

## Synoptic Analysis of Dominant Weather Patterns Affecting Extreme Cold Waves in NW Iran

Karim Amininia <sup>1</sup>  | Rughyah Jafari <sup>2</sup> 

1 - Assistant Professor in climatology, Department of Geography, Islamic Azad University of Ahar  
2 - Graduated, PhD climatology, Islamic Azad University of Ahar

### Article Info:

**Article type:**  
Research Article

**history:**  
**Received:**

2023/9/18

**Received:**

2023/10/22

**Accepted:**

2023/11/21

**Published:**

2024/2/4

### Keywords:

Siberian high-pressure,  
Blocking, Cold wave,  
European high-pressure,  
NW Iran.

**A**bstract: Cold extreme temperature is a natural aspect of the climate that occur annually, leading to challenges in agricultural, industrial, and economic sectors, as well as contributing to road accidents. Severe temperature drops can have undesirable effects on various aspects of life and activities for both humans and plant life conditions. The purpose of this study is to examine the synoptic patterns influencing extreme cold waves in northwestern Iran. To achieve this, daily minimum temperature data from 36 synoptic stations in the northwestern region of the country were utilized for the period between 1986 and 2017. This period covers the months of January, February, March, April, November, and December. Using the standardized cold days index with a threshold value of 1.2 to identify cold wave days, monthly counts of cold wave days were extracted for each station. Applying factor analysis to the geopotential height at the level of cold wave days, four influential patterns for the formation of extreme cold waves in northwestern Iran were identified. The results of analyzing these patterns indicate that the synoptic systems governing the cold wave events include the presence of high-pressure systems such as the Siberian high, European migratory high-pressure systems, or their ridges at sea level in the northwestern region of the country. These systems lead to the advection of cold air masses from northern latitudes into this area. At the 500 hPa level, the presence of a ridge, the occurrence of a blocking pattern, or the establishment of a persistent western ridge of a deep trough over northwestern Iran contributes to mid-level atmospheric convergence. This, in turn, strengthens dynamic subsidence and stability in the lower atmospheric levels, enhancing the advection of cold upper-level air into the region. Consequently, these factors lead to the formation of extreme cold waves in northwestern Iran.

**Cite this article:** Amininia , K, Jafari, R (2024). Synoptic Analysis of Dominant Weather Patterns Affecting Extreme Cold Waves in NW Iran. *Climate Change and Climate Disasters*, 2(4), 218-241.  
© The Author(s).

**Homepage:** [cccd.znu.ac.ir](http://cccd.znu.ac.ir)

**Publisher:** University of Zanjan





## تحلیل همدید الگوهای جوی حاکم بر امواج سرد فرین در شمال غرب ایران

کریم امینی نیا<sup>۲</sup> | رقیه جعفری<sup>۱</sup>

۱. دانش آموخته دکتری تخصصی اقلیم شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر  
۲. استادیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

### اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخها:

دریافت: ۱۴۰۲/۶/۲۷

بازنگری: ۱۴۰۲/۷/۳۰

پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۳۰

انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵

### واژگان کلیدی:

پرفشار سیری، بلاکینگ، موج سرمای، پرفشار اروپایی، شمال غرب ایران.

**چکیده:** فرین های دمای سرد یکی از جنبه های طبیعی اقلیم می باشد که همه ساله وقوع آن باعث مشکلاتی در بخش های کشاورزی، صنعتی، اقتصادی و همچنین حوادث جاده ای می شود. افت شدید دما می تواند اثر نامطلوبی بر جنبه های مختلف زندگی و فعالیت جانداران و همچنین شرایط زیست گیاهان بگذارد. هدف از این تحقیق، بررسی همدید الگوهای جوی موثر بر امواج سرمای فرین در شمال غرب ایران است. بدین منظور از داده های حداقل دمای روزانه ۳۶ ایستگاه همدید شمال غرب کشور در بازه زمانی ۱۹۸۶-۲۰۱۷ برای ماه های ژانویه، فوریه، مارچ، آوریل، نوامبر و دسامبر استفاده شد. با استفاده از ضریب شاخص استاندارد روزهای سرد با شدت پایین تر از ۱/۲- به عنوان روزهای سرد فرین برای هر ایستگاه به صورت ماهانه استخراج شد. با اعمال تکنیک تحلیل عاملی بر روی فشار تراز دریای معادل روزهای سرد فرین، ۴ الگوی تاثیر گذار بر شکل گیری امواج سرمای شمال غرب ایران به عنوان نماینده انتخاب شد. نتایج بررسی همدید این الگوها نشان می دهد که سامانه های سینوپتیکی حاکم بر امواج سرمای فرین، حضور پرفشار سیری، پرفشارهای مهاجر اروپایی و یا زبانه های آنها در سطح دریا در منطقه شمال غرب کشور می باشند که باعث ریزش هوای سرد عرضهای شمالی به سمت این منطقه می شوند. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز وجود پشته و یا وقوع حالت بلوکی و یا مستقر شدن بازوی غربی ناوه عمیق بر فراز شمال غرب ایران، همگرایی در تراز میانی جو، سبب تقویت حرکات دینامیکی فرونشینی و ایستایی در ترازهای زیرین جو شده و با تقویت ریزش هوای سرد عرض های بالا بر روی منطقه موجب شکل گیری امواج سرمای شمال غرب کشور می شود.

**استناد:** امینی نیا، کریم، جعفری، رقیه. (۱۴۰۲). تحلیل همدید الگوهای جوی حاکم بر امواج سرد فرین در شمال غرب ایران. دگرگونی ها و مخاطرات آب و هوایی. (۴)، ۲۱۸-۲۴۱.  
© نویسنده گان .

Homepage: [cccd.znu.ac.ir](http://cccd.znu.ac.ir)

ناشر: دانشگاه زنجان.



## مقدمه

رخداد دماهای فرین از جمله رویدادهای مهم دمایی محسوب میشود که موجهای سرمای و روزهای سرد نمودی از این رویداد فرین است. یکی از حالت های ویژه‌ی دمایی که در آن مقادیر فرین دمای حداقل مشاهده شده، امواج سرما میباشد (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۲، ص. ۱۳۰). احتمال وقوع امواج سرمای در تمام طول سال وجود دارد و در هر فصلی مشکلات و آسیب‌های خاص خود را ایجاد میکنند. این امواج در فصل زمستان به دلیل کم بودن زاویه تابش خورشید و سردتر بودن هوا، با قدرت بیشتری عمل می‌کنند و نه تنها حیات تمامی موجودات زنده را با خطر مواجه می‌نمایند؛ بلکه نقش مهم و تعیین کننده‌ای در مسائل اقتصادی، زیست محیطی و عمرانی مانند جاده سازی، سدسازی و پل سازی دارند (هزبرپور و علیجانی، ۱۳۸۶، ص. ۸۹). شدت و ضعف امواج سرمای تابع عوامل و الگوهای همدید و پویایی پیچیده‌ای می‌باشد که برخی از آن‌ها کمتر مورد بررسی و شناسایی قرار گرفته‌اند و تحلیل آن‌ها با استفاده

از روش همدید می‌تواند ویژگی‌هایی مانند منشأ، مسیر، شدت و فراوانی سامانه‌های فشار را شناسایی نموده و به شناخت بنیادی عوامل پدید آورنده و ویژگی‌های آن‌ها کمک موثری کند (جهانبخش، رضایی، قاسمی و تدینی، ۱۳۹۰، ص. ۳). منطقه شمال-غرب کشور از مناطق بسیار سرد کشور محسوب می‌شود و رخداد سرماهای شدید همیشه سبب خسارات فراوان در این منطقه شده‌اند. بر این اساس، مطالعه الگوهای ایجادکننده امواج سرمای فراگیر می‌تواند به افزایش آگاهی ما از رفتار این پدیده اقلیمی کمک شایانی کند. بسیاری از مطالعات همدید در این زمینه نشان می‌دهد که پرفشار سیبری، پرفشار کانادا و پرفشار قطب جنوب عامل اصلی و از اجزای اساسی گردش عمومی جو در زمستان است که با ریزش هوای سرد به سمت جنوب و باعث افت دما شده و اقلیم مناطق تحت پوشش خود را کنترل می‌کنند (تاکاهاشی، ۱۹۹۰؛ پیترسن، ۱۹۵۰؛ کلاین، ۱۹۵۷؛ چانگ، ۱۹۷۲). تانهیل<sup>۱</sup> (۱۹۸۲، ص. ۴۶) امواج سرمای

