

## ارزیابی شرایط همدیدی وقوع بارش‌های منجر به سیلاب در شهرستان خلخال، با رویکرد محیطی به گردشی در بازه زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵

\* وحید صفریان زنگیر<sup>۱</sup>، بتول زینالی<sup>۲</sup>، لیلا جعفرزاده علی‌آباد<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، اقلیم‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳. دانشجوی کارشناسی اقلیم‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۲۲

### Assessment of Synoptic Conditions of Occurrence of Flood-induced Rainfall in Khalkhal city with a Perimeter Environmental Approach During 1987- 2016

\*Vahid SafarianZengir<sup>1</sup>, Batoul Zenali<sup>2</sup>, Lila Jafarzadeh Aliabadi<sup>3</sup>

1. Ph.D. Student of Climatology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2. Associate Professor, Dept. of physical geography, Climatology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

3. M.A Student of Climatology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Received: 26/01/2018

Accepted: 12/06/2018

#### Abstract

The present study with aims of analyzing the synoptic conditions of rainfall occurring in the Khalkhal city in Ardabil province analyzed the precipitation data of 30 years from 1987 to 2016. Most of the precipitation occurred on 09/12/1991. Synoptic atmospheric maps of this date at a level of 500 Millibars were prepared by sea level elevation maps, geopotential heights, wind speed and direction, humidity, temperature, perceptible water on ground level and blocking (omega), using satellite images from NCEP/NCAR databases which Affiliating to the National Oceanographic Organization of the United States. The research method is a circular environmental approach. The results showed that in addition to the ground and climate conditions that have been effective in causing heavy rainfall during this history, the internal situation with the external pattern, such as the seas around and adjacent to Iran like the Black Sea and the Mediterranean has been affected. The monthly precipitation of Khalkhal station as a region that is more prevalent in the south of Ardebil province and southwest of the Caspian Sea in the three months of the spring season is more than February (1321/8 mm), March (1716.7 mm) and April (1448 mm). The most natural atmospheric hazards affected by heavy rainfall and flood damage in Khalkhal, inland, village, river and agricultural damages occurred during these months.

#### Keywords

Synoptic, Precipitation, Flood, Peripheral environmental approach, Khalkhal County.

#### چکیده

پژوهش حاضر باهدف تحلیل شرایط سینوپتیکی وقوع بارش‌های منجر به سیلاب شهرستان خلخال در استان اردبیل، داده‌های آماری بارش ۳۰ ساله مربوط به ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵ را مورد بررسی قرار می‌دهد. بیش‌ترین بارش در تاریخ ۱۳۷۰/۰۹/۱۸ رخ داده است. نقشه‌های جوی سینوپتیکی این بازه زمانی در تراز ۵۰۰ میلی‌بار شامل نقشه فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، سرعت و جهت باد، رطوبت، دما، آب قابل بارش در سطح زمین و بلوکینگ (امگا)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از پایگاه داده‌های NCEP/NCA وابسته به سازمان ملی اقیانوس‌شناسی ایالات متحده، تهیه شده است. روش تحقیق رویکرد محیطی به گردشی انجام شده است. نتایج نشان داد که علاوه بر شرایط جوی و زمینی مؤثر در ایجاد بارش سنگین در تاریخ مذکور، وضعیت داخلی همراه با الگوی خارجی مثل دریاهای اطراف و مجاور ایران مثل دریای سیاه و مدیترانه تأثیر داشته است. مقدار بارش ماهیانه ایستگاه خلخال به‌عنوان منطقه‌ای که در جنوب استان اردبیل و جنوب غربی دریای خزر، در سه ماه فصل بهار دارای بارش بیش‌تر می‌باشد. در ماه‌های اسفند (۱۳۲۱/۸)، فروردین (۱۷۱۶/۷) و اردیبهشت (۱۴۴۸/۵) میلی‌متر بود. بیش‌ترین مخاطرات طبیعی جوی متأثر از بارش‌های سنگین و سیلاب در خلخال خسارات داخل شهری، روستای، حاشیه رودخانه‌ها و کشاورزی، در ماه‌های مذکور صورت گرفته است.

#### واژگان کلیدی

همدیدی، بارش، سیلاب، رویکرد محیطی به گردشی، شهرستان خلخال.

E- mail: safarian.vahid@gmail.com

\* نویسنده مسئول: وحید صفریان زنگیر

\* Corresponding Author: Vahid SafarianZengir

## مقدمه

بارش‌هایی با شدت ملایم یا متوسط که در مدت‌زمان طولانی در یک منطقه ریزش می‌کنند، می‌توانند سبب تقویت مخازن آب زیرزمینی، آبیاری محصولات کشاورزی، تقویت پوشش گیاهی و دیگر اثرات مثبت در منطقه شوند اما بارش‌های شدیدی که در مدت‌زمانی کوتاه در یک منطقه رخ می‌دهد می‌تواند خبر وقوع سیلاب و ایجاد خسارت در آن منطقه را افزایش دهند (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۶:۲۳).

از تحقیقاتی که در این زمینه در ایران و سایر کشورهای جهان انجام گرفته است، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: فرجی و صادقی (۱۳۹۵)، به بررسی تحلیل آماری تغییرات زمانی و مکانی ماهانه بارش سنگین ایران پرداختند. بر اساس نتایج پژوهش، نتایج این تحلیل به همراه معنی‌داری آن در نرم‌افزار Surfer به صورت توزیع مکانی ترسیم و ارائه شده که بارش‌های سنگین کشور در سطح اطمینان ۹۵ درصد در طی ماه‌های دوره سرد از تغییرات قابل توجهی برخوردار است؛ به طوری که در تمامی ماه‌های سال به غیر از ماه‌های فصل تابستان در ارتفاعات زاگرس روند افزایشی معنی‌داری مشاهده شده است و همچنین، مشخص شده است که در تمامی فصول به غیر از فصل‌های زمستان کرانه‌های ساحلی خزر روند کاهشی را تجربه کرده است. قویدل و حاتمی (۱۳۹۵)، به بررسی تحلیلی از اوضاع جوی بارش سنگین منجر به مخاطره سیل ۸ اسفند ۱۳۸۸ ایوان غرب پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که نقشه‌های جریان رطوبتی ترازهای زیر ۵۰۰ هکتوپاسکال، ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال را انتقال داده است و رطوبت از مبادی دریای خزر، دریای مدیترانه و دریای سرخ انجام گرفته شده است. همچنین، در غرب ایران بر روی منطقه مورد مطالعه رطوبت مبادی یادشده به حالت همگرایی رسیده؛ به طوری که بخش اصلی رطوبت بارش سنگین را تأمین کرده است و در ترازهای ۷۰۰، ۶۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال تنها منبع رطوبت بارش سنگین دریای مدیترانه بوده است.

صفرراد و منصوری نیا (۱۳۹۶)، نیز به مطالعه تحلیل سینوپتیکی الگوهای منجر به بارش‌های سنگین غرب کشور در طی دوره آماری (۲۰۱۳-۱۹۸۵) پرداختند. نتایج پژوهش حاکی از آن است که در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ناه عمیق از شمال غرب و شرق دریای مدیترانه و کم‌فشار عربستان در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ناه عمیق شرق مدیترانه و پر ارتفاع عربستان و همچنین نزول هوای سرد از عرض‌های بالا باعث بارندگی در مناطق غربی ایران شده است و منبع رطوبتی این بارش‌ها در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال دریای سرخ و خلیج فارس در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نقش دریای مدیترانه سرخ خلیج فارس و تا حدودی

بارش‌های سنگین از جمله آثار و شواهد ناهنجارهای اقلیمی است که کره زمین را با بحران‌های مختلف از جمله سیلاب‌های شدید، خسارت در بخش‌های مختلف حمل‌ونقل و مرگ‌های انسانی مواجهه کرده است (خورشید دوست و همکاران، ۱۳۹۵:۵۴). یکی از بلایای طبیعی که باعث خسارت‌های بیش‌تری می‌شود، بارش‌های سنگین می‌باشد. شمال شرق ایران بعضی اوقات تحت تأثیر بارش‌های شدید قرار گرفته و در نهایت منجر به 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، ۱۳۸۹:۱). بارش، یکی از نامنظم‌ترین عناصر اقلیمی مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود بخصوص این‌که شرایط خاص وقوع آن و بالأخص بارش‌های سنگین که اغلب منجر به سیل می‌شود (گل‌کار و محمدی، ۱۳۹۲:۳۴). با استفاده از سیستم‌های پخش سیلاب، سیلاب‌های فصلی در اراضی مستعد گسترش یافته و در نتیجه اثرات مختلفی را روی آب زیرزمینی، پوشش گیاهی و خاک این مناطق بر جای می‌گذارد (جوادی و همکاران، ۱۳۹۳:۱۱۹). به طور کلی، از میان ۴۵ بلایای طبیعی شناخته شده سیل از جمله ویرانگرترین آن‌هاست که خسارت و تلفات جانی فراوان به بار می‌آورد (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳:۱). با توجه به مطالعات مذکوری که انجام شده است در زمینه موضوع ارزیابی و بررسی شرایط سینوپتیکی وقوع بارش‌های منجر به سیلاب در سال‌های مختلف، روش‌های متنوعی استفاده شده است. در این پژوهش به بررسی روند بارش‌های شدید بهاره شهرستان خلخال پرداخته شده است که در معرض بارش‌های سنگین قرار دارد و خسارات و مشکلاتی را در پی دارد که از جمله آن می‌توان به از بین رفتن مزارع کشاورزی و ویران شدن خانه‌ها در معرض سیل و سایر مخاطره‌های مربوطه اشاره کرد.

## مبانی نظری

بارش‌های سنگین غالباً از پدیده‌های خسارت‌بار محیط می‌باشد که در بیش‌تر مکان‌ها به‌ویژه در مناطق کم باران اتفاق می‌افتد. شناسایی شرایط و همدید به وجود آورنده این بارش‌ها می‌تواند در پیش‌بینی زمان وقوع جهت پیش‌آگاهی و آمادگی لازم کمک کند (رضایی بنفشه و همکاران، ۱۳۹۵:۱۰۸). ناپایداری‌های همدیدی شدید همراه با رطوبت فراوان نقش زیادی در رخداد سیلاب دارند و همچنین، خشک‌سالی‌های شدید و طولانی در کنار سیلاب‌های جبران‌ناپذیری وارد کرده است (آرامش و همکاران، ۱۳۹۶:۴۹).

