نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال شانزدهم، شماره ۴۰، بهار ۹۵

تحلیل آماری و سینوپتیک امواج سرمایی منطقه شمال غرب ایران

دریافت مقاله:۹۴/۴/۸ پذیرش نهایی: ۹۵/۳/۶
صفحات:۴۶-۲۹

یوسف قویدل رحیمی: استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ایران[۱]
Email: ghavidel@modares.ac.ir
منوچهر فرج زاده اصل: استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ایران
Email: farajzam@modares.ac.ir
سلماز مطلبی زاد: کارشناس ارشد مخاطرات آب و هوایی، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ایران
Email: solmaz.motalebizad68@gmail.com

چکیده

این تحقیق به شناسایی، طبقه‌بندی و تحلیل سینوپتیک امواج سرمایی منطقه شمال غرب ایران پرداخته است. با استفاده از شاخص نمرات استاندارد شده دمای حداقل در طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۵۱ امواج سرمایی طبقه بندی شده و بر اساس شدت وقوع طبقه بندی گردیده اند. از بین امواج سرد وقوع یافته در منطقه شمال غرب ایران، سردترین موج شناسایی شده از هر طبقه برای تحلیل سینوپتیک انتخاب گردید و نتایج تحلیل سینوپتیک امواج سرد منتخب نشان داد که الگوی فشار حاکم در طول ایام حاکمیت امواج یاد شده، وضعیت پرفشار در سطح زمین و ناوه عمیق در سطوح فوقانی می‌باشد. از نظر استمرار سرما نقش تغییر وضعیت باد مداری به نصف‌النهاری که نشانی از بلوکینک است، بسیار مؤثر می‌باشد. بلوکینگ موجب کاهش سرعت حرکت توده هوای سردی که از طریق وزش سرمایی از عرض‌های بالاتر به شمال غرب سرازیر شده، می‌شود و انواع مختلف امواج سرمایی ایجاد می‌شود. هر چه هوا از عرض‌های بالاتری ریزش کند و سرعت جریان کندتر باشد، موج سرمایی شدیدتر و مستمرتری ایجاد می‌کند.

کلید واژگان: مخاطره آب و هوایی، موج سرد، طبقه‌بندی امواج سرد، موج ابرسرد، شمال غرب ایران

---

[۱]. **نویسنده مسئول:** تهران، پل گیشا، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیای طبیعی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

مقدمه

مخاطره موج سرما از انواع مخاطرات اقلیمی ناشی از عنصر دما است که اغلب در زمستان خسارت بار و در تابستان خصوصاً در مناطق گرمسیر خوش آیند و مطبوع است. تغییر اقلیم سال های اخیر از فراوانی، شدّت، وسعت و دوام امواج سرمایی در اغلب نقاط دنیا کاسته است (سسچرینی و همکاران، ۲۰۱۵: ۷۳۷۹). آمار نشان می دهد که از کل ممالک دنیا ۸۲ کشور با مخاطره امواج گرمایی و ۷۰ کشور به طور مداوم با امواج سرمایی مواجه بوده و در سال های مختلف از مخاطرات دمایی یاد شده متأثر شده اند (بانک جهانی، ۲۰۱۰: ۸۵). رخداد سرماهای شدید همیشه سبب خسارات فراوان در منطقه شمال غرب شده‌اند (علیجانی،۱۳۸۷: ۲). واضح است که آب‌وهواهای فرین (جاری شدن سیل، طوفان گرمسیری، موج گرما و سرمای شدید) اثرات شدیدی می‌توانند در جوامع انسانی و زیرساخت‌های آن و همچنین در اکوسیستم داشته باشند (میل[1] و همکاران،۲۰۰۰: ۴۲۷). هجوم سرما و گرمای شدید می‌تواند اثرات جدی اجتماعی، کشاورزی، اقتصادی و زیست محیطی در پی داشته باشد (پترسون[2] و همکاران،۲۰۱۲: ۱). استمرار زمانی دماهای فرین در بازه روزانه، هفتگی و حتی ماهانه حسب مورد موجب وقوع امواج سرمایی (دماهای فرین پایین) و امواج گرمایی (دماهای فرین بالا) می‌شود (قویدل،۱۳۹۱: ۱۴۲). دیاز و مورانه[3]، (۲۰۰۸: ۸۱) موج سرما را روزهای بی‌نهایت سرد یا توالی روزهای یخبندان که در آن دمای حداقل به زیر صفر درجه سانتی‌گراد نزول می‌کند، تعریف کرده‌اند. بر مبنای کار کانی[4] و همکاران (۲۰۰۸: ۳۸۹) آنتی سیکلون اقیانوس اطلس و شمال اروپا، کم‌فشارهای متوالی در غرب و مرکز اروپا، بادهای غربی، شرایط بارومتریک در ناحیه مدیترانه و کم‌فشارهای لیتوانی و استونی که شرایط سرما را به مرکز اروپا مستقر می‌سازند، عوامل اصلی وقوع امواج سرد در اروپا هستند. کایسلی[5] (۲۰۰۸: ۱۴۷)، تأثیر ماندگاری الگوهای گردشی در ناهنجاری‌های دماهای گرم و سرد در اروپا را در قرن ۲۰، مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است. مطالعه مونترو و همکاران[6] (۲۰۱۰: ۵۷۶۸) نشان داده اند که میزان مرگ‌و میر کاستیا-لامانچا در طی وقوع امواج سرد افزایش می‌یابد. در بررسی بارنت و

