

پایش الگوی بارش فراگیر سواحل جنوبی ایران

محمود احمدی*^۱، فرزانه جعفری^۲

۱. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، اقلیم شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲. دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

(مروری)

(دریافت: ۹۹/۰۵/۱۱ پذیرش: ۹۹/۰۷/۱۴)

<http://dx.doi.org/10.52547/sdge.2.3.105>

چکیده

باران‌های ابر سنگین و سیل آسای غیرطبیعی در مناطق خشک و کم باران و با پوشش گیاهی تنک در اغلب موارد منجر به رخداد سیلاب‌های سنگین و غیرقابل پیش‌بینی شده و همه ساله خسارات سنگینی در بخش‌های تاسیسات زیر بنایی، عمرانی و کشاورزی برای مناطق جنوبی کشورمان به بار می‌آورند. هدف اصلی تحقیق حاضر تبیین ساز و کار هم‌دید و ترمودینامیکی بارش فراگیر و سنگین رخ داده ۱۹ و ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳ برابر با ۲۸ و ۲۹ آبان ۱۳۹۲ در سواحل جنوبی کشور است. در روش پژوهش، از داده‌های بارش روزانه ۸ ایستگاه هم‌دید و داده‌های رقومی مرکز ملی پیش‌بینی محیطی آمریکا در سال ۲۰۱۳ استفاده شد. نتایج نشان داد که در روزهای بارش زبانه کم فشار سودانی به صورت مستقل باعث بارندگی‌های این دوره، گردیده است در سطوح بالا نیز ناوه عمیق حاصل از مرکز چرخندی بسته شده بر روی جنوب عراق، با راستای شمالی- جنوبی و با حرکت شرق سوی خود بر روی نیمه جنوبی ایران هوای ناپایدار را واگرا کرده است و با ریزش هوای سرد بر روی دریای سرخ و سودان و فرارفت هوای گرم و مرطوب توسط پرفشار عربستان که بر روی دریای عمان و عرب واقع شده است، عمق ناوه را افزایش داده و باعث تشدید جریانات جنوبی بر روی منطقه شده است. بررسی نقشه‌های وزش رطوبتی نشان داد در تراز ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال دریای عرب، سرخ، عمان و خلیج فارس نقش اصلی را در تقویت و تأمین رطوبت سامانه کم فشار سودانی در رخداد بارش داشته است. اما در تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال تنها دریای سرخ و خلیج فارس به فرارفت رطوبت به درون سامانه بارشی کمک کرده‌اند. استقرار رودباد جنب حاره بر جلوی ناوه و واگرایی بالایی در تقویت سامانه کم فشار سودانی و رخداد بارش‌های فراگیر جنوب کشور نقش اصلی را داشته است.

واژه‌های کلیدی: بارش، رودباد جنب حاره، جنوب ایران، کم فشار سودان، هم‌دید.

مقدمه

(خشکی)، و در زمان‌هایی که عوامل صعود موجود باشد بارش‌های رگباری شدیدی ایجاد می‌شود (سیلاب). از این رو تغییرات بارش در این مناطق زیاد بوده و این موضوع باعث اثرات سوء در فعالیت‌های اقتصادی و معیشتی به ویژه کشاورزی شده است. بارش سنگین و تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم آن بر روی زندگی انسان‌ها و فعالیت‌های انسانی، لزوم توجه به این پدیده محیطی را توجیه می‌کند. شناسایی الگوهای هم‌دید پدیدآورنده بارش‌های فراگیر و سنگین نه تنها ساز و کار اینگونه بارش‌ها را روشن می‌سازد بلکه راه را برای پیش-بینی رخداد آن‌ها را در آینده فراهم می‌سازد.

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

کاهن و همکاران (۲۰۰۲) در «تفسیر و بررسی تغییرات بارش‌های سنگین ساعتی در توکیو از ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۹» به این نتیجه رسیدند که در دهه ۱۹۴۰ و ۱۹۹۰ بارش‌های سنگینی رخ داده است. مک‌گریک و همکاران (۱۹۹۸) واژه پلوم^۱ را به معنای انفجار رطوبت حاره‌ای از قسمت حاره‌ای از قسمت استوایی آفریقا و خلیج گینه به سوی خاورمیانه و جنوب ایران به کار برده‌اند که نوعی توجه به کنش متقابل منطقه حاره و برون حاره است؛ یعنی قرارگیری محور تراف عرض میانی در محل خروجی رودباد جنب حاره‌ای سبب می‌شود که ابرها از منطقه استوایی آفریقا به منطقه خاورمیانه و به ویژه جنوب غرب ایران آمده، بارش‌های سنگین و سیل‌زا ایجاد کنند. دایان و ابرامسکی (۱۹۸۳) در مطالعه‌ای تحت عنوان ارتباط رودبادها و بارش‌های شدید خاورمیانه نشان دادند که در بیشتر زمان‌های وقوع بارش‌های سنگین منطقه خاورمیانه در نیمه چپ خروجی هسته رودباد قرار گرفته است. بارش‌های شدید و کوتاه مدت باعث وقوع سیل، فرسایش خاک، تخریب سازه‌های آبی، جاده‌ها و کاهش عمر مفید آن‌ها، همچنین هدر رفتن حجم بالای منابع آب سطحی در کوتاه مدت به ویژه در مناطق خشک می‌گردد (چانگنون، ۲۰۰۱). جونکر و همکاران (۱۹۹۹) نیز، در مطالعه‌ای به بررسی شرایط بارش شدید غرب میانی آمریکا پرداخته‌اند. از جمله عواملی که ایشان در

توسعه پایدار به عنوان دسترسی به ارزش‌هایی است که مورد نیاز و خواسته مردم است، به طوری که خللی در تأمین نیازهای نسل‌های آینده به وجود نیاید. در واقع علت اولیه طرح مفهوم توسعه پایدار در مقابل مفهوم عام توسعه بحران‌های زیست محیطی به وجود آمده در کشورهای مختلف بوده است (سازمان ملل متحد، ۱۹۹۲). اولین برنامه برای رسیدن توسعه پایدار را می‌توان اقداماتی در جهت حفظ منابع طبیعی و جلوگیری از تخریب محیط زیست دانست، باید تمام عواملی را که در این برنامه سهیم هستند را شناسایی کرد و نقش هر کدام را مشخص نمود (توسلی و همکاران، ۱۳۸۶). بارش‌های سنگین به عنوان عاملی مخاطره‌انگیز در بروز حوادث طبیعی مانند سیل مطرح می‌باشند. از این رو مطالعه هم‌دید سیستم‌های مولد آن می‌تواند نقش مهمی در تشخیص به موقع و کنترل سیلاب، آبخیزداری و تخریب محیط زیست داشته باشد (عزیزی و صمدی، ۱۳۸۶). تغییرات زمانی و مکانی بارندگی در ایران زیاد است و این موضوع باعث اثرات سوء در فعالیت‌های اقتصادی و معیشتی به ویژه کشاورزی است. ایران سرزمین پهناوری است که در مناطق خشک و نیمه خشک جهان واقع شده و بارش آن یک سوم متوسط بارش جهانی است (مسعودیان، ۱۳۷۷). همچنین بارش سالانه اندک با نوسانات شدید و رگباری بودن از خصوصیات بارز بارندگی ایران می‌باشد. این ویژگی بارشی همراه با توپوگرافی منطقه-ای موجب گردیده که مکانیسم و توزیع بارش از تنوع و تغییرات زمانی و مکانی زیادی برخوردار باشد (مسعودیان، ۱۳۹۰). در چنین سرزمین‌های خشک و نیمه خشکی بارندگی اصلی‌ترین منبع تأمین آب است. به دلیل تغییرات زیاد در بارندگی، در این مناطق گاهی خشکی‌های پایایی و گاهی سیلاب ایجاد می‌شود. استیلای این شرایط در نیمه جنوبی ایران حادث‌تر است، زیرا در این مناطق به علت نزدیکی به دریا، عرض جغرافیایی پایین و دمای بالای هوا، رطوبت فراوان به صورت دائمی در جو وجود دارد، ولی به علت نبود برخی فرایندهای بارش مانند عوامل صعود، بارندگی کم است

الگوی پیوند از دور انسو دریافتند که در شدت‌های مختلف انسو میزان ناهنجاری به‌طور معناداری بر روی ایران تغییر می‌یابد که در این بین نقش تغییرات مکانی پرفشار عربستان بر روی دریای عرب و خشکی عربستان و نفوذ سامانه‌های کم فشار جنوبی نقش مهمی در وقوع ناهنجاری مثبت بارش بر روی کشور دارد. در کشورمان نیز مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است. در پژوهشی که براتی و حیدری (۱۳۸۲) انجام دادند، در رده‌بندی منابع رطوبتی بارش‌های غرب ایران بر پایه خواستگاه و مسیر سامانه‌های کم فشار شامل چرخندها و ناوه‌ها، به ترتیب دریای مدیترانه با ۴۵٫۴ درصد بیشترین سهم و سپس دریای سرخ و سیاه قرار گرفتند. مفیدی و زرین (۱۳۸۴) در مقاله‌ای تحت عنوان تأثیر سامانه‌های کم فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل‌زا در ایران نشان دادند که نقش اصلی در تشکیل و گسترش این کم فشار، به گسترش ناوه قطبی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به عنوان منبع اصلی تاوایی و پیدایش الگوی گردشی ناهنجار و تقویت سلول هدلی و جت جنب حاره روی دریای مدیترانه و شمال آفریقا نسبت داده می‌شود. سبزی پرور (۱۳۷۰)، به بررسی همدید سامانه‌های سیل‌زا در جنوب غرب ایران پرداخته است. وی عامل اصلی بارش‌های سنگین و سیل‌زا در جنوب غرب ایران را حضور ناوه عمیق در تراز بالا (به طوری که محور ناوه به سمت جنوب تا جنوب دریای سرخ کشیده شود) می‌داند. براساس پژوهش آن‌ها، کم فشار دینامیکی مدیترانه‌ای حین حرکت به سوی شرق و جنوب شرق، از طریق تزریق هوای سرد به کم فشار منطقه سودان، باعث دینامیکی شدن این کم فشار شده و سامانه ترکیبی موسوم به مدیترانه‌ای-سودانی تشکیل می‌شود که نمونه‌ای از برهم کنش توده هوای قطبی با توده هوای حاره‌ای است و بارش‌های نسبتاً قابل توجهی در ایران به همراه دارند. مرادی (۱۳۸۳) به منظور پیش-بینی سیلاب‌ها براساس سامانه‌های همیدی در شمال شرق از داده‌های بلند مدت بارش استفاده نمود. نتایج او نشان داد که چهار الگو در ایجاد بارش‌های سیل‌زا در منطقه مؤثر می‌باشد: ۱- کم فشار قطبی اروپایی، ۲) کم فشار مدیترانه‌ای، ۳) کم فشار سودان و دریای سرخ، ۴)

