

تحلیل سینوپتیک مخاطرات اقلیمی در جنوبغرب ایران

مورد مطالعه: بارش های سنگین سیل زا در آذر ۱۳۹۱

امیرحسین حلبیان^۱، دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه پیام نور.

فرشته حسینعلی پور جزی، کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان.

درباره مقاله: ۱۳۹۴/۰۴/۱۷ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۰۹/۱۵

چکیده

سیلاب به عنوان یکی از مخاطرات محیطی همواره طی تاریخ حیات بشری ابعاد مختلف زندگی را دستخوش تغییر و تهدید نموده و با داشتن بیشترین فراوانی نسبی وقوع از حوادث طبیعی باعث خسارات مالی و حتی جانی زیادی در جهان شده اند. از این رو، هدف غایی این مطالعه همدید، تبیین اندرکنش های کلیدی میان جو و محیط سطحی و به عبارتی کشف رابطه ای میان الگوی گردشی موجود بارش های سیل زا در منطقه ای مطالعه ای به منظور پیش بینی وقوع رگبارهای منجر به سیل است. بدین منظور برای تحلیل همدید بارش های موجود سیل آذرماه ۱۳۹۱ در جنوبغرب ایران (استان های بوشهر، خوزستان و کهکیلویه و بویراحمد)، با بهره گیری از رویکرد محیطی به گردشی، الگوهای گردشی ایجاد کننده ای بارش های سیل زا شناسایی شد و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بارش های سیل زا در منطقه طی روزهای ۴ تا ۸ آذرماه فرود عمیقی بر شرق مدیترانه تشکیل گشته و منطقه ای مطالعه ای در نیمه شرقی این فرود که محل ناپایداری جو است قرار داشت. در عین حال، الگوهای ضخامت جو، بیانگر ریزش هوای سرد از اروپای شمالی به سمت عرض های پائین تر و گسترش هوای گرم مستقر در شمال آفریقا تا عرض ۵۰ درجه ای شمالی است؛ در نتیجه در محل برخورد این دو توده ای هوا، ناپیوستگی جبهه ای دور از انتظار نیست. تحلیل الگوهای تابع همگرایی شار رطوبت نیز نشان داد که بارش های سیل زا نتیجه ای شارش رطوبت از پهنه های آبی مدیترانه و خلیج فارس بوده و دریای سرخ و دریای عرب جز منابع تقویتی محسوب گردید.

وازگان کلیدی: بارش سیل زا، تحلیل همدید، الگوهای ضخامت، همگرایی شار رطوبت، جنوبغرب ایران

مقدمه

یافتن قوانین حاکم بر هر سامانه‌ی اقلیمی، امکان تحلیل و پیش‌بینی مطلوب آنرا فراهم می‌آورد. درک مؤلفه‌های اصلی و شناخت عوامل مؤثر در تشكیل و تکوین سامانه‌های اقلیمی، می‌تواند ما را در شبیه سازی فرآیندهای دستگاه پیچیده‌ی اقلیم یاری کند و تحلیل و پیش‌بینی منطقه‌ای مناسب را میسر نماید. یکی از سریع ترین راه‌های شناخت رابطه‌ی بین فرایندهای محیطی با گردش‌های جوی، اقلیم شناسی همدید است. بارش مهمترین پدیده یا ویژگی محیط زیست است که در صورت شدت رخداد مسبب ایجاد پدیده‌ای به نام سیل می‌گردد.

سیل یک رخداد طبیعی است که متأثر از عوامل متعددی است. مجموعه‌ای از عوامل اقلیمی و عوامل حوضه‌ای (شامل عوامل موافق‌بودن، پوشش گیاهی و نحوه استفاده از اراضی، زمین شناسی و خاک و نهایتاً فعالیت‌های انسانی) در بروز سیلاب و تغییرات دبی‌های سیلابی تاثیرگذار هستند. از دیدگاه اقلیم شناسی، هرگاه میزان بارش (عامل اقلیمی) به حدی باشد که سبب سرریزشدن آب از مجرای اصلی خود و طغیان رودخانه شود، سیل اتفاق افتاده است. بنابراین، عوامل اقلیمی (رگبارهای بارش) عامل اصلی ایجاد سیل است (حجازی زاده و همکاران، ۱۳۸۶).

در اکثر حوضه‌های آبخیز ایران به ویژه مناطق جنوب و جنوب غرب کشور، همه ساله بارش‌های سنگین و شدید سیل‌های مخرب را ایجاد می‌کنند. امروزه یکی از ابزارها و روش‌های مطرح در رابطه با پدیده بارش‌های سیل زا، بررسی سینوپتیکی این بارش‌ها می‌باشد چرا که شناخت دقیق ساز و کار و نحوه عمل الگوی گردش جوی و عناصر موثر در وقوع این نوع بارش‌ها بسیار حائز اهمیت است به ویژه آنکه این نوع بارش می‌تواند با تبدیل به رواناب پدیده‌ی سیل را ایجاد کند که خسارات جانی و مالی فراوانی را به بار می‌آورند. از این‌رو، شناخت علل و عوامل موجود آن و در صورت امکان پیش‌بینی زمان و شدت وقوع آن ضرورتی اجتناب ناپذیر است. سیلاب را نه تنها با در نظر گرفتن الگوی گردشی در روز رخداد، بلکه با بررسی الگوهای گردشی چند روز پیش از رویداد سیلاب بهتر می‌توان شناخت. این موضوع از یک سو نشان از این دارد که الگوهای گردشی 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 منطقه‌ایفا می‌کنند و از دیگر سو مبین این نکته است که در بررسی سیلاب‌ها و عوامل هواشناسی موج آنها ناگزیر به ردیابی سامانه‌های همدید باران زا از سرچشمه تا محل پایان فعالیت آنها هستیم تا این طریق به شناخت جامع تری از ارتباط بین الگوهای گردشی و سیلابها دست یابیم. به عبارت دیگر، شناسایی الگوهای همدید پدید آورنده‌ی سیلاب نه تنها ساز و کار پیدایش آنها را آشکار می‌سازد بلکه برای پیش‌آگاهی و آمادگی رویارو شدن با آنها نیز سودمند است.

در زمینه‌ی سیلاب شناسی تحقیقات گسترده‌ای در جهان و ایران انجام شده است، که در ادامه به برخی از این مطالعات اشاره می‌گردد. هیرشبوک^۱ (۱۹۸۷) به بررسی ۲۱ مورد رخداد سیل در آمریکا پرداخته که پس از مطالعه نقشه‌های همدید و نقشه‌های همبارش به این نتیجه رسیدند که هر سیلاب را می‌توان به یک ناهنجاری در گردش عمومی نسبت داد. کوتیل^۲ و همکاران (۱۹۹۶) شرایط همدید حاکم بر بارش‌های حداکثر در غرب مدیترانه در اواخر قرن حاضر در چهار ایستگاه را با استفاده از نمره‌ی Z ، بررسی نموده که چهار محدوده از لحاظ فصل خشک و مطرب را با عنوانهای خشک، بسیار خشک، نیمه مطرب و بسیار مطرب شناسایی کردند. آنها همچنین مدل‌های گردشی را