1. Meehl et al
2. Peterson et al
3. Diaz and Muranane
4. Cony et al
5. Kyselý
6. Montero et al

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

همکاران[1] (۲۰۱۲: ۲۱۸) مشخص شده که به طورکلی افزایش مرگ و میر ناشی از امواج سرمایی ناچیز بوده امّا خطر مرگ ناشی از امواج گرمایی افزایش یافته است. مطالعات انجام شده قابل توجهی در خصوص امواج سرمایی ایران انجام نشده و اندک مطالعات انجام شده نیز بیشتر معطوف به تحلیل سینوپتیک روزهای یخبندان یا دماهای سرد فرین بوده اند. در این زمینه علیجانی و هوشیار (۱۳۸۷: ۱) معتقدند که وجود یک ناوه عمیق بر روی شمال ایران در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و نیز وجود یک پشته بسیار قوی بر روی اروپا در همان سطح و وجود پرفشار در سطح عوامل بروز سرماهای شدید شمال غرب ایران هستند. قویدل رحیمی (۱۳۹۰: ۴۵)، معلوم کرده که دماهای ابرسرد مراغه همگی جنبه وزشی داشته و بر اثر استقرار ناوه عمیق در تراز های ۷۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال و وقوع بلوکینگ به وجود می آیند. به عقیده قویدل رحیمی (۱۳۹۰: ۱۵۵) سرماهای فرین منطقه آذربایجان همگی از نوع انتقالی بوده و بلوکینگ های مختلف به شکل ناوه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و دینامیک آن نقش مهّمی در شارش هوای سرد عرض های بالاتر از ۶۰ درجه شمالی به منطقه آذربایجان دارند. در پژوهش کریمی و همکاران (۱۳۹۱: ۵۵) عامل وقوع موج سرمای دی و بهمن‌ماه ۱۳۸۳ در استان چهارمحال و بختیاری الگوی پرفشار سیبری معرفی شده است.

مطلبی زاد (۱۳۹۴: ۵۹) ارتباط بین فراوانی وقوع امواج سرمایی منطقه شمال غرب ایران را با الگوهای پیوند از دور مورد بررسی قرار داده و الگوی نوسان شمالگان را عامل اصلی وقوع امواج سرمایی منطقه شمال غرب ایران قلمداد کرده است.

این مطالعه با هدف شناسایی آستانه عددی شروع و طبقه بندی شدت امواج سرمایی و تحلیل سینوپتیک موج های سرمایی رخ داده در منطقه شمال غرب ایران انجام شده است.

