

واکاوای سینوپتیکی و دینامیکی سامانه‌های سیل‌زا در مازندران

امیرحسین حلبیان^{۱*}، نسرين نیک‌اندیش^۲ و مطهره اکبری^۳

^۱ دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، ^۲ استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران و ^۳ کارشناس ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه پیام نور

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۷

چکیده

از آنجایی که سیل هم از نظر تلفات جانی و هم از نظر خسارت مالی یکی از مهیب‌ترین بلایای طبیعی در جهان محسوب می‌شود، واکاوای الگوهای سینوپتیکی و دینامیکی پدیدآورنده سیلاب نه‌تنها ساز و کار پیدایش آن‌ها را آشکار می‌سازد، بلکه برای پیش‌آگاهی و آمادگی رویارو شدن با آن‌ها نیز سودمند است. در این پژوهش، سعی بر این است که الگوهای موجد سیلاب در استان مازندران شناسایی شود تا از طریق پیش‌بینی این الگوها قبل از وقوع سیل بتوان اقدامات پیش‌گیرانه لازم را برای جلوگیری از خسارات احتمالی و همچنین، استفاده بهینه از بارش‌ها به‌عمل آورد. بدین ترتیب، در این مطالعه، دو پایگاه داده متشکل از دو گروه متغیر ضرورت می‌یابد. یک گروه متغیرها و داده‌های جوی، مشتمل بر ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، باد مداری، باد نصف‌النهاری و نم و یژه طی ساعت‌های هم‌دید چهارگانه در محدوده صفر تا ۸۰ درجه شمالی و صفر تا ۱۲۰ درجه شرقی با تفکیک مکانی $2/5 \times 2/5$ درجه قوسی که از پایگاه داده (NCEP/NCAR) برداشت شده است و گروه دیگر داده‌های بارش و دبی روزانه منطقه طی روزهای ۲۸ آبان تا ۲ آذر ۱۳۸۸ می‌باشد. در ادامه، با بهره‌گیری از رویکرد محیطی به‌گردشی نسبت به ترسیم نقشه‌های الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، الگوهای ضخامت جو ترازهای ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، تابع هم‌گرایی شار رطوبت و تابع جبهه‌زایی ترازهای ۵۰۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در روز رخداد سیل اقدام شد. نتایج حاصل از این پژوهش آشکار ساخت که بارش‌های سیل‌زا در منطقه مازندران غالباً از کم فشارهای مهاجر همراه با جبهه از جانب شرق مدیترانه حاصل شده است. بررسی الگوهای ضخامت جو نیز منطقه کژفشاری شدیدی را که ناشی از تصادم توده هوای سرد عرض‌های بالایی با هوای گرم و مرطوب نفوذی از سمت جنوب مدیترانه است، نشان داد. تحلیل الگوهای تابع هم‌گرایی شار رطوبت نیز حکایت از این داشت که بارش‌های سیل‌زا حاصل شارش رطوبت از پیکره‌های آبی خزر و دریای سیاه به منطقه مازندران و انباشت رطوبت در این گستره جغرافیایی است. تحلیل نقشه‌های تابع جبهه‌زایی نیز موید این موضوع است که وقوع بارش‌های سیل‌زا در منطقه مطالعاتی می‌تواند متأثر از تشکیل و رخداد جبهه در روی گستره‌های آبی دریای خزر و دریای سیاه در تراز میانی جو و شرق این دو پیکره آبی در ترازهای پایینی جو (۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال) باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوهای ضخامت، الگوی گردشی، جبهه‌زایی، سیل، هم‌گرایی شار رطوبت

* مسئول مکاتبات: halabian_a@yahoo.com

مقدمه

بارش پدیده‌ای حاصل از اندرکنش‌های پیچیده جوی است و در میان رویدادهای اقلیمی با توجه به نقش حیاتی آن، اهمیت ویژه‌ای داشته، نسبت به پدیده‌های اقلیمی دیگر از پیچیدگی رفتاری چشم‌گیرتری برخوردار است. بارش‌های سنگین به سبب نقشی که در ایجاد سیلاب‌های بزرگ دارند، در زمره عوامل موجد بحران به‌شمار می‌روند. سیلاب یکی از رخداد‌های طبیعی است که هم نقش مهمی در تأمین آب دریاچه سدها، تغذیه مصنوعی و تقویت سفره‌های آب‌های زیرزمینی دارد و هم تأثیر قابل ملاحظه‌ای در نابودی تأسیسات و تمدن‌های بشری داشته است. به همین دلیل، از گذشته دور انسان سعی در شناخت، مقابله و تفاهم با این رخداد طبیعی داشته است؛ به طوری که امروزه با ابداع روش‌های مختلف مانند ساختن سد، تغذیه مصنوعی سیلاب و به‌کاربردن روش‌های گوناگون برای پیش‌بینی سیلاب و عوامل ایجاد کننده آن، سعی در مهار این نیروی سرکش طبیعت دارد (Najafpour, ۲۰۱۳). از جمله مناطق سیل‌خیز کشور می‌توان به منطقه مازندران اشاره کرد. قرارگیری این قلمرو جغرافیایی در شمال ایران، وجود توده آبی خزر و تأثیرپذیری این منطقه از الگوی گردش بزرگ مقیاس برون‌حاره در طول سال همراه با تأثیر مداوم و ممتد الگوی موجی عرض‌های برون‌حاره در کنار ویژگی‌های خاص محلی، باعث رخداد بارش‌های شدیدی در منطقه شده که منجر به سیلاب‌های مخرب و وارد آمدن خسارات مالی و جانی فراوانی می‌شود. در زمینه سیلاب‌شناسی تحقیقات گسترده‌ای در جهان و ایران انجام شده است. با این وجود، سابقه پژوهش‌های هم‌دید در این زمینه، در ایران قدمت زیادی ندارند و اغلب این مطالعات در دو یا سه دهه اخیر صورت گرفته است. Frakes و Yarnal در سال ۱۹۹۷ به نقل از Alijani (۲۰۰۶) رابطه بین الگوهای گردشی 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 مذکور، کم‌فشارهای قوی هستند که جبهه‌های سرد و گرم شدید دارند. Komuscu و همکاران (۱۹۹۸) 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 سیلاب‌های ویرانگر است. Krichak و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی توفان‌های شدید ۲ نوامبر ۱۹۹۴ جنوب شرقی مدیترانه به این نتیجه رسیدند که پیشرفت این توفان‌ها نتیجه فرایند غیربی‌دررو شدید ناشی از مقدار زیاد گرما و رطوبت موجود در هوای حاره‌ای می‌باشد. Rohli و همکاران (۲۰۰۱) رابطه بین الگوهای گردشی و دبی حوضه دریاچه‌های بزرگ آمریکا را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که تغییرات رواناب در ناحیه مذکور با میانگین ماهانه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال رابطه ضعیف اما با فشار تراز دریا، در روی ایالت‌های میسوری و ایلینویز همبستگی بالا دارد. Kahana (۲۰۰۲) در بررسی سینوپتیکی کلیماتولوژی سیل‌های بزرگ در بیابان "نگو" به مطالعه ۵۲ مورد سیل در منطقه پرداخته، نشان داد که در ۳۷ مورد سیل به‌وقوع پیوسته دو الگو وجود دارد، ترفافی قوی بر فراز دریای سرخ و دیگری کم‌فشار سوریه. Ziv و همکاران (۲۰۰۵) توفان‌های ایجاد کننده سیلاب‌های بزرگ حاره‌ای در میانه زمستان "نگو" را در روزهای ۲۳-۲۰ دسامبر ۱۹۹۳ بررسی کرده، نشان داده‌اند که این توفان‌ها حاصل ناوه فعال دریای سرخ است. Carla Lima و همکاران (۲۰۱۰) ضمن بررسی رویدادهای بارش سنگین در تابستان‌های گرم و مرطوب در جنوب شرقی برزیل نشان دادند که این رویدادها بیشتر ناشی از دو نوع آشفتگی جوی هستند، جبهه‌های سرد (۵۲ درصد) و منطقه هم‌گرایی آتلانتیک جنوبی (۴۸ درصد) از رویدادها را در بر می‌گیرد. Sabziparvar و همکاران (۲۰۱۰) با تحلیل بیست بارش شدید موجد سیلاب در حوضه دالکی دریافتند که تقویت مرکز کم‌فشار حرارتی سودان و هم‌زمان با آن تغذیه رطوبت از اقیانوس هند و دریای مدیترانه، عامل ایجاد سیلاب‌های شدید در این حوضه است. Cavalcanti (۲۰۱۲) ضمن واکاوی الگوهای هم‌دید بزرگ مقیاس موثر در رخداد بارش‌های سنگین

