

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۵، بهار ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۸/۰۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۰۶

صفحات: ۱۰۶ - ۸۹

## تحلیل الگو و شرایط وقوع بارش‌های منجر به سیل در سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳ در شهرستان گرمی، استان اردبیل

رئوف مصطفی‌زاده<sup>۱\*</sup>، وحید صفریان‌زنگیر<sup>۲</sup>، خدیجه حاجی<sup>۳</sup>

### چکیده

وقوع بارش‌های سنگین در اغلب موارد منجر به سیلاب‌های مخرب می‌شوند، لذا کشف الگوی حاکم بر هر سامانه اقلیمی، امکان تحلیل و پیش‌بینی مطلوب آن را فراهم می‌سازد. بنابراین هدف از این پژوهش شناخت الگوها و شرایط همدیدی رخداد سیلاب در بارش‌های سنگین در شهرستان گرمی می‌باشد. آمار مورد استفاده در این پژوهش از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳ بوده که در آن نقشه‌های سینوپتیکی از جمله (نقشه‌های ژئوپتانسیل، فشار سطح دریا، رودباده‌ها، دما، رواناب، امگا و آب قابل بارش در سطح زمین) مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل این نقشه‌ها نشان داد که وقوع عامل بارش در این منطقه ترکیبی از عامل‌های محلی و فرا محلی می‌باشد. شهرستان گرمی به دلیل واقع شدن در مسیر و نزدیکی دریای خزر (۹۰ - ۸۰) کیلومتری، ورود توده هوای خزری، آنتی‌سیکلون و سیکلون غربی، می‌توان گفت هر ساله شاهد بارش‌های سنگین بوده است. در این شهرستان اکثر بارش‌های سنگین در طی دوره آماری موجود در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد که به ترتیب ۳۶/۳، ۴۶/۲ و ۳۷/۴ میلی‌متر مشاهده شده است که باعث وقوع اکثر مخاطرات طبیعی جوی از جمله سیل در فصل بهار شده است. از میان این آمارها خرداد ۱۳۹۱ با مقدار ۱۲۰/۸ میلی‌متر بیش‌ترین مقدار را در طی این دوره آماری به خود اختصاص داده است. عامل مؤثر در ایجاد بارش‌های سنگین در زمان و مکان مورد مطالعه وجود مرکز کم‌فشار حرارتی بر فراز منطقه مورد مطالعه، و همچنین شکل‌گیری دو موج همراه با هسته بلوکینک شده در فراز دریای مدیترانه و وجود دو منطقه کم‌فشار می‌باشد.

واژگان کلیدی: الگوی فضایی، بارش-رواناب، بارش سنگین، پیش‌بینی سیل، تحلیل سینوپتیک.

raoofmostafazadeh@uma.ac.ir

safariyan.vahid@gmail.com

khadijehaj94@student.uma.ac.ir

<sup>۱</sup>- استادیار گروه منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup>- دانشجوی دکتری جغرافیای طبیعی، اقلیم‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی

<sup>۳</sup>- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه محقق اردبیلی

## مقدمه

سیل یکی از پیچیده‌ترین و مخرب‌ترین رویدادهای طبیعی است و بیش از هر بلایای طبیعی دیگر، جان و مال انسان و شرایط اجتماعی و اقتصادی جامعه را به مخاطره می‌اندازد، هر چند مدیریت صحیح آن می‌تواند منبع بزرگی جهت تأمین نیازهای آبی یک منطقه باشد (معیری و انتظاری، ۱۳۸۷؛ نگارش و همکاران، ۱۳۹۰). اگر وقوع این پدیده، ناگهانی و شدید باشد، باعث به‌وجود آمدن خسارت‌های زیادی می‌شود. بررسی مجموعه عوامل محیطی که موجب ایجاد سیل هستند، نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های آبخیز، کاربری غیراصولی اراضی، توسعه سطوح نفوذناپذیر و امثال آن امکان وقوع سیل را در مناطق گوناگون افزایش می‌دهد. جمع‌آوری و دفع رواناب‌های ناشی از بارندگی در مسیل رود در واقع از اقدامات ایمنی، بهداشتی و رفاهی به حساب می‌آیند (کردوانی و همکاران، ۱۳۸۸). پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارش در مناطق خشک و نیمه‌خشک، علاوه بر ایجاد سیلاب‌های مخرب، موجب هدر رفتن رواناب سطحی می‌شود. از این رو مهار رواناب سطحی و بهره‌برداری مناسب از آن می‌تواند راهکار مناسبی برای جلوگیری از هدر رفتن آب، و تبدیل تهدیدها به فرصت‌ها باشد (رابرت<sup>۱</sup>، ۱۹۹۲). تعیین عرصه‌های مستعد تولید رواناب و سیل و مناطق در معرض آبرفتگی یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده در موفقیت طرح‌های سیل‌خیزی است (نجارسلیقه، ۱۳۸۰؛ مفیدی، ۱۳۸۳). از سوی دیگر، تعیین مکان‌های مناسب با استفاده از روش‌های سنتی و متداول بسیار دشوار بوده، اکثراً باعث بروز خطا می‌شود. سیستم اطلاعات جغرافیایی به همراه ابزارها و تکنیک‌های آن توانایی آن را دارد تا با تلفیق لایه‌های مختلف اطلاعاتی در قالب مدل‌های مختلف و در حداقل زمان ممکن در مکان‌یابی این عرصه‌ها، مورد استفاده قرار گیرد (لایو و لایو<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲). الگوهای بارشی ایران، تحت‌تأثیر عوامل محلی و بیرونی است که برخی از آن‌ها ریشه در گردش عمومی جو دارند. شناخت دقیق‌تر مکانیسم و نحوه عمل الگوهای گردش جوی و عناصر جوی مؤثر در وقوع سیل بسیار حائز اهمیت است به‌ویژه آن که تغییرات شدید آب و هوایی (گرم شدن کره زمین) در سال‌های اخیر منجر به تغییر الگوهای جوی و پدید آمدن ناهنجاری‌های اقلیمی در اغلب نقاط جهان شده است (مرادی، ۱۳۸۵). فعالیت‌های انسانی مانند تجاوز به حریم رودخانه‌ها، ساخت و سازهای نامناسب و غیرمجاز، تخریب جنگل‌ها و چرای مراتع توسط حیوانات موجب از بین رفتن پوشش گیاهی این مناطق و کاهش میزان نفوذپذیری آب در آن‌ها شده است (کولدز و هادسون<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳؛ ژای<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در ارتباط با بارش‌های سنگین و سیل‌آسا در کشورهای مختلف از جمله به وسیله اقلیم‌شناسان و هواشناسان به روش سینوپتیکی و با استفاده از نقشه‌های سطوح مختلف جو، صورت گرفته است. نجارسلیقه (۱۳۸۰) با مطالعه الگوی سینوپتیکی بارش‌های تابستانی جنوب شرق ایران به این نتیجه رسید که نفوذ زبانه کم‌فشار موسمی از سمت شرق در سطوح زیرین تروپوسفر باعث انتقال رطوبت اقیانوس هند و خلیج بنگال شده است و چنانچه شرایط مساعدی برای صعود توده‌های