داده ها و روش ها

منطقه شمال غرب ایران در محدوده‌ی ۳۴-۴۰ درجه‌ی عرض شمالی و ۴۴-۵۰ درجه‌ی طول شرقی واقع شده است. پراکندگی ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه برای شناسایی امواج سرمایی منطقه شمال در شکل شماره‌ی ۱ و در جدول ۱ قابل مشاهده است.

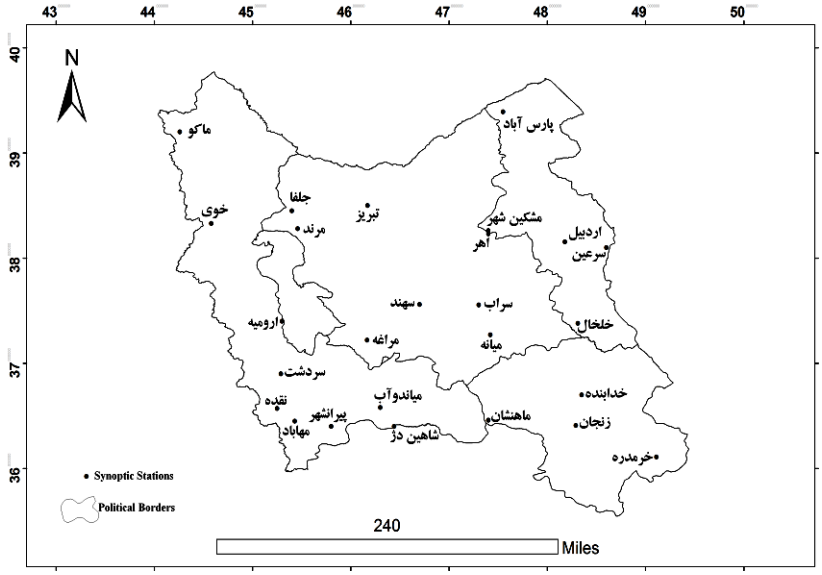
جهت شناسایی امواج سرمایی، از داده‌های حداقل دمای روزانه ۲۸ ایستگاه سینوپتیک منتخب منطقه شمال غرب ایران در بازه‌ی زمانی ۱۹۵۱-۲۰۱۰ مأخوذ از سازمان هواشناسی کشور استفاده گردیده است. داده‌های سطوح فوقانی جوّ که در این مطالعه مورد استفاده قرار داده شده اند، عبارت از: داده‌های فشار سطح دریا (SLP)، ارتفاع ژئوپتانسیل (HGT)، باد

[1]. Barnett et al

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

مداری (Uwnd) و نصف‌النهاری (Vwnd)، دماهای کمینه روزانه ۲ متری سطح زمین و سطوح فوقانی جوّ (Air) هستند.



شکل (۱). موقع و پراکنش فضایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه شمال غرب ایران

داده‌های جوّی یاد شده دارای توان تفکیک فضایی ۲/۵ در ۲/۵ درجه ای بوده و از پایگاه داده مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و مرکز ملی پژوهش‌های جوی (NCEP/NCAR) وابسته به ناسا اخذ شده‌اند. زمان انجام تحلیل‌های سینوپتیک مقارن با ساعت ۳/۳۰ به وقت محلی (۰ زولو به وقت گرینویچ) که مقارن با سردترین موقع روز است، انتخاب شده است.

هیچ تعریف یکسانی برای امواج سرمایی وجود ندارد که مقبولیّت عمومی داشته باشد؛ زیرا دماهای یکسان می توانند در مناطق و زمان های مختلف اثرات و پیامدهای ناهمسانی بر جوامع بگذارند. اکثر تعاریف ارایه شده یا تک بعدی مثلاً زیست اقلیمی هستند و یا منطقه ای و بر اساس ویژگی های آماری دماهای کمینه مثل میانگین و انحراف معیار استوار بوده و آستانه های مطلق هستند و یا بر صدک اول توزیع احتمال که ده درصد پائینی توزیع احتمال دمای کمینه را شامل می شود و شاخصی نسبی است، تأکید دارند (رادینوویچ و کوریچ، ۲۰۱۲: ۵۰۵). در این زمینه طرح پایگاه های اطلاعاتی و ارزیابی تغییرات آب و هوایی اتحادیه اروپا[1] (ECAD) موج سرما یا دوره گرمایی را یک دوره متوالی حداقل ۶ روزه ای که کمینه دمای