کرد و نشان داد که الگوی کم ارتفاع، ارتباط معناداری با بارش و رواناب دارد. ایشان همچنین به پیش‌بینی سیلاب‌های استان چهارمحال و بختیاری پرداخته و نشان داد که از ۱۷ الگوی گردشی شناسایی شده تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، چهار الگوی فرود دریای سرخ، فرود غرب مدیترانه، فرود سوریه و فرود شرق مدیترانه بیشترین ارتباط را با بارش‌های این استان دارد. Azizi و Samadi (۲۰۰۷) به بررسی و تحلیل هم‌دید سیل ۲۸ مهرماه ۱۳۸۲ در استان‌های گیلان و مازندران پرداختند. نتایج نشان داد که وجود ناوه عمیق در شمال شرق اروپا و امتداد محور آن بر روی دریای خزر، موجب فرارفت هوای سرد قطبی (CP) از عرض‌های شمال بر روی دریای خزر شده است و حضور واچرخندهای مهاجر در غرب ناوه و چرخند جبهه‌ای در شرق آن و در نتیجه هم جهت شدن حرکت واچرخندی با حرکت چرخندی جلوی ناوه، باعث تقویت این سامانه شده است. Parandeh و Khozani و Lashkari (۲۰۱۱) به بررسی سینوپتیکی سامانه‌های 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 تشدید مرکز کم‌فشار سودان و منطقه همگرایی دریای سرخ و در مواردی هم ناشی از ادغام مرکز کم‌فشار سودان با مرکز کم‌فشار مدیترانه‌ای بوده است. Halabian و همکاران (۲۰۱۲) به تحلیل هم‌دید سامانه‌های سیل‌زا در قم پرداخته‌اند. آنان به‌صورت موردی روندیابی سیل فروردین سال ۱۳۸۸ در قم را به‌صورت علی و معلولی مورد توجه قرار دادند و ادغام دو سامانه کم‌فشار مهاجر همراه با جبهه از سمت شرق مدیترانه و کم‌فشار دریای سرخ را علت آن دانسته‌اند. Baaghdeh و همکاران (۱۳۹۱) به تحلیل هم‌دید بارش‌های سیل‌زای رودخانه‌های اترک و گرگان‌رود پرداختند. نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل الگوهای مشتق شده از نقشه سطح دریا، وجود یک مرکز فشار نسبتاً بالا در بخش‌هایی از غرب و شمال‌غرب ایران و مرکز کم‌فشار در شرق ایران را نشان می‌دهد. Najafpour (۲۰۱۳) با شناسایی الگوهای گردشی ایجادکننده سیلاب در حوضه مند نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین الگوهای گردشی

آمریکای جنوبی در دهه اول قرن ۲۱ نشان داد که کمربند هم‌گرایی حاره‌ای و اغتشاشات شرقی، مهمترین سامانه‌هایی هستند که موجب بارش‌های سنگین بر روی منطقه شمال شرق می‌شوند. Villanueva و همکاران (۲۰۱۲) برای بررسی بیشینه واکنش سیلاب به بارش هم‌رفتی کوتاه‌مدت، توفان رخ داده در تاریخ ۲ ژوئن ۲۰۰۸ را که سبب ایجاد سیل در حوضه رودخانه استارزل در جنوب غرب آلمان شد، بررسی کردند. آنان در نهایت آشکار کردند که حرکت توفان اثر زیادی بر افزایش اوج سیلاب تا ۱۳ درصد داشته است.

در داخل کشور نیز پژوهشگران متعددی، اقلیم‌شناسی سیلاب را مورد مطالعه قرار داده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. Bagheri (۱۹۹۳) ضمن بررسی سینوپتیکی سامانه‌های سیل‌زا در شمال ایران به این نتیجه رسید که بارش‌های سیل‌زا نتیجه حضور واچرخندی است که در شمال و شمال شرق دریای خزر مستقر شده است؛ هم‌زمان با بارش‌های شدید، رودباد جنب‌حاره نیز در منطقه حضور داشته است. Qayor (۱۹۹۶) ضمن بررسی سیل و مناطق سیل‌خیز در ایران به عوامل پیدایش سیلاب، توزیع جغرافیایی سیل و توزیع مکانی سیلاب در ایران و سرانجام روش‌های مقابله با سیل پرداخته است. Moradi (۲۰۰۴) به پیش‌بینی سیلاب‌ها بر اساس موقعیت سامانه‌های هم‌دید در شمال شرق ایران پرداخته، به این نتیجه رسیده است که در ایجاد بارش‌های سیل‌زا در این منطقه چهار الگوی مهاجر قطبی اروپایی، کم‌فشارهای مدیترانه‌ای، کم‌فشارهای سودانی و دریای سرخ و کم‌فشارهای مهاجر قطبی سبیری مؤثر هستند. Mofidi (۲۰۰۴) در پژوهشی با عنوان اقلیم‌شناسی سینوپتیکی بارش‌های سیل‌زا با منشأ 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 کرده، به منطقه دریای سرخ نفوذ کند. Masoodian (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای تحت عنوان شناسایی الگوهای گردشی پدید آورنده سیلاب‌های بزرگ در کارون، شش الگوی گردشی ایجادکننده سیلاب‌های بزرگ در کارون را شناسایی

می‌باشد. این سیل که تاریخ رخداد آن ۱۳۸۸/۰۸/۳۰ است و مناطق ساری، گلوگاه، بابل، بابلسر، فریدون‌کنار، قائمشهر، بهشهر، آمل و نکا را در بر گرفت، خسارتی بالغ بر ۳۷۵۰۸ میلیون تومان را به بار آورد. به منظور شناسایی و واکاوی هم‌دید الگوهای گردشی پدیدآورنده سیلاب در استان مازندران، در قالب رویکرد محیطی به گردشی، این سیلاب مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه، نقشه‌های الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، الگوهای ضخامت جو ترازهای ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال از ۴۸ ساعت قبل از شروع بارش تا پایان فعالیت طوفان و تابع هم‌گرایی شار رطوبت ترازهای ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ و تابع جبهه‌زایی ترازهای ۵۰۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در روز رخداد سیل و طی چهار ساعت دیده‌بانی هم‌دید با استفاده از داده‌های اخذ شده از پایگاه اطلاعاتی (NCEP/NCAR) و بهره‌گیری از نرم‌افزار گردس^۲ ترسیم و سرانجام الگوهای حاکم و شرایط هم‌دید سیل مذکور در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. در این ارتباط، گذشته از شناسایی الگوهای گردشی که هم‌زمان با رویدادهای بارشی دیده شده‌اند، برای شناخت منابع رطوبتی بارش‌های بررسی شده، معادله هم‌گرایی شار رطوبت محاسبه و ارزیابی شد. هم‌گرایی شار رطوبت بر اساس اصل پیوستگی بخار آب در دستگاه مختصات هم‌فشار به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\frac{dq}{dt} = S \quad (1)$$

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + \omega \frac{\partial}{\partial p}$$

که در آن، $V=(u,v,\omega)$ و q رطوبت ویژه، S ذخیره بخار آب که اختلاف بین برون‌داد و درون‌داد بخار آب در بسته هوا است. S معمولاً از $E-C$ به دست می‌آید که در آن، E نسبت تبخیر درون بسته هوا و C نسبت چگالش (تراکم) در بسته هوا است.

با استفاده از معادله پیوستگی، می‌توان رابطه (۱) را

تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال منطقه خاورمیانه با میانگین درصد روزانه سیلاب در حوضه مند وجود دارد. Karampoor و همکاران (۲۰۱۶) ضمن تحلیل هم‌دید ترمودینامیک مخاطره سیلاب‌های لحظه‌ای ناشی از بارش‌های رگباری مناطق کوهستانی حوضه قره‌سو دریافتند که در طی روزهای بارشی، سامانه‌های بندالی هم‌چون سامانه رکز، امگا، کم‌ارتفاع بریده و پشته پرفشار در ترازهای میانی جو بر منطقه خاورمیانه-مدیترانه حاکم هستند. با توجه به این‌که استان مازندران به سبب رخداد بارش‌های شدید از جمله پهنه‌های سیل‌خیز در کشور محسوب می‌شود، مهمترین هدف این پژوهش، دستیابی به دیدی کلی از شرایط هم‌دید و دینامیکی مؤثر بر بارش‌های موجد سیل در مازندران است که نتایج آن می‌تواند به شناسایی سامانه‌های سیل‌زا و مخرب در این پهنه بی‌انجامد.

مواد و روش‌ها

با توجه به این‌که هر پژوهش اقلیم‌شناسی هم‌دید نیازمند تهیه پایگاه داده‌ای مناسب است، در این مطالعه هم‌دید نیز دو پایگاه داده ضرورت می‌یابد. اول پایگاه داده رویداد محیطی (سطحی) مورد نظر که در این پژوهش سیلاب مورخ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰ در پهنه مازندران 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 جو بالا مشتمل بر ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (ژئوپتانسیل متر)، باد مداری (uwnd) و باد نصف‌النهاری (vwnd) (ثانیه) و نم و ویژه (گرم بر کیلوگرم) است که طی ساعت‌های چهارگانه هم‌دید با تفکیک مکانی $2/5 \times 2/5$ درجه قوسی در محدوده صفر تا ۸۰ درجه شمالی و صفر تا ۱۲۰ درجه شرقی از پایگاه داده (NCEP/NCAR)^۱ وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی آمریکا اخذ می‌شود و گروه دیگر داده‌های سیل منطقه طی روزهای ۲۸ آبان تا ۲ آذر

^۱ National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research

^۲ Grid Analysis and Display System (GrADS)

به صورت معادله شار که تضمین کننده پایستگی کل جرم رطوبت است، بسط داده، بازنویسی کرد.

$$\frac{\partial q}{\partial t} + u \frac{\partial q}{\partial x} + v \frac{\partial q}{\partial y} + \omega \frac{\partial q}{\partial p} + q \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial p} \right) = E - P$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \underbrace{\nabla \cdot (q \mathbf{V}_h)}_{\text{همگرایی افقی شار رطوبت}} + \underbrace{\frac{\partial}{\partial p} (q\omega)}_{\text{همگرایی عمودی شار رطوبت}} = \underbrace{E - P}_{\text{ذخیره}} \quad (2)$$

تغییر در جای q

واگرایی عمودی شار رطوبت و تغییرات ذخیره است را بیان می‌کند. صورت برداری این معادله به شکل زیر است (Banacos و Schulta، ۲۰۰۴).

$$MFC = -\nabla \cdot (q \mathbf{V}_h) = -\mathbf{V}_h \cdot \nabla q - q \nabla \cdot \mathbf{V}_h \quad (3)$$

$$MFC = \underbrace{-u \frac{\partial q}{\partial x} - v \frac{\partial q}{\partial y}}_{\text{جمله وزش}} - \underbrace{q \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right)}_{\text{جمله همگرایی}} \quad (4)$$

داده‌های شبکه‌ای حاصل از دیده‌بانی یا پیش‌بینی می‌توان با سرعت و دقت زیاد و به کمک رابطه‌های (۵) و (۶)، جبهه‌زایی را محاسبه کرد.

$$\mathfrak{S}_m = \frac{1}{|\nabla \theta|} \left\{ \begin{array}{l} \left(-\frac{\partial \theta}{\partial x} \right) \left(\frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) - \\ \left(\frac{\partial \theta}{\partial y} \right) \left(\frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) \end{array} \right\} \quad (6)$$

در این پژوهش مقدار تابع جبهه‌زایی به کمک رابطه (۶) محاسبه و بررسی شد.

