



Collaborative Investigation of the Floods of Balikhlochai Watershed in Ardabil (Case Study: March 07, 2010 and December 08, 2010)

 Behrooz Sobhani^{a*}, Mahdi Foroutan^b

^a Professor, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

^b PhD Candidate in Climatology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: 8 March 2022

Revised: 15 May 2022

Accepted: 17 June 2022

Abstract

Flood as a natural disaster with the highest relative frequency of occurrence has always threatened human life. The purpose of this study was discovering the relationship between atmospheric circulation patterns and floods in the Balikhlochai watershed of Ardabil in order to prevent its dangers with an environmental approach to circulation. For this purpose, discharge data for three stations of Almas, Nir, and Gilandeh from the period 2009-2017 were obtained from the regional water department of Ardabil province. Using the ward hierarchical clustering method, two floods occurred on March 7, 2010 and December 8, 2010 were selected and analyzed. The data related to the upper levels of the atmosphere were obtained from the National Center for Environmental Prediction (NCEP-NCAR) website and combined maps of sea level pressure with geopotential height of 500 hectopascals, wind vector with precipitable water, omega with tawai and half-molar specific humidity in Gardes software were drawn. The results of the synoptic analysis showed that the dominance of the Mediterranean thermal low pressure system and the Chinese thermal high pressure system were important factors in the atmospheric disturbance, and besides that, the location of the studied area in front of the landing axis of the Eastern Mediterranean fleet resulted in rotating air movements. And the vertical air velocity of the studied area showed an unstable atmosphere. The specific humidity has also increased since the day before the flood in the lower layers of the atmosphere, and the flow of moisture from the Mediterranean Sea through the western subtropical winds on the atmosphere of the studied area has played an important role in causing torrential rains.

Keywords: Synoptic Analysis, Flood, Balikhlochai Basin, Ardabil

* Corresponding author: Behrooz Sobhani E-mail: sobhaniardabil@gmail.com tel: +989141529568

How to cite this Article: Sobhani, B., & Foroutan, M. (2023). Collaborative investigation of the floods of Balikhlochai watershed in Ardabil (Case study: March 07, 2010 and December 08, 2010). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(1), 117-135

DOI: 10.22067/geoeh.2022.75724.1196



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).





Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 1 - Number 45, Spring 2023

<https://geoeh.um.ac.ir>

 <https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75724.1196> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و پنجم، بهار ۱۴۰۲، صص ۱۱۷-۱۳۵

مقاله پژوهشی

بررسی همدیدی سیل حوضه آبخیز بالیخلوچای اردبیل

(مطالعه موردی: ۱۶ اسفند ۱۳۸۸ و ۱۷ آذر ۱۳۸۹)

بهرروز سبحانی^۱ - عضو هیأت علمی دانشگاه محقق اردبیلی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
 مهدی فروتن - دانشجوی دکتری تخصصی رشته آب و هواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۱۷ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۲/۲۵ تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۲۷

چکیده

سیلاب به عنوان یکی از بلاای طبیعی با داشتن بیشترین فراوانی نسبی وقوع همواره زندگی بشر را تهدید نموده است. هدف از انجام این تحقیق کشف روابط الگوهای گردش جوی با سیلاب‌های حوضه آبخیز بالیخلوچای اردبیل به منظور جلوگیری از مخاطرات آن با رویکرد محیطی به گردشی است. برای این کار داده‌های دبی برای سه ایستگاه پل الماس، نیر، گیلانده از سال (۱۳۵۳-۱۳۹۲) از اداره آب منطقه‌ای استان اردبیل اخذ شد و با استفاده از روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی ward دو مورد از سیلاب رخ داده در تاریخ ۱۶ اسفند ۱۳۸۸ و ۱۷ آذر ۱۳۸۹ به عنوان فرین انتخاب و تحلیل گردید. داده‌های مربوط به سطوح فوقانی جو از سایت مرکز ملی پیش‌بینی محیطی (NCEP-NCAR) تهیه شد و نقشه‌های ترکیبی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، بردار باد با آب قابل بارش، امگا با تاوایی و هاف مولر رطوبت ویژه در محیط نرم‌افزار گرسیم گشت. نتایج تحلیل سینوپتیکی نشان داد حاکمیت سامانه کم‌فشار حرارتی مدیترانه‌ای و پرفشار حرارتی چین عامل مهمی در اغتشاش جوی بوده و

Email: sobhaniardabil@gmail.com

انویسنده مسئول: ۰۹۱۴۱۵۲۹۵۶۸

نحوه ارجاع به این مقاله:

سبحانی، بهروز؛ فروتن، مهدی؛ ۱۴۰۲. بررسی همدیدی سیل حوضه آبخیز بالیخلوچای اردبیل (مطالعه موردی: ۱۶ اسفند ۱۳۸۸ و ۱۷ آذر ۱۳۸۹)، جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۲(۱). صص ۱۱۷-۱۳۵

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75724.1196>

در کنار آن قرارگیری منطقه مورد مطالعه در جلوی محور فرود ناوهی شرق مدیترانه حرکات چرخندی هوا را در پی داشته و وضعیت سرعت قائم هوا و تاوایی روی منطقه مورد مطالعه بیانگر جوی ناپایدار بوده است. مقدار نم ویژه نیز از روز قبل از وقوع سیل در لایه‌های پایینی اتمسفر افزایش یافته و شار رطوبت دریای مدیترانه از طریق بادهای غربی جنب‌حاره‌ای بر جو منطقه مورد مطالعه در ایجاد بارش‌های سیل‌آسا نقش مهمی داشته است.

کلیدواژه‌ها: تحلیل همدید، سیل، حوضه بالیخلوچای، اردبیل.

۱- مقدمه

بارش‌های شدید و سیل‌آسا از شاخه‌های مهم علم آب‌وهواشناسی همدید است (احمدی و جعفری، ۱۳۹۵) که وقوع آن با شدت زیاد در صورتی که مقدار آن از ظرفیت نفوذ خاک بیشتر باشد باعث تشکیل رواناب می‌شود (پژوه و جعفری، ۱۳۹۹)؛ همان‌طور که بارش‌های شدید و سیل‌آسا از پیچیدگی رفتاری بارزتری برخوردار است کشور ایران نیز متأثر از رفتار بی‌قاعده و ناهنجار آن است (سلامتی هرمزی و همکاران، ۱۳۹۹). این تغییرپذیری بارش در مسائلی مانند فعالیت‌های کشاورزی، مدیریت منابع آب، مراتع، تأمین آب قابل نوشیدنی و مخاطراتی مانند خشکسالی، سیلاب و گردوغبار تأثیر زیادی دارد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۹) اکثر بارش‌های سیل‌آسای ایران به دلیل عبور چرخندهای مدیترانه‌ای است در مناطقی که این سامانه با سیستم‌های کم‌فشار سودانی و شرایط صعودی همراه باشد منجر به بارش‌های رگباری شدید و سیل‌آسا می‌شود (فردوسی و همکاران، ۱۳۹۷)؛ بنابراین این موضوع کانون توجه محققین قرار گرفته و مطالعاتی در این زمینه انجام داده‌اند.

حجتی‌زاده (۱۳۸۸) به بررسی سینوپتیکی و ترمودینامیکی سیل‌های بزرگ در غرب کشور پرداخت و نشان داد هر وقت دو سامانه سودانی و مدیترانه‌ای باهم ترکیب می‌شوند باعث ایجاد این پدیده می‌شوند. **حلییان و همکاران (۱۳۹۱)**، سیلاب فروردین سال ۱۳۸۸ در استان قم را با رویکرد محیطی به گردشی موردبررسی قرار دادند و نتایج حاصل از پژوهش آن‌ها نشان داد ادغام سامانه‌های کم‌فشارهای مهاجر همراه با جبهه از سمت شرق مدیترانه با سامانه‌های کم‌فشار منطقه دریای سرخ بارش‌های سیل‌زا را پدید آورده و دریای مدیترانه شرقی، دریای سرخ شمالی خلیج فارس منبع تغذیه رطوبتی این بارش‌ها بوده است. **امینی و همکاران (۱۳۹۲)**، سامانه‌هایی را که منجر به بارش سیل‌آسا در حوضه رودخانه کشکان در طول دوره ۱۳۵۰ - ۱۳۸۴ شده بودند، مورد تحلیل سینوپتیک قرار دادند. آن‌ها سه توفان شدید را به‌عنوان نماینده انتخاب نمودند و بیان داشتند که سه عامل در ریزش این بارش‌ها نقش داشته‌اند و این عوامل عبارتند از: ۱- حاکمیت سامانه پرفشار در شمال‌غرب اروپا هوای سرد عرض‌های بالاتر را به پشت کم‌فشار مستقر در شرق مدیترانه هدایت نموده؛ ۲- قدرتمند شدن کم‌فشار سودانی و حرکت شمال‌شرق سوی

آن؛ ۳- ادغام کم‌فشار سودانی با مدیترانه در غرب ایران و تقویت آن از طریق رطوبت هدایت شده به درون این سامانه‌ها توسط پرفشار عربستان.

