



جغرافیا و روابط انسانی، تابستان ۱۴۰۰، دوره ۴، شماره ۱، صص ۵۶-۴۲

## بررسی همدیدی بارش‌های سیل آسا در استان خراسان شمالی

محمد مرادی<sup>۱\*</sup>، علیرضا گلرخ<sup>۲</sup>

۱-دانشیار و عضو هیات علمی پژوهشگاه هواشناسی، تهران، ایران

*moradim36@gmail.com*

۲-کارشناس هواشناسی استان خراسان شمالی، اداره کل هواشناسی استان خراسان شمالی، بجنورد.

*alirezagolrokh7926@gmail.com*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۲

### چکیده

سیل از جمله مخاطرات طبیعی است که می‌تواند بر انسان و محیط اثرات مخربی وارد آورد. استان خراسان شمالی با توجه به موقعیت توپوگرافی و جغرافیایی، یکی از سیل خیزترین استان‌های کشور است و هر ساله خسارات زیادی از این بلای طبیعی متحمل می‌شود. در این مقاله با بررسی دبی و بارش ایستگاه‌های منطقه مطالعاتی، بطور موردی چند بارش منجر به سیل که در استان خراسان شمالی رخ داده است، انتخاب و از دیدگاه همدیدی بررسی می‌شود.

نتایج تحلیل نقشه‌های سطح زمین و نیز سطوح ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان داد که نم نسبی بالا و حرکت صعودی شدید در ترازهای زیرین و میانی جو و ریزش هوای سرد عرض‌های جغرافیایی بالا به منطقه مطالعاتی در ترازهای میانی از عوامل موثر بارش‌های سیلابی در منطقه است که اولی بوسیله فرارفت هوای گرم و مرطوب ناشی از جریان‌های جنوبی بخش شرقی کم‌فشارهای سطح زمین ایجاد می‌شود و دومی در اثر فرارفت تاوانی نسبی چرخندی ناشی از بخش شرقی کم ارتفاع تراز میانی بوجود می‌آید. هرچه این مقادیر بیشتر باشد، فعالیت چرخندی سامانه شدیدتر و مقدار بارش ریزش شده نیز بیشتر است و در نتیجه احتمال رخداد سیل در منطقه مطالعاتی افزایش و احتمال خسارت ناشی از سیل نیز بشدت افزایش می‌یابد.

**کلید واژه‌ها:** خراسان شمالی، بارش‌های سیلابی، همدیدی



## مقدمه

استان خراسان شمالی با وسعتی معادل ۲۸۴۳۴ کیلومتر مربع در شمال شرق ایران قرار گرفته است. چهره طبیعی این استان را امتداد دو رشته کوه کپه داغ و آلاداغ و گستره دشت‌ها تشکیل می‌دهد. بلندترین نقطه آن شاه جهان با ارتفاع ۳۰۵۱ متر و کم ارتفاع ترین نقطه تازه یاب با ارتفاع ۴۰۰ متر می‌باشد.

ویژگی‌های توپوگرافی استان و تاثیرپذیری آن از الگوهای بزرگ مقیاس جو سبب توزیع نامناسب مکانی و زمانی بارندگی و فقر پوشش گیاهی سبب شده است. این شرایط همه ساله به صورت سیلاب‌های مخرب، خسارات هنگفتی به زیر ساخت‌ها و بخش کشاورزی استان وارد می‌کند. بارش‌های شدید و ناگهانی در حوزه‌های آبریز کوچک که زمان تمرکز پایین و شیب زیادی دارند، عامل اصلی سیل در مناطق مختلف استان خراسان شمالی می‌باشد.

در سال‌های اخیر که فراوانی رویداد سیل در مناطق مختلف دنیا افزایش یافته است، برخی پژوهشگران سعی کرده‌اند تا اثر تغییر اقلیم بر بارش‌های سیل آسا را بررسی نمایند و برخی نیز با استفاده از مدل‌های پیش بینی عددی وضع هوا (مانند رنجبر و همکاران، ۱۳۹۷)، بارش‌های شدید و عامل سیل در مناطق مختلف را شبیه‌سازی کرده‌اند. در زیر بطور کوتاه برخی از پژوهش‌های اخیر در تحلیل سیل بررسی می‌شود.

رزاکووا و همکاران (۲۰۰۵)، نشان دادند که عامل اصلی رخداد سیل در کشور چک در سال ۲۰۰۵ وجود یک گردان افقی قابل توجه در پشت یک سامانه چرخندی بود که به آهستگی به سمت شمال شرق اروپای مرکزی در حرکت بود.

تیکسیریا و ساتیامورتی (۲۰۰۵)، ویژگی‌های سینوپتیکی و دینامیکی بارش‌های سنگین جنوب برزیل را بررسی کردند و نشان دادند که یک سامانه چرخندی عمیق سه روز قبل از بارش سنگین، از اقیانوس آرام به سمت آمریکای جنوبی حرکت می‌کند و همراه با حرکت کم فشار سطح زمین، نم نسبی مناسبی را طی سه روز از اقیانوس آرام به برزیل انتقال می‌دهد. این انتقال رطوبت و همگرایی آن تا یک روز قبل از بارش همچنان تداوم می‌یابد و عامل اصلی بارش شدید در منطقه تحت بررسی بوده است.

ترنتمن و همکاران (۲۰۰۹)، با شبیه سازی چند مورد از بارش‌های همرفتی و سیل آسا در جنگل‌های جنوب غرب آلمان، نشان دادند که حداکثر انرژی همرفتی در دسترس برای این بارش‌ها در اوایل بعد از ظهر رخ می‌دهد.

چن و همکاران (۲۰۱۳)، بارش شدید باران روز ۱۱ اکتبر ۲۰۰۹ در شمال شرق تایوان را در فصل مونسون بررسی کردند و با استفاده از مدل *WRF* اثر صعود اروگرافیکی و مانع کوهستان را در این بارش شدید شبیه سازی کردند. بررسی همدیدی این پژوهشگران نشان داد که بادهای سطوح زیرین جو روی مناطق شرق دریای چین و بادهای جنوب شرقی روی شمال اقیانوس آرام، در منطقه شمال شرق تایوان همگرا شده‌اند و عامل ریزش بارش شدید باران در این منطقه بوده‌اند.

در ایران نیز مطالعات زیادی در ارتباط با سیل و خسارتهای زینبار آن انجام شده است. نصیری (۱۳۷۸) سیل را از دیدگاه آماری بررسی کرد و نشان داد که تفاوت در شدت، فراوانی و تداوم سیل از تاثیر الگوهای سینوپتیکی متفاوت ناشی می‌شود.

عربی (۱۳۷۹)، در پژوهشی، تاثیر مانسون را در دوره گرم سال در کنار نفوذ سامانه‌های پرفشار شمالی بر شمرد و آنرا عامل رخداد سیل‌های مخرب در مناطق مختلف ایران دانست.