[1]. European Climate Assessment and Dataset (ECAD) project

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

هوای روزانه در دوره مذکور حداقل به صدک ۱۰ دوره بلند مدت ۱۹۹۱-۱۹۶۰رسیده یا از آن پائین تر رود، اطلاق می کند (ECAD، ۲۰۱۰: ۲۳). در جنوب شرق آسیا خصوصاً در شبه جزیره کره به افت ناگهانی دما در فصل زمستان بر اثر توده هوای سرد بری که پهنه وسیعی را هم دربرگیرد، موج سرما می گویند. موج سرما یکی از مهم ترین پدیده های جوّی مربوط به موسمی های جنوب شرق آسیا در مقیاس سینوپتیک است (رایو و همکاران، ۲۰۰۵: ۵۵). شاخص دوام دوره سرما نیز که توسط هیأت بین الدول تغییرات آب و هوایی (IPCC) توصیه شده است، از شاخص های پرکاربرد در زمینه تحلیل امواج سرمایی است. براساس شاخص مذکور اگر دمای کمینه روزانه، حداقل ۵ درجه سانتی گراد از میانگین بلند مدت روزانه دما در دوره آماری پایه ۱۹۹۰-۱۹۶۱ کمتر باشد و این وضعیت برای ۵ روز یا بیشتر دوام داشته باشد، موج سرما به وقوع پیوسته است (IPCC، ۲۰۱۳، ۷۵). این تعریف نیز بر دو عامل انحراف از میانگین بلند مدت پایه ۱۹۹۰-۱۹۶۱ یا ۲۰۰۰-۱۹۷۱ و استمرار زمانی حداقل ۵ روز موج سرما تأکید دارد. در هر حال چون امواج سرمایی به لحاظ احتمال وقوع و توزیع زمانی جزو پدیده های نادر هستند و در سال های اخیر کاهش فراوانی آن ها ویژگی کمیابی آنها را تشدید نموده است، در محدوده مطالعه فرین ها قرار گرفته اند. بر این اساس پریتو [1] و همکاران (۲۰۰۲: ۲۰۸۰) توصیه کرده اند که برای مطالعه دماهای غیر معمول و روزهای سرد شدید، باید برای تعریف آستانه عددی، مقداری فراتر از آن رویداد به‌عنوان شدید یا فرین طبقه بندی گردد.

در این مطالعه برای تفکیک و طبقه بندی امواج سرمایی از روش نمرات استاندارد شده به شرح معادله زیر استفاده شده است:

$$T_{\min} = (T_{\min_i} - \overline{T_{\min}}) / SD \qquad (۱)$$

که در آن: $T_{\min}$، دمای حداقل استاندارد شده، $T_{\min_i}$، دمای حداقل روزانه هر یک از ماه‌های سرد سال برحسب درجه سانتی‌گراد، $\overline{T_{\min}}$، میانگین بلندمدت دماهای حداقل روزانه در منطقه در دوره‌ی ۶۰ ساله برحسب درجه سانتی‌گراد و SD، انحراف معیار بلند مدّت داده‌ها می‌باشند.

بر اساس ارقام دمایی صفر و زیر صفر درجه سانتی‌گراد حداقل دمای ایستگاه‌ها، میانگین حداقل دماهای منطقه شمال غرب با استفاده از شاخص z استاندارد گردید. بر اساس جدول ۲