مختلف فصلی انجام شده است؛ اگرچه در اکثر معیارهای عددی مهارت نشان می‌دهد عملکرد خوب است و از سوی دیگر این محصول در طول فصل بارانی عملکرد خوبی را به دست می‌دهد، اما باین حال فرکانس بارش باران بسیار زیاد است، به طوری که این محصول هم‌چنین بهترین عملکرد کلی را در مناطق مسطح و باز نشان می‌دهد. یاوو و هانگ (۲۰۱۶)، به بررسی تجزیه و تحلیل حوادث بارانی شدید در طول ما ژانویه و مارس ۲۰۱۰ در شرق چین پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که در اولین رویداد ISO حرکت صعودی بی‌نظیر به وسیله عمودی یکپارچه (۱۰۰۰ تا ۳۰۰ هکتوپاسکال) دما پیش می‌رفت و علاوه بر ناهنجاری‌های جنوبی در دوره زمانی (۶۰ - ۱۰ روز) بلندمدت بادهای ساحلی مقیاس سینوپتیک هوا گرم را از دریای چین جنوبی و غرب اقیانوس آرام به منطقه بارندگی کمک می‌کند؛ به طوری که در رویداد دوم ISO کنتراست غیرمستقیم به وسیله یک طبقه‌بندی متقاطع ناپایدار منجر شد که عمدتاً توسط رطوبت غیرطبیعی در تروپسفر پایین (۱۰۰۰ تا ۸۵۰ هکتوپاسکال) از خلیج بنگال و شبه‌جزیره هندوستان به وجود آمد و هر دو درون زاویه‌ای و بادهای سینوپتیک منجر به رطوبت غیرطبیعی شد، بنابراین وقوع بارش زمستان در فصل زمستان نسبت به آسیای شرقی می‌تواند نه تنها تحت تأثیر فعالیت‌های درون زلزله‌ای باشد، بلکه هم‌چنین اختلالات فرکانس بالاتر را نیز سبب شود.

موریاما و همکاران (۲۰۱۶)، مخازن آب باران هوشمند به عنوان یک شبکه باران‌سنج و کنترل برای سیل را بررسی نمودند. بر اساس نتایج مطالعه آن‌ها، یک سنسور در سه ماه اول سال ۲۰۱۶ نصب و SOM نصب شده برای پیش تخلیه آب باران قبل از بارش سنگین تشخیص بارش باران سنگین با استفاده از آن و امکان ارسال سفارش به SRT با پمپ است دقت تشخیص بارش باران سنگین مورد بررسی قرار گرفته است اما تنها برای ماه اوت ۲۰۱۴ باید تحقیقات بیش‌تری انجام شود. زهیری و همکاران (۲۰۱۶)، به بررسی مساحت بارش شدید باران در افریقای جنوبی پرداختند. بر اساس مطالعه آن‌ها، یک عرض جغرافیایی را می‌توان تأیید نمود که به طور متوسط بارندگی سالانه و تعداد حوادث شدید در Mesos را نشان داده و روش‌های شبیه‌سازی طبقه‌بندی تمایز واضح بین حوادث مقیاس محلی و سینوپتیک را که از سیستم‌های سازمانی در ساحل می‌باشد، مشخص کنند و هم‌چنین، انواع سیستم‌های کنترلی که باعث بارش شدید می‌شوند را برای هر دو منطقه با بارش سالانه به عنوان معیار اضافی مناسب برای شناسایی انواع رویدادهای بارش شدید مورد استفاده قرار دهد.

دریای عمان است که در این بین در هر دو تراز نقش خلیج فارس بیش‌تر است.

قاسمی فر و همکاران (۱۳۹۶)، به بررسی شناسایی الگوهای سینوپتیکی بارش‌های سیل‌خیز غرب ایران پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که در روزهای همراه با بارش حدی، امگای منفی (از سطح ۱۰۰۰ تا ۲۰۰ هکتوپاسکالی و با هسته بیشینه ۰/۳ پاسکال بر ثانیه) بر روی غرب ایران قرار داشته است و علاوه بر آن رطوبت بالای ۷۰ درصد قرارگیری در جلوی ترازهایی که از کم ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ و به‌ویژه ۵۰۰ هکتوپاسکالی بر منطقه نفوذ داشته است؛ هم‌چنین، رودبارهایی با سرعت بالای ۳۰ متر بر ثانیه در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال سرعت باد سطحی بالای ۱۰ متر بر ثانیه و هسته تاوایی مثبت همگی شرایط موجود را به نفع تشکیل سیکلون قوی فراهم کرده‌اند و در نهایت پردازش تصاویر رادار هواشناسی این نتایج را تأیید نمودند.

جلیلیان و رمازی (۱۳۹۶)، به بررسی واکاوی هم‌مدیدی آماری بارش‌های سنگین و فوق سنگین سیل‌آسا در استان ایلام پرداخته‌اند و ایشان به این نتیجه دست یافتند که بارش‌های سنگین و فوق سنگین در ماه‌های نوامبر دسامبر فوریه و مارس احتمال رخداد بیشتری نسبت به دیگر ماه‌ها دارند و ایستگاه ایلام شدت بارش‌ها بیشتر از دیگر ایستگاه‌ها می‌باشد. هم‌چنین، شرایط هم‌مدیدی ایجادکننده این بارش‌ها شکل‌گیری ناوه عمیق در جنوب غرب ایران بر روی عربستان عراق و سوریه ورود سامانه با تغذیه رطوبتی بالا از سمت جنوب غربی ایران به نشأت از پهنه‌های آبی دریای سرخ دریای عرب و خلیج فارس بوده و با قرارگیری منطقه در این قسمت با بیش‌ترین میزان ناپایداری سیستم هم‌مدیدی عامل صعود و سرعت افزایش سرعت جریانات و به تبع آن روانه شدن سیل شده است. دنج و همکاران (۲۰۱۶)، به مطالعه توزیع بارش باران سنگین در دریای جاوا در فصل مرطوب پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که از ۲۲ زمان محلی تا LT۱۰، میانگین بارش بزرگ عمدتاً در دریای جاوه قرار دارد و سپس از LT۱۳ تا LT۱۹ متوسط بارش بارانی که عمدتاً داخل کشور قرار دارد. هم‌چنین، از LT۱۹ تا LT۲۲ میانگین بارندگی‌های بزرگ در سواحل جاوا این وضعیت با شکل‌گیری حداکثر و انحراف استاندارد آن در چرخه روزانه توافق دارد و بارش روزانه کنونی در منطقه داخلی بسیار بیشتر از منطقه دریایی است اما بارش باران سنگین اغلب بر روی دریا یافت می‌شود.

پاردس تریجو و همکاران (۲۰۱۶)، به مطالعه هم‌بستگی از پیش‌بینی بارش ماهواره‌ای بهبودیافته با استفاده از محصولات چاپی و باران‌سنجی در ونزوئلا پرداختند و نتایج مطالعات آن‌ها حاکی از آن است که تجزیه و تحلیل با توجه به مقادیر بارندگی

محمدی ۱۳۹۲، احمدی و علیجانی ۱۳۹۳، مسعودیان و کارساز ۱۳۹۳، لشکری و خزایی ۱۳۹۳، احمدی و جعفری ۱۳۹۴، دارند ۱۳۹۴، رضایی بنفشه و همکاران ۱۳۹۴، عطایی و همکاران ۱۳۹۴، دوستکامیان و یوسفزاده ۱۳۹۴، احمدیان و شبانکاری ۱۳۹۴، احمدی‌زاده و همکاران ۱۳۹۵).

### روش تحقیق

در این پژوهش از داده‌های بارش روزانه سطح منطقه که دارای آمار نزدیک به ۳۰ سال (۲۰۱۶-۱۹۸۷) در ایستگاه خلخال که در بخش جنوبی استان اردبیل قرار دارد، استفاده شده است. همچنین، پایگاه داده‌های مشخص‌کننده جریان جوی و فشار هوا استفاده گردیده است که از پایگاه داده‌های NCEP/NCAR وابسته به سازمان ملی اقیانوس‌شناسی ایالات متحده اخذ شده است. در این پایگاه داده‌ها، دوره زمانی ۱۹۸۰ تا زمان حاضر مورد استفاده قرار گرفته شده است و برای هرروز چهار دیده‌بانی در ساعات همدید (صفر، ۶، ۱۲، ۱۸) پوشش داده شده است (مصطفی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶). 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 تصاویر ماهواره‌ای، تهیه شدند. این نقشه‌ها 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 با روش رویکرد محیطی به گردشی (ابتدا در محیط زمینی پدیده یا مخاطره اقلیمی مانند خشک‌سالی، سیل، فرین دمای و فرین بارش... رخ می‌دهد سپس به کاوش دلیل و علت معلولی جوی آن پرداخته می‌شود) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

### بارش ایستگاه سینوپتیک خلخال در روزهای بیش از

**۳۰ میلی‌متر** - با توجه به جدول ۱، میزان بارش‌های سنگین فراگیر بیش از ۳۰ میلی‌متر ایستگاه خلخال به‌عنوان ایستگاهی در جنوب استان اردبیل قرار دارد در بازه زمانی ۳۰ ساله (۲۰۱۶-۱۹۸۷)، حدود ۱۰۹۵۰ روز مورد پایش قرار گرفت. بارش ۱۱ روز آن بیش از ۳۰ میلی‌متر بود. با توجه به تجزیه و تحلیل انجام شده در سال‌های مورد مطالعه یک روز با مقدار بارشی ۴۶ میلی‌متر در تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۰۹ بیش‌ترین روز بارشی از ۱۰۹۵۰ روز را به خود گرفته است که در جدول ۲، آمار سیلاب ارائه شده است و سپس بر اساس آن با روش رویکرد محیطی به گردشی به تحلیل آن پرداخته شد.

سیسوانتو و همکاران (۲۰۱۷)، یک رویداد بارش بسیار غیرمعمول مرتبط با سیلاب ۲۰۱۵ در جاکارتا را مطالعه نموده و بر اساس نتایج پژوهش خود چنین مطرح نمودند که رویداد ۲ روزه بیش از جاکارتا در فوریه ۲۰۱۵ بسیار غیرمعمول بوده و بالاترین پرونده تاریخی ۱۳۵ ساله با دوره بازگشت بیش از ۶۰ سال در آب‌وهوای فعلی موسمی شدید با باد شمالی غیرمنتظره منجر به این رویداد شده است و رویداد ۲۰۱۵ با توجه به روند صعود شدیدتر احتمالاً حدود ۲/۲ برابر افزایش یافته است.

لند و همکارانش (۲۰۱۷)، نیز به مطالعه تجزیه و تحلیل رشد اقلیمی با استفاده از پرونده‌های ایستگاه‌های طولانی مدت رفع شده روزانه با تمرکز بر تأثیر حوادث بارش شدید پرداخته‌اند و ایشان به این نتیجه دست یافتند که حساسیت‌های بی‌نظیر به بارش در طول سه تا چهار دهه گذشته به علت خسارات ناشی از کوه‌نوردی افزایش انتشار دی‌اکسید گوگرد در منطقه مورد مطالعه (جنوب آلمان) و نیز تغییرات دما در محدوده روزانه است؛ بنابراین، واکنش آب‌وهوایی برای ساخت‌وسازهای هیدرولژیکی ممکن است تا سال‌های ۱۹۷۰ توسعه یابد.