1- Robert

2- Liu and Liu

3- Colditz and Hodson

4- Zhai

مرطوب در لایه‌های میانی تروپوسفر وجود داشته باشد، بارش‌های رگباری شدید حاصل می‌شود. مرادی (۱۳۸۳) برای انجام مطالعه از داده‌های بلندمدت بارش و دبی ایستگاه‌های موجود در منطقه طی دوره آماری ۳۰ ساله برای بررسی سیلاب‌های شمال شرق ایران استفاده نمود. به همراه این داده‌ها از نقشه‌های روزانه هواشناسی در ترازهای مختلف برای تحلیل سینوپتیکی سیلاب‌ها بهره گرفت. ایشان در مطالعه خود به این نتایج دست پیدا کرد که چهار الگو شامل کم‌فشارهای مهاجر قطبی اروپایی، کم‌فشارهای مدیترانه‌ای، کم‌فشارهای سودانی و دریای سرخ و همچنین پرفشار مهاجر قطبی سیبری در ایجاد بارش‌های سیل‌زا در منطقه مؤثر است. در نتیجه شدیدترین بارش در منطقه و در شرایطی به وقوع پیوست که مرکز کم‌فشار روی منطقه استقرار پیدا کند و منطقه تحت تأثیر فعالیت جبهه سرد واقع شود. رضایی‌عزیزی و عبدالهی‌شریف (۱۳۹۳) با ارزیابی مناطق آسیب‌پذیر ناشی از سیلاب در شهرستان ارومیه با داده‌های سازمان هواشناسی استان آذربایجان غربی، شدیدترین بارش محتمل در گستره شهر با دوره بازگشت پنج ساله را تعیین و با تلفیق داده‌های موجود و استفاده از روش تحلیل تاپسیس مناطق مستعد تشکیل سیلاب را تعیین نمودند. نتایج نشان داد که شاخص زاویه اتصال مسیر آبراهه‌های طبیعی حامل رواناب‌ها و مساحت تحت شریان، بیش‌ترین شاخص‌های مؤثر در ایجاد رواناب بوده و شاخص طول مسیر جمع‌کننده رواناب و اختلاف ارتفاع، کم‌ترین وزن را در آسیب‌پذیری سیلاب دارند. فوودی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۴) جهت تعیین نقاط سیل‌خیز یک حوزه در صحرای شرقی کشور مصر از داده‌های ماهواره لندست در تهیه نقشه کاربری اراضی حوزه استفاده کردند. نوع و نفوذپذیری خاک نیز براساس اندازه‌گیری‌های صحرایی تعیین شد. سپس دبی خروجی از حوزه و زیرحوزه‌های آن برای یک رگبار فرضی شدید شبیه‌سازی گردید. ایشان خروجی مدل دو منطقه را با بالاترین درجه سیل‌خیزی شناسایی کرد، و این مناطق در اصل مناطقی بودند که از وقایع سیل‌های قبلی آسیب دیده بودند. رضاکووا<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۵) به مطالعه بارش‌های سیل‌زا در آگوست ۲۰۰۲ به‌عنوان شدیدترین بارش منجر به سیل در کشور چک پرداختند. ایشان برای مطالعه شرایط سینوپتیکی ایجاد بارش‌های سنگین از نقشه‌های سطح زمین استفاده کرد، ریزش باران سنگین در منطقه به وسیله گرادیان قابل ملاحظه افقی در بخش عقب سیکلون که با حرکت خیلی کند به سمت شمال شرقی اروپای مرکزی پیشروی می‌کند، صورت گرفت و شرایط برای انتقال رطوبت هوا و صعود به‌صورت کوهستانی در منطقه فراهم شد. سلیمان<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از روش واکنش سیل واحد، به بررسی مناطق مولد سیل در حوضه رودخانه‌ی پاهانگ در شبه جزیره مالزی پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که پاسخ هیدرولوژیک زیرحوضه‌ها تابعی غیرخطی از بسیاری از عوامل است و زیرحوضه‌هایی که در کم‌ترین و بیش‌ترین فاصله تا خروجی حوضه قرار دارند، معمولاً بیش‌ترین و کم‌ترین مشارکت را در دبی اوج خروجی ندارند. کوهیوت و همکاران (۲۰۱۱) توفان‌های تندی شدید دریای مدیترانه را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که رودباد جنوبی همراه با هوای گرم و مرطوب کم‌فشار در طول جبهه، شرایط لازم برای رخداد توفان تندی را فراهم کرده است.

1- Foody

2- Rezacova

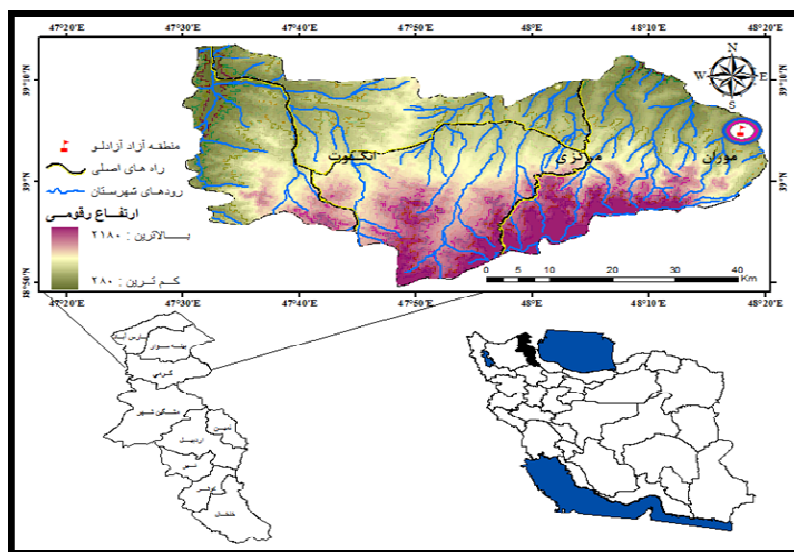
3- Sulaiman

کولندویچ (۲۰۱۲) الگوهای سینوپتیک مرتبط با توفان‌های تندری در لهستان را بررسی کرد. ایشان نتیجه گرفت که الگوهای کم‌فشار غربی، حرکت توده هوا از روی زمین‌های گرم و مرطوب، پرفشار اسکاندیناوی و وجود کم‌فشار ترکیبی عوامل اصلی وقوع توفان تندری در لهستان محسوب می‌شوند. واپلر و جیمز (۲۰۱۴) در خصوص عوامل وقوع رخداد توفان‌های تندری اروپای مرکزی دریافتند که سامانه‌های سیکلونی جنوبی، آنتی‌سیکلون جنوب‌شرقی، سیکلون جنوب‌غربی و وقوع فرود در غرب اروپا شرایط لازم را برای رخداد توفان تندری فراهم کرده است. وقوع سیل در بخش‌هایی از شهرستان گرمی در سال‌های اخیر که متأسفانه با تلفات سنگین انسانی و خسارت‌های زیاد مادی همراه بود، نیازمند مطالعه درباره علل و عوامل بروز این سیلاب‌های مخرب است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر شناخت الگوها و تحلیل شرایط رخداد سیلاب در بارش‌های سنگین در شهرستان گرمی می‌باشد.

## داده‌ها و روش‌ها

### الف- موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهرستان گرمی در شمال غربی کشور و شمال استان اردبیل بین  $38^{\circ} 50'$  تا  $39^{\circ} 10'$  عرض شمالی از خط استوا و  $47^{\circ} 25'$  تا  $48^{\circ} 12'$  طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. مساحت شهرستان گرمی  $1725/2$  کیلومترمربع می‌باشد، که ۹ درصد مساحت استان را در بر گرفته و فاصله منطقه گرمی از دریای خزر تقریباً ۹۰-۸۰ کیلومتر است. بخشی از منطقه آزاد تجاری- صنعتی ارس در این شهرستان واقع شده، که در شکل شماره (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان اردبیل نشان داده شده است. براساس طبقه‌بندی اقلیمی کریمی، اقلیم منطقه مورد مطالعه نیمه‌مرطوب با تابستان گرم و زمستان سرد می‌باشد. میزان بارندگی متوسط سالانه آن ۳۰۰ میلی‌متر و هم‌چنین دمای هوا در گرم‌ترین ماه (مرداد) و سردترین ماه (بهمن) به ترتیب برابر با  $5/38$  و  $1/4$  درجه سانتی‌گراد می‌باشد، با این تفاوت که وزش بادهای موسمی خزری باعث برودت هوای منطقه شده است، در نتیجه آب و هوای شهرستان گرمی نیمه‌مرطوب با تابستان گرم و زمستان سرد می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان اردبیل