نتایج و بحث

به منظور بررسی هم‌دید بارش سیل‌زای ۲۸ آبان تا ۲ آذر ۱۳۸۸ در مازندران، از اقلیم‌شناسی هم‌دید که رابطه میان گردش‌های جوی با محیط سطحی یک منطقه را بررسی می‌کند، بهره گرفته شد. در این راستا الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، الگوهای ضخامت ترازهای ۱۰۰۰-۵۰۰ هکتوپاسکال و نقشه‌های هم‌گرایی شار رطوبت در ترازهای ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و تابع جبهه‌زایی ترازهای ۵۰۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ در چهار ساعت دیده‌بانی ترسیم شد. لازم به ذکر است که در ارزیابی نقشه‌های مربوط به هم‌گرایی شار رطوبت مشخص شد که ترازهای ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نمود بیشتری

که در آن، $\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{j}$ و $\mathbf{V}_h = (u, v)$ است. رابطه (۱) به روشنی ترازمندی رطوبت بسته هوا که شامل: تغییر در جای q و واگرایی افقی شار رطوبت و

در رابطه (۴) جمله وزش، وزش افقی رطوبت ویژه را بیان می‌کند. جمله هم‌گرایی، حاصل ضرب رطوبت ویژه در هم‌گرایی حجم جرم را بیان می‌کند. افزون بر این، برای شناسایی توده‌های هوایی که در رخداد بارش‌های بررسی شده نقش داشته‌اند، تابع جبهه‌زایی محاسبه و بررسی شد. در کل، هر فرایندی که منجر به افزایش بزرگی (شیو دما) شود، فرایند جبهه‌زا و چنین عملی را جبهه‌زایی می‌نامند. بر اساس تعریفی که از تابع جبهه‌زایی وجود دارد، عبارتی ریاضی (که تابع جبهه‌زایی نامیده می‌شود) می‌توان به شکل زیر تعریف کرد.

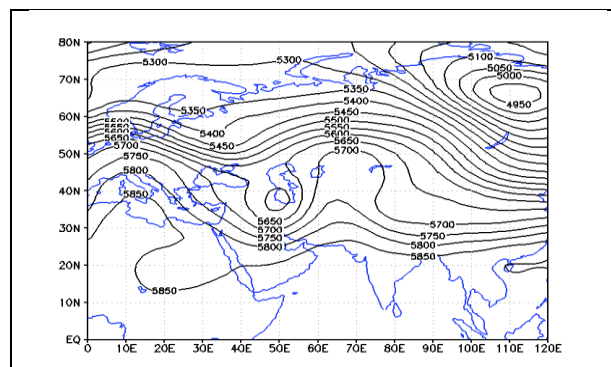
$$\mathfrak{S} = \frac{d|\nabla_p \theta|}{dt} \quad (5)$$

این عبارت مبین آهنگ لاگرانژی تغییر بزرگی $\nabla_p \theta$ (شیو دمای بالقوه روی سطوح هم‌فشار) است. تابع دو بعدی جبهه‌زایی، معادله بسیار سودمندی است، چون به کارگیری آن بر روی نقشه‌های هوا آسان است و ویژگی‌های فیزیکی مهمی را درباره جبهه‌زایی بیان می‌کند. در این روش، می‌توان زاویه بین خطوط هم‌آنترپی و محور گشود میدان دگرریختی کل را به سرعت تشخیص داد و شدت جبهه‌زایی را خیلی سریع محاسبه کرد. امروزه با وجود رایانه‌های پرسرعت و

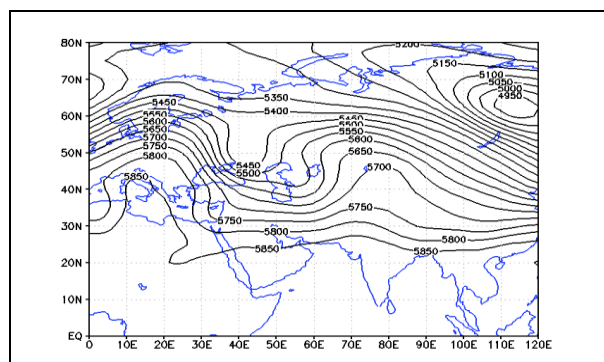
گذشته حاکم بوده، با این تفاوت که فرود مذکور اندکی به طرف غرب جابه‌جا شده، محور فرود از سمت شمال غرب دریای خزر تا سودان ادامه پیدا کرده است. در تاریخ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰ فرود عمیقی در غرب دریای خزر مشاهده شده که محور آن از جنوب غربی خزر تا عربستان کشیده شده است. با توجه به نزدیکی خطوط ضخامت بر روی کرانه‌های جنوبی خزر انتظار ناپایداری و تشکیل جبهه وجود دارد. در تاریخ ۱۳۸۸/۰۹/۰۱ ضمن کاهش عمق محور ناوه از شمال خزر تا جنوب خلیج فارس فرازی نسبتاً عمق از شمال اروپا تا شمال مدیترانه مشاهده می‌شود. آرایش منحنی‌های هم‌ارتفاع در روز ۱۳۸۸/۰۹/۰۲ نسبت به روز گذشته تغییر پیدا کرده و الگوی فرازی از غرب سبیری تا غرب دریای سیاه و ناوه‌ای عمیق در شمال دریای خزر دیده می‌شود (شکل‌های ۱ تا ۵).

دارد. لذا، به سبب تعدد نقشه‌ها در ترازهای مورد بحث تنها به تحلیل و بررسی دو تراز مذکور در چهار ساعت دیده‌بانی هم‌دید در روز رخداد سیل توجه ویژه شده است.

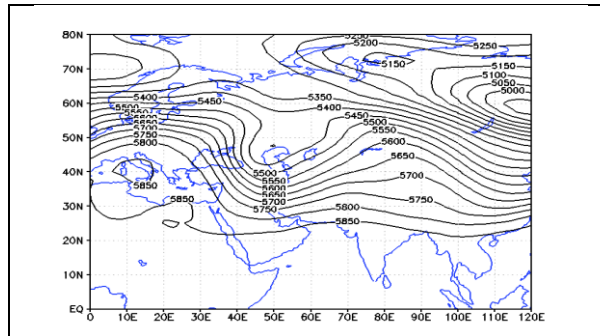
۱- الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال: این الگوها در روز ۱۳۸۸/۰۸/۲۸ نشان‌دهنده فرودی عمیق در غرب ایران است که محور آن از جنوب غربی دریای خزر تا عربستان مرکزی گذر می‌کند. در مرکز فرود مذکور یک سردچال نیز وجود دارد. از سوی دیگر الگویی فرازی نیز در دو سوی این سردچال مشاهده می‌شود، از این رو، هوای سرد اروپا می‌تواند بر روی دریای سیاه و بخش‌های شرقی مدیترانه سرازیر شده، در برخورد با هوای گرم و مرطوب این دو توده آبی شرایط تشکیل جبهه را در جنوب غربی دریای خزر فراهم آورد. در طی روز ۲۹ آبان الگوی گردشی روز



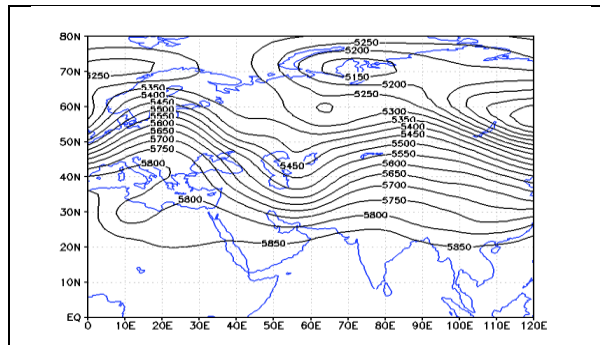
شکل ۱- الگوی گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۱۳۸۸/۰۸/۲۸



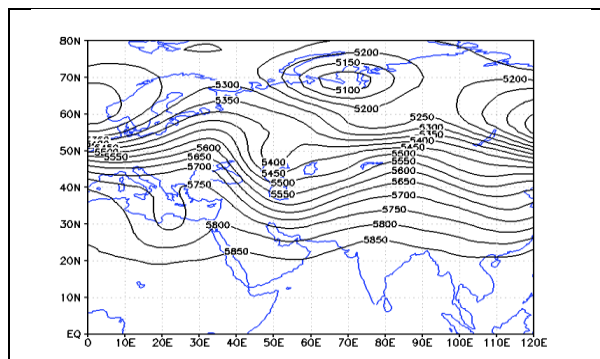
شکل ۲- الگوی گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۱۳۸۸/۰۸/۲۹