قویدل رحیمی و همکاران (۱۳۹۳) الگوهای سینوپتیک مولد بارش‌های سیل‌آسا در جیرفت را مورد شناسایی قرار دادند. نتیجه کار آن‌ها نشان داد استقرار سامانه کم‌فشار بر روی ایران مرکزی، واقع شدن منطقه مورد مطالعه در زیر منطقه واگرایی بالایی، حاکمیت پیچانه منفی و چرخندگی مثبت هوا که موجبات صعود هوا شده بودند و دریای خلیج فارس، دریای عرب و خلیج عمان نقش اصلی تأمین رطوبت بارش را برعهده داشته‌اند. **حلییان و حسینعلی پورجزی (۱۳۹۴)**، با رویکرد محیطی به گردشی بارش‌های سنگین سیل‌زا در آذرماه ۱۳۹۱ در جنوب غرب ایران را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند به هنگام ریزش بارش، فرود عمیقی در شرق مدیترانه تشکیل یافته و با توجه به قرارگیری مناطق مورد مطالعه در شرق این فرود جو ناپایداری را تجربه کرده و دریای مدیترانه، سرخ، خلیج فارس و دریای عرب در تغذیه منابع آبی نقش بسزایی داشته‌اند. **حلییان و همکاران (۱۳۹۵)**، بارش‌های حدی و فراگیر در کرانه‌های خزر را با رویکرد محیطی به گردشی مورد تحلیل همدید قرار دادند. آن‌ها با استفاده از روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی ward بر روی نقشه‌های فشار تراز دریا ۵ الگوی بارشی را شناسایی نمودند و نشان دادند که سیستم‌های پرفشار واقع در روی دریای سیاه، فرود عمیق شرق دریای مدیترانه و شمال غرب دریای خزر و شار رطوبت از دریای خزر، دریای سیاه و مدیترانه در این ریزش‌های بارش مؤثر بوده‌اند.

سبحانی و همکاران (۱۳۹۵)، موج بارشی ابرسنگین استان چهارمحال و بختیاری را با رویکرد همدید-ماهواره‌ای واکاوی نمودند و نشان دادند که گرادیان فشار ایجادشده بین مراکز پرفشار اروپای مرکزی، شمال خزر و غرب چین با مراکز کم‌فشار شمال غرب عربستان، خلیج فارس، غرب هندوستان و شمال غرب آفریقا و دیگر شرایط سیکلونیک، فرودهای عمیق ناشی از بلوکینگ، تغذیه رطوبتی توسط دریای سرخ و خلیج فارس منجر به ایجاد بارش ۵۵۱ میلی‌متری شده است. **محمودآبادی و همکاران (۱۳۹۵)**، اثرات پدیده بلاکینگ بر بارش‌های سیلابی فروردین‌ماه ۱۳۹۲ در نیمه جنوبی ایران را مورد تحلیل همدید قرار دادند نتایج آن‌ها نشان داد پدیده بلوکینگ دوقطبی باعث دوشاخه شدن امواج بادهای غربی شده و شاخه جنوبی انشعاب یافته از امواج غربی با دسترسی بیشتر به منابع رطوبتی جنوبی کشور بارش‌های شدیدی را موجب شده‌اند. **علیجانی و همکاران (۱۳۹۸)**، به شناسایی الگوهای همدید منجر به بارش‌های شدید و سیل‌آسا طی بازه زمانی ۱۶ تا ۳۱ مارس ۲۰۱۹ در ایران پرداختند. آن‌ها سه سامانه بارشی را بررسی نمودند و نشان دادند عبور سامانه‌های کم‌فشار دینامیکی و حرکت چرخندی آن مسبب بارش در استان گلستان بوده است. سازوکار اصلی در سامانه‌های دوم و سوم نیز بر اثر ترکیب کم‌فشار سودانی و مدیترانه‌ای بوده است.

کو^۱ و همکاران (۱۹۸۶)، سیل رخداد در تاریخ ۱۱ تا ۱۵ ژوئیه ۱۹۸۱ در حوضه سیچوان چین را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد با تقویت جریان موسمی هند و عبور یک ناوه عمیق از روی دریاچه بایکال که هوای سرد و خشک سیبری را به سمت جنوب‌غربی چین هدایت کرده بود سرانجام این دو جریان در فلات شرقی و روی حوضه سیچوان به هم برخورد کرده و منطقه‌ای از همگرایی در مقیاس بزرگ ایجاد نموده و در نهایت به رخداد این پدیده انجامیده است. سبزی‌پرور و همکاران (۲۰۱۰)، به شناخت و طبقه‌بندی الگوهای سیستم‌های هم‌مدیدی منجر به بارش‌های سیل‌آسا در حوضه آبخیز رودخانه دالکی واقع در جنوب غرب ایران پرداختند. آن‌ها برای این کار ۲۰ سیلاب را مورد مطالعه قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد زمانی که سیستم‌های سودانی با مدیترانه‌ای ادغام گشته سیل‌های شدیدی را حوضه مذکور متحمل شده است.

رامیس^۲ و همکاران (۱۹۹۴)، مکانیسم سینوپتیکی سیل‌های اکتبر ۱۹۸۷ در کاتالونیا را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند ناپایداری همرفتی، همگرایی رطوبت در سطوح پایین و مقادیر بالای آب قابل بارش بر روی شمال‌غربی دریای مدیترانه مشخصه منطقه در طول دوره بارندگی شدید بوده است. دایان^۳ و همکاران (۲۰۰۱)، طوفان شدید پاییزی بر فراز خاورمیانه را که همراه با تگرگ و سیل بوده‌اند مورد تحلیل سینوپتیکی قرار دادند و نشان دادند ناپایداری شرطی ایجاد شده توسط دریای سرخ، انتقال رطوبت در سطح متوسط از شمال آفریقا و واگرایی در سطح بالایی که توسط جت قطبی و نیمه گرمسیری ایجاد شده بر شکل‌گیری و تشدید طوفان‌ها تأثیر داشته‌اند.

بالتاچی^۴ (۲۰۱۷)، سیل رخداد در آرتوین (شمال ترکیه) در تاریخ ۲۴ آگوست ۲۰۱۵ را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و بیان داشتند یک سیستم کم‌فشار موسمی تابستانی در شرق دریای سیاه استقرار داشته و با تقویت همرفتی در سطح زمین به صعود هوا منجر شده و دمای سطح دریا نیز افزایش ۱/۵ درجه بالاتر از حد معمول را تجربه کرده است علاوه بر این، انتقال رطوبت از دریای سیاه به تقویت طوفان منجر شده است. آرمون^۵ و همکاران (۲۰۱۸)، الگوهای بارش و سیل در سرزمین‌های خشک شام را مورد تحلیل سینوپتیک قرار دادند. آن‌ها سه الگوی گردشی: طوفان مدیترانه (MC)، گذرگاه فعال دریای سرخ (ARST)، توده‌های استوایی (TPs) را شناسایی نمودند و بیان داشتند طوفان‌های MC رطوبت را از مدیترانه می‌کشند و بارش متوسطی را در قسمت شمالی منطقه ایجاد می‌کنند و طوفان‌های ARST و TP مقادیر زیادی رطوبت را از جنوب منتقل می‌کنند که در جنوبی‌ترین بخش‌های خشک لوانت به بارندگی تبدیل می‌شود. گیل‌گیرادو^۶ و همکاران (۲۰۲۲) تأثیر سیل در سواحل مدیترانه اسپانیا از سال ۱۹۶۰