۱. Hireschboeck

۲. Kutiel

بواسطه‌ی شاخص‌های مداری و نصف‌النهاری در هر منطقه‌ی خشک و مرطوب و سری‌های زمانی دو شاخص در دو منطقه را محاسبه نموده و جریانات غالب برای شرایط خشک و مرطوب برای هر ایستگاه را نیز مشخص کردند. کمویوسکیو^۱ و همکاران (۱۹۹۸) به تحلیل هواشناسی عوامل ایجاد کننده سیلاب‌های بزرگ روزهای سوم و چهارم نوامبر ۱۹۹۵ شهر ازمیر ترکیه پرداختند. بر اساس یافته‌های آنها در مقیاس متوسط پدیده‌های چون وزش سطوح پایین، چرخندگی مثبت و همگرایی شدید در سطوح بالا از عوامل بروز توفان‌های شدید منجر به وقوع سیلاب‌های ویرانگر می‌باشد. کریچاک^۲ و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی توفان‌های شدید ۲ نوامبر ۱۹۹۴ جنوب شرقی مدیترانه به این نتیجه رسیدند که پیشرفت این توفان‌ها نتیجه غیر‌آدیباتیک شدید ناشی از مقدار زیاد گرما و رطوبت موجود در هوای حاره‌ای می‌باشد. روهلی^۳ و همکاران (۲۰۰۱) رابطه‌ی بین الگوهای گردشی و دبی حوضه دریاچه‌های بزرگ امریکا 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^۴ (۲۰۰۲) در بررسی سینوپتیکی کلیماتولوژی سیل‌های بزرگ در بیابان نقب 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 الگ وجود دارد: ناوه عمیق بر فراز دریای سرخ و دیگری کم فشار سوریه. ترویوکی کاتو^۵ (۲۰۰۴) بارش‌های ناحیه ناگاتافوی کوشیما را در روزهای سیزدهم و هجدهم ۲۰۰۴ بررسی کرده و نتیجه گرفته که عامل اصلی این نوع برش‌های تشدید ناپایداری هم‌رفتی ناشی از هوای مرطوب سطح پایین و هوای خشک سطح بالا بوده است. زیو^۶ و همکاران (۲۰۰۵) توفان‌های ایجاد کننده‌ی سیلاب‌های بزرگ حاره‌ای در میانه زمستان جنوب اسرائیل را در روزهای ۲۰-۲۳ دسامبر ۱۹۹۳ بررسی کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد این توفانها حاصل ناوه فعال دریای سرخ می‌باشد. دونگ کیو لی^۷ و همکاران (۲۰۰۹) 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 مهم ترین علت بارش‌ها استقرار جبهه‌های موسی بوده که به مدت بیست روز بر روی مرکز چین و شبه جزیره کره حاکمیت داشته است. کارالیما^۸ و همکاران (۲۰۰۹) ضمن بررسی رویدادهای بارش سنگین در تابستان‌های گرم و مرطوب در جنوب شرقی بزریل نشان دادند که این رویدادها اکثرًا ناشی از دو نوع آشفتگی جوی هستند: جبهه سرد (در حدود ۵۳ درصد از رویدادها) و منطقه همگرایی آتلانتیک جنوبی (۴۸ درصد از رویدادهای را در بر می‌گیرد). در داخل کشور نیز پژوهشگران متعددی اقلیم‌شناسی سیلاب را مورد مطالعه قرار داده اند که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

باقری (۱۳۷۲) ضمن بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل زا در شمال ایران به این نتیجه رسید که بارش‌های سیل زا نتیجه‌ی حضور واچرخندی است که در شمال و شمال شرق دریای خزر مستقر شده است. همزمان با بارش

۱. Komuscu

۲. Krichak

۳. Rohli

۴. Kahana

۵. Teruyuki Kato

۶. Ziv

۷. Dong Kuy lee

۸. Carla Lima

های شدید، رودباد جنوب 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 روش های مقابله با سیل پرداخته است. کاویانی و حجتی زاده (۱۳۸۰) به تحلیل سینوپتیکی و ترمودینامیکی واقعه سیل اسفندماه ۱۳۷۱ در حوضه آبی کارون پرداختند. آنان به این نتیجه رسیدند که استقرار یک مرکز کم فشار بر روی شرق شبه جزیره عربستان سبب انتقال رطوبت و گرما به درون سامانه کم فشار جنوبغرب ایران شده و میزان رطوبت را به مقدار زیادی افزایش داده است. مرادی (۱۳۸۰) ضمن بررسی سینوپتیک سیلاب ۲۱ آبان ماه سال ۱۳۷۵ در نواحی مرکزی استان مازندران، عامل اصلی وقوع بارش را حاکمیت پشتۀ پرفشار در سطح زمین وحضور ناوه در ترازهای بالایی جو می داند. اسدی و مسعودیان (۱۳۸۳) با هدف بررسی سیستم های وارد شده به منطقه و مطالعه سینوپتیکی بارندگی و سیستم های جوی موجب بارش های سنگین طی روزهای ۱۷ الی ۲۲ دی ماه سال ۱۳۸۰ در شیراز، از آرشیو اداره هواشناسی و از داده های NCEP، در محدوده صفر تا ۹۰ درجه شمالی و ۶۰ درجه غربی الی ۱۳۰ درجه شرقی استفاده نموده و با شناسایی سیستم های فشار و تهویه نقشه های آب قابل بارش در سطح زمین و دما در سطوح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتومتریک، محل جبهه ها و عامل صعود و نیز منبع و مسیر تامین رطوبت مشخص شد. با توجه به بررسی های ایشان، سیستم های باران زای مدیترانه ای، سودانی - دریای سرخ در صورت حاکمیت کم فشار در سطح ۵۰۰ هکتومتریک از عوامل ایجاد این سیلاب بوده است. مرادی (۱۳۸۳) به پیش بینی سیلابها بر اساس موقعیت سامانه های همدید در شمال شرق ایران پرداخته و به این نتیجه رسیده است که در ایجاد بارش های سیل زا در این منطقه چهار الگوی کم فشارهای مهاجر قطبی اروپایی، کم فشارهای مدیترانه ای، کم فشارهای سودانی - دریای سرخ و کم فشارهای مهاجر قطبی سیری مؤثر هستند. مغیدی (۱۳۸۳) در پژوهشی با عنوان اقلیم شناسی سینوپتیکی بارش های سیل زا با منشأ منطقه دریای سرخ در خاورمیانه به این نتیجه رسید که شدیدترین بارش در منطقه ی دریای سرخ هنگامی اتفاق می افتد که ناوه امواج غربی در ترازهای میانی جو به سمت شرق مدیترانه حرکت نموده و به منطقه ی دریای سرخ نفوذ نماید. مسعودیان (۱۳۸۴) در مطالعه ای تحت عنوان شناسایی الگوهای گردشی پدیدآورنده ی سیلاب های بزرگ در کارون، شش الگوی گردشی ایجاد کننده ی سیلاب های بزرگ در کارون را شناسایی نمود و نشان داد که الگوی کم ارتفاع، ارتباط معناداری با بارش و رواناب دارد. همچنین مسعودیان (۱۳۸۴) در پژوهشی به پیش بینی سیلاب های استان چهارمحال و بختیاری پرداخته است. بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که از ۱۷ الگوی گردشی شناسایی شده تراز ۵۰۰ هکتومتریک ناوه دریای سیاه، ناوه غرب مدیترانه، ناوه سوریه و ناوه شرق مدیترانه بیشترین ارتباط را با بارش های این استان دارند. حجازی زاده و همکاران (۱۳۸۶) در پژوهش خود با عنوان بررسی و شناسایی الگوهای سینوپتیکی تراز ۵۰۰ هکتومتریک مولد سیلابهای مخرب و فراغیر سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی دوره ۱۳۷۰-۸۴ به این نتیجه رسیدند که، به هنگام وقوع سیلاب های مذکور محور تراف به سمت عرض های جغرافیایی پایین عمیق تر شده و موقعیت حوضه آبریز دریاچه ارومیه نسبت به اغتشاشات سطح بالا به گونه ای بوده که، یا در زیر منطقه واگرایی بالایی جلو تراف های موج کوتاه بادهای غربی قرار گرفته، یا در زیر قسمت جلوی سیستم سینوپتیکی سردچال بالایی واقع شده و یا اینکه در زیر قسمت جلوی بادهای غربی مسیر جنوبی سیستم مانع قرار گرفته است. پرنده خوزانی و لشکری (۱۳۸۹) به بررسی سینوپتیکی سیستم های سیل زا در جنوب ایران پرداخته اند. آنان به این نتیجه رسیده اند که طوفانهای شدید که منجر به وقوع بارش های سنگین و سیل آسا در این منطقه