علیجانی (۱۳۸۰)، تاثیر سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و تاثیرات چرخندی را در بارش‌های شدید و سیل آسای تهران را حائز اهمیت می‌داند و اثر آنرا بیش از سایر عوامل دیگر می‌داند. سلیقه (۱۳۸۰)، با مطالعه بارش‌های تابستانی جنوب شرق ایران تاثیر نفوذ رطوبت توسط کم فشار موسمی در تروپوسفر زیرین و شرایط مساعد صعود هوا در تروپوسفر میانی در وقوع بارش شدید و سیل آسای جنوب شرق ایران را موثر دانست. مرادی (۱۳۸۱)، بارش‌های سواحل شمالی ایران را در یک دوره آماری انتخابی بررسی کرد و نشان داد که الگوهای فشاری سطح زمین و ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در شش ماهه سرد سال نقش موثری در بارشهای شدید مناطق شمالی ایران دارد. عزیزی (۱۳۸۴)، زمانبندی شروع فعالیت سامانه پرفشار سیبری در سواحل جنوبی خزر و وقوع بارش‌های سنگین ناشی از این سامانه را بررسی کرد. عزیزی و صمدی (۱۳۸۵)، استقرار ناوه عمیق در شمال شرق اروپا و امتداد محور آن بر روی دریای خزر و فرارفت هوای سرد قطبی بر روی خزر در کنار واچرخند با محور شمال غرب- جنوب شرق در غرب ناوه و چرخند جبهه‌ای در شرق ناوه و هم جهتی حرکت واچرخند و چرخند جلو ناوه باعث تقویت آن شده است. حرکت نصف النهاری جریانات سطوح میانی موجب تقویت تاوایی شده است. این عوامل در کنار تفاوت دمایی هوای سرد قطبی و دمایی سطح دریا موجب بارش شدید و سیل آسا در منطقه مطالعاتی بوده است

اردکانی و همکاران (۱۳۸۶)، الگوهای سینوپتیکی-دینامیکی موثر در بارش‌های شدید خراسان بزرگ را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که سامانه‌های فشاری در فصل سرد با عبور از روی منطقه مطالعاتی عامل ریزش بارش شدید و سیل آسا بوده است. الهی گل و همکاران (۱۳۹۲) با مطالعه سیل‌های خراسان شمالی نشان دادند که برخورد هوای سرد و مرطوب عرض‌های بالا با هوای گرم و مرطوب اقیانوس هند و دریای عمان زمینه ساز بارش‌های سیل آسای استان خراسان شمالی است. بنی واهب (۱۳۸۴)، در بررسی الگوهای سینوپتیکی وقوع بارش‌های سیل آسای تابستانه استان‌های خراسان شمالی و رضوی، نشان داد که الگوهای پرفشار دریای خزر و کم فشار دشت کویر در گرمترین روزهای فصل تابستان والگوهای تراف سطوح فوقانی و تلفیق رودباد قطبی و جنب حاره‌ای در فصل بهار در وقوع سیلاب در منطقه مطالعاتی نقش عمده‌ای دارد.

مرادی و رنجبر در پژوهش‌های مختلفی (۱۳۹۸؛ ۱۳۹۸) نشان دادند که سامانه‌های همیدی عبوری از جنوب غرب ایران که با جبهه‌های جوی همراهی دارند، می‌توانند شرایط کزفشاری شدید و بارش‌های همرفتی منجر به سیل را در منطقه فراهم کنند.

در این پژوهش با نگاهی کوتاه به بارش‌های سیل آسای استان خراسان شمالی، سعی می‌شود تا بارش منجر به سیل در ماه‌های مختلف دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۰۰ که نواحی مختلف استان خراسان شمالی را تحت تاثیر قرار داده‌اند، از دیدگاه همدیدی بررسی شود و تفاوت الگوهای همدیدی حاکم با دیگر الگوهای همدیدی بیان گردد.

## روش تحقیق

جهت بررسی مقادیر بارش از آمار ایستگاه‌های هواشناسی پوشش دهنده منطقه در روز وقوع سیل استفاده شده است. این داده‌ها از سازمان هواشناسی گرفته شده است. داده‌های دبی ایستگاه‌های آب‌سنجی استان نیز از وزارت نیرو گرفته شده است.

برای بررسی همدیدی از داده‌های بایگانی *NCEP/NCAR* استفاده شد. فشار سطح متوسط دریا، باد و دما در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، ارتفاع و دما در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، نم نسبی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، مولفه قائم سرعت باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و میدان باد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال از جمله کمیت‌هایی هستند که در این تحقیق بررسی می‌شوند. داده‌ها با بازه زمانی ۱۲۰۰ ساعته در یک روز قبل از توفان تا یک روز بعد از توفان تحلیل می‌شود ولی برای کاهش حجم مطالب، فقط به چند شکل کلیدی اکتفا می‌شود. داده‌های تخت در روی یک شبکه افقی منظم محدود به طول جغرافیائی صفر تا هشتاد درجه شرقی و عرض جغرافیائی ده تا شصت درجه شمالی استخراج شده است. این مراحل با استفاده از برنامه‌های رایانه‌ای در محیط متلب انجام شده است. در این محدوده انتخابی امواج همدیدی قابل آشکار است.

## نتایج

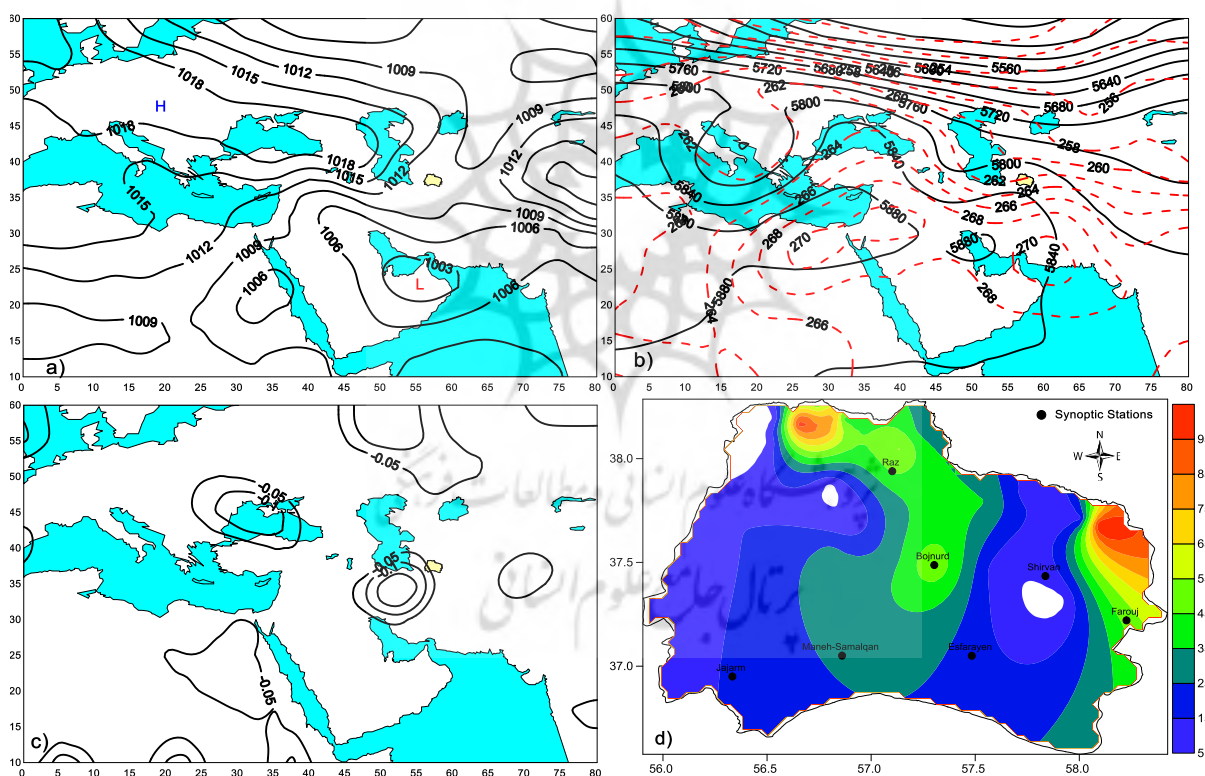
با نگاهی کوتاه به داده‌های دبی ایستگاه‌های آب‌سنجی استان خراسان شمالی، دیده می‌شود که در تاریخ‌های مختلفی در اثر بارش شدید بیست و چهار ساعته، حجم آب رودخانه‌ها افزایش یافته است که در زیر به چند مورد توفان بیست و چهار ساعته منجر به سیل در این استان اشاره می‌شود.