1 Kuo et al

2 Ramis

3 Dayan et al

4 Baltaci

5 Armon et al

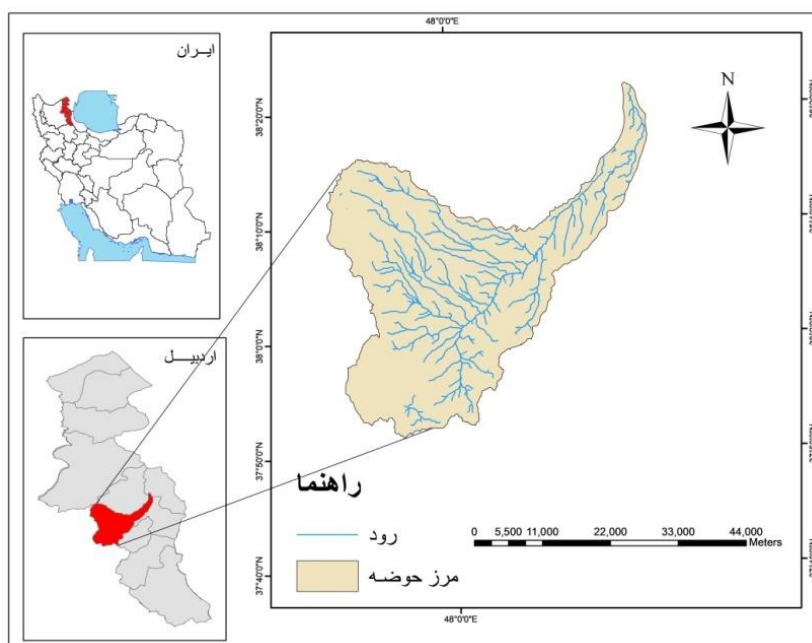
6 Gil-Guirado et al

تا ۲۰۱۵ بر اساس الگوهای هم‌دید غالب مورد بررسی قرار دادند آن‌ها ۱۲ الگوی هم‌دید جوی را شناسایی نمودند که در رخداد ۳۶۰۸ مورد سیل بین سال‌های مورد مطالعه نقش مؤثری داشته‌اند. با توجه به تحقیقات صورت گرفته وقوع سیل به‌عنوان بلای طبیعی همواره زندگی بشر را دگرگون ساخته و از طرفی چون حوضه‌های آبریز از این پدیده بیشتر متأثر هستند؛ لذا در این مقاله هدف غایی بر این بوده عوامل گردش جوی مولد سیلاب شناسایی شود تا تدابیر لازم برای مقابله با این پدیده از سوی برنامه‌ریزان اتخاذ شود.

۲- مواد و روش

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

رودخانه بالیخلوچای از زیر حوضه‌های آبریز دریای خزر در تقسیمات حوضه‌های آبریز کشور است که از جنوب غربی شهر نیر، از میان دو رشته‌کوه سبلان در دامنه‌های جنوبی آن و دامنه‌های شمال غربی بزغوش سرچشمه می‌گیرد و در انتها به رودخانه قره‌سو می‌پیوندد. موقعیت جغرافیایی حوضه رودخانه بالیخلوچای ۴۷ درجه ۴۶ دقیقه تا ۴۸ درجه ۶ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه ۵۲ دقیقه تا ۳۸ درجه ۱۵ دقیقه عرض شمالی واقع گشته است. مساحت حوزه آبریز این رودخانه ۱۰۹۳ کیلومتر مربع و طول اصلی این رودخانه ۶۵ کیلومتر است و حدود ۸۰ میلیون مترمکعب ظرفیت ذخیره‌سازی آب را دارد (رئوف و علی‌اوغلی، ۱۳۹۹:۳۰۱). هم‌چنین حداکثر ارتفاع حوضه برابر است با ۴۷۸۸ متر و حداقل ارتفاع آن به ۱۲۹۸ متر می‌رسد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوضه مذکور را در کشور ایران و استان اردبیل نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز بالیخلوچای در ایران و استان اردبیل

۲-۲- روش انجام پژوهش

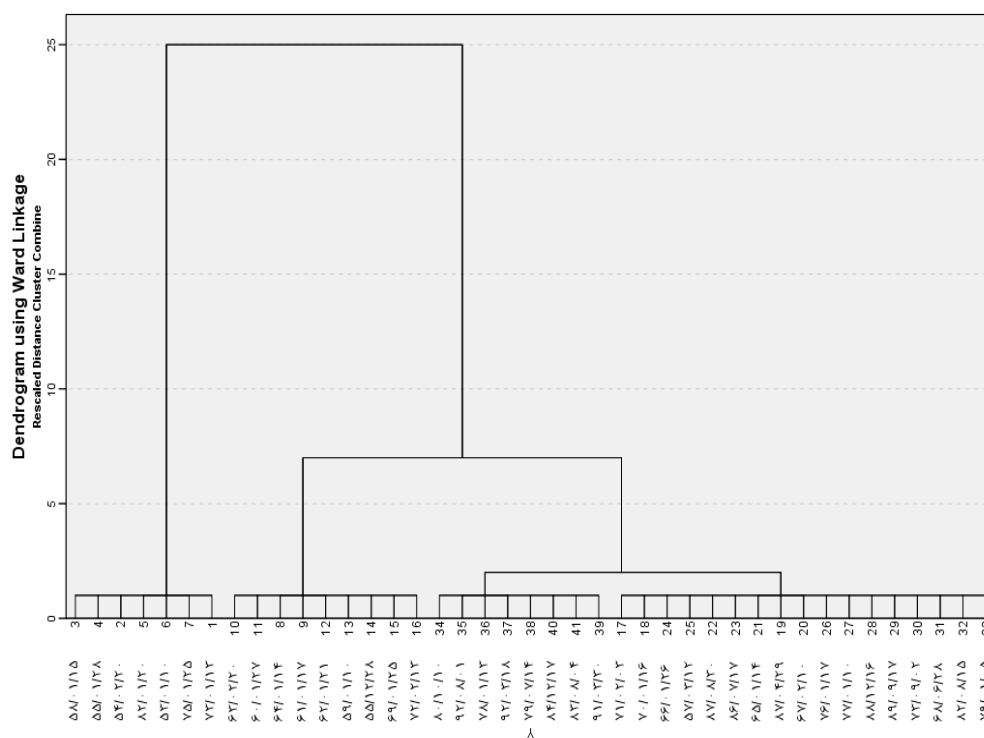
هدف از ارائه این تحقیق شناسایی همدیدی علل وقوع سیلاب حوزه آبخیز بالیخلوچای اردبیل از نظر الگوهای گردش جوی با روش محیطی به گردشی است. برای این کار داده‌های مربوط به دبی سیلاب از اداره آب منطقه‌ای استان اردبیل اخذ شد و با توجه به اینکه شدیدترین دبی‌های جریان آب در ایستگاه پل الماس ثبت شده است و از طرفی به علت رعایت اختصار از این ایستگاه برای انجام روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی ward، استفاده شد. ۴۱ مورد سیل رخ داده از تاریخ ۱۳۵۳-۱۳۹۲ با توجه به قدرت دبی‌های آن در خوشه‌های مختلف قرار گرفتند و از بین آن‌ها سیلاب‌های رخ داده در تاریخ ۱۶ اسفند ۱۳۸۸ و ۱۷ آذر ۱۳۸۹ به‌عنوان فرین انتخاب گردید و در این تحقیق مورد تحلیل همدیدی قرار گرفت. برای این کار داده‌های سطوح فوقانی جو از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی (NCEP-NCAR¹) دریافت شد و به ترسیم نقشه‌های جوی روز وقوع سیل و قبل از آن به‌صورت ترکیبی شامل فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، بردار باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با آب قابل بارش سطح زمین تا سطوح فوقانی جو، امگا با تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و هاف مولر برای رطوبت ویژه در محیط نرم‌افزار گوردس پرداخته شد.

1 <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis2>

۳- نتایج و بحث

در مطالعات اقلیمی روش‌هایی برای گروه‌بندی افراد یک نمونه مطرح می‌شود که در آن هدف بر این است افراد مشابه در گروه‌های خاصی قرار بگیرد و درعین حال می‌تواند داده‌ها را کاهش دهد که به این روش تحلیل خوشه‌ای می‌گویند. یکی از الگوریتم‌های این روش، تحلیل سلسله‌مراتبی است که در آن تعداد گروه‌ها و یا خوشه‌ها نامشخص است و روش بر پایه تکنیک‌های متعدد، خوشه‌ها یا گروه‌ها را شناسایی نموده و به‌صورت یک نمودار شاخه درختی آن را نشان می‌دهد (فرج‌زاده، ۱۳۹۴:۹۹).

