

شناسایی الگوهای گردشی بارش‌های شدید موجد سیل در منطقه فارس

امیرحسین حلبیان^{*۱}

^۱دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۲۵

چکیده

بارش‌های شدید به‌عنوان یکی از مخاطرات محیطی همواره طی تاریخ حیات بشری ابعاد مختلف زندگی را دستخوش تغییر و تهدید نموده و باعث خسارات مالی و حتی جانی زیادی در جهان شده‌اند. از این رو، هدف غایی این مطالعه هم‌دید، تبیین اندرکنش‌های کلیدی میان جو و محیط سطحی و به عبارتی کشف رابطه میان الگوهای گردشی موجد بارش‌های شدید در منطقه فارس به‌منظور پیش‌بینی وقوع رگبارهای منجر به سیل است. به منظور شناسایی و تحلیل الگوهای گردشی بارش‌های شدید سیل‌زا در فروردین ۱۳۹۱ در منطقه فارس از آمار ۲۴ ایستگاه باران‌سنجی استفاده گردید. در ادامه، به‌منظور تعیین الگوهای هم‌دید بارش‌های شدید پدید آورنده سیل، داده‌های فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، نم و یخ، مولفه باد مداری (U) و نصف النهاری (V) در ترازهای مختلف به‌صورت ۶ ساعته از NCEP/NCAR از دو روز قبل از بارش اخذ و با بهره‌گیری از رویکرد محیطی به گردشی تحلیل گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در روزهای اوج بارش بر روی منطقه فارس استقرار سامانه کم‌فشار دینامیکی سازوکار اصلی رخداد بارش را رقم می‌زند. در عین حال، یافته‌ها حاکی از این است که رخداد بارش‌های شدید سیل‌زا در منطقه فارس ناشی از حضور فرودی بسیار عمیق بر روی دریای سیاه و شرق مدیترانه در تراز میانی جو است. نقشه‌های همگرایی شار رطوبت نیز نشان داد که بارش‌های شدید منطقه ناشی از اثر پهنه‌های رطوبتی خلیج فارس، دریای عرب و دریای سرخ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بارش شدید، تحلیل هم‌دید، الگوهای گردشی، الگوهای ضخامت، همگرایی شار رطوبت، فارس

مقدمه و طرح مساله

یکی از شاخه‌های مهم علم اقلیم شناسی هم‌دید، شناسایی حالت‌های فرین و ویژگی‌های محیطی مانند طوفان‌های شدید، حدوث موج بارش‌های شدید منجر به سیل، آتش‌سوزی جنگل‌ها و ... و نیز تعیین الگوهای گردشی مسبب آنها است. این نوع مطالعات می‌تواند موردی یا اقلیمی باشد. اساساً، موج‌های بارشی شدید به‌عنوان عاملی مخاطره‌انگیز در بروز حوادث طبیعی مثل سیل مطرح می‌باشد. از این رو مطالعه هم‌دید سامانه‌های مولد آن می‌تواند نقش مهمی در تشخیص به موقع و کنترل سیلاب، آب‌گرفتگی شهری، آبخیزداری و کاهش ضایعات و تخریب داشته باشد. از دیدگاه اقلیم‌شناسی، هرگاه

میزان بارش (عنصر اقلیمی) به حدی باشد که سبب سرریز شدن آب از مجرای اصلی خود و طغیان رودخانه شود، سیل اتفاق افتاده است. بنابراین، عناصر اقلیمی (رگبارهای بارش) عامل اصلی ایجاد سیل است (حجازی زاده و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۲۸). به عبارتی می‌توان گفت، سیل بالا آمدن نسبتاً زیاد آب در یک رودخانه یا مسیل است. این بالا آمدن حالتی نسبی داشته و اصولاً نسبت به رژیم عادی یا نرمال سنجیده می‌شود (غیور، ۱۳۷۵: ۱۰۲). در واقع، یکی از مهمترین مسائل محیطی بررسی موج‌های بارشی شدید و ینی سیلاب‌هاست. براساس روش‌های متداول هیدرولوژیستها بررسی و پیش‌بینی سیلابها پس از شروع رگبار امکان‌پذیر است که معمولاً وقت کافی برای عملیات آمادگی وجود ندارد؛ اما اگر الگوهای

گردشی پدید آورنده موج‌های بارشی شدید شناسایی شوند می‌توان از حداقل یک یا دو روز قبل از رویت آغاز توالی الگوهای مختوم به ایجاد سیل، وقوع آن را پیش‌بینی کرد (علیجانی، ۱۳۸۵: ۱۵۶). امروزه یکی از ابزارها و روش‌های مطرح در رابطه با پدیده موج‌های بارشی سیل‌زا، بررسی سینوپتیکی این بارش‌ها می‌باشد؛ چرا که شناخت دقیق ساز و کار و نحوه عمل الگوهای گردش جوی و عناصر موثر در وقوع این نوع بارش‌ها بسیار حائز اهمیت است؛ به‌ویژه آن که این نوع بارش می‌تواند با تبدیل به روان آب پدیده سیل را ایجاد کند که خسارات جانی و مالی فراوانی را به بار می‌آورد. از این رو، شناخت علل و عوامل موجد آن و در صورت امکان پیش‌بینی زمان و شدت وقوع آن ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. سیلاب را نه تنها با در نظر گرفتن الگوی گردشی در روز رخداد، بلکه با بررسی الگوهای گردش چند روز پیش از رویداد سیلاب بهتر می‌توان شناخت. این موضوع از یک سو نشان از این دارد که الگوهای گردش پیش از رخداد سیلاب نقش مهمی در تعیین شرایط و محتوای رطوبتی قلمرو مطالعاتی دارند و به سبب تعیین رطوبت پیشین نقشی اساسی در ضریب جریان منطقه ایفا می‌کنند و از دیگر سو مبین این نکته است که در بررسی موج‌های بارشی شدید منجر به سیلاب‌ها و عوامل هواشناختی موجد آنها ناگزیر به ردیابی سامانه‌های هم‌دید باران‌زا از سرچشمه تا محل پایان فعالیت آنها هستیم تا از این طریق به شناخت جامع-تری از ارتباط بین الگوهای گردش و سیلاب‌ها دست یابیم. به عبارت دیگر، شناسایی الگوهای هم‌دید پدید آورنده بارش‌های شدید موجد سیلاب نه تنها ساز و کار پیدایش آنها را آشکار می‌سازد بلکه برای پیش‌آگاهی و آمادگی رویارو شدن با آنها نیز سودمند است.

پیشینه تحقیق

در زمینه بارش‌های سنگین و سیل‌زا تحقیقات گسترده‌ای در جهان و ایران انجام شده است، با این وجود سابقه پژوهش‌های هم‌دید در این زمینه در ایران قدمت زیادی ندارد و اغلب این مطالعات در دو

یا سه دهه اخیر صورت گرفته است. یارنال و فریکس (Yarnal & feriqse, 1994) رابطه بین الگوهای گردش و طغیان‌های حوضه ساسکوانا در جنوب غربی ایالت پنسیلوانیا را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که فراوان‌ترین و مهم‌ترین الگوی توالی در ایجاد سیلاب‌های حوضه مزبور کم‌فشارهای قوی هستند که جبهه‌های سرد و گرم شدید دارند (علیجانی، ۱۳۸۵: ۱۵۷). کمپوسکیو و همکاران (Komuscu et al., 1998) به تحلیل هواشناسی عوامل ایجاد کننده سیلاب‌های بزرگ روزهای سوم و چهارم نوامبر ۱۹۹۵ شهر از میر ترکیه پرداختند. بر اساس یافته‌های آنها در مقیاس متوسط پدیده‌هایی چون وزش سطوح پایین، چرخندگی مثبت و همگرایی شدید در سطوح بالا از عوامل بروز توفان‌های شدید منجر به وقوع سیلاب‌های ویرانگر می‌باشد. کریچاک و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی توفان‌های شدید ۲ نوامبر ۱۹۹۴ جنوب شرقی مدیترانه به این نتیجه رسیدند که پیشرفت این توفان‌ها نتیجه غیرآدیاباتیک شدید ناشی از مقدار زیاد گرما و رطوبت موجود در هوای حاره‌ای می‌باشد. روهلی و همکاران (Rohli et al., 2001) رابطه بین الگوهای گردش و دبی حوضه دریاچه‌های بزرگ آمریکا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که تغییرات رواناب در ناحیه مذکور با میانگین ماهانه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال رابطه ضعیف، اما با فشار تراز دریا بر روی ایالت‌های میسوری و ایلینویز همبستگی بالا دارد. کاهانا (Kahana et al., 2002) در بررسی سینوپتیکی کلیماتولوژی سیل‌های بزرگ در بیابان نخب به مطالعه ۵۲ مورد سیل در منطقه پرداخته است که نتایج این پژوهش حاکی از آن است که در ۳۷ مورد از سیل‌های به وقوع پیوسته دو الگو وجود دارد: ناه عمیق بر فراز دریای سرخ و دیگری کم‌فشار سوریه. ترویوکی کاتو (Teruyuki Kato, 2004) بارش‌های ناحیه ناگاتافوی کوشیما را در روزهای سیزدهم و هجدهم ۲۰۰۴ بررسی کرده و نتیجه گرفته که عامل اصلی این نوع بارش‌ها، تشدید ناپایداری همرفتی ناشی از هوای مرطوب سطح پایین و هوای