#### ب- روش تحقیق

در این تحقیق از مشخصات سیلاب رودخانه‌ها در سه بخش مرکزی، موران و انگوت شهرستان گرمی و همچنین از داده‌های بارش روزانه سطح منطقه که دارای آمار در دسترس ۱۰ ساله (۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳) می‌باشند استفاده شده است (جدول ۱). در پژوهش حاضر از داده‌های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک شهرستان گرمی و داده‌های جوی شامل فشار و ارتفاع ژئوپتانسیل که از پایگاه داده‌های NCEP/NCAR وابسته به (سازمان ملی اقیانوسی و جوی) ایالات متحده سایت نوآ تهیه گردید که در آن برای هر روز چهار دیده‌بانی در ساعات همدید (صفر، ۶، ۱۲، ۱۸) پوشش داده شده است. علاوه بر این میانگین روزانه و ماهانه داده‌های جوی در این پایگاه فراهم شد، در ادامه با استفاده از داده‌های اتمسفری، نقشه‌های جوی در تراز ۵۰۰ میلی‌بار شامل نقشه فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، سرعت و جهت باد، رطوبت، دما، آب قابل بارش در سطح زمین و بلوکینک (امگا)، با استفاده از نرم‌افزار گرادس<sup>۱</sup> (GRADS)، تهیه گردیدند. نرم‌افزار GRADS برای تجزیه و تحلیل‌های سینوپتیک و داده‌های جوی است، همچنین این نرم‌افزار رایج در رسم نقشه‌های هواشناسی با استفاده از داده‌های با فرمت binary (باینری) می‌باشد که فن‌آوری به‌کار رفته در آن با توسعه علوم و فنون در علوم اقلیم‌شناسی هم‌زمان و توأم شده و نوید بخش کارایی بهتر و بیش‌تر علوم اقلیم‌شناسی است. بنابراین نقشه‌های تهیه شده از نظر اغتشاشات جوی از سطح زمین تا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از نظر نوع سامانه‌های تأثیرگذار در شکل‌گیری بارش و روند تغییرات آن از ۴۸ ساعت قبل از بارش، تا پایان بارش مورد

1- Grid Analysis and Display System (GRADS)

تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. محاسبات مربوط به رواناب سطحی و زمان تمرکز دبی، برای ارزیابی خطر سیل با استفاده از رابطه (۱) از سازمان حفاظت خاک آمریکا<sup>۱</sup> (SCS) به دست آمد (مهدوی، ۱۳۸۱، علیزاده، ۱۳۸۴).

$$R = \frac{(P - 0.25)^2}{(P + 0.85)} \quad (1)$$

که در آن، R ارتفاع رواناب بر حسب اینچ، P ارتفاع بارندگی بر حسب اینچ، S عامل مربوط به نگاهداشت آب در سطح زمین از رابطه (۲) قابل محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۸۴).

$$S = \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (2)$$

که در آن، CN مقدار شماره منحنی در سطح حوضه می‌باشد و پس از محاسبه میزان ارتفاع رواناب آب حاصل از بارش، زمان تمرکز با استفاده از رابطه (۳) بدست آمد (علیزاده، ۱۳۸۴).

$$T_C = 0.0003L^{0.77}S^{-0.388} \quad (3)$$

که در آن، L طول حوضه در مسیر رود اصلی (متر)، S شیب آبراهه اصلی (متر) و  $T_C$  زمان تمرکز (دقیقه) می‌باشد. از آنجا که نفوذپذیری از عوامل مؤثر در ایجاد رواناب و سیل است و نخستین اثر توسعه کالبد فیزیکی شهر، کاهش نفوذپذیری است، باید از هرگونه عملیات توسعه شهری و ساخت و سازها در حریم‌ها جلوگیری شود و با آزادسازی و تبدیل فضاهای اشغالی به فضاهای سبز و مهیا نمودن شرایط نفوذ، می‌توان جریان رواناب و سیل‌های ویرانگر را کاهش داد (سبزی‌پرور، ۱۳۷۰).

جدول ۱: مشخصات سیلاب و مقادیر روزانه بارش‌های رگباری بیش از ۲۰ میلی‌متر شهرستان گرمی طی دوره آماری (۱۳۸۳-۱۳۹۳).

(مآخذ: سالنامه آماری جهاد کشاورزی و ایستگاه سینوپتیک شهرستان گرمی)

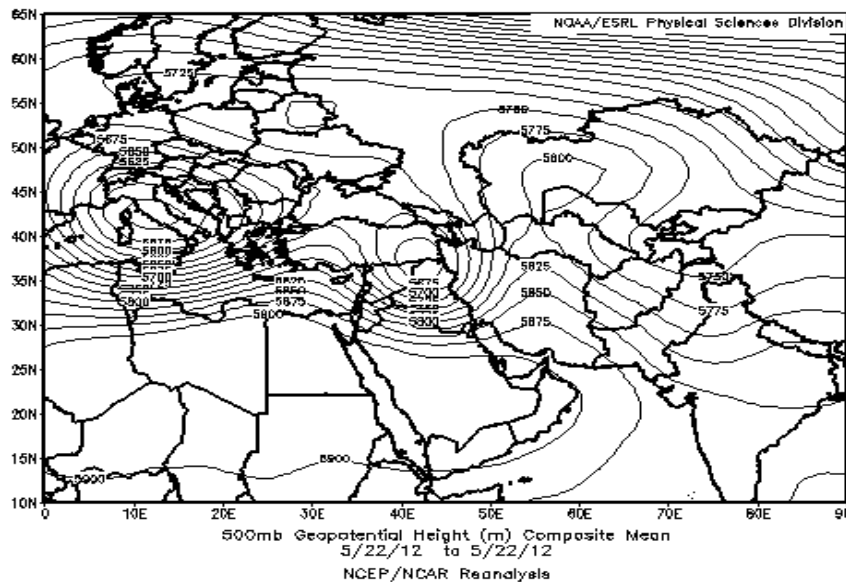
ردیف	روز/ماه/سال	بارندگی (میلی‌متر)	حداکثر دبی سیلاب (مترمکعب بر ثانیه)	ردیف	روز/ماه/سال	بارندگی (میلی‌متر)	حداکثر دبی سیلاب (مترمکعب بر ثانیه)
۱	۱۳۸۳/۰۳/۲۱	۲۳	۱۲۰۰	۸	۱۳۸۹/۰۳/۱۱	۲۰	۱۰۰۹
۲	۱۳۸۴/۰۲/۲۸	۲۰/۳	۱۱۰۱	۹	۱۳۹۰/۰۲/۰۸	۳۵	۱۸۰۰
۳	۱۳۸۵/۰۲/۰۱	۲۱	۱۱۲۰	۱۰	۱۳۹۱/۰۲/۲۳	۴۲/۴	۱۶۳۰
۴	۱۳۸۵/۰۳/۱۹	۲۵	۱۳۰۰	۱۱	۱۳۹۱/۰۳/۰۲	۴۷/۳	۲۵۶۳
۵	۱۳۸۵/۰۳/۲۹	۲۹	۱۴۰۰	۱۲	۱۳۹۳/۰۳/۱۰	۳۹	۱۹۰۰
۶	۱۳۸۶/۰۳/۲۰	۴۲/۹	۲۱۰۵	۱۳	۱۳۹۳/۰۳/۲۷	۴۴	۲۱۲۰
۷	۱۳۸۷/۰۳/۲۶	۲۸	۱۳۶۰	۱۴	۱۳۹۳/۰۴/۲۶	۴۶	۲۳۲۴

## نتایج و بحث

براساس داده‌های مورد استفاده در پژوهش، بررسی و تحلیل نقشه‌های جوی شامل نقشه فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ میلی‌بار، سرعت و جهت باد در تراز ۵۰۰ میلی‌بار، رطوبت در تراز ۵۰۰ میلی‌بار، دما در تراز ۵۰۰ میلی‌بار، آب قابل بارش در سطح زمین و بلوکینک (امگا) در تراز ۵۰۰ میلی‌بار، به صورت شکل‌های ارائه شده، تهیه گردید.