شکل ۲، نمودار دندروگرام داده‌های دبی ایستگاه پل‌الماس را برای دوره آماری ۱۳۵۳-۱۳۹۲ نشان می‌دهد. مطابق این شکل ۴۱ مورد سیل رخ داده در منطقه موردمطالع به خوشه‌های مختلف با دبی شدید و ضعیف تقسیم‌بندی شدند و از بین این فرین‌ها سیلاب رخ داده در تاریخ ۱۶ اسفند ۱۳۸۸ با دبی پیک ۱۹/۴۱ مترمکعب بر ثانیه و ۱۷ آذرماه ۱۳۸۹ با دبی پیک ۱۸/۵۳ مترمکعب در ثانیه به‌عنوان روزهای نماینده در نظر گرفته شد.

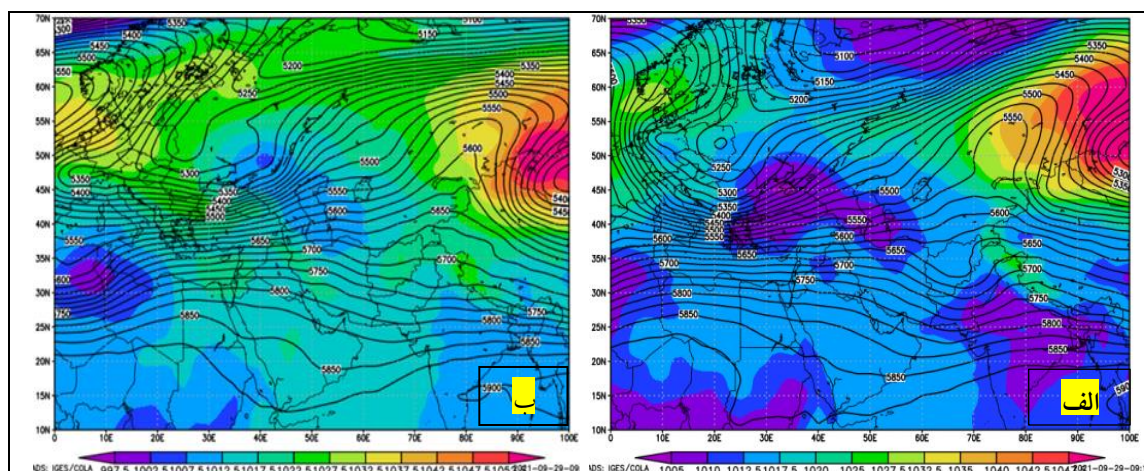


شکل ۲- نمودار درختی خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی ward برای داده‌های دبی ایستگاه پل‌الماس (۱۳۵۳-۱۳۹۲)

۳-۱- تحلیل همدید سیل مورخه ۷/مارس/۲۰۱۰ (معادل ۱۳۸۸/۱۲/۱۶)

در روز ذکر شده سیلی با دبی پیک ۱۹/۴۱ مترمکعب در ثانیه به ثبت رسیده است. بر اساس شکل ۳ در بررسی نقشه فشار سطح زمین برای روز ۱۵ اسفند سال ۱۳۸۸ مشاهده می شود یک سیستم کم فشار حرارتی مدیترانه ای با مرکزیت ۱۰۰۵ هکتوپاسکال بر روی دریای سیاه مستقر شده و زبانه ۱۰۱۲/۵ میلی بار آن بر فراز منطقه مورد مطالعه و قسمت های شمالی کشور ایران کشیده شده است. حاکمیت سامانه مذکور بر نواحی یاد شده باعث ایجاد هوای گرم و صعودی شده است. هم چنین در این روز یک سامانه پرفشار قدرتمندی با کانون ۱۰۵۰ هکتوپاسکال در شمال مغولستان تشکیل یافته و اطراف آن را سیستم های کم فشاری احاطه نموده است. شیب گرادیان فشار ایجاد شده بین این مراکز فشار و حرکت دینامیکی آنها باعث انتقال جریان هوا از مراکز پرفشار به سمت مراکز کم فشار و قسمت های شمالی ایران شده است. مکش جریانات هوای حرکت درونگرد سامانه کم فشار حرارتی مدیترانه ای رطوبت دریای خزر را نیز بر جو منطقه مورد مطالعه کشانده است. در روز ۱۶ اسفندماه، سیستم فروبار مدیترانه ای جهت شمال شرق سو یافته و از حیث محدوده فعالیت کوچک تر و قدرت مرکزی آن نسبتاً ضعیف گشته است؛ اما کماکان زبانه های آن بر شمال ایران حاکمیت داشته و گذر خط هم فشار ۱۰۱۲/۵ هکتوپاسکال آن بر فراز منطقه مورد مطالعه به تقویت حرکات چرخندی هوا و صعود آن منجر شده و در صورت تغذیه رطوبت پتانسیل ریزش بارش را به دنبال داشته است.

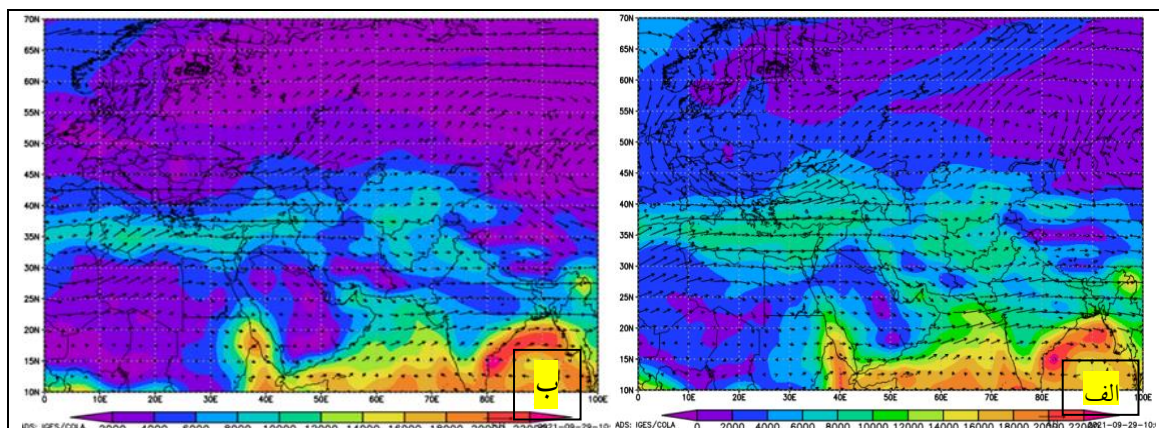
بر اساس شکل ۳ در مطالعه نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز ۱۵ اسفند سال ۱۳۸۸ مشاهده می شود یک بلوکینگی از نوع کم ارتفاع بریده در مرکز اروپا پدید آمده و موجب انشعاب جریانات غربی و تشکیل یک ناوهای در شمال دریای مدیترانه شده است. در جلوی محور فرود این ناوه شرایط کژ فشاری حاکم بوده و چرخندگی مثبت هوا باعث انتقال رطوبت دریای مدیترانه به سمت عرض های بالاتر شده است؛ اما در روی منطقه مطالعاتی جریان هوا بیشتر به صورت مداری بوده و بادهای غربی با حرکت مستقیم خود رطوبت دریای مدیترانه را وارد جو منطقه پژوهشی نموده اند. در روز رخداد سیل بنادال مذکور نابود گشته و ناوه جنوب آن به صورت مداری شده و خطوط هم ارتفاع ۵۰۰ هکتوپاسکال فشرده شده اند؛ و منطقه مورد مطالعه همچنان تحت هجوم حرکت مستقیم بادهای غربی قرار گرفته و این عامل به شار رطوبت هر چه بیشتر از دریای مدیترانه منتهی شده است.



شکل ۳- نقشه ترکیبی فشار تراز دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز الف) ۶ مارس، ب) ۷

مارس ۲۰۱۰

شکل ۴ نقشه ترکیبی آب قابل بارش از سطح زمین تا سطوح فوقانی جو و بردار باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای روز ۱۵ اسفند سال ۱۳۸۸ نشان می‌دهد. مطابق این شکل یک نوار رطوبتی به صورت کمربندی در بین عرض‌های ۳۰ تا ۴۰ درجه فعالیت داشته و منشأ آن دریای مدیترانه بوده است. در این روز بادهای غربی که خاستگاه حرکت آن‌ها از روی اقیانوس اطلس بوده است مسیری شمال-جنوبی در غرب اروپا داشته و در ادامه، حرکت آن‌ها متأثر از کانال ناوه واقع در شمال مدیترانه قرار گرفته و قسمتی از آن به سمت شمال غرب ایران هدایت یافته است؛ اما در روز اوج بارش با مداری شدن ناوه مذکور، بادهای غربی با حرکت مستقیم خود منابع رطوبتی را بر قسمت‌های شمال غرب ایران شارش نموده و مقدار ۸ کیلوگرم در یک مترمربع آب قابل بارش در جو منطقه مطالعاتی آماده ریزش بارش بوده است.