رخداد این واقعه معرفی می‌کنند، فرارفت شدید هوای گرم به منطقه و میزان رطوبت بالا بین ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال است. (شولتر و شادلر، ۲۰۱۰) در پژوهشی به پیش بینی حساسیت پذیری بارش‌های سنگین حوضه رودخانه ایبی به تغییرات کوچک الگوهای گردشی بزرگ مقیاس در دو مدل جداگانه پرداختند. نتایج نشان داد که رطوبت نسبی و دما دو عامل مهم افزایش باران سامانه‌های همدید بزرگ مقیاس می‌باشد. بوزی (۲۰۱۴) در مقاله‌ای با عنوان بارش‌های سنگین در لیگوریا، فرآیندهای اصلی دینامیکی از قبیل همگرایی جریان‌های گرم از روی دریاها را مسئول شروع، طول عمر، شدت، مکان و گسترش سیستم‌های کم فشار و افزایش ترسالی‌ها دانسته است. مطالعه شی یاما و همکاران (۲۰۰۷) در این زمینه شناخت الگوهای سینوپتیک منجر به بارش‌های سنگین در فصل بارندگی در ژاپن می‌باشد. آن‌ها فرض را بر این گذاشتند که الگوهای سینوپتیک توسط نقشه‌های باد در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و آب قابل بارش می‌توانند به سادگی آشکار شوند و این نقشه‌ها را خود سازمان یافته نامیدند. ایشان با استفاده از این نقشه‌ها و تکنیک‌های خوشه‌ای الگوهای سینوپتیک بارش‌های سنگین را به ۸ خوشه تقسیم کردند و به این نتیجه رسیدند که این نقشه‌ها ابزار موثری برای آشکارسازی وقایع بارش‌های سنگین می‌باشند. سن چن و همکاران، ۲۰۱۱ به بررسی تأثیرات ناهمواری‌ها بر رخداد بارش‌های سنگین در جنوب غرب تایوان، در طول فصل می-یو (فصل گرم) پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که صعود توده هوای مرطوب از کوهستان علت بارش‌های سنگین در این منطقه می‌باشد. قویدل و جعفری همبری (۲۰۲۰) در تحلیل همدید بارش‌های فوق سنگین غرب ایران به این نتیجه رسیدند که وجود گرادیان فشار بین سامانه‌های کم فشار چند هسته‌ای روی عربستان و عراق با پرفشارهای سرد سیبری و اروپا در سطح زمین و نفوذ ناوه عمیق از سمت عرض‌های بالا شرایط را برای وقوع بارش سیل آسا در این روز به وجود آورده است. هلالی و همکاران (۲۰۲۱) در تحلیل همدید - دینامیکی ناهنجاری‌های بارش بر روی ایران طی فازهای مختلف

کاهش منابع آب در مناطق ساحلی جنوب کشور، بررسی سامانه‌های همدید و منابع رطوبتی بارش‌های فراگیر و سنگین ضروری بوده و این پژوهش در پیش-بینی و پیش‌آگاهی رخداد اینگونه سامانه‌های بارشی مؤثر است و خسارت‌های احتمالی ناشی از آن را در مناطق خشک و بدون پوشش گیاهی به حداقل رساند. به کارگیری روش‌های دستی در مقیاس روزانه دیدی عمیق‌تر، همراه با باریک‌بینی و دقت بیشتر را فراهم می‌آورند، این درحالی است که در روش‌های تیپ‌بندی آماری امکان از دست رفتن و یا پنهان ماندن این جزئیات وجود دارد (یارنال و همکاران، ۲۰۰۱). محمودآبادی و همکاران، نقش کم فشار سودانی در تراز دریا و بندال دوقطبی در تراز میانی تروپوسفر را در رخداد بارش‌های سیلابی فروردین، ۱۳۹۲ در نیمه جنوبی ایران را حائز اهمیت می‌دانند. برنا (۱۳۹۶) در شناسایی الگوهای همدید بارش سنگین حوضه مارون در جنوب غرب ایران نشان داد که فرود دریای سرخ و کم فشار سودانی با جذب رطوبت از منابع آبی مجاور خود و فرارفت آن به سمت منطقه مورد مطالعه شرایط را برای وقع بارش‌های سیل آسا در حوضه آبریز مارون در آبان ۱۳۹۲ ایجاد کرده‌اند. حجازی زاده و همکاران (۱۳۹۷) در تحلیل همدید ترسالی و خشکسالی‌های شدید و فراگیر شرق ایران به این نتیجه رسیدند که در زمان رخداد خشکسالی اندرکنش بین سامانه پرفشار سیبری و پراارتفاع عربستان و نفوذ آن بر روی کشور و هنگام وقوع ترسالی گسترش کم فشار سودانی و مدیترانه‌ای، ناه شرق مدیترانه به سمت منطقه و شرق سو شدن پراارتفاع عربستان به سمت دریای عرب مهم‌ترین نقش را ایفا می‌کنند. ذکی زاده و همکاران (۱۳۹۷) نیز استقرار رودباد با سرعت ۶۵ متر بر ثانیه در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال در نیمه جنوبی ایران به همراه تشکیل ناه سردچالی بر روی خزر را دلیل رخداد بارش‌های سنگین و فراگیر در ایران دانسته‌اند. امیدوار و همکاران (۱۳۹۷) بارش ابرسنگین ۴ آذرماه ۱۳۹۳ استان کهگیلویه و بویر احمد را بررسی کردند و دریافتند که با تشکیل پدیده بندالی بر روی دریای مدیترانه و فرود عمیق روی کشور عراق و در نتیجه ریزش هوای

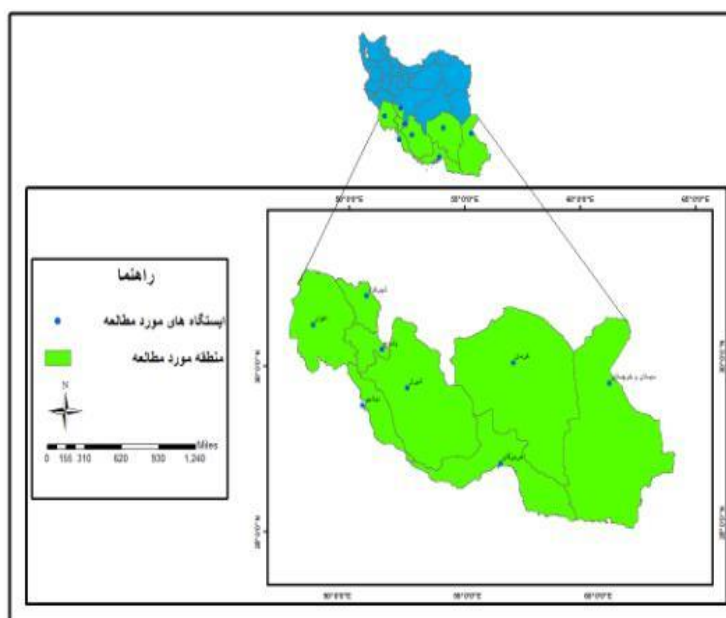
کم فشار قطبی شمال سیبری. همچنین گندمکار (۱۳۸۹) در پژوهشی به بررسی رابطه وقوع بارش‌های شدید در نواحی جنوبی استان بوشهر پرداخت. نتایج حاصله از این پژوهش نشان داد که عامل اصلی بروز بارش‌های شدید سیل‌زا در این نواحی ورود سامانه کم فشار سودانی از جنوب و جنوب غرب کشور به این منطقه است. آزادی و همکاران (۱۳۸۲) به پیش‌بینی عددی بارش سامانه‌های زمستانی روی ایران پرداخته‌اند. اساس پژوهش آن‌ها، کم فشار دینامیکی مدیترانه‌ای حین حرکت به سوی شرق و جنوب شرق از طریق تزریق هوای سرد به کم فشار منطقه سودان، باعث دینامیکی شدن این کم فشار شده و سامانه‌ی ترکیبی موسوم به مدیترانه‌ای-سودانی تشکیل می‌شود که نمونه‌ای از برهم کنش توده هوای قطبی با توده هوای حاره‌ای است و بارش نسبتاً قابل توجهی در ایران به همراه دارند. امیدوار با تحلیل همدید سامانه‌های بارانزای منطقه کرمان سامانه کم فشار سودانی و سامانه ترکیبی سودانی و مدیترانه‌ای را عامل اصلی بارش‌های این منطقه معرفی کرده است (امیدوار، ۱۳۸۰). مسعودیان (۱۳۸۴) در مقاله‌ای تحت عنوان شناسایی الگوهای گردشی پدیدآورنده سیلاب‌های بزرگ در کارون، شش الگوی گردشی ایجادکننده سیلاب‌های بزرگ در کارون را شناسایی نمود و نشان داد که الگوی کم ارتفاع، ارتباط معناداری با بارش و رواناب دارد. قویدل رحیمی (۱۳۹۰) براساس معادله شار همگرایی رطوبت میزان همگرایی و منبع رطوبت بارش ابر سنگین ناشی از توفان حاره‌ای فت را که در سال ۲۰۱۰ رخ داده بود بررسی نموده و دریاهای عرب و عمان را منبع اصلی بارش ذکر کرده است. انجام تحقیقات همدید زمینه را جهت بررسی و شناسایی عوامل سیاره‌ای و محلی در مقدار، زمان و مکان بارش، متغیری که از تغییر پذیرترین عنصر اقلیمی و تاثیرات بسیاری در زمینه‌های مختلف اقتصادی، کشاورزی، اجتماعی دارد، فراهم می‌نماید. یافته‌ها نشان داد الگوی بارش‌ها و ترسالی‌های در منطقه خاورمیانه و به ویژه ایران وابستگی شدیدی به الگوی گردش جو داشته و از مراکز فشار زیاد ترازهای زیرین ورد سپهر تأثیر می‌پذیرد. با توجه به خشکی و

مورد استفاده در پژوهش شامل داده‌های بارش ۱۹ و ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳ است که از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردیده است. داده‌های سطوح فوقانی شامل داده‌های باز کاوی شده مؤلفه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار سطح دریا، باد مداری، باد نصف النهاری، امگا، رطوبت ویژه و رطوبت نسبی می‌باشد که از سایت مرکز ملی پیش‌بینی محیطی در کلرادو اخذ شده‌اند. با توجه به زمان اوج بارش، ساعت زولو، جهت ترسیم نقشه‌ها انتخاب شد. منطقه مورد مطالعه شامل استان‌های اهواز، کرمان، فارس، بوشهر، هرمزگان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویر احمد و زاهدان هستند (شکل ۱).