شکل ۳- الگوی گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



شکل ۴- الگوی گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۱۳۸۸/۰۹/۰۱



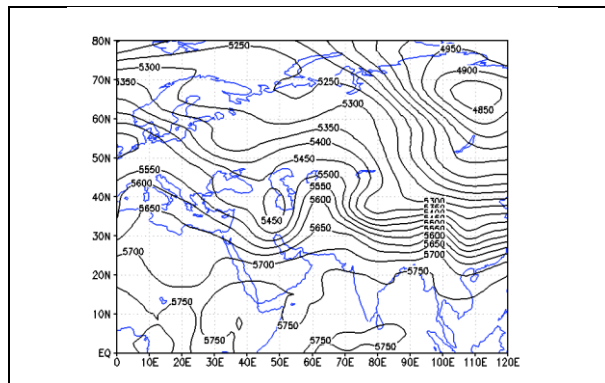
شکل ۵- الگوی گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۱۳۸۸/۰۹/۰۲

ناپایداری فراهم می‌سازد. در روز ۱۳۸۸/۰۸/۲۹ فرود نسبتاً عمیقی در محدوده بین دریای خزر و دریای سیاه مشاهده می‌شود. آرایش خطوط ضخامت بر روی ایران و به‌ویژه منطقه مورد مطالعه به‌صورت مداری می‌باشد. در الگوی ضخامت جو ترسیم شده برای روز ۳۰ آبان سردچالی بر روی شمال غرب دریای خزر تشکیل شده که زبانه‌های آن به‌صورت فرود تا جنوب عربستان (با محور شمالی-جنوبی) امتداد یافته است. از سوی دیگر، یک فراز در شرق ایران دیده می‌شود که از توده هوای گرم دریای عرب نشأت گرفته و هوای گرم را تا شمال قزاقستان کشانده است. بر روی منطقه

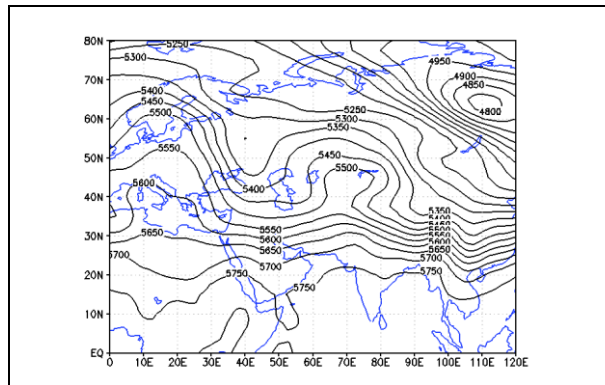
۲- تحلیل الگوهای ضخامت جو: در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال با توجه به نقشه‌ای که برای تاریخ ۱۳۸۸/۰۸/۲۸ ترسیم شده سردچالی در جنوب غربی خزر تشکیل شده که زبانه‌های آن به‌صورت فرود با محور تقریباً شمالی-جنوبی تا عربستان کشیده شده است. از دیگر سو، یک الگوی فرازی عمیق در نواحی شرقی خزر دیده می‌شود که از توده هوای گرم مستقر در روی عمان نشأت گرفته و سبب می‌شود تا هوای گرم از این مناطق تا دریای بارنتس و عرض‌های بالا کشیده شود. در این شرایط تصادف دو توده هوای سرد و گرم در کرانه‌های خزر زمینه را برای ایجاد جبهه و

ترسیم شده برای تاریخ ۱۳۸۸/۰۹/۰۲، حضور یک سردچال در نواحی شمالی دریای خزر به چشم می‌خورد. با این وجود، بر روی منطقه مورد مطالعه، آرایش خطوط ضخامت به صورت مداری می‌باشد. در شمال غربی ایران تغییر خطوط ضخامت ممکن است مسبب ایجاد ناپایداری و بارش بر روی منطقه شود. الگوی فرازی که بر روی شرق مدیترانه مشاهده می‌شود از هسته مستقر در روی سودان سرچشمه گرفته و سبب صعود هوای گرم تا این منطقه می‌شود (شکل‌های ۶ تا ۱۰).

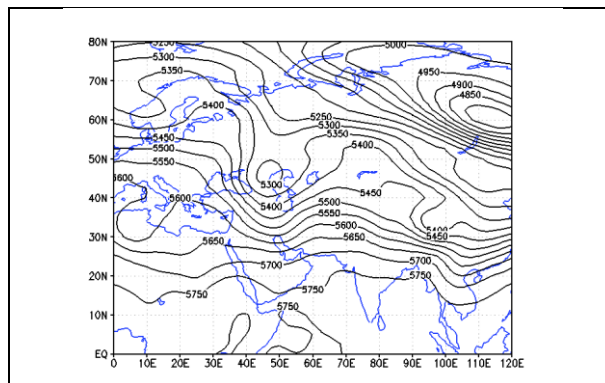
مطالعاتی به سبب این که ضخامت جو ۵۴۵۰ متر است، ریزش‌های جوی به صورت باران می‌باشد. نکته دیگر این که از نوار شمالی کشور به طرف عرض‌های پایین بر ضخامت جو افزوده می‌شود. این افزایش ضخامت ناشی از استقرار و نفوذ توده هوای گرم عربستان و دریای عرب است. نقشه روز ۱۳۸۸/۰۹/۰۱ نیز نشانگر فرودی عمیق در شمال دریای خزر است؛ با این وصف که از کرانه‌های جنوبی خزر تا جنوب ایران از عمق این فرود کاسته شده و ضخامت جو در نواحی جنوبی بیشتر از نواحی شمالی است. با توجه به نقشه



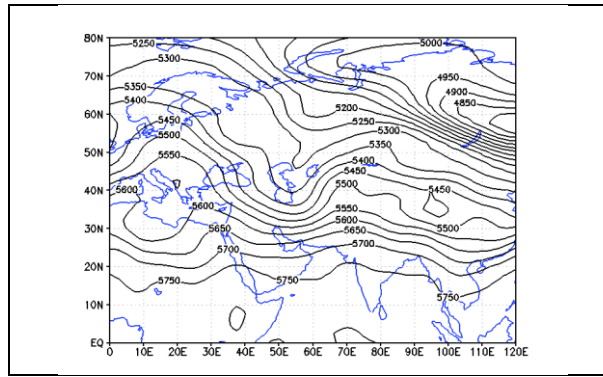
شکل ۶- الگوی ضخامت جو ۱۳۸۸/۰۸/۲۸



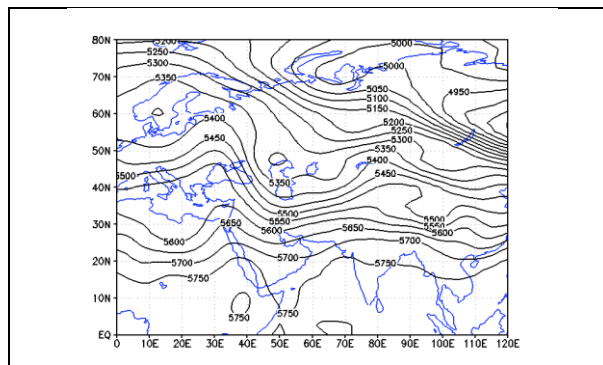
شکل ۷- الگوی ضخامت جو ۱۳۸۸/۰۸/۲۹



شکل ۸- الگوی ضخامت جو ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



شکل ۹- الگوی ضخامت جو ۱۳۸۸/۰۹/۰۱



شکل ۱۰- الگوی ضخامت جو ۱۳۸۸/۰۹/۰۲

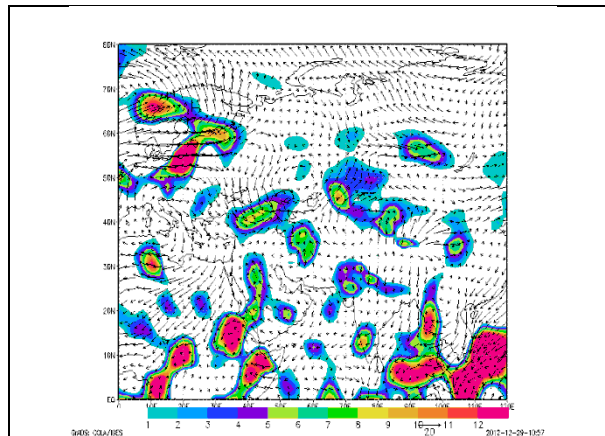
۳- تحلیل تابع هم‌گرایی شار رطوبت ترازهای ۹۲۵