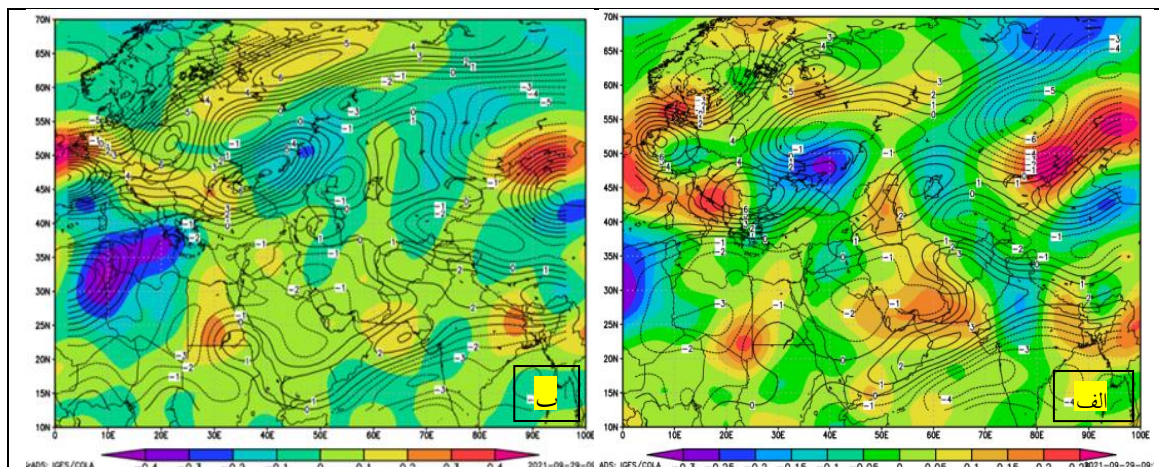


شکل ۴- نقشه ترکیبی بردار باد با آب قابل بارش تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز الف) ۶ مارس، ب) ۷ مارس

۲۰۱۰

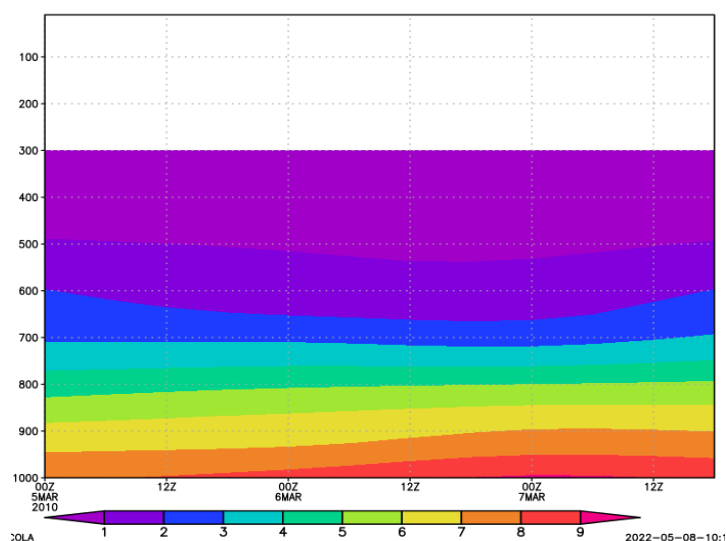
بر اساس شکل ۵ وضعیت حرکات سرعت قائم هوای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز ۱۵ فروردین سال ۱۳۸۸ مشاهده می‌شود در روز قبل از وقوع سیل یک هسته مثبت امگا در روی دریای خزر با بیشینه $+0.2$ پاسکال بر ثانیه پدید آمده و حاکمیت زبانه $+0.1$ پاسکال بر ثانیه در منطقه دلالت بر پایداری هوا، تقویت واگرایی و نزولی بودن هوا داشته است. مشابه این وضعیت برای جنوب شرق ایران نیز صادق است؛ اما در روز وقوع سیل هسته‌های مثبت امگا پراکنده گشته‌اند و حاکمیت مقدار صفر امگا بر منطقه نشان می‌دهد جریان هوا نسبت به روزهای قبل ناپایدار گشته است.

مطابق شکل ۵ در نقشه تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز ۱۵ فروردین سال ۱۳۸۸ مشاهده می‌شود یک هسته مثبت تاوایی در غرب دریاچه آرال با بیشینه مقدار $+3$ تاوایی به وجود آمده و زبانه $+2$ آن بر روی منطقه مطالعاتی کشیده شده که نشان می‌دهد وضعیت چرخندی هوا در منطقه حاکم بوده است. در روز وقوع پدیده با توجه به مداری شدن ناوه شمال مدیترانه مقدار چرخندگی هوا نیز در منطقه مورد مطالعه به $+1$ تنزل نموده ولی همچنان نشان دهنده این حالت است که جریانات هوا صعودی و چرخش افقی هوا موافق با حرکت وضعی زمین بوده و شرایط کژفشاری در منطقه حاکم بوده است.



شکل ۵- نقشه ترکیبی امگا با تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز الف (۶ مارس، ب) ۷ مارس ۲۰۱۰

شکل ۶، نقشه هافمولر رطوبت ویژه را برای طول و عرض جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که در آن زمان و ارتفاع متغیر بوده است. بر حسب این شکل این نتیجه حاصل می‌آید که بیشینه مقدار نم ویژه جوی در تراز سطح زمین ۱۰۰۰ هکتوپاسکال از ساعت ۱۲ زولو ۵ مارس تا ساعت ۱۸ زولو ۸ مارس قابل مشاهده است و مقدار آن به ۱۰ گرم در کیلوگرم هوا رسیده است؛ اما هرچقدر به سمت ارتفاعات بالاتر می‌رویم به تدریج از مقدار نم ویژه جوی کاسته شده و در ترازهای میانی جو (۶۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال) مقدار نم ویژه ۲ تا ۳ گرم در کیلوگرم هوا تا ساعت ۱۲ زولو ۶ مارس به ترازهای پایین نفوذ کرده ولی به تدریج تا روز فرین به سمت ارتفاعات بالاتر میل نموده است.

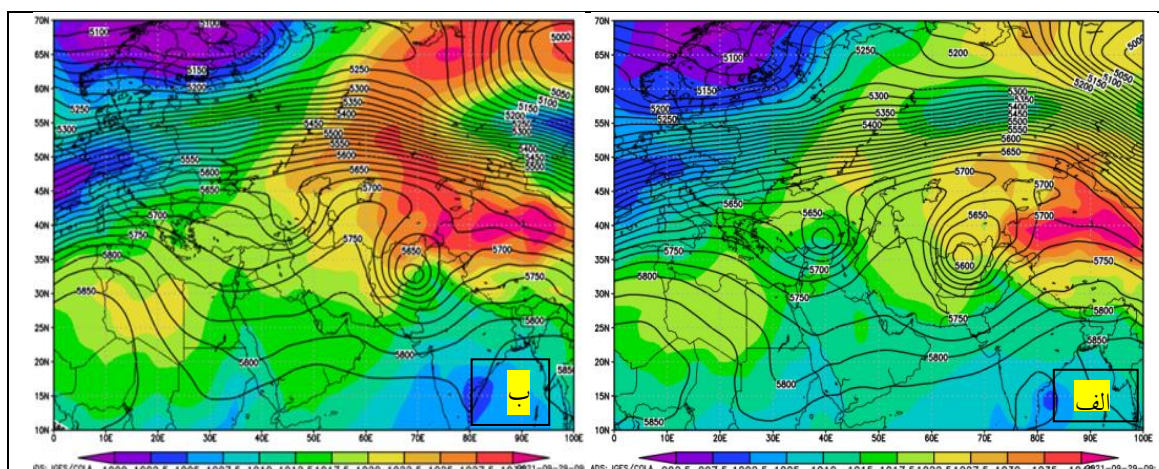


شکل ۶- نقشه هافمولر رطوبت ویژه صفر زولو ۵ مارس تا ۱۸ زولو ۷ مارس ۲۰۱۰ تراز ۱۰۰۰ تا ۱۰ هکتوپاسکال (طول و عرض ثابت، زمان و ارتفاع متغیر)

