



جغرافیا و روابط انسانی، تابستان ۱۴۰۵، دوره ۹ شماره ۲، صص ۶۵۱-۶۳۷

## تحلیل سینوپتیکی بارش‌های سیلابی حوضه آبریز کیوی چای

بتول زینالی<sup>۱\*</sup>، برومند صلاحی<sup>۲</sup>، سحر سیدطالبی<sup>۳</sup>

۱-استاد آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران،

zeynali.b@uma.ac.ir

۲-استاد آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳-دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی سینوپتیک، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۳۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۴/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۹

### چکیده:

**هدف:** بارش سنگین در بیشتر سال‌ها در کشور ایران و جهان آسیب‌های زیاد مالی و جانی را به وجود می‌آورد. در صورتی که بتوان عوامل به وجود آورنده آن را حداقل یک روز قبل شناسایی نمود، انجام دادن کارهایی که پیشگیرانه باشد در جلوگیری از گسترده شدن آسیب‌ها و خسارت‌ها مؤثر می‌باشد. هدف این پژوهش تحلیل سینوپتیکی سامانه‌های بارش سنگین و سیل‌زا در حوضه آبریز رودخانه کیوی چای واقع در شهرستان خلخال و استخراج و تحلیل سامانه‌های مؤثر در بارش سنگین با بهره‌گیری از رویکرد محیطی به گردشی می‌باشد، هدف اصلی این پژوهش شناسایی عوامل ایجاد بارش سنگین است که این روش می‌تواند اقدامات پیشگیرانه در جلوگیری از گسترده شدن خسارات مؤثر واقع شود. **روش‌شناسی پژوهش:** در این پژوهش داده‌های بارش روزانه شهرستان خلخال از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک استان اردبیل و داده‌های دبی روزانه از منابع آب استان اردبیل اخذ گردیده و از سال ۱۹۸۷ تا سال ۲۰۲۱ که ۳ روز آن دارای بارش سنگین بود استخراج گردید و از طریق برنامه اکسل فیلتر شد و سپس سورت گردید و حداکثر بارش روزانه و حداکثر دبی روزانه شهرستان خلخال و حوضه آبریز کیوی چای فیروزآباد انتخاب شد. در این پژوهش، الگوهای گردشی اتمسفری به وجود آورنده بارش‌های سنگین در سطح زمین و در سطوح بالای اتمسفر، تشخیص داده‌شده ردیابی شدند و روزهایی که در سال‌های آماری ۱۹۸۷ تا ۲۰۲۱ دارای بارش‌های مساوی یا از ۳۰ میلی‌متر در شبانه‌روز بیشتر بودند مشخص شده‌اند. برای تعیین الگوهای گردشی از نقشه‌های هوای سطح زمین و همچنین نقشه‌های سطوح بالاتر تراز ۵۰۰ میلی‌بار، نقشه‌های امگا و نقشه‌های آب قابل بارش استفاده شد. **یافته‌ها:** نتیجه‌ای که از این پژوهش حاصل گردید نشان‌دهنده آن است که از نقشه‌های سطح زمین، کم‌فشارها و پرفشارها هریک از آن‌ها به طریقی در ایجاد بارش سنگین شهرستان خلخال تأثیرگذار بوده‌اند. در فصل‌های مختلف سال هرکدام از این نقشه ضعیف یا قوی‌تر شده‌اند. در نقشه‌های سطوح بالای جو قرارگیری منطقه در جلوی فرود و واگرایی بالایی، اصلی‌ترین عوامل به وجود آورنده بارش‌های سنگین شهرستان خلخال در فصل‌های مختلف سال بودند. وضعیت داخلی مثل دریای سیاه و مدیترانه هم منبع تغذیه رطوبت را در منطقه مورد مطالعه فراهم کرده است. علت اصلی رخداد بارش‌های بهاره شهرستان، در نقشه‌های سطح زمین پرفشارها و در نقشه‌های سطوح بالای جو قرارگیری منطقه مذکور در جلوی فرود بود.