### ۱- حالت موردی ۱۱-۲۰۰۰-۰۹

شکل ۱ میدان فشار سطح متوسط دریا، ارتفاع تراز میانی جو، مولفه قائم سرعت باد و مجموع بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های هواشناسی در روز یازده سپتامبر سال ۲۰۰۰ را نشان می‌دهد. از شکل (a) دیده می‌شود که در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ منطقه تحت مطالعه بین دو کم فشار در شمال و جنوب و دو پر فشار در غرب و شرق قرار گرفته است. در ساعت ۱۲۰۰ همین روز مشاهده می‌شود که پرفشار غرب استان خراسان شمالی به استان نفوذ کرده است. در اثر تغییر این شرایط فشاری، میدان باد ترازهای فشاری زیرین به سوی استان خراسان شمالی تغییر جهت می‌دهند و شرایطی را ایجاد می‌کنند که در آن جو منطقه ناپایدار می‌شود. از بررسی میدان

ارتفاع و دما در تراز میانی جو که در شکل (b) نشان داده شده است، نیز دیده می‌شود که در این روز یک موج کم دامنه با هوای سرد از شمال غرب ایران به سوی شرق دریای مدیترانه در حال حرکت است که در بعد از ظهر این روز سبب ناپایداری جو در مناطق مختلف این استان به شکل رگبارهای موقتی و شدید شده است. این ویژگی در بررسی حرکت بالاسوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال که در شکل (c) نشان داده شده است، آورده شده است. از این شکل دیده می‌شود که حرکات بالا سوی شدیدی با امگهای منفی در نزدیک استان خراسان شمالی وجود دارد. توزیع بارش ناشی از بارش این سامانه در شکل (d) نشان داده شده است. از این شکل نیز دیده می‌شود که در شمال و شرق استان بارش‌ها از شدت بیشتری برخوردار بوده‌اند. در این مورد دبی لحظه‌ای در ایستگاه‌های آب‌سنجی چندیرآیرقاه و قره قاتلو به ترتیب ۲۹۲/۸ و ۲۷۵/۰ میلیمتر بر متر مکعب برآورد شده است.

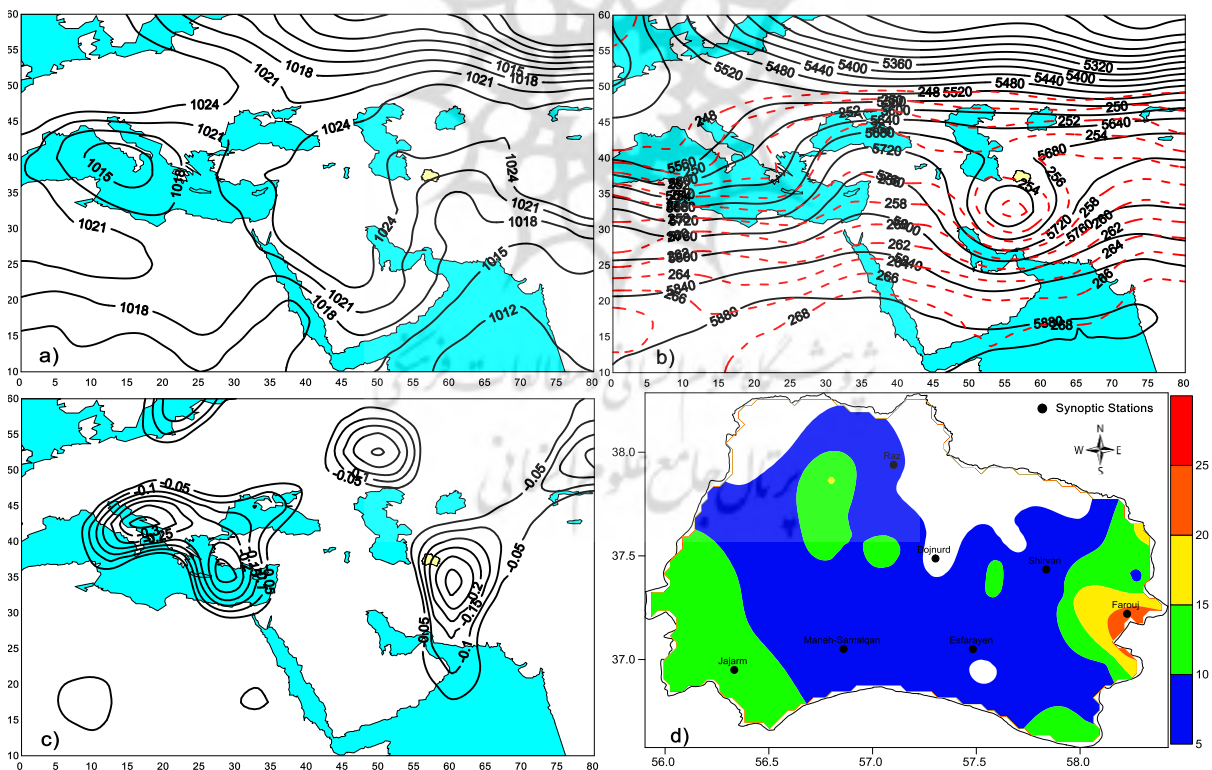
در این ماه عموماً بارش‌های فراگیری در منطقه مطالعاتی رخ نمی‌دهد و فقط عبور امواج کم دامنه سبب ناپایداری جو به شکل رگبارهای موقتی می‌شود.



شکل ۱: (a) میدان فشار سطح متوسط دریا (هکتوپاسکال) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ، (b) میدان ارتفاع (خطوط پر مشکی) و دما (خط چینهای قرمز) در تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال (متر، کلونین) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ، (c) مولفه قائم سرعت باد (مقادیر منفی معرف حرکت بالاسو است) در تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال (پاسکال بر ثانیه) در ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ و (d) مقدار بارش (میلیمتر) بیست و چهار ساعته استان خراسان شمالی در روز ۱۱-۰۹-۲۰۰۰. فاصله هم مقدارهای فشار ۳ هکتوپاسکال و فاصله هم مقدارهای ارتفاع ۴۰ متر است. محورهای مختصات طول و عرض جغرافیائی بر حسب درجه است.