۳-۲- تحلیل همدید سیل مورخه ۸/ دسامبر / ۲۰۱۰ (معادل ۱۳۸۹/۹/۱۷)

در روز یادشده در منطقه مورد مطالعه میزان سیل رخ داده با دبی پیک ۱۸/۵۳ مترمکعب در ثانیه بوده است. طبق شکل ۷ در بررسی نقشه فشار سطح زمین برای روز ۱۶ آذرماه سال ۱۳۸۹، مشاهده می‌شود یک سامانه پرفشار حرارتی با مرکزیت ۱۰۴۰ هکتوپاسکال بر روی چین به وجود آمده و حرکت برون‌گرد آن موجب انتقال جریان هوا به سمت مرزهای شرقی ایران شده است. در این روز کل پهنه خاکی ایران زیر سلطه زبان‌های سامانه مزبور بوده و جو هوا وضعیت باروتروپیکی تجربه کرده است. در روز وقوع سیل، سیستم پرفشار مذکور حرکت غرب سو داشته و حتی در جهت نصف‌النهاری نیز تا شمال روسیه امتداد یافته است. گسترش محدوده فعالیت آن در جهات مداری و نصف‌النهاری باعث کشیده شدن زبانه ۱۰۲۰ هکتوپاسکال آن بر روی منطقه مطالعاتی شده و این عامل باعث پایداری هوا به جز در بخش‌های جنوبی ایران شده است. هم‌چنین حرکت ساعت‌گرد هوا در این سامانه باعث انتقال رطوبت دریای خزر به سمت حوضه مورد مطالعه شده است. گسترش این سامانه بر غرب آسیا و قرارگیری آن در همسایگی مراکز کم‌فشار اروپا یک شیب گرادیان فشاری بین این مراکز ایجاد نموده است.

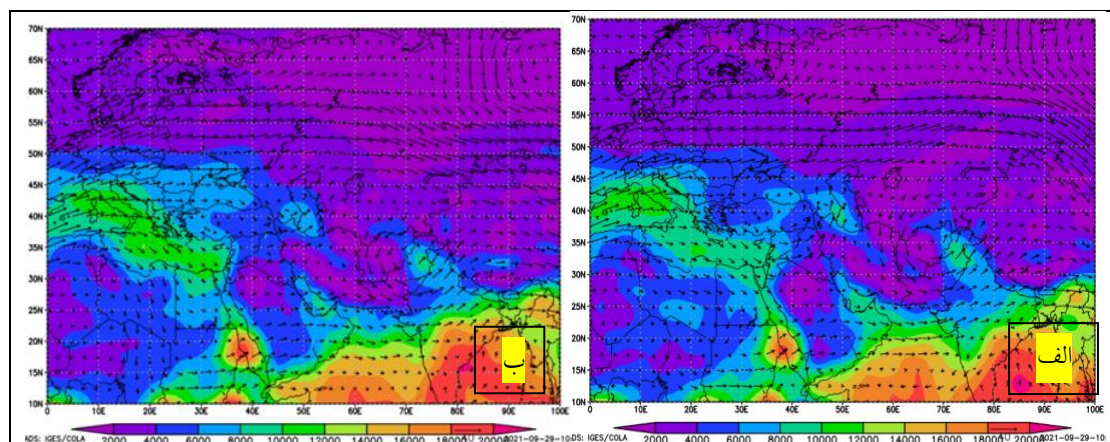
مطابق شکل ۷ وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز ۱۶ آذر سال ۱۳۸۹ نشان می‌دهد یک سردچالی در روی ترکیه به وجود آمده و باعث دوشاخه شدن جریان هوای بادهای غربی شده است. در قسمت جنوب این پدیده که خطوط تراز هم‌فشار انحنا یافته‌اند منجر به تشکیل یک ناوه در شرق دریای مدیترانه شده‌اند. چرخندگی مثبت هوا در قسمت جلوی محور فرود این ناوه صعود هوا را در جو منطقه مطالعاتی منجر شده است. در روز رخداد سیل سردچال مذکور نابود گشته و ناوه یادشده حرکتی شمال‌شرق سو یافته است و همچنان منطقه مورد مطالعه در جلوی محور فرود و پشت محور فراز واقع گشته است. وضعیت دینامیکی هوا در این حالت به گونه‌ای بوده که هم‌گرایی در عرض‌های پایین و واگرایی در عرض‌های بالا اتفاق افتاده و منجر به تقویت صعود هوا در منطقه مورد مطالعه شده است. هم‌چنین می‌توان گفت رطوبت دریای سیاه و دریای مدیترانه از طریق کانال این ناوه به همراه هوای گرم عراق به سمت ناحیه مورد بررسی شارش یافته است.



شکل ۷- نقشه ترکیبی فشار تراز دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز الف) ۷ دسامبر، ب) ۸

دسامبر ۲۰۱۰

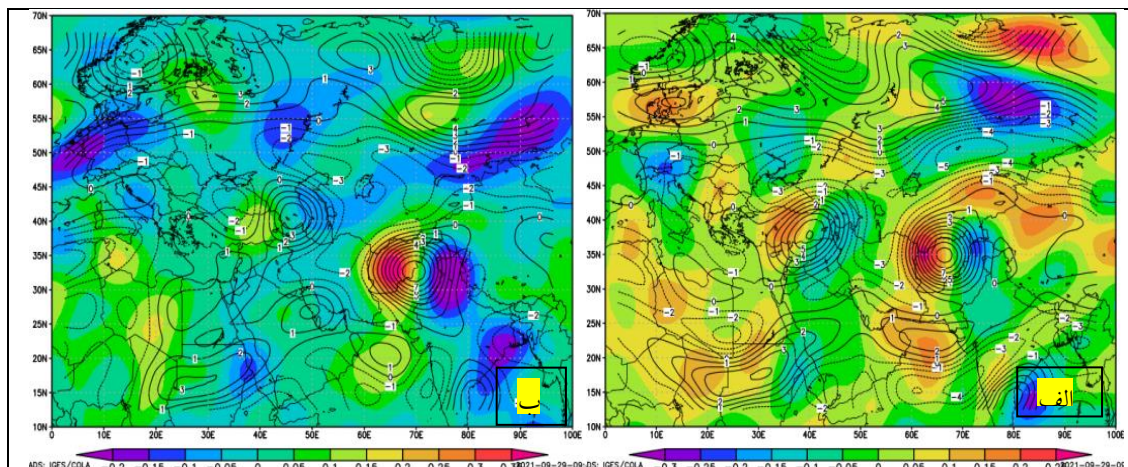
بر اساس شکل ۸ نقشه آب قابل بارش از سطح زمین تا سطوح فوقانی جو و بردار باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز ۱۶ آذرماه سال ۱۳۸۹ نشان می‌دهد در محدوده جغرافیایی دریای مدیترانه، یک هسته رطوبتی با بیشینه ۱۲ کیلوگرم بر یک مترمربع پدید آمده و توسط بادهای غربی جنب حاره حمل شده و در ترکیه تحت تأثیر انشعاب ایجاد شده توسط سردچال موجود قرار گرفته‌اند. دو شاخه شدن جریان بادهای غربی در این ناحیه موجب شده قسمتی از این بادهای غربی از طریق کانال ناوه واقع در جنوب سردچال مذکور به سمت شمال غرب کشور ایران هدایت شوند. با منحل شدن سردچال مذکور در روز رخداد سیل و نزدیکی ناوه به سمت ناحیه مورد مطالعه و به تبع شدت یافتن سرعت باد در جلوی محور ناوه بر شدت ناپایداری در منطقه افزوده شده است و میزان رطوبت موجود در جو به مقدار ۸ کیلوگرم در یک مترمربع رسیده است؛ بنابراین دریای مدیترانه نقش پررنگی در تغذیه رطوبتی بارش روز مذکور داشته است.