سرد بر روی منطقه و انتقال هوای گرم جنوبی موجب رخداد بارش سنگین در این روز بر روی منطقه مورد مطالعه شده است.

مواد و روش تحقیق

در این مطالعه از دو دسته داده جهت تحلیل بارش فراگیر و سنگین ۱۹ و ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳ (۲۸ آبان و ۲۹ آبان ۱۳۹۲) برای ایستگاه‌های مورد مطالعه شده است. عبارت از داده‌های ایستگاه‌های زمینی و داده‌های سطوح فوقانی جو می‌باشد. داده‌های ایستگاه زمینی



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

هکتوپاسکال ترسیم شده است، سایر نقشه‌ها در سطوح فشاری ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال ترسیم گردید. بازه فضایی در نظر گرفته شده برای تمامی نقشه‌ها در بازه فضایی بین ۱۰ تا ۶۰ درجه عرض شمالی و ۱۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی که در محدوده مذکور تقریباً تمامی الگوهای جوی قابل ردیابی هستند ترسیم و مورد تحلیل قرار گرفتند. در بررسی درستی و همگنی داده‌های آماری، روش آزمون توالی مورد استفاده قرار گرفته و در کلیه ایستگاه‌های منطقه اعمال شده است. جهت بازسازی نواقص آماری با استفاده از آمار ایستگاه‌های

روش مورد استفاده برای نگاشت و تحلیل همیدید بارش سنگین ۲۸ و ۲۹ آبان ۱۳۹۲ از روش محیطی به گردشی است. در این پژوهش با استفاده از داده‌های مربوط به مؤلفه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، باد مداری، باد نصف النهاری، امگا، فشار سطح دریا، رطوبت ویژه، نقشه‌های فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، نقشه جت استریم، نقشه پیچانه، وزش رطوبتی، آب قابل بارش و حرکت قائم هوا ترسیم و تحلیل گردیده‌اند. به جز نقشه فشار تراز سطح دریا که تک ترازه می‌باشد و همچنین نقشه‌های جت استریم که در تراز ۲۵۰ و ۳۰۰

موجود در اطراف ایستگاه ناقص، همبستگی بین ایستگاه‌ها و روش نسبت نرمال استفاده شد.

یافته‌های تحقیق

در این پژوهش از مهم‌ترین معیارهای انتخاب موارد مطالعاتی، شدید بودن، فراگیر و مداوم بودن بارش در سرزمین مورد پژوهش است. به طوری که حداقل ۸۰

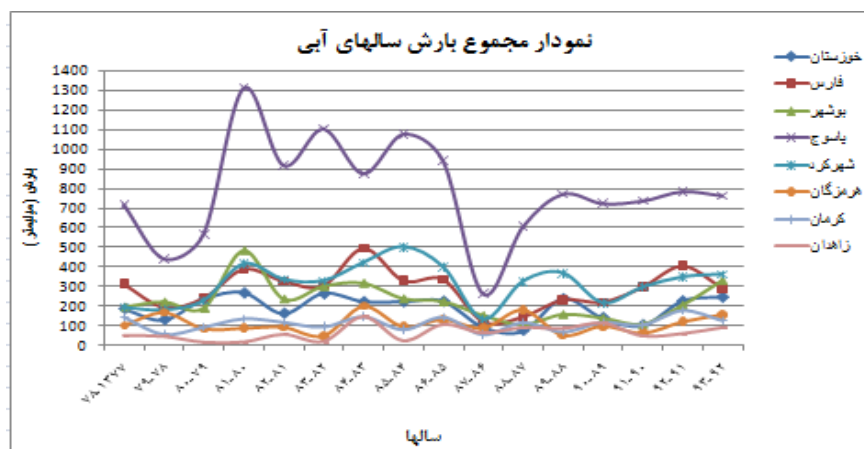
درصد ایستگاه‌های انتخابی در زمان فعال بودن سامانه دارای بارش ثبت شده باشند. به علت حجم زیاد نقشه‌ها، روزهای ۱۹ و ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳ که ایستگاه‌ها با بارشی سنگین و فراگیر رو به رو بوده‌اند، مورد واکاوی همدید قرار گرفته است. جدول ۱ نمونه‌ای از مشخصات زمانی و مکانی موج بارشی منتخب را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مشخصات موج بارشی ۱۸ تا ۲۲ نوامبر ۲۰۱۳ در نیمه جنوبی ایران

ردیف	ایستگاه‌های فراگیر	تاریخ شروع بارش	تاریخ اوج بارش	تاریخ پایان بارش	تعداد روز بارشی	میزان بارش در روز اوج به میلیمتر	جمع بارش کل سامانه به میلیمتر
۱	خوزستان	۱۸/۱۱/۲۰۱۳	۱۸/۱۱/۲۰۱۳	۲۲/۱۱/۲۰۱۳	۵	۱۹	۳۴,۲
۲	بوشهر	۱۸/۱۱/۲۰۱۳	۱۹/۱۱/۲۰۱۳	۲۱/۱۱/۲۰۱۳	۴	۵۲,۲	۱۰۴,۷
۳	چهارمحال	۱۸/۱۱/۲۰۱۳	۱۹/۱۱/۲۰۱۳	۲۱/۱۱/۲۰۱۳	۴	۹,۶	۲۳,۱
۴	کهگیلویه	۱۸/۱۱/۲۰۱۳	۱۹/۱۱/۲۰۱۳	۲۲/۱۱/۲۰۱۳	۵	۳۲	۸۱,۴
۵	هرمزگان	۲۱/۱۱/۲۰۱۳	۲۲/۱۱/۲۰۱۳	۲۳/۱۱/۲۰۱۳	۲	۵	۶
۶	کرمان	۲۲/۱۱/۲۰۱۳	۲۲/۱۱/۲۰۱۳	۲۳/۱۱/۲۰۱۳	۲	۸	۱۱,۱
۷	فارس	۱۸/۱۱/۲۰۱۳	۲۱/۱۱/۲۰۱۳	۲۲/۱۱/۲۰۱۳	۵	۲۲	۵۲,۸
۸	زاهدان	۲۲/۱۱/۲۰۱۳	۲۲/۱۱/۲۰۱۳	۲۲/۱۱/۲۰۱۳	۱	۴	۴
جمع بارش: ۳۱۵,۷							

شکل ۴ تغییرات مجموع بارش سال آبی ۱۳۷۷-۷۸ تا ۱۳۹۲-۹۳ را در ۸ ایستگاه نیمه جنوبی ایران نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که روند مجموع بارش در طی دوره آماری کاهشی بوده است اما در سال‌های ۹۰-۹۱ تا پایان دوره یک صعود ملایم و اندکی را در مجموع بارش‌ها در سرزمین مورد پژوهش داشته‌ایم. مشاهده می‌شود که سال آبی ۸۶-۸۷ کم بارش‌ترین و خشک‌ترین سال آبی در دوره آماری ۱۸ ساله در سراسر

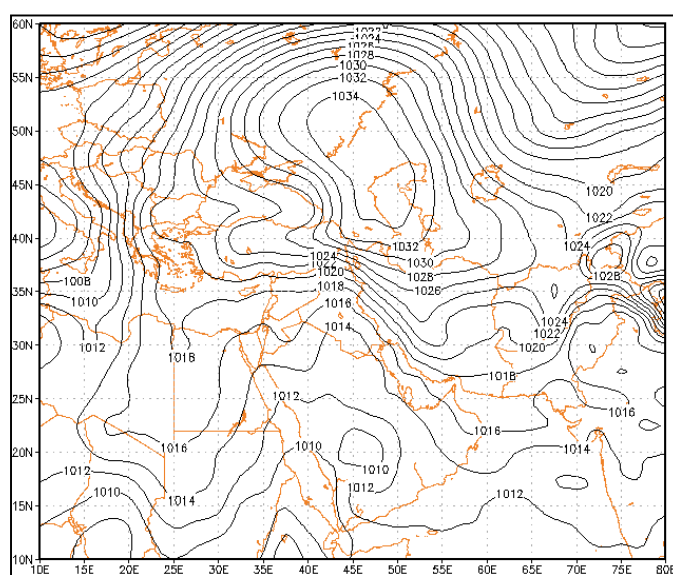
نیمه جنوبی ایران بوده است. بیشترین میزان بارش متعلق به ایستگاه یاسوج بوده که در سراسر دوره آماری بیشترین مقدار بارش را در نیمه جنوبی ایران داشته است. ایستگاه شهرکرد و فارس به ترتیب در جایگاه بعدی از لحاظ مجموع بارش در دوره آماری را به خود اختصاص داده‌اند؛ و ایستگاه‌های زاهدان و کرمان نیز کم بارش‌ترین ایستگاه‌های نیمه جنوبی ایران بوده‌اند.



شکل ۲: نمودار مجموع بارش سال‌های آبی (۱۳۷۷-۱۳۹۳) در سرزمین مورد پژوهش

غربی آن همچنان شرق مدیترانه را تا جنوب مصر در بر گرفته است. با تداوم ریزش هوای سرد به پشت سامانه و فرارفت سرد از طریق جریانات شمال و شمال شرقی به بخش شمال کشور گرادیان حرارتی و به تبع شیو فشاری شدیدی را در نیمه غربی و جنوبی کشور حاکم نموده است. فشردگی منحنی‌های هم فشار در غرب و جنوب غرب کشور بیانگر شیو فشاری شدید بر روی منطقه است.