ترمودینامیکی واقعه سیل اسفندماه ۱۳۷۱ در حوضه آبی کارون پرداختند. آنان به این نتیجه رسیدند که استقرار یک مرکز کم‌فشار بر روی شرق شبه جزیره عربستان سبب انتقال رطوبت و گرما به درون سامانه کم‌فشار جنوب غرب ایران شده و میزان رطوبت را به مقدار زیادی افزایش داده است. مرادی (۱۳۸۰) ضمن بررسی سینوپتیکی سیلاب ۲۱ آبان ماه سال ۱۳۷۵ در نواحی مرکزی استان مازندران، عامل اصلی وقوع بارش را حاکمیت پشته پرفشار در سطح زمین و حضور ناوه در ترازهای بالایی جو می‌داند. اسدی و مسعودیان (۱۳۸۳) با هدف بررسی سیستم‌های وارد شده به منطقه و مطالعه سینوپتیکی بارندگی و سیستم‌های جوی موجب بارش‌های سنگین طی روزهای ۱۷ الی ۲۲ دی ماه سال ۱۳۸۰ در شیراز، نشان دادند که سیستم‌های باران‌زای مدیترانه‌ای، سودانی - دریای سرخ در صورت حاکمیت کم‌فشار در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال از عوامل ایجاد این سیلاب بوده است. مرادی (۱۳۸۳) به پیش‌بینی سیلاب‌ها بر اساس موقعیت سامانه‌های همدید در شمال شرق ایران پرداخته و به این نتیجه رسیده است که در ایجاد بارش‌های سیل‌زا در این منطقه چهار الگوی کم‌فشارهای مهاجر قطبی اروپایی، کم‌فشارهای مدیترانه‌ای، کم‌فشارهای سودانی - دریای سرخ و کم‌فشارهای مهاجر قطبی سیبری مؤثر هستند. مفیدی (۱۳۸۳) در پژوهشی با هدف اقلیم‌شناسی سینوپتیکی بارش‌های سیل‌زا با منشأ منطقه دریای سرخ در خاورمیانه به این نتیجه رسید که شدیدترین بارش در منطقه دریای سرخ هنگامی اتفاق می‌افتد که ناوه امواج غربی در ترازهای میانی جو به سمت شرق مدیترانه حرکت نموده و به منطقه دریای سرخ نفوذ نماید. مسعودیان (۱۳۸۴- الف) در مطالعه‌ای تحت عنوان شناسایی الگوهای گردشی پدیدآورنده سیلاب‌های بزرگ در کارون، شش الگوی گردشی ایجاد کننده سیلاب‌های بزرگ در کارون را شناسایی نمود و نشان داد که الگوی کم‌ارتفاع، ارتباط معناداری با بارش و رواناب دارد. همچنین، مسعودیان (۱۳۸۴- ب) در پژوهشی به پیش‌بینی سیلاب‌های استان

خشک سطح بالا بوده است. زیو و همکاران (Ziv et al., 2005) توفان‌های ایجادکننده سیلاب‌های بزرگ حاره‌ای در میانه زمستان جنوب اسرائیل را در روزهای ۲۳-۲۰ دسامبر ۱۹۹۳ بررسی کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد این توفان‌ها حاصل ناوه فعال دریای سرخ می‌باشد. لی دونگ کیو و همکاران (Lee Dong-Kyou et al., 2009) بارش‌های سنگین هجده روزه، از سوم جولای تا هفدهم اگوست ۱۹۸۸ جنوبی را با استفاده از روشی گسترشی با مقیاس همدیدی مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین علت بارش‌ها استقرار جبهه‌های موسمی بوده که به مدت بیست روز بر روی مرکز چین و شبه جزیره کره حاکمیت داشته است. کارلالیما و همکاران (Carla Lima et al., 2009) ضمن بررسی رویدادهای بارش سنگین در تابستان‌های گرم و مرطوب در جنوب شرقی برزیل نشان دادند که این رویدادها اکثراً ناشی از دو نوع آشفتگی جوی هستند: جبهه سرد (در حدود ۵۳ درصد از رویدادها) و منطقه همگرایی آتلانتیک جنوبی (۴۸ درصد از رویدادها) را در بر می‌گیرد. ماتسرانگلو و همکاران (Mastrangelo et al., 2009) به مطالعه سازوکارهای رخداد بارش‌های سنگین طولانی مدت جنوب شرق ایتالیا پرداختند. همچنین، بارش‌های فرین مرتبط با الگوهای همدید در جنوب شبه جزیره ایبری نیز توسط هیدالگو - موز و همکاران (Hidalgo-Munoz et al., 2001) مورد واکاوی قرار گرفت.

در ایران نیز باقری (۱۳۷۲) ضمن بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در شمال ایران به این نتیجه رسید که بارش‌های سیل‌زا نتیجه حضور و اچرخندی است که در شمال و شمال شرق دریای خزر مستقر شده است. همزمان با بارش‌های شدید، رودباد جنب حاره نیز در منطقه حضور داشته است. غیور (۱۳۷۵) ضمن بررسی سیل و مناطق سیل خیز در ایران به عوامل پیدایش سیلاب، توزیع جغرافیایی سیل و توزیع مکانی سیلاب در ایران و سرانجام روش‌های مقابله با سیل پرداخته است. کاویانی و حجتی زاده (۱۳۸۰) به تحلیل سینوپتیکی و

روش تحقیق

لازمه انجام صحیح و اصولی هر پژوهشی تهیه پایگاه داده مناسب می‌باشد، در این مطالعه همدید نیز نیاز به دو پایگاه داده ضرورت می‌یابد: یکی پایگاه داده رویداد محیطی (سطحی) مورد نظر که در این پژوهش، بارش روزانه است و دیگری پایگاه داده جوی که چگونگی جریان‌های جوی را مشخص می‌کند. به عبارت دیگر، پایگاه داده این پژوهش از دو گروه متغیر تشکیل شده است: یک گروه متغیرها و داده‌های جوی مشتمل بر ارتفاع ژئوپتانسیل^۱ تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (برحسب ژئوپتانسیل متر)، باد مداری^۲ و باد نصف النهاری^۳ (بر حسب متر بر ثانیه) و نم ویژه^۴ (برحسب گرم بر کیلوگرم) طی ساعت‌های ۰۰:۰۰، ۰۶:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰ گرینویچ در محدوده ۰ تا ۸۰ درجه شمالی و ۰ تا ۱۲۰ درجه شرقی با تفکیک مکانی ۲/۵×۲/۵ درجه قوسی که از پایگاه داده (NCEP/NCAR)^۵ وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس شناسی ایالات متحده آمریکا برداشت شده است و گروه دیگر داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه طی روزهای ۷ تا ۱۴ فروردین ماه ۱۳۹۱ (۲۶ مارس الی ۲ آپریل ۲۰۱۲) می‌باشد (جدول ۱).