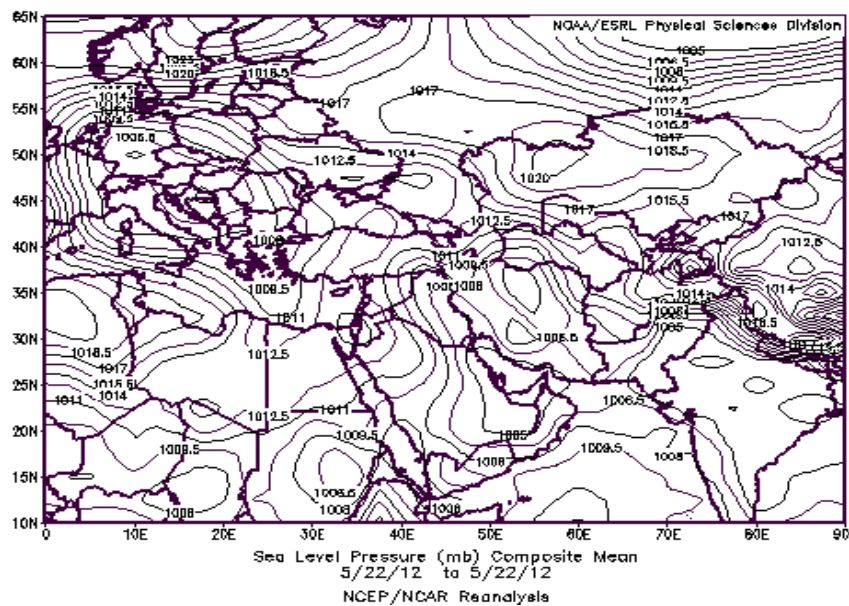
### بررسی و تحلیل نقشه‌های ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال:

در بررسی‌های جوی به دلیل در بر گرفتن عوامل جوی و نیز زمینی در نقشه ژئوپتانسیل، تراز ۵۰۰ انتخاب شد، در این نقشه یک مرکز پرفشار در روی کشور ایتالیا با مرکزیت و مقدار ۵۸۵۰ و یک کم فشار در روی عراق و ترکیه وجود دارد، یک فرود ملایم در ۴۳ درجه شرقی مشاهده شد و محور آن در روی همین درجه بوده و با توجه به این که منحنی ۵۷۲۵ ایستگاه مورد مطالعه را پوشش داده، هم‌چنین از روی دریای مدیترانه عبور کرده و منطقه مورد مطالعه در جلوی فرود، منطقه چرخندگی مثبت یا (PVA)<sup>۱</sup> را تشکیل داده، و وزش افقی و ناپایداری را در بر گرفته است و با در نظر گرفتن این که در جلوی فرود (PVA)، هوا از عرض‌های پایین به طرف بالا و از لایه‌های پایین به طرف بالا جابه‌جا می‌شوند، بنابراین چون در زیر منحنی مرطوب قرار گرفته است پس برای منطقه نیز در زمان مورد مطالعه توده هوای مدیترانه‌ای، امکان ایجاد بارش را فراهم آورده است (شکل ۲).



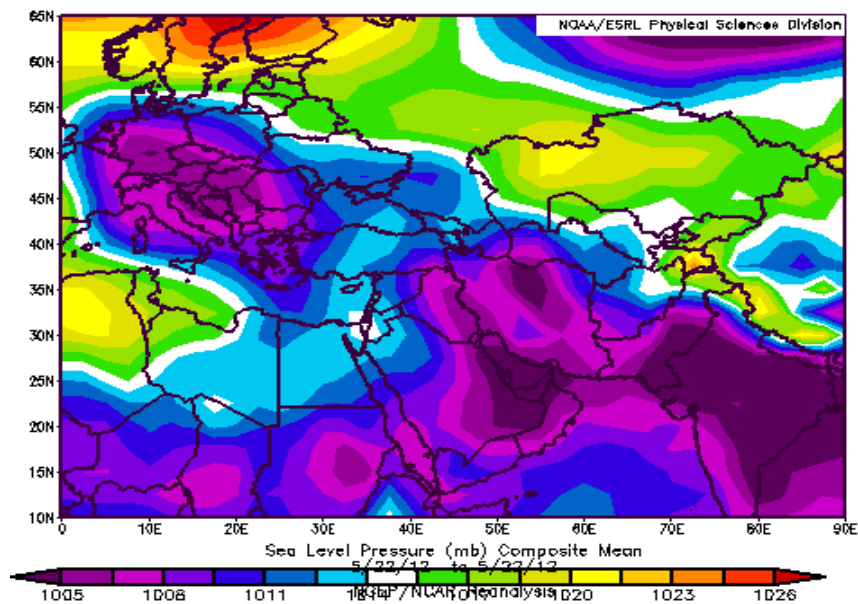
### بررسی و تحلیل نقشه‌های فشار سطح زمین:

براساس نقشه فشار سطح زمین در شکل‌های (۳ و ۴) مشاهده شده است، که در زمان مطالعه دو مرکز کم‌فشار یکی به مرکزیت دریای خلیج فارس با مقدار ۱۰۰۵ هکتوپاسکال و دیگری در ایران مرکزی که زبانه آن به منطقه مورد مطالعه با مقدار ۱۰۰۸ هکتوپاسکال و یک پرفشار سوئد و دریای بالتیک با مقدار مرکزیت ۱۰۲۶ میلی‌بار مورد استفاده قرار گرفت و یک قسمت از پرفشار سوئد که زبانه آن در روی روسیه و دریای خزر با مقدار ۱۰۲۰ میلی‌بار واقع شده است. از آن‌جا که پرفشارها حرکت برون پیچ در جهت عقربه ساعت و سمت راست را دارا هستند، پس پرفشارهای سوئد و قسمتی از آن در روی دریای خزر هوای سرد بالا را به طرف پایین انتقال داده و قابل ذکر است، زبانه منحنی پرفشار سوئد در ایستگاه مورد مطالعه برابر ۱۰۱۷ که زیر پرفشار مرطوب قرار گرفته، بارش را نیز در پی خواهد داشت. از طرفی چون حرکت سیکلون به صورت درون پیچ خلاف عقربه ساعت و به سمت چپ بوده، شایان ذکر است که این اصل در نیمکره شمالی صادق می‌باشد و این کم‌فشار چون مناطق آبی و خاکی را به ترتیب در خلیج فارس و ایران مرکزی در برگرفته باعث ایجاد گرد و غبار شده و همچنین بارش و این دو عامل مذکور باعث ایجاد جبهه در روی دریای آرال و خزر شده است و به‌عنوان عاملی مؤثر توانسته در ایجاد بارش در منطقه مورد مطالعه نقش ایفاء کند.