پاردپ و همکاران (۲۰۱۷)، به مطالعه تشخیص مشوق‌های انسان‌شناسی مشروط به بارش سنگین در سپتامبر ۲۰۱۳ پرداخته و به این نتیجه دست یافتند که شبیه‌سازی مدل‌های آب و هوایی منطقه‌ای نشان می‌دهد رانندگان انسانی شمال شرقی کلرادو را برای هفته مرطوب در سپتامبر ۲۰۱۳ و با ۳۰ درصد افزایش دادند و با احتمال حداقل وقوع یک هفته عامل ۱/۳ با مقایسه مقادیر کنترل و مقیاس بزرگ بارش ما متوجه شدند که این افزایش ناشی از رطوبت اضافی فضای گرم‌تر شدید بارندگی کنونی محلی می‌شود به طوری که منجر به بازخورد مثبت دینامیکی در مقیاس بزرگ‌تر شود. همچنین، حمل و نقل مرتبط با جریان رطوبت و همچنین بخشی از رطوبت اضافی با تغییر حجم در مقیاس بزرگ‌تر از رویکرد تحقیق، مانع ارزیابی تغییرات در فرکانس شرایط هواشناسی مشاهده شده می‌شود و در نتیجه تأثیر راننده‌های هوای انسان‌شناختی بر آمار بارش سنگین کلرادو را ارزیابی نمی‌کند و با این وجود ابزارهای تجزیه و تحلیل برای شناسایی جنبه‌های خاص رویدادهای شدید آب و هوایی، موضوعی که در شرایط هواشناسی در مقیاس وسیع دیده می‌شود نیز می‌توانند برای اثرات فیزیکی تغییرات آب و هوایی انسان‌شناسی در حوادث شدید آب و هوایی به‌خصوص با توجه به عدم قطعیت‌های بزرگ در ارزیابی تغییرات منفعانه انسان گردشی اتمسفری مشخص شوند. پژوهشگرانی دیگری در این زمینه یعنی ارزیابی و بررسی شرایط سینوپتیکی وقوع بارش‌های مطالعاتی را انجام داده‌اند از جمله: (یاراحمدی و مریانجی ۱۳۹۰، نوری و همکاران ۱۳۹۱،

**جدول ۱.** آمار روزانه بارش‌های سنگین فراگیر بیش از ۳۰ میلی‌متر خلخال طی دوره آماری (۲۰۱۶-۱۹۸۷)

ردیف	بارندگی mm	روز/ماه/سال
۱	۳۶	۱۹۸۷/۶/۸
۲	۳۱	۱۹۸۸/۲/۲
۳	۳۶	۱۹۸۸/۱۱/۱۱
۴	۴۶	۱۹۹۱/۱۲/۹
۵	۳۷.۶	۱۹۹۴/۱۱/۵
۶	۳۴	۱۹۹۶/۴/۱۳
۷	۳۴	۲۰۰۰/۳/۲۴
۸	۳۶	۲۰۰۰/۱۰/۲۷
۹	۳۷	۲۰۰۱/۱۲/۳۰
۱۰	۳۴	۲۰۰۵/۲/۲۱
۱۱	۳۱	۲۰۱۰/۴/۲۳

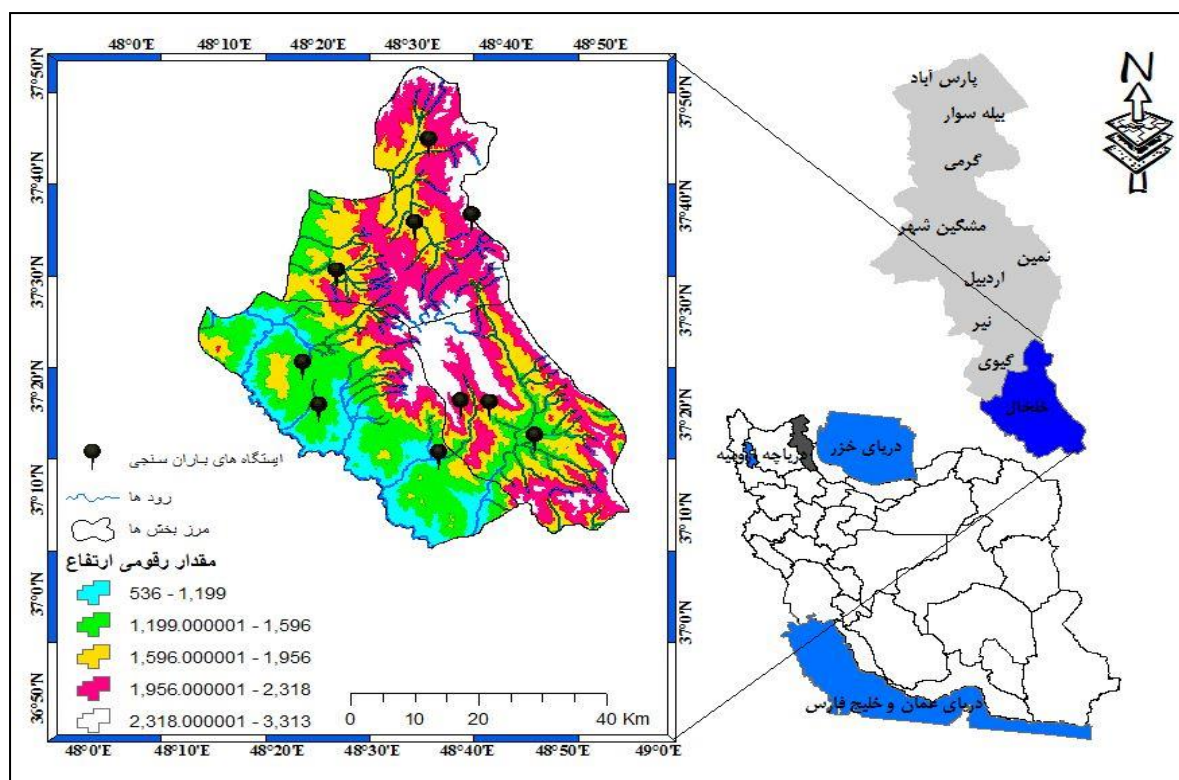
**جدول ۲.** آمار روزانه سیلاب طی دوره آماری (۲۰۱۰-۱۹۹۹)، امور منابع آب شهرستان خلخال

ردیف	تاریخ وقوع	محل وقوع	دبی (مترمکعب بر ثانیه)
۱	۱۹۹۹/۰۸/۱۸	شاهرود چای	۴۶
۲	۱۹۹۹/۰۸/۱۸	گیلوان چای	۲۵
۳	۱۹۹۹/۰۹/۲۶	گل‌گلاب چای، سوسه‌باب چایی، دمدول چای، کندر چای	گزارش نشده
۴	۲۰۰۰/۰۷/۰۷	شاهرود چای	۲۲
۵	۲۰۰۰/۰۷/۰۷	هرو چای	۱۰۲
۶	۲۰۰۲/۰۷/۲۶	میانرودان - لرد	۸/۸۴
۷	۲۰۰۲/۰۷/۲۴	رودخانه تانا	۳۶/۶
۸	۲۰۰۲/۰۷/۲۳	کلارچای	گزارش نشده
۹	۲۰۰۸/۰۸/۲۰	مسیل‌های گنزه دره - مله سر- آو دره مابین روستای اسبو و درو	گزارش نشده
۱۰	۲۰۰۸/۰۷/۲۳	مسیل منتهی به روستای خط پرست	۱۲
۱۱	۲۰۰۸/۰۷/۲۳	مسیل عبوری از داخل و سه‌راهی روستای مزرعه	۷۲/۵
۱۲	۲۰۰۸/۰۷/۲۲	مسیل‌های منتهی به هرو چای	۱۲/۷
۱۳	۲۰۰۹/۰۶/۲۵	نورعلی چای (اندبیل چای)	۱۴/۳
۱۴	۲۰۱۰/۰۵/۰۲	خلخال - آبگرم فیروزآباد چای	۱۸

**محدوده مورد مطالعه**

خلخال در جنوب شرقی استان اردبیل واقع شده است. این شهر با ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۷ درجه ۳۷ دقیقه عرض جغرافیایی گسترش یافته است و میانگین بلندی این شهر از سطح دریا ۱۷۹۷ متر می‌باشد. خلخال منطقه کوهستانی با آب‌وهوای معتدل و نسبتاً سرد است که کوهستان جنگلی و بلند تالش در شرق خلخال از شمال به جنوب در حکم سد میان دریای خزر و استان گیلان و اردبیل است (شکل ۱). به علت مرتفع بودن شهرستان خلخال و برخورد توده‌های باران‌زا با این ارتفاعات توده‌های هوا خاصیت سیکلونی پیدا می‌کند و موجب بارش سنگین در این ارتفاعات می‌گردد؛ لذا، رژیم بارندگی حاکم

بر منطقه طوری است که پرباران‌ترین فصل سال منطقه بهار می‌باشد و سایر فصول پر بارش به ترتیب پاییز و زمستان است (رنجبر، ۱۳۸۹). تغییرات کاربری اراضی، یکی از مهم‌ترین مداخله انسانی در چرخه هیدرولوژیک حوضه‌ها می‌باشد. هم‌چنین، عدم رعایت قابلیت توسعه زمین در انتخاب کاربری‌ها و حتی اجرای غیراصولی کاربرها از جمله جنگل‌زدایی و به تبع آن ازدیاد زمین‌های کشاورزی و افزایش توسعه شهری، باعث افزایش دبی اوج و فراوانی وقوع سیلاب می‌شود (خوش‌روش و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۱۸). در ایستگاه مورد مطالعه یعنی خلخال در جنوب استان اردبیل که یکی از مناطق مستعد بارش‌های سنگین و فوق سنگین می‌باشد، زمینه مستعد برای سیل‌خیزی وجود دارد.