به منظور شناسایی الگوهای گردشی موج بارش‌های شدید موجد سیل در استان فارس در فروردین ۱۳۹۱، ابتدا در قالب رویکرد محیطی به گردشی تاریخ وقوع سیل در قلمرو مطالعاتی استخراج گردید. سپس بارش‌های روزانه ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه گردآوری و بدین ترتیب، روزهایی که بارش سنگین در قلمرو مورد بحث حادث شده، مشخص گردید. در نهایت نقشه‌های الگوهای گردشی فشار تراز دریا، تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، الگوهای ضخامت جو ترازهای ۱۰۰۰-۵۰۰ هکتوپاسکال و تابع همگرایی شار رطوبت از روز ۷ تا ۱۴ فروردین ۱۳۹۱

چهارمحال و بختیاری پرداخته است. بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که از ۱۷ الگوی گردشی شناسایی شده تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال چهار الگوی ناوه دریای سیاه، ناوه غرب مدیترانه، ناوه سوریه و ناوه شرق مدیترانه بیشترین ارتباط را با بارش‌های این استان دارند. حجازی‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) در پژوهش خود با عنوان بررسی و شناسایی الگوهای سینوپتیکی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مولد سیلابهای مخرب و فراگیر سطح حوضه دریاچه ارومیه طی دوره ۸۴-۱۳۷۰ به این نتیجه رسیدند که به هنگام وقوع سیلاب‌های مذکور محور تراف به سمت عرض‌های جغرافیایی پایین عمیق‌تر شده و موقعیت حوضه دریاچه ارومیه نسبت به اغتشاشات سطح بالا به گونه‌ای بوده که یا در زیر منطقه واگرایی بالایی جلو تراف‌های موج کوتاه بادهای غربی قرار گرفته، یا در زیر قسمت جلوی سیستم سینوپتیکی سردچال بالایی واقع شده و یا این که در زیر قسمت جلوی بادهای غربی مسیر جنوبی سیستم مانع قرار گرفته است. پرند خوزانی و لشکری (۱۳۸۹) به بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در جنوب ایران پرداخته‌اند. آنان به این نتیجه رسیده‌اند که طوفان‌های شدید که منجر به وقوع بارش‌های سنگین و سیل‌آسا در این منطقه شده‌اند نتیجه تقویت و گسترش مرکز کم‌فشار سودان و منطقه همگرایی دریای سرخ و در مواردی هم ناشی از ادغام مرکز کم‌فشار سودان با مرکز کم‌فشار مدیترانه‌ای بوده است. در این پژوهش به صورت موردی موج بارشی شدید فروردین ماه ۱۳۹۱ استان فارس به‌صورت همدید مورد توجه قرار گرفته است. در واقع این پژوهش سعی بر این دارد که الگوهای گردشی پدیدآورنده بارش‌های شدید سیل‌زای فروردین ۱۳۹۱ را در استان فارس شناسایی کند تا در صورت امکان از طریق پیش بینی این نوع الگوها، قبل از وقوع سیل بتوان اقدامات پیش‌گیرانه لازم را جهت جلوگیری از خسارات احتمالی را به عمل آورد.

1- Hgt

2- Uwnd

3- Vwnd

4- Shum

5-National Center for Environmental Prediction/
National Center for Atmospheric Research

بحث اصلی

بر اساس جدول ۱، بیشینه بارش به ترتیب در ایستگاه‌های لار با ۰/۳ میلی‌متر در روز ۸ فروردین، استهبان با ۲۲/۴ میلی‌متر در روز ۹ فروردین، بوانات با ۴۲/۶ میلی‌متر در روز ۱۰ فروردین و اقلید با ۶۷/۸ میلی‌متر و ۴۳/۸ میلی‌متر در روزهای ۱۱ و ۱۲ فروردین به وقوع پیوسته است.

در این راستای هدف پژوهش، الگوهای فشار تراز دریا، الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، الگوهای ضخامت ترازهای ۱۰۰۰-۵۰۰ هکتوپاسکال، نقشه‌های شار رطوبت ترازهای ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ترسیم گردید. لازم به ذکر است

که نقشه‌های ترسیم شده برای الگوهای فشار تراز دریا، الگوهای گردشی و الگوهای ضخامت جو در تاریخ‌های مورد نظر به صورت میانگین روزانه و نقشه‌های شار رطوبت به علت تغییرات شدید ساعت به ساعت، به صورت شش ساعت طی ساعت‌های ۰۰:۰۰، ۰۶:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰ به وقت گرینویچ ترسیم شده است. بررسی نقشه‌های همگرایی شار رطوبت به واسطه تحلیل نقشه‌های فراوانی رطوبت، نشان از اهمیت تراز ۱۰۰۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال طی ساعت ۱۸ در تأمین رطوبت برای بارش‌های موجد سیل در منطقه مورد نظر داشت که در ادامه بدان می‌پردازیم.

جدول ۱: بارش روزانه (۲۴ ایستگاه استان فارس طی روزهای ۱۴ تا ۱۳ فروردین ۱۳۹۱)

روز	۷ فروردین	۸ فروردین	۹ فروردین	۱۰ فروردین	۱۱ فروردین	۱۲ فروردین	۱۳ فروردین	۱۴ فروردین	ایستگاه	شماره
آباده	-	-	۴,۷	۶,۶	۱۴,۱	۱۷,۶	-	-	۱	
اردکان	-	-	۱۸,۸	۲۰,۳	۴۹,۱	۲۷,۹	-	-	۲	
ارسنجان	-	-	۱۰,۵	۷,۶	۵,۵	۹,۷	-	-	۳	
استهبان	-	-	۲۲,۴	۶,۹	-	۱۷,۴	-	-	۴	
اقلید	-	-	۸,۳	۲۴,۶	۶۷,۸	۴۳,۸	-	-	۵	
ایزدخواست	-	-	۷,۵	۱,۱	۲,۶	۲۱,۳	-	-	۶	
بوانات	-	-	۳	۴۲,۶	۳۰	۳۱,۶	-	-	۷	
تخت جمشید	-	-	۶,۵	۷,۸	۱۲,۹	۱۳,۸	-	-	۸	
جهرم	-	-	۸,۶	۰,۹	-	۸,۱	-	-	۹	
داراب	-	-	۹,۲	۰,۸	-	۳,۱	-	-	۱۰	
درودزن	-	-	۵,۵	۲۳,۸	۲۱,۸	۲۷	-	-	۱۱	
زرقان	-	-	۷,۴	۳,۵	۱۴,۹	۱۶,۹	-	-	۱۲	
زرین دشت	-	-	۱,۹	-	-	۶,۵	-	-	۱۳	
شیراز	-	۰,۱	۸,۶	۴,۴	۸,۹	۱۱,۶	-	-	۱۴	
صفاشهر	-	-	۵,۱	۱۰,۳	۲۴,۴	۱۲,۱	-	-	۱۵	
فرشبند	-	-	۶,۸	۲,۴	-	۷,۷	-	-	۱۶	
فسا	-	-	۲۱,۲	۵,۳	-	۴,۸	-	-	۱۷	
فیرزآباد	-	-	۱۴,۹	۳,۴	۰,۴	۱۵,۸	-	-	۱۸	
فیرو کارزین	-	-	۱۰,۶	۰,۹	-	۱۱,۲	-	-	۱۹	
کازرون	-	-	۴,۸	۲,۹	۹,۲	۱۱	-	-	۲۰	
لار	-	۰,۳	-	-	-	۲,۹	-	-	۲۱	
لامرد	-	-	۰,۴	-	-	۰,۵	-	-	۲۲	
نورآباد ممسنی	-	-	۹,۲	۶,۲	۱۵,۸	۱۴,۹	-	-	۲۳	
نی ریز	-	-	۸,۱	۲,۵	-	۷,۵	-	-	۲۴	

* منبع: اداره هواشناسی استان فارس

(محدوده بین دریای خزر و دریای سیاه) هسته کم‌فشاری مستقر است که زبانه‌های آن ایران را در بر گرفته است. البته یک هسته کم‌فشار نیز در جنوب غرب دریای سرخ حضور دارد که زبانه‌های آن تا میانه دریای سرخ کشیده شده است. در روز بعد این هسته‌های فشار به سمت مناطق شرقی خود حرکت نموده؛ ضمن این که ایران زیر سیطره کم‌فشار است.