جنوبی می‌شود که یخبندان‌های شدید و گسترده‌ای را به همراه دارد. همچنین برخی مطالعات، الگوی پرفشار شمال دریای خزر را موثر بر وقوع موج سرمای ترکیه (کوتیل و ترکیس<sup>۵</sup>، ۲۰۰۵) و شرق مدیترانه (کستوپولو و جونز<sup>۶</sup>، ۲۰۰۷، ص. ۱۳۵۱) می‌دانند. اشکرافت، پزا و سیموندز<sup>۷</sup> (۲۰۰۹، ص. ۶۶۸۰) علت وقوع همیدید رویدادهای سرد جنوب استرالیا را، شکل‌گیری الگوهای موجی در غرب منطقه به عنوان عامل اصلی شناسایی کردند. عالی جهان، صلاحی، قویدل رحیمی و فرج زاده (۲۰۱۹، ص. ۳۴۲) امواج سرمای کمتر از ۱۵- درجه سانتیگراد را در شمال غرب ایران طی سالهای ۱۸۷۱ تا ۲۰۱۲ بررسی کردند. نتایج نشان داد که در تراز دریا پرفشار سیبری همراه با بلاکینگ جوی، منجر به انتقال امواج سرد از عرضهای شمالی به نواحی شمال غرب ایران شده و در نتیجه امواج سرد بسیار شدید و طولانی مدت را در این منطقه سبب می‌شود. مطالعه فتاحی و صالحی (۱۳۸۸، ص. ۱۲۷)

تگزاس را بررسی نمود و نتایج مطالعه وی نشان داد که عامل اصلی وقوع امواج سرد سواحل تگزاس ریزش هوای سرد از عرض های بالا می‌باشد. دومنکاز، کیسلی، پیتروویچ، پتروویچ و لیکسو<sup>۲</sup> (۲۰۰۳، ص. ۹۸۷) رابطه بین تغییرات دمای مناطق جنوبی و مرکزی اروپا و الگوهای گردشی جو را طی قرن بیستم مطالعه کردند. نتایج نشان داد وزش بادهای شمالی و شرقی به عنوان بادهای نصف النهاری و شرایط آنتی سیکلونی شرایط حدی دمای سرد را ایجاد می‌کند. نینومییا، نیشیمورا، سوزوکی و ماتسومورا<sup>۳</sup> (۲۰۰۶، ص. ۶۶) نشان دادند علت سرمای فرین سواحل چین، گسترش پرفشار سیبری بر روی بخش های مورد مطالعه است. مولر و بری<sup>۴</sup> (۲۰۰۷، ص. ۱۲۶۹) در مطالعه الگوهای گردش جوی که منجر به یخبندان‌های شدید امریکای مرکزی می‌شود به این نتیجه رسیدند که ناهنجاری واچرخندی بر روی آمریکای جنوبی منجر به جریان‌های جنوبی و وزش هوای سرد به سمت آمریکای

4- Muller, Berri

5- Kutiel, and Turkes

6- Kostopoulou, and Jones

7- Ashcroft, Pezza, Simmonds

2- Domonkos , Kysely , Piotrowicz , Petrovic , Likso

3 - Ninomiya, Nishimura, Suzuki, Matsumura

نشان داد که تیپ های هوای پرفشار اروپای شمالی، پرفشار سیبری و پرفشار اروپای شرقی بیشترین تأثیر را در وقوع یخبندانهای ایران دارند. لشکری و کیخسروی (۱۳۸۹، ص. ۱۷۵) شرایط سینوپتیکی موج سرمای ۸-۱۵ دی ماه ۱۳۸۵ ایران زمین را بررسی کردند. نتایج نشان داد که زبانه سردی که از نزدیک قطب کشیده شده، مرکز کم ارتفاعی که روی شمال سیبری بسته شده است و در نهایت نفوذ یک موج سرما از سمت شمال سرمای شدیدی را روی ایران حاکم کرده است. کریمی، نگارش، طاووسی و علیجانی (۱۳۹۱، ص. ۷۴) امواج سرماهای دی و بهمن ۱۳۸۳ استان چهار محال و بختیاری بررسی و نشان دادند الگوی حاکم بر امواج سرمای شدید، الگوی پرفشار سیبری بوده است و همزمان با نفوذ و گسترش زبانه‌ی پرفشار سیبری به منطقه در تراز میانی جو فرازهایی تا ارتفاع ۵۸۰۰ متر تشکیل شده که ریزش هوای بسیار سرد به منطقه را در امتداد شرقی این فرازها توجیه می‌کند. عزیزی و یوسفی (۱۳۸۴، ص. ۱۴۹) با بررسی الگوهای همدید موثر در شکل‌گیری ناهنجاری-

های دمایی ایران و اروپا با استفاده از دمای حداقل (۲۰۱۰-۱۹۵۱) در دوره های سرد؛ نقش مهم شکل‌گیری سامانه‌های بندالی و پشته قوی روی اروپا و اطلس را در وقوع دمای حداقل فرین در ایستگاه‌های ایران نشان داد. دوستکامیان، جلالی و طاهریان زاده (۱۳۹۶، ص. ۶۷۰) امواج سرمایشی و فراگیر شمال غرب کشور را در بازه زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ بررسی کردند. بیشتر سرماهای فراگیر شمال غرب بر اساس شکل‌گیری پرفشار سیبری در سطح زمین است. در بیشتر الگوها مهمترین پدیده و عامل اصلی وقوع سرما استقراره ناوه عمیق بر روی منطقه است. یار مرادی، کیخسروی و نصیری (۱۳۹۷، ص. ۶۵) در بررسی امواج سرمای غرب کشور نشان دادند که عامل اصلی امواج سرمای منطقه الگوی پرفشاری با فشار مرکزی بیش از ۱۰۳۲ هکتوپاسکال بر روی شمالغرب و غرب در تراز سطح دریا و نیز قرارگیری قطاع غربی ناوه عمیق بر روی مناطق غربی ایران در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال است. شاهبایی کوتنایی (۱۳۹۳) به تحلیل همدید موج های سرمای زمستانی در ایران پرداخت.

ایران هدایت می‌کند. استقرار فراز مانع در شرق این فرود سبب ایستایی نسبی این فرود شده و تداوم سرما را در منطقه تشدید می‌کند. در سطح زمین هم اکثراً پرفشارهای مهاجر غربی و گسترش زبانه پرفشار سیبری بر شدت سرمای هوای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌افزاید. کریمی و کاکی (۱۳۹۷، ص. ۱۷۰) شرایط همدید رخداد سرماهای فراگیر غرب ایران برای دوره ۲۰۱۵-۱۹۹۲ بررسی کردند. نتایج نشان داد که عامل اصلی ایجاد سرماهای فراگیر غرب ایران با توجه به مکان‌گزینی مراکز فشار، نفوذ سرما از سمت شمال شرق، شمال غرب و شمال به منطقه می‌باشد. تحقیقات انجام شده نشان از اهمیت بررسی فرین‌های آب و هوایی دارد. با توجه به بحران تغییرات اقلیمی جهانی و تاثیر بسزای آن بر روند فرین‌های دمای، بنظر میرسد مطالعه این تغییرات به صورت محلی و منطقه‌ای جهت جلوگیری از خسارات احتمالی و اثرات اقتصادی - اجتماعی آن که می‌تواند بر تمامی ابعاد زندگی انسان تاثیر بگذارد، ضروری باشد. بدین جهت در این تحقیق به منظور شناسایی رفتار سامانه‌های