واژه‌های کلیدی: تحلیل سینوپتیک، بارش‌های سیلابی، حوضه آبریز کیوی چای

یکی از بلایای طبیعی که باعث آسیب‌های بیشتری می‌شود، بارش‌های سنگین می‌باشد؛ که باعث به وجود آمدن سیل و در پی آن بروز خسارات مالی و حتی جانی می‌شود. بارش سنگین، بارشی است که کل بارش روزانه بیشتر از ۱۵ میلی‌متر ثبت شده باشد (حمیدیان پور و همکاران، ۱۳۸۹). بارش سنگین برای کشوری مانند ایران اهمیت زیادی دارد؛ زیرا ویژگی‌های آب‌وهوایی خاص خود را دارد، بارش سنگین یکی از عواملی است که در مناطق مختلف جغرافیایی از نظر مالی و جانی خسارت‌های زیادی به همراه داشته و بر انسان و طبیعت تأثیرات فراوانی گذاشته است (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰). به دلیل اینکه در هنگام ایجاد بارش سنگین انجام دادن کارهای پیشگیرانه و حفاظتی کارایی چندانی ندارد، بنابراین باید پیش‌بینی‌هایی را از چند روز قبل انجام داد تا از وقوع بارش‌ها و به حداقل رساندن آسیب‌هایی که احتمال رخ داد آن‌ها وجود دارد جلوگیری کرد و آمادگی‌های لازم را در نظر گرفت. (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۳). عواملی مهمی مانند رطوبت و صعود در به وجود آمدن بارندگی لازم و ضروری است. شناسایی ساختار هریک از آن‌ها می‌تواند اقدامات مؤثری در راستای پیشگیری و پیش‌بینی بارش‌ها، بخصوص بارش‌های شدید و سنگین باشد. بارش نتیجه‌ی الگوهای خاصی از پراکندگی فشار است. زمانی بارش‌های شدید و سیل‌آسا شکل می‌گیرند که این عوامل در قوی‌ترین حالت خود پدیدار شوند و بر روی فعالیت‌های انسانی و محیط طبیعی تأثیرات مختلفی بگذارند (قلی زاده و محمدی، ۱۳۹۰). در این پژوهش تلاش بر این است که سیستم‌های سینوپتیکی و همدیدی که در به وجود آمدن بارش‌های سنگین و سیل‌آسای شهرستان خلخال نقش داشته‌اند مورد بررسی قرار بگیرند. شناسایی سیستم‌های به وجود آورنده بارش‌های سیل‌زا می‌تواند نقش مؤثری در تشخیص و جلوگیری به موقع از ایجاد خطرات و آسیب‌ها داشته باشد؛ بنابراین شناسایی دقیق‌تر سیستم‌های سینوپتیکی و همدیدی که در ایجاد بارش‌های سنگین مؤثرند از اهمیت زیادی برخوردارند. همچنین برای اینکه بتوانیم در مورد بارش‌های سنگین یک منطقه شناخت داشته باشیم باید مطالعات کافی از شرایط دینامیکی و همدیدی در به وجود آمدن بارش‌ها به دست بیاوریم. در میان پدیده‌های آب‌وهوایی، وجود پدیده بارش سنگین و شرایطی که حاکم بر آن است و آسیب‌ها و خسارات مخربی که می‌تواند داشته باشد، باید مورد توجه ویژه قرار بگیرد. با توجه به اینکه این پدیده از اهمیت زیادی برخوردار است تلاش زیادی برای شناخت اهمیت و تأثیراتی که بارش‌های سنگین دارند صورت گرفته و در سال‌های گذشته مطالعات بسیاری در ارتباط با بارش‌های سنگین در کشورهای مختلف به وسیله اقلیم شناسان و هوا شناسان به روش سینوپتیکی و با استفاده از نقشه‌های سطوح مختلف جو، انجام گرفته است. بارش سنگین به دلیل این‌که ناگهانی است و حجم زیادی آب به همراه دارد شرایط را برای ایجاد سیل فراهم می‌سازد، بنابراین باید برنامه‌ریزی‌هایی در نظر گرفته شود تا با کمک آن بتوان از عواملی که در ایجاد و طغیان سیلاب‌ها تأثیرگذارند جلوگیری کرد. بدین جهت در این پژوهش با توجه به شناخت، چگونگی پیدایش و شناسایی الگوهای فشار سطح زمین و سطوح بالای جو و همچنین نقشه‌های امگا و آب قابل بارش که در به وجود آمدن بارش‌های سنگین در منطقه مورد مطالعه مؤثرند، می‌تواند در پیش‌بینی و کاهش آثار زیان‌بار این پدیده‌ها مؤثر واقع گردد و از بروز خسارات و آسیب‌های احتمالی جلوگیری به عمل آید.