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه در سطح کشور ایران و استان اردبیل

## یافته‌ها

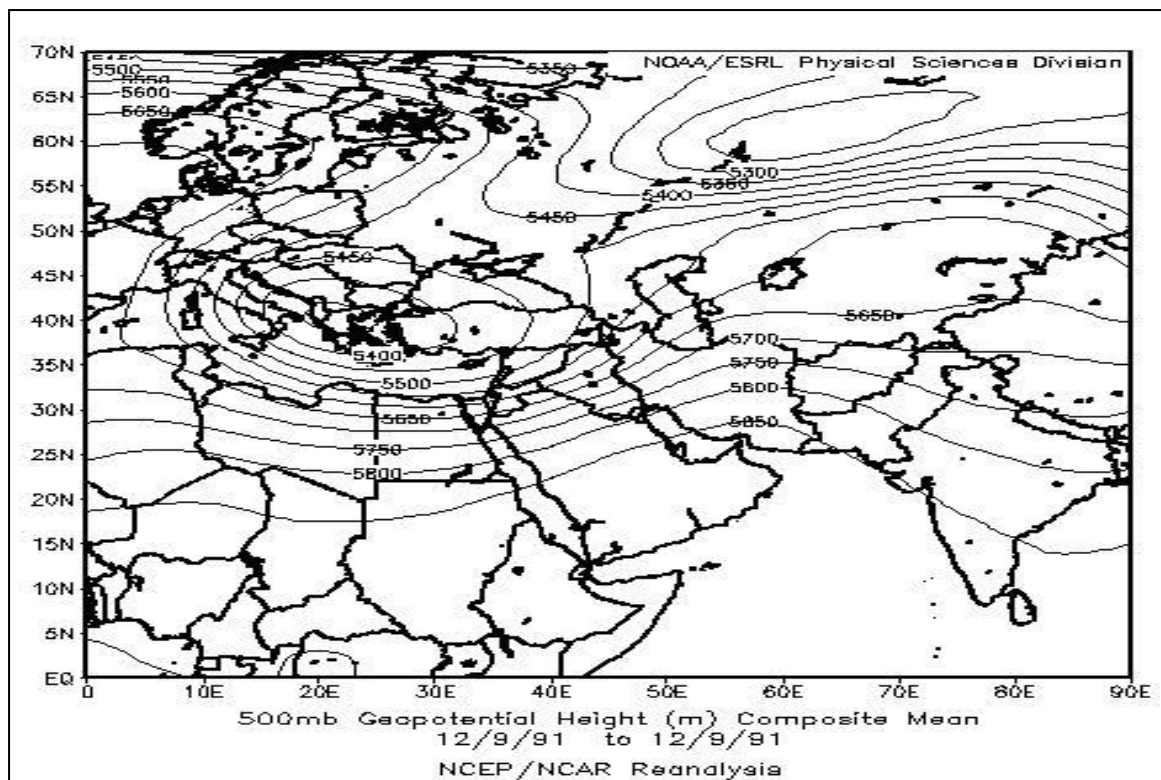
### نقشه‌های ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

باعث به بالا رفتن دما می‌شود و دارای شرایط رطوبتی کافی و قوی برای ایجاد یک بارش سنگین در تاریخ ۱۳۰۹/۱۲/۱۹۹۱ با مقدار ۴۶ میلی‌متری را به ارمغان می‌آورد. با توجه به این‌که ایستگاه خلخال زمان مورد ریزش بارش سنگین در جلوی سرد چال شمال دریای مدیترانه قرار دارد و یک منطقه چرخندگی مثبت یا (PVA)<sup>۲</sup> را تشکیل داده و وزش افقی و ناپایداری را در برگرفته است، با در نظر گرفتن این‌که در جلوی فرود (PVA)، هوا از عرض‌های پایین به‌طرف بالا و از لایه‌های پایین به‌طرف بالا جابه‌جا می‌شوند و عامل صعود دینامیکی را ایجاد کرده است؛ بنابراین، در زیر منحنی به دلیل عبور از دو منبع آبی یعنی دریای سیاه و مدیترانه مرطوب قرار گرفته است و باردار رطوبتی شده و منحنی ۵۶۰۰ این سرد چال از روی منطقه شهرستان خلخال عبور می‌کند پس برای منطقه نیز در زمان مورد مطالعه در تاریخ ۱۳۰۹/۱۲/۱۹۹۱ توده‌هوای مرطوب و بارش زا، امکان ایجاد بارش سنگین را به فراهم می‌آورد (شکل ۲).

با توجه به این‌که تراز ۵۰۰ میلی‌بار عوامل و شرایط جوی و زمینی را در برمی‌گیرد، در این پژوهش از این تراز برای تحلیل نقشه‌ها استفاده شده است. در نقشه ژئوپتانسیل در ایستگاه خلخال در زمان موردنظر دو سرد چال در عرض‌های شمالی منطقه مورد مطالعه؛ یکی درروی تقریباً شما کشور روسیه با منحنی ۵۳۰۰ Gh.M<sup>۱</sup> قرار دارد و مرکز دیگری تقریباً شمال دریای مدیترانه با مقدار مرکزی منحنی ۵۴۰۰ Gh.M می‌باشد، به‌طوری‌که این سرد چال‌ها با توجه به این‌که حرکت مداری دارند و سرد چالی که درروی کشور شمال روسیه ۵۳۰۰ Gh.M با مقدار مرکزی منحنی قرار دارد فرود آن در منطقه و بر ایستگاه مورد مطالعه تأثیر ندارد. شایان‌ذکر است که این سرد چالی که درروی شمال دریای مدیترانه قرار دارد، از دو منبع آبی که عبارت‌اند از دریای سیاه و مدیترانه عبور می‌کند و دارای رطوبت کافی برای ایجاد یک بارش سنگین را با خود به منطقه مورد مطالعه حمل می‌کند. نکته دیگر این است که در هنگام نزول توده‌هوا

<sup>۲</sup>. Positive Volubility Area (PVA)

<sup>۱</sup>. Geopotential Height (m)

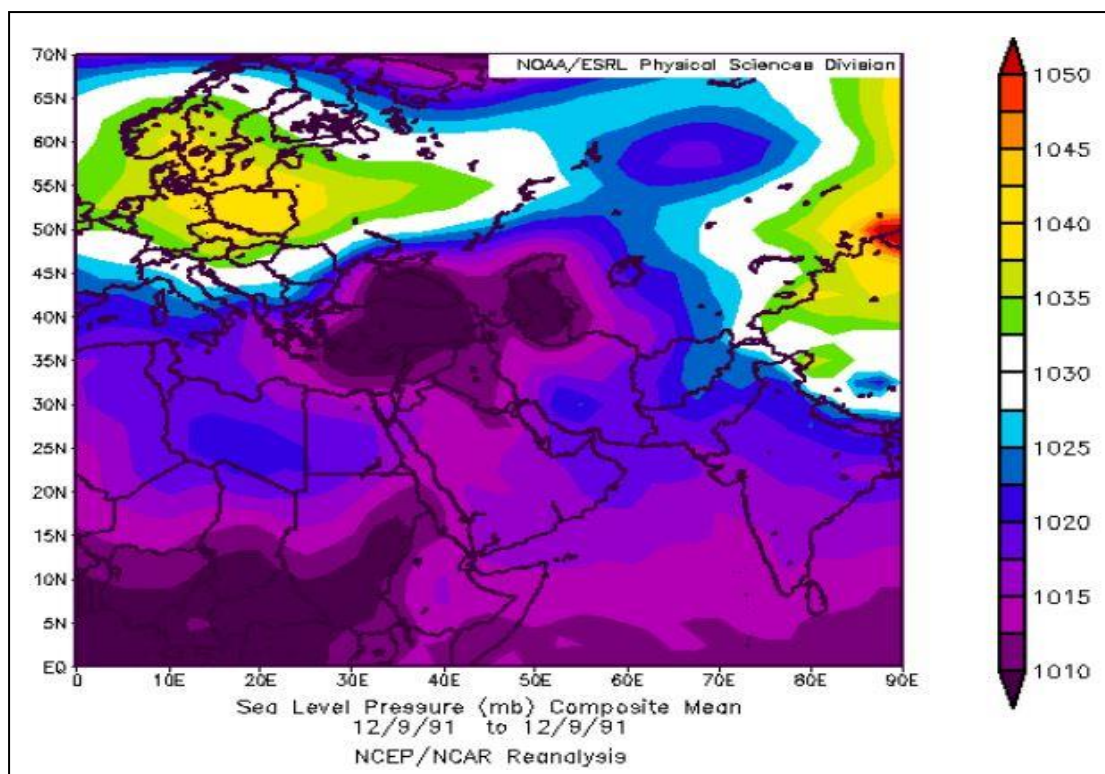


شکل ۲. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال (متر)

### نقشه فشار سطح زمین

تجزیه و تحلیل صورت گرفته بر نقشه فشار سطحی تاریخ ۱۹۹۱/۱۲/۰۹ برای ایستگاه خلخال در بخش‌های شمالی منطقه مورد مطالعه، دو منطقه کم‌فشار یکی در روی شمال ایران با مقدار مرکزی ۱۰۱۰ میلی‌بار در روی دریای خزر و دیگری روی غرب و شمال غرب ایران به مرکزیت کشور ترکیه با مقدار فشار مرکزی ۱۰۱۲/۵ هکتوپاسکال قرار دارند. با توجه به این که هیچ‌گاه دو کم‌فشار و یا پرفشار کنار هم قرار نمی‌گیرند مگر اینکه زبانه‌ای یا مرکز فشار مخالف دو فشار در بین آن‌ها قرار گرفته باشد، در این نقشه چنین تفسیر شده است که در بین دو مرکز کم‌فشار مذکور، یک مرکز پرفشار در روی کشور لهستان با مقدار مرکزی ۱۰۴۰ هکتوپاسکالی قرار دارد و زبانه‌ای این پرفشار با مقدار ۱۰۳۵ میلی‌بار بر روی استان اردبیل و منطقه مورد مطالعه قرار گرفته

است؛ و با توجه به این که پرفشار در نیم‌کره شمالی حرکت برون‌پیچ در جهت عقربه ساعت و سمت راست را دارا هستند، پس پرفشار موجود در عرض شمالی منطقه مورد مطالعه یعنی روی کشور لهستان با مقدار ۱۰۴۰ میلی‌بار و بخشی از آن در شمال کم‌فشاری است که روی کشور ترکیه قرار دارد. کم‌فشارهای قرار گرفته در اطراف منطقه مورد مطالعه هر دو در روی منابع آبی یا مجاور منابع آبی دریای خزر، دریای سیاه و مدیترانه قرار دارند و می‌توانند به وسیله این کم‌فشارها رطوبتی برای ایجاد بارشی سنگین در تاریخ و منطقه مطالعه مذکور فراهم آورد. از طرفی، چون در نیم‌کره حرکت سیکلون به صورت درون‌پیچ خلاف عقربه ساعت و به سمت چپ بوده است، می‌تواند به عنوان عاملی مؤثر در ایجاد بارش سنگین در ایستگاه خلخال نقش ایفا کند (شکل ۳).



شکل ۳. نقشه فشار سطح دریا

### نقشه سرعت باد در تراز ۵۰۰ میلی‌بار (متر بر ثانیه)

بررسی نقشه سرعت و جهت باد در تراز ۵۰۰ میلی‌بار، موجود برای ایستگاه خلخال در استان اردبیل در تاریخ مورد مطالعه نشان‌دهنده سه هسته سرعت یکی روی کشور قزاقستان با مقدار ۳۵ m/s، دومی در روی دریا و کشور نروژ با سرعت هسته ۳۳ و آخرین هسته سرعت باد با هسته بزرگ در روی چندین کشور (سوریه، ترکیه و حاشیه غربی ایران) و دریا (مدیترانه، سرخ و خزر) در قسمت غربی ایران می‌باشد. شکل ۴، نمودار سرعت باد (نات) در ایستگاه خلخال به صورت ماهانه را نشان می‌دهد که مقدار ضریب تعیین برابر با  $R^2 = 0.0023$  می‌باشد. مسیر واقعی باد در نقطه‌ای از سطح زمین در نیم‌کره شمالی، در خشکی حدود ۶۰ درجه و در دریا حدود ۷۵ درجه به اطراف راست جهت نیروی شیب تغییرات فشار است؛ به طوری که زاویه جهت باد با خطوط هم‌فشار، در خشکی‌ها بین حدود ۳۰ درجه و در دریاها به حدود ۱۵ درجه می‌رسد (کاویانی و علیجانی، ۱۳۹۳: ۱۵۹-۱۶۱). با توجه به این‌که بادها در نیم‌کره شمالی ساعت‌گرد می‌باشند، در منطقه مورد مطالعه نیز به صورت ساعت‌گرد بوده و زبانه‌ی این هسته سرعت باد با مقدار ۳۱ متر بر ثانیه بر روی منطقه مورد مطالعه رسیده است و چون در حوالی منطقه منحنی‌ها به هم فشرده شده باعث تقویت ناپایداری در ایستگاه خلخال شده است. همچنین، به دلیل این‌که از منبع آبی ۳ دریا بهره‌مند می‌شود، پس

رطوبت را برای سیستم موجود به ارمغان آورده و باعث بارش سنگین در ایستگاه خلخال در تاریخ ۱۹۹۱/۱۲/۰۹ شده است (شکل ۵).