شکل ۳: نقشه فشار سطح دریا

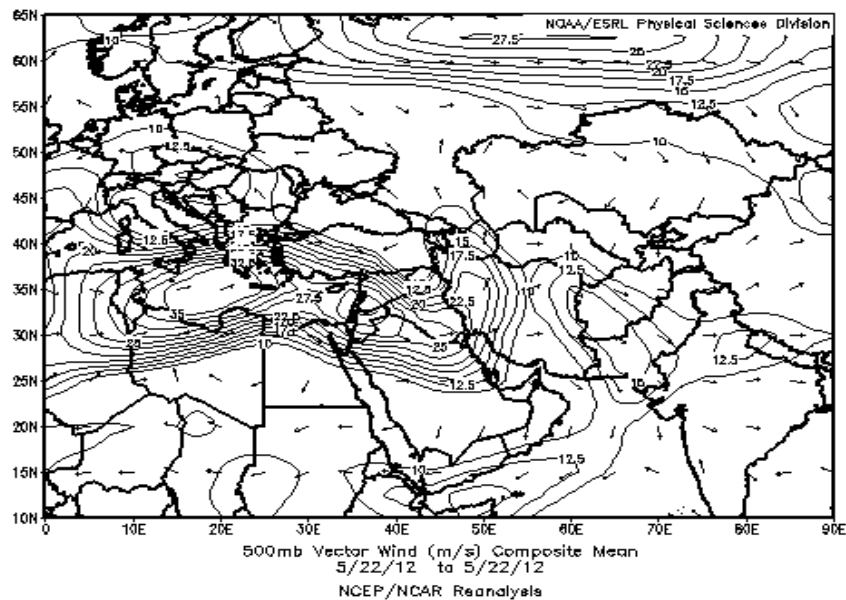




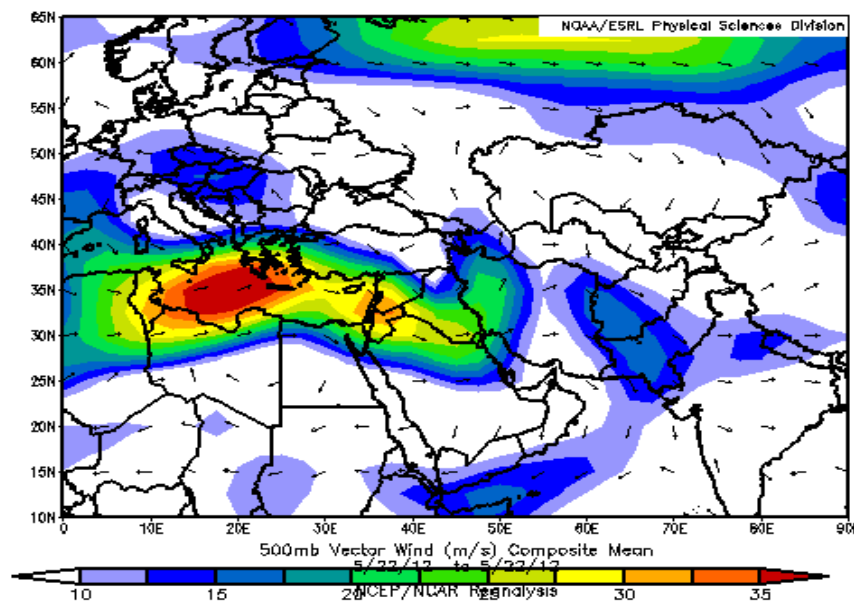
شکل ۴: نقشه فشار سطح دریا

**بررسی و تحلیل نقشه سرعت باد در تراز ۵۰۰ میلی‌بار (متر بر ثانیه):**

براساس نقشه سرعت باد در تراز ۵۰۰ میلی‌بار، در زمان بررسی دو هسته روی دریای مدیترانه و کشور روسیه که به ترتیب برابر با سرعت باد ۳۵ و ۳۰ متر بر ثانیه مشاهده شد، هسته روی دریای مدیترانه به شکل رودباد و بیش‌تر به شکل بیضی است، با توجه به این که بادها در نیمکره شمالی ساعت‌گرد می‌باشند در منطقه مورد مطالعه نیز به صورت ساعت‌گرد بوده و سرعت باد در این ایستگاه در زمان مطالعه که در روی منحنی نشان داده شده به ۱۷/۵ متر بر ثانیه رسیده است و چون در حوالی منطقه منحنی‌ها به هم فشرده شده باعث تقویت ناپایداری در منطقه مورد مطالعه شده است (شکل ۵ و ۶).



شکل ۵: نقشه سرعت باد در ۵۰۰ هکتوپاسکال (متر بر ثانیه)

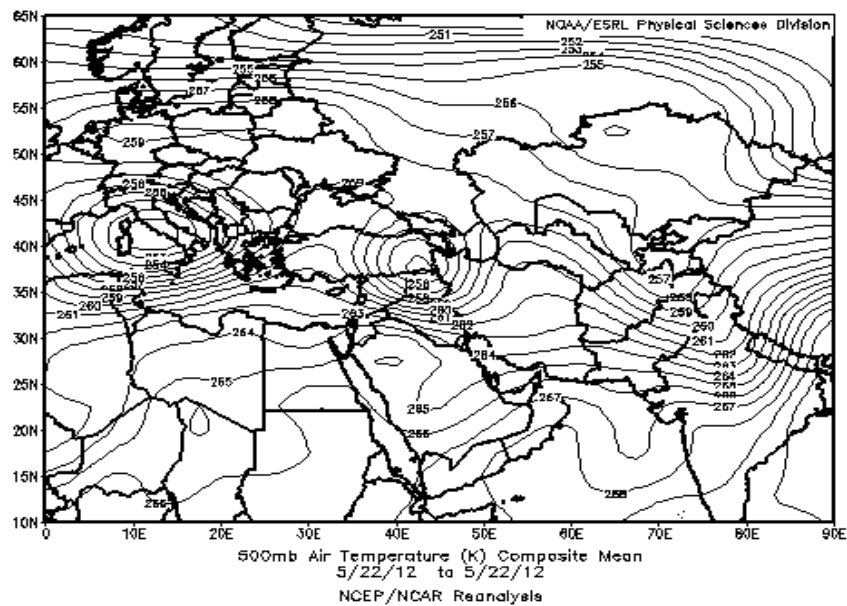


شکل ۶: نقشه سرعت باد در ۵۰۰ هکتوپاسکال (متر بر ثانیه)

بررسی و تحلیل نقشه‌های دما در تراز ۵۰۰ میلی‌بار (درجه کلونین):

با توجه به نقشه دما در تراز ۵۰۰ میلی‌بار، مقادیر دمای قابل مشاهده شده بالای صفر بوده سپس بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر آن به ترتیب برابر با ۲۸۰ و ۲۵۰ درجه کلونین است و با توجه به این که ایجاد بارش در سطح زمین

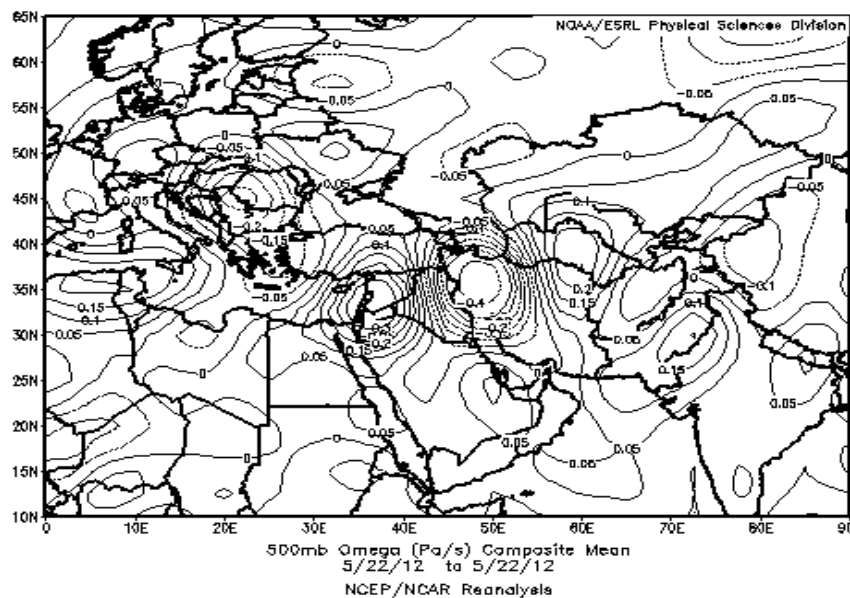
نیازمند دمای بالای صفر برای صعود می‌باشد، بنابراین در منطقه مورد مطالعه شاهد شرایط مذکور وجود دارد. اما در تراز بالا برای رسیدن هستک‌ها به نقطه شبنم، دمای زیر صفر لازم است که در مکان و زمان مورد مطالعه منحنی دمای ۲۸۰ درجه کلون را نشان می‌دهد، پس شرایط لازم و وجود هسته‌های کم‌فشار را برای ریزش بارش فراهم آورده است (شکل ۷).