مطالعاتی در این زمینه در داخل و خارج از کشور ایران انجام گرفته از جمله: لشکری (۱۳۷۵). علیجانی (۱۳۸۷)، برای منطقه مدیترانه و تأثیر آن در اقلیم ایران از داده‌های میانگین ماهانه ارتفاع ۵۰۰ میلی بار استفاده کردند و نتایج مطالعات آن‌ها این بود که ناوه بلندی بر روی مدیترانه مستقر است که با جابجایی خود اقلیم ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد. رئوفی (۱۳۷۶)، سیل را در استان قم مورد بررسی قرارداد نتیجه وی از این مطالعه این بود که بارش‌های سنگین و سیل زایی که در استان قم رخ می‌دهد وجود طوفان‌های شدید می‌باشد که حاصل تقویت و شدت یافتن فعالیت کم‌فشار مونسونی سودان بوده و با به هم پیوستن این مراکز با مراکز کم‌فشار مدیترانه و مؤثر بودن منطقه هم‌گرایی دریای سرخ روی آن‌ها تبدیل به سامانه دینامیکی و ترمود دینامیکی گردیده‌اند. علیجانی و زاهدی (۱۳۸۱)، از روش هم‌بستگی ۱۱ تیپ هوایی را که در بارش‌های پی‌درپی آذربایجان مؤثر بودند را شناسایی کردند و نتایج مطالعات آن‌ها این بود که تیپ مداری بیشترین فراوانی در رخداد بارش و نوع سیکلونی مهم‌ترین نمونه در ایجاد باران در منطقه آذربایجان می‌باشد. انصاری (۱۳۸۲)، سامانه‌های سیل‌آسای حوضه آبریز در منطقه کهکیلویه و بویر احمد را از طریق روش سینوپتیکی که شامل الگوهای سطح زمین و سطوح ۵۰۰ میلی بار می‌باشد مورد بررسی قرارداد. رضایی (۱۳۸۶)، سه الگوی سیل زای چرخندی و واچرخندی که باعث ایجاد سیل در حوضه‌ی ماسوله است که منبع به وجود آورنده آن‌ها الگوی های چرخندی دریای سیاه و منبع الگوهای واچرخندی عمدتاً دریای خزر و دریای سیاه هستند. مهر آفرین (۱۳۸۸)، با بررسی بارش‌های سنگین استان هرمزگان طی دوره آماری (۱۳۸۳ - ۱۳۷۳) پرداخت وی نتیجه گرفت که بارش‌هایی که در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد نتیجه الگوهای مولد بارندگی سنگین سامانه‌های سودانی و سامانه‌های سودان مدیترانه در منطقه می‌باشد. صلاحی و همکاران (۱۳۹۳ - ۱۳۹۴)، بارش سنگین شهرستان تبریز را برای دوره‌های آماری (۲۰۱۳ - ۱۹۹۶) مورد بررسی قراردادند و الگوهای سینوپتیکی تراز سطح زمین و تراز ۵۰۰ میلی بار را شناسایی کردند و نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات آن‌ها نشان داد که در به وجود آمدن بارش شدید در فصل سرد سال الگوهای فشار مؤثر بودند و از سیکلون غربی در فصل گرم تأثیر پذیرفته و در تراز ۵۰۰ میلی بار فرود عمیق به همراه ریزش هوایی مردود عامل اصلی این اغتشاشات بوده است. ذکی زاده و همکاران (۱۳۹۷)، مستقر شدن رود باد با سرعت ۶۵ متر بر ثانیه در تراز ۳۰۰ میلی بار در نیمه جنوبی ایران که همراه با تشکیل ناوه سرد چاهی بر روی خزر را علت ایجاد بارش‌های سنگین و گسترده در ایران دانسته‌اند. فروتن و همکاران (۱۳۹۹)، روش‌هایی را که باعث به وجود آمدن سیل در سطح حوضه آبریز بالیخلو چای اردبیل شده است را در محیط نرم‌افزار Grads با تحلیل سینوپتیکی نقشه‌ها مورد بررسی قراردادند و نتیجه‌ی مطالعاتشان نشان داد که در نقشه‌های سطح زمین سامانه‌های کم‌فشار حرارتی و در نقشه‌های سطوح بالای جو قرارگیری منطقه در جلوی فرود در بارش‌های سیل زای حوضه آبریز بالیخلو چای اردبیل نقش مؤثری داشته است و همچنین منبع تغذیه رطوبت دریای مدیترانه به‌شدت یافتن بارندگی‌ها کمک قابل‌توجهی داشته است. فروتن و صلاحی (۱۴۰۱)، به بررسی نقش بادهای حدی در ریزش

بارش‌های سنگین در استان اردبیل پرداختند و نتایج حاصل از بررسی‌های آماری از داده‌های ماهواره TRMM آن‌ها نشان داد که بیشترین فراوانی باد در طی فصول سال از بین ماه‌های میلادی ماه مارس (اسفند) رکورددار بوده است. جهت حداکثر سرعت باد روزهای فرین اغلب از سمت مشگین شهر وارد شهر شده‌اند. بارش سنگین نشان داد که فصل بهار با ۴۱ درصد بیشترین تعداد بارش را در برداشته است و از بین ماه‌های میلادی ماه می (اردیبهشت) بیشترین تعداد بارش حدی را به ثبت رسانده است. روبرت و همکاران (۱۹۹۸)، با مطالعه رویداد بارش‌های سنگین در فصل تابستان و بالای جو رابطه بین آن‌ها را در ایالات یوتا نشان دادند و منتقل شدن رطوبت از اقیانوس اطلس را در ایجاد این بارش مؤثر دانستند. رُمر و همکاران (۱۹۹۹)، در منطقه مدیترانه اسپانیایی بخش بزرگی از واریانس در ایجاد بارندگی شدید را با استفاده از الگوهای سینوپتیکی شناسایی کردند تا الگوهای اصلی را که بارندگی روزانه قابل توجه و سیل‌آسا را کنترل می‌کند استخراج کردند. گاهنا و همکاران (۲۰۰۲)، در بیابان نقوه فلسطین سیل‌های بزرگ را برای دوره آماری ۱۹۹۴-۱۹۶۵ را مورد بررسی قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد که ۳۸ درصد از سیل‌ها ناشی از ناوه فشاری دریای سرخ می‌باشد و ۳۲ درصد هم ناشی از ایجاد یک چرخند مدیترانه‌ای بر روی سوریه می‌باشد و همچنین منتقل شدن رطوبت دریای مدیترانه به سمت بیابان‌های نقوه می‌باشد. یاکامازاکی (۲۰۰۶)، تغییرات بلندمدت بارش‌های سنگین را در کشور ژاپن مورد بررسی قرار داد و نتیجه مطالعات وی نشان داد که در طول ۱۴۰ سال در ژاپن بارش‌های سنگین افزایش داشته و روش افزایش این بارش‌ها ۲/۳ درصد در هر دوره بوده است. شن چن و همکاران (۲۰۱۱)، ایجاد بارش‌های سنگین را که از ناهمواری سرچشمه می‌گیرد را در جنوب غرب تایوان در فصل تابستان مورد بررسی قرار دادند و نتایج مطالعات آن‌ها این بود که بلا رفتن توده‌های مرطوب از کوهستان‌ها، عامل ایجاد بارش‌های سنگین در منطقه می‌باشد. وانگ و همکاران (۲۰۱۸)، برای سنجش خطر سیل در حوضه رود هوایه در چین اندازه‌گیری دقیق‌تری از طریق روش گوشه‌بندی فازی C-means انجام دادند و نتایج حاصل از مطالعات آن‌ها این بود که در رخداد سیل ۳ عامل شامل عامل اجتماعی، اقتصادی، فاکتور پوشش زمین و فاکتور سیلاب مؤثر می‌باشند. الکی نرمی و همکاران (۲۰۲۱)، در چمن‌زارهای کانادا نمونه‌های فضایی و فصلی روش جریان بارش را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها از طریق تحلیل رگرسیون، روش خطی میزان بارش و تعداد پیشامدهای بارشی را در ۱۴۰ ایستگاه با آمار بیش از ۴۰ سال در چمن‌زارهای کانادا را مشخص کردند.