[1]. Prieto et al

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

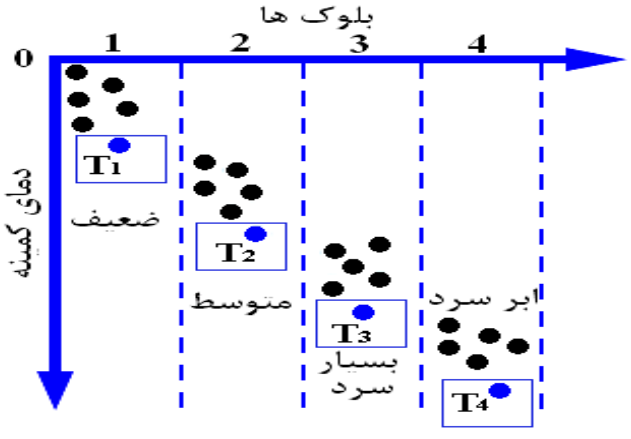
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

نمره استاندارد z معادل ۰/۵- مبنای تعریف موج سرد بوده است. بر این اساس برای شناسایی امواج سرما آستانه عددی ۰/۵- (معادل ۷- درجه سانتی‌گراد) به عنوان شدّت آستانه شروع موج سرد و آستانه تکرار برابر یا بیش از دو روز به عنوان آستانه زمانی وقوع امواج سرمایی در منطقه شمال غرب ایران در نظر گرفته شده و بر مبنای شدّت وقوع و فراوانی روزهای هر موج، طبقه بندی امواج سرمایی انجام گرفته است. برای طبقه بندی شدت امواج سرمایی از جدول ۱ استفاده شده است.

جدول (۱). طبقات امواج سرمایی بر مبنای شاخص نمرات استاندارد شده دمای حداقل

ردیف	طبقه‌بندی موج سرمایی	شدت بر اساس شاخص Z
۱	سرد ضعیف	۰/۹۹- تا ۰/۵-
۲	سرد متوسط	۱/۹۹- تا ۱-
۳	بسیار سرد	۲/۹۹- تا ۲-
۴	ابرسرد	کم تر از ۳-

انتخاب موج های سرد برای تحلیل سینوپتیک بر اساس روش حداقل بلوک ها انجام شده است. روش حداقل بلوک از روش های تحلیل مقادیر فرین می باشد که در آن پائین ترین مقدار هر بلوک برای تحلیل انتخاب می شود. در این مطالعه بلوک های تحقیق، هر یک از طبقات و فراوانی های امواج مختلف سرمایی هستند. در شکل ۲ سردترین طبقات هر موج با نقطه های آبی و T مشخص شده اند. شرط مهم به کارگیری روش حداقل بلوک ها همبستگی بالا بین اعضای هر بلوک است.



شکل (۲). روش حداقل بلوک ها برای طبقه بندی و تحلیل امواج سرمایی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

نتایج

پس از تنظیم سری داده‌های متوسط حداقل دمای منطقه شمال غرب و حذف مقادیر بیش از صفر درجه، داده‌های مذکور استاندارد شده و با توجه به جدول ۱ و شرط استمرار حداقل دو روزه روزهای سرد، مشخصات عمومی امواج قرار گرفته در هر طبقه به شرح جداول ۲ تا ۵ شناسایی گردید.

جدول (۲). مشخصات امواج سرمایی سرد ضعیف منطقه شمال غرب ایران

طبقات	شماره موج	سردترین روز			دمای سردترین روز (سانتی گراد)	دوام موج (روز)	میانگین دما در طول موج (سانتی گراد)
		ماه	روز	سال			
سرد ضعیف	۱	۱۲	۱۲	**۱۹۶۳**	-۱۱/۹	۳	**-۹/۵**
	۲	۲۵	۱	۲۰۰۲	-۹/۳	۴	-۸/۹
	۳	۵	۱۲	۱۹۸۶	-۱۰/۸	۵	-۸/۷
	۴	۲۱	۱۲	۲۰۰۷	-۹/۵	۶	-۸/۷
	۵	۱۳	۱	۱۹۵۱	-۱۱/۳	۷	-۸/۷
	۶	۲۱	۱	۱۹۹۷	-۸/۶	۸	-۷/۵
	۷	۲۴	۱۲	۱۹۷۳	-۹/۷	۱۰	-۸/۳
	۸	۲۶	۱	**۱۹۷۵**	-۹/۳	۱۲	**-۷/۲**