## ۲- حالت موردی ۱۹-۱۲-۲۰۰۶

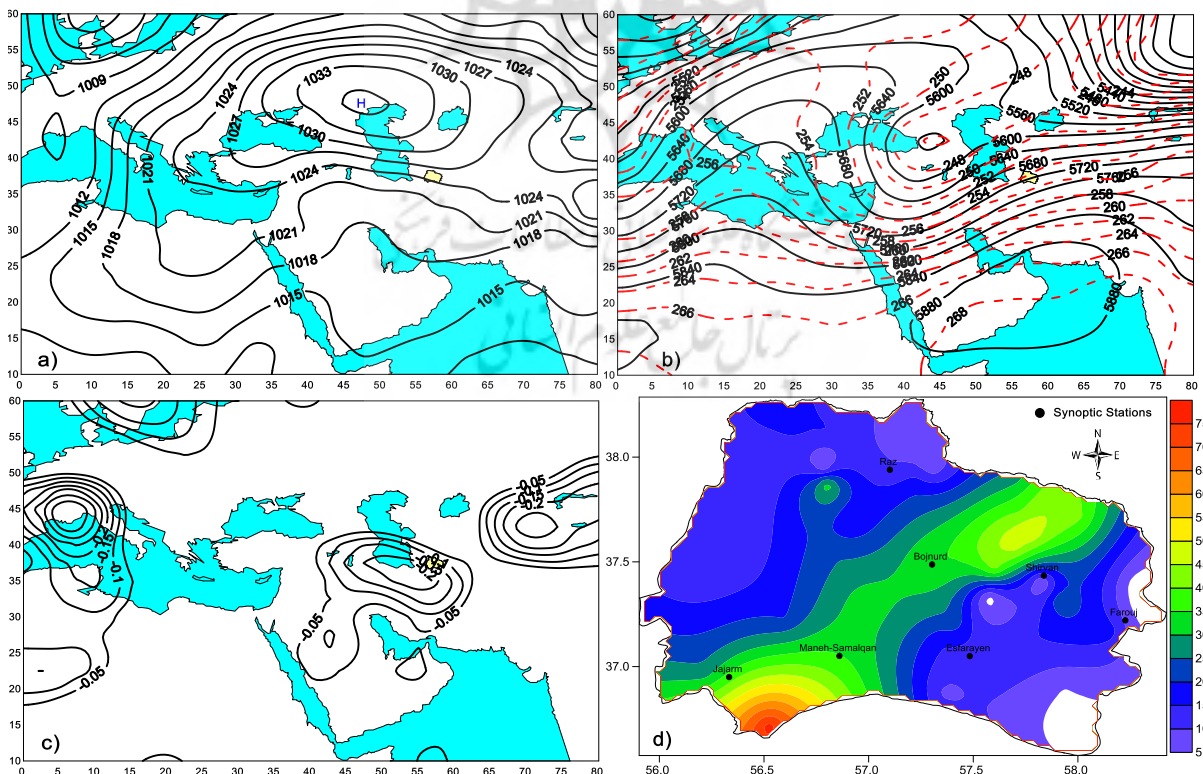
شکل ۲ میدان فشار سطح متوسط دریا، ارتفاع تراز میانی جو، مولفه قائم سرعت باد و مجموع بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های هواشناسی در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز نوزدهم دسامبر سال ۲۰۰۶ را نشان می‌دهد. از شکل (a) دیده می‌شود که در این ساعت منطقه تحت مطالعه تحت تاثیر ناوه فشاری ناشی از کم فشار شرق ایران می‌باشد. از آنجائی که در این مورد فرارفت نم ویژه به سوی استان خراسان شمالی رخ نداده است، از این رو بارشهای مناسبی در منطقه رخ نداده است. از بررسی میدان ارتفاع و دما در تراز میانی جو که در شکل (b) نشان داده شده است، نیز دیده می‌شود که در این روز یک کم فشار بریده با هسته سرد در شرق ایران جای گرفته است و مناطق بارشی این سامانه بیشتر در نوار جنوب شرق کشور قرار گرفته است ولی هوای سرد منطقه مورد مطالعه را در بر گرفته است. از بررسی حرکت بالاسوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال که در شکل (c) نشان داده شده است، نیز دیده می‌شود که حرکات بالا سوی شدیدی با امگهای منفی در شرق و شمال شرق ایران و نیز استان خراسان شمالی وجود دارد. از شکل (d) دیده می‌شود که هسته بیشترین بارش ۲۴ ساعته در این توفان در ایستگاه فاروج قرار گرفته است.



شکل ۲: مانند شکل ۱-۱ ولی برای ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۹-۱۲-۲۰۰۶.

### ۳- حالت موردی ۲۳-۱۱-۲۰۰۷

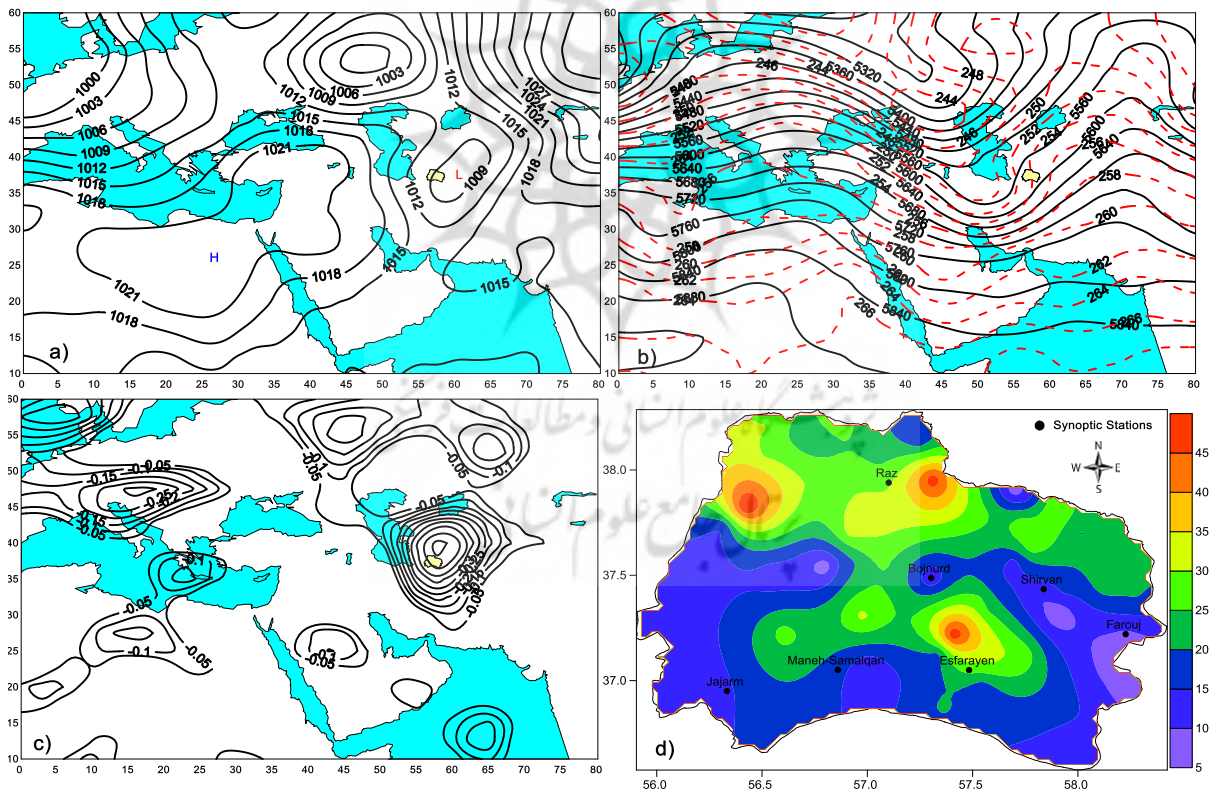
شکل ۳ میدان فشار متوسط دریا، ارتفاع تراز میانی جو، مولفه قائم سرعت باد و مجموع بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های هواشناسی در ساعت ۰۰:۰۰ گرینویچ روز بیست و سوم نوامبر سال ۲۰۰۷ را نشان می‌دهد. از شکل (a) دیده می‌شود که در این ساعت منطقه مطالعاتی تحت تاثیر یک مرکز پر فشار گسترده در شمال دریای خزر قرار گرفته است و پشته فشاری آن به سوی جنوب دریای مدیترانه و شمال دریای سرخ امتداد یافته است. ناه فشاری نیز در شرق دریای مدیترانه قرار دارد و نوار شمالی ایران و استان خراسان شمالی در زیر پرفشار فوق و دامنه کم فشار یاد شده قرار دارد. در این مورد بادهای شمالی هوای سرد و خشک را به منطقه مطالعاتی انتقال می‌دهند. فرارفت نم ویژه مناسبی در روی استان خراسان شمالی وجود ندارد و در نتیجه شرایط مناسبی برای بارش مداوم وجود نداشته است. از بررسی میدان ارتفاع و دما در تراز میانی جو که در شکل (b) نشان داده شده است، نیز دیده می‌شود که در این روز منطقه مطالعاتی تحت تاثیر ناه ارتفاعی یک کم فشار بریده است که در شرق دریای سیاه و غرب دریای خزر قرار گرفته است. از بررسی حرکت بالاسوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال که در شکل (c) نشان داده شده است، دیده می‌شود که حرکات بالا سوی متوسطی با امگاهای منفی در نوار شمالی ایران در زیر پرفشار گسترده شمال دریای خزر و استان خراسان شمالی دیده می‌شود. در شکل (d) نشان داده شده است که هسته بیشترین بارش ۲۴ ساعته در این توفان در ایستگاه‌های واقع در شمال شرق بجنورد و جنوب غرب آن قرار گرفته است.