<sup>1</sup> Robert

<sup>2</sup> Romero

<sup>3</sup> Kahana

<sup>4</sup> Yamazaki

<sup>5</sup> Chen Chen

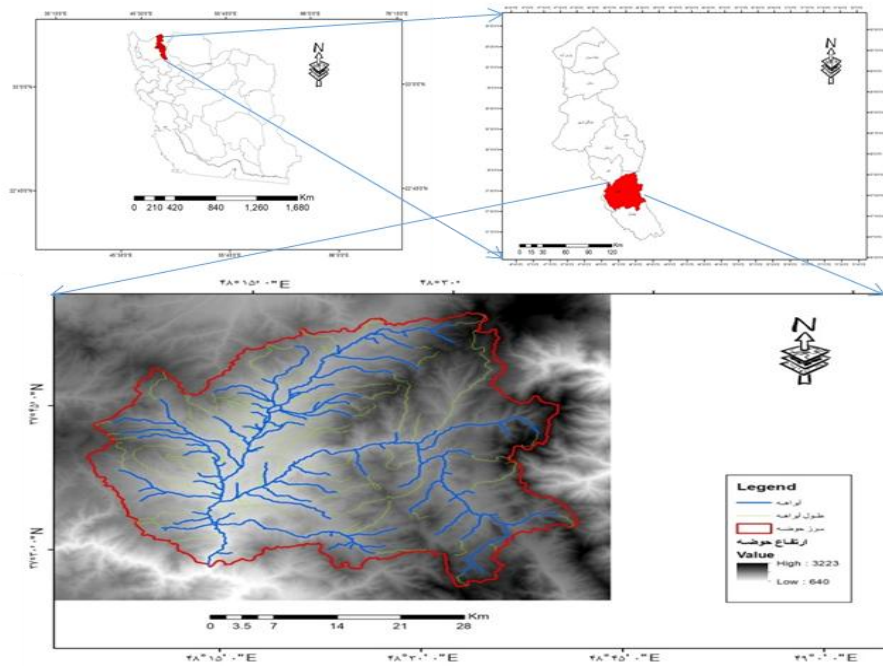
<sup>6</sup> wang

<sup>7</sup> Akinremi

## معرفی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه کیوی چای با مجموع مساحت ۸۲۷ کیلومترمربع یکی از حوضه‌های آبریز سفیدرود هست که در مختصات ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. این حوضه از سمت شمال به حوضه آبریز قره‌سو، از سمت غرب به حوضه آبریز رودخانه قرقنو و از سمت شرق به رشته‌کوه‌های تالش و از سمت جنوب به حوضه آبریز رودخانه قزل‌اوزن می‌پیوندد. به‌طور کلی حوضه آبریز کیوی چای از رودخانه‌های اصلی به نام‌های هروآباد، آریاچای و کیوی چای تشکیل شده است که با جهت جنوب شرق - شمال غرب جریان گرفته و پس از گرفتن جریان رودخانه‌های فرعی سنگورچای و رودخانه گزار در ارتفاع ۸۶۰ متر از سطح دریا در بخش جنوب غربی از منطقه خارج و به رودخانه قزل‌اوزن ریخته می‌شود. میانگین بارندگی در این حوضه ۴۴۴ میلی‌متر بوده و ۸۶ تا ۹۴ درصد از مجموع بارندگی در ماه‌های فروردین و اردیبهشت به وقوع می‌پیوندد (رجبی و فیض اله پور، ۱۳۹۳).