جدول (۳). مشخصات امواج سرمایی امواج سرمایی سرد متوسط منطقه شمال غرب ایران

طبقات	شماره موج	سردترین روز			دمای سردترین روز (سانتی گراد)	دوام موج (روز)	میانگین دما در طول موج (سانتی گراد)
		روز	ماه	سال			
سرد متوسط	۱	۶	۱	۱۹۶۲	-۱۲/۸	۲	-۱۲/۶
	۲	۱۵	۲	۱۹۶۹	-۱۳/۶	۳	-۱۲/۵
	۳	۸	۱	۱۹۹۰	-۱۴/۵	۴	-۱۲/۷
	۴	۱۱	۲	۱۹۵۸	-۱۵/۵	۵	-۱۱/۹
	۵	۳	۱	۱۹۷۴	-۱۲/۶	۶	-۱۱/۵
	۶	۱۰	۲	۱۹۸۲	-۱۳/۳	۷	-۱۱/۵
	۷	۲۴	۱	۱۹۸۶	-۱۳	۸	-۱۰/۶
	۸	**۱۱**	**۱**	**۱۹۸۳**	**-۱۵**	**۹**	**-۱۳**
	۹	۲۲	۱	۱۹۵۷	-۱۳/۵	۱۱	-۱۱/۲
	۱۰	۱۲	۱۲	۱۹۸۲	-۱۳/۲	۱۳	-۱۰/۶

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

جدول (۴). مشخصات امواج سرمایی امواج سرمایی بسیار سرد منطقه شمال غرب ایران

طبقات	شماره موج	سردترین روز			دمای سردترین روز (سانتی گراد)	دوام موج (روز)	میانگین دما در طول موج (سانتی گراد)
		روز	ماه	سال			
بسیار سرد	۱	۱۱	۲	۱۹۵۹	-۱۵/۵	۲	-۱۴/۵
	۲	۱	۱۲	۱۹۵۹	-۱۷/۵	۳	-۱۴/۶
	۳	۱۶	۲	۱۹۸۹	-۱۶/۹	۴	-۱۵/۷
	۴	۱۰	۱	۱۹۵۷	-۱۷/۳	۵	-۱۵/۵
	۵	۵	۲	۱۹۸۹	-۱۶/۸	۶	-۱۵/۸
	۶	۷	۱	**۱۹۸۹**	-۱۷	۷	**-۱۵/۸**
	۷	۱۶	۱	۱۹۷۷	-۱۸	۸	-۱۵/۱
	۸	۶	۱	۱۹۷۳	-۱۷	۱۰	-۱۴/۷
	۹	۱۶	۱	**۲۰۰۸**	-۱۶/۷	۱۲	**-۱۴/۲**
	۱۰	۲	۲	۱۹۷۴	-۱۶/۹	۱۵	-۱۴/۵

جدول (۵). مشخصات امواج سرمایی امواج سرمایی ابرسرد منطقه شمال غرب ایران

طبقات	شماره موج	سردترین روز			دمای سردترین روز (سانتی گراد)	دوام موج (روز)	میانگین دما در طول موج (سانتی گراد)
		روز	ماه	سال			
ابرسرد	۱	۲	۱	۱۹۷۳	-۱۹/۲	۲	-۱۸/۹
	۲	۲۷	۱	**۱۹۸۳**	-۲۰/۶	۳	-۱۹/۴
	۳	۲۴	۱	۱۹۷۲	-۲۰/۹	۴	-۱۸
	۴	۱۹	۱	۱۹۷۳	-۱۸/۸	۵	-۱۶/۴
	۵	۱۱	۲	۱۹۷۲	-۲۱/۳	۶	-۱۷/۸
	۶	۳	۲	۱۹۷۲	-۲۰/۲	۷	-۱۸
	۷	۲۵	۱۲	**۱۹۷۲**	-۱۸/۵	۹	**-۱۵/۷**
	۸	۲۰	۱	**۱۹۶۴**	-۲۴/۸	۱۴	**-۱۹/۸**
	۹	۱۲	۱	۱۹۶۴	-۲۰/۶	۱۵	-۱۸/۲