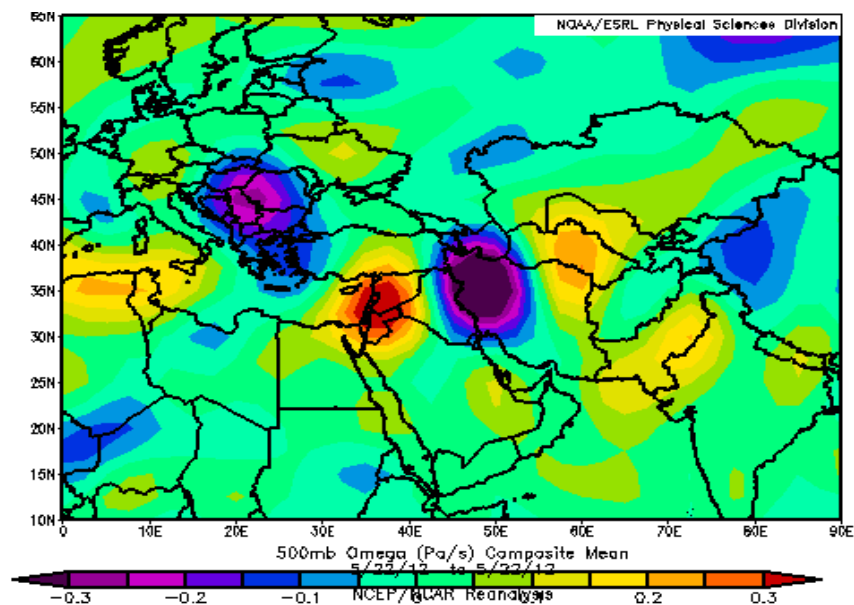
شکل ۷: نقشه دمای هوا در ۵۰۰ هکتوپاسکال (کلون)

بررسی و تحلیل نقشه‌های امگا در تراز ۵۰۰ میلی‌بار (پاسکال در ثانیه):

نقشه امگا در تراز ۵۰۰ میلی‌متر در بررسی شکل‌های (۸ و ۹) نشان می‌دهد، که یک هسته امگا منفی در روی منطقه مورد مطالعه و در آن زمان با توجه به نقشه (Hgt) که جلوی فرود نشان داده شده، مستقر می‌باشد و مقدار آن  $-0.04$  است، و دلالت بر آن دارد که در هر ثانیه  $-0.04$  پاسکال از فشار را کم کرده، سپس خود معرف ایجاد ناپایداری در منطقه مورد مطالعه و ایجاد بارش می‌باشد.



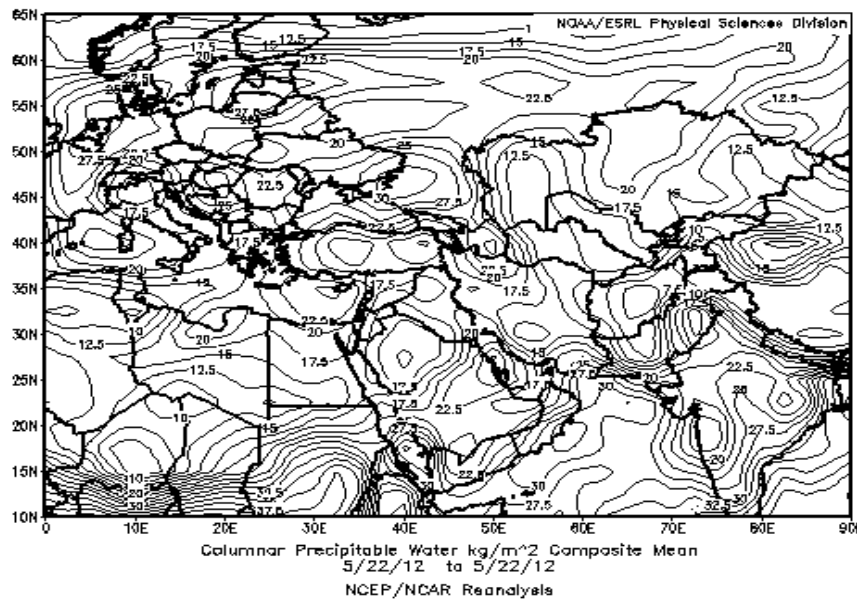
شکل ۸: نقشه امگا در ۵۰۰ میلی بار (پاسکال در ثانیه)



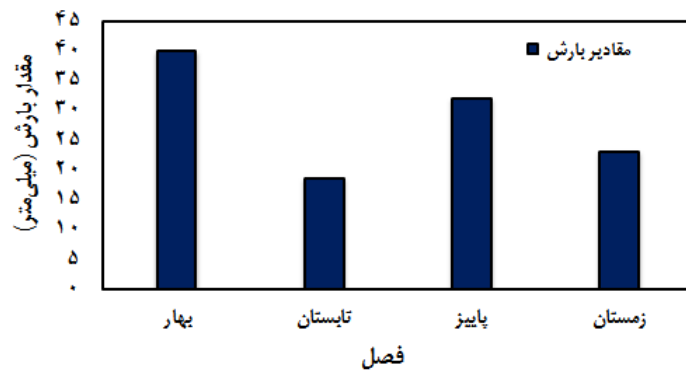
شکل ۹: نقشه امگا در ۵۰۰ میلی بار (پاسکال در ثانیه)

بررسی و تحلیل نقشه‌های آب قابل بارش در سطح زمین (کیلوگرم در مترمربع):  
 بررسی نقشه سینوپتیکی آب قابل بارش نشان می‌دهد که در یک مترمربع از زمین چقدر بخار آب در واحد مذکور وجود دارد که می‌تواند به آب بارش تبدیل شود. بنابراین در نقشه موجود، حداکثر و حداقل بارش قابل ریزش

به ترتیب برابر با ۴۵ و ۵ کیلوگرم در مترمربع است، ولی در منطقه مورد مطالعه منحنی عدد ۲۲/۵ را نشان داده و این خود نشان‌دهنده ایجاد بارش سیل‌آسا در منطقه مورد مطالعه می‌باشد ( شکل ۱۰).



شکل ۱۰: نقشه آب قابل بارش در سطح زمین (کیلوگرم در مترمربع)

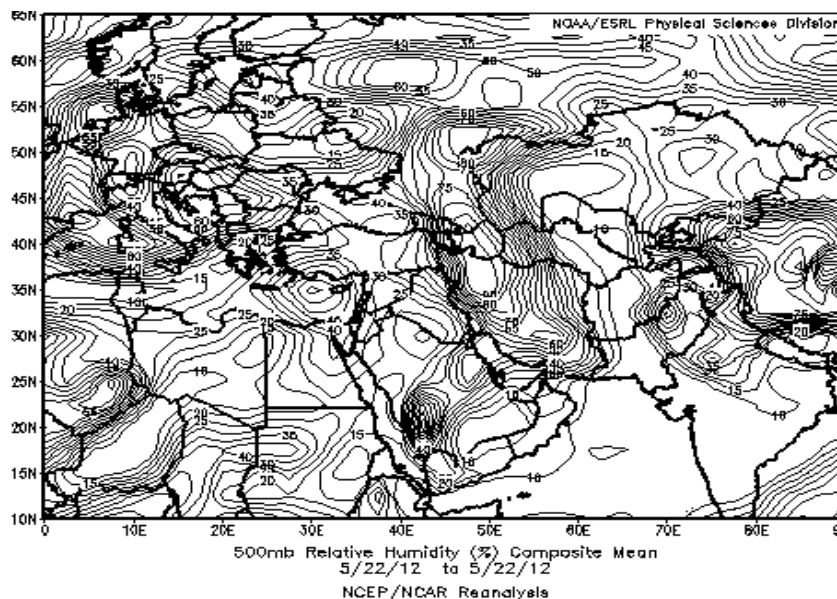


شکل ۱۱: مقدار بارش در فصل‌های مختلف از سال در دوره آماری مورد مطالعه

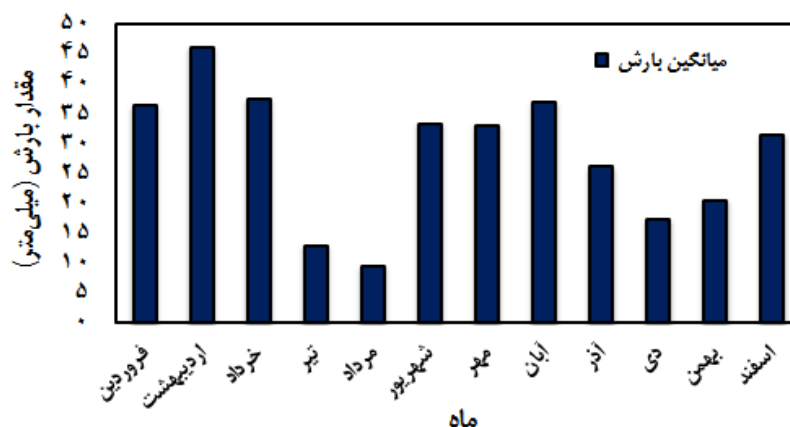
مقدار بارش در فصل‌های مختلف از سال در دوره آماری مورد مطالعه در شکل (۱۱)، نشان‌دهنده‌ی این است که فصل بهار با ۳۹/۹ میلی‌متر بیش‌ترین مقدار را در طی این دوره آماری به خود اختصاص داده است.