بلندترین نقطه ارتفاعی به ۳۰۰۹ متر از سطح دریا در قله عجم داغ قرار گرفته و در بخش خاوری در پایین‌ترین محل با ارتفاع کامل ۱۵۱۲ متر از سطح دریا به گلوگاه حوضه مربوط می‌شود که در بخش غربی حوضه قرار گرفته است. وجود داشتن کوه‌ها و تپه‌ها در بخش‌های گسترده‌ای از اراضی حوضه آبریز کیوی چای سبب افزایش شیب و میزان پستی و بلندی اراضی شده است (مددی و همکاران، ۱۳۹۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

## روش پژوهش

جهت انجام تحلیل سینوپتیکی و همدید بارش سنگین شهرستان خلخال و تعیین الگوهای گردشی آن از داده‌های آماری ۲ ایستگاه سینوپتیکی استان استفاده شده است. در این پژوهش هدف از مطالعه همدید، یافتن رابطه بین پدیده‌های محیطی و الگوهای گردشی جو است. بر اساس این پژوهش از دو پایگاه استفاده شده است. پایگاه اول مربوط به داده‌های آماری بارش روزانه ایستگاه سینوپتیک شهرستان خلخال دوره آماری ۱۹۸۷ تا ۲۰۲۱ از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک استان اردبیل اخذ گردیده و به برنامه اکسل آورده شد و در آنجا داده‌ها ابتدا فیلتر و سپس سورت گردید و سنگین‌ترین روزهای بارش مورد بررسی قرار گرفت. همچنین داده‌های دبی روزانه شهرستان خلخال حوضه آبریز رودخانه کیوی چای فیروزآباد از اداره منابع آب استان اردبیل گرفته شد و دوباره در برنامه اکسل فیلتر و سورت گردید و بالاترین دبی روزانه مورد بررسی قرار گرفت.

می‌توان گفت که هر بارشی نمی‌تواند بارش سنگین باشد. (علیجانی ۱۳۷۱)، معیار نام‌گذاری بارش سنگین را بارش بیش از ۳۰ میلی‌متر در شبانه‌روز باشند، استخراج گردید. از آنجایی که شرایط جوی قبل از شروع بارش‌های سنگین و به تبع آن ایجاد بارش‌های سنگین، تنها با بررسی الگوهای گردشی جو امکان‌پذیر بوده و این الگوها بر روی نقشه‌های هوا قابل رؤیت هستند، لذا نقشه‌های روزهای بارش سنگین از سایت نو آ اخذ گردیده و در مقیاس منطقه‌ای مورد بررسی

قرار گرفت. نقشه‌های هوای تراز ۵۰۰ میلی بار سطح دریا و نقشه‌های هوای ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح ۵۰۰ میلی بار و نقشه‌های امگا و آب قابل بارش، در اوج بارش مورد مطالعه قرار گرفته است. بررسی‌های آماری بارندگی‌های سنگین ایستگاه سینوپتیک استان اردبیل نشان داد که با مدنظر قرار دادن بارش مساوی یا بیش از ۳۰ میلی‌متر در شبانه‌روز، در دوره‌های آماری مورد مطالعه، تعداد ۱۰ بارش سنگین در شهرستان خلخال به وقوع پیوسته است. در جدول (۱) نام ایستگاه و موقعیت جغرافیایی آن آمده و در جدول شماره (۲) تاریخ وقوع (میلادی و شمسی) بارندگی‌های سنگین و میزان آن‌ها (میلی‌متر) در ایستگاه سینوپتیک ایستگاه استان اردبیل به ترتیب تاریخ وقوع آمده است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

| نام ایستگاه | نام رودخانه   | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | ارتفاع از سطح دریا |
|-------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|
| فیروزآباد   | فیروزآباد چای | ۴۸°۲۲         | ۳۷°۶۹         | ۱۱۵۰               |
| خلخال       | سینوپتیک      | ۴۸° ۵۴        | ۳۷°۶۱         | ۱۷۹۷/۴             |

جدول ۲- تاریخ وقوع بارش‌های سنگین و میزان آن به (mm)

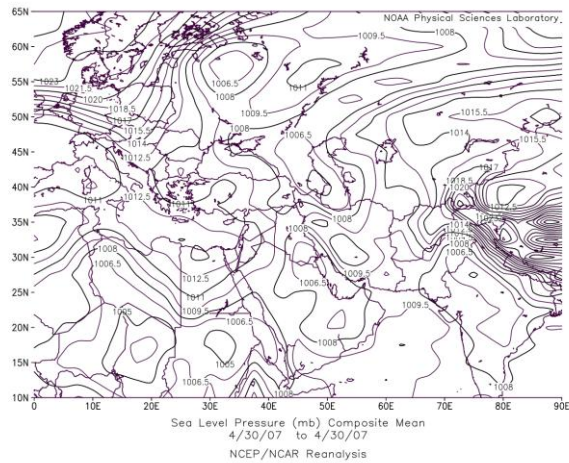
| ردیف | نام ایستگاه | روز بارش (میلادی) | روز بارش (شمسی) | میزان بارش (mm) |
|------|-------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| ۱    | خلخال       | ۲۰۰۷/۵/۲۸         | ۱۳۸۶/۱/۲۰       | ۲۳/۱            |
| ۲    | خلخال       | ۲۰۰۷/۴۰/۳۰        | ۱۳۸۶/۲/۱۰       | ۲۵              |

جدول ۳- تاریخ بالاترین دبی (m/s)