و ۱۰۰۰: در ارزیابی معادله هم‌گرایی شار رطوبت و شناخت منابع رطوبتی بارش‌ها برای تاریخ‌های مورد مطالعه، تابع هم‌گرایی شار رطوبت در ترازهای ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و در چهار زمان دیده‌بانی، تحلیل شد. بررسی نقشه‌های هم‌گرایی شار رطوبت به طریق درون‌سو نشان داد که ترازهای ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال برای واکوی و تحلیل تابع هم‌گرایی شار رطوبت در تأمین رطوبت برای بارش در منطقه مورد نظر نمود بیشتری دارد، لذا در اینجا به تحلیل و بررسی این نقشه‌ها در ترازهای مذکور در روز واقعه سیل و طی چهار دیده‌بانی هم‌دید (۰۰:۰۰، ۰۶:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰ به وقت گرینویچ) پرداخته می‌شود. نقشه‌های تابع هم‌گرایی شار رطوبت در تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال در ساعت‌های چهارگانه هم‌دید در تاریخ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰ حاکی از گردش و اچرخندی جریان‌های جوی در اطراف محدوده مورد مطالعه است که در هر دیده‌بانی موقعیت آن متفاوت بوده، موجب جابه‌جایی رطوبت نیز می‌شود. مهمترین منابع تأمین کننده رطوبت در این تراز دریای خزر و دریای سیاه می‌باشد. در ساعت ۰۰:۰۰ هسته‌ای نسبتاً قوی از

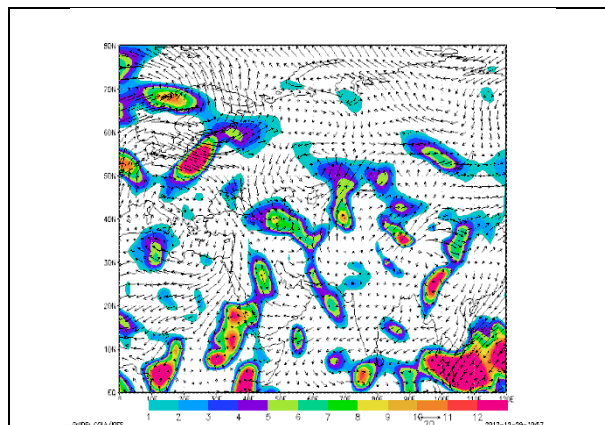
رطوبت بین دریای سیاه و دریای خزر مشاهده می‌شود. با توجه به جهت جریان‌های جوی در نقشه‌ها، دریای سیاه و دریای خزر مهمترین تأثیر را بر روی شکل‌گیری این هسته دارند. در جنوب شرقی دریای خزر نیز کانونی از رطوبت وجود دارد که علاوه بر دریای خزر در تأمین رطوبت آن، نباید از نقش دریای سیاه نیز غافل شد. در ساعت ۰۶:۰۰ کانون‌های رطوبتی غرب و جنوب شرقی خزر و هسته رطوبتی مستقر بر روی دریای عرب به یکدیگر پیوسته‌اند. در این ساعت در کرانه‌های جنوبی دریای خزر مهمترین منابع تأمین کننده رطوبت به ترتیب، دریای خزر و دریای سیاه می‌باشد. در طی دیده‌بانی ساعت ۱۲:۰۰ از وسعت پهنه رطوبتی نسبت به دیده‌بانی قبل کاسته شده و به نیمه شمال شرقی ایران محدود شده است. ریزش جریان‌های جوی اروپا از شمال و غرب دریای خزر موجب تقویت رطوبت در این هسته بیشینه می‌شود. ضمن این‌که نباید نقش دریای سیاه در تأمین رطوبت این قسمت نادیده گرفته شود. در ساعت ۱۸:۰۰ هسته رطوبتی مستقر در کرانه‌های جنوبی خزر قوی‌تر شده چنان‌که یک هسته بیشینه رطوبت بر روی منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود (شکل‌های ۱۱ تا ۱۴). نقشه‌های هم‌گرایی شار رطوبت در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در هر چهار دیده‌بانی نشان می‌دهد که

ساعت ۰۶:۰۰ و ۱۲:۰۰، هسته رطوبتی ضمن تقویت و ادغام با هسته‌های رطوبتی اطراف گسترش قابل توجهی نیز پیدا کرده است. در ادامه در ساعت ۱۸:۰۰، کانونی قدرتمند از رطوبت بر روی منطقه مطالعاتی شکل گرفته که به‌طور بارزی رطوبت خود را از روی دریای خزر تأمین می‌کند (شکل‌های ۱۵ تا ۱۸).

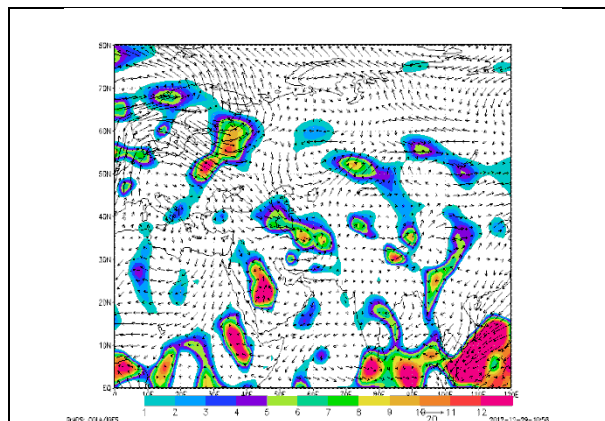
هسته‌های هم‌گرایی رطوبت قوی در اطراف محدوده مطالعاتی وجود دارد که به‌طور عمده رطوبت خود را از پهنه‌های آبی خزر و سیاه تأمین می‌کند. در ساعت ۰۰:۰۰، تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال هسته‌ای از رطوبت نسبتاً قوی بر روی منطقه مطالعاتی وجود دارد که در درجه اول، رطوبت خود را از دریای خزر و در مرتبه بعد از دریای سیاه تأمین می‌کند. در



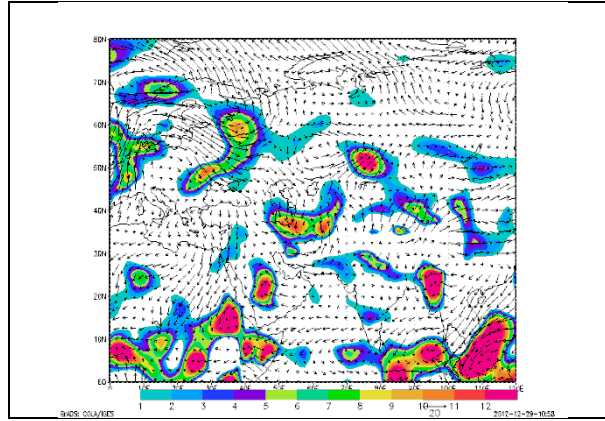
شکل ۱۱- تابع هم‌گرایی شار رطوبت تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال ($10^{-5} \text{ g.kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) در ساعت ۰۰:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



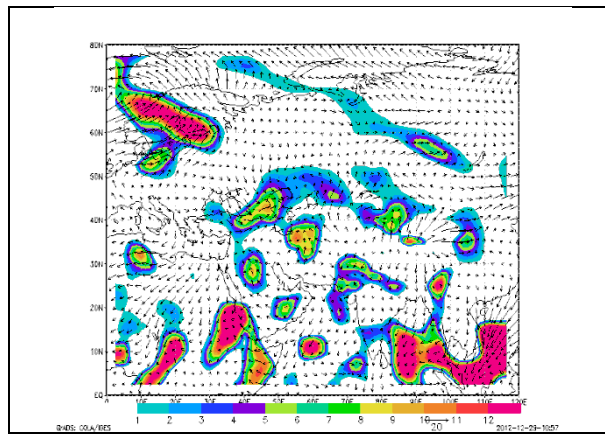
شکل ۱۲- تابع هم‌گرایی شار رطوبت تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال ($10^{-5} \text{ g.kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) در ساعت ۰۶:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



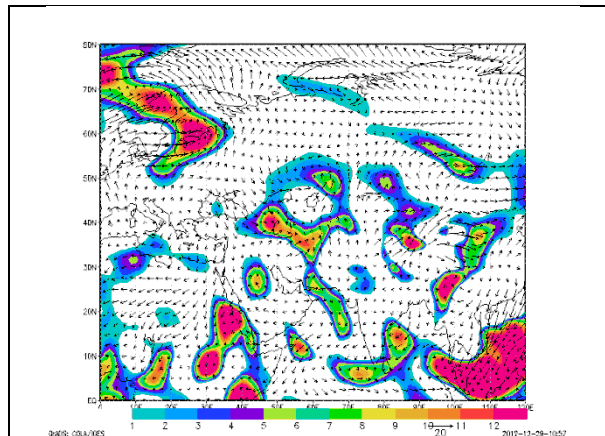
شکل ۱۳- تابع هم‌گرایی شار رطوبت تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال ($10^{-5} \text{ g.kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) در ساعت ۱۲:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



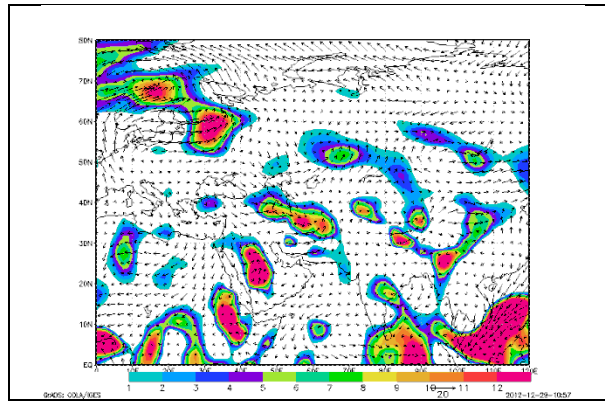
شکل ۱۴- تابع هم‌گرایی شار رطوبت تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال ($10^{-5} \text{ g.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$) در ساعت ۱۸:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