**بررسی و تحلیل نقشه‌های رطوبت (درصد):**

در نقشه موجود در مسیر حرکت پرفشار که از سه منبع آبی دریای خزر و مدیترانه و خلیج فارس می‌باشد منابع رطوبتی این منطقه را در ۲ خرداد ۱۳۹۱ دارا است و مقدار حداکثر رطوبت سطح زمین در نقشه‌های مورد بررسی ۹۰ درصد در کشور چین و حداقل آن ۱۰ درصد در اطراف کشورهای هند، پاکستان و افغانستان می‌باشد اما در منطقه مورد مطالعه در ۲ خرداد ۱۳۹۱ با مقدار ۸۵ درصد است که می‌تواند علل ایجاد بارش سنگین باشد (شکل، ۱۲).



شکل ۱۲: نقشه رطوبت در ۵۰۰ میلی‌بار (درصد)



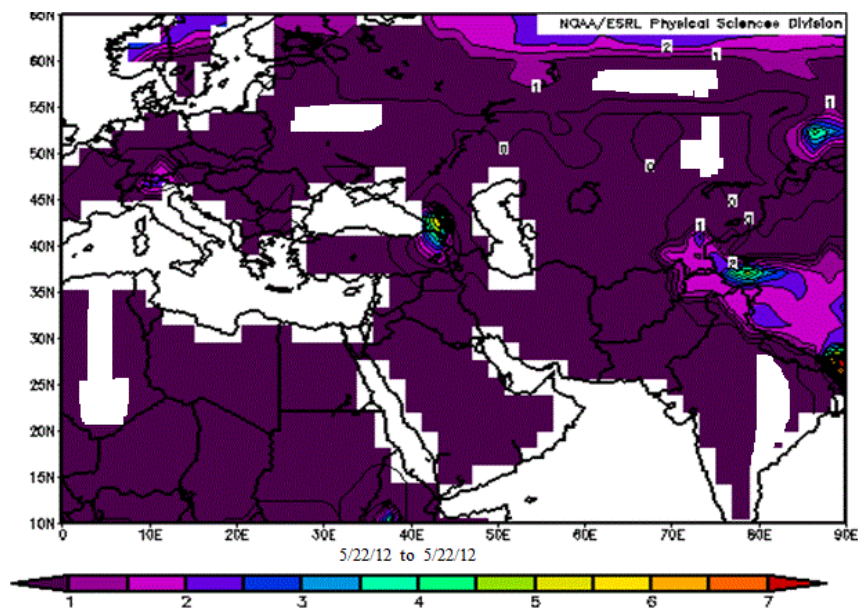
شکل ۱۳: مقدار بارش در ماه‌های مختلف از سال در دوره آماری مورد مطالعه

براساس نتایج ارائه شده در شکل (۱۳)، مشاهده شده است که بیش‌ترین مقادیر بارش ماهانه در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و فروردین به‌ترتیب برابر با ۴۶/۲، ۳۷/۴ و ۳۶/۳ میلی‌متر است که بیش‌ترین مخاطرات طبیعی جوی از جمله سیل در این شهرستان، در همین ماه‌های مذکور صورت گرفته است. در حالی که براساس داده‌های روزانه جدول (۲)

می‌توان گفت که حداکثر دبی سیلاب و مقادیر بارندگی روزانه، در ۲ خرداد ۱۳۹۱ به ترتیب برابر با ۲۵۶۳ مترمکعب بر ثانیه و ۴۷/۳ میلی‌متر به‌عنوان روز نماینده بارش سنگین انتخاب شد.

#### تحلیل نقشه‌های رواناب حاصل از بارش (کیلوگرم در متر مربع):

در منطقه مورد مطالعه حداکثر روانابی که از مقدار بارش در زمان مورد پژوهش حاصل شده، بیش‌تر نواحی کوهستانی آن از جمله بخش مرکزی و قسمت‌های از بخش انگوت را در بر گرفته است. دبی در این منطقه در مدت زمان کم‌تر از ۵ ساعت بعد از آغاز بارش، به بیش‌تر از ۶ مترمکعب بر ثانیه افزایش پیدا کرده، با توجه به کوهستانی بودن منطقه مورد مطالعه، شیب زیاد، از بین بردن پوشش‌های گیاهی و تأثیر زیاد عوامل انسانی و هم‌چنین پایین بودن مدت زهکشی در این منطقه، رواناب با سرعت زیاد جریان یافته و دبی به حداکثر خود رسیده است. چنین شرایطی عاملی برای ایجاد سیل و مخاطرات طبیعی در ناحیه مورد بررسی می‌شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴: نقشه میزان دبی و مناطقی که بارش به شکل رواناب جاری شده (کیلوگرم در مترمربع)

#### نتیجه‌گیری

شهرستان گرمی به‌دلیل واقع شدن در مسیر و نزدیکی دریای خزر (۸۰-۹۰) کیلومتری، ورود توده هوای خزری، آنتی‌سیکلون و سیکلون غربی، می‌توان گفت هر ساله شاهد بارش‌های سنگین می‌باشد. در شهرستان گرمی مقادیر حداکثر دبی سیلاب و بارندگی روزانه در طی دوره آماری ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳ مربوط به فصل بهار، به‌ویژه ۲ خردادماه ۱۳۹۱ می‌باشد که مقادیر حداکثر دبی سیلاب و بارندگی به ترتیب برابر ۲۵۶۳ مترمکعب بر ثانیه و ۴۷/۳ میلی‌متر تحت تأثیر سیستم‌های دینامیکی موج بادهای غربی و سیستم مکانیکی کوهستان‌های محلی و هم‌چنین عامل

همرفت باعث ایجاد بارش در این ناحیه شده است. در نتیجه عامل مؤثر در ایجاد بارش‌های سنگین در زمان و مکان مورد مطالعه وجود مرکز کم‌فشار حرارتی بر فراز سودان، و هم‌چنین شکل‌گیری دو موج همراه با هسته بلوکینک شده در فراز دریای مدیترانه و وجود دو منطقه کم‌فشار می‌باشد. شایان ذکر است که موج بادهای غربی واقع بر روی مدیترانه موجب دینامیکی شدن مرکز سیکلون یا کم‌فشار حرارتی در سودان گردید. این ناپایداری‌ها در جلوی موج و فرود از قسمت شمال غرب وارد ایران شده، و منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر خود قرار داده است. از طرف دیگر کوهستان‌های محلی و همرفت شهرستان گرمی، ناپایداری حاصل از صعود دینامیکی را تشدید کرده و شدت صعود بسته‌های هوا را افزایش داده است. یکی دیگر از عوامل مؤثر صعود برای وقوع بارش، عامل ناهمواری بوده، که ناهمواری‌های سطح زمین نتوانسته سبب صعود هوا شود، بلکه به‌صورت مانعی بر سر راه آن ظاهر شده که در این صورت هوا از روی آن عبور کرده است. در نتیجه دمای توده هوا ضمن عبور از روی دامنه کاهش می‌یابد و گنجایش نگهداری رطوبت هوا از میزان رطوبت موجود کم‌تر می‌شود، در نتیجه تراکم آغاز و ابر و باران ایجاد می‌شود. بارش کوهستانی اصولاً در دامنه بادگیر کوهستان و در ارتفاع ۱۵۰۰-۱۰۰۰ متری آن اتفاق می‌افتد. بنابراین بیش‌ترین فراوانی سیلاب در شهرستان گرمی در شمال استان اردبیل ثبت شده که عامل اصلی ایجاد سیلاب عوامل سینوپتیکی (سیکلون‌های ایجاد شده در روی دریای مدیترانه‌ای) و انتقال آن در زمستان توسط بادهای غربی است. هم‌چنین عبور الگوی پرفشار سبیری از دریای خزر و عبور آن از منطقه نیز در وقوع سیل مؤثر است. علاوه بر این، عوامل مؤثر هم‌چون همرفت دامنه‌ای و توپوگرافی محلی باعث ایجاد سیلاب در منطقه مورد مطالعه شده‌اند. نمونه بارز آن سیل خردادماه سال ۱۳۹۱ در بخش انگوت (شهرستان گرمی)، که باعث وقوع خسارات مالی و ویرانی چندین خانه‌های روستایی شد. علاوه بر مناسب بودن شرایط جوی برای رخداد سیل، قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه در نقطه خروجی سیلاب‌ها و وجود توپوگرافی کوهستانی و پرشیب منطقه که خود سبب جمع شدن و سرعت بالای رواناب‌ها به سمت نقطه خروجی منجر به پدیده سیل می‌شود. بنابراین تعیین الگوی بارش‌های سیل‌زا و پیش‌بینی به موقع با توجه به فراوانی وقوع آن و هم‌چنین با توجه به خصوصیت رگباری بودن بارش‌های ناشی از سامانه‌های مذکور از خسارت‌های احتمالی براساس پتانسیل‌های منطقه در حد امکان می‌کاهد بنابراین شناخت چگونگی تشکیل، تقویت، نحوه و مسیر حرکت، مناطق تحت‌تأثیر الگوی سینوپتیکی بارش سیل‌آسا می‌تواند به‌عنوان ابزار و دانشی توانمند در پیش‌بینی سیل منطقه‌ای با تکیه بر شناخت‌های محلی از شرایط توپوگرافی و خصوصیات حوزه آبخیز از قبیل شیب و غیره نیز در منطقه شود. لذا یکی از راهکارهای عملی کوتاه‌مدت در جهت کاهش آثار زیانبار سیل در شهر، آزادسازی حریم‌ها، و در دراز مدت ایجاد شهرک‌های جدید و انتقال جمعیت، پیشنهاد می‌شود.