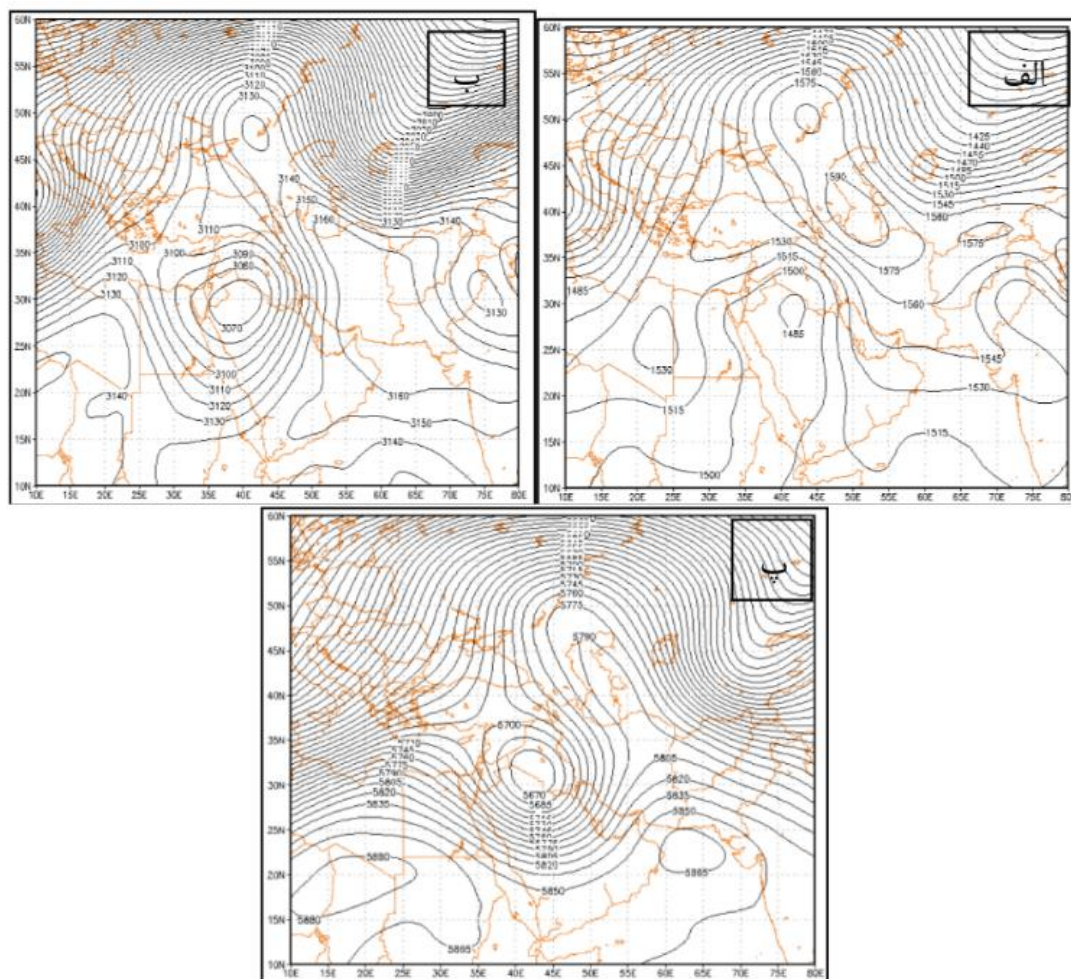
تحلیل همدیدی و ترمودینامیکی روز ۱۹ نوامبر ۲۰۱۳
 شکل ۹ فشار تراز دریا بر حسب هکتوپاسکال را در روز ۱۹ نوامبر ۲۰۱۳ نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در روز دوم بارش زبانه کم فشار سودانی گسترده‌تر شده به طوری که تا شمال غرب ایران امتداد یافته است و پرفشار قوی بر روی دریای خزر با فشار ۱۰۳۴ هکتوپاسکال بسته شده است. مرکز پرفشار در این روز با حرکت شرق سوی شدید خود بر روی شمال دریاچه مازندران بسته شده و زبانه جنوب



شکل ۹: نقشه فشار تراز دریا بر حسب هکتوپاسکال در روز ۱۹ نوامبر ۲۰۱۳

مرطوب با امتداد جنوب غربی-شمال شرقی، نیمه غربی سرزمین مورد پژوهش را در بر گرفته است. و یک پرارتفاع قوی با ۳۱۶۰ ژئوپتانسیل متر با جهت شمال غربی- جنوب شرقی، در جنوب و جنوب شرق ایران واقع شده است (شکل ۱۰ ب). در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، کم ارتفاع مذکور قوی‌تر شده و تا غرب دریای عمان گسترش یافته و پشته واقع بر روی ایران حالت کج شدگی پیدا کرده و مرکز پرارتفاع بسته با ۵۸۶۵ ژئوپتانسیل متر روی دریای عرب قرار گرفته که در تقویت کم ارتفاع و رطوبت فرستی به جلوی ناوه نقش اصلی را داشته است (شکل ۱۰ پ).

در روز اوج بارش در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در جنوب غرب ایران، یک ناوه معکوس با مرکز ارتفاعی ۱۴۸۵ ژئوپتانسیل متر با جهت جنوبی- شمالی از سودان تا شمال عراق امتداد یافته است به گونه‌ای که جنوب غرب ایران در شرق این ناوه وارونه کاملاً عمیق قرار گرفته است. در شمال ایران روی دریای خزر پر ارتفاعی با ۱۵۹۰ ژئوپتانسیل متر با انحنای شمال غربی- جنوب شرقی تا جنوب سرزمین مورد پژوهش را در بر گرفته است (شکل ۱۰ الف). در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال کم ارتفاع واقع در شمال عربستان عمیق‌تر شده و با حرکتی شرق سو نیمه غربی ایران را کاملاً پوشانده و پربندهای عبوری از روی منابع آبی گرم و

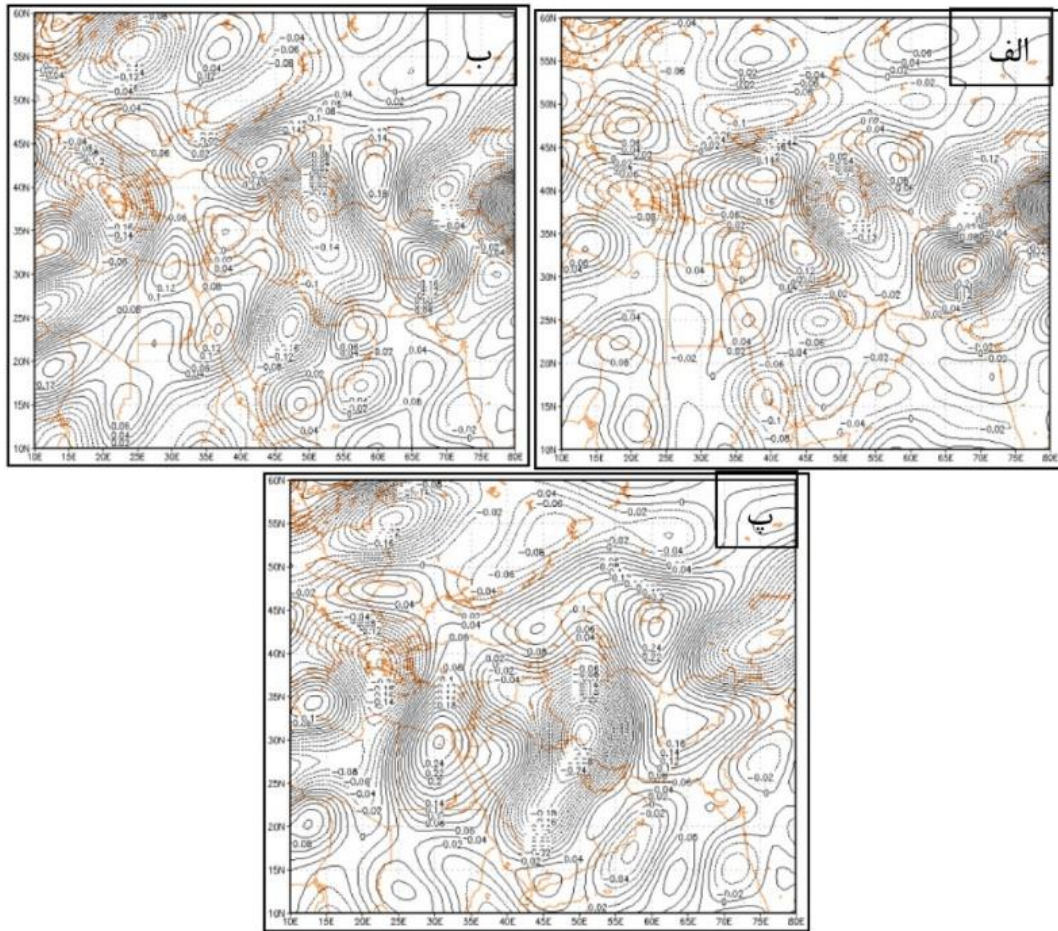


شکل ۱۰: نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل بر حسب متر در ترازهای الف: ۸۵۰، ب: ۷۰۰، پ: ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۹ نوامبر ۲۰۱۳

سمت نواحی جنوبی تر عقب نشینی کرده است و میدان بسیار قوی امگای منفی (واگرایی و صعود) یکپارچه شده است. به نحوی که دو هسته‌ی مجزا یکی در مرکز عربستان با ۰,۲- پاسکال بر ثانیه و یکی با ۰,۲- پاسکال بر ثانیه در جنوب دریای خزر تشکیل داده و با جهت جنوب غربی- شمال شرقی و منطبق با مسیر کم ارتفاع و جلوی ناوه، واگرایی شدید بسته هوا را نشان می‌دهد. (شکل ۱۱ ب). در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر میزان واگرایی و امگای منفی افزوده شده به طوری که هسته پیشینه امگای منفی با ۰,۳۶- پاسکال بر ثانیه با هسته بارش‌ها منطبق بوده (بوشهر ۱۰۴ میلیمتر) و با همان جهت کم ارتفاع، با عبور از روی دریای سرخ، عربستان و خلیج فارس هوای گرم و مرطوب عرض‌های پایین را

شکل ۱۱ امگا را بر حسب پاسکال بر ثانیه در روز ۱۹ نوامبر ۲۰۱۳ نشان می‌دهد. در روز ۱۹ نوامبر در نقشه امگای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، میدان امگای مثبت در نیمه غربی ایران بر روی عراق جا به جا شده است و هسته امگای منفی شمالی گسترش بیشتری به سمت جنوب داشته است به نحوی که یک هسته امگای منفی با ۰,۲۲- پاسکال بر ثانیه بر روی دریای خزر بسته شده که با امتداد جنوبی- شمالی تا جنوب ایران را در بر گرفته و بر روی عربستان منطبق با مسیر کم فشار با جهت جنوب غربی- شمال شرقی امگای منفی برقرار بوده که واگرایی و صعود هوا نشان می‌دهد (شکل ۱۱ الف). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مشاهده می‌شود هسته امگای مثبت واقع در جنوب ایران در روز گذشته به

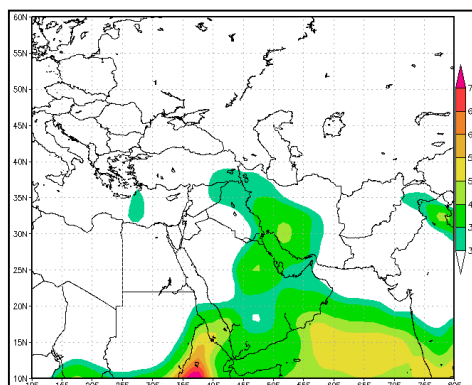
بر روی سرزمین مورد پژوهش واگرا و صعود داده است (شکل ۱۱ پ).