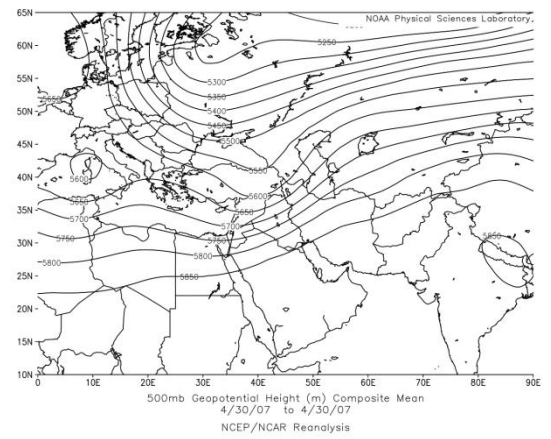
| ردیف | نام ایستگاه | روز بارش (میلادی) | روز بارش (شمسی) | میزان دبی (m/s) |
|------|-------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| ۱    | فیروزآباد   | ۲۰۰۷/۵/۲۸         | ۱۳۸۶/۱/۲۰       | ۲۷/۷            |
| ۲    | فیروزآباد   | ۲۰۰۷/۴۰/۳۰        | ۱۳۸۶/۲/۱۰       | ۲۵/۸            |

# ۱- تحلیل همدید سیل مورخه ۲۰۰۷/۴/۳۰ میلادی (۱۳۸۶/۲/۱۰ هجری شمسی)

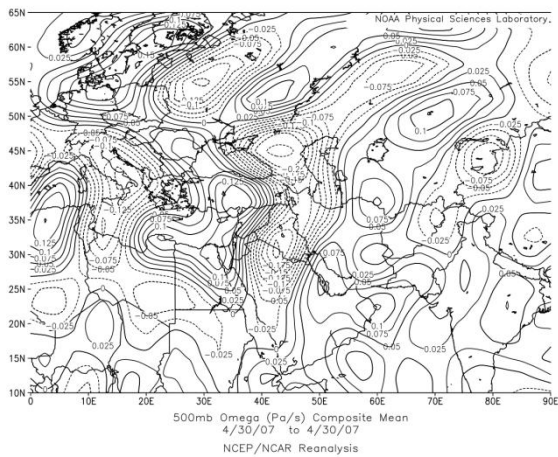
در این روز مقدار بارش در ایستگاه سینوپتیکی خلخال ۲۵ میلی‌متر به ثبت رسیده است نقشه‌ی SLP در روز ۳۰ آوریل ۲۰۰۷ نشان می‌دهد که یک کم فشار بر روی آذربایجان و دریای خزر شکل گرفته است که حرکت این کم فشار به صورت درون پیچی و خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت است که منحنی ۱۰۰۶/۵ از منطقه‌ی مورد مطالعه عبور کرده است که رطوبت را از دریای خزر به منطقه آورده است و ناپایداری هوا و ایجاد بارندگی را در منطقه فراهم کرده است. در نقشه ارتفاع زئو پتانسیل تراز ۵۰۰ میلی بار در روز ۳۰ آوریل ۲۰۰۷ یک فرود مورب از شمال دریای سیاه تا جنوب کشور مصر امتداد یافته است. منحنی ۵۶۵۰ از منطقه‌ی مورد مطالعه رد شده است. کشور ایران در جلوی فرود قرار گرفته است که چرخندگی مثبت هوا در منطقه PVA را شامل می‌شود و صعود هوا را به همراه دارد که این چرخندگی باعث ایجاد بارندگی و ابرناکی و ناپایداری و جو بارو کلینیک می‌شود. در روز ۳۰ آوریل ۲۰۰۷ در منطقه مورد مطالعه مقدار امگا ۰/۱۵- پاسکال در ثانیه است که نشان از ناپایداری و صعود هوا و اینکه در هر ثانیه ۰/۱۵ از فشار هوا کاسته می‌شود باعث بارندگی می‌شود. آب قابل بارش در شهرستان خلخال ۱۵ کیلوگرم در هر مترمربع است.



شکل ۳- نقشه فشار سطح زمین ((mb مورخه ۲۰۰۷/۴/۳۰



شکل ۲- نقشه فشار سطح بالا ((m مورخه ۲۰۰۷/۴/۳۰



شکل ۵- نقشه امگا (Pa/s) مورخه ۲۰۰۷/۴/۳۰

## ۲- تحلیل همدیدی سیل مورخه ۲۰۰۷/۵/۲۸ میلادی (۱۳۸۶/۱/۲۰ هجری شمسی)

در روز ۲۰۰۷/۵/۲۸ مقدار بارش در ایستگاه سینوپتیک خلخال ۲۳/۱ میلی متر ثبت شده است. در این روز نقشه سطح زمین نشان می دهد که یک پرفشار قوی بر روی شمال دریاچه آرال و کشور روسیه حاکم است. حرکت هوا در این پرفشار به صورت برون پیچی وساعتگرد است. با مرکزیت ۱۰۲۱/۵ میلی بار و با گذر از فراز دریای خزر که با حرکت نزولی خود هوای سرد و مرطوب روسیه را به منطقه مورد مطالعه وارد کرده است. نقشه سطح بالا گویای این است که یک فرود بر روی کشور ترکیه که امتداد آن تا شمال کشور عربستان است شکل گرفته و منحنی ۵۸۷۵ متر از منطقه مورد مطالعه رد شده است. همچنین کشور ایران و منطقه مورد مطالعه در جلوی فرود قرار گرفته که در این ناحیه چرخندگی هوا مثبت بوده و واگرایی بالایی را منجر شده که این شرایط سبب صعود هوا، ایجاد ناپایداری جو بارو کلینیک، رشد ابر و رخداد بارندگی شده است. در این روز در منطقه مورد مطالعه مقدار امگا ۰/۰۲۵- پاسکال در ثانیه است که نشان از ناپایداری هوا دارد و بیانگر این است که در تراز ۵۰۰ میلی بار، در هر ثانیه ۰/۰۲۵ پاسکال از فشار هوا کاسته می شود. این شرایط سبب سبکی هوا و صعود آن و در نهایت ایجاد بارش شده است؛ و آب قابل بارش در منطقه مورد مطالعه ۲۰ کیلوگرم در مترمربع است که توانایی بارش در آن روز را نشان می دهد.