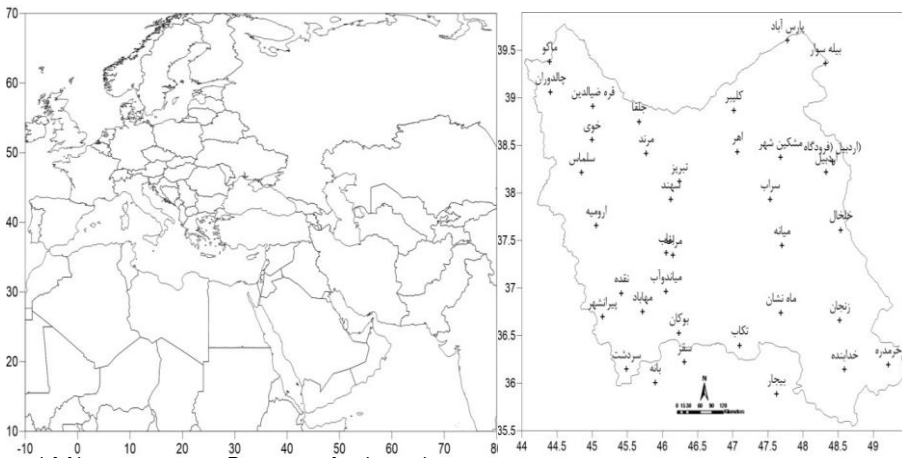
نتایج نشان داد نحوه‌ی آرایش دو سامانه‌ی پرفشار سیبری و آזור نقش بسیار مهمی در هدایت هوای سرد عرض‌های شمالی به سوی کشور ایفا کرده‌اند. الگوهای تراز میانی جو در شدیدترین، فراگیرترین و مداوم‌ترین امواج سرمای زمستانی هنگامی شکل گرفته‌اند که سامانه‌های مانع در شرق اروپا استقرار یافته و ناوه‌ی شرقی آن‌ها بر روی ایران قرار گرفته است. مطلبی‌زاده (۱۳۹۴) به تحلیل سینوپتیک امواج سرمای منطقه شمال غرب ایران پرداخت. نتایج نشان داد الگوی فشار حاکم در طول ایام حاکمیت امواج سرمای وضعیت پرفشاری بوده که منشا آن پرفشارهای سیبری، مهاجر غربی و پرفشار ادغامی می‌باشند. همچنین در ترازهای میانی جو در شمال شرق ایران ناوه‌ی مستقر بوده است. رضازاده و علیجانی (۱۳۹۶، ص. ۱۸۳) در یک دوره آماری ۲۳ ساله به تحلیل سینوپتیکی امواج فراگیر سرما در شمال غرب کشور پرداختند. نتایج نشان داد که علت بیش‌تر یخبندانهای شدید سطح بالا ناشی از استقرار یک فرود عمیق در غرب ایران بوده که هوای سرد مناطق قطبی را به

همدیدی موثر در وقوع روزهای سرد فرین شمال غرب کشور، با افزایش تعداد ایستگاهها و بازه زمانی مورد مطالعه تلاش گردیده تا به نتایج جامع تر و جدیدتر در این زمینه دست یافت تا کمکی در جهت برنامه ریزی های منطقه ای در ابعاد مختلف باشد.

## ۱. داده‌ها و روش‌ها

### ۱.۱. منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

جهت بررسی و تحلیل الگوهای حاکم بر وقوع امواج سرد فرین در منطقه شمال غرب ایران در این تحقیق، داده‌های حداقل دمای روزانه ۳۶ ایستگاه سینوپتیک کشور برای ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، نوامبر و دسامبر برای یک دوره ۳۲ ساله (۲۰۱۷-۱۹۸۶) از سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید. توزیع فضایی این ایستگاه‌ها در شکل شماره (۱) ارائه شده است.



به منظور تعیین الگوهای جوی منجر به وقوع سرمای شدید از داده های شبکه ای فشار سطح تراز دریا، ارتفاع تراز میانی جو و داده های شاخص امگا در

تراز ۷۰۰ هکتو پاسکال استفاده گردید.. این داده ها از مرکز ملی پیش بینی محیطی

پس از اعمال این روش بر روی تمام داده‌ها، یکبار آستانه  $1/2$ - نمره استاندارد را که علیجانی و هوشیار (۱۳۸۷) نیز برای امواج سرمای‌ی بکار بردند، به عنوان مبنای فرین‌های سرد در نظر گرفته شد که شامل روزهای سرد تا روزهای ابر سرد می‌شود. با این وصف برای هر ایستگاه در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارچ، آپریل، نوامبر و دسامبر روزهای سرد فرین استخراج شد. شرطی که برای امواج سرمای‌ی برای تحلیل‌های سینوپتیکی در نظر گرفته شد به این صورت است که، اولاً در بیش از ۵۰ درصد از ایستگاه‌ها در هر روز دما کم‌تر و مساوی آستانه  $1/2$ - باشد. دوماً تداوم این روزهای حداقل ۲ روزه باشد. با چنین وصفی، باید روزهای سرد فرین با تداوم ۲ روزه در حداقل ۵۰ درصد ایستگاه‌ها رخ داده باشد که به عنوان امواج سرمای‌ی فراگیر در نظر گرفته شود. با چنین وصفی در طی سال‌های مورد مطالعه ۱۲۸ موج سرمای‌ی شناسایی شد.

دو رویکرد عمده در اقلیم‌شناسی هم‌دید، رویکرد گردشی به محیطی و رویکرد محیطی به گردشی است.

<sup>۱</sup> (NCEP) و مرکز ملی پژوهش‌های جوی<sup>۲</sup> (NCAR) ایالات متحده با چارچوب مکانی  $10^{\circ}$  تا  $80^{\circ}$  درجه شرقی و  $10^{\circ}$  تا  $70^{\circ}$  درجه شمالی و به صورت ۶ ساعته به وقت گرینویچ ( $00:00$ ،  $06:00$ ،  $12:00$ ،  $18:00$ ) استخراج شده است اما به دلیل حجم بالای نقشه‌ها فقط نقشه ساعت 06,00 UTC برای ارائه استفاده شده است.

## ۲-۱. روش‌ها

برای شناسایی روزهای سرمای‌ی فرین از شاخص نمره استاندارد (Z) استفاده شده است که معادله آن به شرح ذیل می‌باشد:

$$T_{min} = (T_{min_i} - \bar{T}_{min}) / SD$$

در این معادله:  $T_{min}$  دمای استاندارد شده در هر روز از ماه سال،  $T_{min_i}$  حداقل دمای روزانه در هر ماه،  $\bar{T}_{min}$  میانگین دمای روزانه هر روز در طی ۳۰ سال و SD انحراف معیار هر روز طی ۳۰ سال مورد بررسی می‌باشند. بر این اساس داده‌های روزانه ایستگاه‌ها استاندارد می‌شود.

اختلاف این دو رویکرد در روش طبقه‌بندی جو و محیط سطحی در ارتباط با یکدیگر است. در رویکرد گردشی به محیطی محقق طبقه‌بندی همدید را در ارتباط با یک ناحیه مطرح می‌کند. در مقابل، در رویکرد محیطی به گردشی الگوهای گردشی جو را در ارتباط با شرایط محیطی ویژه‌ای مورد بررسی قرار می‌دهد (یارنال، ۱۳۹۰: ۱۹۳). با یک رویکرد محیطی به گردشی، در این پژوهش ابتدا روزهای سرد فرین (با آستانه شاخص استاندارد کمتر از  $1/2$ -) استخراج شده و سپس بر اساس روزهای استخراج شده با تدام حداقل ۲ روز، سامانه‌های سینوپتیکی به وجود آورده این امواج توسط تحلیل عاملی استخراج و مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای دماهای حداقل روزانه با آستانه شاخص استاندارد  $1/2$ - و تداوم ۲ روزه در منطقه شمال غرب ایران ۱۲۸ موج سرما در طی دوره مورد مطالعه استخراج شد. برای کاهش حجم داده‌ها و بررسی دقیق‌تر بر روی شرایط