با توجه به جدول ۲ تغییرات امواج سرمایی سرد ضعیف از نظر شدت افت دما بین ۷/۲- و ۹/۵- درجه سانتی گراد و از نظر دوام از ۳ روزه تا ۱۲ روزه در نوسان بوده‌اند و هرچه بر طول روزهای موج افزوده شده از شدت سرمای موج کاسته شده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

بر اساس جدول ۳ تغییرات امواج سرمایی سرد متوسط از نظر شدت افت دما بین ۱۰/۶- و ۱۳- درجه سانتی گراد و از نظر استمرار زمانی از ۲ روزه تا ۱۳ روزه در نوسان بوده‌اند.
با توجه به محتویات جدول ۴ تغییرات امواج سرمایی بسیار سرد از نظر شدت افت دما بین ۱۴/۲- و ۱۵/۸-درجه سانتی گراد و از نظر استمرار زمانی از ۲ روزه تا ۱۵ روزه در نوسان بوده‌اند.

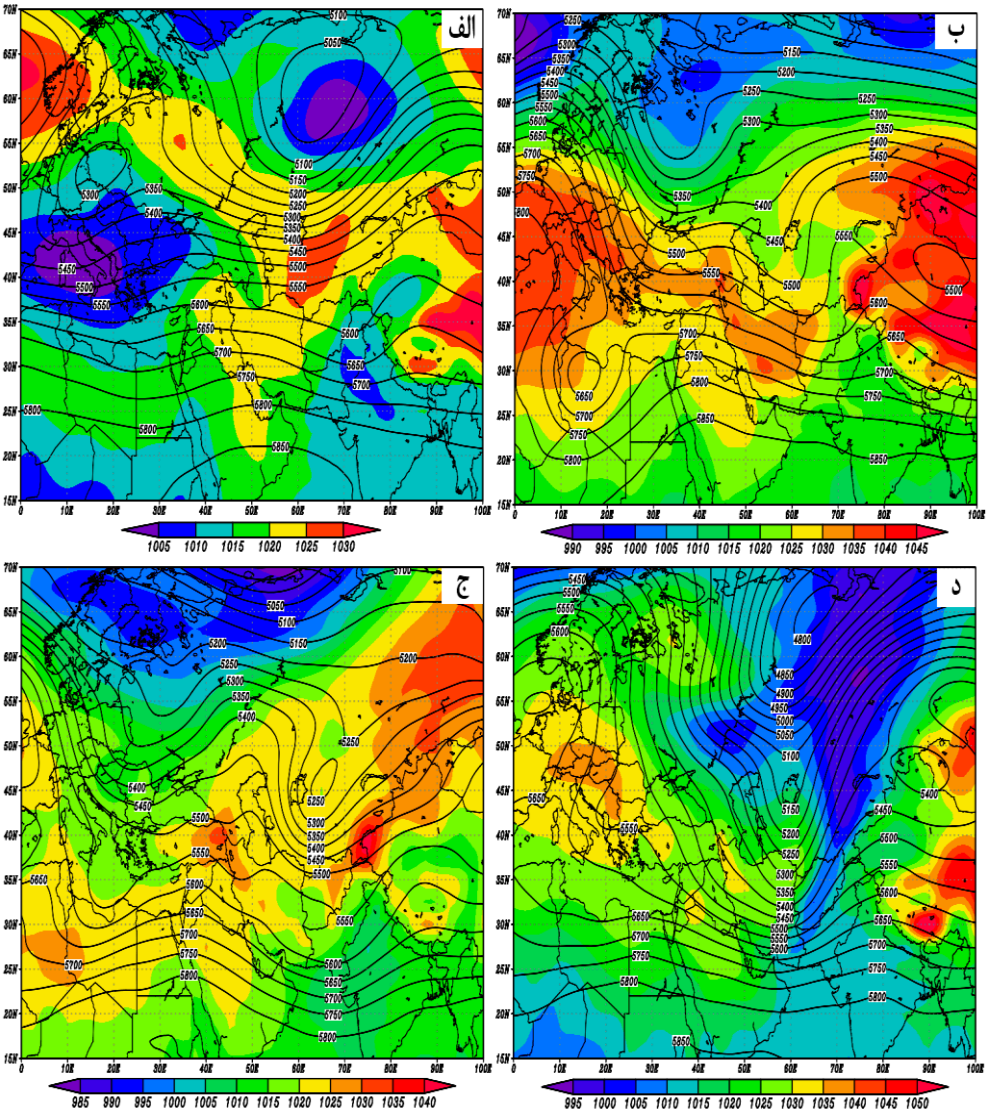
بر مبنای مندرجات جدول ۵ تغییرات امواج سرمایی به طبقه ابر سرد از نظر شدت افت دما بین ۱۵/۷- و ۱۹/۸- درجه سانتی گراد و از نظر استمرار زمانی از ۲ روزه تا ۱۵ روزه در نوسان بوده‌اند. نکته جالب توجه در خصوص این طبقه عدم وقوع این نوع امواج سرمایی از سال ۱۹۸۳ به بعد است. به عبارت دیگر بیش از دو دهه است که در منطقه شمال غرب ایران امواج ابر سرد به وقوع نپیوسته‌اند و از این لحاظ وقوع این نوع امواج سرمایی نادر شده است.