الگوهای فشار تراز دریا: با توجه به نقشه‌های الگوهای فشار تراز دریا (شکل ۲) در روزهای مورد بحث، در تاریخ ۷ فروردین، در دو سوی شمال غرب و شمال شرق ایران هسته‌های پرفشار قوی دیده می‌شود. یک هسته با میزان ۱۰۲۵ هکتوپاسکال مابین دریاچه‌های آرال و بالخاش و دیگری در غرب اروپا حضور دارد که میزان فشار هسته مرکزی آن ۱۰۳۵ هکتوپاسکال می‌باشد. ما بین این دو هسته پرفشار

جدول ۲: میزان رطوبت روزانه ایستگاه‌های استان فارس ایران طی روزهای ۷ تا ۱۴ فروردین ۱۳۹۱

ردیف	ایستگاه	روز	۷ فرودین	۸ فرودین	۹ فرودین	۱۰ فرودین	۱۱ فرودین	۱۲ فرودین	۱۳ فرودین	۱۴ فرودین
۱	آباده		۳۶	۳۶	۶۵	۶۵	۸۰	۹۷	۹۵	۹۲
۲	اردکان		۲۸	۳۷	۹۲	۱۰۰	۹۸	۱۰۰	۵۴	۸۹
۳	ارسنجان		۳۷	۳۸	۷۸	۹۸	۹۳	۸۶	۶۳	۰
۴	استهبان		۹۱	۴۸	۸۰	۹۱	۶۳	۷۳	۳۲	۷۹
۵	اقلید		۳۵	۳۱	۶۹	۸۰	۹۷	۹۷	۸۶	۸۱
۶	ایزدخواست		۳۰	۲۵	۷۳	۸۷	۷۵	۹۲	۵۳	۸۶
۷	بوانات		۳۲	۲۲	۲۹	۷۸	۸۴	۷۰	۵۳	۷۸
۸	تخت جمشید		۶۴	۶۷	۸۴	۹۱	۹۸	۹۵	۸۱	۸۱
۹	چهرم		۸۷	۴۴	۷۸	۹۶	۶۹	۷۴	۸۳	۸۲
۱۰	داراب		۶۷	۶۷	۹۳	۹۴	۸۰	۹۳	۶۳	۷۴
۱۱	درودزن		۷۲	۶۲	۸۸	۹۳	۹۵	۹۵	۸۴	۸۸
۱۲	زرقان		۶۵	۵۹	۶۷	۸۷	۸۷	۹۳	۸۶	۸۳
۱۳	زرین دشت		۸۰	۴۶	۷۴	۷۸	۸۳	۴۷	۶۱	۸۷
۱۴	شیراز		۵۱	۷۸	۹۸	۹۸	۹۱	۹۸	۷۸	۷۹
۱۵	صفاشهر		۵۳	۴۲	۸۰	۸۱	۷۲	۹۵	۷۷	۸۸
۱۶	فراشیند		۶۶	۸۵	۸۰	۸۱	۷۲	۹۵	۷۷	۸۸
۱۷	فسا		۷۰	۸۰	۹۸	۹۸	۸۵	۹۸	۷۹	۸۸
۱۸	فیرآباد		۷۷	۴۶	۶۱	۹۸	۶۴	۹۱	۶۴	۶۴
۱۹	قیرو کارزین		۸۰	۵۰	۵۹	۹۲	۸۵	۷۷	۶۲	۶۹
۲۰	کازرون		۵۰	۶۵	۸۲	۸۶	۹۰	۹۳	۶۶	۸۵
۲۱	لار		۹۳	۹۱	۹۵	۷۹	۵۱	۶۵	۵۲	۶۰
۲۲	لامرد		۹۶	۹۶	۹۶	۷۶	۴۷	۴۶	۷۴	۵۹
۲۳	نورآباد ممسنی		۵۱	۷۸	۸۷	۹۶	۹۶	۹۲	۷۴	۹۲
۲۴	نی ریز		۶۵	۵۱	۷۱	۸۹	۶۵	۶۴	۶۱	۶۱

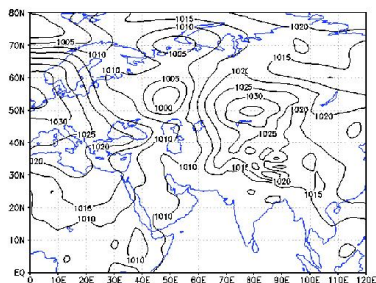
* منبع: اداره هواشناسی استان فارس

هسته کم‌فشار هم بر روی ایران مرکزی مستقر است. از دیگر سو زبانه‌های هسته پرفشاری که بر روی تبت دیده می‌شود تا نیمه جنوبی کشور امتداد یافته و

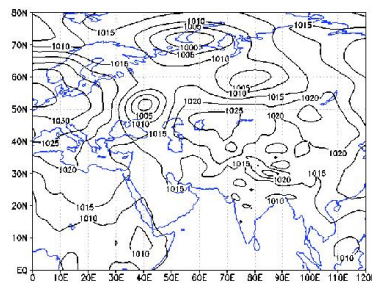
در تاریخ ۹ فروردین هسته کم‌فشار مستقر در شرق آفریقا به سمت عربستان حرکت نموده و زبانه‌های این هسته، خلیج فارس را نیز در بر دارد. یک

به ترتیب بر روی عربستان و ایران مرکزی دیده می‌شود، در منطقه مطالعاتی هم‌چنان شرایط دگر فشاری حاکم است.

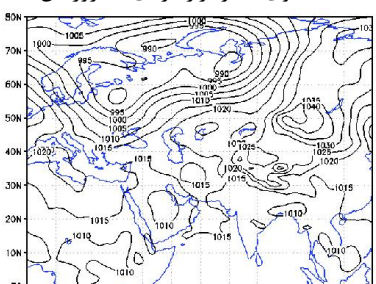
می‌توان گفت در محدوده مطالعاتی شاهد ایجاد شرایط تباین فشار هستیم. در روز ۱۰ فروردین با وجود حضور دو هسته تقریباً ضعیف کم‌فشار و پرفشار که



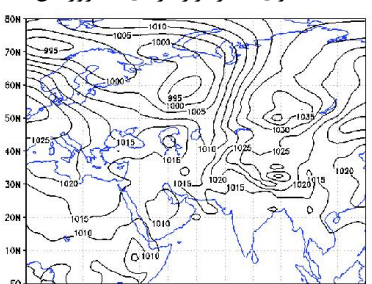
ب) الگوی فشار تراز دریای ۸ فروردین



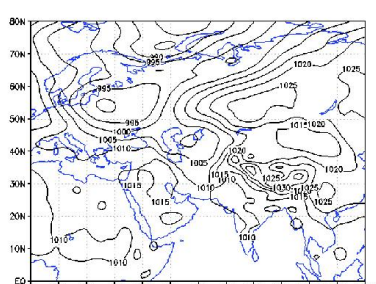
الف) الگوی فشار تراز دریای ۷ فروردین



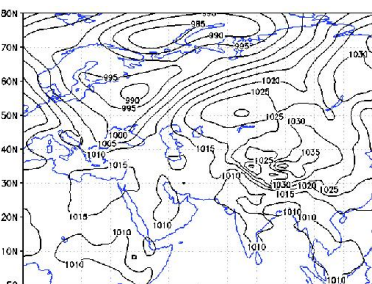
د) الگوی فشار تراز دریای ۱۰ فروردین



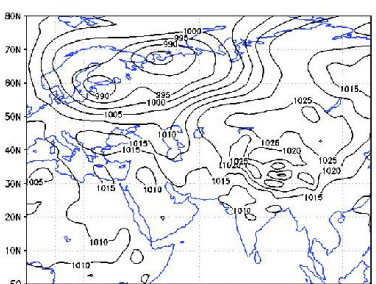
ج) الگوی فشار تراز دریای ۹ فروردین



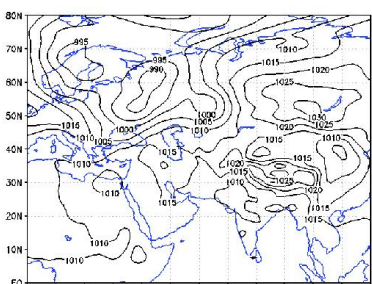
و) الگوی فشار تراز دریای ۱۲ فروردین



ه) الگوی فشار تراز دریای ۱۱ فروردین



ح) الگوی فشار تراز دریای ۱۴ فروردین



ز) الگوی فشار تراز دریای ۱۳ فروردین

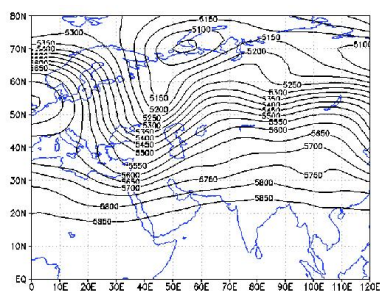
شکل ۲: نقشه‌های الگوهای فشار تراز دریا در تاریخ ۷ تا ۱۴ فروردین ۱۳۹۱ (بر حسب هکتوپاسکال)

خلیج فارس را نیز در بر گرفته است. هسته کم‌فشار دیگر بر روی شمال دریای سرخ مستقر است که از شمال غرب آفریقا تا سواحل شمال شرقی دریای سرخ

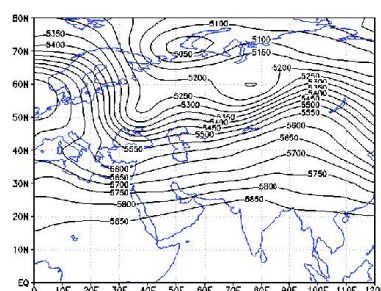
در روز ۱۱ فروردین سه هسته کم‌فشار در اطراف ایران دیده می‌شود، یک هسته در کرانه‌های جنوبی خزر و دیگری بر روی عربستان که تا شمال غرب

می‌پوشاند. در روز ۱۳ فروردین هر چند بر روی ایران خطوط هم‌فشار ۱۰۱۵ هکتوپاسکال دیده می‌شود ولی این خطوط زبانه‌های پرفشار مستقر بر روی فلات تبت می‌باشد که در روز ۱۴ فروردین این زبانه‌ها تا دریای سیاه نیز گسترده شده است (شکل ۲).