سینوپتیکی به وجود آورنده این شرایط از روش تحلیل عاملی دوران یافته ۱ (واریماکس ۲) به روش درستیابی بیشینه ۳ استفاده شد که یکی از محبوبترین روش‌های طبقه‌بندی اقلیمی در بین جامعه اقلیم‌شناسان می‌باشد. پس از انتخاب داده‌ها، ماتریس پراکنش به آرایه  $P$  و  $128 \times 1125$  تشکیل داده شد. در این ماتریس ۱۱۲۵، تعداد پیکسل‌های فشار تراز دریا و ۱۲۸ تعداد امواج سرمایی شمال غرب در طی سالهای مورد مطالعه هستند. پس از محاسبه ماتریس همبستگی، با استفاده از محاسبه دترمینان ضرایب همبستگی بین متغیرها و یا معیار کایزر-میر-آلکاین ۴ (KMO) صحت تحلیل عاملی مورد آزمون قرار گرفت. معیار KMO برابر با ۰/۹۴ بود و محاسبه دترمینان ماتریس همبستگی برابر صفر است که نشان می‌دهد که انتخاب متغیرها مناسب می‌باشد. مشخصات این عامل‌ها در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: مشخصات عامل‌های حاصل از تحلیل عاملی بر روی فشار تراز دریا

تداوم امواج سرمای‌ی روز نماینده	روز نماینده	درصد روزهای طبقه بندی شده	درصد واریانس	
۲ روزه، ۲۶ تا ۲۷ ژانویه ۱۹۹۰	۱۹۹/۱/۲۶ ۰	۴۶	۲۷	عامل اول (الگوی اول)
۳ روزه، ۲ تا ۴ ژانویه ۲۰۰۹	۲۰۰۹/۱/۲	۲۲	۱۷	عامل دوم (الگوی دوم)
۲ روزه، ۲۶ تا ۲۷ فوریه ۱۹۸۸	۱۹۸/۲/۲۶ ۸	۱۸	۱۲	عامل سوم (الگوی سوم)
۶ روزه، ۲۴ تا ۲۹ ژانویه ۱۹۹۲	۱۹۹/۱/۲۴ ۲	۱۴	۱۰	عامل چهارم (الگوی چهارم)

## ۲. یافته‌ها و نتایج

چهار عامل اصلی اول به عنوان الگوهای موثر بر شکل‌گیری امواج سرمای‌ی فراگیر در شمال غرب شناسایی شد که این چهار عامل اول حدود ۶۵/۶۴ درصد از پراش الگوهای فشار تراز دریا را در روزهای مورد مطالعه توجیه می‌کنند. لازم به ذکر است که در الگوی دوم و چهارم که تعداد روزهای سرمای‌ی بیش از دو روز بوده، فقط نقشه‌های دو روز به عنوان نماینده ارائه می‌شود. بررسی‌ها به صورت روزانه طی وقوع موج انجام و نتایج با ارائه نقشه دو روز تفسیر شده است.

### الگوی اول: پرفشار سبیری- کم فشار شمال غرب اروپا

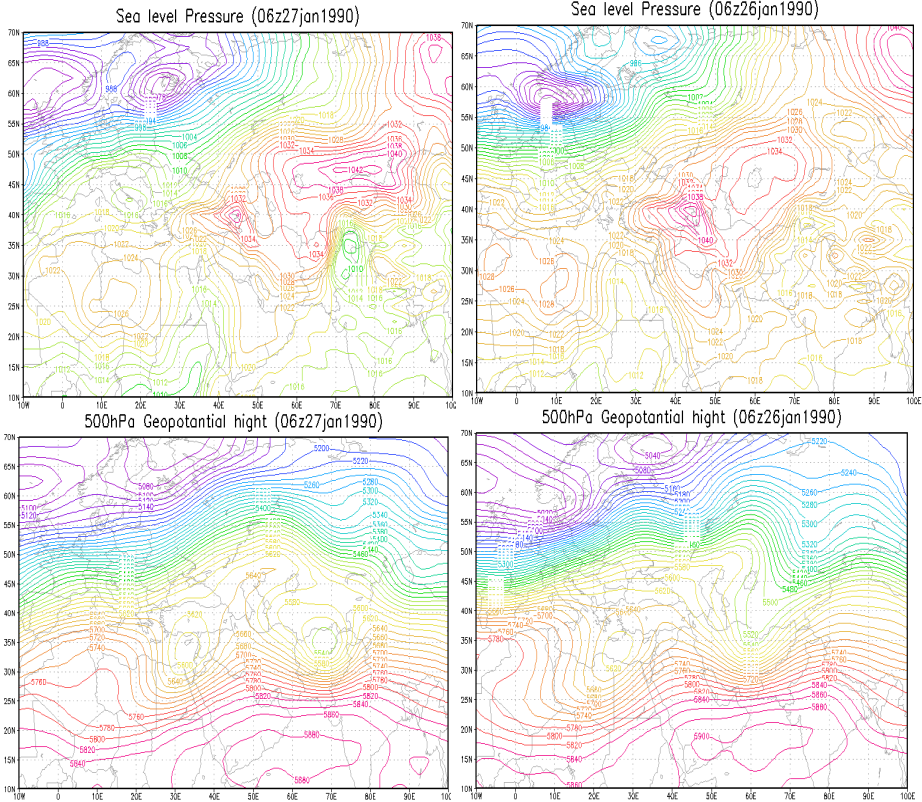
الگوی پراکنش دمایی منطقه در هر دو روز مشابه بوده و بخش‌های جنوبی و شرقی بیش‌ترین افت دما را داشته‌اند. دمای هوا در این دو روز کمتر از ۲- بوده و در برخی مناطق جنوب و شرق منطقه (ارتفاعات سه‌پند و سیلان) تا ۲۸- نیز رسیده است. به سمت شمال غرب به شدت شیب دمایی افزایش داشته و کمینه دما در این بخش‌ها به ۲- درجه سانتیگراد می‌رسد. شمال غرب تا جنوب غرب منطقه نیز دمایی کم‌تر از ۱۲- درجه سانتیگراد را تجربه نموده‌اند.

شکل ۲ آرایش فشار تراز دریا و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی را در روز ۲۶ و ۲۷ ژانویه ۱۹۹۰ در ساعت 00,06 UTC را در الگوی اول نشان میدهد. نقشه‌ی تراز دریای در روز ۲۶ ژانویه وجود سیستم پر فشار سیبری در روسیه با فشار مرکزی کمتر از ۱۰۴۱ و گسترش زبانه آن تا روی ایران (یک سلول با فشار مرکزی ۱۰۳۴ هکتوپاسکال در شرق دریای خزر و سلول قویتری با فشار مرکزی ۱۰۴۲ هکتوپاسکال بر روی مرز ایران، ترکیه و آذربایجان) و سیستم کم فشار بسیار قوی در غرب اروپا را نشان می دهد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نفوذ یک ناوه عمیق با محور شمال شرق- جنوب غرب از روسیه تا بخش های شرقی ایران دیده می شود که شمال غرب ایران زیر بازوی غربی این ناوه قرار دارد. این امر باعث ریزش هوای سرد عرضهای بالا به پشت این ناوه (شمال غرب ایران) می شود. بنابراین شرایط نفوذ زبانه پرفشار حرارتی سیبری برای ایجاد موج سرد مهیا شده است. روز ۲۷ ژانویه شکل گیری یک بلوکینگ امگایی شکل با پربند ۵۶۴۰ ژئوپتانسیل متر بر فراز شمال شرق دریای خزر قابل مشاهده

