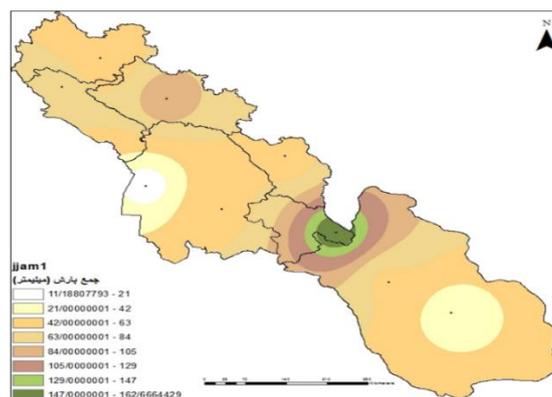
شکل ۱۶: نمودار ترمودینامیکی جو بالای کرمانشاه روز ۴ فروردین ماه (الف) و روز ۵ فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)



شکل ۱۷: نمودار ترمودینامیکی جو بالای شیراز روز ۴ فروردین ماه (الف) و روز ۵ فروردین ماه (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)



شکل ۱۸: نقشه‌ی توزیع بارش در منطقه‌ی مورد مطالعه روز ۴ فروردین (الف) و روز ۵ فروردین (ب) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)



شکل ۱۹: نقشه‌ی توزیع جمع بارش در منطقه‌ی مورد مطالعه (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

نتیجه گیری

بارش‌های سالانه اندک و نوسانات شدید، رگباری و کوتاه مدت بودن بارش‌ها از خصوصیات بارز رژیم بارش‌های ایران است. بنابراین، لازم است با شناخت ساز و کار تکوین، تقویت و قانونمندی حاکم بر حرکت و گسترش سامانه‌های اقلیمی بارش‌ها از آثار مثبت آن سود و از نتایج زیان بار آن دوری کرد. این پژوهش رخداد بارش سنگین ۵ فروردین ۱۳۹۸ ایستگاه‌های غرب و جنوب غرب را مورد بررسی قرار داده است. نتایج نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل نیز ناشی از نفوذ و استقرار سامانه پرفشار عرض‌های بالا و تشکیل سردچالی وسیع بر روی عراق و سوریه بوده است، بلوکینگ مورد نظر باعث ایجاد ناوه بسیار عمیق در غرب ایران شده است؛ بنابراین سردچال شرق مدیترانه‌ای و واچرخند مستقر در دریای عمان سبب تقویت گرما و رطوبت به درون این سامانه‌های کم‌فشار غربی و جنوبی شده و آن‌ها را از نظر ترمودینامیک تقویت می‌کند، منفی بودن مقادیر حرکت قائم هوا (امگا) بر روی منطقه مورد مطالعه در روز رخداد بارش، صعود و ناپایدار شدن جو را باعث شده است همچنین نتایج نقشه‌های وزش رطوبتی نیز ناشی از واچرخند مستقر در شرق دریای عمان است که سبب تغذیه رطوبتی بسیار مناسب از طریق اقیانوس هند و دریای عمان و خلیج فارس شرایط بارش سنگین را در جنوب غربی ایران فراهم آورده است، از طرفی دیگر کوهستان زاگرس عامل دیگری است که باعث تقویت و صعود کوهستانی شده و باعث شده است که بیشترین بارش در روز بارش سنگین (۵ فروردین) در ایستگاه یاسوج (۱۵۱/۳۸) گزارش شود و روز قبل بارش (۴ فروردین) در ایستگاه خرم‌آباد (۷۷/۹۸) بوده است و بر اساس آمار ده سال قبل این مقدار بارش روزانه در ماه مارس بی‌سابقه بوده است؛ لذا وجود سردچال شرق مدیترانه‌ای از سمت غرب و وجود واچرخند مستقر در دریای عمان و دریای عرب سبب تقویت گرما و رطوبت به درون این سامانه

های کم فشار غربی و جنوبی شده و آن ها را از نظر ترمودینامیک تقویت می کند؛ منابع عمده رطوبت این بارش از غرب اقیانوس هند، دریای عمان، دریای عرب، خلیج عدن، خلیج فارس، دریای سرخ و مدیترانه جذب شده است. همچنین با بررسی شاخص های ناپایداری شاهد ناپایداری بالایی در روزهای بارشی بودیم که هماهنگی زیادی را با نقشه های سطوح مختلف نمایان می سازد. بررسی نقشه های رود باد تراز ۳۰۰ هکتو پاسکالی نیز تأیید کننده حاکمیت یک رود باد بسیار قوی بر روی مناطق جنوبی ایران دارد هسته بیشینه این رود باد (۶۰ متر در ثانیه) بر روی غرب دریای سرخ قرار گرفته است که محور خروجی آن به سمت نیمه جنوب و جنوب غرب ایران در حال حرکت است. این تحقیق یکی از الگوهای همدیدی بارش های سنگین و سیلابی را بررسی کرده در این تحقیق عامل اصلی بارش را مرکز کم ارتفاع بسته مستقر در خارج از مرزهای کشور می داند، و این هم چنین تأییدی بر یافته های صفرپور و همکاران (۱۳۹۲) و امیدوار و همکاران (۱۳۸۹) می باشد و از این نظر حائز اهمیت است.