شکل ۳: مانند شکل ۱-۱ ولی برای ساعت ۰۰:۰۰ گرینویچ ۲۳-۱۱-۲۰۰۷.

#### ۴- حالت موردی ۱۰-۰۱-۲۰۱۶

شکل ۴ میدان فشار متوسط دریا، ارتفاع تراز میانی جو، مولفه قائم سرعت باد و مجموع بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های هواشناسی در ساعت ۰۰:۰۰ گرینویچ روز دهم ژانویه سال ۲۰۱۶ را نشان می‌دهد. از شکل (a) دیده می‌شود که در این ساعت یک مرکز کم فشار در غرب ایران قرار گرفته دارد و دو مرکز کم فشار نیز یکی در شمال دریای خزر و دیگری در شمال شرق ایران جای گرفته است. مرکز کم فشار دوم، منطقه مطالعاتی را تحت تاثیر قرار داده است. در این روز بادها در منطقه مطالعاتی همگرا شده‌اند و نم ویژه مناسبی نیز در استان خراسان شمالی وجود دارد. از بررسی میدان ارتفاع و دما در تراز میانی جو که در شکل (b) نشان داده شده است، نیز دیده می‌شود که در این روز منطقه مطالعاتی تحت تاثیر ناوه ارتفاعی قرار گرفته است. از بررسی حرکت بالاسوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال که در شکل (c) نشان داده شده است، دیده می‌شود که حرکات بالا سوی مناسبی با امگاهای منفی در شمال شرق ایران و استان خراسان شمالی دیده می‌شود. از شکل (d) دیده می‌شود که هسته بیشترین بارش ۲۴ ساعته در این توفان در ایستگاه‌های واقع در شمال اسفراین و بجنورد قرار گرفته است.

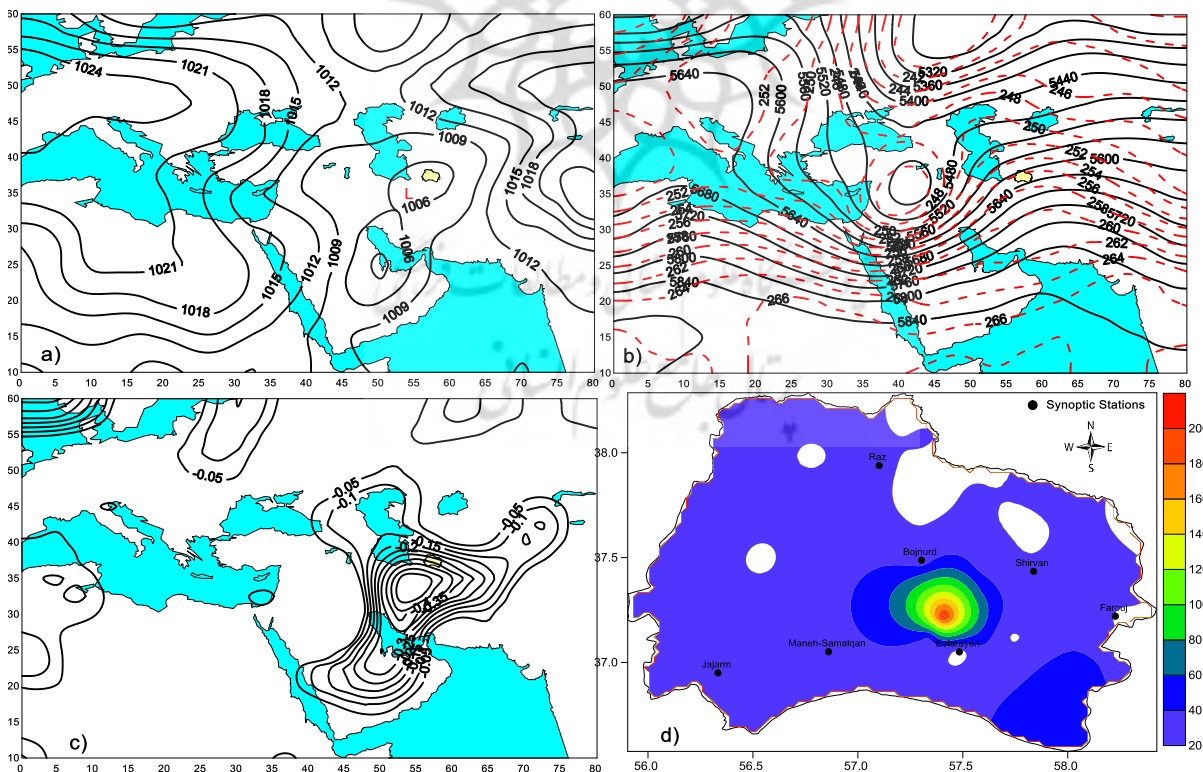


شکل ۴: مانند شکل ۱-۱ ولی برای ساعت ۰۰:۰۰ گرینویچ ۱۰-۰۱-۲۰۱۶.