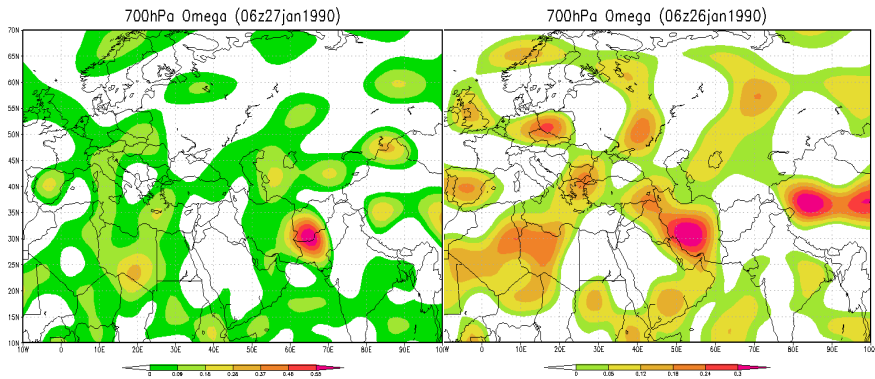
است. در دو سمت این بلوکینگ امگایی، دو سلول کم ارتفاع یکی بر فراز شرق دریای مدیترانه و دیگری بر روی پاکستان بسته شده است (شکل ۲). این امر باعث ریزش هوای سرد از عرضهای بالاتر را در بازوی شرقی این بلوکینگ بر روی منطقه می شود و فعالیت پرفشار سیبری باعث تداوم موج سرمایایی شده است. برای بررسی شرایط دینامیکی الگوها، نقشه های امگای تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز ارائه شده است که جهت سهولت بررسی مقادیر منفی که شرایط صعود را نشان می دهد، حذف شده و مقادیر مثبت، که گویای شرایط فرونشینی و حرکات قائم پایین سو و ایستایی جو می باشد، با رنگها نشان داده شده است. در الگوی اول، نقشه امگا تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۶ ژانویه مقادیر مثبت را در مسیر زبانه پرفشار سیبری و نفوذ آن به داخل کشور در بیشتر نقاط ایران به جز بخش های شمال شرقی کشور نشان می دهد. این وضعیت گویای همگرایی هوا در ترازهای میانی جو و شرایط نزول و فرونشینی دینامیکی توده هوا در ترازهای زیرین جو می باشد که در نهایت منجر به شرایط پایداری جو و

مثبت امگا در منطقه شمال غرب ایران  
واقع شده است (شکل ۳).

نفوذ هوای سرد و خشک به اغلب نقاط  
کشور می باشد. هسته بیشینه مقادیر



شکل ۲: توزیع فشار تراز دریا و ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰،۰۶ در روزهای ۲۶ و ۲۷ ژانویه ۱۹۹۰



شکل ۳: نقشه امگا تراز ۷۰۰ hpa در ساعت ۰۰،۰۶ در روز ۲۶ و ۲۷ ژانویه ۱۹۹۰

### الگوی دوم : پرفشار سبیری - کم فشار شمال روسیه

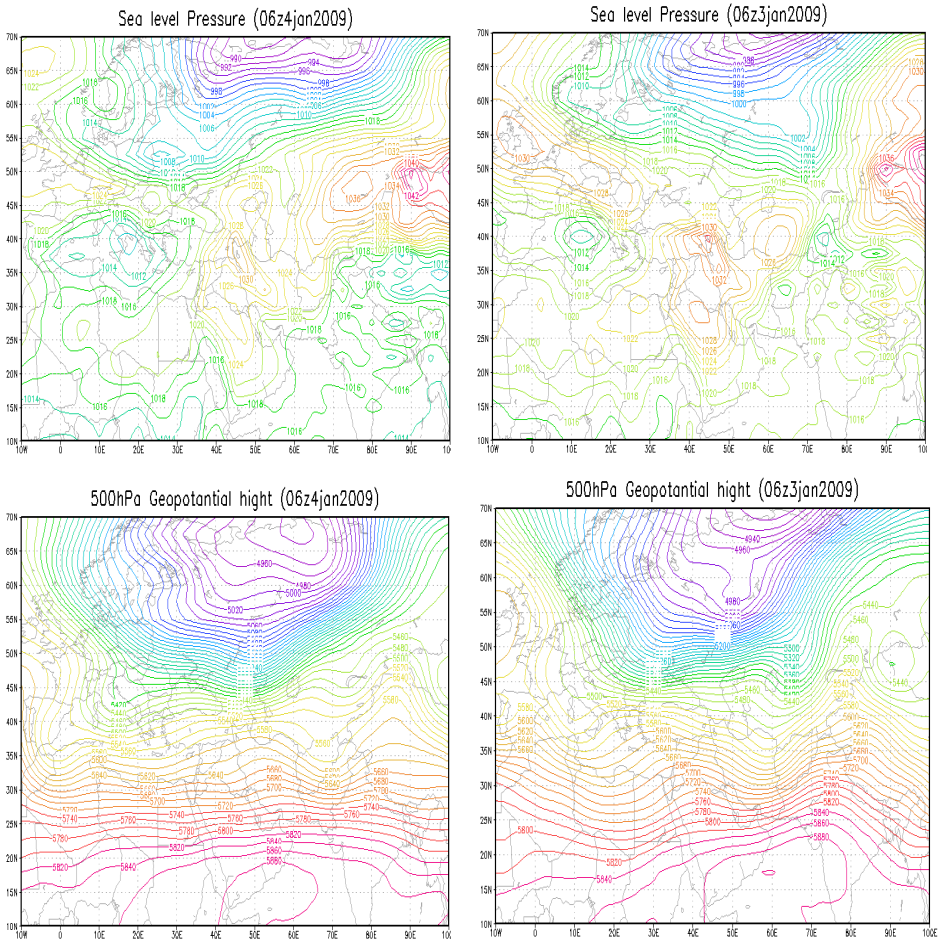
الگوی دوم یک موج سرمای سه روزه است که از روز دوم ژانویه آغاز و تا چهارم ژانویه ۲۰۰۹ ادامه داشته است. در هر سه روز کمینه دما در شمال غرب، شمال و شرق منطقه رخ داده و شدت سرما به سمت جنوب و شمال شرق منطقه کم شده است. بیشینه دما به حدود ۵- درجه سانتیگراد و کمینه دما در شمال غرب منطقه به ترتیب در روزهای ۳، ۴ و ۵ ژانویه به حدود ۱۲-، ۲۷- و ۲۰- درجه سانتیگراد رسیده است.

شکل ۴ توزیع فشار تراز دریا و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را در روزهای سوم تا چهارم ژانویه ۲۰۰۹ در الگوی دوم نشان می‌دهد. حضور یک سامانه کمربندی پرفشار از غرب اروپا- اقیانوس اطلس، غرب دریای مدیترانه تا غرب ایران و یک سامانه کم فشار قوی با فشار مرکزی ۹۸۲ هکتوپاسکال در در شمال روسیه دیده می‌شد. بررسی نقشه های ۳۱ دسامبر ۲۰۰۸ و ۱ ژانویه ۲۰۰۹ نشان می‌دهد که سامانه پرفشاری که در روز دوم ژانویه ۲۰۰۹ به مرز شمال غرب