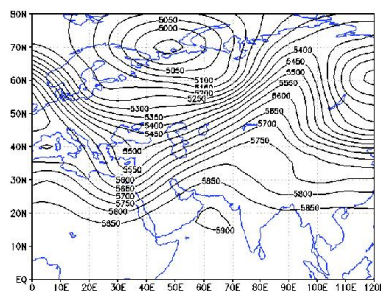
را زیر سیطره خود دارد. در روز ۱۲ فروردین ماه، هسته‌های کم‌فشار به هم نزدیک‌تر شده و هسته کم‌فشاری که طی روزهای قبل بر روی شرق اروپا دیده می‌شد، زبانه‌های آن در این روز تا جنوب شرق ایران پیشروی نموده است. همچنین مرکز کم‌فشار عربستان گسترده‌تر گشته و استان فارس را نیز



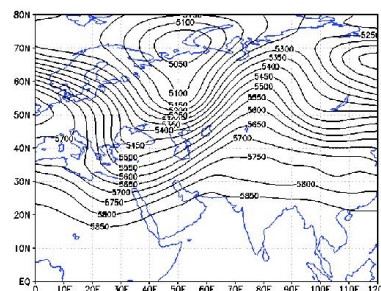
ب) الگوی گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۸ فروردین



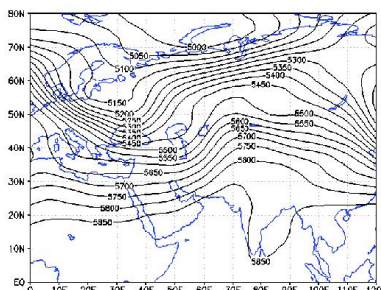
الف) الگوی گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۷ فروردین



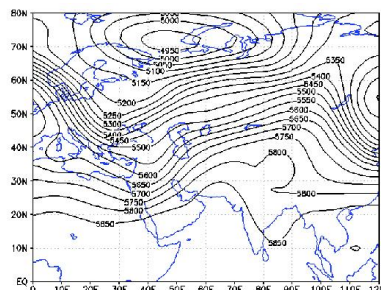
د) الگوی گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۱۰ فروردین



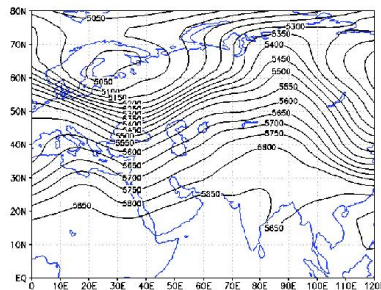
ج) الگوی گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۹ فروردین



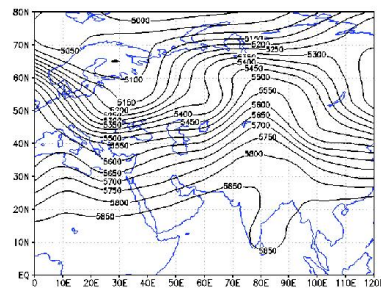
ب) الگوی گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۱۲ فروردین



الف) الگوی گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۱۱ فروردین



د) الگوی گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۱۴ فروردین



ج) الگوی گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۱۳ فروردین

شکل ۳: نقشه‌های الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۷ تا ۱۴ فروردین ۱۳۹۱ (بر حسب ژئوپتانسیل متر)

الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو:

بر اساس شکل ۳ که نمایانگر الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای مورد بررسی می‌باشد، می‌توان چنین تحلیل نمود که: در روز ۷ فروردین یک سردچال بر روی دریای کارا دیده می‌شود که زبانه‌های آن به صورت فرود نیمه عمیق تا شرق دریای مدیترانه به محور شمال شرقی، جنوب غربی کشیده شده است. آرایش خطوط ژئوپتانسیل در این روز بر روی ایران بیانگر حضور جوی آرام است. در روز ۸ فروردین بر عمق این فرود افزوده گشته که تا شمال دریای سرخ را در بر دارد و همچنین از لحاظ موقعیت مکانی با تغییر محور شمالی - جنوبی به مناطق شرقی‌تر جا به جا شده است. در این روز هر چند ایران در جلو فرود مستقر است ولی خطوط فشار بیانگر حضور جوی آرام بر ایران است. در روز ۹ فروردین، شرایط ناپایداری بر روی ایران شدیدتر گشته و فرود بسیار عمیق شده و تا شمال غرب آفریقا را در بر می‌گیرد. این فرود دارای دو محور است. محور شمالی - جنوبی که مستقر بر روی سبیری بوده و از شمال غرب دریای خزر تا حدودی محور آن شمال شرقی - جنوب غربی گشته است. در نیمه غربی ایران خطوط ژئوپتانسیل فشرده‌تر می‌باشند که بیانگر قدرت ناپیوستگی و افزایش شدت ناپایداری می‌باشد که این ناپایداری می‌تواند نتیجه حضور فراز در نیمه شرقی کشور نیز باشد.

در روز ۱۰ فروردین هر چند حضور فرود در شمال ایران کم‌رنگ‌تر شده، اما در غرب ایران فرودی نیمه عمیق دیده می‌شود که از دریای سیاه تا شمال شرق آفریقا را در بر می‌گیرد. فرازی که از هسته مستقر روی دریای عرب نشأت گرفته، عمیق‌تر شده که حضور این دو پدیده در شرق و غرب ایران، موجب ناپایداری و اغتشاشات شدیدتری نسبت به روز قبل در نیمه غربی کشور شده است. در روز ۱۱ فروردین ماه، هر چند فرود حرکتی به سوی شرق داشته و به ایران نزدیک‌تر گشته؛ اما عمق آن کمتر شده است. با این وجود نیمه غربی کشور، در شرق این فرود مستقر است. در روز بعد (۱۲ فروردین) این فرود کاملاً بر روی ایران قرار گرفته و در عین حال از عمق آن بسیار کم شده و نیمه غربی کشور

در غرب این فرود دیده می‌شود. آرایش خطوط در جنوب غرب ایران تقریباً مداری است که بیانگر آرامش نسبی جو در این منطقه می‌باشد. در روز ۱۳ فرودین فرود کاملاً از ایران خارج شده و بر روی ایران خطوط ژئوپتانسیل آرایشی مداری را نشان می‌دهند.

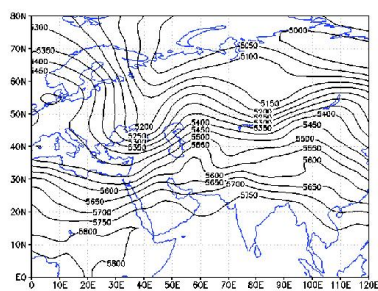
هر چند در روز ۱۴ فروردین فرودی دیگر بر روی دریای سیاه تا دریای سرخ مستقر گشته و انتظار حضور اغتشاشات جدید می‌رود، ولی این روز پایان دوره بارشی مورد بررسی است و ایران تقریباً جوی آرام را نشان می‌دهد (شکل ۳).