### ۳- تحلیل همدید سیل مورخه ۲۰۲۰/۴/۲۴ میلادی (۱۳۹۹/۲/۵ هجری شمسی)

در روز ۲۰۲۰/۴/۲۴ میلادی مقدار بارش دریافتی در ایستگاه خلخال ۲۹/۸ میلی متر رسیده است. در شکل (۷) نقشه سطح زمین نشان می‌دهد که یک پرفشار بر روی غرب دریاچه آرال و جنوب روسیه و مرکز دریای خزر شکل گرفته است که مرکز این پرفشار ۱۰۲۲/۵ میلی بار است. زبانه‌های این پرفشار تا غرب دریای سیاه امتداد یافته و منحنی رد شده از منطقه مورد مطالعه ۱۰۱۵ میلی بار است. حرکت هوا در این پرفشار به صورت برون پیچی وساعتگرد می‌باشد که نزول هوای سرد عرض‌های بالا را به همراه رطوبت از سمت دریای خزر به منطقه مورد مطالعه را فراهم کرده است. در نقشه سطح بالا یک فرود مورب بر روی کشور روسیه تا کشور مصر امتداد یافته است. کشور ایران و منطقه مورد مطالعه در جلوی این فرود قرار گرفته است. با توجه به اینکه در جلوی فرود شاهد گسترش چرخندگی مثبت هوا هستیم لذا شاهد صعود هوا و جریان بادهای غربی در تراز ۵۰۰ میلی بار از روی دریای مدیترانه که پس از عبور از روی کشورهای سوریه و عراق با جهت جنوب غربی رطوبت و ناپایداری را در منطقه مورد مطالعه فراهم کرده است. در روز ۲۴ آوریل ۲۰۲۰ در منطقه مورد مطالعه مقدار امگا ۰/۱- پاسکال در ثانیه است که نشان از ناپایداری هوا دارد و گویای این است که در تراز ۵۰۰ میلی بار، در هر ثانیه از فشار هوا کاسته می‌شود که این شرایط سبب سبکی هوا و صعود آن و در نهایت ایجاد بارش شده است. در این روز مقدار آب قابل بارش در منطقه مورد مطالعه ۱۷/۵ کیلوگرم در مترمربع از ستون هوا است.

## نتیجه گیری

شهرستان خلخال ۱۰ بارش سنگین طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۲۱ را تجربه کرده است که از این تعداد بارش‌ها، ۳ بارش سنگین اختصاص به بارش‌های بهار دارد. بررسی‌هایی که انجام شد نشان‌دهنده‌ی آن بود که بارش سنگین در منطقه مورد مطالعه سیستم‌های گردشی اتمسفر در سطح زمین و در سطوح بالای جو باهم در ارتباط هستند. سامانه‌های موجود در سطح زمین باعث فراهم شدن شرایط لازم برای بارندگی‌های سنگین شهرستان خلخال هستند. سیستم‌های کم‌فشار، پرفشار و زبانه‌های آن‌ها می‌توانند سبب به وجود آمدن جریان‌های مرطوب در بیشتر جهت‌ها در منطقه را ایجاد کنند. در به وجود آمدن بارندگی‌های سنگین شهرستان خلخال تنها الگوهای سطح زمین تأثیرگذار نیستند بلکه الگوهای گردش اتمسفر سطوح بالای جو هم در ایجاد بارندگی‌ها مؤثر هستند. بیشترین درصدی که بارش‌های سنگین به خود اختصاص داده‌اند بارش‌های فصل بهار بوده‌اند و بارش‌های بهار زمانی رخ داده‌اند که شهرستان خلخال در جلوی فرود قرار گرفته‌اند. بنا براین زمانی که منطقه مذکور در جلوی فرود و واگرایی بالایی قرار می‌گیرند سبب انتقال هوای مرطوب سطح زمین به لایه‌های بالایی جو و تراکم آن و در پایان باعث به وجود آمدن بارندگی می‌شود. البته بارش زمانی اتفاق می‌افتد که در لایه‌های سطح زمین آب قابل بارش وجود داشته باشد یا این‌که به منطقه مورد مطالعه از طریق جریان‌های سطح بالا تزریق شود در غیر این صورت، اگر منطقه در جلوی فرود قرار بگیرد ولی رطوبت وجود نداشته باشد فقط ناپایداری در منطقه حاکم می‌شود و نهایتاً ابرهای پراکنده تشکیل می‌شود. علاوه بر این‌که رطوبت لازم بارندگی‌های شهرستان خلخال را فراهم می‌کند ورود منبع تغذیه‌ای از طریق دریای مدیترانه، دریای سیاه، دریای خزر، دریاچه بایکال بارش را در منطق تأمین می‌کند که از میان آن‌ها دریای مدیترانه و دریای خزر و دریای سیاه مهم‌ترین منبع تغذیه‌ای بارش‌های سنگین بهار شهرستان مذکور نیز می‌باشد. در این فصل در اردیبهشت‌ماه بارش ۳۷ میلی‌متر به ثبت رسیده است که استقرار کم‌فشار در سطح زمین و ایجاد هوای ناپایدار عامل بارش سنگین در منطقه بوده است. همچنین فرود عمیق در سطوح بالای جو و ایجاد چرخندگی مثبت باعث صعود هوا و ایجاد ناپایداری در جلوی منطقه فرود بارش را فراهم آورده است. آب قابل بارش شهرستان خلخال در فصل بهار بین ۱۵ تا ۲۰ کیلوگرم در هر مترمربع از ستون هوا بوده است. همچنین امگای تراز ۵۰۰ میلی بار جو در بارش‌های بهار شهرستان خلخال بین ۰/۲۵- تا ۰/۱- پاسکال در ثانیه می‌باشد.