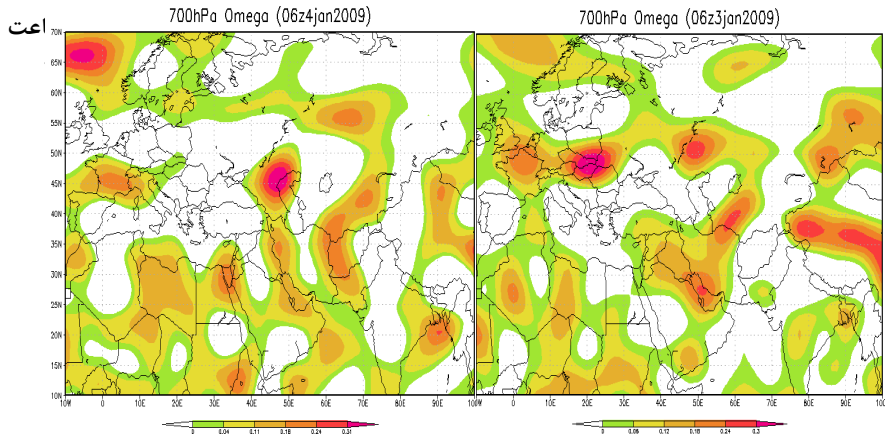
ایران وارد شده، در واقع زبانه‌ای از پرفشار سبیری است و باعث ایجاد موج سرمایی با تداوم ۳ روزه شده است. زبانه پرفشار یاد شده در روزهای سوم و چهارم ژانویه با امتداد شمال غرب- جنوب شرقی بخش‌های وسیعی از ایران را تحت پوشش قرار داده است (شکل ۴). در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال حضور یک ناوه عمیق از سامانه کم ارتفاع شمال روسیه که با محور شمال شرق- جنوب غرب از شمال دریای خزر تا روی عربستان گسترش یافته، دیده می‌شود. بخش‌های شمال غربی ایران زیر بازوی غربی این ناوه قرار گرفته است. در واقع پشته ای از روی دریای مدیترانه به سمت دریای سیاه در حال شکل گیری و حرکت به سمت شمال غرب ایران است. بررسی نقشه های تراز دریا تا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که سامانه کم ارتفاع شمال روسیه و سامانه پرفشار سبیری، سامانه‌ای دینامیکی هستند که از تراز دریا تا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال گسترش یافته اند. بنابراین ریزش هوای سرد شمال روسیه به بازوی غربی ناوه، سبب تقویت پرفشار سبیری و موج سرما در منطقه شمال غرب ایران شده است. در ادامه در روزهای سوم و

ژانویه ۲۰۰۹ نیز شرایط نزول دینامیکی جو را در محل استقرار پرفشار سیبری نشان می‌دهد. در شمال غرب و بخش‌های وسیعی از کشور، شرایط پایداری دینامیکی جو با مقادیر مثبت امگا دیده می‌شود (شکل ۵).

چهارم ژانویه ۲۰۰۹ پشته شکل گرفته با محور تقریباً شمال غربی- جنوب شرقی که از روی ترکیه تا روی عربستان امتداد یافته است شمال غرب کشور را تحت تاثیر قرار می‌دهد (شکل ۴). نقشه‌های امگا در روزهای دوم تا چهارم



شکل ۴: توزیع فشار تراز دریا و ۵۰۰ hpa در ساعت 00,06 UTC در روزهای ۳، ۴ ژانویه ۲۰۰۹



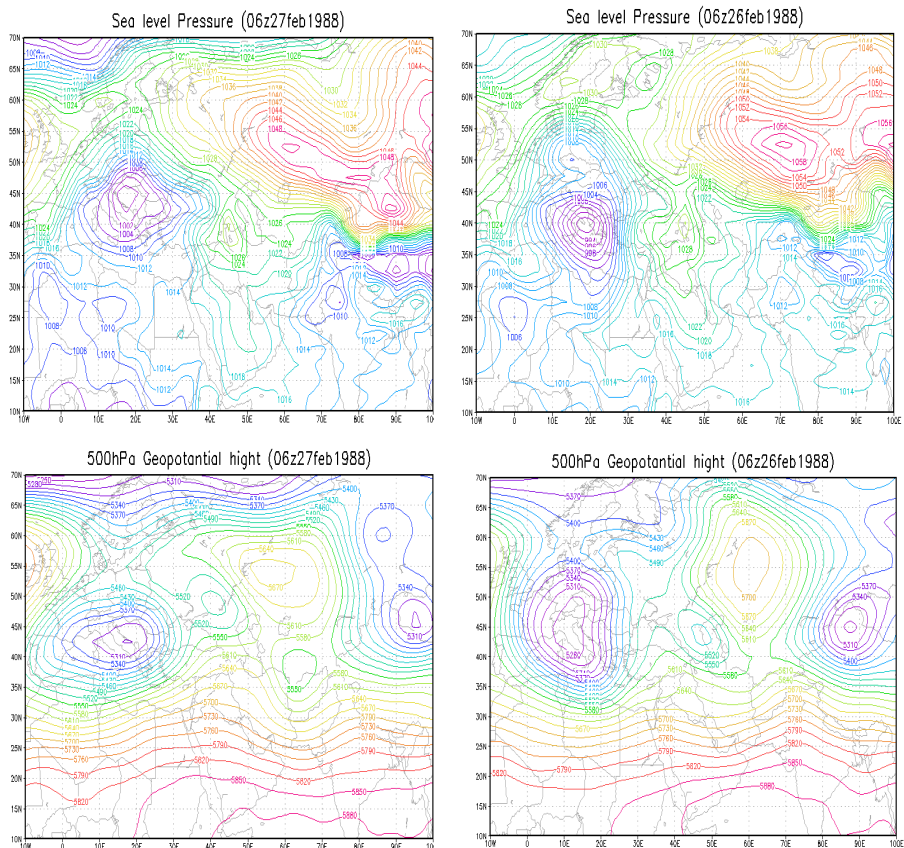
### الگوی سوم: زبانه پرفشار سیبری - کم فشار دریای مدیترانه

الگوی سوم یک موج دو روزه سرمای فراگیر در روزهای ۲۶ و ۲۷ فوریه ۱۹۸۸ می باشد. در این الگو شدت سرما نسبت به دو الگوی قبلی ضعیف تر بوده و کمینه دمای منطقه در روز ۲۶ و ۲۷ فوریه به ترتیب حدود ۱۸- و ۱۹- درجه سانتیگراد در بخش‌های جنوبی منطقه رخ داده است. از بخش‌های جنوبی منطقه به سمت شمال از شدت سرما کاسته شده، تا جاییکه در بیشینه دمای منطقه به ۱- درجه سانتیگراد می‌رسد. آرایش الگوی فشار تراز دریا نشان می‌دهد که الگوی غالب، سامانه پرفشار سیبری بسیار قوی با چند سلول مجزا، سلول بسته شده در روسیه با فشار مرکزی ۱۰۶۰ هکتوپاسکال است. زبانه‌ای از این سامانه، بخش‌هایی از ایران، عراق، ترکیه تا عربستان را تحت تاثیر قرار داده است. یک سلول پرفشار حاصل از زبانه-

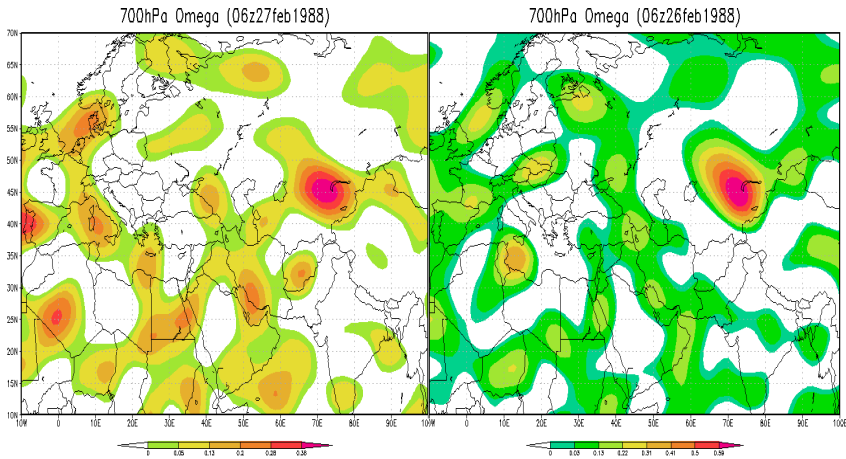
ی پرفشار سیبری، در روز ۲۶ فوریه با فشار مرکزی ۱۰۳۲ هکتوپاسکال و در روز ۲۷ فوریه با فشار مرکزی ۱۰۳۰ هکتوپاسکال در شمال غرب ایران بسته شده است که سبب ریزش هوای سرد و خشک شمال روسیه به سمت شمال غرب ایران می شود. حضور سامانه کم فشاری بر روی شمال دریای مدیترانه در تقابل با سامانه پرفشار سیبری دیده می‌شود که بخش‌های وسیعی از اروپا و شمال آفریقا را در بر گرفته است (شکل ۶). توزیع الگوی فشار در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که سامانه پرفشار سیبری تا تراز میانی جو نیز به صورت دینامیکی گسترش یافته و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به صورت یک سامانه پر ارتفاع فعال است. بر روی دریای مدیترانه نیز یک مرکز کم ارتفاع قوی فعال است که با همراهی کم فشار تراز دریا گویای یک سیکلون دینامیکی

می‌کند (شکل ۶). نقشه امگای تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال برای روزهای ۲۶ و ۲۷ فوریه، مقادیر مثبت را در محل استقرار پرفشار سیبری در روسیه و زبانه آن در شمال غرب ایران نشان می‌دهد. بنابراین در شمال غرب ایران شرایط پایداری جو در این موج سرمای دو روزه حاکم است و موجب فرونشینی جو در این بخش ها می شود و در نتیجه موج سرمایی را به مدت دو روز در منطقه تقویت می‌کند (شکل ۷).