شده اند نتیجه‌ی تقویت و گسترش مرکز کم فشار سودان و منطقه همگرایی دریای سرخ و در مواردی هم ناشی از ادغام مرکز کم فشار سودان با مرکز کم فشار مدیترانه‌ای بوده است. از آن جایی که یکی از شاخه‌های مهم اقلیم شناسی همدید شناسایی حالت‌های فرین و ویژگی‌های محیطی نظیر سیلاب‌ها و تعیین الگوهای گردشی مسبب آنها است، در این پژوهش به صورت موردی روندیابی سیل آذرماه ۱۳۹۱ جنوبغرب ایران به صورت علت و معلولی مورد توجه قرار گرفته است. در واقع در این پژوهش سعی بر این است که الگوهای موجود سیل در جنوبغرب ایران شناسایی شود، تا از طریق پیش‌بینی این الگوها قبل از وقوع سیل بتوان اقدامات پیش‌گیرانه لازم را جهت جلوگیری از خسارات احتمالی و همچنین استفاده بهینه از بارش‌ها به عمل آورد.

داده‌ها و روش کار

لازمه‌ی انجام صحیح و اصولی هر پژوهشی تهیه‌ی پایگاه داده‌ای مناسب می‌باشد، در این مطالعه همدید نیز نیاز به دو پایگاه داده ضرورت می‌یابد: یکی پایگاه داده‌ی رویداد محیطی (سطحی) مورد نظر که در این پژوهش، بارش روزانه است و دیگری پایگاه داده‌ی جوی که چگونگی جریان‌های جوی را مشخص می‌کند. به عبارت دیگر، پایگاه داده‌ی این پژوهش از دو گروه متغیر تشکیل شده است: یک گروه متغیرها و داده‌های جوی مشتمل بر ارتفاع ژئوپتانسیل^۱ تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (بر حسب ژئوپتانسیل متر)، باد مداری^۲ و باد نصف‌النهاری^۳ (بر حسب متربر ثانیه) و نم ویژه^۴ (بر حسب گرم بر کیلوگرم) طی ساعت‌های ۰۰:۰۰، ۰۶:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰ گرینویچ در محدوده ۰ تا ۸۰ درجه‌ی شمالی و ۰ تا ۱۲۰ درجه‌ی شرقی با تفکیک مکانی $2/5 \times 2/5$ درجه‌ی 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 روزانه‌ی ایستگاه‌های بارانسنجی منطقه‌ی روزهای ۴ تا ۸ آذرماه ۱۳۹۱ (۲۴ نوامبر ۲۰۱۲ تا ۲۸ نوامبر ۲۰۱۲) می‌باشد (جدول شماره ۱). بر اساس جدول مزبور بیشینه بارش به ترتیب در ایستگاه‌های برازجان با ۸۲.۴ میلیمتر در روز ۴ آذر، خارک با ۳۹.۳ در روز ۵ آذر، خارک با ۱۲۹.۱ میلیمتر در روز ۶ آذر و بهبهان ۶۶.۵ میلیمتر در روز ۷ آذر به وقوع پیوسته است.

به منظور شناسایی الگوهای گردشی پدیدآورنده‌ی سیلاب آذرماه ۱۳۹۱ در جنوبغرب ایران، ابتدا در قالب رویکرد محیطی به گردشی تاریخ وقوع سیل در قلمرو مطالعاتی استخراج گردید. سپس بارش‌های روزانه‌ی ایستگاه‌های بارانسنجی منطقه گردآوری و بدین ترتیب، روزهایی که بارش فraigیر در قلمرو مورد بحث حادث شده و با تاریخ رخداد سیلاب انطباق کامل داشته، مشخص گردید. در نهایت نقشه‌های الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، الگوهای ضخامت جو ترازهای ۱۰۰۰-۵۰۰۰ هکتوپاسکال و تابع همگرایی شار رطوبت از روز ۴ آذرماه ۱۳۹۱ (که از نظر تقویمی منطبق بر ۴۸ ساعت قبل از شروع بارش‌های رگباری تا پایان فعالیت طوفان می‌باشد) با استفاده از داده‌های

^۱. hgt

^۲. uwnd

^۳. vwnd

^۴. shum

^۵. National Center for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research

اخذ شده از پایگاه اطلاعاتی NCEP/NCAR به ترسیم الگوهای حاکم بر بارش‌ها پرداخته و شرایط همدید سیل مزبور در منطقه مورد بررسی و تفسیر قرار گرفت.

جدول شماره‌ی ۱) بارش روزانه (۲۴ ساعته) ایستگاه‌های بارانسنجی جنوبغرب ایران طی روزهای ۴ تا ۸ آذرماه ۱۳۸۸

ردیف	ایستگاه	روز	۴	۵	۶	۷	۸
۱	دزفول	۳۴.۲	۵.۹	۹.۰	۰.۰	۰.۰	۰.
۲	بستان	۱۷.۷	۰.۰	۸.۴	۰.۰	۰.۰	۰.
۳	اهواز	۲۴.۸	۰.۱	۴۱.۹	۱.۲	۰.۰	۰.
۴	مسجد سلیمان	۳۲.۴	۱۵.۲	۲۲.۲	۰.۶	۰.۰	۰.
۵	رامهرمز	۲۲.۰	۴.۰	۳۴.۶	۱۰.۶	۰.۰	۰.
۶	آبادان	۳.۳	۰.۰	۲۳.۰	۱۹.۷	۰.۰	۰.
۷	ماهشهر	۱۲.۸	۰.۰	۲۶.۹	۲۵.۷	۰.۰	۰.
۸	امیدیه	۱۵.۰	۱.۰	۱۲.۴	۲۳.۶	۰.۰	۰.
۹	بهبهان	۴۶.۰	۰.۰	۷.۰	۶۶.۵	۰.۰	۰.
۱۰	شوشتار	۲۱.۰	۹.۴	۲۰.۳	۰.۲	۰.۰	۰.
۱۱	ایذه	۴۷.۸	۳.۸	۲۷.۲	۳.۷	۰.۰	۰.
۱۲	حسینیه	۲۶.۵	۱۵.۵	۴.۲	۰.۰	۰.۰	۰.
۱۳	دهدز	۵۳.۷	۲۲.۴	۱۵.۰	۲۱.۵	۰.۰	۰.
۱۴	شوش	۲۵.۵	۸.۶	۴.۵	۰.۰	۰.۰	۰.
۱۵	یاسوج	۱۹.۶	۱.۶	۷۴.۷	۰.	۰.۰	۰.
۱۶	گچساران	۱۸	۶.۸	۴۸.۹	۰.	۰.۰	۰.
۱۷	دهدشت	۵۴.۷	۰.۴	۶۰.۲	۹.۳	۰.۰	۰.
۱۸	لیک	۵۷.۲	۰.	۴۴.۵	۲.۳	۰.۰	۰.
۱۹	بوشهر	۲۵.۷	۲۱.۸	۱۰.۴	۰.	۰.۰	۰.
۲۰	خارک	۶۹.۲	۳۹.۳	۱۲۹.۱	۰.	۰.۰	۰.
۲۱	دیلم	۹.۱	۱۰.۵	۵۵.۶	۰.	۰.۰	۰.
۲۲	دیر	۳۶.۹	۳.۷	۲.۲	۰.	۰.۰	۰.
۲۳	گناوه	۲۷.۳	۱۵	۸۱	۰.	۰.۰	۰.
۲۴	عسلویه	۱۰.۸	۱	۲۶.۷	۰.	۰.۰	۰.
۲۵	کنگان	۵۱	۶	۳.۵	۰.	۰.۰	۰.
۲۶	جم	۲۹.۴	۵.۸	۷.۶	۰.	۰.۰	۰.
۲۹	برازجان	۸۲.۴	۲۱.۹	۱۲۶.۱	۰.	۰.۰	۰.
۳۰	بندر ریگ	۵۰	۱۷	۷۱	۰.	۰.۰	۰.
۳۱	اهرم	۵	۴.۵	۲۱	۰.	۰.۰	۰.
۳۲	خورموج	۲۵	۲	۳۲.۵	۰.	۰.۰	۰.