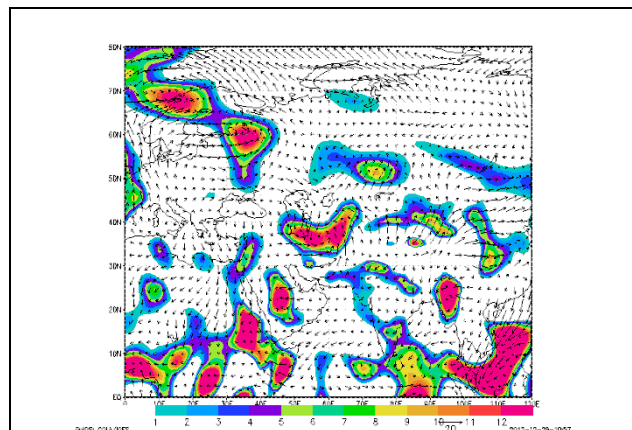
شکل ۱۵- تابع هم‌گرایی شار رطوبت تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ($10^{-5} \text{ g.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$) در ساعت ۰۰:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



شکل ۱۶- تابع هم‌گرایی شار رطوبت تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ($10^{-5} \text{ g.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$) در ساعت ۰۶:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



شکل ۱۷- تابع هم‌گرایی شار رطوبت تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ($10^{-5} \text{ g.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$) در ساعت ۱۲:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



شکل ۱۸- تابع هم‌گرایی شار رطوبت تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ($10^{-5} \text{ g.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$) در ساعت ۱۸:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰

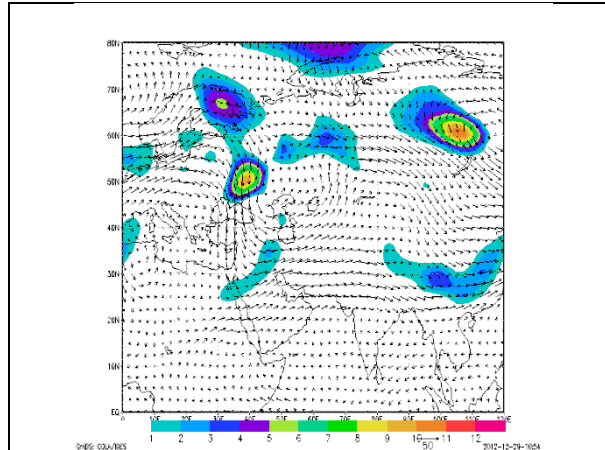
۴- تحلیل تابع جبهه‌زایی ترازهای ۵۰۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال: بررسی نقشه‌های تابع جبهه‌زایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مویید حضور جبهه در اطراف منطقه مورد مطالعه است. در ساعت ۰۰:۰۰ جبهه‌های نسبتاً قوی در شمال دریای سیاه به چشم می‌خورد. هسته کوچکی از جبهه نیز در میانه دریای خزر مشاهده می‌شود که مسبب آن ریزش هوای سرد از سمت شمال اروپا و غرب روسیه و تغییر جهت در این محدوده می‌باشد. در این تراز از شمال غرب ایران تا مصر کمربندی از جبهه مشاهده می‌شود که علت آن تغییر جهت جریاناتی است که از شمال دریای سیاه به این منطقه ریزش می‌کنند. در ساعت ۰۶:۰۰ از وسعت جبهه در غرب ایران کاسته شده و در پهنه مطالعاتی تغییرات خاصی نسبت به دیده‌بانی قبل مشاهده نمی‌شود. با توجه به بردارهای سرعت در نقشه‌های ترسیم شده در دیده‌بانی‌های ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰ با وجود افزایش نسبی بردارهای سرعت، در روی کرانه‌های شرقی خزر شرایط برای ایجاد جبهه فراهم نیست (شکل‌های ۱۹ تا ۲۲).

در تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال نسبت به تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال تغییرات خاصی در شرایط منطقه مطالعاتی صورت نگرفته است. در ساعت ۰۰:۰۰ حضور دو جبهه در غرب دریای خزر و جنوب دریاچه آرال مشاهده می‌شود که مسبب آن تغییر جهت بردارهای سرعتی است که به‌صورت چرخندی از غرب سبیری وارد این مناطق می‌شوند. در ساعت ۰۶:۰۰ هسته مستقر در روی دریاچه آرال وسیع‌تر شده است. در ساعت ۱۲:۰۰ سه هسته جبهه در اطراف کرانه‌های شرقی خزر دیده می‌شود که در تقاطع تغییر مسیر جریانات تشکیل شده‌اند. در آخرین دیده‌بانی (ساعت ۱۸:۰۰) نیز از شمال غرب دریاچه آرال تا شرق ایران حضور جبهه به چشم می‌خورد که بر روی منطقه مطالعاتی تأثیر ندارند (شکل‌های ۲۳ تا ۲۶).

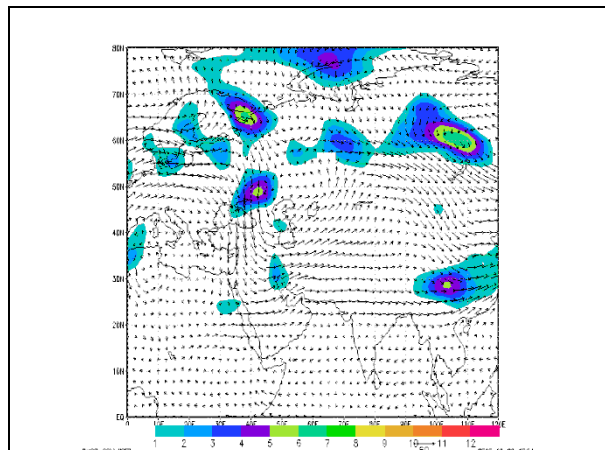
چهار دیده‌بانی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نیز نشان‌گر عدم حضور جبهه بر روی منطقه مطالعاتی است. در ساعت ۰۰:۰۰ در محدوده بین دریای سیاه و دریای خزر به سبب تغییر جهت جریانات ریزشی، جبهه مشاهده می‌شود. در ساعت ۰۶:۰۰ به‌علت تصادم دو توده هوای مختلف از

ایران کشیده شده است. جبهه هوا در ساعت ۱۸:۰۰ محدود‌های از شرق دریاچه آرال تا شرق ایران را در بر می‌گیرد (شکل‌های ۲۷ تا ۳۰).

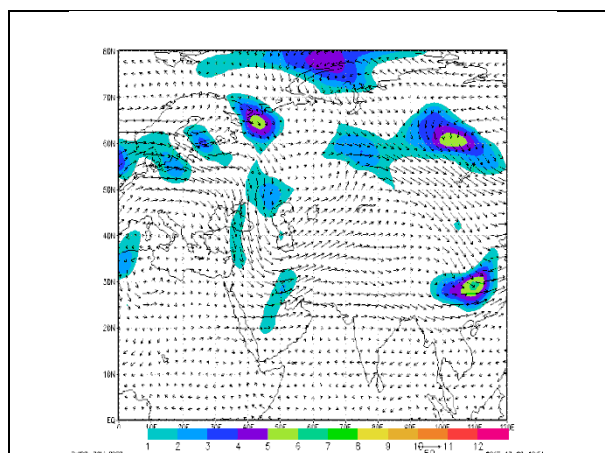
جنوب و غرب، هسته کوچکی از جبهه در جنوب شرقی خزر حضوری نمادین دارد. طی ساعت ۱۲:۰۰ منطقه جبهه در اطراف دریای خزر از بین رفته، به نواحی شرقی



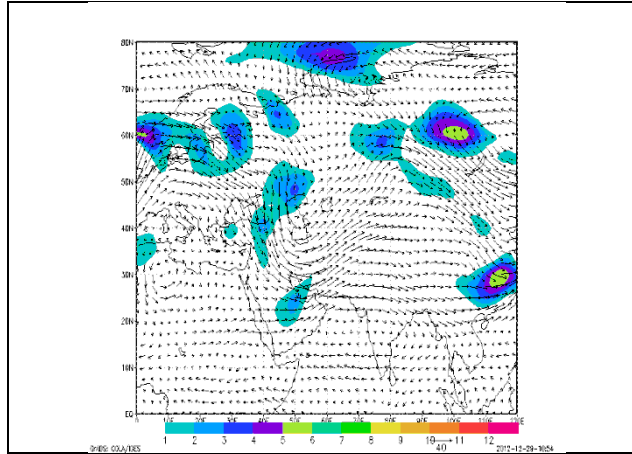
شکل ۱۹- تابع جبهه‌زایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ($10^{-10} k.m^{-1}.s^{-1}$) در ساعت ۰۰:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



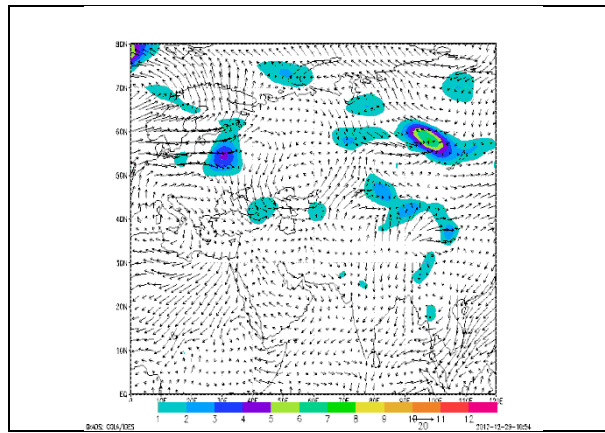
شکل ۲۰- تابع جبهه‌زایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ($10^{-10} k.m^{-1}.s^{-1}$) در ساعت ۰۶:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