شکل ۸- نقشه ترکیبی بردار باد با آب قابل بارش تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز الف) ۷ دسامبر، ب) ۸ دسامبر ۲۰۱۰

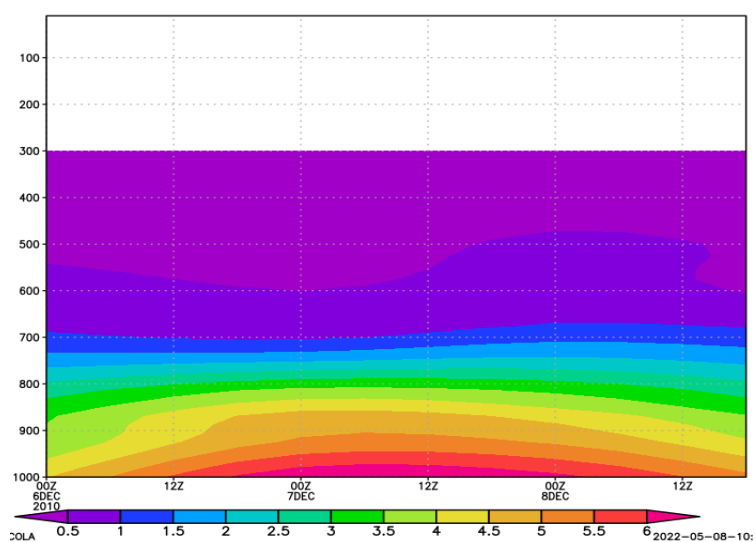
بر اساس شکل ۹ وضعیت امگای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز ۱۶ آذرماه سال ۱۳۸۹ نشان می‌دهد یک هسته امگای منفی ضعیفی در شمال غرب ایران به وجود آمده و بیشینه آن به -0.1 پاسکال بر ثانیه رسیده است حاکمیت آن بر روی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد از میزان فشار هوا کاسته شده و جریانات هوا صعودی بوده است. در روز ۱۷ آذرماه هسته منفی امگای یادشده به عرض‌های شمالی نقل مکان نموده و یک هسته مثبت امگا جای آن را اشغال کرده است و بخش‌هایی از شمال غرب ایران را تحت پوشش خود درآورده است. در این روز حاکمیت مقدار صفر امگا در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد از شدت جریانات صعودی هوا نسبتاً کاسته شده است.

مطابق شکل ۹ وضعیت تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز ۱۶ آذرماه سال ۱۳۸۹ نشان می‌دهد در شمال غرب و شمال شرق ایران هسته‌های مثبت تاوایی قدرتمندی به وجود آمده است؛ درحالی‌که قسمت‌های مرکزی ایران و حتی منطقه مورد مطالعه وضعیت متفاوت از آن داشته و حاکمیت مقدار -1 تاوایی در منطقه نشان از نزول هوا داشته است. هسته مثبت تاوایی شمال غرب ایران در روز وقوع سیل حرکت شمال شرق سو داشته و توانسته با عقب راندن زبانه منفی تاوایی بر منطقه مورد مطالعه تسلط یابد و حاکمیت مقدار تاوایی $+2$ بر منطقه دلالت بر این داشته که گردش افقی هوا موافق با حرکت وضعی زمین بوده و منجر به صعود هوا شده است.



شکل ۹- نقشه ترکیبی امگا با تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز الف (۷ دسامبر، ب) ۸ دسامبر ۲۰۱۰

در شکل ۱۰، نقشه هاف‌مولر رطوبت ویژه ساعات صفر زولو ۶ دسامبر تا ۱۸ زولو ۸ دسامبر ۲۰۱۰ برای تراز ۱۰۰۰ تا ۱۰ هکتوپاسکال را مشاهده می‌کنیم. مطابق این شکل مقدار بیشینه رطوبت ویژه در تراز سطح زمین (۱۰۰۰ هکتوپاسکال) بوده که به ۷ گرم در کیلوگرم هوا در روز قبل از وقوع سیل رسیده است. مشابه این وضعیت با مقدار نم ویژه نسبتاً کم‌تر تا تراز ۸۰۰ هکتوپاسکال دیده می‌شود؛ اما در ترازهای ۶۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال مقدار نم ویژه موجود در جو از بی‌نظمی زمانی برخوردار بوده و در ساعات مختلف بین ارتفاعات متفاوت حدود ۰/۵ تا ۱ گرم در کیلوگرم هوا در نوسان بوده است.



شکل ۱۰- نقشه هاف‌مولر رطوبت ویژه ساعات صفر زولو ۶ دسامبر تا ۱۸ زولو ۸ دسامبر ۲۰۱۰ تراز ۱۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (طول و عرض ثابت، زمان و ارتفاع متغیر)

۴- جمع‌بندی

در پژوهش حاضر سعی بر این بود تا با تحلیل همدیدی دو مورد از سیلاب‌های رخ داده در حوضه آبخیز بالیخوچای اردبیل عوامل جوی مولد بارش‌های سیل‌آسای منطقه مذکور از دیدگاه محیطی به گردشی شناسایی شود. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در تراز سطح زمین سامانه‌های فشار از جمله کم‌فشار حرارتی مدیترانه‌ای و پرفشار حرارتی واقع در چین در درجه اول عامل مهمی در اغتشاش جوی بوده‌اند. بررسی نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ میلی‌بار نیز نشان داد منطقه مورد مطالعه در جلوی محور فرود ناوه‌ی شرق مدیترانه قرار گرفته و حرکات چرخندی هوا به تقویت جریانات واگرایی در سطوح فوقانی جو شده است؛ اما نقشه‌های کمکی نظیر امگا و تاوایی نشان داد مقادیر صفر امگا و تاوایی مثبت در روزهای فرین بر منطقه غالب بوده که بیانگر صعودی بودن هوا بوده‌اند. هم‌چنین حرکت بادهای غربی جنب حاره به گونه‌ای بوده که بیشتر از روی دریای مدیترانه عبور کرده و بر رطوبت آن را بر جو منطقه مورد مطالعه شارش نموده است بنابراین می‌توان گفت دریای مدیترانه نقش مهمی در تغذیه رطوبتی بارش‌های سیل‌آسا داشته است. وضعیت رطوبت ویژه در نقشه‌های هاف مولر نشان داد که مقدار نم موجود در هوا بیشتر در لایه‌های پایینی زمین بوده و از روز قبل از وقوع سیل بر میزان آن افزوده شده است.

مطابق تحقیقات سینوپتیکی اشاره شده در قسمت پیشینه تحقیق، نتایج این پژوهش نیز با نتایج کار دیگر محققین تداعی داشته است. همان‌طور که **قویدل رحیمی و همکاران (۱۳۹۳)** بیان داشتند استقرار سامانه کم‌فشار بر روی ایران مرکزی، واقع شدن جیرفت در زیر منطقه واگرایی بالایی، صعود هوا به علت چرخندگی مثبت و تأمین رطوبت از دریای خلیج فارس، دریای عرب و خلیج عمان نقش اصلی را در ایجاد بارش‌های سیل‌آسا بر عهده داشته‌اند. **حلبیان و همکاران (۱۳۹۱)** اشاره داشتند ادغام سامانه‌های کم‌فشار مهاجر همراه با جبهه از سمت شرق مدیترانه با سامانه‌های کم‌فشار منطقه دریای سرخ بارش‌های سیل‌زا را پدید آورده و دریای مدیترانه شرقی، دریای سرخ شمالی خلیج فارس منبع تغذیه رطوبتی این بارش‌ها بوده است. هم‌چنین **حجتی‌زاده (۱۳۸۸)** بیان داشت هر وقت دو سامانه سودانی و مدیترانه‌ای باهم ترکیب می‌شوند باعث ایجاد این پدیده می‌شوند؛ بنابراین طبق این نتایج می‌توان ادعا بر این داشت که کم‌فشارهای حرارتی تشکیل شده بر روی دریای مدیترانه، عمده بارش‌های سیل‌آسای ایران را عهده‌دار بوده است؛ بنابراین لازم است تدابیری برای زمان قبل از وقوع سیل و اقداماتی بعد از رخداد آن انجام شود.