شکل ۱۱: نقشه‌های امگا بر حسب پاسکال بر تائیه در ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، پ: ۷۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۹ نوامبر ۲۰۱۳

روی نیمه جنوبی ایران به صورت جنوب غربی - شمال شرقی بوده و هسته آب قابل بارش در این روز در شمال خلیج فارس به بیش از ۵۰ گرم بر کیلوگرم رسیده است.

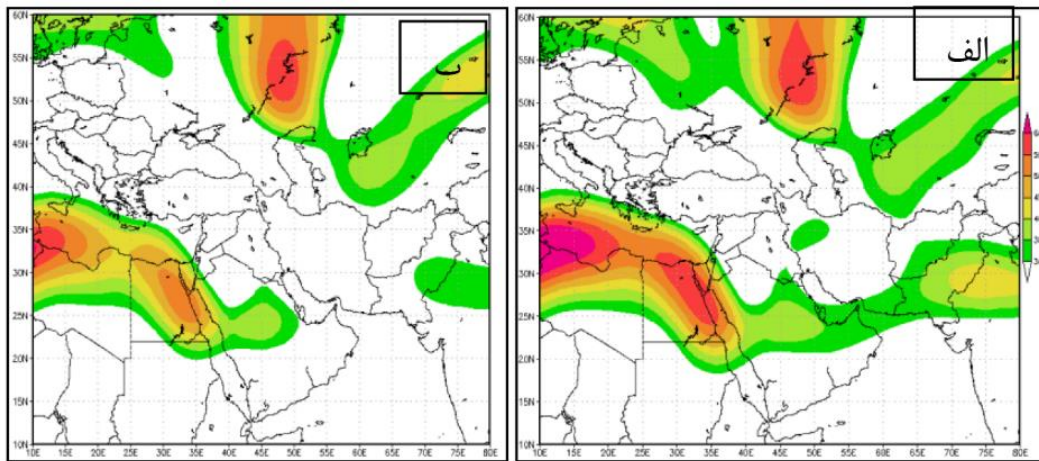
شکل ۱۲ مجموع رطوبت جوی (آب قابل بارش) را در ترازهای ۵۰۰-۱۰۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. در روز اوج بارش‌ها در جنوب غرب ایران، در نقشه آب قابل بارش در روز ۱۹ نوامبر مسیر انتقال آب قابل بارش بر



شکل ۱۲: نقشه آب قابل بارش (مجموع رطوبت جوی) در تراز ۵۰۰-۱۰۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۹ نوامبر ۲۰۱۳

میدان باد بیش از بیش از ۳۰ متر بر ثانیه قرار گرفته و نیمه غربی ایران در جلوی دهانه خروجی رودباد بوده که مجموع این شرایط در تشدید ناپایداریها مؤثر بوده است. که هماهنگ با اوج بارشها در ایستگاههای جنوب غربی ایران بوده است.

شکل ۱۳ نقشه‌های رودباد را بر حسب متر بر ثانیه در ترازهای ۲۵۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۹ نوامبر ۲۰۱۳ نشان می‌دهد. در روز دوم موج بارشی فراگیر در نیمه جنوبی ایران منطبق با حرکت کم ارتفاع به سمت شرق، رودباد مذکور نیز حرکتی شرق سو داشته است، به طوری که دریای خلیج فارس و عمان تحت تأثیر



شکل ۱۳: نقشه رودباد بر حسب متر بر ثانیه در ترازهای الف: ۲۵۰، ب: ۳۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۹ نوامبر ۲۰۱۳

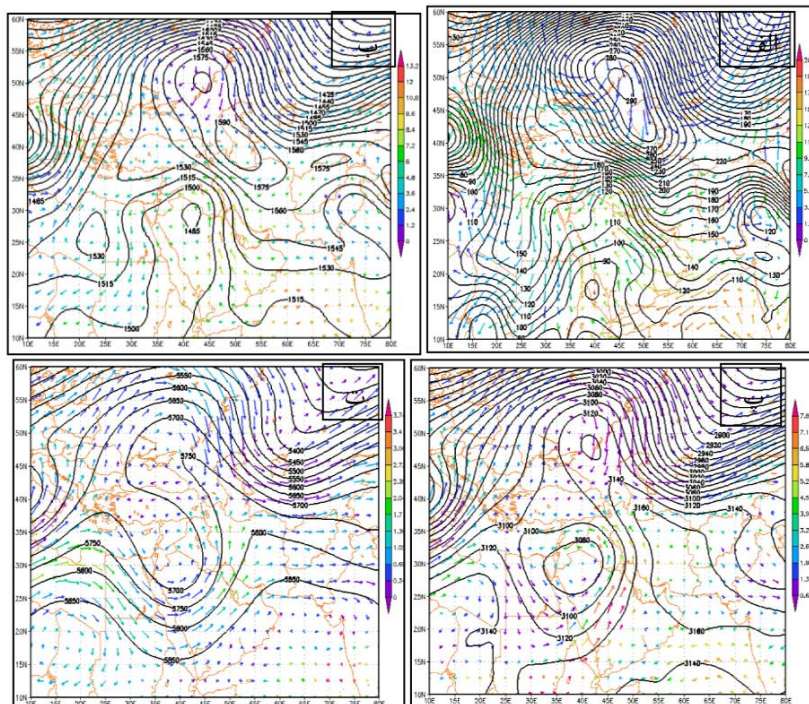
قوی‌تر شده و رطوبت را به شکل جریانات جنوبی بر روی شبه جزیره عربستان و خلیج فارس می‌فرستد و در ادامه توسط چرخند فوق‌الذکر به منطقه تزریق می‌شود (شکل ۱۴ ب). در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، نقش دریای سرخ و خلیج فارس در انتقال رطوبت پررنگ‌تر شده است، که رطوبت بارش‌های سرزمین مورد پژوهش توسط ناوه مستقر در غرب ایران و در شرق محور ناوه بر روی ایران فرارفت شده است. منابع تأمین رطوبت در این تراز عمدتاً دریای سرخ و خلیج فارس می‌باشد که از جنوب غرب و جنوب کشور و بعد از گذر از گوشه شمالی خلیج فارس توسط جریان چرخندی گسترده که بر منطقه حاکم است به شکل جریانات جنوبی و جنوب غربی بر روی جنوب غرب و جنوب کشور فرارفت می‌شود (شکل ۱۴ پ). در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، منابع اصلی انتقال رطوبت، دریای سرخ و خلیج فارس بوده و بر روی دریای عرب میزان فرارفت رطوبت کاهش یافته است. در واقع در تراز میانی جو نقش خلیج فارس در

شکل ۱۴ نقشه‌های وزش رطوبتی را بر حسب گرم بر کیلوگرم در ثانیه در روز ۱۹ نوامبر ۲۰۱۳ نشان می‌دهد. در روز دوم موج بارشی فراگیر در سرزمین مورد پژوهش، در نقشه وزش رطوبتی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، بر روی غرب دریای عرب و سرزمین عربستان، پیکان‌های وزش رطوبتی بزرگ‌تر بوده و با امتداد شرقی- غربی به درون سامانه کم فشار سودانی وارد شده و توسط کم فشار با امتداد جنوب شرقی- شمال غربی و هماهنگ با ناوه وارونه مستقر در نیمه غربی ایران به سمت سرزمین مورد پژوهش فرارفت شده است بوده و میزان وزش رطوبتی بیش از ۱۳ گرم بر کیلوگرم در ثانیه رسیده است (شکل ۱۴ الف). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، همان‌طور که در نقشه وزش رطوبتی مشاهده می‌شود، منابع انتقال رطوبت دریای عرب، سرخ و خلیج فارس بوده که با امتداد جنوبی- شمالی و با عمیق شدن ناوه بر روی سرزمین مورد پژوهش کشیده شده است. چرخش و اچرخندی بر روی دریای عرب

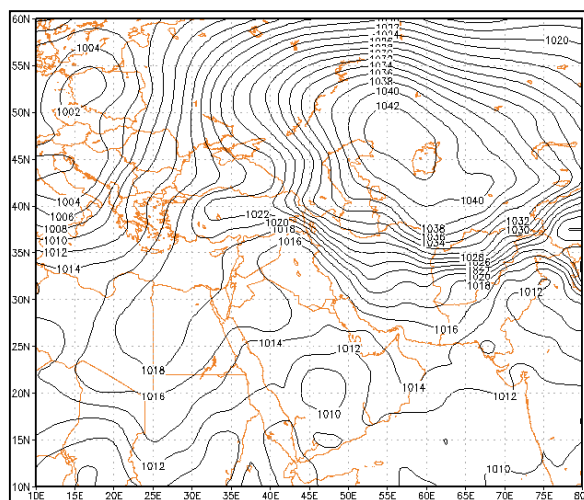
فرارفت رطوبت به سمت ایران پررنگ تر شده است
تحلیل همدیدی و ترمودینامیکی روز ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳
شکل ۱۵ فشار تراز دریا را بر حسب هکتوپاسکال
در روز ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳ نشان می دهد. کم فشار سودان
با فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال در مرکز عربستان بسته
شده است. به علت قوی تر شدن پرفشار واقع بر روی
شرق دریای خزر و افزایش فشار آن تا ۱۰۴۲٫۵
هکتوپاسکال تقریباً اکثر ایران را در بر گرفته و با نفوذ

(شکل ۱۴ ت).