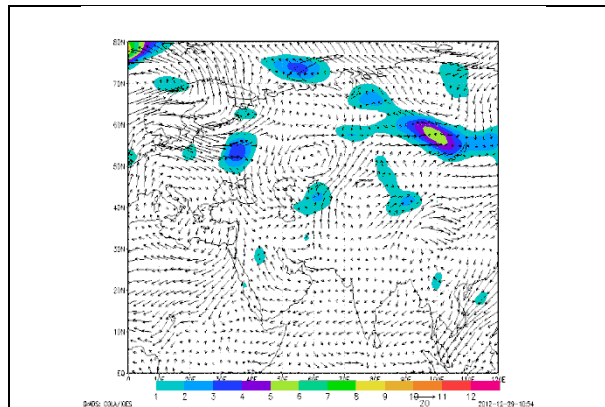
شکل ۲۱- تابع جبهه‌زایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ($10^{-10} k.m^{-1}.s^{-1}$) در ساعت ۱۲:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



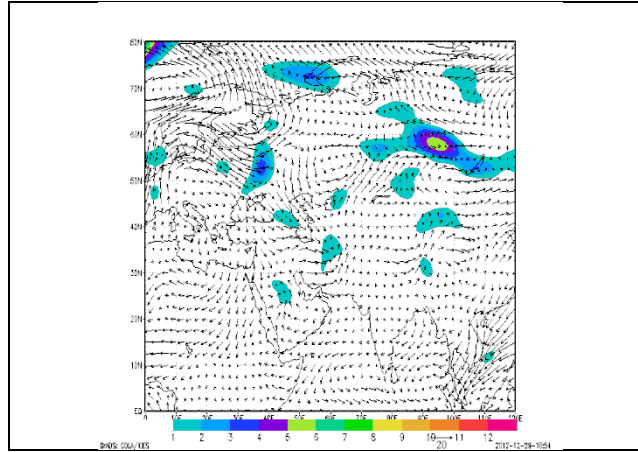
شکل ۲۲- تابع جبهه‌زایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ($10^{-10} k.m^{-1}.s^{-1}$) در ساعت ۱۸:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



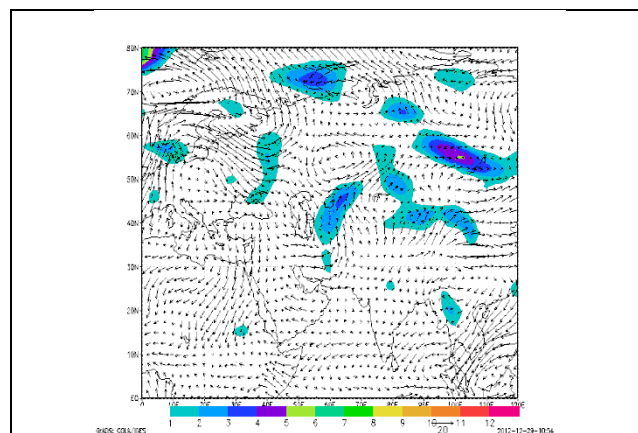
شکل ۲۳- تابع جبهه‌زایی تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال ($10^{-10} k.m^{-1}.s^{-1}$) در ساعت ۰۰:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



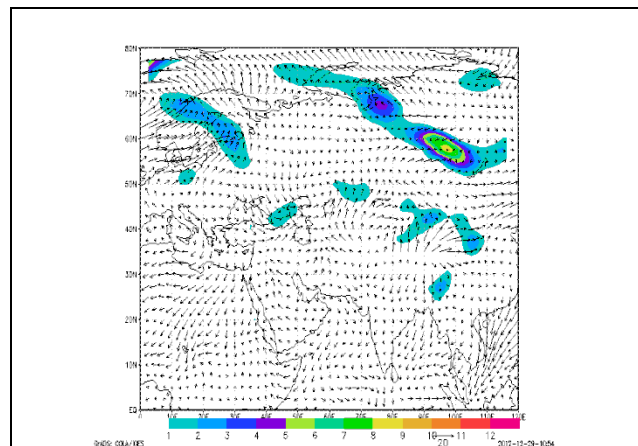
شکل ۲۴- تابع جبهه‌زایی تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال ($10^{-10} k.m^{-1}.s^{-1}$) در ساعت ۰۶:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



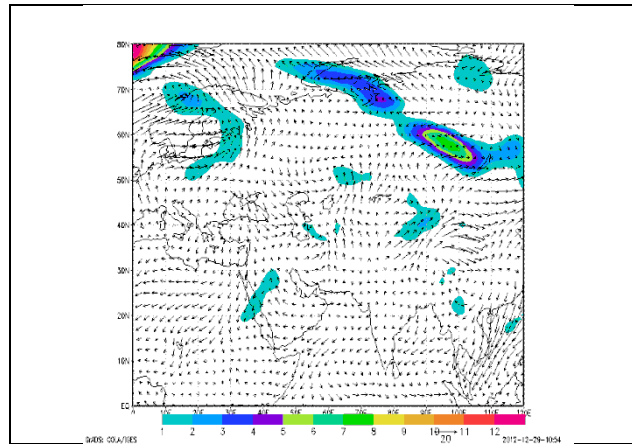
شکل ۲۵- تابع جبهه‌زایی تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال ($10^{-10}k.m^{-1}.s^{-1}$) در ساعت ۱۲:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



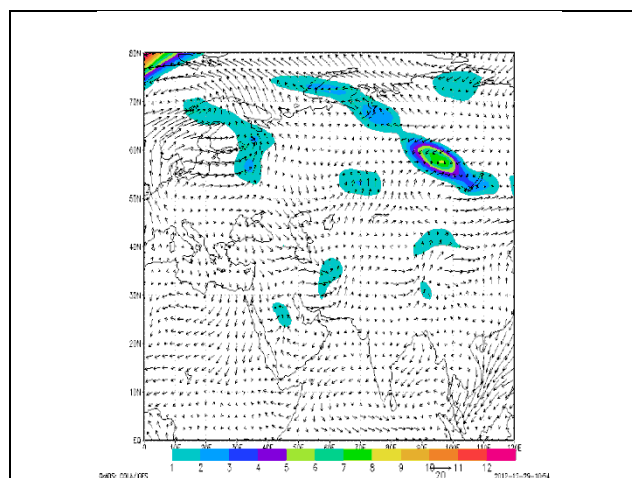
شکل ۲۶- تابع جبهه‌زایی تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال ($10^{-10}k.m^{-1}.s^{-1}$) در ساعت ۱۸:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



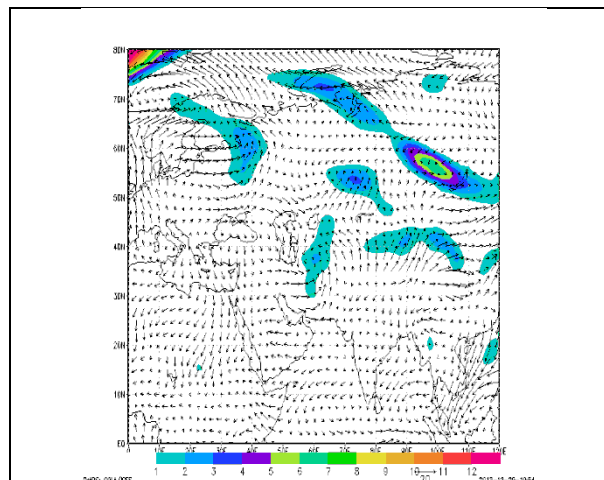
شکل ۲۷- تابع جبهه‌زایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ($10^{-10}k.m^{-1}.s^{-1}$) در ساعت ۰۰:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



شکل ۲۸- تابع جبهه‌زایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ($10^{-10} k.m^{-1}.s^{-1}$) در ساعت ۰۶:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



شکل ۲۹- تابع جبهه‌زایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ($10^{-10} k.m^{-1}.s^{-1}$) در ساعت ۱۲:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰



شکل ۳۰- تابع جبهه‌زایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ($10^{-10} k.m^{-1}.s^{-1}$) در ساعت ۱۸:۰۰ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰

نتیجه‌گیری

شناسایی و از دیدگاه هم‌دیدگی و دینامیکی مورد بررسی قرار گرفت. تحلیل الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در بازه زمانی مورد مطالعه به‌ویژه در ۱۳۸۸/۰۸/۳۰ نشان‌گر وجود نلوه‌ای عمیق در روی دریای خزر و حضور پشته قوی در

در این مطالعه، با بهره‌گیری از رویکرد محیطی به گردشی، الگوهای اصلی ایجاد کننده بارش‌های سیل‌زا در سطح استان مازندران طی روزهای ۲۸ آبان تا ۲ آذر ۱۳۸۸

سرازیر شده و در برخورد با هوای گرم و مرطوب‌تر این دو توده آبی امکان تشکیل جبهه را مهیا سازد. در مجموع، تحلیل نقشه‌های ضخامت جو نشان از این دارد که ریزش هوای سرد از عرض‌های بالاتر و برخورد آن با هوای گرم و مرطوب گسترش یافته از عرض‌های پائین‌تر به‌ویژه شمال آفریقا بر روی ایران منطقه کُفشاری شدیدی را ایجاد کرده که زمینه را برای رخداد بارش‌های سیل‌زا در قلمرو مورد بررسی فراهم می‌سازد. تحلیل نقشه‌های تابع هم‌گرایی شار رطوبت نیز نشان از وجود هسته بیشینه‌ای از انباشت رطوبت در ساعت ۱۸ در تاریخ ۱۳۸۸/۰۸/۳۰ که منطبق بر وقوع سیل در قلمرو مطالعاتی است، دارد. در این حالت، حرکت واچرخندی بر روی شمال دریای خزر با عبور از روی دریای خزر، سبب تقویت سامانه بارشی موجود در شرق مدیترانه از لحاظ رطوبتی شده که به منطقه مطالعاتی وارد می‌شود. در مجموع، مهم‌ترین منابع رطوبتی در ایجاد رخداد سیل و شار رطوبت به منطقه مطالعاتی به‌ترتیب اهمیت دو پهنه آبی خزر و دریای سیاه هستند. تحلیل نقشه‌های مراکز جبهه‌زایی نیز بیانگر حضور جبهه در اطراف منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