قدرتمند در منطقه است. در این زمان بخش‌های شمال غربی ایران زیر محور جلویی (بازوی شرقی) پشته ای قرار گرفته که امتداد محور آن جنوبی - شمالی است و از عربستان تا روی ترکیه امتداد یافته است. حضور این پشته به همراه پرفشار سیبری در تراز دریا حاکی از یک سامانه پرفشاری دینامیکی است که شرایط را برای فرونشینی جو و ریزش هوای سرد و خشک عرضهای شمالی به سمت شمال غرب ایران تقویت



شکل ۶: توزیع الگوی فشار تراز دریا و ۵۰۰ hpa در ساعت 00,06 UTC در روزهای ۲۶ و ۲۷ فوریه ۱۹۹۸



شکل ۷: نقشه امگا تراز ۷۰۰ hpa در ساعت 00,06 UTC در روز ۲۷ فوریه ۱۹۹۸

هکتوپاسکال با پرفشار اروپایی تراز دریا می باشد که موج سرمای ۶ روزه را ایجاد کرده است (شکل ۸، فقط نقشه های روزهای ۲۵ و ۲۶ ژانویه ارائه شده است). روز ۲۴ ژانویه ۱۹۹۲ یک سامانه پرفشار اروپایی قوی با مرکز ۱۰۴۰ هکتوپاسکال بر روی دریای سیاه بسته شده و در طول دوره ۶ روز مورد مطالعه، فعال بوده است. زبانه ای از این سامانه با محور شمال غربی- جنوب شرقی از شمال غرب وارد ایران شده است. تا روز ۲۶ ژانویه این سامانه پر فشار به مرز آذربایجان و شمال غرب ایران می رسد. همچنین زبانه آن با امتداد شمال غربی- جنوب شرقی تا بخش های مرکزی ایران نفوذ کرده است. در تراز ۵۰۰

#### الگوی چهارم: سامانه پرفشار اروپایی

الگوی چهارم یک موج سرمای نسبتاً شدید با تداوم شش روزه در شمال غرب ایران بوده است که از ۲۴ ژانویه ۱۹۹۲ آغاز و تا ۲۹ ژانویه ادامه داشته است. کمترین دمای ثبت شده در این روزها ۲۸- درجه سانتیگراد است که در تمامی این روزها در بخشهای جنوبی تا جنوب شرق منطقه رخ داده است. بیشینه دمای ثبت شده نیز صفر درجه سانتیگراد بوده، که در شمال شرقی منطقه رخ داده است. بررسی نقشه های فشار تراز دریا و ۵۰۰ هکتوپاسکال در این الگو، گویای همراهی یک سامانه بلوکینگ امگایی در تراز ۵۰۰

تحت تاثیر قرار داده و این شرایط تداوم داشته است.

بررسی نقشه امگا در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، مقادیر مثبت امگا، در مرکز سامانه بلوکینگ مستقر در شرق اروپا، حرکات قائم پایین سو و پایداری جو را از تراز دریا تا تراز میانی نشان می‌دهد. در روز ۲۵ ژانویه که سلول پرفشاری از سامانه مذکور بر شمال غرب کشور بسته شده و شمال غرب کشور در عقب ناوه عمیق شمال روسیه قرار گرفته، مقادیر امگا در منطقه مثبت می‌باشد که شرایط پایداری جو و تقویت موج سرمایی را نشان می‌دهد. در روز ۲۶ ژانویه شرایط پایداری با مقادیر مثبت امگا در قسمتهای وسیعی از ایران گسترش یافته است. در طول موج سرمایی ۶ روزه در این الگو با توجه به شرایط سینوپتیکی حضور پرفشار اروپایی در تراز دریا و بلوکینگ ترازهای میانی جو، مقادیر مثبت امگا، شرایط پایداری و فرونشینی دینامیکی جو از ترازهای زیرین تا تراز میانی جو و تقویت موج سرمایی را در شمال غرب کشور نشان می‌دهد.

هکتوپاسکال مرکز سامانه بر ارتفاع بر روی اروپا بین شمال اروپا و دریای مدیترانه قرار گرفته و پشته آن به سمت بخش‌های شمالی اروپا است. دو سامانه کم ارتفاع در دو سمت این بلوکینگ، روی روسیه و غرب دریای مدیترانه فعال است. فرود عمیق سامانه کم ارتفاع روی روسیه تا روی دریای خزر و داخل ایران با محور شمال شرقی - جنوب غربی امتداد یافته است بخش‌های شمال غرب ایران در زیر محور پایینی و بازوی غربی این ناوه واقع شده‌اند. بنابراین ریزش هوای سرد عرضهای شمالی در این بخش باعث ایجاد موج سرمای شدید در منطقه شده است. در روز ۲۵ ژانویه شمال غرب ایران زیر پشته موج کوتاه از ناوه شمال روسیه واقع شده است. همچنین بلوکینگ امگایی به سمت شرق در حال حرکت است و مرکز آن به غرب روسیه رسیده است. در روز ۲۶ همچنان حرکت مرکز بلوکینگ را تا روی دریای سیاه و بریده کم فشار نیز به روی شمال آفریقا حرکت کرده است و تا روز ۲۹ ژانویه شمال غرب ایران را



## نتیجه گیری

وقوع امواج سرماییه شدید همه ساله زيانها و خسارتهایی را در بخش های مختلف کشاورزی، اقتصادی، صنعتی، حوادث جاده ای و سایر مشکلات اجتماعی را به همراه دارد. بنابراین شناخت شرایط حاکم بر شکل گیری این امواج می تواند در پیش بینی و افزایش آگاهی هنگام بروز آن، از بسیاری حوادث جلوگیری کند. بررسی شرایط همدید الگوهای موثر بر شکل گیری امواج سرماییه فراگیر در شمال غرب نشان داد که چهار الگو بر ایجاد موج سرماییه فرین در این منطقه موثر است. در تمامی این الگوها همراهی و تطابق سامانه های تراز زیرین جو با تراز میانی جو موجب ریزش هوای سرد عرض های شمالی بر روی منطقه شمال غرب کشور و ایجاد موج سرماییه فرین و فراگیر شده است. در الگوی اول، پرفشار سیبری با همراهی ناوه عمیق در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و همچنین شکل گیری یک بلاکینگ امگایی شکل (فراز مانع) موجب تداوم ریزش هوای سرد سیبری و عرضهای بالا بر روی منطقه و ایجاد شرایط نزول دینامیکی و پایداری در جو شده و شرایط را برای ایجاد موج

سرما فراهم کرده است. در الگوی دوم، یک موج سرماییه با تداوم سه روزه که هماهنگی زبانه پرفشار سیبری در تراز زیرین با قرار گرفتن شمال غرب ایران در زیر بازوی غربی ناوه عمیق شمال روسیه در ترازهای میانی جو موجب ریزش هوای سرد عرض های بالا و منطقه سیبری به شمال غرب ایران و شکل گیری موج سرما شده است. در الگوی سوم یک موج سرماییه دو روز جریان داشته است، در ترازهای میانی جو حضور کم ارتفاع و پشته ای قوی در بخش های شمال غربی کشور در همراهی با پرفشار سیبری در تراز دریا، سبب ریزش هوای سرد و خشک عرضهای شمالی و روسیه بر روی منطقه و ایجاد شرایط دینامیکی ایستایی و فرونشینی جو در این منطقه شده است. یک موج سرماییه ۶ روزه در الگوی چهارم مشاهده شد، پرفشار مهاجراروپایی در تراز دریا با همراهی بلوکینگ امگایی در ترازهای میانی جو سبب تقویت و ریزش هوای سرد عرضهای شمال اروپا بر روی شمال غرب ایران و ایجاد موج سرماییه فراگیر شده است. بنابراین پرفشار سیبری در تراز پایین جو با همراهی استقرار فراز مانع و

یا پشته های ترازهای میانی جو بر روی شمال غرب ایران، بیشترین تاثیر را شکل گیری موج سرما دارد. همچنین پرفشارهای مهاجر غربی نیز با هماهنگی فراز مانع تراز میانی جو نیز موجب شکل گیری موجهای سرمای می شوند. در نتیجه با رصد حرکت سامانه ی سیبری و سامانه های پرفشار مهاجر، چند روز قبل از وقوع موج سرما میتوان، آن را پیش بینی کرد و با هشدار به موقع آن، جلوی بسیاری از خسارات را چه در بخش های کشاورزی، صنعتی و چه در سایر بخش های جامعه گرفت.