## منابع

- رضایی‌عزیزی منصور؛ عبدالهی‌شریف جعفر (۱۳۹۳). ارزیابی مناطق آسیب‌پذیر ناشی از سیلاب در شهرستان ارومیه، امداد و نجات، سال ششم، شماره ۱، صص ۳۳-۴۳.
- سبزی‌پرور علی‌اکبر (۱۳۷۰). بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در جنوب غرب ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ص ۱۸۳.



- علیزاده امین (۱۳۸۴). اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، صص ۵۰۹.
- کردوانی پرویز؛ قادری حیدر؛ قادری آرزو (۱۳۸۸). تحلیل منطقه‌ای سیلاب‌های لارستان، جغرافیای طبیعی، سال دوم، شماره ۵، صص ۱-۱۸.
- مرادی حمیدرضا (۱۳۸۳). پیش‌بینی سیلاب‌ها براساس موقعیت‌های سامانه‌های همدیدی در شمال شرق ایران، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۱۹، شماره ۴ (پیاپی ۷۵)، صص ۷۰-۵۴.
- مرادی حمیدرضا (۱۳۸۵). پیش‌بینی وقوع سیلاب‌ها براساس موقعیت‌های سینوپتیکی در ساحل جنوبی دریای خزر، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۵، صص ۱۰۹-۱۳۱.
- معیری مسعود؛ انتظاری مزگان (۱۳۸۷). سیلاب و مروری بر سیلاب‌های استان اصفهان، مجله چشم‌انداز جغرافیایی، شماره ۹، صص ۴۲۹-۴۱۳.
- مفیدی عباس (۱۳۸۳). اقلیم‌شناسی سینوپتیکی بارش‌های سیل‌زا با منشأ منطقه دریای سرخ در خاورمیانه، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۱۹، شماره ۴ (پیاپی ۷۵)، صص ۹۳-۷۱.
- مهدوی محمد (۱۳۸۱). هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، جلد دوم، صص ۴۳۷.
- نجانرسلیمه محمد (۱۳۸۰). الگوی سینوپتیکی بارش‌های تابستانی جنوب شرق ایران، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۱۶، شماره ۳ (پیاپی ۶۲)، صص ۱۲۵-۱۱۴.
- نگارش حسین؛ طاوسی تقی؛ مهدی‌نسب مهدی (۱۳۹۰). بررسی شدت سیل‌خیزی حوزه آبریز رودخانه کشکان، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال چهارم، شماره ۱۳، صص ۵۸-۴۹.
- Cohuet, J.B., Romero, R., Homar, V., Ducrocq, V. and Ramis, C. (2011), Initiation of a severe thunderstorm over the Mediterranean Sea. *Atmospheric Research*, pp. 603-620.
- Colditz, R., and Hodson, P.F. (2003), Flood delineation in a large complex alluvial valley, lower Panuco Basin, Mexico. *Journal of Hydrology*, Volume 280, pp. 229-236.
- Footy, G.M., Ghoneim E.M., and Arnell, N.W. (2004), Predicting locations sensitive to flash flooding in an arid environment. *Journal of Hydrology*, Volume 292, number (1-4), pp. 48-58.  
<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day>.
- Kolendowicz, L. (2012), Synoptic patterns associated with thunderstorms in Poland. *Meteorologische Zeitschrift*, Volume 21, number 2, pp. 145-156.
- Liu, R., and Liu, N. (2002), Flood area and damage estimation in Zhejiang, China. *Journal of Environmental Management*, Volume 66, number 1, pp. 1- 8.
- Rezacova, D., Kaspar, M., Muller, M., Sokol, Z., Kakos, V., Hanslian, D., and Pesice, P. (2005), A comparison of the flood precipitation episode in August 2002 with historic extreme precipitation events on the Czech territory. Elsevier Science, pp. 12-45.
- Robert, T. (1992), The development of flash-flood storm over southern Nevada. *WRTA*, number 92, pp. 124-138.
- Sulaiman, W.N.A., Heshmatpoor, A., and Rosli, M.H. (2010), Identification of flood source areas in Pahang river basin. *Peninsular Malaysia, Environment Asia*, number 3, pp. 73-78.
- Wapler, K. and James, P. (2014), Thunderstorm occurrence and characteristics in Central Europe under different synoptic conditions. *Atmospheric Research*. pp. 1-14.
- Zhai G., Sato T., Fukuzono T., Ikeda, S., and Yoshida, K. (2010), Willingness to pay for flood risk reduction and its determinants in Japan. *Journal of the American Water Resources Association*, volume 42, number 4, pp. 927-940.

## **Analysis of pattern and conditions of flood-producing rainfall in the years 2004 to 2014 in the Germe City, Ardabil Province**

**Raof Mostafazadeh\*<sup>1</sup>, Vahid Safariyan-Zengir<sup>2</sup>, Khadijeh Haji<sup>3</sup>**

Received: 2017-05-27

Accepted: 2016-10-27

### **Abstract**

The occurrence of heavy rains often leads to destructive floods, thus exploring the dominant pattern of climatic systems provides the possibility of its analysis and forecasting. Thus, the aim of this study is identifying the patterns and synoptic conditions of heavy rainfall and generated flood event in the Germe area. The recorded data of an 11 year period (2004-2014) were used in this study which is including synoptic maps of geopotential, sea level pressure, jet streams, temperature, runoff, Omega and perceptible water were investigated. The results showed that the concurrence of rainfall variable in the study area is due to a combination of local and extra-local factors. The location of the Germe area in the path of entering Caspian air masses, Anticyclone and Western cyclones, experienced heavy rainfall in every year. The results indicated that the most recorded heavy rainfall events were observed during the April, May, and June months having 36.3, 46.2, and 37.4 rainfall amount, respectively, which is responsible for the occurrence of most natural hazards, including floods in the spring season. The maximum value of rainfall was observed in June 2014 with 120.8 mm rainfall value. The main cause of heavy rainfalls in the studied temporal and spatial extent can be attributed to existing the low-pressure center over the Study area, as well as the formation of two simultaneous waves along with a blocking center over the Mediterranean Sea and two low-pressure area.

**Keywords:** Spatial pattern, Rainfall-runoff, Heavy rainfall, Flood forecasting, Synoptic analysis.

---

<sup>1</sup>\*- Assistant Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili  
raoofmostafazadeh@uma.ac.ir

<sup>2</sup>- M.Sc. Graduate of Applied Climatology, Faculty of Humanities, University of Mohaghegh Ardabili

<sup>3</sup>- M.Sc. student of Watershed Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili