



Synoptic tracking and analysis of widespread heavy rainfall of February 2, 1988 in northwest Iran

Aysan kanzi Hagh¹, Behrouz Sobhani^{2*}

1.Ph.D.Student of Climatology, Department of Physical Geography,Faculty of Social Sciences,University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2.Professor,Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences,University of Mohaghegh Ardabili,Ardabil, Iran.

Received Date: 01 April 2025

Accepted Date:31 July 2025

Abstract

Background and Aim: Heavy rainfall every year leads to heavy and unpredictable floods in the world and Iran, which cause severe financial and human losses. The aim of this article is to examine the synoptics of the heavy and widespread rainfall in the northwest region of Iran on February 2, 1988.

Methodology: First, the amount of heavy precipitation that occurred was identified by ground stations in northwest Iran, and by receiving and analyzing upper-level atmospheric data, the key factors for heavy and widespread precipitation were identified. Next, maps of geopotential height, sea level pressure, omega, relative humidity and precipitable water, wind speed, and thickness at the 500 hectopascal level were used for the days of January 31 to February 2, 1988.

Finding and Results: The weather maps for heavy and widespread precipitation on February 2, 1988, in the northwest region of Iran indicate the establishment of a Siberian high-pressure system over northern Iran and the intrusion of a thermal low-pressure system from migrating Europe into the northwestern area under study at the 500 hPa level. This created a steep pressure gradient, where the ascent of warm air, along with the transfer of moisture from surrounding warm water sources such as the Black Sea and the Mediterranean, played a key role in the intensity and distribution of the heavy precipitation in the area in question. In the upper levels of the atmosphere, the formation of omega-shaped and rex blockings, along with deep Mediterranean low formations produced by these blocking systems, which placed the area of study in front of the existing trough axis, combined with the influx of very warm and moist air, led to the continuation of heavy and widespread rainfall on February 2 in northwest Iran.

Keywords: Synoptic analysis, Northwest Iran, Siberian high pressure, European low pressure, Bandali systems.

* Corresponding Author Email: sobhani@uma.ac.ir

Cite this article: Sobhani, B. and kanzi Hagh, A. (2026). Synoptic tracking and analysis of widespread heavy rainfall of February 2, 1988 in northwest Iran. Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS), 7(1), 178-192.



شاپا: ۰۷۶۴-۲۷۸۳

دوره ۷، شماره ۱، شماره پیاپی ۲۳، بهار ۱۴۰۵

Journal Homepage <https://www.srds.ir/>
https://www.srds.ir/article_226426.html?lang=fa

ردیابی و تحلیل همدیدی بارش سنگین فراگیر در شمال غرب ایران (مطالعه موردی: ۲ فوریه ۱۹۸۸)

آیسان کنزی حق^۱، بهروز سبحانی^{۱*}

۱. دانشجوی دوره دکتری آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲. استاد گروه اقلیم شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۹

چکیده

زمینه و هدف: بارش‌های شدید همه‌ساله منجر به ایجاد سیلاب‌های سنگین و غیرقابل پیش‌بینی در جهان و ایران می‌شوند که خسارت‌های شدید مالی و جانی را به ارمغان می‌آورند. هدف از مقاله حاضر، بررسی سینوپتیک بارش سنگین و فراگیر منطقه شمال غرب ایران در تاریخ ۲ فوریه سال ۱۹۸۸ است.

روش‌شناسی: ابتدا مقدار بارش سنگین رخ داده به وسیله ایستگاه‌های زمینی شمال غرب ایران شناسایی شدند و با دریافت داده‌های سطوح فوقانی جو و تحلیل آن‌ها، عوامل کلیدی جهت ریزش بارش سنگین و فراگیر مشخص گردید. در ادامه از نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار سطح دریا، امگا، رطوبت نسبی و آب قابل بارش، سرعت باد و ضخامت در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روزهای ۳۱ ژانویه الی ۲ فوریه سال ۱۹۸۸ استفاده شد.

نتایج و یافته‌ها: نقشه‌های جوی بارش سنگین و فراگیر ۲ فوریه سال ۱۹۸۸ منطقه شمال غرب ایران، حاکی از استقرار سامانه پرفشار سبیری در شمال کشور ایران و نفوذ سامانه کم‌فشار حرارتی مهاجر اروپایی در شمال غرب محدوده مورد مطالعه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال است که با ایجاد گرادیان شدید فشار، صعود هوای گرم هم‌زمان با انتقال رطوبت از منابع آبی گرم پیرامون از جمله دریاهای سیاه و مدیترانه نقش کلیدی در شدت و توزیع بارش شدید منطقه مورد نظر داشته‌اند. در سطوح فوقانی جو نیز با تشکیل بلاکینگ‌های امگایی شکل و رکس، ایجاد فرود عمیق مدیترانه‌ای حاصل از این سیستم‌های بندالی که با قرارگیری محدوده مورد مطالعه در مقابل محور ناوه موجود به همراه فرا رفت هوای بسیار گرم و مرطوب، موجب تداوم بارندگی سنگین و فراگیر ۲ فوریه منطقه شمال غرب ایران شده است.

کلید واژه‌ها: تحلیل سینوپتیک، منطقه شمال غرب ایران، پرفشار سبیری، کم‌فشار مهاجر اروپایی، سیستم‌های بندالی.

* نویسنده مسئول : sobhani@uma.ac.ir

ارجاع به این مقاله: سبحانی، بهروز و کنزی حق، آیسان (۱۴۰۵). ردیابی و تحلیل همدیدی بارش سنگین فراگیر در شمال غرب ایران (مطالعه موردی: ۲ فوریه ۱۹۸۸). فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، ۱۷(۱)، ۱۷۸-۱۹۲.

مقدمه و بیان مسأله

از جمله مهم‌ترین پدیده‌های جوی و یکی از شواهد ناهنجاری‌های اقلیمی که به‌صورت یک سیستم بسته عمل کرده و بر زندگی جوامع انسانی و محیط‌های زیست پیرامون تأثیر بسزایی می‌گذارد، بارش‌های سنگین است. بیشترین میزان تمرکز جمعیت در مکان‌هایی است که از لحاظ بارش مناسب و دارای آب و هوای ملایم است. عامل صعود و منابع رطوبت از جمله عوامل به وجود آورنده پراکندگی بارش در یک منطقه می‌باشند، به‌طوری‌که مطلوب بودن این عوامل حداکثر بارش‌ها را به ارمغان آورده و درجهایی که این عوامل مؤثر نباشند بارشی رخ نمی‌دهد یا به حداقل ممکن خود می‌رسد. بارش‌ها باوجود این که از پدیده‌های ارزشمند طبیعی هستند، می‌توانند به یک مخاطره طبیعی هم تبدیل‌شده و برای زندگی خطرآفرین باشند (صلاحی و عالی جهانی، ۱۳۹۲: ۷۴).

محدوده شمال غرب ایران در منطقه‌ای کوهستانی واقع‌شده است به‌طوری‌که وجود کوهستان‌ها و ناهمواری‌های متعدد، عرض جغرافیایی نسبتاً بالا و وجود دریاچه ارومیه از عوامل اقلیمی تأثیرگذار بر منطقه مورد مطالعه می‌باشند (خورشید دوست و همکاران، ۱۳۹۵: ۵۹). با توجه به قرارگیری ناحیه کوهستانی شمال غرب ایران در مسیر بادهای غربی و با تحت تأثیر قرارگرفته از فرآیندهای محلی، از لحاظ بارندگی با سازوکار پیچیده‌ای روبه‌رو است. کمینه بارش در بخش‌های شمال شرقی و بیشینه بارش در بخش‌های جنوب غربی منطقه بوده و بیشترین ضریب تغییرات، نایک‌نواختی زمانی بارش در منطقه جنوب غربی و شمال غربی و کمترین آن در بخش شمال‌شرقی (منطبق بر دشت مغان) است (عساکره و رزمی قلندری، ۱۳۹۳: ۱۴۷).

در کنترل مجموعه بارش‌های شمال‌غرب ایران، مجموعه‌ای از عوامل زمانی و مکانی دخیل هستند و به این دلیل، رفتار زمانی و مکانی بارش‌ها در این منطقه از کشور یکنواخت و همگون نیست. از طرفی کمبود مشاهدات اقلیمی کافی چه در بعد مکانی (ایستگاه‌ها) و چه در بعد زمان (مشاهدات گم‌شده کوتاه بدون دوره آماری، ناهمگونی مشاهدات) موجب شده است تا بیان و تشریح واقعیت‌های اقلیمی منطقه با دشواری انجام بگیرد. (عساکره و رزمی، ۱۳۹۰: ۱۴۱-۱۴۲).

سؤال مطرح شده در پژوهش حاضر عبارت است از: کدام الگوهای همدیدی و سامانه‌های جوی تأثیرگذاری در وقوع بارش سنگین و فراگیر ۲ فوریه سال ۱۹۸۸ منطقه شمال غرب کشور ایران نقش داشته‌اند؟ فرضیه مطرح برای این پژوهش را می‌توان چنین بیان نمود که بارش سنگین ۲ فوریه سال ۱۹۸۸ شمال غرب ایران، تحت تأثیر تقابل فعالیت سامانه‌های پرفشار و کم‌فشار مهاجری است که هم‌زمان با انتقال رطوبت شدید از منابع آبی گرم پیرامون به منطقه مورد مطالعه، رخ داده است. هدف از این پژوهش شناخت و آگاهی از سیستم‌های سینوپتیکی منجر به بارش سنگین و فراگیر ۲ فوریه منطقه شمال‌غرب ایران در سال ۱۹۸۸ است. بررسی مطالعات صورت گرفته در رابطه با این قبیل از بارش‌های شدید، علل و الگوهای فشاری خاص به وجود آورنده آن‌ها را مشخص ساخته و با توجه به انجام پیش‌بینی و ارائه هشدارهای لازم، با در نظر گرفتن پیامدهای زیست‌محیطی بسیار ناگواری که به بار می‌آورند، از لحاظ پیشگیری و کاهش خسارت‌های گوناگون، اعم از جانی و مالی دارای اهمیت می‌باشند.

مبانی نظری پژوهش

تغییرات اقلیمی

هرگونه تغییرات در آب و هوا، که از تراز رخدادهای منفرد آب و هوایی به صورت طولانی باقی بماند را تغییرات اقلیمی^۱ می‌گویند که در این میان فعالیت‌های انسانی به طور فزاینده‌ای این تغییرات را موجب گشته که با همراهی عوامل جغرافیایی حاکم در هر منطقه شدت می‌گیرد. از جمله تغییرات اقلیمی پرحادثه، تأثیرات بر چرخه هیدرولوژیکی مناطق و به دنبال آن ایجاد سیلاب‌های ویرانگر می‌باشد (مرادی و همکاران، ۱۴۰۲: ۶۸).

^۱ climate change

مخاطرات طبیعی

به حادثی که به صورت ناگهانی به وقوع پیوسته و اثرات ویرانگری را به دنبال دارند، مخاطرات طبیعی می‌گویند که خسارت‌های جانی و مالی فراوانی را از طریق تغییرات شرایط زیست محیطی برای جوامع بشری به ارمغان می‌آورند که امروزه بیشتر شهرهای جهان با آن رو به رو بوده و از طرفی تغییرات اقلیمی نیز بر شدت وقوع آن‌ها افزوده است (خالدی و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۸).

بارش سنگین

بارش سنگین که در واژه‌نامه انجمن هواشناسی آمریکا^۱ AMS به بارشی اطلاق می‌شود که نرخ انباشت آن با بیش از یک آستانه ویژه و وابسته به مکان جغرافیایی خاص باشد (ناظم السادات و شاهقلیان، ۱۳۹۴: ۱۰۷۴). در مطالعات و پژوهش‌های علمی اقلیم‌شناسی، بارش‌های سنگین از دو طریق صدک و آستانه‌های بارش، قابل‌شناسایی است، به گونه‌ای که بارش‌های قرارگرفته در صدک‌های ۹۵، ۹۸، ۹۹ و آستانه‌های بارشی با روزهای بارش بیش از ۱۰، ۳۰ (ایران)، ۹۴/۴ (مناطق هندوستان) میلی‌متر و بارش‌های بیش از ۲ اینچ آمریکا، جزء بارش‌های سنگین دسته‌بندی می‌شوند (چهره‌آرا ضیا بری و صفر راد، ۱۳۹۸: ۲۹۱).

پیشینه پژوهش

مطالعات زیادی در ارتباط با تحلیل سینوپتیک رخداد بارش‌های سنگین در سطح جهان به‌عمل‌آمده است. کاهانا و همکاران (۲۰۰۴)^۲، با مطالعه سیل‌های مهم صحرای نگو به این نتیجه دست یافتند که بیش از ۷۵ درصد از سیل‌های رخ داده به دلیل وجود ناوه فعال دریای سرخ بوده است. رضا کووا و همکاران^۳ (۲۰۰۵)، با بهره‌گیری از روش تحلیلی سینوپتیک به مطالعه بارش‌های سیل‌آسا در اوت ۲۰۰۲ منطقه چک را پرداختند و به این نتیجه رسیدند که انتقال رطوبت هوا و صعود اروگرافی منطقه، به همراه شکل‌گیری گرادیان افقی در قسمت عقب سیکلون از اصلی‌ترین علل وقوع بارش سنگین اوت ۲۰۰۲ کشور چک بوده است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۴: ۲).

لی و آلبرتوس^۴ (۲۰۱۵)، با بررسی بارش سنگین ۲۱ ژوئیه منطقه بیجینگ، علل وقوع این پدیده را ورتکس شمال غربی ترازهای پایین، به همراه رطوبت قائم جو دانستند.

هدایت و همکاران^۵ (۲۰۱۶)، همرفت بین نسیم دریا و خشکی و بازتابش امواج از سطح خشکی را از علت‌های بارش سنگین فصول مرطوب دریای جاوا مطرح نمودند.

کایی و ژوئی^۶ (۲۰۱۷)، در مطالعه جفت پارامترهای رطوبت دهی بارش‌های سنگین منطقه‌ای، واگرایی و همگرایی را اساس تغییرات رود باد، جهت تزریق رطوبت موردنیاز برای بارش‌های شدید بیان کردند (حسینی صدر و همکاران، ۱۳۹۸: ۸۳-۸۲).

در ایران نیز تحقیقات زیادی در رابطه با تجزیه و تحلیل سینوپتیک بارش‌های سنگین به‌عمل‌آمده است. لشکری (۱۳۸۲)، بارش‌های سنگین جنوب و جنوب غرب کشور ایران را موردبررسی قرار دادند و از اصلی‌ترین علل وقوع این رخداد سامانه کم‌فشار سودانی، سامانه‌های سیبری، و اچرخند شمال آفریقا، شبه‌جزیره عربستان و ناوه شمال آفریقا در سطوح زیرین و میانی جو مطرح نمودند.

^۱ American Meteorological Society

^۲ Kahana

^۳ Reza Kwoa

^۴ Li and Albertos

^۵ Hidayat et al.

^۶ Kai and Zhiwei

مفیدی (۱۳۸۴)، نیز در تحقیقاتی خود برای بارش‌های سنگین و سیل‌آسای ایران، به نقش اساسی سامانه کم‌فشار سودانی اشاره نمود. رحیمی و همکاران (۱۳۸۹)، حرکت رو به شرق و تقویت فرود شرق دریای مدیترانه در تروپوسفر میانی را از مهم‌ترین عوامل شکل‌گیری بارش‌های سنگین کرمان دانستند.

خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۹۳)، در مطالعه‌ای که برای سیلاب آبان ماه سال ۱۳۹۰ شهرستان بهبهان و لیکک انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که در تقویت نقش کم‌فشار مدیترانه-سودانی، قرارگیری مابین دو مرکز پرفشار جنب‌حاره‌ای و اروپا، در جنوب شرق عربستان و وجود ناوه عمیق شمال آفریقا که از شرق مدیترانه تا شمال سودان کشیده شده است، از دلایل اصلی وقوع سیل این سال محسوب می‌گردند.

احمدی و علیجانی (۱۳۹۳)، در نتایج تحقیقات خود به وجود چهار الگوی اصلی اغلب بارش‌های شدید، از جمله: ناوه عمیق سوریه، حرکت غرب سوی پرفشار سبیری، وجود فروبار سودانی، وجود رود باد جنب‌حاره‌ای با سرعت زیاد، حاکمیت سامانه بندالی سرد چال به همراه نفوذ کم ارتفاع بسته تا ترازهای فوقانی جو، در کنار تأثیرات حاصل از تغییرات فصل، اشاره کردند. مصطفایی و همکاران (۱۳۹۴)، نقش کم‌فشار سودانی-مدیترانه‌ای، ناوه سوریه و پشته دریای عرب را از اصلی‌ترین و تأثیرگذارترین الگوهای بارشی شدید و فراگیر در ایران بیان نمودند. بلیانی و سلیقه (۱۳۹۵)، نیز از جمله الگوهای بارشی در حوضه‌های آبریز حله و مند را در تشکیل کم‌فشارهای شرق دریای مدیترانه، سیاه و جنوب دریای خزر می‌داند.

ذکی‌زاده و همکاران (۱۳۹۷)، علل اصلی بارش‌های سنگین و فراگیر نیمه جنوبی کشور ایران را تشکیل ناوه سرد چالی بر روی دریای خزر به همراه استقرار رود باد با سرعت ۶۵ متر بر ثانیه در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال بیان نمودند (احمدی و جعفری، ۱۳۹۷: ۸۶-۸۷).

عبدلی و همکاران (۱۴۰۰)، با استفاده از داده‌های ۵۱ ایستگاه هواشناسی، تغییرات دما و بارش منطقه پر بارش نیمه غربی کشور ایران پرداخته و به روند معنی‌دار کاهشی بارش در اکثر نقاط و شیب منفی ایستگاه‌های موردبررسی پی بردند (علیجانی و همکاران، ۱۴۰۳: ۵۲۲).

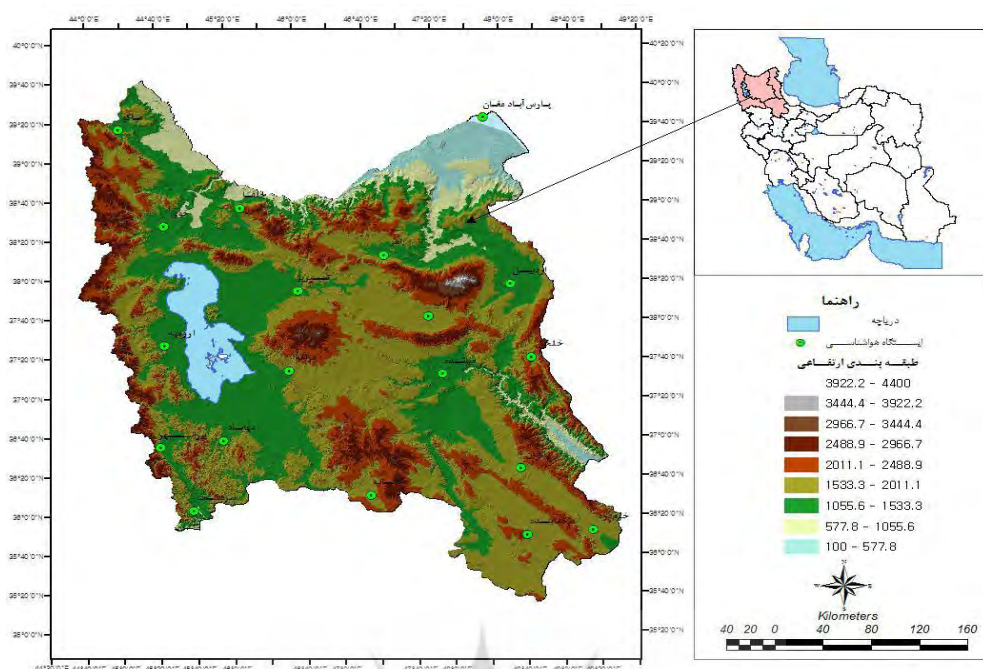
زینالی و همکاران (۱۴۰۱)، با مطالعه همدیدی و بررسی‌های آماری بارش‌های فوق سنگین استان گیلان، استقرار پرفشار شرق اروپا به همراه ارسال جریان‌های بادهای غربی و شمالی به سمت منطقه مورد مطالعه، هم‌زمان با قرارگیری ایستگاه‌های مورد مطالعه در مقابل فرود ناوه حاصل از بلاکینگ دوقطبی و انتقال رطوبت از دریاهای سیاه و مدیترانه بیان کرده‌اند (زینالی و همکاران، ۱۴۰۱: ۵۶۸۲).

قاضی‌زاده و همکاران (۱۴۰۳)، پیامدهای تغییر اقلیم بر پارامترهای بارش و دما را در حوضه آبریز کابل افغانستان با استفاده از مدل لارس بررسی نمودند و نتایج مطالعه آن‌ها حاکی از افزایش دما و کاهش بارش سالانه نسبت به دوره پایه بوده که تغییر در الگوی بارش، احتمال وقوع سیلاب و خطرات مرتبط با آن را در آینده جدی‌تر خواهد کرد (قاضی‌زاده و همکاران، ۱۴۰۳). در این تحقیق نیز ردیابی و تحلیل همدیدی بارش سنگین فراگیر در شمال غرب ایران (مطالعه موردی: ۲ فوریه ۱۹۸۸) بر اساس اهداف تحقیق انجام خواهد شد.

روش پژوهش

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال غرب ایران با مساحتی حدود ۱۱۸۶۷۰ کیلومتر مربع و متوسط ارتفاع ۱۸۳۰ متر که بلندترین نقطه آن دارای ارتفاع بیش از ۴۸۰۰ متر و کم‌ترین ارتفاع آن ۵۰ متر از سطح دریا است و ارتفاعات و ناهمواری‌های این بخش به دودسته کوه‌های نسبتاً کم ارتفاع و کوه‌های مرتفع تقسیم می‌شود (شکل ۱). منطقه شمال غرب ایران شامل استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل و زنجان است. این منطقه از لحاظ آب و هوایی محل عبور سیستم‌ها و توده‌های مختلف اقلیمی بوده که حاصل آن به وجود آمدن پهنه‌های گوناگون اقلیمی بر روی این منطقه است. ایستگاه‌های تبریز و ارومیه از قدیمی‌ترین ایستگاه‌های شمال غرب بوده که در سال ۱۹۵۱ تأسیس شده (جدول ۱) و طولانی‌ترین دوره آماری را دارند (عساکره و رزمی، ۱۳۹۰: ۱۴۱-۱۴۲).



شکل ۱ (توپوگرافی و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه شمال غرب ایران)

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک در منطقه مورد مطالعه

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
ماکو	۴۴ ۲۶	۳۹۲۰	۱۳۲۴	خلخال	۴۸ ۰۷	۳۷۵۱	۱۷۸۰
خوی	۴۴ ۵۸	۳۸۳۳	۱۱۴۳	زنجان	۴۸ ۲۹	۳۶۴۱	۱۶۶۳
ارومیه	۴۵ ۰۵	۳۷۳۲	۱۳۲۸	میانه	۴۷ ۴۳	۳۷۱۳	۱۱۰۰
پیرانشهر	۴۵ ۰۸	۳۶۴۰	۱۴۵۰	مرآغه	۴۶ ۱۴	۳۷۲۴	۱۵۰۰
مهاباد	۴۵ ۴۳	۳۶۴۶	۱۳۱۰	سراب	۴۷ ۳۳	۳۷۵۵	۱۶۵۰
سردشت	۴۵ ۳۰	۳۶۰۹	۱۶۰۰	تبریز	۴۶ ۱۷	۳۸۰۶	۱۴۸۰
تکاب	۴۷ ۰۷	۳۶۲۳	۱۷۹۰	اهر	۴۷ ۰۳	۳۸۲۹	۱۴۷۰
خدابنده	۴۸ ۳۵	۳۶۰۷	۱۸۰۰	جلفا	۴۵ ۳۸	۳۸۵۲	۷۱۰
خرمدره	۴۹ ۱۱	۳۶۱۱	۱۵۸۰	پارس‌آباد	۴۷ ۵۵	۳۹۳۶	۳۲
اردبیل	۴۸ ۱۷	۳۸۱۵	۱۳۵۰				

روش‌شناسی

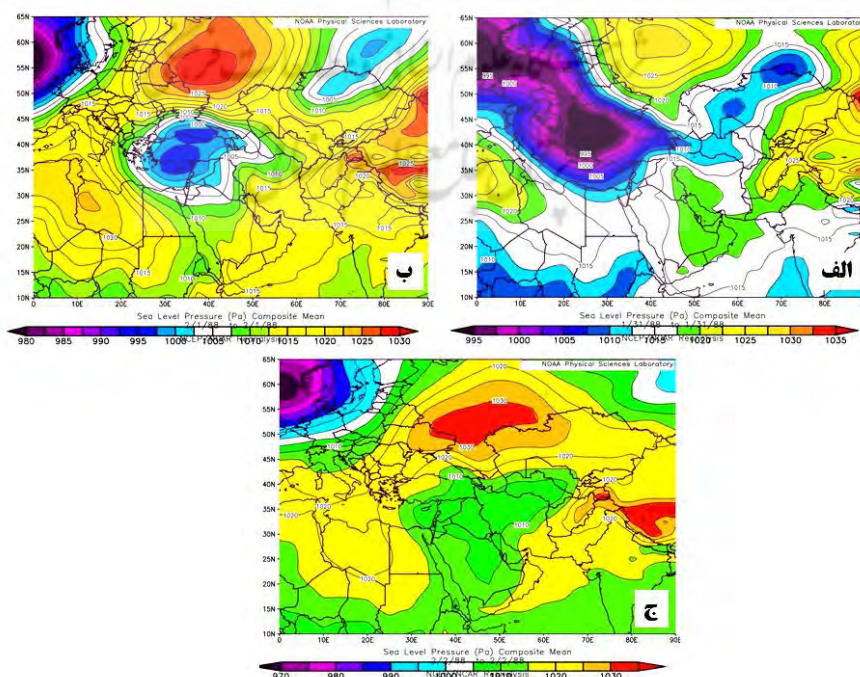
در پژوهش حاضر، به‌منظور تحلیل دقیق سینوپتیکی و شناسایی مکانیزم‌های جوی بارش سنگین و فراگیر ۲ فوریه سال ۱۹۸۸ شمال غرب ایران، ابتدا داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی شمال غرب ایران و زمان بارش با مراجعه به سازمان هواشناسی کشور، دریافت گردید و سپس جهت تحلیل سینوپتیکی رخداد موجود از نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، فشار سطح دریا، امگا، ضخامت، آب قابل بارش، رطوبت نسبی و سرعت باد مربوط به سطوح مختلف جوی در بازه‌های زمانی ۴۸ ساعته منتهی به رویداد مذکور، با اخذ از وب‌سایت متعلق به مرکز ملی پیش‌بینی محیطی (NCEP)

(www.esrl.noaa.gov/psd/data/) استفاده شده است. برای انجام تحلیل، تمامی نقشه‌ها در محدوده عرض جغرافیایی ۱۰-۶۵ و طول جغرافیایی ۰-۹۰، برای تاریخ‌های ۳۱ ژانویه الی ۲ فوریه سال ۱۹۸۸ انتخاب شده است.

یافته‌های پژوهش

وضعیت فشار تراز سطح دریا (روزهای ۳۱ ژانویه، ۱ و ۲ فوریه سال ۱۹۸۸)

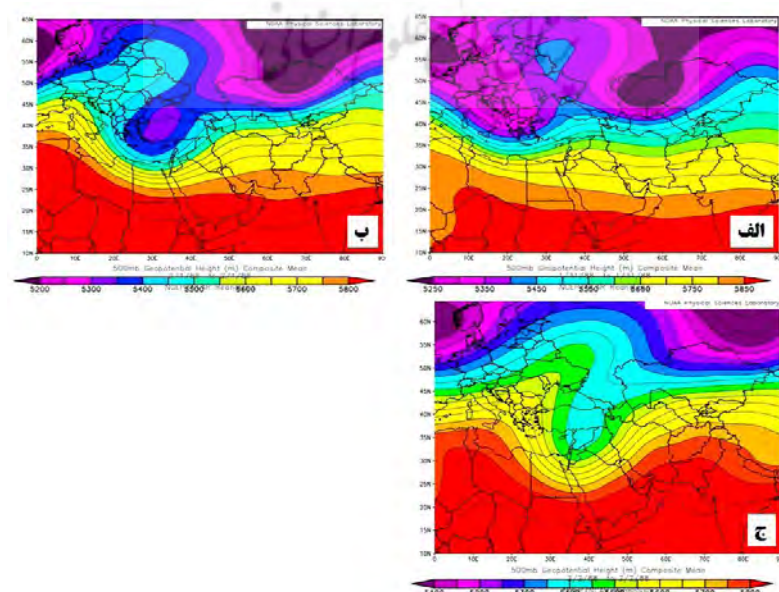
نقشه تراز سطح دریا برای ۴۸ ساعت قبل از بارش سنگین ۲ فوریه، حاکمیت پرفشار حرارتی ۱۰۲۷/۵ میلی‌بار مستقر در منطقه سیبری و شمال ایران را نشان می‌دهد که زبانه فشاری ۱۰۱۷/۵ میلی‌بار این سیستم تا نواحی شمالی کشور ایران نیز کشیده شده و موجب ارسال جریانات سرد و خشک شمال شرقی- جنوب غربی عرض‌های بالا را به سمت محدوده مورد مطالعه شده است. از طرفی با استقرار هسته ۹۹۲/۵ میلی‌بار کم‌فشار حرارتی مهاجر اروپای مرکزی که زبانه فشاری ۱۰۱۵ میلی‌بار آن بخشی از شمال و شمال غرب ایران را تحت سیطره خود قرار داده است و با حرکات پادساعت‌گرد خود، جریان‌های گرم و مرطوب شمال غربی- جنوب شرق وز را از روی دریاهای سیاه و مدیترانه به سمت منطقه شمال غرب ایران روانه ساخته است. با وجود فرا بار قوی منطقه سیبری و کم‌فشار مهاجر اروپایی، گرادیان شدید فشاری ایجاد شده که باعث تقویت سرعت جریانات باد بین دو سیستم فشاری گشته است. تقابل جبهه‌های فعال مستقر در پیرامون منطقه که با ناپایدار ساختن شرایط جوی به همراه تزریق شدید رطوبت از منابع گرم آبی شرایط لازم جهت بارش فراگیر را برای روزهای بعدی در منطقه شمال غرب ایران فراهم کرده است. با جابه‌جایی هسته ۹۹۷/۵ میلی‌بار سیستم کم‌فشار مهاجر اروپایی در یک روز قبل بارش، بر روی دریای مدیترانه و تبدیل آن به دو هسته فشاری که این بار زبانه فشاری ۱۰۰۷/۵ میلی‌بار آن از منطقه مورد مطالعه عبور کرده و جریانات شدیداً گرم و مرطوب دریای مدیترانه را به محدوده مورد مطالعه هدایت کرده است. تقابل شدید مابین دو جبهه هوای گرم عرض‌های میانی و سرد عرض‌های فوقانی، شرایط را برای بارش سنگین روز مورد نظر افزایش داده و بر شدت ناپایداری‌های جوی و صعود هوای گرم و مرطوب افزوده است. با گسترش هسته ۱۰۱۰ میلی‌بار کم‌فشار مدیترانه‌ای بر روی نیمی از ایران و محدوده مورد مطالعه و تقویت هسته فشاری پرفشار سیبری به ۱۰۳۰ میلی‌بار که زبانه فشاری ۱۰۲۰ میلی‌بار آن به مناطق شمالی ایران نزدیک‌تر و موجب تشکیل گرادیان شدید فشاری در منطقه شده و آن را در مقابل صعود هوای بسیار گرم و مرطوب دریای مدیترانه قرار داده است. با ایجاد شرایط ذکر شده، بارش شدید منطقه شمال غرب کشور ایران به وقوع پیوسته و هم زمان در چندین ایستگاه هواشناسی منطقه مشهود گشته است (شکل ۲).



شکل ۲ (فشار تراز سطح دریا (میلی بار)، روزهای الف: ۳۱ ژانویه، ب: ۱ فوریه، ج: ۲ فوریه سال ۱۹۸۸)،
مأخذ: www.esrl.noaa.gov/psd/data/

وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل (روزهای ۳۱ ژانویه، ۱ و ۲ فوریه سال ۱۹۸۸)

بررسی و تحلیل نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای ۴۸ ساعت قبل از بارش سنگین نیز، با وضعیت فشار تراز سطح دریای آن دو روز منطبق بوده به نحوی که سیستم بلاکینگ شکل گرفته، با ایجاد دو ناوه، یکی بر روی دریای مدیترانه و غرب لیبی و دیگری در نیمه شمال شرقی ایران با جهت (غربی - شرقی) و یک پشته در شمال غربی ایران با زبانه ۵۵۵۰ میلی بار که از منطقه موردنظر عبور کرده است، مستقر بر شمال دریای سیاه و ترکیه مشاهده می‌شوند. فرونشینی هوا حاکی از سرد بودن منطقه و گواه فشار تراز سطح دریای ۱۰۱۵ میلی بار آن روز است. تسلط پدیده بندال امگایی شکل در عرض‌های فوقانی و مستقر در منطقه روسیه کاملاً مشهود است که با فراز و فرودهایی که ایجاد کرده موجبات فراهم شدن اغتشاشات اولیه و شرایط ناپایداری جهت بارش ۲ فوریه سال ۱۹۸۸ شده است. وضعیتی که در نقشه ارتفاع ۵۰۰ میلی بار یک روز قبل از بارش به چشم می‌خورد، حاکی از جابه‌جایی فرود و فرازهای به وقوع پیوسته بلاکینگ امگا و حرکت ناوه‌ها و پشته مستقر مقابل ایران است، به‌طوری که یک ناوه در جنوب شرقی دریای مدیترانه و شرق مصر، دیگری مستقر در نیمه شمال شرقی ایران و کاملاً نزدیک به آن و جابه‌جایی پشته شناسایی شده بر شمال غرب ایران را شاهد هستیم. در روز قبل از بارش با قرارگیری ایستگاه‌های مطالعاتی در مقابل فرود عمیقی که بر شمال عربستان و دریای سرخ کشیده شده است و قرارگیری در مقابل صعود هوای گرم، گواه فشار ۱۰۰۵ میلی بار تراز سطح دریای یک روز قبل از بارش است. در این روز با پدیده بلاکینگ رکس که پهنای آن از محدوده روسیه تا نیمه شمال شرقی دریای مدیترانه، دریای سیاه و نیمه غربی کشور ایران کشیده شده است، روبه رو بوده که نشان از ورود یک سیستم قوی به محدوده مورد مطالعه بوده و نتیجه آن تقویت اغتشاشات و ناپایداری‌های جوی است. در نهایت در روز بارش با حرکت مجدد محور فرود مستقر بر شمال شرقی مصر و کشیده شدن آن بر عرض‌های پایین به نحوی که بخش‌های عظیمی از دریای مدیترانه، ترکیه، مصر، عربستان، دریای سرخ، بخشی از خلیج فارس و نیمی از کشور و منطقه شمال غرب را پوشش داده است. با فعل و انفعالاتی که در سطوح فوقانی جو با تشکیل بلاکینگ‌ها و فرود و فرازهای نشأت گرفته از آن‌ها به وقوع پیوسته، موجب تقویت و تشدید شرایط ناپایداری شده است. در این روز باد حالت شمالی‌تر به خود گرفته و صعود و همگرایی جوی حاکم در منطقه را تشدید کرده که دلیلی بر بارش فراگیر و سنگین ۲ فوریه سال ۱۹۸۸ ایستگاه‌های شمال غرب کشور ایران بوده است (شکل ۳).

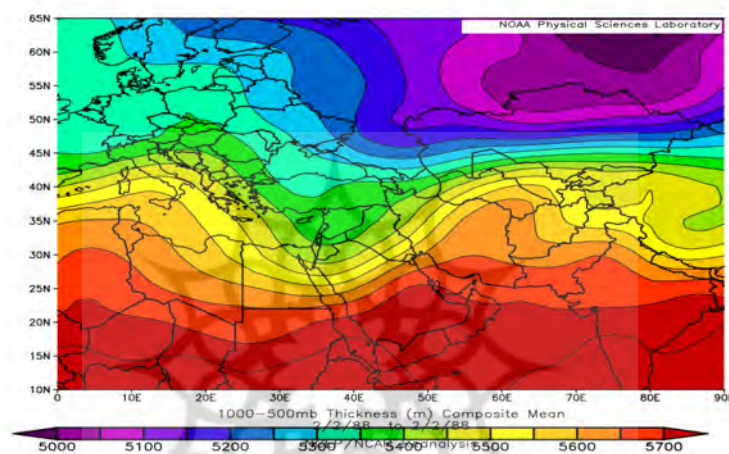


شکل ۳ (ارتفاع ژئوپتانسیل (متر)، روزهای الف: ۳۱ ژانویه، ب: ۱ فوریه، ج: ۲ فوریه سال ۱۹۸۸)،

مأخذ: www.esrl.noaa.gov/psd/data/

وضعیت ضخامت جو

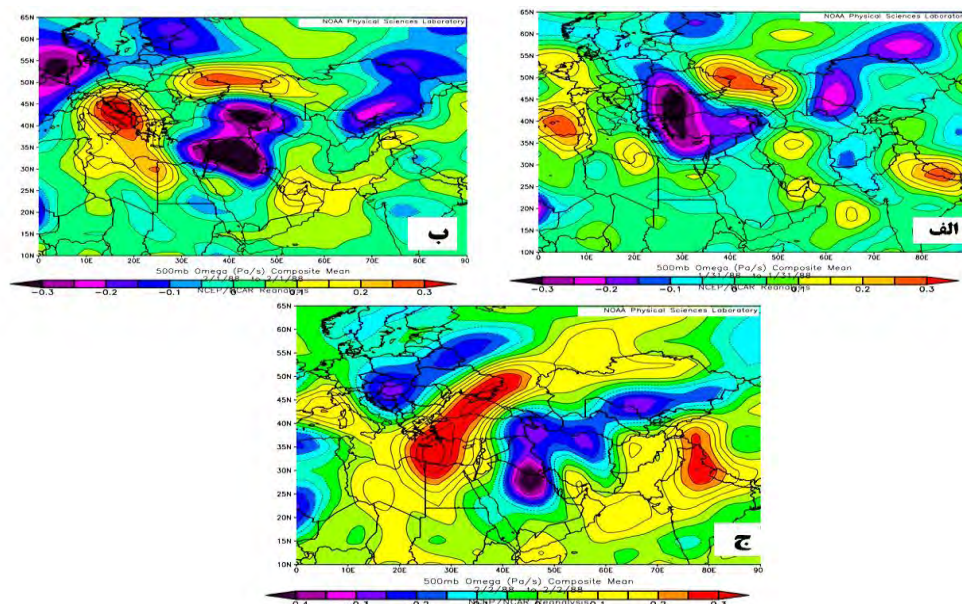
نقشه ضخامت جو برای تاریخ مذکور، حاکی از زیاد بودن ضخامت در زمان بارش سنگین منطقه شمال غرب ایران بوده است. این امر حاکمیت جریان‌های گرم و مرطوب بر روی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد که با توجه به قرارگیری فرود یادشده بر روی دریاهای گرم مدیترانه و سرخ، موجب تقویت جریان‌های صعودی، ناپایداری‌های شدید جوی به همراه انتقال رطوبت بسیار شدید به سمت ایران و محدوده مورد مطالعه بوده است که این مسئله در ترکیب با الگوی کوهستانی منطقه (کوه‌های زاگرس و آذربایجان) و ایجاد توربولانس جوی موجب تشدید ابرناکی و درنهایت بارشی فراگیر با شدت بسیار زیاد در منطقه شمال غرب شده است. مقدار ضخامت ۵۴۰۰ متر روز مورد مطالعه، الگوی فصل زمستان بوده که بیشینه آن در دی‌ماه رخ می‌دهد و بازمان رخداد ۲ فوریه (بهمن‌ماه) کاملاً انطباق دارد (شکل ۴).



شکل ۴ (ضخامت جو (متر) ۲ فوریه ۱۹۸۸)، مأخذ: www.esrl.noaa.gov/psd/data/

نقشه امگا

نقشه امگا تراز ۵۰۰ میلی بار برای تاریخ ۳۱ ژانویه، نشان از ناپایداری شدید جو به همراه صعود هوای گرم و مرطوب و تشکیل ابرناکی بوده، به گونه‌ای که دو هسته اصلی سرعت صعودی هوا یکی در منتهی‌الیه شمال غرب ایران با مقدار ۰/۳- پاسکال بر ثانیه که زبانه ۰/۵- پاسکال بر ثانیه آن بخش‌هایی از آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و اردبیل را تحت تأثیر قرار داده و هسته کوچک دیگری که بر ترکیه مستقر شده است. در نقشه یک روز قبل از بارش، با جابه‌جایی جنوب سوی هسته منفی امگای مستقر بر شمال غرب کشور ایران و مستقر شدن آن بر روی کشور عراق که زبانه ۰/۵- پاسکال بر ثانیه آن بخش عظیمی از شمال غرب ایران را تحت پوشش خود قرار داده و موجب تقویت ناپایداری جوی شده است، قابل مشاهده است که هم‌زمان هسته دوم نیز به سمت شمال و بخش‌هایی از کشور آذربایجان و شرق دریای سیاه حرکت کرده است. مقادیر منفی امگا، گواه صعود هوای گرم و مرطوب مناطق هم‌جوار از جمله دریای مدیترانه و تقویت جریان‌های همرفتی منجر به بارش سنگین بوده که به دنبال خود موجب ایجاد و تقویت شرایط کُزفشاری گردیده است. حرکت مجدد هسته منفی امگا بر روی بخش گسترده‌ای از عربستان که زبانه ۰/۵- پاسکال بر ثانیه این هسته منفی نیمی از کشور ایران را در تحت سیطره خود قرار داده و زبانه ۰/۲۵- پاسکال بر ثانیه آن از منطقه شمال غرب آن عبور کرده، منطبق بر نقشه‌های سطح زمین و ژئوپتانسیل روزهای موردنظر در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال است که نشان از قرارگیری ایران در مقابل محور ناوه و جریان‌های صعودی و قوی هوا، ایجاد ناپایداری شدید جوی به همراه تزریق رطوبتی از منابع گرم آبی پیرامون می‌باشد (شکل ۵).

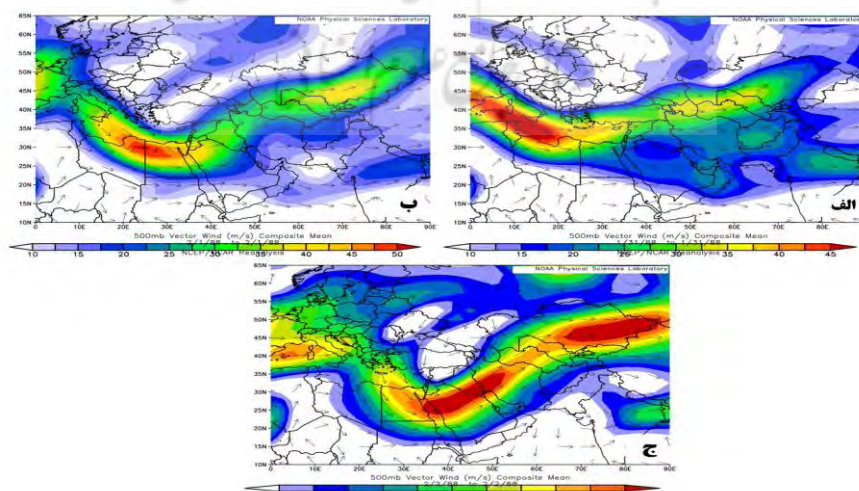


شکل ۵ وضعیت امگا در تراز ۵۰۰ میلی بار روزهای الف: ۳۱ ژانویه، ب: ۱ فوریه، ج: ۲ فوریه سال ۱۹۸۸، مأخذ:

www.esrl.noaa.gov/psd/data/

وضعیت باد در سطوح فوقانی

چینش قائم باد در دو روز قبل از رخداد حاکی از جریان‌هایی با جهت غالب غربی- شرقی باد بوده و فاصله نسبتاً زیاد خطوط بر روی منطقه مورد مطالعه، حاکی از سرعت کم باد، پایداری جوی و سردی منطقه با سرعت متوسط ۳۰ متر بر ثانیه در قسمت شمال غرب بوده است. در نقشه یک روز قبل از رخداد جریان‌ها از حالت غرب به شرق تغییر یافته و حالتی شمالی‌تر به خود گرفته است، این تغییر جهت حاکی از ورود جریان‌هایی فرامحلی به منطقه است. در روز رخداد ضخامت رود باد بر روی منطقه به حداکثر مقدار خود رسیده و هسته رود باد به ترازهای پایین جو عمیق‌تر شده و تا نزدیکی سطح زمین نفوذ کرده و به سرعت ۳۲/۵ متر بر ثانیه تغییر یافته است. رود باد جنب‌حاره‌ای بر روی عربستان و دریای سرخ و شمال آفریقا با سرعت ۳۵ متر بر ثانیه جریان داشته که منطقه شمال غرب ایران در مسیر بادهای جنوب شرق سوی این رود باد واقع شده‌اند. نزدیکی خطوط هم‌ارتفاع نشان از سرعت بالای باد و در نتیجه صعودی قوی و شدت یافتن ناپایداری‌های جوی و در نتیجه افزایش بارندگی در منطقه شمال غرب ایران است (شکل ۶).

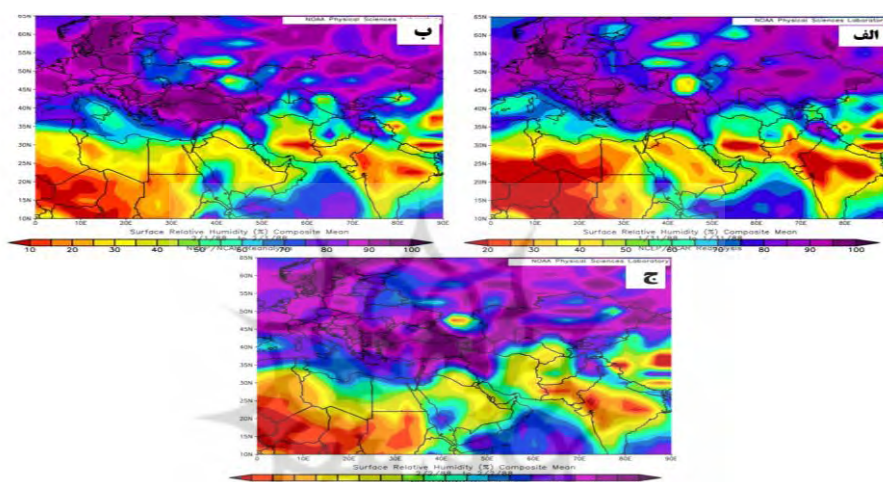


شکل ۶ (سرعت قائم باد در تراز ۵۰۰ میلی بار روزهای الف: ۳۱ ژانویه، ب: ۱ فوریه، ج: ۲ فوریه سال ۱۹۸۸)،

مأخذ: www.esrl.noaa.gov/psd/data/

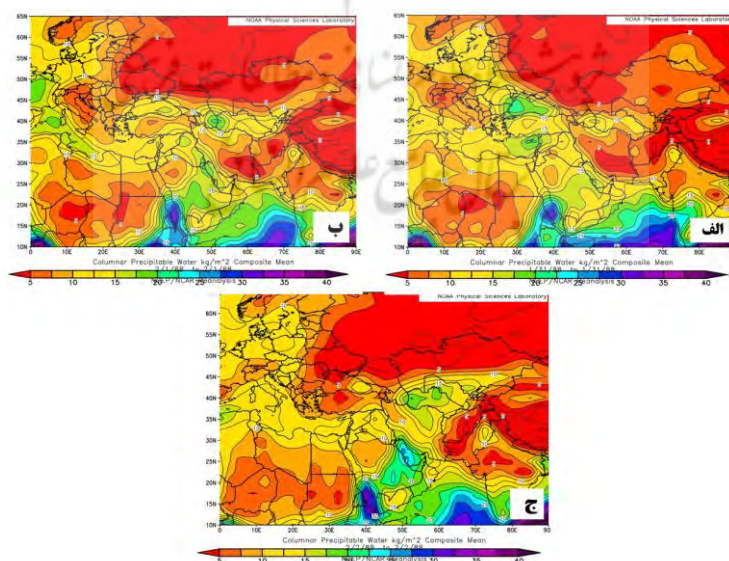
رطوبت نسبی و آب قابل بارش

در تحلیل نقشه‌های رطوبت نسبی روز ۳۱ ژانویه، هسته‌ای از رطوبت نسبی دریاهای مدیترانه و سیاه از سمت کشور ترکیه وارد ایران شده و به منطقه شمال غرب آن حاکم گشته است. مقدار رطوبت نسبی در منطقه مورد مطالعه، با ورود سلول رطوبتی نسبتاً بزرگ از شرق ترکیه که با اشباع هوا و تشکیل ابرناکی، به‌عنوان یک عامل مؤثر در بارش شدید و سنگین محسوب می‌گردد. در یک روز قبل از بارش نیز منطقه با همان مکانیزه رو به رو بوده که نشان از مساعد شدن شرایط جهت بارش و ماندگاری سیستم جوی حاکم برای چند روز را حکایت می‌کند. بیشترین درصد رطوبت نسبی (۹۵ درصد) با شدیدترین حرکات صعودی هوا در روز ۲ فوریه، به‌طور هم زمان، شرایط را برای بارش سنگین و فراگیر منطقه شمال غرب ایران تسریع کرده است. میزان آب قابل بارش در منطقه مورد مطالعه نیز سیر صعودی داشته و از مقدار ۷/۵ کیلوگرم بر مترمربع به مقدار ۱۰ کیلوگرم بر مترمربع افزایش یافته که نشان از ظرفیت بالای منطقه جهت ریزش نزولات جوی با شدت بسیار بالا است (شکل ۷ و ۸).



شکل ۷ رطوبت نسبی (%) روزهای الف: ۳۱ ژانویه، ب: ۱ فوریه، ج: فوریه سال ۱۹۸۸.

مأخذ: www.esrl.noaa.gov/psd/data/



شکل ۸ آب قابل بارش (کیلوگرم بر مترمربع) روزهای الف: ۳۱ ژانویه، ب: ۱ فوریه، ج: فوریه سال ۱۹۸۸.

مأخذ: www.esrl.noaa.gov/psd/data/

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر، بارش سنگین و فراگیر ۲ فوریه سال ۱۹۸۸ ایستگاه‌های شمال غرب ایران از دیدگاه سینوپتیک و دینامیک مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. این بارش از دو روز قبل یعنی ۳۱ ژانویه آغاز و بیشترین مقدار بارش رخداد در روز ۲ فوریه بوده است. نتایج بررسی‌های سینوپتیکی نشان می‌دهد که طی ۴۸ ساعت قبل از بارندگی شدید و فراگیر، سامانه‌هایی در سطوح فوقانی و زیرین تروپوسفر تشکیل شده است که با جابه‌جایی شرق سوی خود شرایط سینوپتیکی لازم جهت وقوع این رخداد را فراهم نموده است.

نقشه‌های سطح زمین روزهای ۳۱ ژانویه الی ۲ فوریه سال ۱۹۸۸، نمایانگر حاکمیت و فعالیت سامانه کم‌فشار مهاجر اروپایی مستقر در شمال غرب و پرفشار قوی منطقه سبیری در شمال کشور ایران است که از دو روز قبل از وقوع بارش سنگین و فراگیر تقویت شده و در زمان بارش شدید به بیشترین میزان خود رسیده است. حرکت سیستم پرفشار مستقر شمال ایران و منطقه روسیه که به احتمال زیاد در جابه‌جایی و حرکت کم‌فشار مهاجر موجود، در طی روزهای موردنظر بی‌تأثیر نبوده است. سامانه کم‌فشار، با حرکت پادساعت‌گرد خود موجب ارسال جریانات شمال غربی - جنوب شرق سوی گرم و مرطوب از جانب دریاهای مدیترانه و سیاه، ایجاد شرایط شدید ناپایداری، تشکیل ابرناکی و در نتیجه بارندگی سنگین شده است. در سطوح فوقانی جو نیز وجود ناوه غربی که با جابه‌جایی خود از شمال لیبی به شمال دریای سرخ و تشکیل بندال‌های موجود (بلاکینگ امگا و رکس)، شدت ناهنجاری‌های جوی را در شمال غرب ایران افزایش داده و شرایط را برای بارش سنگین آن روز مساعد نموده است. مقادیر منفی امگا برای روزهای تعیین شده، نشان از ناپایداری شدید جوی، صعود هوای گرم و مرطوب مناطق پیرامون و تقویت جریان‌های همرفتی منجر به بارش سنگین بوده که به دنبال خود موجب ایجاد و تقویت شرایط کُرفشاری گردیده است. اصلی‌ترین منابع رطوبتی این بارش سنگین را می‌توان توسط دریاهای گرم و مرطوب سیاه، مدیترانه و سرخ با بیشترین درصد رطوبت نسبی (۹۵ درصد) دانست که نشان از سیستم بارشی فرا محلی و نشأت گرفته از سامانه‌های جنوبی است. با قرارگیری کشور ایران در مسیر رود باد و حرکت بادهای جنوب شرقی که از عرض‌های پایین و نزدیک زمین جریان داشته و موجب ایجاد واگرایی در سطوح بالا، ناپایداری‌های موجود در شمال غرب ایران و در نهایت منجر به بارش سنگین در چند ایستگاه منطقه شده است. با توجه به تحقیقات انجام شده می‌توان چنین نتیجه گرفت که الگوی مطرح شده با در نظر گرفتن ماه فوریه به عنوان الگوهای گردشی زمستانه بر روی کشور ایران و خاورمیانه بوده که بر اساس جهت وزش بادهای غربی شکل گرفته است.

بر اساس پیشینه تحقیقات صورت گرفته در این نوشتار، نتایج به دست آمده در مقایسه با سایر پژوهش‌ها به گونه‌ای اثبات کننده نتایج حاصل شده آن‌ها در این زمینه است و می‌توان گفت این نتایج در راستای نتایج حاصل شده از پژوهش‌های صورت گرفته توسط، لشکری (۱۳۸۲)، مفیدی (۱۳۸۴)، رحیمی و همکاران (۱۳۸۹)، خوش‌خلق و همکاران، احمدی و علیجانی (۱۳۹۳)، مصطفایی و همکاران (۱۳۹۴)، بلیانی و سلیقه (۱۳۹۵)، ذکی‌زاده و همکاران (۱۳۹۷)، عبدلی و همکاران (۱۴۰۰)، زینالی و همکاران (۱۴۰۱) و قاضی‌زاده و همکاران (۱۴۰۳) که به ترتیب اشاره به نقش رطوبت حاصل شده از منابع آبی جنوبی کشور و مدیترانه، نقش الگوی کم‌فشار و جریان همگرایی منابع آبی پیرامون، عمیق شدن ناوه موجود به ترازهای پایین جو و وزش باد با حداکثر سرعت دارند، در پژوهش‌های صورت گرفته نیز مورد اثبات قرار گرفته است و نتایج حاصل شده به نوعی انعکاس نتایج کسب شده توسط این محققان است، بنابراین به طور دقیق‌تر در این تحقیق تقابل الگوی پرفشار سبیری و کم‌فشار مهاجر اروپا در نقشه‌های فشار سطح زمین، فرود عمیق دریای مدیترانه در سطوح فوقانی جو در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به همراه انتقال رطوبتی از دریاهای گرم مدیترانه و سیاه جزء عوامل اصلی بارش سنگین شناسایی شدند که در بارش سنگین و فراگیر ۲ فوریه سال ۱۹۸۸ شمال غرب ایران نقش کلیدی و تأثیرگذاری داشته‌اند. با آگاهی و شناخت از سیستم‌های تشکیل دهنده این گونه از پدیده‌های جوی، به‌ویژه بارش‌های شدید و سنگین می‌توان با اطمینان بیشتری وضعیت جوی را برای چند روز آینده پیش‌بینی نمود و خسارت‌های مالی، جانی و زیست‌محیطی ناشی از وقوع آن‌ها را در مناطق تحت تأثیر کاهش داد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در مقاله مستخرج از فعالیت پژوهشی به شکل توضیح داده شده از سوی مجله، مورد تأیید نویسندگان این مقاله است.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر فاقد حمایت مالی است.

سپاسگزاری

از کلیه کسانی که در مراحل مختلف نوشتن این مقاله با نظرات خود ما را یاری دادند سپاسگذاری می‌کنیم.

منابع و مأخذ

- احمدی، اسماعیل؛ علیجانی، بهلول. (۱۳۹۳). شناسایی الگوهای همدیدی بارش‌های سنگین ساحل شمالی خلیج فارس. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۶(۳)، ۲۷۵-۲۹۶. <https://doi: 10.22059/jphgr.2014.52132>
- احمدی، محمود؛ جعفری، فرزانه. (۱۳۹۷). مسیریابی کامل و تحلیل سینوپتیک یک نمونه مطالعاتی از سامانه‌های منجر به بارش‌های سنگین بیش از ۵۰ میلی‌متر در جنوب ایران. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۵(۳)، ۸۳-۱۰۲. <https://sid.ir/paper/407816/fa>
- بلیانی، سعید؛ سلیقه، محمد. (۱۳۹۵). تحلیل و استخراج الگوهای جوی منجر به بارش‌های سنگین روزانه منطقه شمالی خلیج فارس مورد مطالعه: حوضه‌های آبریز حله و مند. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۳(۲)، ۷۹-۹۸. <https://sid.ir/paper/264714/fa>
- چهره آرا ضیابری، تهمینه؛ صفراد، طاهر. (۱۳۹۸). ارائه شاخصی جدید برای مطالعه بارش‌های سنگین و فراگیر سواحل جنوبی خزر طی فصل پاییز. جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ۱۷(۱)، ۲۸۳-۳۰۶. <https://doi.org/10.22067/geography.v17i1.72293>
- حسینی صدر، عاطفه؛ محمدی، غلام حسن؛ عبدالعلی‌زاده، فیروز؛ خجسته غلامی، وحید. (۱۳۹۸). تحلیل سازوکار همدیدی بارش سنگین خسارت‌بار در شمال غرب ایران (مطالعه موردی: ۱۴ آوریل ۲۰۱۷). جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۳(۷۰)، ۷۹۰-۱۰۰. <https://sid.ir/paper/395718/fa>
- خورشید دوست، علی محمد؛ مفیدی، عباس؛ رسولی، علی اکبر؛ آزمون، کامل. (۱۳۹۵). تحلیل همدیدی سازوکار وقوع بارش‌های سنگین بهاره در شمال غرب ایران. مخاطرات محیط طبیعی، ۵(۸)، ۸۲-۵۳. <https://doi: 10.22111/jneh.2016.2783>
- خوش‌اخلاق، فرامرز؛ صفایی‌راد، رضا؛ سلمانی، داود. (۱۳۹۳). واکاوی همدید رخداد سیلاب آبان ماه ۱۳۹۰ در شهرستان بهبهان ولیکن. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴(۴۶)، ۵۲۴-۵۰۹. <https://doi: 10.22059/jphgr.2014.53001>
- خالدی، شهریار؛ فرهمند، قاسم؛ علی بخشی، افسانه. (۱۴۰۰). تحلیل و پهنه‌بندی آسیب پذیری مخاطرات طبیعی (سیل و زلزله) ژئومورفولوژیکی استان کرمانشاه. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، ۲(۱)، ۳۶-۱۷. https://www.srds.ir/article_132471.html
- ذکی‌زاده اوماسلان علیا، میربهروز؛ سلیقه، محمد؛ ناصرزاده، محمدحسین؛ اکبری، مهری. (۱۳۹۷). تحلیل آماری و سینوپتیکی مؤثرترین الگوی رود باد ایجادکننده بارش‌های سنگین ایران. مخاطرات محیط طبیعی، ۷(۱۵)، ۴۸-۳۱. <https://doi: 10.22111/jneh.2017.3335>

- رحیمی، داریوش؛ خوشحال، جواد؛ علیزاده، تیمور. (۱۳۸۹). تحلیل آماری - همدیدی بارش سنگین مناطق خشک ایران (مطالعه موردی: استان کرمان). جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ۸(۱۴)، ۶۹-۵۱.
<https://doi.org/10.22067/geography.v8i14.8996>
- زینالی، بتول؛ مینائی، سمیرا؛ فروتن، مهدی. (۱۴۰۱). بررسی آماری و همدیدی بارش‌های فوق سنگین استان گیلان. مطالعات علوم محیط زیست، ۷(۴)، ۵۶۹۵-۵۶۸۲.
<https://doi: 10.22034/jess.2022.348175>
- صلاحی، برومند؛ عالی جهان، مهدی. (۱۳۹۲). تحلیل سینوپتیک مخاطرات اقلیمی شهرستان یاسوج (مطالعه موردی: بارش سنگین ۲۰ اسفند ۱۳۸۹) نشریه علمی جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۲(۱)، ۹۰-۷۳.
<https://doi:10.22067/geo.v2i1.18679>
- علیجانی، بهلول؛ خضرلوی محمدیار؛ زلیخا، عزیزی؛ قاسم. (۱۴۰۳). تحلیل روند دوره‌های بارشی ایران. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۴(۷۳)، ۵۲۱-۵۳۹.
<https://civilica.com/doc/1791020>
- عبدلی، سعدی؛ عزیزی، قاسم؛ برنا، رضا. (۱۴۰۰). ارزیابی تغییرات دمای هوا و بارش در منطقه پربارش نیمه غربی ایران تحت شرایط تغییر اقلیم. جغرافیای طبیعی، ۱۴(۵۳)، ۱۸-۱.
<https://civilica.com/doc/1328762>
- عساکره، حسین؛ رزمی قلندری، رباب. (۱۳۹۰). اقلیم‌شناسی بارش شمال غرب ایران. نشریه جغرافیا و توسعه، ۹(۲۵)، ۱۳۷-۱۵۸.
<https://doi: 10.22111/gdij.2011.514>
- عساکره، حسین؛ رزمی قلندری، رباب. (۱۳۹۳). توزیع زمانی و رژیم بارش در شمال غرب ایران. فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۹(۱)، ۱۶۰-۱۴۵.
<https://sid.ir/paper/29991/fa>
- قاضی‌زاده، عبدالعزیز؛ امیدوار، کمال؛ مظفری، غلامعلی؛ مزیدی، احمد. (۱۴۰۳). آشکارسازی پیامدهای تغییر اقلیم بر پارامترهای بارش و دما در حوضه آبریز کابل افغانستان با استفاده از مدل لارس. جغرافیا و مخاطرات محیطی.
<https://doi:10.22067/geoh.2025.88181.1488>
- لشکری، حسن. (۱۳۸۲). مکانسیم تکوین، تقویت و توسعه مرکز کم‌فشار سودان و نقش آن بر بارش‌های جنوب و جنوب غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۵(۴۶)، ۱۸۰-۱۱.
<https://sid.ir/paper/5419/fa>
- مرادی، علی؛ خداداده، سیروس؛ صمدی، زهرا. (۱۳۹۴). تحلیل سینوپتیک سیلاب روز ۳ خرداد ۱۳۹۱ رودخانه خیاوچای مشکین‌شهر، مجموعه مقالات سیویلیکا. اولین همایش ملی علوم زمین و توسعه شهری. (صص. ۱-۱۳). تبریز.
<https://civilica.com/doc/408791>
- مفیدی، عباس؛ زرین، آذر. (۱۳۸۴). بررسی سینوپتیکی تأثیر سامانه‌های کم‌فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل‌زا در ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲(۷۷)، ۱۳۶-۱۱۳.
<https://www.magiran.com/p327794>
- مصطفائی، حسن؛ علیجانی، بهلول؛ سلیقه، محمد. (۱۳۹۴). تحلیل سینوپتیکی بارش‌های شدید و فراگیر در ایران. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۲(۴)، ۶۵-۷۶.
<https://sid.ir/paper/264727/fa>
- مرادی، نادر؛ شیدایی مجد، نسرین؛ حاتمی، حمیده. (۱۴۰۲). تأثیر تغییرات اقلیم و عوامل موثر جغرافیایی در سیلاب‌های شهری مورد مطالعه استان یزد، فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، ۴(۴)، ۶۷-۷۷.
<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.27830764.1402.4.4.5.6>
- ناظم السادات، سید محمد جعفر؛ شاهقلیان، کوکب. (۱۳۹۴). چگونگی پدیداری سامانه‌های بارش‌های سنگین در جنوب غربی ایران و پیوند آن با پدیده MJO. آب‌و‌خاک، ۲۸(۵)، ۱۰۸۳-۱۰۷۲.
<https://doi:10.22067/JSW.V0I0.28595>
- Alijani, B. (2014). Identification of Synoptic Patterns Causing Heavy Rainfall & Ahmadi, I. in Northern Coast of Persian Gulf. Physical Geography Research, 46(3), 275-296.
<https://doi: 10.22059/jphgr.2014.52132> (in Persian)
- Ahmadi, M., Jafari, F. (2018). Full routing and synoptic analysis A sample of studies of heavy rainfall systems in excess of 50 mm in southern Iran. Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards, 5 (3), 83-102. <https://sid.ir/paper/407816/fa> (in Persian)

- Abdoli, S., Azizi, G., Borna, R. (2021). Assessment of changes in air temperature and precipitation in the high-rainfall region of the western half of Iran under climate change conditions. *Journal of Physical Geography*, 14(53), 1-18. <https://civilica.com/doc/1328762> (in Persian)
- Asakereh, H., Razmi Ghalandari, R. (2012). Precipitation climatology of northwest Iran. *Journal of Geography and Development*, 9(25), 137-158. <https://doi.org/10.22111/gdj.2011.514> (in Persian)
- Asakereh, H., Razmi Ghalandari, R. (2014). Temporal Distribution and Regime of Precipitation of Northwest of Iran. *GeoRes*, 29 (1), 145-160 <https://sid.ir/paper/29991/fa>. (in Persian)
- Alijani, B., Khezerluei Mohammadyar, Z. (2024). An Analysis of precipitation Periods trend in Iran. *jgs*. 24(73), 521-539. <https://civilica.com/doc/1791020> (in Persian)
- Balyani, S., Saligheh, M. (2016). Analysis and extraction of atmospheric patterns leading to heavy daily precipitation in the northern Persian Gulf region (Hillah and Mand watersheds). *Journal of Spatial analysis of environmental hazards*, 3(2), 79-98. <https://sid.ir/paper/264714/fa> (in Persian)
- Chehreara Ziyabari, T. and Safarrad, T. (2019). Presenting a New Index to Study Heavy and Widespread Precipitations at Southern Coast of the Caspian Sea during Fall. *Journal of Geography and Regional Development*, 17(1), 283-306 <https://doi.org/10.22067/geography.v17i1.72293> (in Persian)
- Hidayat, R., Pawitan, H., Aldrian, E., Nuryanto, D., (2016), Heavy Rainfall distributions over Java Sea in wet season, *Procedia Environmental Sciences*, 33, 178-186. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.068>
- Hoseini Sadr, A., Mohammadi, G. H., Abdoul Alizade, F. & Khjaste Golamei, V. (2020). Analysis of Synoptic Mechanisms of Heavy Rainfall of 14th of April 2017 in Northwest Iran. *Journal of Geography and Planning*, 23(70), 79-100. <https://sid.ir/paper/395718/fa> (in Persian)
- Kai, Y., Zhiwei, Z., (2017), A pair of new moisture dynamic diagnostic parameters for Heavy rain location, Springer- verlag Wien. DOI:10.3390/atmos8100185
- Kahana, R., Ziv, B., Dayan U., Enzel Y. 2004. Atmospheric predictor's for major floods in the Negev desert, ISRAEL; *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.1056>
- Khorshiddoust, A. M., Mofidi, A., Rasouli, A. A. & Azarm, K. (2016). A Synoptic analysis for the occurrence of springtime heavy rainfall in the Northwest of Iran. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 5(8), 53-82. <https://doi.org/10.22111/jneh.2016.2783> (in Persian)
- Khoshakhlagh, F., Safaierad, R. and Salmani, D. (2014). The Synoptic analysis of flood occurrence on November 2011 in Behbahan and Likak cities. *Physical Geography Research*, 46(4), 509-524. <https://doi.org/10.22059/jphgr.2014.53001> (in Persian)
- Khaledi, S., Farahmand, G. and Ali Bakhshi, A. (2021). Vulnerability analysis and zoning of natural geomorphological hazards (Flood and earthquake) of Kermanshah province. *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 2(1), 17-36. https://www.srds.ir/article_132471.html (in Persian)
- Li, L., Albertus, J. D. (2015). Trajectory Analysis of the Heavy rain in Beijing, Earth and Climate Cluster, 23-24. <http://dx.doi.org/10.1007/s13351-016-5052-z>
- Lashkari, H. (2003). Mechanism of development - strengthening and development of the Sudan low pressure center and its role on precipitation in the south and southwest of Iran. *GEOGRAPHICAL RESEARCH QUARTERLY*, 35(46), 1-18. <https://sid.ir/paper/5419/fa> (in Persian)

- Moradi, A., Khodadade, S., Samadi, Z. (2015). Synoptic analysis of the flood on June 22, 2012, in the Khiavchai River, Meshkinshahr, Civilica Articles Collection, Paper presented at the First National Conference on Geosciences and Urban Development, (pp.1-13). Tabriz. <https://civilica.com/doc/408791> (in Persian)
- Mofidi, A., Zarin, A. (2005). Synoptic study of the impact of Sudanese low-pressure systems on the occurrence of flood-causing rainfall in Iran. *Journal of Geographical Research*, 2(77), 113-136. <https://www.magiran.com/p327794> (in Persian)
- Mostafaii H, Alijani B, Saligheh M. (2016). Synoptic Analysis of Widespread Heavy Rains in Iran. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 2 (4) ,65-76. <https://sid.ir/paper/264727/fa> (in Persian)
- Moradi, N. , Sheydayi Majd, N. and Hatami, H. (2024). The impact of climate changes and effective geographic factors on urban floods in the study area of Yazd province. *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 4(4), 67-77. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.27830764.1402.4.4.5.6> (in Persian)
- Nazemosadat, M. J. and Shahgholian, K. (2015). Formation of Heavy Precipitations in Southwestern Part of Iran and its Association with the Madden-Julian Oscillation. *Water and Soil*, 28(5), 1072-1083. <https://doi:10.22067/JSW.V0I0.28595> (in Persian)
- Qazizada, A. A., Omidvar, K., mozaffari, G., A. & Mazidi, A. (2025). Detection of Climate Change Impacts on Precipitation and Temperature Parameters in the Kabul River Basin, Afghanistan Using the LARS-WG08 Model. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, (), -. <https://doi:10.22067/geoeh.2025.88181.1488> (in Persian)
- Rezacova, D., Kaspar, M., Muller, M. Sokol, Z., Kakos, V., Hanslian, D Pesice P. (2005). A Comparison of the flood precipitation episod in August 2002 with historic extreme precipitation events on the Czech territory; Elsevir Seience .
- Rahimi, D., Khoshhal, J. & Alizadeh, T. (2010). The Statistical-synoptic Analysis of Heavy Showers in Arid Regions of Iran: Kerman Province. *Journal of Geography and Regional Development*, 8(14), 51-69. <https://doi.org/10.22067/geography.v8i14.8996> (in Persian)
- Salahi, B. and Alijahan, M. (2013). Synoptic Analysis of Climatic Hazards in Yasouj Municipality: a case study of an episode of heavy rain on 11th March 2011. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 2(1), 73-90. <https://doi:10.22067/geo.v2i1.18679> (in Persian)
- ZakiZadeh, M.B., Saligheh, M., Nasserzad, M. H. and Akbari, M. (2018). Statistical analysis and synoptic most effective jet stream pattern creating the precipitation of Iran. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 7(15), 31-48. <https://doi:10.22111/jneh.2017.3335> (in Persian)
- Zeynali, B. , minaei, S. and Foroutan, M. (2022). Statistical and synoptic study of super heavy rainfall in Guilan province. *Journal of Environmental Science Studies*, 7(4), 5682-5695. <https://doi:10.22034/jess.2022.348175> (in Persian)