#### ملاحظات اخلاقی

**حامی مالی:** این پژوهش هیچ کمک مالی از سازمان های تأمین مالی دریافت نکرده است.  
**تعارض منافع:** طبق اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.  
**برگرفته از پایان نامه/رساله:** این مقاله برگرفته از پایان نامه/رساله نبوده است.

## منابع

- سواحل جنوبی دریای خزر، مجله مدرس، شماره ۶۳-۶۴، صص ۱۶۵-۱۴۹
- علیجانی، بهلول؛ هوشیار، محمود؛ ۱۳۸۷. شناسایی الگوهای سینوپتیکی سرماهای شدید شمال غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۵. صص: ۱۶-۱.
- فتحی، ابراهیم؛ صالحی پاک، تهمینه، ۱۳۸۸، تحلیل الگوهای سینوپتیکی یخبندانهای زمستانه ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه. شماره ۱۳، صص ۱۳۶-۱۲۷.
- کریمی، مصطفی، کاکلی، سیف‌الله، ۱۳۹۷، تحلیل آماری-همدیدی الگوهای سرماهای فراگیر غرب ایران، مخاطرات محیط طبیعی، سال هفتم، شماره ۱۸، صص ۱۸۸-۱۶۹.
- کریمی، صادق؛ نگارش، حسین؛ طاوسی، تقی و علیجانی، بهلول، ۱۳۹۱، تحلیل همدید امواج سرماهای فراگیر ایران (موردی موج سرمای دی و بهمن ۱۳۸۳ استان چهارمحال و بختیاری)، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۹، صص ۷۶-۵۵.
- لشکری، حسن و کیخسروی، قاسم، ۱۳۸۷، تحلیل سینوپتیکی موج سرمای
- جهانبخش، سعید؛ رضایی، سمیه؛ قاسمی، احمد رضا؛ تدینی، معصومه؛ ۱۳۹۰. تحلیل سینوپتیکی یخبندان-های بهاره تبریز (مطالعه موردی: سرمای بهار ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳) تحقیقات جغرافیایی. شماره ۱۰۲. صص: ۲۴-۱.
- دوستکامیان، مهدی، جلالی، مسعود، طاهریان زاده، اله مراد، ۱۳۹۶، تحلیل آماری- سینوپتیکی امواج سرمایشی و فراگیر شمال غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۹، شماره ۴، صص ۷۱۸-۶۹۹.
- رضازاده، یعقوب، علیجانی، بهلول، ۱۳۹۶، تحلیل آماری سینوپتیکی امواج سرمای خسارت بار شمال غرب ایران، جغرافیا و برنامه ریزی، شماره ۶۱، صص ۲۰۲-۱۸۳.
- شاهبایی کوتنایی، علی، ۱۳۹۳، تحلیل همدید موج‌های سرمای زمستانی در ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان، استاد راهنما دکتر حسین عساکره.
- عزیزی، قاسم و یوسفی، حسن، ۱۳۸۴، زمانیابی ورود پرفشار سیبری به

- توسعه، دوره ۵، شماره ۱۰، صص ۱۰۶-۸۹.
- Aalijahan, Mehdi, Salahi, Bromand, Ghavidel Rahimi, Yousef , Farajzadeh Asl, Manuchehr, 2019, A new approach in temporal-spatial reconstruction and synoptic analysis of cold waves in the northwest of Iran, Theoretical and Applied Climatology, Vol.137, pp:341-352.
  - Ashcroft L.C. Pezza A.B. Simmonds I. (2009), Cold Events Over Southern Australia: Synoptic Climatology and Hemispheric Structure, Journal of Climate, Vol. 22, PP: 6679-6698.
  - Chang, J. 1972. Atmospheric Circulation Systems and Climates. Oriental Publishing Company , Hawaii.
  - Domonkos P, Kysely J, Piotrowicz K, Petrovic P, Likso T (۲۰۰۳) Variability of extreme temperature events in south-central Europe during the 20th century and its relationship with large-
- ۱۵- ۸ در ماه ۱۳۸۵ در ایران، مجله مدرس علوم انسانی، شماره ۱۴، صص ۱۵۵-۱۷۷.
- مسعودیان، سید ابوالفضل؛ دارند، محمد؛ ۱۳۹۲. تحلیل همدید یخبندانهای فراگیر و با دوام ایران. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ۵۰، صص: ۱۴۴-۱۲۹.
  - مطلبی زاده، سلماز، ۱۳۹۴، شناسایی، طبقه بندی و تحلیل سینوپتیک امواج سرمای منطقه شمال غرب ایران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، استاد راهنما، یوسف قویدل رحیمی.
  - یار مرادی، زهرا، کیخسروی، قاسم، نصیری، بهرز، ۱۳۹۷، بررسی امواج سرمای ناحیه غرب ایران، پژوهش های دانش زمین، شماره ۳۵، صص ۶۷-۵۱.
  - یارنال، برنت، ۱۳۹۰، اقلیم شناسی همدید و کاربردهای آن در مطالعات محیطی، برگردان سیدابوالفضل مسعودیان، چاپ دوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان.
  - هژبرپور، قاسم، علیجانی، بهلول، ۱۳۸۶، تحلیل همدید یخبندانهای استان اردبیل، فصلنامه جغرافیا و

- Ninomiya, K, Nishimura T, Suzuki T, Matsumura, S (2006), Polar-air outbreak and air-mass transformation over the east coast of Asia as simulated by an AGCM. *J Meteor Soc Japan* No. 84: 47–68.
- Pettersen, S. 1950. Some Aspects of the General Circulation of the Atmosphere. *Centenary Proceedings. R. M. S:* 120-155.
- Takahashi H (1990) Migration of the cold air mass related to rain belt formation of the Chinese continent and atmospheric systems during the Baiu season (in Japanese). *Geographical Rev Japan Series A* 64: 10–24.
- Tannehill IR (1982) Severe cold waves on the Texas coast. *MonWeather Rev* 56(2):41–47.
- scale circulation. *Int J Climatol* 23(9):987–1010
- Klein, W.H. 1957. The Frequency of Cyclones and Anticyclones in Relation to the Mean Circulation. *Journal of Applied Meteorology.* 15: 98-102.
- Kostopoulou, E. and Jones, P. D, (2007), Comprehensive analysis of the climate variability in the eastern Mediterranean, Part II: relationships between atmospheric circulation patterns and surface climatic elements, *Int. J. Climatol*, 27: 1351-1371.
- Kutiel, H. and Turkes, M, (2005), New evidence for the role of the North Sea-Caspian Patter on the temperature and precipitation regimes in continental central Turkey, *Geografiska Annaler: Series A, Phys Geography*, 87: 501-513.
- Muller, GV. and Berri GJ (2007), Atmospheric Circulation Associated with Persistent Generalized Frosts in Central-Southern South America, *Mon. Wea. Rev.* 135, 4, 1268-1289.