### نقشه دما در تراز ۵۰۰ میلی‌بار (درجه کلونین)

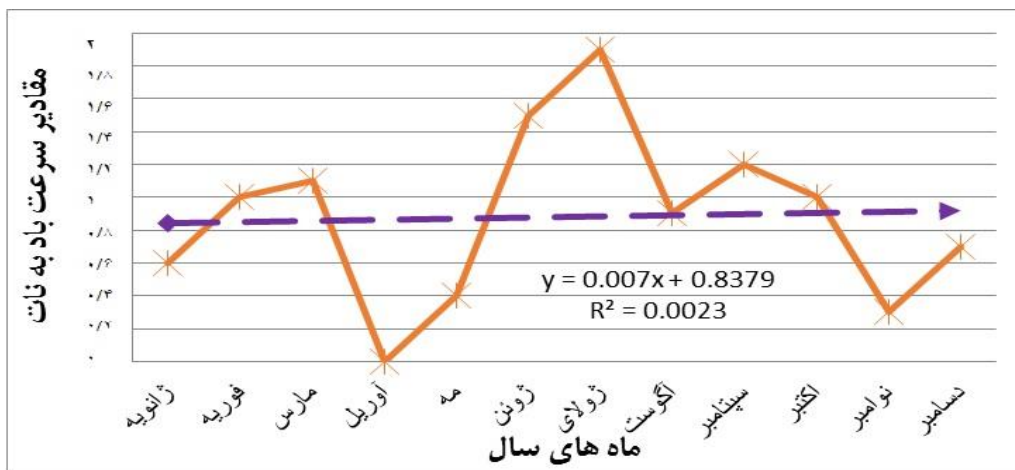
نقشه دمای موجود برای ایستگاه خلخال برای تاریخ ۱۹۹۱/۱۲/۰۹ در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی مقادیر دمای قابل مشاهده شده با معیار کلونین در منطقه مورد مطالعه خلخال چشم‌گیر بوده است که بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر آن به ترتیب ۲۶۵ و ۲۴۵ درجه کلونین است. در شکل ۶ دمای ماهانه ایستگاه خلخال در دوره آماری ۱۹۸۷-۲۰۱۴ آورده شده است و مقدار ضریب تعیین برابر با  $R^2 = 0.0961$  می‌باشد. همراهی جریان‌ات گرم و مرطوب که منجر به بالا رفتن دما سطح زمین شده و پایین بودن دمای سطح ۵۰۰ باعث به ایجاد این پدیده شده است، آگاهی و علم به این وضعیت می‌تواند به پیش‌بینی احتمال ایجاد رخداد این پدیده خسارت‌زا کمک می‌کند (درگاهیان و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۲۸).

همچنین، با توجه به این‌که ایجاد بارش در سطح زمین نیازمند دمای بالای صفر برای صعود و تشکیل ابر و قطرات باران می‌باشد؛ این شرایط در ایستگاه خلخال در زمان مورد مطالعه و شرایط را برای ناپایداری فراهم کرده است، اما در تراز زیاد برای

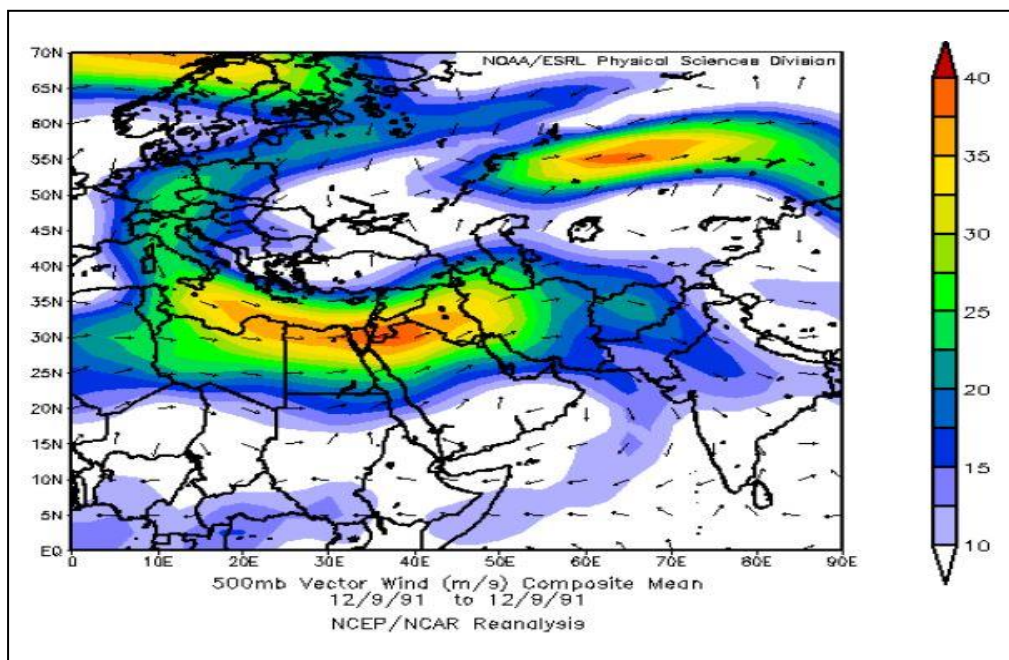


ایجاد بارش سنگین و فوق سنگین در زمان مورد مطالعه فراهم می‌باشد (شکل ۷).

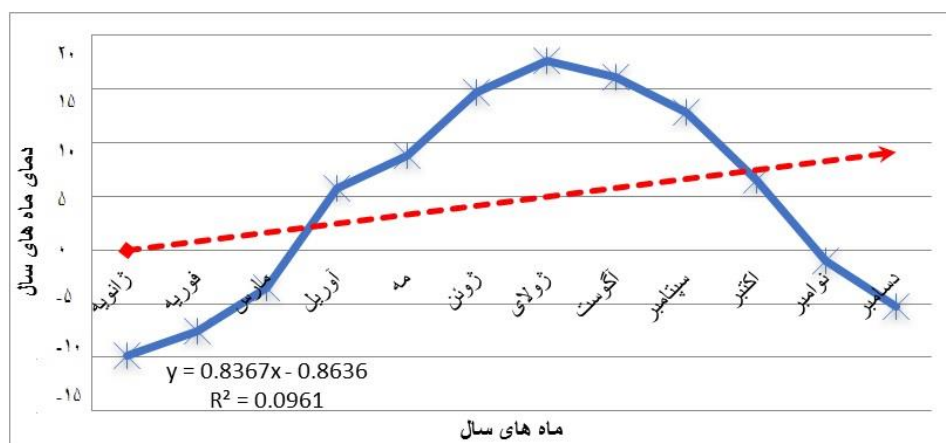
رسیدن هستک‌ها به نقطه شبنم، دمای زیر صفر لازم است که در مکان و زمان مورد مطالعه منحنی دمای ۲۵۵ درجه کلون را نشان می‌دهد. پس شرایط لازم و وجود هسته‌های کم‌فشار برای



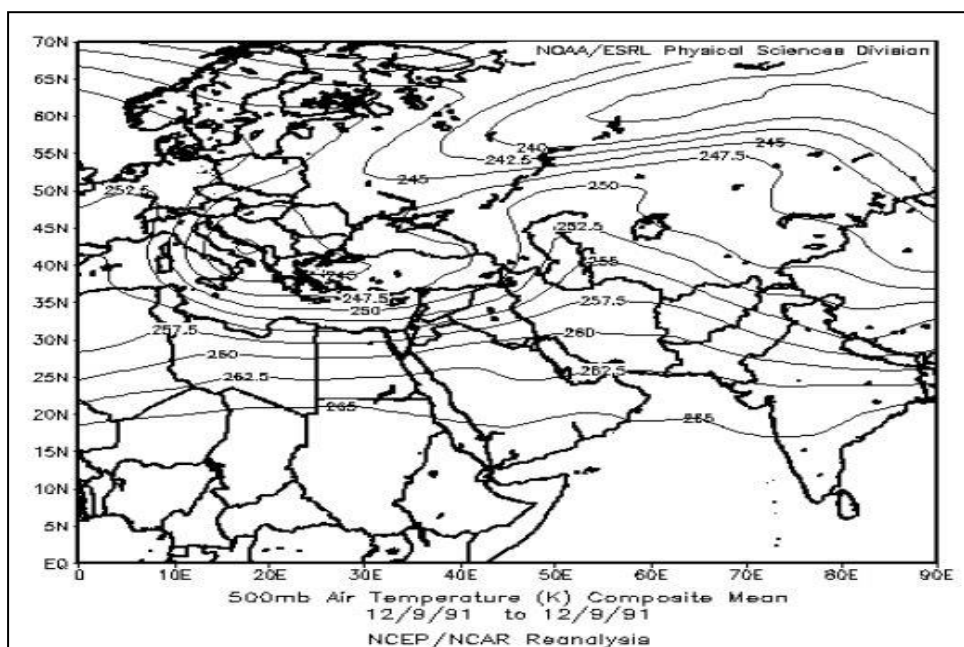
شکل ۴. نمودار سرعت باد ماهانه ایستگاه سینوپتیک خلخال در دوره آماری (۱۹۸۷-۲۰۱۴)



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



شکل ۶. نمودار دمای ماهانه ایستگاه سینوپتیک خلخال در دوره آماری (۱۹۸۷-۲۰۱۴)



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

روی قسمت‌های از شمال غرب و غرب ایران و بخش‌های از کشور ترکیه و عراق با مقدار  $-0/25$  می‌باشد. هسته امگای که در غرب و شمال غرب ایران قرار دارد بر منطقه مورد مطالعه تأثیرگذار است. هسته امگا و منحنی  $-0/05$  بر روی ایستگاه خلخال در استان اردبیل در تاریخ مورد مطالعه قرار دارد در آن زمان با توجه به نقشه  $(Gh.M^1)$  که جلوی فرود نشان داده‌شده، مستقر می‌باشد و دلالت بر آن دارد که در هر ثانیه  $-0/05$  پاسگال از فشار را کم می‌شود؛ نشان‌گر ایجاد ناپایداری در منطقه مورد مطالعه و ایجاد بارش سنگین می‌باشد (شکل ۸).