تحلیل الگوهای ضخامت جو در ترازهای ۱۰۰۰-

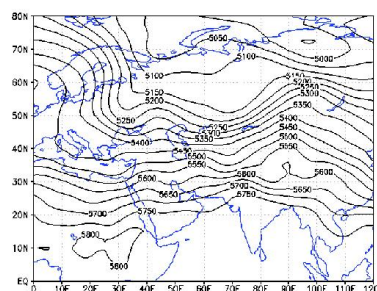
۵۰۰ هکتوپاسکال: بر اساس شکل ۵ و بررسی نقشه‌های ضخامت جو طی روزهای ۷ تا ۱۴ فروردین ۱۳۹۱ مشخص شد که در روز ۷ فروردین ماه، آرایش خطوط ضخامت، بر روی ایران تقریباً مداری بوده که نشان دهنده حضور جوی آرام می‌باشد. در روز ۸ فروردین یک فرود نیمه عمیق در شمال غرب ایران دیده می‌شود که از شرق روسیه تا شرق مدیترانه را در بر می‌گیرد و بیانگر ریزش هوای سرد از سمت شمال سبیری به عرض ۳۰ درجه ی شمالی است. از دیگر سو، در نیمه شرقی کشور، هوای گرم و مرطوب از سمت دریای عمان تا محدوده بین دریای خزر و دریاچه آرال را در بر می‌گیرد که این دو پدیده سبب کاهش ضخامت جو بر روی ترکیه و عراق گشته و خطوط فشرده‌تر بیانگر ناپیوستگی و حضور جبهه در این محل می‌باشد. در روز ۹ فروردین عمق فرود بیشتر شده و هوای سرد از دو سو به نیمه غربی ایران وارد گشته: شمال سبیری و غرب اروپا. نفوذ زبانه‌های گرم و مرطوب از سمت دریای عمان و دریای عرب به شرق ایران، سبب فشردگی شدید خطوط در غرب ایران و حضور ناپیوستگی و تشکیل جبهه در این محدوده شده است. در این روز غرب ایران، در نیمه شرقی فرود (جلو فرود) قرار گرفته که این محل همراه با صعود هوا و واگرایی بالایی بوده که نتیجه آن حضور جبهه می‌باشد. در روز بعد (۱۰ فروردین) فرود دریای سیاه به سمت شرق حرکت نموده و محور آن شمال شرقی - جنوب غربی گشته و خطوط ضخامت در

وارد شده است. روز دوازدهم فروردین فرود تغییر محور داده و شمال غربی-جنوب شرقی شده که با این آرایش، محور آن کاملاً بر منطقه مطالعاتی منطبق گشته و استان فارس کاملاً در شرق فرود دیده می‌شود. آرایش خطوط ضخامت جو در روزهای بعد (۱۳ و ۱۴ فروردین) بیانگر استقرار جو آرام بر روی ایران می‌باشد که گویای خروج جبهه و سیستم بارش‌زا از روی منطقه مطالعاتی می‌باشد.

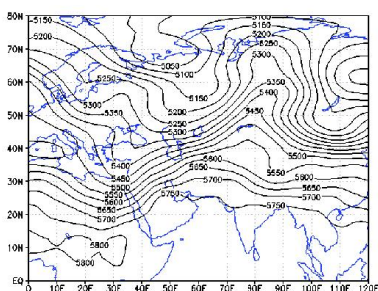
جنوب غرب ایران فشرده‌تر شده و از ضخامت جو در این منطقه کاسته شده است. در نیمه شرقی ایران با افزایش ضخامت جو روبرو هستیم. در روز یازدهم فروردین محور فرود کاملاً شمالی-جنوبی شده و هر چند به ایران نزدیک‌تر گشته ولی در جنوب غرب ایران از ضخامت جو کاسته شده که این افزایش ضخامت ناشی از نفوذ زبانه‌های هوای گرمی است که از سمت دریای عمان و اقیانوس هند به شرق ایران



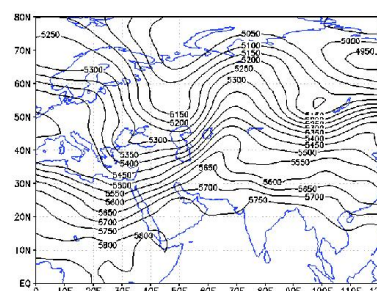
ب) الگوی ضخامت جو ۸ فروردین



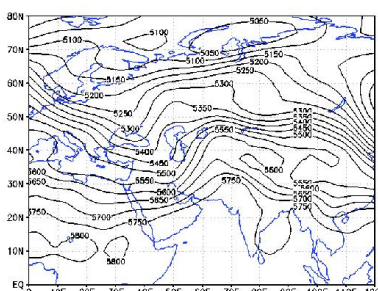
الف) الگوی ضخامت جو ۷ فروردین



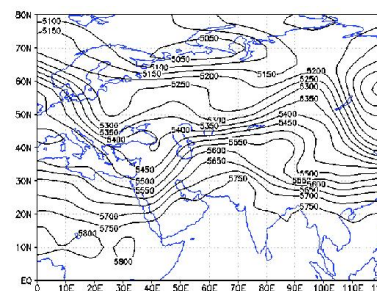
د) الگوی ضخامت جو ۱۰ فروردین



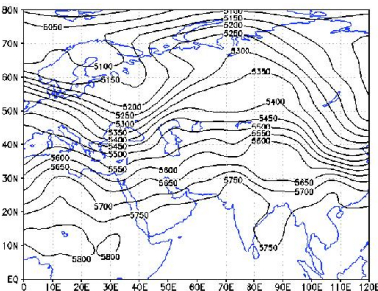
ج) الگوی ضخامت جو ۹ فروردین



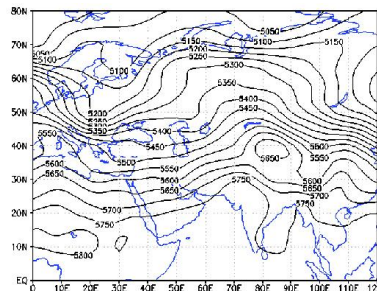
و) الگوی ضخامت جو ۱۲ فروردین



ه) الگوی ضخامت جو ۱۱ فروردین



ح) الگوی ضخامت جو ۱۴ فروردین

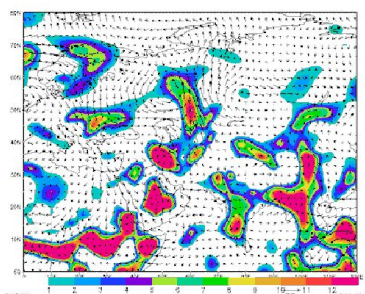


ز) الگوی ضخامت جو ۱۳ فروردین

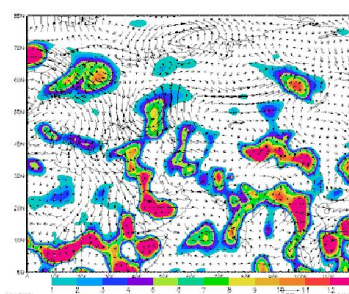
شکل ۵: نقشه‌های الگوهای ضخامت جو در تاریخ ۷ تا ۱۴ فروردین ۱۳۹۱

پس از بررسی نقشه‌ها، مشخص گردید که ترازهای ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال طی ساعت ۱۸:۰۰، ترازهایی هستند که اهمیت زیادی در تأمین رطوبتی برای بارش در منطقه مورد نظر دارند. آن چه در پی می‌آید تحلیل نقشه‌های رطوبتی این دو تراز است (شکل‌های ۴ و ۵).

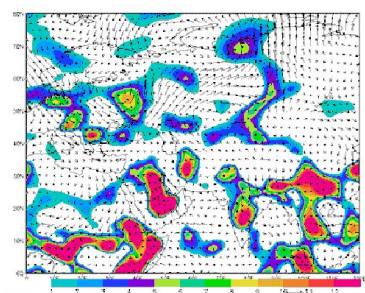
تحلیل تابع همگرایی شار رطوبت: در ارزیابی معادله همگرایی شار رطوبت و شناخت منابع رطوبتی بارش‌ها برای تاریخ‌های مورد مطالعه، تابع همگرایی شار رطوبت در شش تراز طی ساعت‌های چهارگانه همدید، تحلیل گردید و سپس برای هر روز یک نقشه میانگین تهیه شد. سپس برای تک تک ترازها نقشه‌های فراوانی هسته‌های رطوبتی ترسیم گردید و