* منبع: ادارات هواشناسی استان‌های بوشهر، خوزستان و کهکیلویه و بویر احمد

در این پژوهش، علت انتخاب تراز ۵۰۰ هکتوباسکال از یکسو مبنی بر این واقعیت است که جریان‌های این تراز جوی به عنوان لایه‌ی میانی جو نقش تعیین کننده‌ای در آرایش فشار سطحی دارند و از دیگر سو به سبب نقش تعیین کننده‌ای است که الگوهای جریان‌های جوی این تراز در تغییرات نهاده‌های اصلی اقلیمی (دما و بارش) ایفا می‌کنند. از آن جایی که مراکز کنش جوی از لحاظ مداری و نصف النهاری تعاملاتی نسبت به یکدیگر دارند، در این پژوهش جهت تبیین بهتر تأثیر رفتار همدید سامانه‌های فشار بر رخداد سیلاب مورد بحث محدوده‌ی ۰ تا ۸۰ درجه

ی شمالی و ۰ تا ۱۲۰ درجه‌ی شرقی به سبب قرارگیری ایران در عرض‌های میانه و حاکمیت جریان‌های غربی انتخاب شده است تا کلیه‌ی سامانه‌های فشار که منطقه‌ی مطالعاتی را تحت تأثیر قرار می‌دهند بتوان مطالعه کرد. گذشته از شناسایی الگوهای گردشی که همزمان با رویدادهای بارشی دیده شده‌اند، برای شناخت منابع رطوبتی بارش‌های بررسی شده، معادله‌ی همگرایی شار رطوبت محاسبه و ارزیابی گردید. بناکوس و شولز^۱ (۲۰۰۴) ضمن بررسی تاریخچه‌ای از مطالعاتی که بر روی همرفت رطوبت انجام شده، به معرفی روش‌های مناسب جهت محاسبه همگرایی شار رطوبت^۲ پرداخته اند که صورت برداری معادله‌ی مذبور به صورت زیر است:

$$MFC = -\nabla \cdot (q \vec{V}_h) = -\vec{V}_h \cdot \nabla q - q \nabla \cdot \vec{V}_h, \quad (1)$$

$$MFC = \underbrace{-u \frac{\partial q}{\partial x} - v \frac{\partial q}{\partial y}}_{\text{جمله وزش}} - \underbrace{q \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right)}_{\text{جمله همگرایی}} \quad (2)$$

رابطه (۲)

که در آن:

($q \nabla \cdot \vec{V}_h$): همگرایی شار رطوبت، $\vec{V}_h \cdot \nabla q$: وزش رطوبتی، q : همگرایی رطوبت، u : رطوبت ویژه، x و y : متغیرهای مستقل مکانی؛ u و v : مؤلفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد می‌باشد.

شرح و تفسیر نتایج

به منظور بررسی همیدید بارش‌های سیل زای ۴ تا ۸ آذرماه سال ۱۳۹۱ جنوب غرب، از اقلیم شناسی پویشی-همیدید که رابطه‌ی میان گردش‌های جوی با محیط سطحی یک منطقه را بررسی می‌کند، بهره گرفته ایم. در این راستا الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، الگوهای ضخامت ترازهای ۱۰۰۰-۵۰۰ هکتوپاسکال، نقشه‌های شار رطوبت ترازهای ۵۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال ترسیم گردید. لازم به ذکر است که نقشه‌های ترسیم شده برای الگوهای گردشی و الگوهای ضخامت جو و نقشه‌های شار رطوبت در تاریخ‌های مورد نظر به صورت میانگین روزانه ترسیم گشته است. بررسی نقشه‌های همگرایی شار رطوبت به طریق درونسو نشان از اهمیت تراز ۸۵۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال در تأمین رطوبت برای بارش‌های موجد سیل در منطقه‌ی مورد نظر داشت که در ادامه بدان می‌پردازیم.

- الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو

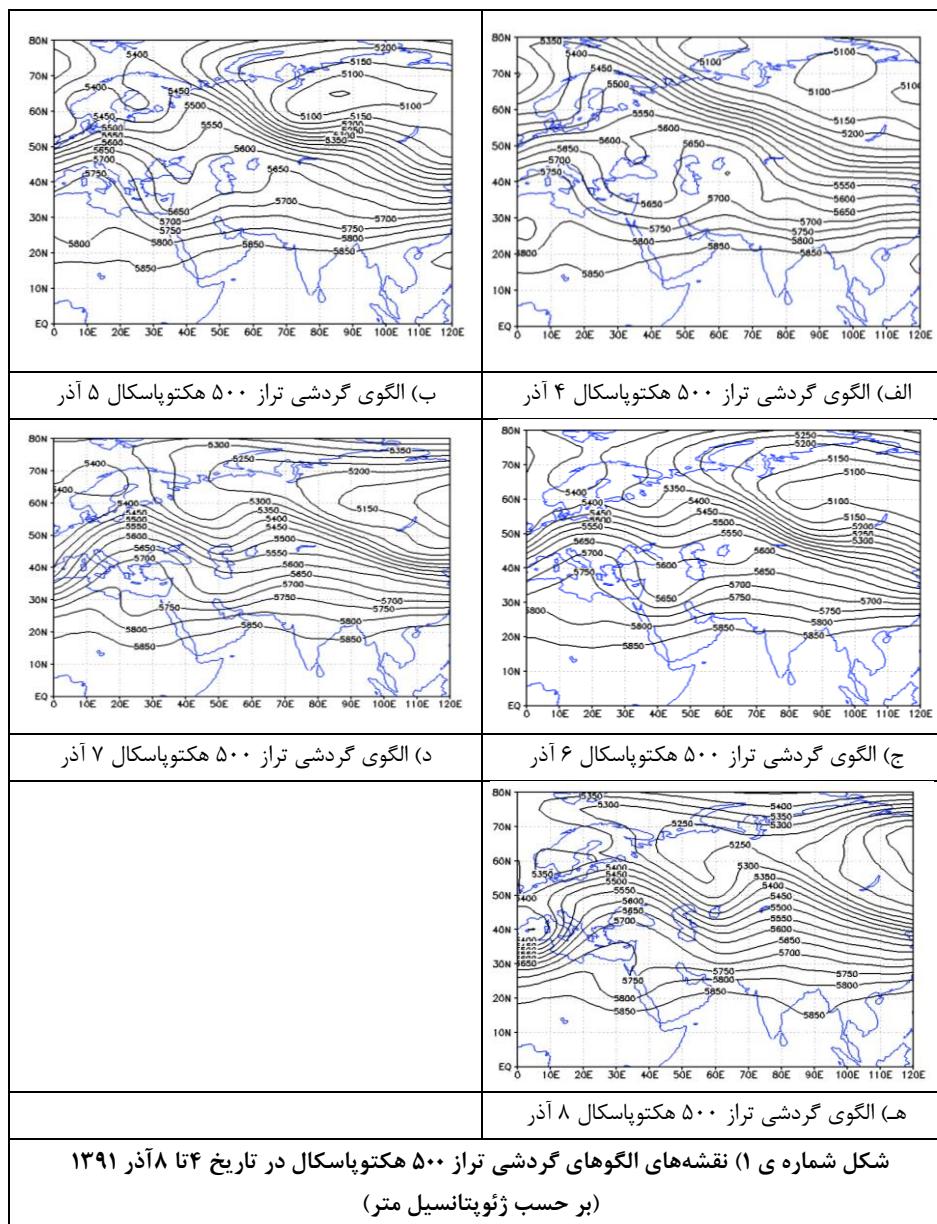
با توجه به آرایش الگوهای گردشی در روزهای مورد بحث می‌توان چنین گفت:

در روز ۴ آذر که دومین روز قبل از بارش سیل زای باشد، یک فرود بسیار عمیق در غرب ایران دیده می‌شود که محدوده‌ی استقرار آن از شمال دریای سیاه شروع شده و تا میانه‌ی عراق کشیده شده است. این فرود از لحاظ عرضی مساحت زیادی را از شمال شرق مدیترانه تا جنوب غرب دریای خزر در بر می‌گیرد. عمق این فرود بر روی دریای سیاه بسیار زیاد شده به گونه‌ای که امکان شکل گیری سردچال وجود دارد. با توجه به جایگاه این ناوه، نیمه‌ی شرقی آن بر روی ایران مستقر بوده و امکان تشکیل جبهه و ناپایداری بسیار زیاد است. از دیگر سو بر روی جنوب ایران یک پشته‌ی نیمه‌ی عمیق دیده می‌شود که تا عرض ۵۰ درجه‌ی شمالی پیش رفته و بیشترین عمق آن در عرض بین ۳۵ تا ۵۰

^۱. Banacos and Schulta

^۲. Moisture Flux Convergence(MFC)

درجه‌ی شمالی می‌باشد. در نیمه‌ی غربی ایران (شمال خزر تا شمال خلیج فارس) محل تشکیل ناپایداری و جبهه‌ی باشد. در روز ۵ آذر، عمق فرود در نیمه‌ی جنوبی آن بیشتر شده و همچنین به سمت شرق نیز کمی جابجا شده است (تا شمال دریای سرخ امتداد یافته است). در این محدوده فشردگی خطوط ژئوپتانسیل بیشتر شده است. آرایش این خطوط بر روی محدوده‌ی مطالعاتی بصورت مداری است. در روز وقوع سیل (۶ آذر) بر روی مدیترانه یک پشته‌ی عمیق دیده می‌شود (در روزهای قبل نیز این پشته دیده شده است) که هوای گرم آفریقای شمالی را تا عرض ۶۰ درجه‌ی شمالی به پیش می‌آورد. به دنبال این پشته، ناوه اید مطالعه عمیق شکل گرفته که هوای سرد شرق اروپا را تا شمال عربستان نفوذ داده است. با توجه به آرایش خطوط در روز قبل، فرود به سمت ایران حرکت نموده است. بین مدار ۳۰ تا ۴۰ درجه‌ی شمالی عمق فرودها بیشتر شده و نواحی مورد مطالعه در زیر نیمه‌ی شرقی مستقر بوده است. در روز هفتم و هشتم آرایش الگوهای بیانگر حرکت فرود به سمت شرق ایران حرکت بوده و بر روی جنوب ایران آرایش خطوط تقریباً مداری می‌شود.

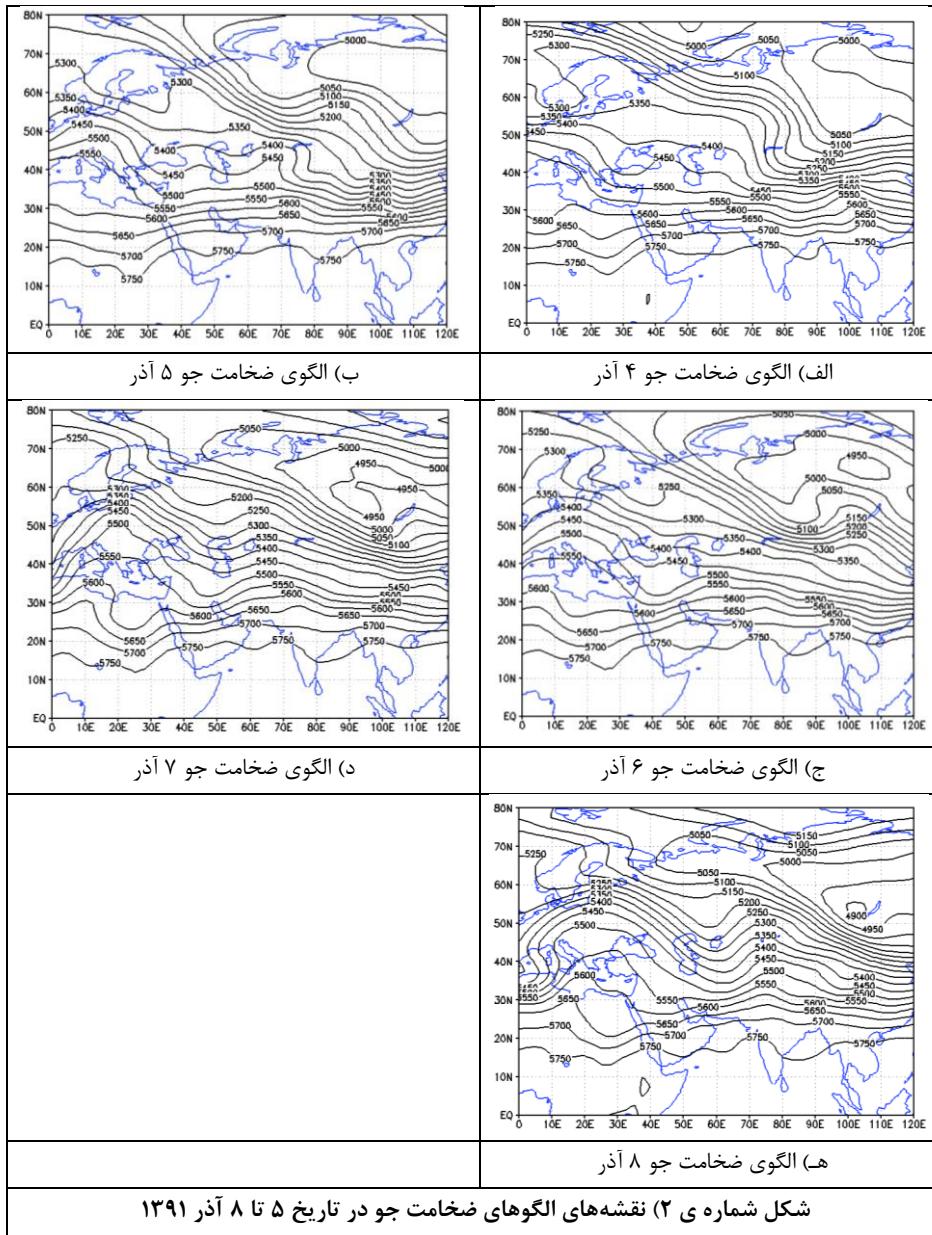


بطور کلی الگوهای گردشی روزهای مورد بحث مبین این مسئله است که رخداد بارش های سیل زا در منطقه ناشی از حضو فرود بر روی دریای سیاه و شرق مدیترانه است که به دنبال پشته‌ی مستقر بر روی غرب مدیترانه ظاهر می‌گردد. بررسی همدید تأثیر سامانه‌های مؤثر در رخداد بارش های سیل زا در منطقه‌ی جنوب غرب مبین این نکته نیز می‌توانند باشد که اگر چه تشکیل و گسترش ناوه‌ی عمیقی بر روی شرق مدیترانه شرایط لازم را در این خصوص مهیا می‌سازد، اما به نظر می‌رسد که نباید از نقش مهم انتقال کم‌فشارهای جنب قطبی به طرف عرض‌های پائین‌تر در جهت نصف النهاری برای پیدایش الگوی گردشی نابهنجار به سادگی گذشت (شکل شماره ۱).