#### نقشه امگا در تراز ۵۰۰ میلی‌بار (پاسکال در ثانیه)

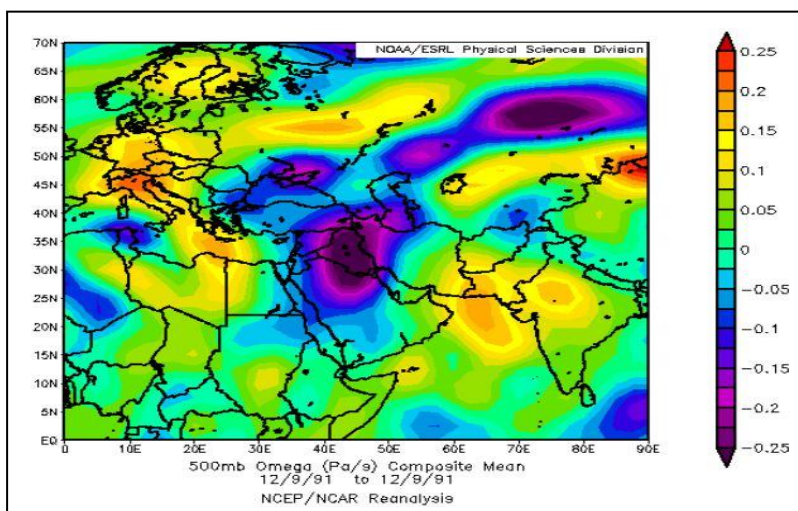
عامل امگا یک مؤلفه تبیین‌کننده میزان حرکت قائم هوا در اتمسفر می‌باشد. از آنجاکه فشار با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد بنابراین، در هر تراز مقادیر منفی سرعت قائم، نشان‌گر صعود هوا و مقادیر مثبت نشان‌دهنده پایین آمدن هوا است (درگاهیان و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۲۷). با بررسی و تحلیل نقشه موجود برای امگا در تراز ۵۰۰ میلی‌بار در تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۰۹، وجود چندین هسته امگا منفی در شمال و در شمال غرب و غرب ایران پراکنده بیان می‌شود ولی دو مورد از این هسته‌ها قوی هستند که یکی در روی شمال شرقی قزاقستان با مقدار  $-0/25$  و دیگری هم بر

<sup>1</sup> Geopotential Height (m)

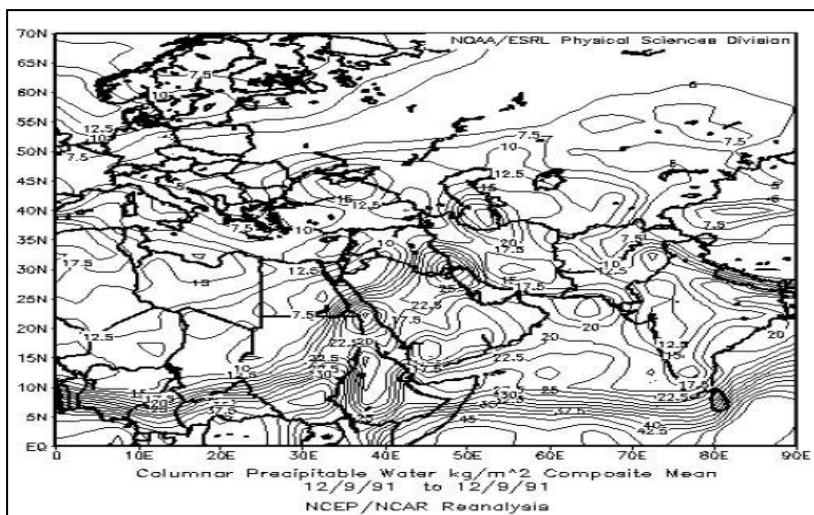
مورد مطالعه در تاریخ ۱۹۹۱/۱۲/۰۹ نشان داده شده است، حداکثر و حداقل ستون بارش قابل ریزش به ترتیب برابر با ۵۰ و ۵ کیلوگرم در مترمربع است، ولی در منطقه مورد مطالعه منحنی عدد ۲۰ را نشان داده و این خود نشان‌دهنده ایجاد بارش در ایستگاه خلخال می‌باشد و شایان ذکر است که نقشه سینوپتیکی آب قابل بارش نشان می‌دهد که در یک مترمربع از زمین چقدر بخار آب در واحد مذکور وجود دارد که می‌تواند به آب بارش تبدیل شود (شکل ۹).

### نقشه آب قابل بارش در سطح زمین (کیلوگرم در مترمربع)

نواحی پرباران منطقه برون حاره بر مسیر سیکلون‌های برون-حاره‌ای منطبق می‌باشد، البته مقدار باران در همه جای این مسیرها به اندازه مقدار باران در اطراف کمربند هم‌گرایی حاره‌ای نمی‌رسد (کاویانی و علیجانی، ۱۳۹۳، ۲۷۰). با بررسی و تحلیل صورت گرفته شده بر روی نقشه سینوپتیکی آب قابل بارش و نقشه مقدار بارش در سطح زمین که در نقشه موجود در ایستگاه



شکل ۸. نقشه امگا در ۵۰۰ میلی‌بار (پاسکال در ثانیه)



شکل ۹. نقشه آب قابل بارش در سطح زمین (کیلوگرم در مترمربع)

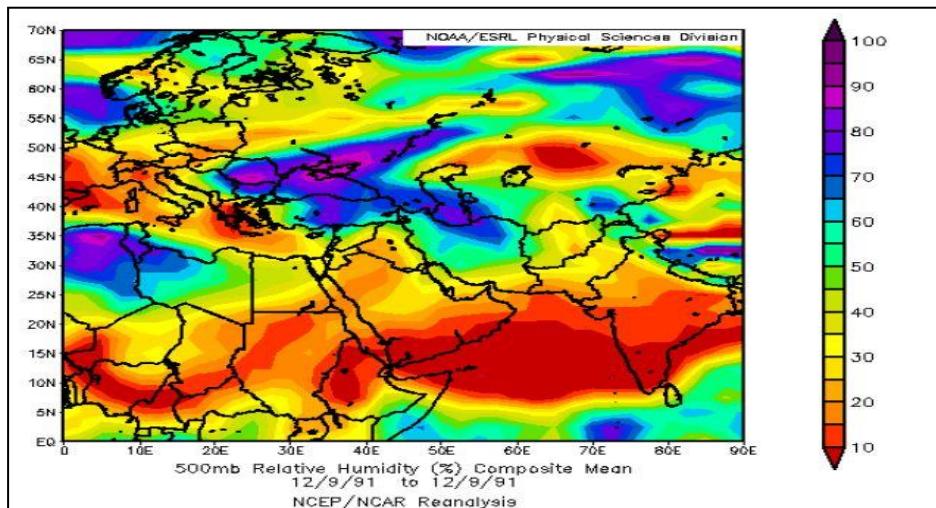
مورد بررسی ۹۰ درصد در کشورها و دریاهای شمال و شمال غرب ایران از جمله رومانی، اوکراین، ترکیه و بخش‌های از شمال ایران و دریاهای خزر و سیاه و سایر مناطق و حداقل آن ۱۰ درصد در اطراف کشورهای ایران شمال دریاچه آرال و اقیانوس هند و

### نقشه رطوبت (درصد)

با توجه به تحلیل صورت گرفته شده، نقشه رطوبت نسبی در تاریخ مورد مطالعه برای ایستگاه خلخال در استان اردبیل، در نقشه موجود مقدار حداکثر رطوبت سطح زمین در نقشه‌های

هوای به حالت اشباع نزدیک شود رطوبت بیش‌تری لازم دارد، زیرا رطوبت نسبی شرایط هوا را از نزدیک شدن به درجه اشباع بیان می‌کند (درگاهیان و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۲۷).

استرالیا و سایر مناطق می‌باشد. همچنین، در منطقه مورد مطالعه در استان اردبیل ۷۳ درصد است که شرایط ایجاد بارش سنگین را فراهم می‌کند (شکل ۱۰). وقتی هوا گرم‌تر می‌شود برای این‌که



شکل ۱۰. نقشه رطوبت در ۵۰۰ میلی‌بار (درصد)

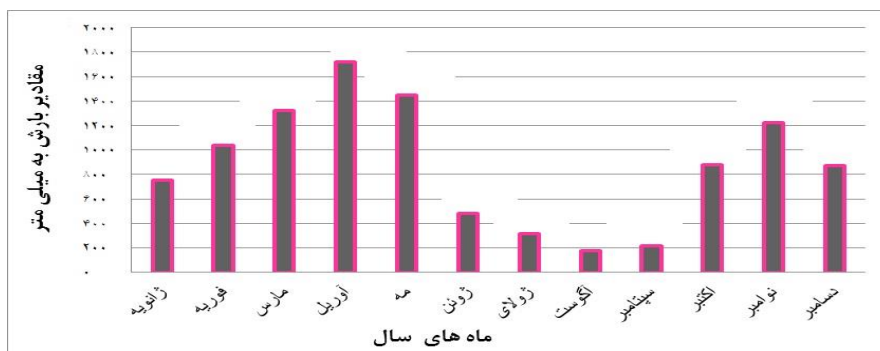
داخل شهری، کشاورزی و غیره در این شهرستان، در همین ماه‌های مذکور صورت گرفته است و مقدار ضریب تعیین برابر با  $R^2 = 0.0259$  می‌باشد جدول ۳، شکل ۱۲ و بعد از ماه می بارش در این شهرستان با شیب ملایمی در حالت کاهش می‌باشد که نمودار آن در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

### بارش ایستگاه سینوپتیک خلخال به صورت ماهانه

مقدار بارش ماهیانه ایستگاه خلخال به‌عنوان ایستگاهی که در جنوب استان اردبیل و جنوب‌غربی دریای خزر، در سه ماه فصل بهار دارای بارش بیش‌تر می‌باشد که ماه‌های مارس (۱۳۲۱/۸)، آوریل (۱۷۱۶/۷) و می (۱۴۴۸/۵) میلی‌متر است. با توجه به جدول ۲، بیش‌ترین مخاطرات طبیعی جوی از جمله خسارات

جدول ۳. مجموع بارندگی ماهیانه در ایستگاه خلخال طی سال‌های (۱۹۸۷-۲۰۱۴)

ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	اگست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
۷۵۴/۷	۱۰۴۳/۷	۱۳۲۱/۸	۱۷۱۶/۷	۱۴۴۸/۵	۱۰۷۹/۱	۸۱۱/۳	۱۸۸/۱	۷۱۶/۸	۷۸۷/۸	۷۵۵/۸	۸۷۱/۶