### ۵- حالت موردی ۱۶-۲۰۰۷-۰۳

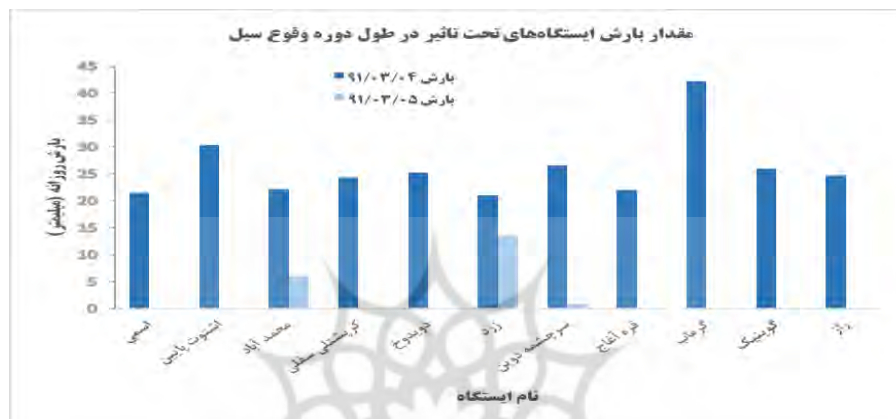
در این حالت موردی بارشها در دو روز ادامه داشته است و توفان ۴۸ ساعته عامل اصلی رخداد سیل در دو نقطه استان خراسان شمالی شده است. شکل ۵ میدان فشار سطح متوسط دریا، ارتفاع تراز میانی جو، مولفه قائم سرعت باد و مجموع بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های هواشناسی در ساعت ۰۰:۰۰ گرینویچ روز شانزدهم مارس سال ۲۰۰۷ را نشان می‌دهد. از شکل (a) دیده می‌شود که در این ساعت منطقه مطالعاتی تحت تاثیر یک کم فشار ثانویه است که سامانه اولیه آن در عرض‌های جنوبی ایران قرار گرفته است. در این روز در ترازهای زیرین، میدان باد با جهت جنوبی سبب می‌شود تا نم ویژه از عرض‌های جغرافیایی پایین به استان خراسان شمالی انتقال یابد. در نتیجه شرایط مناسبی برای بارش ایجاد شده است. از بررسی میدان ارتفاع و دما در تراز میانی جو که در شکل (b) نشان داده شده است، نیز دیده می‌شود که در این روز منطقه تحت تاثیر کم فشار بریده‌ای است که مرکز آن در شرق دریای مدیترانه قرار گرفته است. از بررسی حرکت بالاسوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال که در شکل (c) نشان داده شده است، دیده می‌شود که حرکات بالاسوی شدیدی با امگهای منفی در مرکز ایران قرار گرفته است و تمام مناطق ایران و نیز استان خراسان شمالی را تحت تاثیر قرار داده است. مجموع بارش ۴۸ ساعته ایستگاه‌های استان در شکل (d) نشان داده شده است. از این شکل دیده می‌شود که هسته بیشترین بارش ۴۸ ساعته در این توفان در ایستگاه‌های واقع در شمال اسفراین و جنوب بجنورد قرار گرفته است.



شکل ۵: مانند شکل ۱-۱ ولی برای ساعت ۰۰:۰۰ گرینویچ ۱۶-۲۰۰۷-۰۳.

## ۶- حالت موردی ۲۴-۰۵-۲۰۱۲

در روز بیست و چهارم ماه می سال ۲۰۱۲ نیز سیلاب در برخی مناطق استان خراسان شمالی رخداد که در ایستگاه‌های بارانسنجی استان ثبت شده است. در شکل ۶ بارش بیست و چهار ساعتی این ایستگاه‌ها را در روزهای بیست و چهارم (چهارم خرداد ۱۳۹۱) و بیست و پنجم (پنجم خرداد ۱۳۹۱) ماه می ۲۰۱۲ نشان داده شده است. از این شکل دیده می‌شود که مقدار بارش ۲۴ ساعته روز چهارم خرداد در همه ایستگاه‌ها از ۲۰ تا ۴۰ میلیمتر تغییر کرده است.

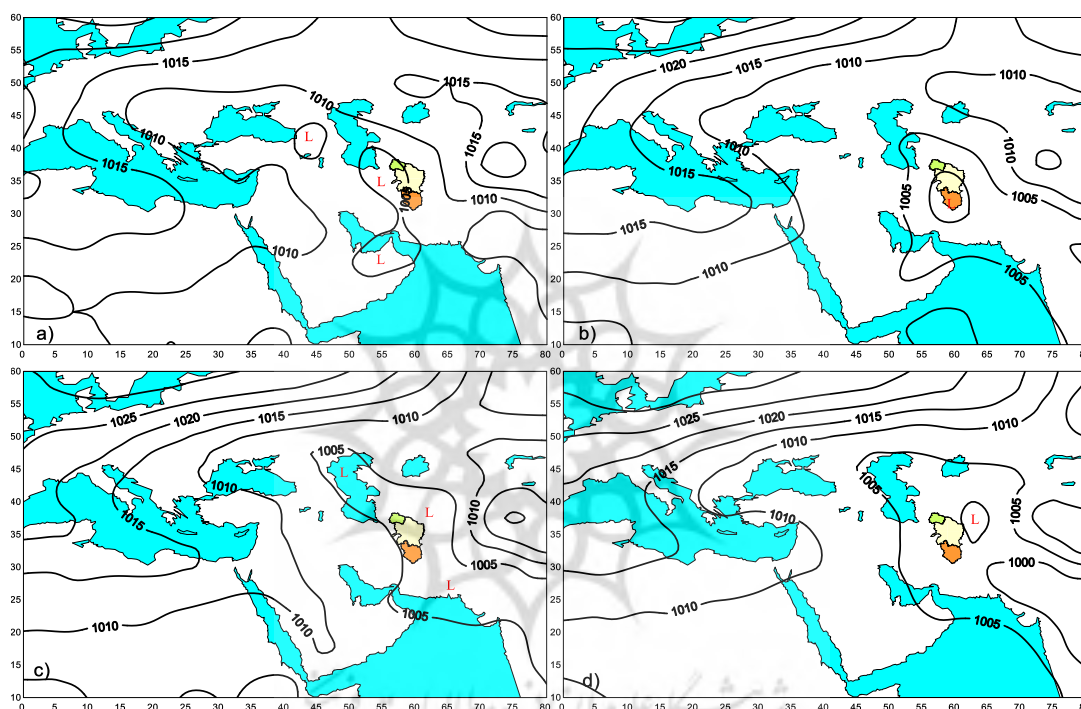


شکل ۶: مجموع بارش (میلیمتر) ۲۴ ساعته ایستگاه‌های هواشناسی استان خراسان شمالی در سیل ۴ خرداد ۱۳۹۱

از بررسی نقشه‌های سطح زمین در روز بیست و سوم می‌که در شکل ۷ نشان داده شده است، دیده می‌شود که منطقه وسیعی از خاورمیانه تحت تاثیر دو سامانه کم‌فشار قرار گرفته است. بخشی از این سامانه فشاری در روی دریای سیاه است که مرکز بسته آن در غرب دریای خزر و شرق دریای سیاه قرار دارد. دو یاخته بسته کم‌فشار نیز در جنوب دریای خزر و جنوب تنگه هرمز قرار دارند که ناهه‌های فشاری آنها در جنوب کرمان با هم ترکیب شده‌اند. استان خراسان شمالی در این ساعت تحت تاثیر مرکز کم‌فشار جنوب دریای خزر قرار دارد (شکل a). به تدریج این کم‌فشار حرکت می‌کند و در ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ (شکل b)، در روی استان خراسان رضوی و جنوبی قرار می‌گیرد. در این ساعت خراسان شمالی تحت تاثیر جریان‌های جنوبی بخش شرقی این سامانه است. در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز بیست و چهارم (شکل c)، استان خراسان شمالی همچنان تحت تاثیر ناهه فشاری روی ایران قرار دارد که از جنوب شرق ایران تا شمال دریای خزر را تحت تاثیر قرار داده است. این سامانه به تدریج در حین تضعیف از اواخر این روز به شرق کشور حرکت می‌کند (شکل d).