- انصاری، س. ۱۳۸۲. بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل زا در حوضه‌ی آبریز منطقه کهگیلویه و بویر احمد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت‌معلم تهران.
- حمیدیان پور، محسن، علیجانی، بهلول، صادقی، علیرضا (۱۳۸۹)، شناسایی الگوهای همدیدی بارش‌های شدید شمال شرق ایران، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱: ۱-۱۶.
- ذکی زاده او ماسالان علیا، میر بهروز؛ محمد سلیقه، محمدحسین ناصر زاده و مهدی اکبری. ۱۳۹۷. تحلیل آماری سینوپتیکی مؤثرترین الگوی رود باد ایجادکننده بارش‌های سنگین. مخاطرات محیط طبیعی، ۷ (۱۵): ۳۱-۴۸.
- ذوالفقاری، فاطمه، استاد راهنما: استاد مشاور: صلاحی، برومند، زینالی، بتول، ۱۳۹۳. تحلیلی بر الگوهای گردشی مسبب بارش‌های سنگین استان همدان. کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، گرایش اقلیم‌شناسی سینوپتیک دانشگاه محقق اردبیلی.
- رئوفی، م. ۱۳۷۶. بررسی سینوپتیکی سیل در استان قم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
- رضایی، پ (۱۳۸۶)، تحلیل همدیدی رخداد سیلاب در حوضه‌ی ماسوله، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره ۱۵۵-۱۲۶.
- علیجانی، بهلول و زاهدی، مجید. (۱۳۸۱): تحلیل آماری و سینوپتیکی بارندگی آذربایجان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۶-۶۵. ص ۲۱۷-۲۰۲.
- فروتن، م، صلاحی، ب، سبجانی، ب، ۱۳۹۹؛ تحلیل سنوپتیک الگوهای مولد سیلاب‌های بهاره حوضه‌ی آبخیز بلیخلو چای اردبیل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیای طبیعی (آب‌وهوا شناسی) گرایش سینوپتیک شهریور ۱۳۹۹.
- فروتن، مهدی. صلاحی، برومند. (۱۴۰۲). واکاوی ارتباط بارش‌های سنگین با بادهای حدی در استان اردبیل، جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۵، شماره ۴، ص ۱۴۶-۱۲۸.
- لشکری، حسن. ۱۳۷۵. الگوی سینوپتیکی بارش‌های شدید جنوب غرب ایران، رساله دکتری به اقلیم‌شناسی. دانشگاه تربیت مدرس.

مهر آفرین، ۱۳۸۸. تحلیل هم‌مدیدی بارش‌های سنگین استان هرمزگان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی، مزیدی، (استاد راهنما) دانشکده علوم انسانی دانشگاه یزد.

Akinremi, O. O. and et al. 2001. Seasonal and spatial patterns of rainfall trends on the Canadian prairies, Notes and Correspondence, 2177.

Robert, P. Harnack Donald, T. Jansen, Goseph, R. Cermak, "Investigation of upper-air Conditions Occurring with Heavy Summer Rain in Utah", International Journal of Climatology, No. 18, PP.701-723, 1998.

Romero et al. 1999 a R. Romero, C. Ramis, J.A. Guijarro Daily rainfall patterns in the spanish Mediterranean area: an objective classification Int. J. Climatol, 19 (1999), pp. 95.112.

chen. chen, C. Y. lang lin N. Ning HSu (2011), Orographic effects on localized heavy rain fall events over southwestern Taiwan on 27 and 28 june 2008 during the post-Mei-Yu Period. Atmospheric Research, No. 101, PP.;595-610.

Fujibi, F. Yamazaki, N. 2006. Long-term Chang of Heavy Precipitation and dry Weather in Japan (2004-1907). Journal of Meteorological of Japan. Vol-8. No 6. PP-1033-1046.

Wang, Z. Wu, J. Cheng, L. Liu, K. Wei, Y. M, 2018. Regional flood risk assessment via coupled fuzzy c-means clustering methods: an empirical analysis from Chinas Huaihe River Basin, Natural Hazards, 93(2):803-822.