زبانه پرفشار سرد شمالی با عبور از روی دریای سیاه و
مدیترانه تا جنوب سودان گسترش یافته است که باعث
انتقال سامانه کم فشار سودانی به سمت شرق شده است
که با عبور از روی عربستان وارد سرزمین مورد پژوهش
شده است. که برخورد هوای سرد شمالی و هوای گرم و
مرطوب جنوبی باعث تشدید شیو حرارتی بر روی نیمه
جنوبی ایران شده است.



شکل ۱۴: نقشه های وزش رطوبتی بر حسب گرم بر کیلوگرم در ثانیه در ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، پ: ۷۰۰، ت: ۵۰۰
هکتوپاسکال در روز ۱۹ نوامبر ۲۰۱۳

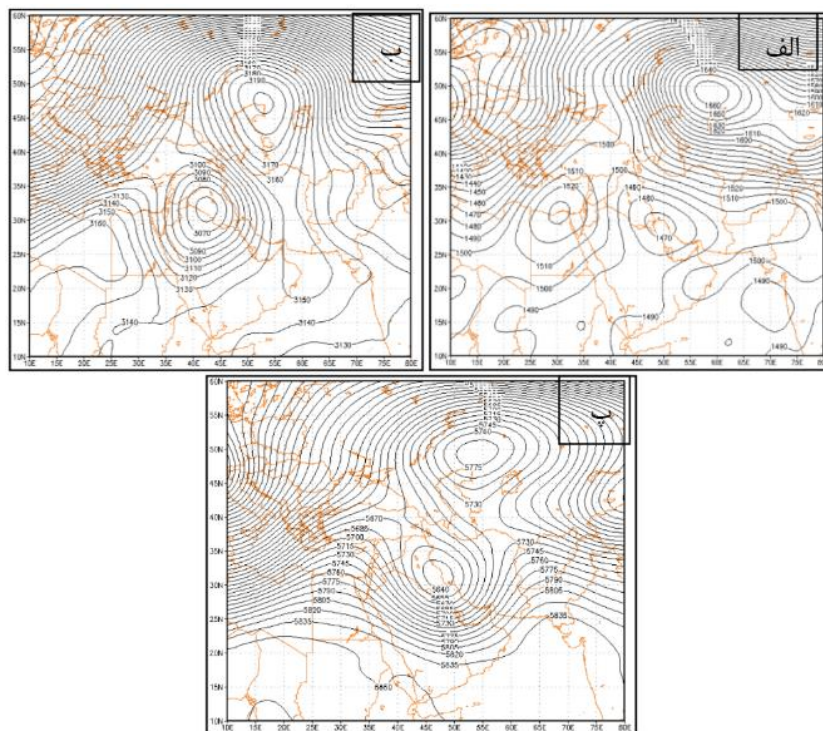


توسعه پایدار محیط جغرافیایی

شکل ۱۵: نقشه فشار تراز دریا بر حسب هکتوپاسکال در روز ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳

جا شده است و محور ناوه با راستای جنوب غربی-شمال شرقی از جنوب عراق تا جنوب سودان گسترش یافته است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، مرکز کم ارتفاع از مرکز عراق به جنوب غرب ایران منتقل شده است. و در شمال اروپا با بسته شدن کم ارتفاع سرد جریانات سرد را با امتداد شمال غربی- جنوب شرقی به پشت سامانه کم ارتفاع تزریق می کند. و تشکیل پشته بر روی دریای عمان و عرب هوای گرم و مرطوب را به درون سامانه کم ارتفاع فرارفت می کند. در واقع کم ارتفاع شرایط صعود و ناپایداری و منابع گرم جنوبی، رطوبت این سامانه را فراهم کرده است (اشکال ۱۶ ب و پ).

شکل ۱۶ ارتفاع ژئوپتانسیل را بر حسب متر در روز ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳ نشان می دهد. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، هسته مرکزی کم ارتفاع که در روز قبل در شمال عربستان قرار گرفته بود در این روز در جنوب غربی ایران واقع شده است و پرفشار سرد شمالی به سمت عرض های بالا عقب نشینی کرده است با حرکت شرق سو کم ارتفاع در شمال خلیج فارس قرار گرفته و نیمه جنوبی ایران را در بر گرفته به طوری که ایستگاه های نیمه جنوبی ایران با بارشی فراگیر روبه رو بوده اند (شکل ۱۶ الف). در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز مرکز پرفشار سرد شمالی به شمال دریای خزر جا به



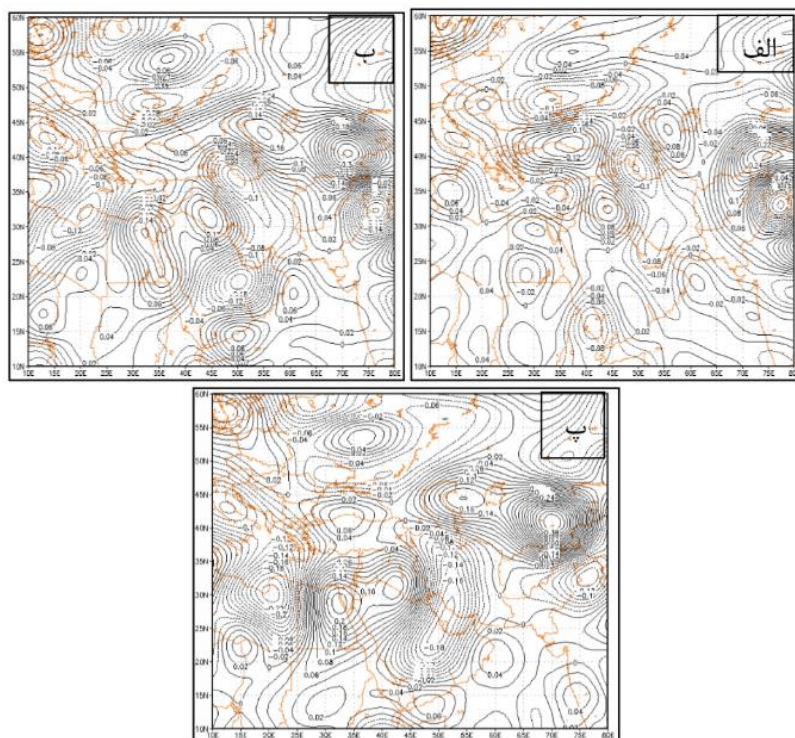
شکل ۱۶: نقشه های ارتفاع ژئوپتانسیل بر حسب متر در ترازهای الف: ۸۵۰، ب: ۷۰۰، پ: ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳

شرق عربستان تا جنوب غربی روسیه شامل می شود (شکل ۱۷ الف). در نقشه امگای منفی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، ملاحظه می شود که مسیر امگای منفی اندکی به سمت شرق جا به جا شده و هسته امگای منفی با ۲، - پاسکال بر ثانیه در شرق شبه جزیره عربستان بسته شده است که با مسیر نفوذ کم ارتفاع بر روی سرزمین مورد پژوهش منطبق می باشد (۱۷ ب).

شکل ۱۷ امگا را بر حسب پاسکال بر ثانیه در روز ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳ نشان می دهد. در روز ۲۰ نوامبر در نقشه امگای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال مسیر امگای منفی به سمت جنوب ایران حرکت کرده و نسبت به روز قبل جنوب غرب ایران مابین دو میدان امگای منفی و مثبت ضعیف واقع شده است. این امگا با راستای جنوبی- شمالی پهنه گسترده ای را در بر گرفته که از جنوب

منفی کاسته شده و بالاترین مقدار آن با ۰,۱۸- پاسکال بر ثانیه بر روی خلیج فارس بسته شده است. به این ترتیب در این محدوده نیز واگرایی و صعود شدید هوا ناپایداری را ایجاد کرده است (شکل ۱۷ پ).

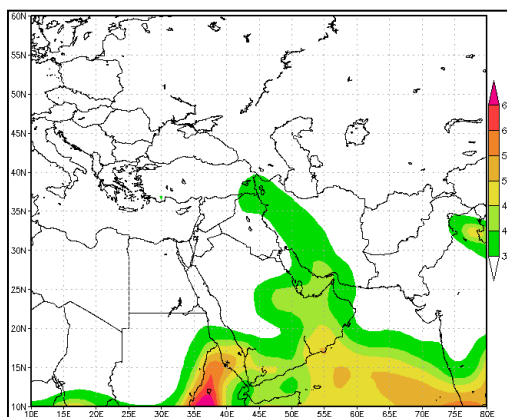
در نقشه امگای تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال مشاهده می شود که میدان امگای منفی وسیع تر شده و با امتداد جنوب غربی- شمال شرقی واگرایی و کانون های ناپایداری هوا را در نیمه جنوبی ایران نشان می دهد. اما از شدت امگای



شکل ۱۷- نقشه های امگا بر حسب پاسکال بر ثانیه در ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، پ: ۷۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳

رسیده که هماهنگ با آن از میزان بارش ها نیز کاسته شده و اندکی به سمت شرق جا به جا شده است. در این روز بالاترین مقدار آب قابل بارش در روی سودان قرار گرفته است.

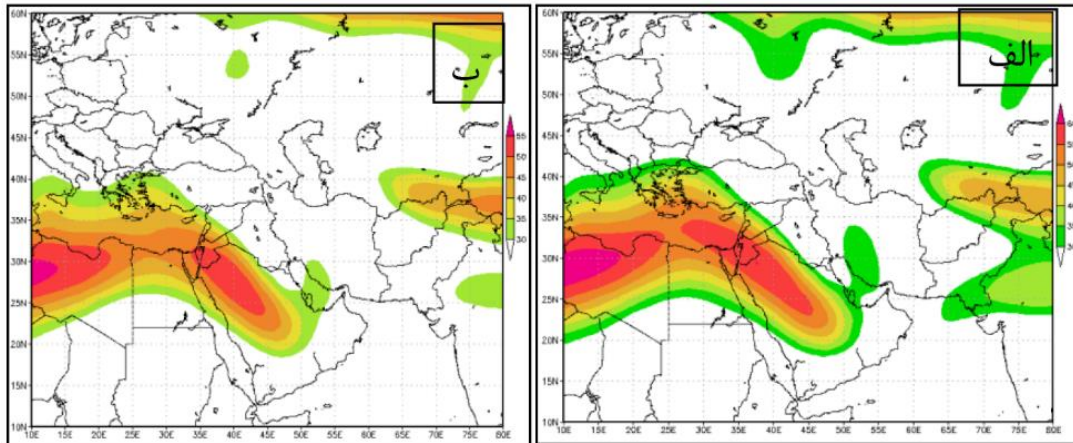
شکل ۱۸ نقشه آب قابل بارش را در تراز ۱۰۰۰ - ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳ نشان می دهد. با توجه به نقشه آب قابل بارش در روز ۲۰ نوامبر میزان آب قابل بارش به کمتر از ۴۰ گرم بر کیلوگرم



شکل ۱۸: نقشه آب قابل بارش (مجموع رطوبت جوی) در تراز ۱۰۰۰-۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳

پژوهش در جلوی رودباد و سمت چپ آن واقع شده که منطبق با نقشه‌های ارتفاع، در جلوی ناوه و شرق محور آن بوده که با قرارگیری رودباد بر روی منابع رطوبتی گرم و مرطوب، به خوبی یک جریان واگرایی شدید را بر روی سرزمین مورد پژوهش ایجاد کرده است.