الگوی میدان ارتفاع تراز میانی در روزهای بیست و سوم و بیست و چهارم در شکل ۸ آورده شده است. از این شکل دیده می‌شود که یک مرکز کم‌فشار بریده در جنوب اروپا است که ناهه ارتفاعی آن تا غرب دریای خزر

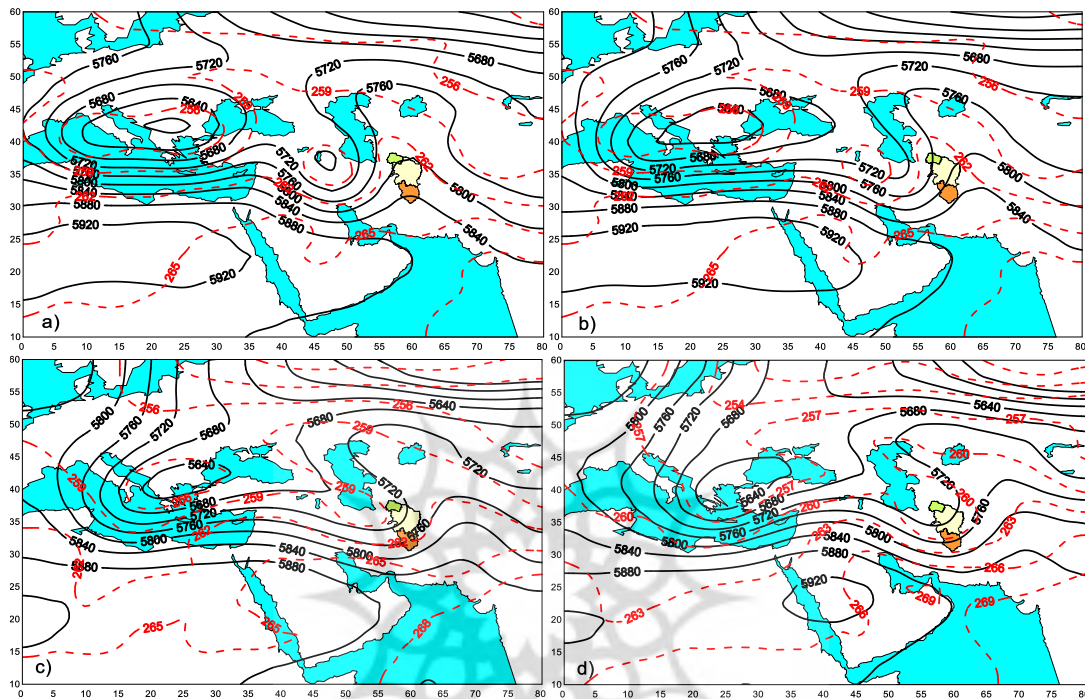
امتدا یافته است. مرکز ثانویه این سامانه که هسته سردی دارد و ناحیه کوچکی را در بر گرفته است، در روی دریاچه ارومیه بسته شده است. استان خراسان شمالی در این ساعت تحت تاثیر پشته ارتفاعی قرار دارد (شکل a). سامانه کم ارتفاع بسته روی دریاچه ارومیه به تدریج از حالت بسته باز می شود و ناوه عمیق آن به حرکت آهسته و شرق سوی خود به سوی استان خراسان شمالی حرکت می کند. در اسعت ۱۲۰۰ روز بیست و سوم استان خراسان شمالی تحت تاثیر ناوه ارتفاعی قرار گرفته است (شکل b). این سامانه در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز بیست و چهارم (شکل c) به تدریج با عبور از روی خراسان شمالی به شمال شرق این استان جابجا می شود (شکل d).



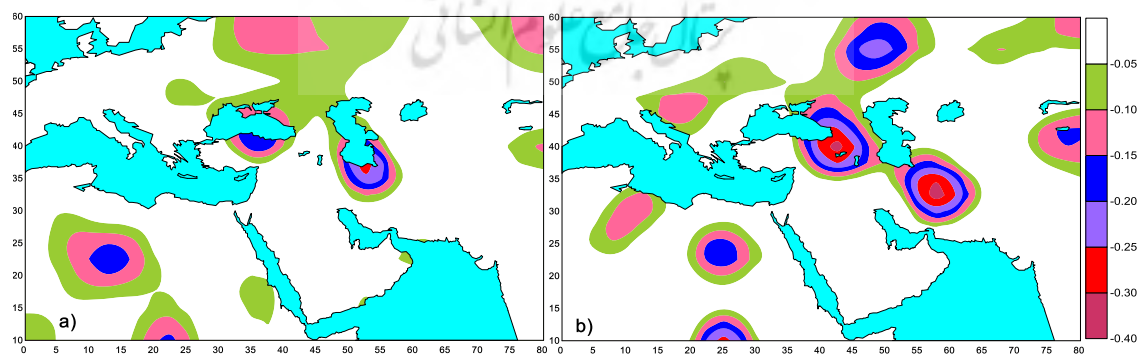
شکل ۷: میدان فشار سطح متوسط دریا بر حسب هکتوپاسکال (a) ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز ۲۳-۰۵، (b) ۲۰۱۲ ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ روز ۲۳-۰۵-۲۰۱۲، (c) ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز ۲۴-۲۰۱۲-۰۵ و (d) ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ روز ۲۴-۰۵-۲۰۱۲. فاصله هم مقدارهای فشار ۵ هکتوپاسکال است. محورهای مختصات طول و عرض جغرافیائی بر حسب درجه است.

از بررسی الگوی امگای تراز میانی (شکل ۹) که معرف حرکت صعودی (مقادیر منفی) یا حرکت نزولی است (مقادیر مثبت)، دیده می شود که در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز بیست و سوم مقادیر کمینه این کمیت در جنوب دریای خزر است که به تدریج به سوی خراسان شمالی گسترش می یابد (شکل های a, b). هسته کمینه به تدریج طی روز بیست و چهارم از استان خراسان شمالی خارج می شود. این شرایط بیانگر صعود هوای نمناک، تشکیل ابر و بارش های همرفتی در منطقه مطالعاتی می باشد.

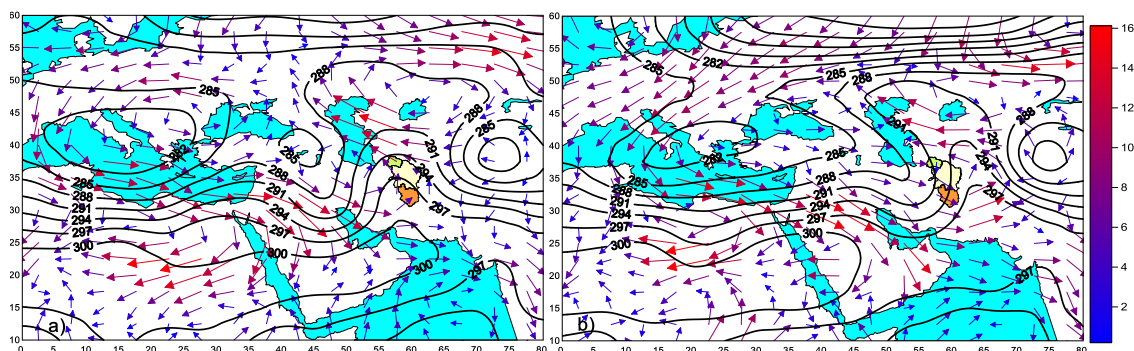
در شکل ۱۰ میدان دما و باد افقی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روزهای بیست و سوم (شکل a) و بیست و چهارم (شکل b) نشان داده شده است. این الگو که معرف فرارفت دما در ترازهای زیرین است، نشان می‌دهد که ابتدا فرارفت هوای گرم از جنوب به سوی منطقه مطالعاتی رخ داده است و سپس با نزدیک شده استخر هوای سرد، فرارفت هوای سرد از روی دریاچه ارومیه به منطقه مطالعاتی قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۸: میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر، (a) ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز ۲۳-۲۰۱۲-۰۵، (b) ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ روز ۲۳-۲۰۱۲-۰۵، (c) ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز ۲۴-۲۰۱۲-۰۵ و (d) ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ روز ۲۴-۲۰۱۲-۰۵. فاصله هم مقداارهای ارتفاع ۴۰ ژئوپتانسیل متر است. محورهای مختصات طول و عرض جغرافیائی بر حسب درجه است.