کتابنامه

- احمدی، محمود؛ جعفری، فرزانه؛ ۱۳۹۵. تحلیل همدیدی سیل و ویرانگر تیرماه سال ۱۳۹۴ شمال ایران. فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره ۳۴، ۸۳-۱۰۴. https://jopg.larestan.iau.ir/article_531683.html
- امینی، میترا؛ لشکری، حسن؛ کریمپور، مصطفی؛ حاجتی، زهرا؛ ۱۳۹۲. تحلیل سینوپتیک سامانه‌های همراه با بارش سنگین و سیل‌زا در حوضه رودخانه کشکان برای دوره آماری (۱۳۸۴-۱۳۵۰). نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره ۴۳، ۲۰-۱. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_3_17.html
- پژوه، فرشاد؛ جعفری، فرزانه؛ ۱۳۹۹. واکاوی همدیدی بارش‌های سیل‌آسا و مخاطره‌آمیز غرب و جنوب غرب ایران در دهه اول فروردین ۱۳۹۸. فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، شماره ۱۱۴، ۱۶۵-۱۸۴. http://www.sepehr.org/article_44600.html
- حاجتی‌زاده، رحیم؛ ۱۳۸۸. بررسی سینوپتیکی و ترمودینامیکی سیل‌های بزرگ در غرب کشور. مجموعه علوم نظامی، شماره ۳۸-۳۹، ۸۳-۹۸. http://rmmc.ihuo.ac.ir/article_205667.html
- حلیان، امیرحسین؛ حسینعلی پورجزی، فرشته؛ ۱۳۹۴. تحلیل سینوپتیک مخاطرات اقلیمی در جنوبغرب ایران مورد مطالعه: بارش‌های سنگین سیل‌زا در آذر ۱۳۹۱. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، شماره ۴، ۳۱-۴۶. <https://system.khu.ac.ir/jsaeh/article-1-2530-fa.pdf>
- حلیان، امیرحسین؛ حسینعلی پورجزی، فرشته؛ صابری، بیژن؛ ۱۳۹۱. تحلیل همدید سامانه‌های سیل‌زا در قم (مطالعه موردی: سیلاب فروردین سال ۱۳۸۸). مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شماره ۸، ۱۲۱-۱۳۷. <https://www.magiran.com/paper/1116715>
- حلیان، امیرحسین؛ دهقانپور، علیرضا؛ عاشوری قلعه رودخانی، زینب؛ ۱۳۹۵. تحلیل همدید بارش‌های حدی و فراگیر در کرانه‌های شرقی خزر. جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۱۹، ۳۷-۵۷. https://geoeh.um.ac.ir/article_30090.html
- رثوف، مجید؛ علی‌اوغلی، سیمین؛ ۱۳۹۹. برآورد جریان محیط زیستی رودخانه بالیخلوچای و بررسی تأثیر بهره‌برداری از سد یامچی بر رژیم جریان هیدرولوژیکی و زیست‌محیطی رودخانه. منابع طبیعی ایران، شماره ۲، ۲۹۹-۳۱۲. https://jne.ut.ac.ir/article_77253.html
- سبحانی، بهروز؛ عالی‌جهان، مهدی؛ زینالی، بتول؛ ۱۳۹۵. واکاوی همدید-ماهواره‌ای موج بارشی سنگین استان چهارمحال و بختیاری. جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۲۰، ۱۰۹-۱۳۴. https://geoeh.um.ac.ir/article_30562.html
- سلامتی هرمزی، وحید؛ امیدوار، کمال؛ کاوسی، رضا؛ حمزه‌نژاد، مجتبی؛ ۱۳۹۶. شناسایی و تحلیل همدیدی - دینامیکی الگوهای جوی سیلاب آبان ۱۳۹۴ در استان‌های ایلام و لرستان. مجله علمی و ترویجی نیوار، شماره ۹۶-۹۷، ص ۲۷-۹. <https://www.magiran.com/paper/1716366>

شهبازی، علی؛ خلیقی سیگارودی، شهرام؛ ملکیان، آرش؛ سلاجقه، علی؛ ۱۳۹۳. انتخاب بهترین فرمول تجربی برای برآورد زمان تمرکز در حوضه‌های آبخیز شهری (مطالعه موردی: شهر ماهدشت). *مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران*، شماره ۳، ۱۹-۴۳۵. https://jrwm.ut.ac.ir/article_52835.html

علیجانی، بهلول؛ میرزایی، نبی‌اله؛ جاهدی، آرمان؛ ۱۳۹۸. واکاوی همدید بارش‌های حدی و سیل‌آسای کشور مطالعه موردی: ۱۶-۳۱ مارس ۲۰۱۹. *دگرگونی‌ها و مخاطرات آب‌وهوایی*، شماره ۲، ۷۰-۱۱۴. http://cccd.znu.ac.ir/article_44665.html

علیزاده، امین؛ ۱۳۹۰. *اصول هیدرولوژی کاربردی*. انتشارات دانشگاه امام رضا. فرج‌زاده، منوچهر؛ ۱۳۹۴. *تکنیک‌های اقلیم‌شناسی*. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت). فنودی، محسن؛ امیدوار، کمال؛ مزیدی، احمد؛ دوستان، رضا؛ ۱۳۹۷. تحلیل الگوهای گردش مؤثر بر بارش‌های رگباری ناحیه کوهپایه داخلی ایران. *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، شماره ۱، ۱۳۷-۱۶۳. https://jgrd.um.ac.ir/article_32824.html

قوبدل رحیمی، یوسف؛ احمدی، محمود؛ حاتمی زرنه، داریوش؛ رضایی، محمد؛ ۱۳۹۳. شناسایی الگوهای سینوپتیک بارش سنگین مولد سیلاب مخرب در شهرستان جیرفت، *جغرافیا*، شماره ۴۱، ۱۶۱-۱۷۸. <https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/1393801>

کریمی، مصطفی؛ جعفری، ایوب؛ بنی عامریان، امیر؛ کاکي، سیف‌اله؛ ۱۳۹۹. تحلیل آماری - هم‌دید تاریخی اولین بارش مؤثر در غرب و شمال‌غرب ایران. *جغرافیا و پایداری محیط*، شماره ۳۵، ۱-۱۹. <https://www.sid.ir/paper/960327/fa>

محمودآبادی، مهدی؛ امیدوار، کمال؛ مظفری، غلامعلی؛ مزیدی، احد؛ نارنگی فرد، مهدی؛ فاطمی، مهران؛ ۱۳۹۵. تحلیل هم‌دید اثرات پدیده بلاکینگ بر بارش‌های سیلابی فروردین ماه ۱۳۹۲ در نیمه جنوبی ایران. *نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، شماره ۲۵-۲۶، ۶۷-۸۲. https://clima.irimo.ir/article_42077.html

مهدوی، محمد؛ ۱۳۷۱. *هیدرولوژی کاربردی*. انتشارات دانشگاه تهران.

Armon M, Dente E, Smith JA, Enzel Y, Morin E., 2018. Synoptic-Scale Control over Modern Rainfall and Flood Patterns in the Levant Drylands with Implications for Past Climates. *Journal of Hydrometeorology* 19(6): 1077-1096.

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018JHyMe..19.1077A/abstract>

Baltaci H., 2017. Meteorological analysis of flash floods in Artvin (NE Turkey) on August 24, 2015. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci* 404: 1-23.

<https://nhess.copernicus.org/articles/17/1221/2017/>

Dayan U, Ziv B, Margalit A, Morin E, Sharon D., 2001. A severe autumn storm over the middle-east: synoptic and mesoscale convection analysis. *Theoretical and Applied Climatology* volume 69: 103-122. <https://link.springer.com/article/10.1007/s007040170038>

Gil-Guirado S, Pérez-Morales A, Pino D, CarlosPeña J, LópezMartínez F., 2022. Flood impact on the Spanish Mediterranean coast since 1960 based on the prevailing synoptic patterns. *Science of The Total Environment* 807 (1): 1-16.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721058551>

- Kuo YH, Cheng L, Anthes RA., 1986. Mesoscale Analyses of the Sichuan Flood Catastrophe, 11–15 July 1981. *Monthly Weather Review* 114(11): 1984–2003.
https://www.researchgate.net/publication/234182830_Mesoscale_Analyses_of_the_Sichuan_Flood_Catastrophe_11_15_July_1981
- Ramis C, Llasat MC, Genovés A, Jansà A., 1994. The October-1987 floods in Catalonia: Synoptic and mesoscale mechanisms. *Meteorological Applications* 1(4): 337-350.
<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/met.5060010404>
- Sabziparvar AA, Parandeh A, Lashkari H, Yazdanpanah H., 2010. Mid-level synoptic analysis of flood-generating systems in South-west of Iran (case study: Dalaki watershed river basin). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci* 10(11): 2269–2279.
<https://nhess.copernicus.org/articles/10/2269/2010/>