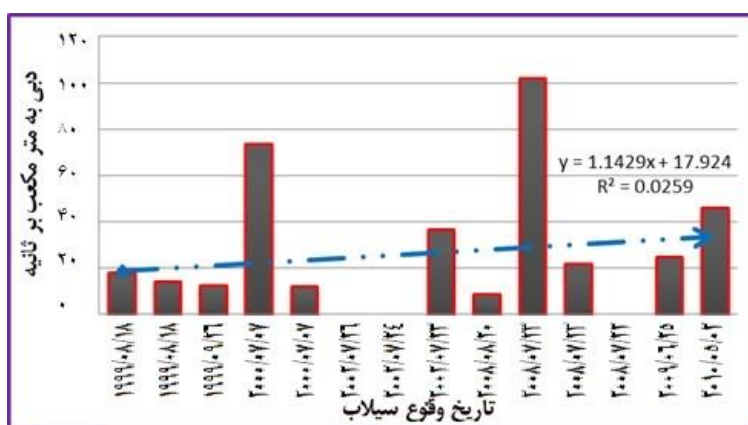


شکل ۱۱. نمودار بارش ماهانه ایستگاه سینوپتیک خلخال در دوره آماری (۱۹۸۷-۲۰۱۴)

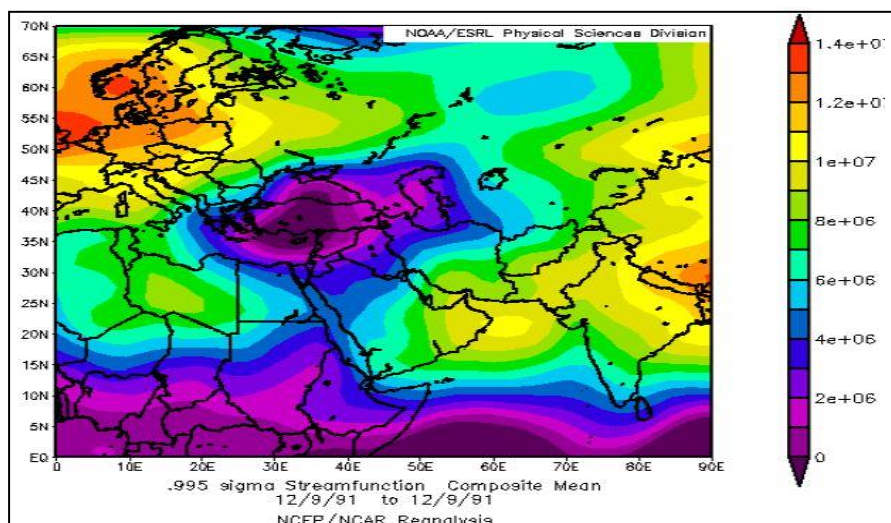
### نقشه رواناب حاصل از بارش (کیلوگرم در مترمربع)

شهرستان و شیب بیش‌تر به بیش‌تر از ۲ تا ۴ مترمکعب بر ثانیه افزایش پیدا کرده است و با توجه به از بین بردن پوشش‌های گیاهی و تأثیر زیاد عوامل انسانی و غیره، رواناب با سرعت زیاد جریان یافته و دبی به حداکثر خود رسیده است. چنین شرایطی عاملی برای ایجاد سیل و مخاطرات طبیعی در ناحیه موردبررسی شده است (شکل ۱۳).

در سال‌های اخیر، خسارات کشاورزی و خسارات داخل شهری، روستا و حاشیه رودخانه‌ها ناشی از بروز بارندگی خبرساز بوده است (شکل ۱۳). لذا، نقشه رواناب سطحی نیز موردپژوهش قرار گرفت و در نقشه مذکور که در تاریخ ۱۹۹۱/۱۲/۰۹ و منطقه موردنظر مورد تحلیل قرار گرفت، دبی در این منطقه در مدت‌زمان کم‌تر از ۱/۷۵ ساعت بعد از آغاز بارش، بیش‌تر به دلیل کوهستانی بودن



شکل ۱۲. نمودار آمار روزانه سیلاب با تاریخ وقوع طی دوره آماری (۱۹۹۹-۲۰۱۰)



شکل ۱۳. نقشه میزان دبی و مناطقی که بارش به شکل رواناب جاری شده (کیلوگرم در مترمربع)

بارش‌های سیل‌خیز غرب ایران، آرامش و همکاران (۱۳۹۶)، تحلیل هم‌دید سیلاب در حوضه آبریز سرپاز، در پژوهشی دیگر جلالی و همکاران (۱۳۹۶)، شناسایی الگوهای هم‌دید بارش‌های شدید تابستانه در سواحل جنوبی دریای خزر را نام برد که کارایی قابل قبول داشته است و هم‌چنین، جلیلیان و رمازی (۱۳۹۶)، در واکاوی هم‌دید بارش‌های سنگین و فوق سنگین سیل آسا، دقت

ارزیابی و بررسی شرایط سینوپتیکی وقوع بارش‌های منجر به سیلاب در شهرستان خلخال، استان اردبیل در تاریخ ۱۹۹۱/۱۲/۰۹ در این پژوهش انجام شد. این روش در اکثر مطالعاتی که صورت گرفته شده است، به‌عنوان روش مناسبی در امر پایش، آنالیز و مقایسه مطرح شده است که از جمله می‌توان قاسمی‌فر و همکاران (۱۳۹۶)، شناسایی الگوهای سینوپتیکی

مقدار مجموع ۱۲۲۵/۸ میلی‌متر از پرباران‌ترین ماه این فصل می‌باشد و در آخر کم‌باران‌ترین فصل سال تابستان است که ماه ژوئن با مقدار مجموع ۴۸۰/۱ میلی‌متر پرباران‌ترین ماه این فصل است. گنجایش نگهداری رطوبت هوا از میزان رطوبت موجود کم‌تر می‌شود، در نتیجه تراکم آغاز و ابر و باران ایجاد می‌شود (مصطفی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶).

با ارزیابی و بررسی صورت گرفته‌شده بر روی نقشه سینوپتیکی، آب قابل بارش و نقشه مقدار بارش در سطح زمین نشان داد که در نقشه موجود در ایستگاه مورد مطالعه در تاریخ مورد مطالعه این پژوهش، حداکثر و حداقل بارش قابل ریزش به ترتیب برابر با ۵۱ و ۴/۵ کیلوگرم در مترمربع است، ولی در منطقه مورد مطالعه منحنی عدد ۲۰ را نشان داده و این خود نشان‌دهنده ایجاد بارش در ایستگاه خلخال می‌باشد. هم‌چنین، شایان‌ذکر است که 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. با توجه به این‌که تراز ۵۰۰ میلی‌بار عوامل و شرایط جوی و زمینی را در برمی‌گیرد، در این پژوهش از تراز ۵۰۰ میلی‌بار برای تحلیل نقشه‌ها استفاده شده است که در بخش‌های شمالی منطقه مورد مطالعه دو منطقه کم‌فشار یکی در روی شمال ایران با مقدار مرکزی ۱۰۱۰ میلی‌بار در روی خزر و دیگری روی غرب و شمال غرب ایران به مرکزیت کشور ترکیه با مقدار فشار مرکزی ۱۰۱۲/۵ هکتوپاسکال قرار دارند. در نقشه سرعت و جهت باد سه هسته سرعت یکی روی کشور قزاقستان با مقدار  $m/s 35$ ، دومی در روی دریا و کشور نروژ با سرعت هسته  $m/s 33$  و آخرین هسته سرعت باد با هسته بزرگ در قسمت غربی ایران قرار دارد. مقادیر دمای قابل مشاهده‌شده با معیار کلون در منطقه مورد مطالعه خلخال چشم‌گیر بوده است و بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر آن به ترتیب ۲۶۵ و ۲۴۵ درجه کلون است. با توجه به پایش و تحلیل صورت گرفته‌شده، عوامل و شرایط جوی و زمینی مؤثر برای بارش سنگین در روز و تاریخ و مکان مورد مطالعه فراهم بوده است.

۳. احمدیان، سعید، شبانکاری، مهران (۱۳۹۴)، تحلیل همید بارش ابرسنگین ۲۶ شهریور ۱۳۴۱ بندر انزلی، دومین کنگره بین‌المللی جغرافیا و توسعه پایدار، ۴۰ - ۴۶.
۴. احمدی‌زاده، هدی، بزرگ، اصغری، مرشدی، جعفر، برنا، رضا (۱۳۹۵)، تحلیل همید بارش‌های سنگین ۶ تا ۷ آبان ۱۳۹۴ استان لرستان، سومین کنفرانس علمی پژوهشی افق‌های نوین در جغرافیا و برنامه‌ریزی معماری و شهرسازی، ۱۴۰ - ۱۴۴.
۵. آرامش، محسن، علیجانی، بهلول، دنیادوست، هادی (۱۳۹۶)،

قابل قبول روش رویکرد محیطی به گردشی را تأیید نمودند. با این حال، با همه مقایسه صورت گرفته‌شده، این مدل در پژوهش حاضر تحلیل و تفسیر شرایط سینوپتیکی وقوع بارش‌های منجر به سیلاب در ایستگاه خلخال کارایی قابل قبولی داشته است.

### بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش با تحلیل همیدی، ارزیابی و بررسی شرایط سینوپتیکی وقوع بارش‌های منجر به سیلاب از سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶، شهرستان خلخال در استان اردبیل ارائه‌شده است. ابتدا ویژگی‌های آماری روزهای بارشی که حدود ۱۰۹۵۰ روز بود که از آن ۱۱ روز دارای بارشی بیش از ۳۰ میلی‌متر بود و سپس با بهره‌گیری از مؤلفه‌ها و پارامترهای جوی، یک روز از بارش‌های رگباری بیش از ۳۰ میلی‌متری که ۴۶ میلی‌متر در تاریخ ۱۹۹۱/۱۲/۰۹ بوده است، مورد پایش، ارزیابی و بررسی شرایط سینوپتیکی با رویکرد محیطی به گردشی، قرار گرفته است که در نهایت علاوه بر شرایط داخلی، عواملی یا الگوی خارجی مثل شرایط دریاهای اطراف و مجاور ایران مثل دریای سیاه و مدیترانه در بارش این روز مؤثر بوده است. در این ایستگاه بیش‌تر بارش‌ها در سه ماه فصل بهار دارای بارش بیش‌تر می‌باشد و ماه‌های مارس (۱۳۳۱/۸ میلی‌متر)، آوریل (۱۷۱۶/۷ میلی‌متر) و می (۱۴۴۸/۵ میلی‌متر) با توجه به جدول ۲ است و تحت تأثیر سیستم‌های دینامیکی موج بادهای غربی و سیستم مکانیکی کوهستان‌های محلی و هم‌چنین، عامل همرفت که باعث ایجاد بارش در این ناحیه بوده است.