منابع:

۱. امیدوار، کمال، (۱۳۸۹): آب و هواشناسی همدیدی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه یزد.
۲. امیدوار کمال؛ محمودآبادی، مهدی؛ صفر پور، فرشاد، (۱۳۹۲): بررسی و تحلیل همدیدی بارشهای سنگین بهمن ماه ۱۳۸۹ در مناطق جنوبی و مرکزی ایران (با تأکید بر استان کرمان)، نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی، شماره ۵۱، ۲۱-۳۹.
۳. احمدی، حمزه؛ باعقیده، محمد؛ اسدی، سعید؛ احمدی، فربرز (۱۳۹۴): تحلیل رخداد بارشی شدید منجر به سیل ۲۸ تیر ۱۳۹۴ در استان البرز، مجله دانش مخاطرات، شمار ۴، صص ۴۵۱-۴۶۹.
۴. حبیبی، فریده (۱۳۸۵)، تحلیل همدیدی و دینامیکی سامانه های بندالی: روش تشخیص سامانه های بندالی و تأثیر آن روی منطقه ایران. مجله فیزیک زمین و فضا. ش ۳. صص ۸۹-۶۹.
۵. صالحی، برومند؛ عالی جهان، مهدی، (۱۳۹۲): تحلیل سینوپتیک مخاطرات اقلیمی شهرستان یاسوج، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۵، ۷۳-۹۰.
۶. علیجانی، بهلول. (۱۳۹۲). اقلیم شناسی سینوپتیک، چاپ ششم. انتشارات سمت، تهران.
۷. قائمی، هوشنگ؛ محمود عدل (۱۳۷۱). ناپایداری و توفان های رعد و برق، سازمان هواشناسی کشور، تهران.
۸. قویدل، رحیمی؛ احمدی، محمود؛ داریوش حاتمی زرنه؛ محمدرضایی (۱۳۹۳): نارسایی الگوهای سینوپتیک بارش سنگین مولد سیلاب مخرب در شهرستان جیرفت، فصلنامه علمی پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیای ایران سال دوازده، شماره ۴۱، صص ۱۶۱-۱۷۸.
۹. قویدل رحیمی، (۱۳۹۱): نداشت و تفسیر سینوپتیک اقلیم با استفاده از نرم افزار Grads، ناشر سها دانش.
۱۰. لشکری، حسن، (۱۳۸۱): مسیریابی سامانه های کم فشار سودانی ورودی به ایران، مجله مدرس علوم انسانی، شماره ۲، صص ۱۵۶-۱۳۲.
۱۱. مسعودیان، سید ابوالفضل، (۱۳۸۴): شناسایی الگوهای گردشی پدیدآورنده سیلاب های بزرگ در کارون، مجله جغرافیا و توسعه، بهار و تابستان ۸۴، صص ۱۸۲-۱۶۱.
۱۲. محمدی، بختیار؛ مسعودیان، ابوالفضل، (۱۳۸۸): تحلیل همدید بارش های سنگین ایران مطالعه موردی: ۳ آبان ماه ۱۳۷۳، جغرافیا و توسعه شماره ۱۹، صص ۷۰-۴۷.
۱۳. منتظری، مجید؛ نامی، محمدحسین؛ حمیده دالایی، (۱۳۹۲): تحلیل همدیدی بارش سنگین ۲۱ نوامبر ۲۰۱۱ استان کهگیلویه و بویراحمد (لیکک)، فصل نامه جغرافیایی سرزمین، سال دهم، شماره ۳۹. صص ۷۷-۹۰.
۱۴. وطن فدا، جبار (۱۳۸۱) بررسی و وضعیت سیل کشور: مشکلات و راهکارها، سمینار کاهش اثرات و پیشگیری از سیل، گرگان، <http://www.civilica.com/Paper-FLOODING-01-FLOODING-01.html>.

۱۵- A. Lana, J. Campins, A. Genève's, and A. Jan's, (2007): Atmospheric Patterns for Heavy Rain

Events in The Balearic Islands, Advances in Geosciences, 12,27-32.

16- Alpert, P, and Raisin, T, (1990): An Early Winter Polar Air Mass Penetration to Eastern Mediterranean, Mon. Weather, Pp.1411-1718.

- 17- Carla Lima, K. P. Satyamurty and J. P. Reyes Fernandez, Large-Scale Atmospheric Conditions Associated With Heavy Rainfall Episodes in Southeast Brazil, Springer Wien ,DOI. 10.1007/s00704-009-0207-9. Theoretical and Applied Climatology 10, 2009.
- 18- Chen Chen, C. Y. Lang Lin & W. (2002): Chun Peng, Investigation of A Heavy Rainfall Event Over Southwestern Taiwan Associated With A Sub Synoptic Cyclone During The 2003 Mei-Yu Season. Atmospheric Research, No. 95, Pp. 235–254.
- 19- Hellstrom.C, (2005): Atmospheric Condition During Extreme and Non-Extreme Precipitation Events in Sweden, International Journal of Climatology, No. 25.
- 20- Matlik,O., and Piia Post(2008). Synoptic weather types that have caused heavy precipitation in Estonia in the period 1961–2005, Estonian Journal of Engineering, 14,3.
- 21- Monterey. M, Gondomkar. A, Moemeni. M, (2015): Study Pressure Fields Affecting Cyclone Rainfall: Case Study of Iran, Atmospheric and Climate Sciences, 2015, 5, 129-136.
- 22- Mengwen W. (2017): Synoptic Analysis of Extreme Hourly Precipitation in Taiwan During 2003–12. Monthly Weather Review, 145.
- 23- Rasuly.A, Babaeian, I. Ghaemi. H, ZavarReza, P, (2012): Time Series Analysis of The Pressure of The Synoptic Pattern Centers Affecting on Seasonal Precipitation of Iran, Geography and Development 10nd Year- No. 27.
- 24- Tu, kai and yan, zhongwei. (2010) , climatic jumps in precipitation and extremes in drying north china during 1954-2006, journal of the meteorological society of japan, no1, pp:29-42.