- تحلیل الگوهای ضخامت جو در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال

بررسی نقشه‌های ضخامت جو طی روزهای ۴ تا ۸ آذرماه شاهد پیدایش و حضور ناوه‌ی عمیق بر روی شرق مدیترانه هستیم که طی روزهای ششم و هفتم عمق این ناوه بیشتر شده است. در روز ۴ آذر با توجه به استقرار ناوه عمیق بر روی دریای سیاه، هوای سرد اروپا تا نیمه‌ی شرقی مدیترانه نفوذ نموده و در این محل با هوای گرمی که همراه با پشته‌ی غرب مدیترانه پیشروی نموده، برخورد کرده و شرایط ناپایداری را سبب گشته است. در روز ۵ آذر، این فرود با حرکتی شرق سو، علاوه بر نزدیکی به ایران، عمق آن نیز نسبتاً افزایش یافته است. در روز ششم، به دنبال پشته‌ی مستقر بر روی مدیترانه که هوای گرم عرض‌های پایین را به سمت اروپا می‌کشاند، ناوه‌ی عمیقی دیده می‌شود که از شرق اروپا نشأت گرفته و تا شمال شرق دریای سرخ نفوذ کرده است. پس از این فرود عمیق یک پشته بر روی مرکز ایران مستقر است که در نواحی جنوبی و جنوب غربی ایران با هم برخورد نموده که در نتیجه‌ی برخورد این دو توده هوای سرد و گرم در این محل امکان حضور جبهه (منطقه‌ی ناپیوستگی) وجود دارد. این ناپایداری تا روز بعد نیز همچنان ادامه دارد که در روز ۸ آذر ناوه کاملاً به شرق ایران حرکت کرده و آرایش خطوط ضخامت بر روی محدوده‌ی مطالعاتی تقریباً مداری گشته است که این نشان از پایداری جو و خروج سیستم مؤثر بر بارش‌های شدید در منطقه است.

در مجموع تحلیل نقشه‌های ضخامت جو حاکی از آن است که ریزش هوای سرد از عرض‌های بالاتر و برخورد آن با هوای گرم و مرطوب کشیده شده از عرض‌های پائین تر بویژه شمال آفریقا بر روی ایران منطقه‌ی دگرفشاری شدیدی را ایجاد نموده که در رخداد بارش‌های سیل زا در منطقه‌ی مطالعاتی نقش مهمی را ایفا کرده است (شکل شماره ۲).

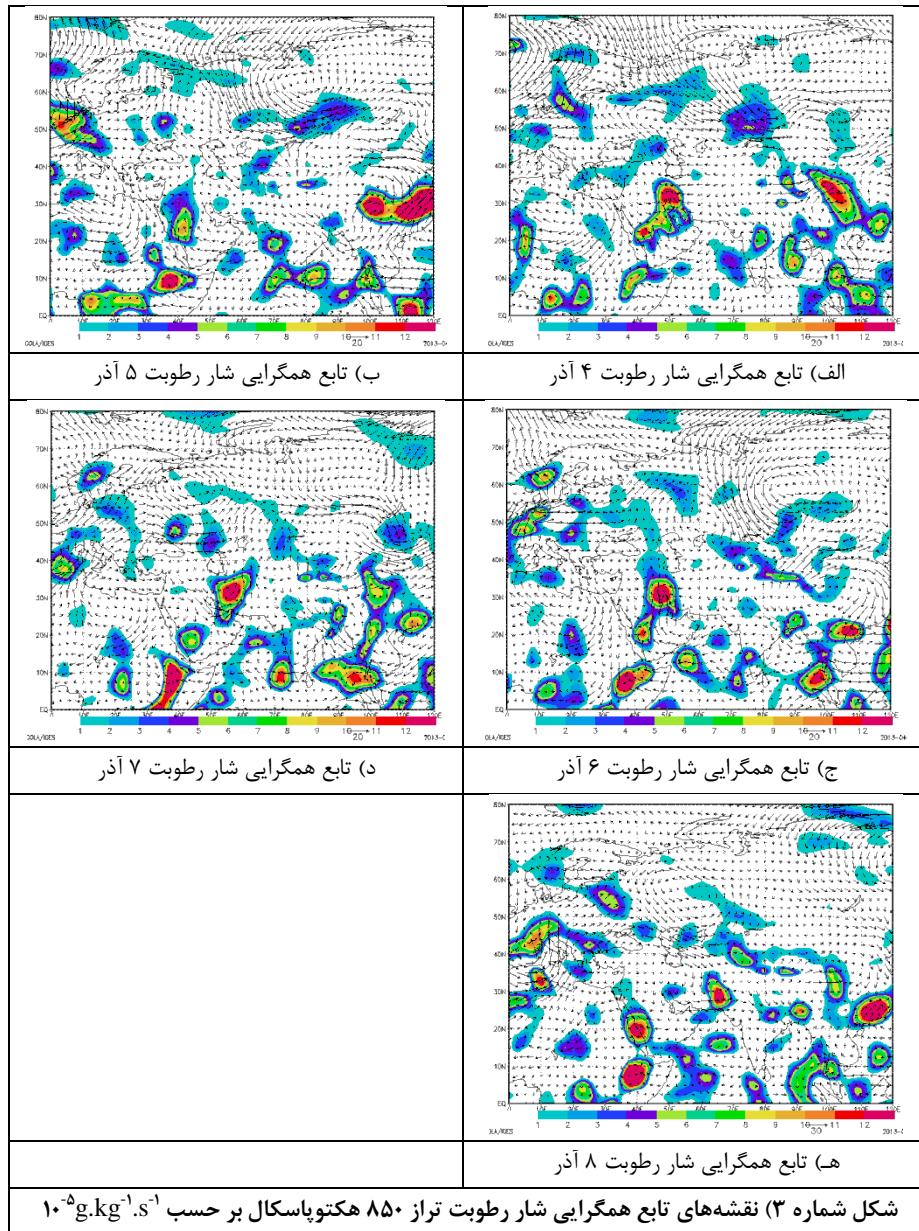


تحلیل تابع همگرایی شار رطوبت تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال

در ارزیابی معادله ی همگرایی شار رطوبت و شناخت منابع رطوبتی بارش ها برای تاریخ های مورد مطالعه، تابع همگرایی شار رطوبت در شش تراز طی ساعت های چهارگانه ی همدید، تحلیل گردید و سپس برای هر روز یک نقشه ی میانگین تهیه شد. بررسی نقشه های همگرایی شار رطوبت به طریق درونسو^۱ نشان داد که ترازهای ۸۵۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال، ترازهایی هستند که اهمیت زیادی در تأمین رطوبت برای بارش در منطقه ی مورد نظر دارند. آنچه در پی می آید تحلیل نقشه های رطوبتی این دو تراز است (شکل های شماره ۳ و ۴).