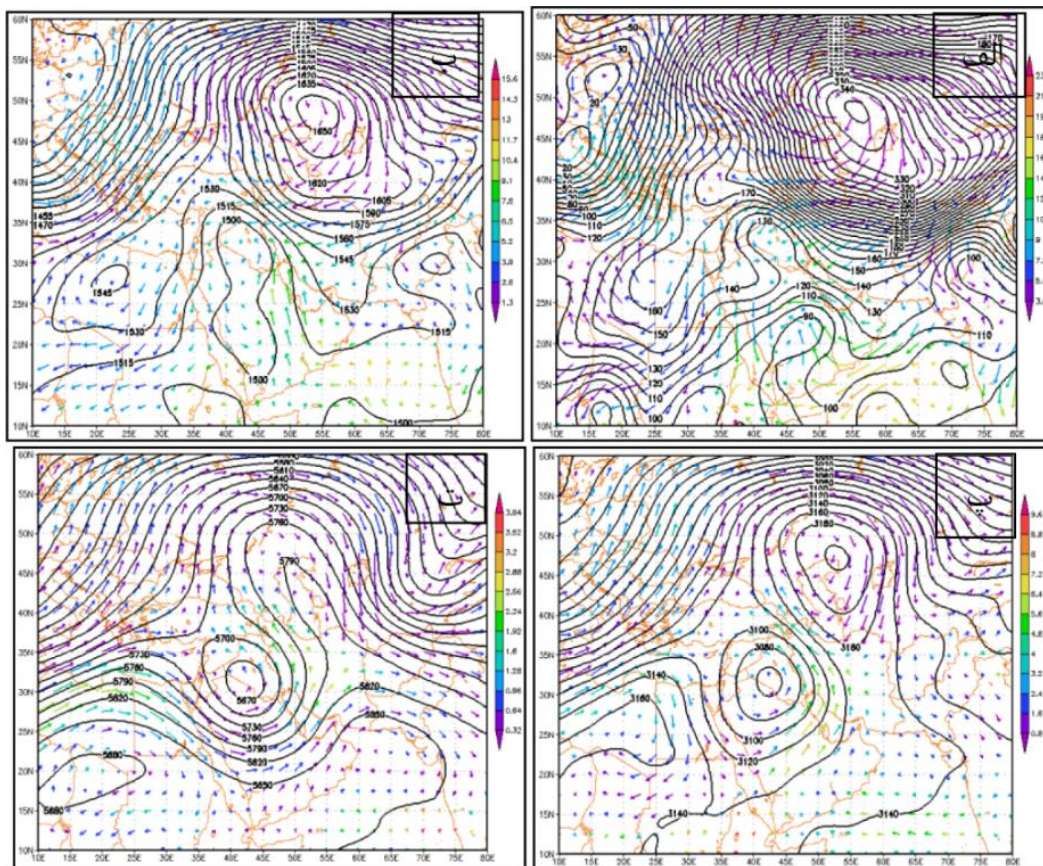
شکل ۱۹ رودباد را بر حسب متر بر ثانیه در ترازهای ۲۵۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳ نشان می‌دهد. در روز ۲۰ نوامبر با توجه به نقشه رودباد تراز ۲۵۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال، به خوبی مشخص است که هسته رودباد در شمال عربستان با سرعت بیش از ۶۰ متر بر ثانیه قرار گرفته و غرب و مرکز سرزمین مورد



شکل ۱۹: نقشه‌های رودباد بر حسب متر بر ثانیه در ترازهای الف: ۲۵۰، ب: ۳۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳

انتقال رطوبت از دریای عرب به سرخ و خلیج فارس منتقل شده و در شرق محور ناوه با مرکزیت ۳۰۶۰ ژئوپتانسیل متر در مرکز عراق بسته شده، می‌باشد (شکل ۲۰ پ). با توجه به نقشه وزش رطوبتی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، منطقه بیشینه وزش رطوبتی از جنوب غرب به جنوب ایران تغییر پیدا کرده است و با کاهش عمق ناوه نسبت به روز قبل از میزان بارش‌ها هم کاسته شده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، تنها منبع تأمین و انتقال رطوبت، خلیج فارس می‌باشد. در تمامی مشاهدات ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، مسیر وزش رطوبتی از الگوی یکسانی پیروی می‌کنند و با عبور از روی دریای سرخ، عربستان و خلیج فارس موجب فرارفت رطوبت بر روی سرزمین مورد پژوهش گردیده است. (شکل ۲۰ ت).

شکل ۲۰ وزش رطوبتی را بر حسب گرم بر کیلوگرم در ثانیه در روز ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳ نشان می‌دهد. در سومین روز موج بارش فراگیر، و در نقشه وزش رطوبتی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال منطبق با ناوه وارونه در نیمه غربی ایران، وزش رطوبتی با حرکت پادساعتگرد بر روی منطقه کشیده شده است و دریای عرب و خلیج فارس به عنوان منابع اصلی انتقال رطوبت به حساب می‌آیند (شکل ۲۰ الف). در نقشه وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، مسیر انتقال رطوبت بر روی نیمه جنوبی ایران، جنوبی- شمالی بوده و میزان وزش رطوبت بر روی جنوب غرب به بیش از ۸ گرم بر کیلوگرم در ثانیه رسیده است. در ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال دریای عرب بیشترین نقش را در تقویت و تأمین رطوبت سامانه‌های بارشی داشته است (شکل ۲۰ ب). در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، مشاهده می‌شود که مسیر بیشینه



شکل ۲۰: نقشه‌های وزش رطوبتی بر حسب گرم بر کیلوگرم در ثانیه در ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، پ: ۷۰۰، ت: ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳

بحث و نتیجه‌گیری

نزول بارش‌های فراگیر و سنگین از مشخصه‌های بارز مناطق جنوب غرب و غرب می‌باشد. از آنجایی که برای ایجاد بارندگی‌های فراگیر و شدید عامل رطوبت مهم‌تر از عامل صعود می‌باشد، شناسایی منابع و منشاء رطوبت بارش ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش شرایط همدیدی و دینامیکی بارش سنگین و فراگیر ۲۸ و ۲۹ آبان ۱۳۹۲ برابر با ۱۹ و ۲۰ نوامبر ۲۰۱۳ مورد واکاوی قرار گرفت. در نقشه‌های فشار تراز دریا در مرکز سامانه کم فشار سودانی به‌طور مستقل بر روی غرب ایران بسته شده و مراکز پرفشاری در شمال دریای خزر و کم فشار در اروپای شرقی هکتوپاسکال مستقر بوده که زبانه‌های آن با جهت شمالی- جنوبی هوای سرد را در پشت سامانه کم فشار سودانی وارد کرده و باعث افزایش گردان حرارتی و تقویت سامانه سودانی در روز بارش فراگیر در جنوب غرب و جنوب ایران شده است. بررسی

نقشه‌های امگا نیز حاکی از واگرایی و چرخش سیکلونی شدید در صعود هوای مرطوب در روزهای رخداد بارش است. و با عمیق شدن ناوه در روی عربستان و عراق تا منطقه دریای سرخ و همراهی آن با کم فشار سودانی در سطح زمین و حرکت آن با جهت جنوب غربی- شمال شرقی بر روی منطق مورد مطالعه قرار گرفته است. و پرفشار عربستان با مستقر شدن بر روی دریای عرب و عمان عامل اصلی انتقال رطوبت دریای عرب و عمان به درون کم فشار سودانی می‌باشد. پر ارتفاع مستقر بر روی شبه جزیره عربستان، دریای عرب و شمال غرب اقیانوس هند به عنوان یکی از شروط لازم برای تکوین و تقویت و توسعه کم فشار سودان (لشکری، ۱۳۸۲) با فرارفت هوای گرم و مرطوب به درون سامانه بارشی به تقویت هر چه بیشتر سامانه بارش زا کمک می‌کند. نقشه‌های رودباد در ترازهای ۲۵۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال بیانگر، قرارگیری رودباد جنب حاره با

رفتار خاص یک سامانه همدید قابل تشخیص نمی‌باشد. هر چند در این روش نیز مزایای خاص خود را دارد که می‌توان رفتار پدیده‌های جوی را در طی یک دوره زمانی بلند مدت بررسی نمود. اما برای پیش‌بینی‌های مربوط به بارش‌های سیل آسا، باید شرایط و جزئیات دقیق سامانه‌های همدید مانند بیشینه سرعت باد، رطوبت فرارفت شده و تغییرات فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح میانی جو در زمان رخداد بارش‌های سنگین در مقیاس روزانه و تک بارش هم مورد توجه قرار گیرد تا اوج قدرت سامانه‌های عبوری از روی منطقه جنوب کشور مشخص شود و بتوان مخاطرات ناشی از آن را در آینده به حداقل رساند.

جهت جنوب غربی - شمال شرقی که از سمت شمال شرقی آفریقا عبور کرده و هسته بیشینه سرعت باد بر روی عربستان و دریای سرخ بوده و منطقه مورد مطالعه نیز در سمت چپ خروجی رودباد بوده که با مسیر امگا و رطوبت منطبق بوده و نیمه چپ خروجی رودباد دقیقاً در شرق و جلوی محور ناوه قرار گرفته که به خوبی هوای صعودی در جلوی ناوه را تخلیه و واگرا کرده است. نتایج این تحقیق ضمن تأیید نظر بسیاری از محققان قبلی در خصوص سامانه سودانی نظیر لشکری (۱۳۷۵)، مفیدی (۱۳۸۳)، امیدوار (۱۳۸۶)، نقش جریانات ایجاد شده به وسیله پرفشار دریای عرب یا شرق عربستان در انتقال رطوبت بر روی ایران را نیز تأیید می‌کند. در بررسی شرایط میانگین چندین موج بارشی، حالات و

پی نوشت

1-Plume

۱۳۹۲، فصل نامه جغرافیای طبیعی: ۱ (۳۶). ص ۴۷-۶۰.

http://jogp.iaularestan.ac.ir/article_536181.html
- براتی، غ. و حیدری، ا.، ۱۳۸۲. رده‌بندی منابع رطوبتی بارش‌های غرب ایران (سال آبی ۱۹۸۴-۱۹۸۵)، مجموعه مقالات سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان. <https://civilica.com/doc/12454>
- توسلی، ب.، سلطانیان، ف.، پزشکی راد، غ. و چیدری، م.، ۱۳۸۶. نقش توسعه پایدار در حفاظت از محیط زیست، دومین همایش ملی کشاورزی و بوم‌شناختی ایران، گرگان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۲۵ تا ۲۸ مهر.