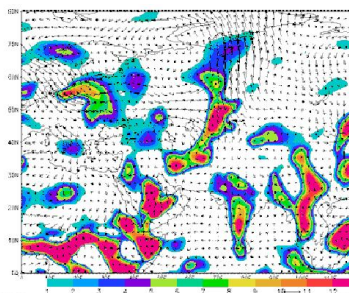
ب) تابع همگرایی شار رطوبت ۸ فروردین



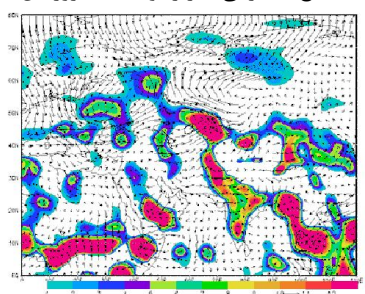
الف) تابع همگرایی شار رطوبت ۷ فروردین



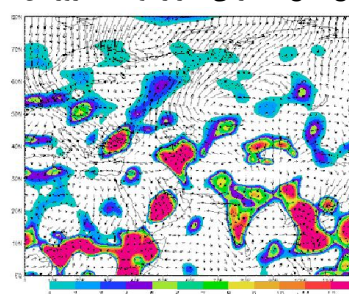
د) تابع همگرایی شار رطوبت ۱۰ فروردین



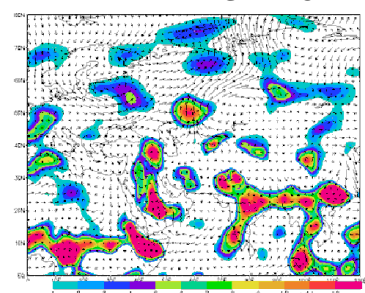
ج) تابع همگرایی شار رطوبت ۹ فروردین



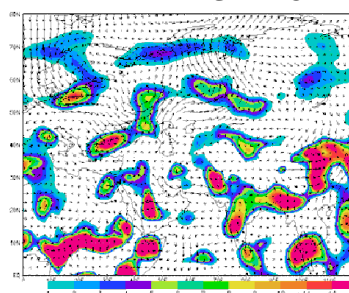
و) تابع همگرایی شار رطوبت ۱۲ فروردین



ه) تابع همگرایی شار رطوبت ۱۱ فروردین



ح) تابع همگرایی شار رطوبت ۱۴ فروردین

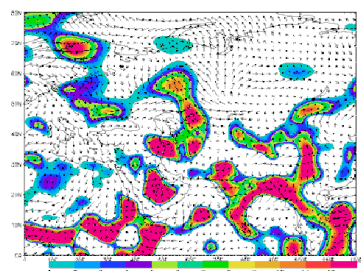


ز) تابع همگرایی شار رطوبت ۱۳ فروردین

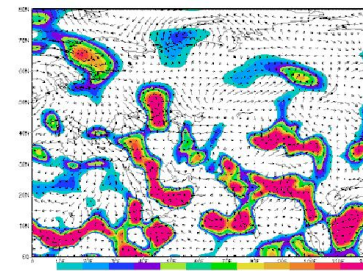
شکل ۴: نقشه‌های تابع همگرایی شار رطوبت تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال ساعت ۱۸:۰۰ بر حسب $10^{-5} \text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

دریای عرب، مدیترانه و دریای سرخ تأمین رطوبت می‌نماید. این هسته قوی اثری بر منطقه ندارد. در روز بعد هر چند محدوده گسترش این هسته رطوبتی کم شده؛ اما به سمت جنوب غرب خلیج فارس حرکت نموده و به جز مدیترانه از دیگر پهنه‌های آبی اطرافش تأمین رطوبت می‌شود. همچنین، یک هسته رطوبتی قوی در نیمه شمالی کشور حضور دارد که از سمت خلیج فارس، دریای سیاه و دریای خزر رطوبت تأمین می‌نماید.

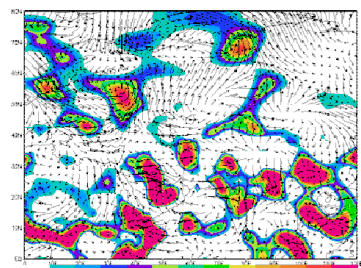
با توجه به نقشه همگرایی شار رطوبت ترسیم شده برای تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال برای اولین روز مورد بررسی (۷ فروردین) یک هسته رطوبتی در شرق ایران دیده می‌شود که زبانه‌های آن با رطوبت بسیار کم قسمتی از استان فارس را نیز در بر دارد. آرایش بردارهای سرعت و حضور این هسته بیانگر تزریق رطوبت از سمت دریای عمان می‌باشد. یک هسته بسیار قوی نیز بر روی عربستان دیده می‌شود که تا شرق مدیترانه نیز امتداد دارد و از سوی خلیج فارس،



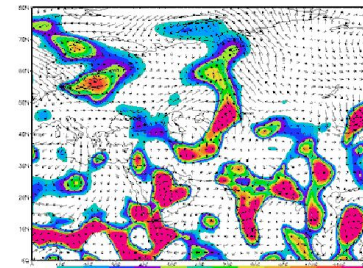
ب) تابع همگرایی شار رطوبت ۸ فروردین



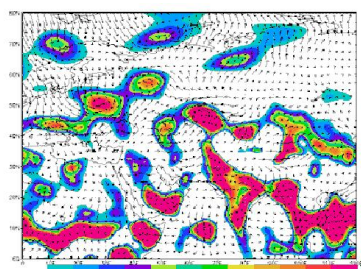
الف) تابع همگرایی شار رطوبت ۷ فروردین



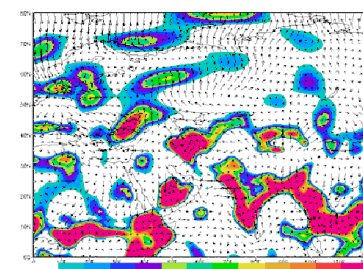
د) تابع همگرایی شار رطوبت ۱۰ فروردین



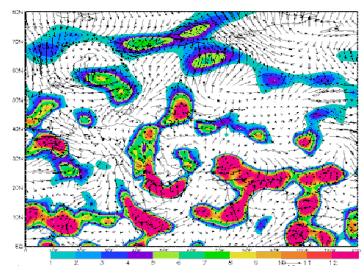
ج) تابع همگرایی شار رطوبت ۹ فروردین



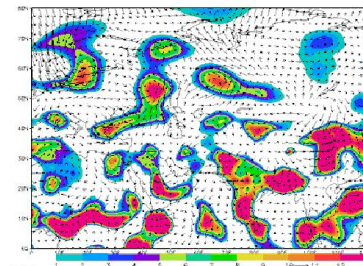
و) تابع همگرایی شار رطوبت ۱۲ فروردین



ه) تابع همگرایی شار رطوبت ۱۱ فروردین



ح) تابع همگرایی شار رطوبت ۱۴ فروردین



ز) تابع همگرایی شار رطوبت ۱۳ فروردین

شکل ۵: نقشه‌های تابع همگرایی شار رطوبت تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۸:۰۰ بر حسب $10^{-5} \text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با توجه به نقشه‌های فشار تراز دریا در روزهای اوج بارش (۹ تا ۱۱ فروردین) جنوب غرب ایران، خصوصاً منطقه فارس زیر سیطرهٔ زبانه‌های کم‌فشار می‌باشد. همچنین، نقشه‌های الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز نشان داد رخداد بارش‌های شدید استان فارس ناشی از حضور فرود بسیار عمیق بر روی دریای سیاه و شرق مدیترانه بوده که به دنبال پشته مستقر بر روی غرب مدیترانه ظاهر گردیده است. این موضوع می‌تواند از این حیث که منطقه مطالعاتی زیر نفوذ کم‌فشار بوده موید تحقیقات اسدی و مسعودیان (۱۳۸۰) باشد که نشان دادند در صورت حاکمیت کم‌فشار در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال سیستم‌های باران‌زای مدیترانه‌ای، سودانی- دریای سرخ از عوامل ایجاد سیلاب سال ۱۳۸۰ شیراز بوده است. البته بر اساس این پژوهش استقرار فرودی بسیار عمیق بر روی دریای سیاه و شرق مدیترانه در تراز میانی جو می‌تواند عامل رخداد بارش‌های پدید آورندهٔ سیل در منطقه قلمداد شود. علاوه بر این، نقشه‌های ضخامت جو ترازهای ۵۰۰-۱۰۰۰ هکتوپاسکال بیانگر این مطلب است که هوای سرد از سمت شمال سبیری و غرب اروپا وارد نیمهٔ غربی ایران شده و با زبانه‌های گرم نفوذی از سوی دریای عمان و دریای عرب به سمت نیمهٔ شرقی کشور رفته و در محل برخورد این دو توده هوای گرم و سرد (نیمهٔ غربی ایران) ضخامت جو کاسته شده و ناپایداری جو و اغتشاشات سبب رخداد جبهه و متعاقب آن ریزش بارش شدید شده است. این موضوع موجب رخداد سیل در طول دوره مورد بررسی است. همچنین با تحلیل نقشه‌های تابع همگرایی شار رطوبت، منابع رطوبتی مؤثر در رخداد این نوع بارش‌ها شناسایی گردید که به ترتیب اهمیت عبارتند از: پهنه‌های آبی دریای سرخ، دریای عرب و خلیج فارس.