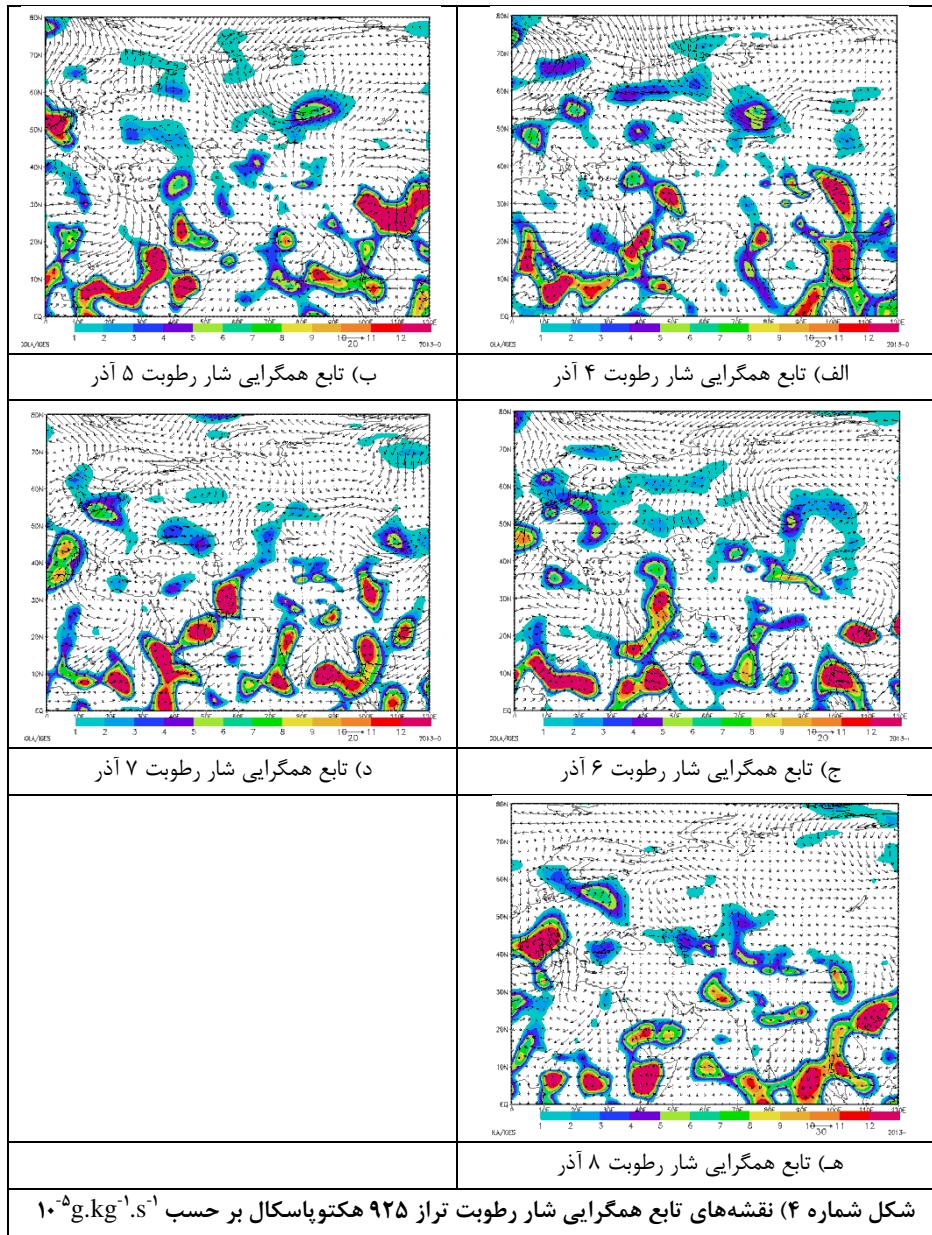
^۱. Objective

باتوجه به نقشه‌ی همگرایی شار رطوبت ترسیم شده برای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برای روز ۴ آذر یک هسته‌ی بسیار قوی که از شرق دریای سرخ شروع شده و تا نیمه‌ی غربی ایران را در بر دارد. با توجه به بردارهای باد جریانات قوی مستقر در شرق عربستان، به صورت ساعتگرد رطوبت دریایی عرب را به عربستان وارد نموده و در ادامه با عبور از خلیج فارس، قوی تر شده و هسته‌ی رطوبتی قوی را در شمال خلیج فارس (استان خوزستان) سبب گشته است. علاوه بر این از سمت دریای مدیترانه نیز مقدار کمی رطوبت وارد این هسته می‌شود. در روز ۵ آذر، سرعت جریانات نسبت به روز قبل خود کم تر شده ولی همچنان جریانات از سمت دریایی عرب به صورت ساعتگرد بوده که با خود رطوبت را به جنوب ایران وارد می‌نماید. هرچند یک هسته‌ی بسیار قوی بر روی غرب عربستان مستقر بوده و تا ترکیه امتداد یافته، اما تأثیری بر روی ایران ندارد. در روز اوج بارش (۶ آذر) جریانات قوی و چشمگیری دیده می‌شود به گونه‌ای که سرعت جریانات در برخی مناطق به بیش از ۲۰ متربرثانیه هم می‌رسد. در جنوب غرب ایران یک هسته بسیار قوی از رطوبت دیده می‌شود که جهت جریانات بیانگر تزربیق رطوبت در سمت دریایی عرب و خلیج فارس به این توده‌ی رطوبتی می‌باشد. همچنین جریانات نشأت گرفته از سمت مدیترانه و دریای سرخ نیز تأثیر بر اجتماع بیشتر رطوبت در این منطقه دارد که خود سبب ریزش بارش‌های سیل زا شده است. در روز هفتم آذرماه سرعت جریانات از سمت جنوب (عربستان) کاسته شده و در مقابل جریانات وارد از دریای سرخ، سرعت بیشتری گرفته است. هرچند هسته‌ی رطوبتی در این روز قوی است، اما تمام منطقه‌ی مطالعاتی را در بر نمی‌گیرد (به عبارتی از خوزستان خارج شده است) و هسته‌ی رطوبتی علاوه به دریافت رطوبت از دریایی عرب، رطوبت جذب شده از سمت مدیترانه و خلیج فارس را نیز دریافت می‌نماید. در روز هشتم، که دو روز پس از اوج بارش است، با توجه به سمت و سرعت باد، جریانات آرام گشته و با وجود هسته‌ی رطوبتی ضعیف در جنوب ایران، تأثیری در بارش برای جنوبغرب ندارد (شکل شماره ۳).



با توجه به شکل شماره ۴، که نقشه های تابع همگرایی رطوبت روزهای مورد بررسی در تراز ۹۵۰ هکتوپاسکال است، در روز ۴ آذر، هسته‌ی رطوبتی قوی نیمه‌ی غربی ایران را در بر گرفته و جریانات از روی دریای عرب، رطوبت را جذب نموده و با عبور از خلیج فارس تقویت شده، هسته‌ی قوی رطوبتی را تشکیل داده‌اند. در روز پنجم، که روز قبل از وقوع بارش سیل زا می‌باشد، جریانات بسیار آرام حضور دارد و سرعت باد بسیار ناچیز است. اما در روز بارش (۶ آذر) یک اجتماع قوی از رطوبت دیده می‌شود که از غرب آفریقا شروع شده و تا شرق دریای سیاه امتداد داشته و در داخل خود هسته‌های متعددی را جای داده است. جهت جریانات جوی در این روز بیانگر سرعت زیاد باد بر روی عربستان است که رطوبت را از دریای عرب جذب نموده که با عبور از رودخانه خلیج فارس، رطوبت بیشتری را حمل نموده و در شمال عربستان متمرکز نموده است. هرچند این هسته‌ی رطوبتی بسیار قوی بوده، اما با توجه به نقشه‌ی همین روز در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، محور این هسته شیب داشته و جهتی جنوب‌غربی، شمال شرقی دارد. در روز بعد، با وجود

حضور هسته های رطوبتی به صورت کمرنگی، که گسترش بیشتری نیز یافته و از غرب آفریقا تا سیبری را در بر می گیرد، و نیز جریانات جوی که با سرعت زیاد و تغییر ناگهانی جهت همراهند، اما این رطوبت تأثیر زیادی بر روی منطقه ای مطالعه ندارد و از میزان بارش (با توجه به جدول شماره ۱) کاسته شده است. در روز ۸ آذر، به دنبال کاهش سرعت باد و آرام شدن جو، رطوبت به شرق ایران منتقل شده و اثری از هسته های همگرایی رطوبت بر روی جنوبغرب ایران نیست (شکل شماره ۴).