<https://civilica.com/doc/28100>
- ذکی زاده اوماسلان علیا، م.، سلیقه، م. و ناصرزاده، م.، ۱۳۹۷. تحلیل آماری و سینوپتیکی مؤثرترین الگوی رودباد ایجاد کننده بارش‌های سنگین، مخاطرات محیط طبیعی، ۷، (۱۵)، ص ۳۱-۴۸.

<http://ensani.ir/fa/article/381316>
- علیجانی، ب.، ۱۳۸۱. آب و هواشناسی سینوپتیک، چاپ اول، نشر سمت، تهران، ۲۸۵ ص.

- سبزی پرور، ع.، ۱۳۷۰. بررسی سینوپتیکی

منابع

- آزادی، م.، رضازاده، پ.، میرزایی، ا. و وکیلی، غ.، ۱۳۸۲. پیش‌بینی عددی سیستم‌های زمستانی روی ایران، مطالعه مقایسه‌ای پارامترهای فیزیکی؛ هشتمین کنفرانس دینامیک شارها؛ دانشگاه تبریز. <https://civilica.com/doc/30234>
- امیدوار، ک.، ۱۳۸۰. تحلیل همدیدی سیستم‌های باران زا و امکان افزایش بارش آن‌ها بوسیله باروری ابرها در منطقه کرمان، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، (۴۰)، ص ۱۹-۳۲. <http://ensani.ir/fa/article/45349>
- امیدوار، ک.، ۱۳۸۶. تحلیل شرایط سینوپتیکی و ترمودینامیکی رخداد بارش در منطقه شیرکوه، پژوهش‌های جغرافیایی: (۵۹)، ص ۹۸-۸۱. https://journals.ut.ac.ir/article_18522.html
- امیدوار، ک.، تنی نظام ابراهیمی، ر. و قیائی، ا.، ۱۳۹۷. واکاوی همدیدی دینامیکی بارش ابر سنگین ۴ آذر ۱۳۹۳ مطالعه موردی (کهگیلویه و بویراحمد، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی: ۱۱ (۴۱). ص ۳۶-۱۱. http://jogp.iaularestan.ac.ir/article_545396.html
- برنا، ر.، ۱۳۹۶. شناسایی الگوهای همدید بارش‌های سنگین در حوضه مارون (مطالعه موردی: بارش ۲۹ آبان

- سیستم‌های سیل زا در جنوب غرب ایران، به راهنمایی: محمد خیر اندیش، پایان‌نامه کارشناسی ارشد و اشناسی، دانشگاه تهران، مؤسسه ژئوفیزیک.
- حجازی زاده، ز.، پژوه، ف. و جعفری همبری، ف.، ۱۳۹۷. آشکارسازی شرایط همدید مؤثر بر خشک‌سالی و ترسالی‌های شدید و فراگیر در نیمه شرقی ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۷، (۳)، ص ۱۳۵-۱۶۰.
/http://ensani.ir/fa/article/392144
- عزیزی، ق. و صمدی، ز.، ۱۳۸۶. تحلیل همدید سیل ۲۸ مهر ۱۳۸۲ در استان‌های گیلان و مازندران، پژوهش‌های جغرافیایی: (۶۰)، ص ۶۱-۷۴.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=67054
- قویدل رحیمی، ی.، ۱۳۹۰. نگاشت و تحلیل همگرایی جریان رطوبت جو طی بارش فوق سنگین ناشی از طوفان حاره‌ای فت در سواحل چابهار، فصلنامه مدرس علوم انسانی- برنامه‌ریزی و آمایش فضا: ۱۵ (۲)، ص ۱۰۱-۱۱۹.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=152089
- گندمکار، ا.، ۱۳۸۹. بررسی همدیدی بارش‌های شدید در نواحی جنوبی استان بوشهر، مجله چشم انداز جغرافیایی، (۱۰)، ص ۷۶-۹۵.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=137032
- لشکری، ح.، ۱۳۸۲. مکانسیم تکوین، تقویت و توسعه مرکز کم فشار سودان و نقش آن بر بارش‌های جنوب و جنوب غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، (۴۶)، ص ۵۲-۸۰.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=4634
- مرادی، ح.، ۱۳۸۳. پیش‌بینی سیلاب براساس Bulletin of the American Meteorological Society, v.18(4), p. 597-608.
https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/82/4/15200477_2001_082_0597_dtaitu_2_3_c_o_2.xml.
- Ch, C., 2011. Orographic effects on localized heavy rainfall events over southwestern Taiwan on 27 and 28 June 2008 during the post-Mei-Yu period. Atmospheric Research, 101, p. 595-610.
- موقعیت‌های سامانه‌های همدیدی در شمال شرق ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی: (۷۵)، ص ۱۴۱-۱۶۹.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=29151
- مفیدی، ع. و زرین، ا.، ۱۳۸۴. بررسی سینوپتیکی تأثیر سامانه‌های کم فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل‌زا در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی: (۷۷)، ص ۱۳۶-۱۱۳.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=39446
- مفیدی، ع.، ۱۳۸۳. بررسی سینوپتیکی بارش‌های سیل‌زا با منشاء منطقه‌ی دریای سرخ در خاورمیانه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، (۷۵)، ص ۹۳-۷۱.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=29152
- مسعودیان، س.، ۱۳۸۴. شناسایی رژیم بارش ایران به روش تحلیل خوشه‌ای، پژوهش‌های جغرافیایی: (۵۲)، ص ۴۷-۶۱.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=37328
- مسعودیان، س.، ۱۳۷۷. بررسی نظام تغییرات زمانی- مکانی بارش در ایران زمین، پایان‌نامه دکتری؛ به راهنمایی حسنعلی غیور؛ دانشگاه اصفهان؛ دانشکده ادبیات و علوم انسانی؛ گروه جغرافیا.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=68581
- مسعودیان، س.، ۱۳۹۰. آب و هوای ایران، چاپ اول، نشر شریعه توس.
- محمودآبادی، م.، امیدوار، ک.، مظفری، غ.، نارنگی فرد، م.، مزیدی، ا. و فاطمی، م.، ۱۳۹۵. تحلیل همدید اثرات پدیده بلاکینگ بر بارش‌های سیلابی فروردین ماه ۱۳۹۲ در نیمه جنوبی ایران، پژوهش‌های اقیانوس‌شناسی: (۲۵)، ص ۶۷-۸۲.
https://clima.irimo.ir/article_42077.html
- Buzzi, A., 2014. Interactive comment on Heavy rainfall episodes over Liguria of autumn 2011: numerical forecasting experiments", Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss, 1, p. C2810-C2812.
https://www.researchgate.net/publication/307683256
- Changnon, S.A., 2001. Damaging Thunderstorm Activity in the United States.

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809511000974>
- Dayan, U. and Abramski, R., 1983. Heavy Rain in the Middle East Related to Unusual Jet Stream Properties'', *Ball, Bulletin American Meteorological Society*, v. 64(10), p. 1138-1140. https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/64/10/15200477_1983_064_1138_hritme_2_0_co_2.xml
- Ghavidel, Y. and Jafari Hombari, F., 2020. Synoptic analysis of unexampled super-heavy rainfall on April 1, 2019, in west of Iran. *Nat Hazards*, 104, p. 1567-1580. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04232-0>
- Helali, J., Momenzadeh, H. and Salimi, S. et al. 2021. Synoptic-dynamic analysis of precipitation anomalies over Iran in different phases of ENSO. *Arab J Geosci* 14, 2322. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-08644-5>
- Junker, N., Schneider, S. and Fauver, L., 1999. A Study of Heavy Rainfall Events during the Great Midwest Flood of 1993 *Weather Forecasting*, 14, p. 52-73. https://journals.ametsoc.org/view/journals/wefo/14/5/15200434_1999_014_0701_asohre_2_0_co_2.xml
- Kahan, R., Baruch, E., Dayan, U., 2002. "Synoptic Climatology of Major Floods in the Negev Desert'', *Journal Climatol*, 22(9), p. 867-882. <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.766>
- Koji, N., Schneider, S. and Ch, C., 2007. Identification of typical synoptic patterns causing heavy rainfall in the rainy season in Japan by a Self-Organizing Map, *Atmospheric Research*, 83, p. 185-200. <https://www.researchgate.net/publication/223922958>
- Kidson, J.W., 2000. An analysis of New Zealand synoptic types and their use in defining weather regimes: *Int. J. Climatol*, 20, p. 299-316. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)10970088\(20000315\)20:3<299::AIDJOC474>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/(SICI)10970088(20000315)20:3<299::AIDJOC474>3.0.CO;2-B)
- McGuirk, J.P., Thompson, A.H. and Schaefer, J.R., 1988. An Eastern Pacific Tropical Plume, *AMS Journals Online's*, 116, p. 2505-2521. https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/116/12/15200493_1988_116_2505_aeptp_2_0_co_2.xml
- Schuler, I. and Schadler, G., 2010. Sensitivity of heavy precipitation forecasts to small modifications of large- scale weather patterns for Elbe River, *Journal of Hydrometeorology*, 11, p. 198-210. https://journals.ametsoc.org/view/journals/hydr/11/3/2010jhm1186_1.xml
- United Nations, 1992. Rio Declaration on Environment and Development [Online]. www.jus.uio.no/lm/environmental_dev/development.rio.declaration [cited 23 July 2005]
- Yarnal, B., Comrie, A.C., Frakes, B. and Brown, D.P., 2001. Developments and prospects in synoptic climatology, *International Journal of Climatology*, 21(15), p. 1923-1950. <https://doi.org/10.1002/joc.675>