اروپای شمالی است. به‌عبارت دیگر، بر اساس الگوهای گردشی و به‌ویژه آرایش جریان‌های جوی در روزهای مورد بحث قلمروهای جغرافیایی شمال مدیترانه واقع در اروپا شاهد یک آرایش پشته‌ای است. از این‌رو، هوای سرد اروپا می‌تواند بر روی دریای سیاه و بخش‌های شرقی مدیترانه سرازیر شده، در برخورد با هوای گرم و مرطوب این دو توده آبی (دریای سیاه و دریای مدیترانه) شرایط تشکیل جبهه را فراهم آورد. در عین حال، استقرار ناوه بر روی بخش‌های شرقی مدیترانه شرایط دینامیکی ناپایداری را آماده می‌سازد، در نتیجه همراه با ناپایداری حاصل از ناپیوستگی جبهه‌ای امکان تشکیل سامانه‌های باران‌زا مهیا می‌شود. این سامانه‌ها می‌توانند در بستر جریان‌های غربی با ورود به ایران به‌ویژه محدوده مطالعاتی موجبات بارش را فراهم سازند. در نقشه‌های الگوی ضخامت جو، نمود یک سردچال بر روی شمال غرب دریای خزر آشکار است. در عین حال، بررسی نقشه‌های ضخامت جو طی روزهای مورد بحث نیز فرود عمیقی را بر روی شرق مدیترانه نشان می‌دهد. در این شرایط مناطق شمالی مدیترانه شاهد یک الگوی فرازی است. در این حالت، هوای سرد اروپا می‌تواند بر روی دریای سیاه و منتهی‌الیه شرقی مدیترانه

منابع مورد استفاده

1. Alijani, B. 2006. Synoptic climatology. Samt Publications, Tehran, 255 pages (in Persian).
2. Azizi, Gh. and Z. Samadi. 2007. Synoptic pattern analysis of 28th October 2003 flood on the Gilan and Mazandaran Provinces. *Geography Research Quarterly*, 60: 61-74 (in Persian).
3. Baaghdeh, M., A. Entezari and F. Alimardani. 2012. Synoptic analysis of rainfall in Atrak and Gorganrood basins (39 pervasive rainfall). *Journal of Geography and Development*, 26: 113-124 (in Persian).
4. Bagheri, S. 1993. Synoptic study of flood generating systems in north of Iran. MSc Thesis, 167 pages.
5. Banacos, P.G. and D.M. Schulta. 2004. Moisture flux convective initiation forecasting. Available online at: <http://www.ams.confex.com>.
6. Carla Lima, K., P. Satyamurty and J.P. Reyes Fernandez. 2010. Large-scale atmospheric conditions associated with heavy rainfall episodes in south-east Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, 101: 121-135.
7. Cavalcanti, I.F.A. 2012. Large scale and synoptic features associated with extreme precipitation over South America: A review and case studies for the first decade of the 21st century. *Atmospheric Research*, 118: 27-40.
8. Halabian, A.H., F. Hosseinalipour and B. Saberi. 2012. Synoptic analysis of flood generating systems in Qom. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 8: 121-137 (in Persian).
9. Kahana, R. 2002. Synoptic climatology of major floods in the Negev Desert. *International Journal of Climatology*, 22: 867-882.
10. Karampoor, M., Z. Zarei Cheghabaleki, A. Mirhashemi and M. Rostami Fathabadi. 2016. Thermodynamic and synoptic analyses of pick floods caused by showery precipitation in mountainous regions (Ghare Sou basin). *Environmental Hazards Management*, 3: 75-90 (in Persian).
11. Khoshhal Dastjerdi, J. 1997. Analyze and provide synoptic climatology model for more than 100 mm precipitations on the southern coast of the Caspian Sea. PhD Thesis, 478 pages (in Persian).
12. Komusce, A.U., A. Erkan and S. Çelik. 1998. Analysis of meteorological and terrain features leading to the Izmir flash floods. *Natural Hazards*, 18: 1-25.
13. Krichak, S., M. Tsidulko and P. Alpert. 2000. November 2, 1994, Sever storms in the south-eastern

- Mediterranean. Atmospheric Research, 53: 45-62.
14. Masoodian, S.A. 2005a. Recognition of circulation patterns of heavy floods generating on Karoon. Journal of Geography and Development, 5: 161-182 (in Persian).
 15. Masoodian, S.A. 2005b. Flood estimate and forecasting in Chaharmahal and Bakhtiari Province. Research plan (in Persian).
 16. Masoodian, S.A. 2011. Mid-latitude atmospheric dynamics. Isfahan University, Samt publications, 426 pages (in Persian).
 17. Mofidi, A. 2004. Synoptic climatology of flood generating precipitation with originated of the Red Sea in the Middle East. Journal of Geographical Research, 75: 71-93 (in Persian).
 18. Moradi, H.R. 2004. Flood forecasting on the synoptic systems location in north-east Iran. Journal of Geographical Research, 75: 54-70 (in Persian).
 19. Najafpour, B. 2013. Identification of circulation patterns producing floods over south-west of Iran case study: Mond Basin. Geography and Development, 31: 77-92 (in Persian).
 20. Parandeh Khozani, A. and H. Lashkari. 2011. Synoptic study of flood generating systems in south of Iran. Journal of Iran-Water Resources Research, 2: 66-73 (in Persian).
 21. Qayor, H.A. 1996. Flood and area of flood generating in Iran. Journal of Geographical Research, 62: 114-125 (in Persian).
 22. Rohli, R.V., A.J. Vega, M.R. Binkley, S.D. Britton, H.E. Heckman, J.M. Jenkins, Y. Ono and D.E. Sheeler. 2001. Synoptic circulation and stream discharge in the Grent Lake Basin, USA. Applied Geography, 4: 369-385.
 23. Sabziparvar, A.A., A. Parandeh, H. Lashkari, and H. Yazdanpanah. 2010. Mid-level synoptic analysis of flood-generating systems in south-west of Iran, case study: Dalaki Watershed river basin. Natural Hazards and Earth System Sciences, 10: 2269-2279.
 24. Villanueva, R.V., M. Borga, D. Zoccatelli, L. Marchi, E. Gaume and U. Ehret. 2012. Extreme flood response to short-duration convective rainfall in south-west Germany. Hydrology and Earth System Sciences, 16: 1543-1559.
 25. Ziv, B., U. Dayan and D. Sharon. 2005. A mid-winter tropical extreme flood producing storm in southern Israel. Synoptic scale analysis, Meteorology and Atmospheric Physics, 1-2: 52-63.

Synoptic and dynamic analysis of flood generating systems in Mazandaran

Amirhossein Halabian^{*1}, Nasrin Nikandish² and Motahare Akbari³

¹ Associate Professor, Geography Department, Payame Noor University, Tehran, Iran, ² Assistant Professor, Geography Department, Payame Noor University, Tehran, Iran and ³ MSc, Payame Noor University Tehran, Iran

Received: 16 April 2017

Accepted: 15 January 2018

Abstract

Since the floods, both in terms of loss of life and property damage is one of the most devastating natural disasters in the world, synoptic and dynamic patterns identified flood creator not only reveals the mechanism of their formation, but to advance their knowledge and preparedness to face is also useful. The aim of the present study is to identify patterns causing floods in the Mazandaran Province to predict these patterns through before the flood could necessary precautionary measures to prevent the damage and take advantage of precipitation. In this research, two databases composed of two variables are necessary. A group of variables and atmospheric data including geopotential height at 500 hPa, zonal wind (uwnd), meridional wind (vwnd) and specific humidity (shum) in Synoptic four hours in the range of 0 to 80 degrees north and 0 to 120 degrees east at a spatial resolution 2.5×2.5 degree from the database (NCEP/NCAR) have been harvested and other groups of precipitation and discharge data in area, during 28 Aban to 2 Azar 1388. Then, taking advantage of environmental-circulation approach to mapping 500hpa circulation patterns, atmosphere thickness patterns of the levels 1000-500 hPa, moisture flux convergence function and frontogenesis function in 500, 925 and 1000 hPa levels on the occurrence of floods. The results of this research showed that flood generating precipitation in the Mazandaran area is mainly caused by the eastern Mediterranean frontal lows. At the same time, thickness patterns have illustrated intense depressor zone that caused by meeting of cold air mass of the high latitude with humid and hot air mass of the southern Mediterranean. Analysis of the moisture flux convergence (MFC) patterns also showed that flood generating precipitation is caused by moisture flux of water masses of the Caspian Sea and Black Sea to the Mazandaran area. Analysis of the frontogenesis function maps indicated that occurrence of flood generating precipitation in the study area is caused by the formation and occurrence of front in the Caspian Sea and the Black sea in middle levels and east these two of water masses at lower levels of atmosphere (925 and 1000 hPa).

Keywords: Circulation pattern, Flood, Frontogenesis, Moisture flux convergence, Thickness patterns

* Corresponding author: halabian_a@yahoo.com