منابع

۱. اسدی، اشرف. سیدابوالفضل مسعودیان. ۱۳۸۳. بررسی سینوپتیکی سیلاب شیراز، دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، شیراز.

نقشهٔ تابع همگرایی شار رطوبت در روز ۹ فروردین نشانگر حضور هستهٔ رطوبتی قوی بر روی عربستان است که با هسته‌های رطوبتی آفریقا ادغام گشته و یک کمربندی از رطوبت را از غرب آفریقا تا شرق عربستان را می‌پوشاند. جهت بردارهای سرعت، نشان از ورود این رطوبت به جنوب غرب ایران است. در روز ۱۰ فروردین هسته رطوبتی عربستان قوی‌تر و گسترده‌تر شده و تا حدودی جنوب غرب ایران را نیز در بر می‌گیرد. یک هسته نیز در شرق ایران مستقر است که البته تأثیری بر روی منطقهٔ مطالعاتی ندارد.

در روز ۱۱ فروردین به دنبال افزایش سرعت باد، هسته‌های رطوبتی تشکیل شده اطراف محدوده مطالعاتی نیز بیشتر شده که از تمامی پهنه‌های آبی اطراف ایران تأمین رطوبت شده‌اند البته منابع رطوبتی اثرگذار بر روی استان فارس با توجه به بردارهای سرعت و هسته‌های رطوبتی، دریای عرب و خلیج فارس است. در روز ۱۲ فروردین با واگرایی شدن بردارهای سرعت و عقب نشینی هستهٔ رطوبتی به سمت مرکز عربستان، شاهد خروج رطوبت از استان فارس هستیم؛ هر چند رطوبت اندکی از سمت هستهٔ رطوبتی مستقر در نیمهٔ شمالی کشور وارد این منطقه می‌شود.

در روز ۱۳ فروردین یک هسته در شرق ایران دیده می‌شود ولی اثری بر محدوده مطالعاتی ندارد. هر چند در روز بعد دوباره هسته‌های رطوبتی تقویت گشته و گسترده‌تر شده‌اند ولی این روز انتهای دوره بارشی مورد بررسی می‌باشد که اثرگذار بر روی محدوده مطالعاتی نیست. با توجه به شکل‌های شماره ۹ و ۱۰ که نقشه‌های تابع همگرایی رطوبت روزهای مورد بررسی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۸ می‌باشد؛ همان شرایط تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال حاکم می‌باشد و تنها تفاوت آن قدرت بیشتر و گستردگی هسته‌های رطوبتی مستقر در اطراف ایران می‌باشد. آن چه در این نقشه‌ها چشمگیرتر است افزایش سرعت بردارهای باد و تغییر جهت ناگهانی آنها می‌باشد. نقشهٔ روز ۱۰ فروردین این تغییرات را به خوبی نشان می‌دهد.

۲. باقری، سعید. ۱۳۷۲. بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در شمال ایران، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، دانشکده علوم.
۳. پرنده خوزانی، اکرم، حسن لشکری. ۱۳۸۹. بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در جنوب ایران، مجله تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۲، تهران.
۴. حجازی‌زاده، زهرا، زین‌العابدین جعفرپور و نادر پروین. ۱۳۸۶. بررسی و شناسایی الگوهای سینوپتیکی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مولد سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه، نشریه علوم جغرافیایی، دوره ۷، جلد ۷، تهران.
۵. حجتی‌زاده، رحیم. ۱۳۸۱. بررسی سینوپتیکی سیلاب رودهای دامنه غربی زاگرس (با تأکید بر حوضه‌های کرخه و کارون-دز)، پایان‌نامه دوره دکتری جغرافیای طبیعی گرایش اقلیم‌شناسی، استاد راهنما: دکتر محمدرضا کاویانی، دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا.
۶. علیجانی، بهلول. ۱۳۸۵. اقلیم‌شناسی سینوپتیک، چاپ اول، تهران، انتشارات سمت.
۷. غیور، حسنی. ۱۳۷۵. سیل و مناطق سیل‌خیز در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۰، مشهد.
۸. کاویانی، محمدرضا، رحیم حجتی‌زاده. ۱۳۸۰. تحلیل سینوپتیک و ترمودینامیک واقعه سیل اسفندماه ۱۳۷۱ در حوضه آبی کارون، مجله علمی- پژوهشی دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه اصفهان، دوره دوم، شماره ۲۶ و ۲۷، اصفهان.
۹. مارتین، جانان. ۲۰۰۶. دینامیک جو در عرض میانه، ترجمه سیدابوالفضل مسعودیان، ۱۳۸۸، چاپ اول، اصفهان، انتشارات دانشگاه اصفهان و سمت.
۱۰. مرادی، حمیدرضا. ۱۳۸۰. بررسی سینوپتیک سیلاب ۲۱ آبان ماه سال ۱۳۷۵ در نواحی مرکزی استان مازندران، آموزش جغرافیا، سال شانزدهم، شماره ۵۷، تهران.
۱۱. مرادی، حمیدرضا. ۱۳۸۳. پیش‌بینی سیلاب‌ها بر اساس موقعیت‌های سامانه‌های همدید در شمال شرق ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۵، مشهد.
۱۲. مسعودیان، سیدابوالفضل. ۱۳۸۴. شناسایی الگوهای گردشی پدید آورنده سیلاب‌های بزرگ در کارون، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۵، زاهدان.
۱۳. مسعودیان، سیدابوالفضل. ۱۳۸۴. پیش‌بینی و برآورد سیلاب در استان چهارمحال و بختیاری، طرح پژوهشی استانداری چهارمحال و بختیاری.
۱۴. مفیدی، عباس. ۱۳۸۳. اقلیم‌شناسی سینوپتیکی بارش‌های سیل‌زا با منشأ دریای سرخ در خاورمیانه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۵، مشهد.
۱۵. یارنال، برنت. ۱۹۹۳. اقلیم‌شناسی همدید و کاربرد آن در مطالعات محیطی، ترجمه سیدابوالفضل مسعودیان، چاپ اول، اصفهان، انتشارات دانشگاه اصفهان.
16. Banacos. P.G., and Schulta, D.M. 2004. Moisture Flux Convective Initiation Forecasting, www.ams.confex.com
17. Carla Lima, K., Satyamurty, P. and Reyes Fernández, J.P. 2009. Large-Scale Atmospheric Conditions Associated with Heavy Rainfall Episodes in Southeast Brazil, Theoretical and Applied Climatology, Springer Wien, DOI. 10.1007/s00704-009-0207-9.
18. Hidalgo-Munoz, J.M., Argüeso, D., Gamiz-Fortis, S.R., Esteban-Parra, M.J., and Castro-Diez, Y. 2011. Trends of extreme precipitation and associated synoptic patterns over the southern Iberian Peninsula. Journal of Hydrology 409, 497-511.
19. Kahana, R. 2002. Synoptic Climatology of Major Floods in the Negev Desert, J. Climatol, 22:867-882.
20. Kato, Teruyuki 2004. Formation Features of 2004 Niigata-Fukushima and Fukui heavy Rainfall and Problems in the Precipitation Using a Cluded Resolving Model. Solla. Vol.xx.xxx-xxx, doi 10 .2151/sola.2xxx.
21. Komusce, A.U. et al. 1998. Analysis of Meteorological and Terrain Features Leaing to the Izmir Flash Foods, 3-4 November”, Natural Hazards, 18: 1-25.
22. Krichak, S. et al. 2000. November 2, 1994. Sever Storms in the Southeastern Mediterranean, Atmospheric Research, 53: 45-62.
23. Lee, Dong-Kyou, Park, Jeong-Gyun, and Joo-Wan, Kim. 2009. Heavy rainfall events Lasting 18 days from July 31 to August 17, 1998, over Korea, Journal of the Meteorological Society of Japan, 86(2): 313-333.
24. Mastrangelo, D., Horvath, K., Riccio, A., and Miglietta, M.M. 2011. Mechanisms for convection development in a long-lasting heavy precipitation event over southeastern Italy. Atmospheric Research 100, 586-602.
25. Robert A., Maddox, Faya Canova and Ray Hoxi, L. 1980. Meteorological

27. Ziv, B. et al. 2005. A Mild Winter Tropical Extreme Flood Producing Storm in Southern Israel: Synoptic Scale Analysis, *Meteorology and Atmospheric Physics*, 88: 53-63.
26. Rohli, R.V. et al. 2001. Synaptic Circulation and Stream Discharge in the Grent Lake Basin USA, *Applied Geography*, 21: 364-385.
- characteristics of flash flood events over the western united stated. *Monthly weather review*, 108.