شکل ۹: مولفه قائم سرعت باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (پاسکال بر ثانیه)، (a) ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز ۲۳-۲۰۱۲-۰۵، (b) ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ روز ۲۳-۲۰۱۲-۰۵. محورهای مختصات طول و عرض جغرافیائی بر حسب درجه است.



شکل ۱۰: میدان باد افقی (متر بر ثانیه) و دما (کلوین) در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (a) ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز ۲۴-۰۵-۲۰۱۲، (b) ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز ۲۳-۰۵-۲۰۱۲. محورهای مختصات طول و عرض جغرافیائی بر حسب درجه است.

### نتیجه گیری

در این پژوهش، بر اساس تغییرات دبی ایستگاه‌های آب سنجی، تعدادی توفان بیست و چهار ساعته منجر به سیل در استان خراسان شمالی، برای بررسی همدیدی انتخاب شد. از بررسی الگوهای همدیدی دیده شد که در همه موردهای انتخابی وجود یک سامانه فشاری شامل کم‌فشار یا ناوه فشاری سطح زمین، مرکز کم ارتفاع یا ناوه ارتفاع ترازهای زیرین و میانی، حرکت بالاسوی قوی و نم نسبی به اندازه کافی از عوامل موثر بر ایجاد ابرهای جوششی و بارش‌های رگباری است که بر حسب شرایط حوضه‌های آبریز استان خراسان شمالی، می‌توانند در رخداد سیل در مناطق مختلف استان موثر باشند.

نم نسبی بالا و حرکت صعودی شدید در ترازهای زیرین و میانی جو و ریزش هوای سرد عرضهای جغرافیائی بالا به منطقه مطالعاتی در ترازهای میانی از عوامل موثر بارش‌های موردی در منطقه است که اولی بوسیله فرارفت هوای گرم و مرطوب ناشی از جریان‌های جنوبی بخش شرقی کم‌فشارهای سطح زمین ایجاد می‌شود و دومی در اثر فرارفت تاوانی نسبی چرخندی ناشی از بخش شرقی کم ارتفاع تراز میانی بوجود می‌آید. هرچه این مقادیر بیشتر باشد، فعالیت چرخندی سامانه شدیدتر و مقدار بارش ریزش شده نیز بیشتر است و در نتیجه احتمال رخداد سیل در منطقه مطالعاتی افزایش و نیز احتمال خسارت ناشی از سیل نیز بشدت افزایش می‌یابد.

### منابع

بنی‌واهب، علیرضا، (۱۳۹۴)، بررسی الگوهای سینوپتیکی وقوع بارشهای سیل آسای تابستانه در خراسان شمالی و رضوی، فصل‌نامه جغرافیایی سرزمین، شماره ۱۳، بهار ۱۳۸۴، ۴۱-۵۳.

رنجبر سعادت آبادی، عباس، تاجبخش، سحر و مرادی، محمد، (۱۳۹۷)، مطالعه بارشهای همرفتی کوتاه مدت منجر به رخداد سیل در منطقه کن و سیجان. نشریه هواشناسی و علوم جو، جلد ۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ۱۶۳-۱۷۶.

نصیری، بهروز، (۱۳۷۸)، تحلیل الگوی سینوپتیکی و دینامیکی بارشها در حوزههای کرخه و دز، پایان نامه دکتری، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

عربی، زهرا (۱۳۸۵)، تحلیل سینوپتیکی بارندگی دوره ۲۱ تا ۲۶ تیرماه ۱۳۷۸ در ایران، پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۵۸، تابستان ۱۳۸۵، ۱-۱۵.

علیجانی، بهلول (۱۳۸۱)، شناسایی تیپهای هوای باران آور تهران بر اساس چرخندگی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۰ و بهار ۱۳۸۱، ۱۱۴-۱۳۲.

نجانسلیمه، محمد، (۱۳۸۰)، الگوی سینوپتیکی بارشهای تابستانی جنوب شرق ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۰، ۱۱۴-۱۲۵.

مرادی، حمید رضا، (۱۳۸۱)، تحلیل همدیدی بارشهای ساحل جنوبی دریای خزر در شش ماه سرد سال، مجله علوم و فنون دریایی ایران، شماره ۲، بهار ۱۳۸۱، ۶۱-۷۲.

مرادی، محمد و رنجبر سعادت آبادی، عباس، (۱۳۹۸)، بررسی موردی بارشهای سیل آسا در مارس ۲۰۱۹ در ایران، مجله علمی ترویجی نیوار، دوره ۴۳، شماره‌های ۱۰۵-۱۰۴، بهار و تابستان ۱۳۹۸، ۷۱-۸۷.

مرادی، محمد و رنجبر سعادت آبادی، عباس، (۱۳۹۸)، مطالعه همدیدی بارش شدید آبادان در آذر ۱۳۹۸، مجله علمی ترویجی دگرگونیها و مخاطرات آب و هوایی، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۸، ۱۱۵-۱۳۸.

عزیزی، قاسم، و یوسفی، حسن، (۱۳۸۴)، زمانیابی ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر، مدرس علوم انسانی، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۴، ۸۱-۱۰۰.

عزیزی، قاسم، و صمدی، زهرا، (۱۳۸۶)، تحلیل الگوی سینوپتیکی سیل ۲۸ مهرماه ۱۳۸۲ استانهای گیلان و مازندران، پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۶۰، تابستان ۱۳۸۶، ۶۱-۷۳.

اردکانی، حسین، زمانیان، محمد تقی، هاشمی دوین، مهری، (۱۳۸۷)، مطالعه همدیدی و دینامیکی بیشترین بارش روی منطقه خراسان، مجله فیزیک زمین فضا، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۷، ۱۰۷-۱۲۳.

الهی گل، علی، نقی پوران، علیرضا، خسروپناه، اسحاق، (۱۳۹۲)، بررسی سینوپتیکی سیلابهای مخرب استان خراسان شمالی، کنفرانس ملی مدیریت سیلاب، تهران، <https://civilica.com/doc/207276>

Chen, C.-S., Lin, Y.-L., Zeng, H.-T., Chen, C.-Y., Liu, C.-L., 2013, Orographic effects on heavy rainfall events over northeastern Taiwan during the northeasterly monsoon season. *Atmos. Res.* 122, 310-335.

Chen, C.-Y., Y.-L. Chen, C.-S. Chen, P.-L. Lin, and C.-L. Liu, 2013, *Revisiting the heavy rainfall event over northern Taiwan on 3 June 1984. Terr. Atmos. Oceanic Sci.*, 24, 999–1020,

Rezacova, D., Kasper, M., Muller, M., Sokol, Z., Kakos, V., Hanslian, D., Pesice., p., 2005, *A comparison of the flood precipitation episode in August 2002 with historic extreme precipitation events on the Czech territory, Elsevier Science*

Teixeira, M., Satyamurty, P., 2005, *Dynamical and Synoptic Characteristics of Heavy Rainfall Episodes in Southern Brazil, journal, monthly weather review, volume 135.*

Trentmann, J., Keil, C., Salzmann, M., Barthlott, C., 2009, *Multi-model simulations of a convective situation in low-mountain terrain in central Europe, Meteorology and Atmospheric Physics, NO 103, PP: 95–10.*