با توجه به شکل ۱۱، ایستگاه خلخال به‌عنوان ایستگاهی که در منطقه در جنوب استان اردبیل قرار دارد، بارش فصلی در این ایستگاه در فصل بهار با مقدار مجموع ۴۴۸۳ میلی‌متر بیش از فصول دیگر می‌باشد و در این ایستگاه فصل بهار در مقایسه با فصول دیگر سال پرباران است و بعد از بهار، فصل زمستان: دسامبر می‌باشد. هم‌چنین، بارش به مجموع میزان ۸۷۱/۶ میلی‌متر، ژانویه ۷۵۴/۷ میلی‌متر و فوریه ۱۰۳۴/۸ میلی‌متر و بعد از زمستان، در فصل پاییز ماه نوامبر با

### منابع

۱. احمدی، اسماعیل، علیجانی، بهلول (۱۳۹۳)، شناسایی الگوهای همید بارش‌های سنگین ساحل شمالی خلیج فارس، پژوهش‌های جغرافیا طبیعی، دوره ۴، شماره ۳: ۲۷۵ - ۲۹۶.
۲. احمدی، محمود، جعفری، فرزانه (۱۳۹۴)، تحلیل سینوپتیک بارش سنگین ۱۲ آوریل ۲۰۱۵ شهرستان قزوین، مجله جغرافیا (فصل‌نامه علمی-پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران)، دوره ۱۳، شماره ۴۲: ۲۳۷ - ۲۲۱.

۱۷. شاه‌محمدی، زینب، احسامی، نرگس (۱۳۹۴)، تحلیل هم‌دید بارش سنگین استان لرستان، اولین کنفرانس بین‌المللی علوم جغرافیا، ۱۴۲ - ۱۴۵.
۱۸. صفرزاده، طاهر، منصوری‌نیا، مهران (۱۳۹۶)، تحلیل سینوپتیکی الگوهای منجر به بارش‌های سنگین غرب کشور در طی دوره آماری (۱۹۸۵-۲۰۱۳)، دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی، ۱۲۶ - ۱۳۰.
۱۹. عطایی، هوشمند، فنایی، راضیه، دادخواه، لیلا (۱۳۹۴)، تحلیل هم‌دید بارش‌های فوق سنگین بوشهر طی دوره آماری (۱۹۵۱ - ۲۰۰۵)، دومین کنفرانس ملی آب، انسان و زمین، ۱۳۰ - ۱۳۳.
۲۰. فرجی، عبدالله، صادقی، مرضیه (۱۳۹۵)، تحلیل آماری تغییرات زمانی و مکانی ماهانه بارش سنگین ایران، دومین کنفرانس بین‌المللی زمین، فضا و انرژی‌های پاک با محوریت مدیریت منابع طبیعی، کشاورزی و توسعه پایدار، ۶۰ - ۶۴.
۲۱. قاسمی‌فر، الهام، ناصرپور، سمیه، آرزومندی، لیلی (۱۳۹۶)، شناسایی الگوهای سینوپتیکی بارش‌های سیل‌خیز غرب ایران، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات طبیعی، سال ۴، ۲: ۶۹ - ۸۶.
۲۲. کاویانی، محمدرضا، علیجانی، بهلول (۱۳۹۳)، مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت، تهران، چاپ هجدهم، ۵۹۰.
۲۳. گل‌کار، محمد؛ محمدی، حسین (۱۳۹۲)، بارش‌های خراسان جنوبی، جغرافیای سرزمین، دوره ۱۰، شماره ۳۷: ۳۳ - ۵۴.
۲۴. لشکری، حسن، خزایی، مهدی (۱۳۹۳)، تحلیل سینوپتیکی بارش‌های سنگین استان سیستان و بلوچستان، اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۳، شماره ۹۰ - ۹۱: ۷۰ - ۷۹.
۲۵. محمدی، بختیار، (۱۳۹۲)، تحلیل روند سالانه آستانه بارش‌های سنگین ایران، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۸، شماره ۱: ۱۶۳ - ۱۷۶.
۲۶. مسعودیان، ابوالفضل، کارساز، سکینه (۱۳۹۳)، تحلیل هم‌دید الگوهای ضخامت بارش‌های سنگین ناحیه زاگرس جنوبی، جغرافیا و توسعه، دوره ۱۲، شماره ۳۷: ۱۵ - ۲۷.
۲۷. مسعودیان، محسن، فندرسکی، نیایش، قره‌گزلو، محمد (۱۳۹۳)، کاهش خسارت سیلاب شهری با استفاده از مدیریت غیر سازه‌ای، پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیز، دوره ۵، شماره ۱۰: ۱ - ۱۴.
۲۸. مصطفی‌زاده، رئوف، صفریان‌زنگیر، وحید، حاجی، خدیجه (۱۳۹۶)، تحلیل الگو و شرایط وقوع بارش‌های منجر به سیل در سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳ در شهرستان گرمی، استان اردبیل، مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۷، شماره ۱۵: ۸۹ - ۱۰۶.
۲۹. نوری، حمید، حسنعلی، غیور، مسعودیان، ابوالفضل، آزادی، مجید (۱۳۹۱)، بررسی ابرهای مولد بارش‌های سنگین و فوق سنگین سواحل جنوبی خزر، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۳، شماره ۳: ۱ - ۲۲.
- تحلیل هم‌دید سیلاب در حوضه آبریز سرباز، فصل‌نامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی، سال ۱۷، شماره ۵۸: ۴۹ - ۷۰.
۶. براتی، غلام‌رضا، مرادی، محمد، سلیمی، رقیه (۱۳۹۴)، واکاوی هم‌دید بارش‌های سنگین بهار استان زنجان، مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۴، شماره ۶: ۷۷ - ۸۸.
۷. جلالی، مسعود، شاهبایی، علی، کمریان، علی (۱۳۹۶)، شناسایی الگوهای هم‌دید بارش‌های شدید تابستانه در سواحل جنوبی دریای خزر، فصل‌نامه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۱، شماره ۹: ۲۳ - ۳۹.
۸. جلیلیان، میلاد، رمازی، سکینه (۱۳۹۶)، واکاوی هم‌دید بارش‌های سنگین و فوق سنگین سیل‌آسا در استان ایلام، دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران، ۱۱۱ - ۱۱۳.
۹. جوادی، محمدرضا، باقری، مهدی، وفاخواه مهدی، غلامی، شبانعلی (۱۳۹۳)، تأثیر پخش سیلاب بر خصوصیات فیزیکی خاک، پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیز، دوره ۵، ۹: ۱۱۹ - ۱۲۹.
۱۰. حمدیان‌پور، محسن، علیجانی، بهلول، صادقی، علیرضا (۱۳۸۹)، شناسایی الگوهای هم‌دید بارش‌های شدید شمال شرق ایران، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱: ۱ - ۱۶.
۱۱. حیدری، سوسن، حواسی ابدلانی، زهرا (۱۳۹۵)، تحلیل سینوپتیکی بارش‌های سنگین استان کرمانشاه، دومین کنفرانس علوم جغرافیا، ۱۲۳ - ۱۲۷.
۱۲. خورشید دوست، علی‌محمد، مفیدی، عباس، رسولی، علی‌اکبر، آرم، کامل (۱۳۹۵)، تحلیل هم‌دید سازوکار وقوع بارش‌های سنگین بهار در شمال غرب ایران، مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۵، ۸: ۵۳ - ۵۸.
۱۳. دارند، محمد (۱۳۹۴)، شناسایی پهنه‌های هم‌گن بارش سنگین و ابرسنگین ایران زمین به کمک نمایه‌های کنترل پراش درون‌گروهی، نشریه هواشناسی کشاورزی، شماره ۱: ۳۲ - ۳۶.
۱۴. رحیمی، قوبدل، حاتمی، داریوش (۱۳۹۵)، تحلیلی از اوضاع جوی بارش سنگین منجر به مخاطره سیل ۸ اسفند ۱۳۸۸ ایوان غرب، فصل‌نامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، دوره ۱۶، ۵۵: ۱ - ۱۶.
۱۵. رضایی، بنفشه، مجید، جعفری، فاطمه، حسین‌علی، پورگری، فرشته، علی‌محمدی، مجید (۱۳۹۵)، تحلیل هم‌دید فراوانی تابع هم‌گرایی شار رطوبت در زمان رخداد بارش‌های سنگین شمال غرب ایران، فصل‌نامه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۲۰، شماره ۵۶: ۱۰۷ - ۱۲۶.
۱۶. رنجبر، محسن (۱۳۸۹)، قابلیت‌ها و محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی مؤثر در توسعه شهرستان خلخال، فصل‌نامه علمی پژوهشی جغرافیا، ۱۳ - ۱۸.

۳۱. یاراحمدی، داریوش، مریانجی، زهره (۱۳۹۰)، تحلیل الگوی دینامیکی و همدیدی بارش‌های سنگین در جنوب غرب خزر و غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۲۳، شماره ۷۶: ۱۰۵ - ۱۲۰.
۳۰. نوری، حمید، حسنعلی، غیور، مسعودیان، ابوالفضل، آزادی، مجید (۱۳۹۱)، بررسی دمایی اثرساز و کارجوی دریایی خزر در بارش‌های سنگین و فوق سنگین سواحل جنوبی آن، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۷، شماره ۴: ۱۹۹ - ۲۲۳.
32. Aramesh, M. Alijani, B. Dniadost, H. (2017), *Sampling of flood analysis in Sarbaz watershed*, Journal of Geographic Space, Vol. 17, 58: 49-70.
33. Christina, P. Michael, C. Daithl, W. Chistopher, S. William. (2017), *Diagnosing conditional anthropogenic contributions to heavy Colorado rainfall in September 2013*. Weather and climate extremes, Vol. 17: 1-6.
34. Danang, E. Pawitan, H. Hidayat, R. Aldrian, E. (2016), *Heavy rainfall pistribetion over java sea in wet season*, procedia environmental sciences, Vol. 33: 178-186.
35. Mohammadi, B. (2013), *Annual Heavy Rainfall Estimate of Iran*, Geographic Survey, Vol. 28, Issue 1: 163-176.
36. Land, A. Remmele, S. Schonbein, J. koppers, M. Zimmermann, R. (2017), *Climate growth analysis using long term daily resolved station records with focus on the effect of heavy precipitation events*. dendrochronologia, Vol. 45: 156-164.
37. Moriyama, T. Nishiyama, K. Izumi, S. Morisita, K. Hirose, S. (2016), *Smart rainwater tanks as a raingauge network and dem for flood control*, procedia engineering, Vol. 154: 243-246.
38. Paredes Trejo, F. Barbosa, H. Murillo, P. Moreno, A. Farias, A. (2016), *Intercomparison of improved satellite rainfall estimation with chirps gridded product and raingauge data over Venezuela*, atmosfers, Vol. 29, Issue 4.
39. Siswanto, G. Oldenborgh, G. Hurk, B. Aldrian, E. Swarinoto, Y. Sulistya, W. Sakya, A. (2017), *A very unusual precipitation event associated with the 2015 floods in Jakarta*, weather and climate extremes, volume 16: 23-28.
40. Yao, S. Huang, Q. (2016), *An analysis of extreme intraseasonal rainfall events during janury-march 2010 over eastern china*, dynamics of atmospheres and oceans, Vol. 75: 22-32.
41. Zahiri, I. Bamba, I. Moise Famine, A. Kadjo Koffi, A. Delfin Ochou, A. (2016), *Mesoscale extreme rainfall events in west Africa*, weather and climate extremes, Vol. 13: 15-25.