نتیجه گیری

در این مطالعه با استفاده از داده های بارش روزانه ای ایستگاه های باران سنجی در استان های جنوب غرب کشور (بوشهر، خوزستان و کهکیلویه و بویر احمد) طی روزهای ۴ تا ۸ آذرماه (۲۴ نوامبر ۲۰۱۲ تا ۲۸ نوامبر ۲۰۱۲)، بر مبنای رویکرد محیطی به گردشی، الگوهای اصلی ایجاد کننده ای بارش های سیل زای منطقه شناسایی شد و از دیدگاه همدید

مورد بررسی قرار گرفت. نقشه های الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان داد رخداد بارش های سیل زا در منطقه ناشی از حضور فرود بر روی دریای سیاه و شرق مدیترانه است که به دنبال پشته‌ی مستقر بر روی غرب مدیترانه ظاهر می‌گردد. نقشه های ضخامت جو بیانگر این مطلب بود که ریزش هوای سرد از عرض های بالا و برخورد آن با هوای گرم و مرتبط نفوذی از عرض های پائین بویژه از شمال آفریقا بر روی ایران منطقه‌ی کژفشاری شدیدی را ایجاد نموده که در وقوع بارش های سیل زا در منطقه‌ی مورد بحث نقش مهمی را ایفا می‌کند و محل مناسبی جهت تشکیل جبهه می‌باشد. تحلیل نقشه های تابع همگرایی شار رطوبت نشان داد که تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بیشترین تأثیر را در جذب رطوبت جهت تقویت سامانه‌ی بارشی روز رخداد سیل داشت. در روز ۶ فروردین که منطبق بر اوج بارش سیل زا در جنوبغرب ایران می‌باشد بیانگر وجود هسته های بیشینه‌ای از تجمع رطوبت در غرب و جنوبغرب ایران بود. در این روز، از یک سو حرکت ساعتگرد جریانات جوی، رطوبت دریایی عرب را به عربستان وارد نموده، به دنبال گرم شدن و عبور از روی خلیج فارس، تقویت گشته و رطوبت بیشتری را به این منطقه تزریق می‌نماید. از دیگر سو جریانات نسبتاً آرام رطوبت دریای سرخ و مدیترانه را نیز وارد این سیستم بارشی می‌نماید.

منابع

- اسدی، اشرف؛ سیدابوالفضل، مسعودیان. ۱۳۸۳، بررسی سینوپتیکی سیلاب سال ۱۳۸۰ شیراز، دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک.
- باقری، سعید. ۱۳۷۲، بررسی سینوپتیکی سیستم های سیل زا در شمال ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران.
- پرنده خوزانی، اکرم، حسن، لشکری. ۱۳۸۹، بررسی سینوپتیکی سیستم های سیل زا در جنوب ایران، مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۲: ۷۳-۶۶.
- حجتی زاده، زهرا، زین العابدین، جعفرپور و نادر، پروین. ۱۳۸۶، بررسی و شناسایی الگوهای سینوپتیکی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مولد سیلاب های مخرب و فرآگیر سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه، نشریه علوم جغرافیایی، دوره ۷: ۱۵۵-۱۲۵.
- حجتی زاده، رحیم (۱۳۸۱)، بررسی سینوپتیکی سیلاب رودهای دامنه غربی زاگرس (با تأکید بر حوضه های کرخه و کارون-دز)، پایان نامه دوره دکتری جغرافیای طبیعی گرایش اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان.
- علیجانی، بهلول. ۱۳۸۵، اقلیم شناسی سینوپتیک، انتشارات سمت، تهران.
- غیور، حسنعلی. ۱۳۷۵، سیل و مناطق سیل خیز در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۴۰: ۱۲۰-۱۰۱.
- کاویانی، محمدرضا، رحیم، حجتی زاده. ۱۳۸۰، تحلیل سینوپتیک و ترمودینامیک واقعه‌ی سیل اسفندماه ۱۳۷۱ در حوضه‌ی آبی کارون، مجله علمی-پژوهشی دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه اصفهان، دوره دوم، ۲۶ و ۲۷: ۱۸-۱.
- مارتین، جاناتان. ۲۰۰۶، دینامیک جو در عرض میانه، ترجمه سیدابوالفضل مسعودیان، انتشارات دانشگاه اصفهان و سمت.

مرادی، حمیدرضا. ۱۳۸۰، بررسی سینوپتیک سیلاب ۲۱ آبان ماه سال ۱۳۷۵ در نواحی مرکزی استان مازندران، آموزش جغرافیا، ۵۷: ۴۱-۳۳.

مرادی، حمیدرضا. ۱۳۸۳، پیش بینی سیلابها بر اساس موقعیتهای سامانه های همدید در شمال شرق ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۷۵: ۷۰-۵۴.

مسعودیان، سیدابوالفضل. ۱۳۸۴، شناسایی الگوهای گردشی پدید آورنده سیلابهای بزرگ در کارون، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۵، بهار و تابستان، صص ۱۸۲-۱۶۱.

مسعودیان، سیدابوالفضل. ۱۳۸۴، پیش بینی و برآورد سیلاب در استان چهارمحال و بختیاری، طرح پژوهشی استانداری چهارمحال و بختیاری.

مفیدی، عباس. ۱۳۸۳، اقلیم شناسی سینوپتیکی بارش های سیل زا با منشأ دریای سرخ در خاورمیانه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۷۵: ۹۳-۷۱.

یارنال، برنت. ۱۹۹۳، اقلیم شناسی همدید و کاربرد آن در مطالعات محیطی، ترجمه‌ی سید ابوالفضل مسعودیان، (۱۳۸۵)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه اصفهان.

Banacos. P. G., Schulta, D. M. ۲۰۰۴; Moisture flux convective Initiation forecasting, www.ams.confex.com

Carla Lima, K., P. Satyamurty and Reyes Fernández, J. P. ۲۰۰۹; Large-scale atmospheric conditions associated with heavy rainfall episodes in southeast Brazil, *Theoretical and Applied Climatology*. Springer Wien, DOI. ۱۰.۱۰۰۷/s۰۰۷۰۴-۰۰۹-۰۲۰۷-۹.

Hireschboeck, K.K. ۱۹۸۷; Catastrophic flooding and atmospheric circulation anomalies, in L.Mayers and D.Nash (Eds), catastrophic flooding, the Birghamton symposia in Geomorphology: International Series; No. ۱۸, London: Allen and Unwin.

Kahana, R. ۲۰۰۲; synoptic climatology of major floods in the Negev Desert, *J: Climatol*, Vol. ۲۲: ۸۶۷-۸۸۲.

Kato, Teruyuki ۲۰۰۴. Formation features of ۲۰۰۴ Niigata-Fukushima and Fukui heavy rainfall and problems in the precipitation using a clouded resolving model. *Solla*. Vol.xx.xxx-xxx, DOI ۱۰.۲۱۵۱/sola.۲xxx.

Komusce, A. U., ۱۹۹۸; Analysis of meteorological and terrain features leading to the Izmir flash floods, *Natural Hazards*, ۳-۴ November, ۱۸: ۱-۲۵.

Krichak, S. Tsidulko, M. and Alpert, P. ۲۰۰۰; Severe storms in the southeastern Mediterranean, *Atmospheric Research*, ۵۲: ۴۵-۶۲.

Kutiel H., Panagiotis, M. and Guika, S. ۱۹۹۶; Circulation and extreme rainfall conditions in the eastern Mediterranean during the last century, *Inter. J. of Climatology*, Vol. ۱b: ۷۳-۸۲.

Maddox, R. A., Canova, F. and Hoxi. L. R. ۱۹۸۰, Meteorological characteristics of flash flood events over the western United States. *Monthly weather review*, Vol. ۱۰۸: ۱۸۶۶-۱۸۷۷.

Rohli, R. V. Vega, A.J. Binkley, M.R., Britton, S.D., Heckman, H.E., Jenkins J.M., Ono, Y., Sheeler, D.E (۲۰۰۱); Synoptic circulation and stream discharge in the Great Lake Basin USA, *Applied Geography*, ۲۱: ۳۶۹-۳۸۵.

Ziv, B., Dayan, U., and Sharon, D. , ۲۰۰۰., A mid-winter, tropical extreme flood-producing storm in southern Israel: synoptic scale analysis, *Meteorol. Atmos. Phys.*, ۸۸(۱-۲): ۵۳-۶۳.
www.cdc.noaa.gov.