با توجه به جداول ۲ تا ۵ ، ۳۷ موج سرمایی در منطقه شمال غرب ایران مورد شناسایی قرار گرفت که از این میان فراوانی وقوع امواج سرمایی ضعیف و ابر سرد به ترتیب با ۸ و ۹ بار فراوانی وقوع کم‌ترین و فراوانی وقوع امواج سرمایی متوسط و بسیار سرد با فراوانی یکسان ۱۰ موج بیشترین مقدار در طول دوره آماری می‌باشند.

به منظور تحلیل سینوپتیک امواج سرمایی حادث شده در منطقه شمال غرب ایران، با توجه به کثرت تعداد امواج رخ داده و با استفاده از روش حداقل بلوک ها، از بین امواج سرمایی ۳۷ گانه از هر طبقه، سردترین روز موج وقوع یافته به عنوان نماینده آن طبقه برای مطالعه انتخاب گردید.

بر این اساس روز ۱۲ دسامبر ۱۹۶۳ به عنوان روز نماینده طبقه امواج سرمایی ضعیف، روز ۱۱ ژانویه ۱۹۸۳ به عنوان نماینده روز طبقه موج های سرد متوسط، روز ۷ ژانویه ۱۹۸۹ به عنوان نماینده روز طبقه امواج سرمایی بسیار شدید و روز ۲۰ ژانویه ۱۹۶۴ به عنوان نماینده روز طبقه موج های ابر سرد برای تحلیل سینوپتیک انتخاب شدند. تحلیل ترکیبی و همزمان نقشه های فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال که در شکل ۳ نشان داده شده اند، نشان می دهد که در هر چهار نمونه موج سرمایی در سطح زمین پرفشار بر منطقه شمال غرب استقرار یافته است. منتهی در امواج طبقه سرد ضعیف دو الگوی فشار سیبری و مهاجر غربی به صورت ترکیبی تأثیر گذار بوده و زبانه فشار ناشی از الگوهای مذکور با منحنی ۱۰۲۰ هکتوپاسکال منطقه را تحت تسلط خود درآورده اند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]



شکل (۳). نقشه ترکیبی فشار سطح دریا (نقشه رنگی) و آرایش توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال الف) روز ۱۲ دسامبر ۱۹۶۳ (طبقه امواج سرد ضعیف)، ب) روز ۱۱ ژانویه ۱۹۸۳ (طبقه امواج سرد متوسط)، ج) روز ۷ ژانویه ۱۹۸۹ (طبقه امواج سرد بسیار شدید)، د) روز ۲۰ ژانویه ۱۹۶۴ (طبقه امواج ابر سرد).

همچنین در تراز ۵۰۰ یک پشته ضعیف مستقر است که منطقه شمال غرب در شرق محور پشته مذکور قرار داشته و طبیعتاً دارای وضعیت جریان نزولی و سرد است (شکل ۳ الف). در

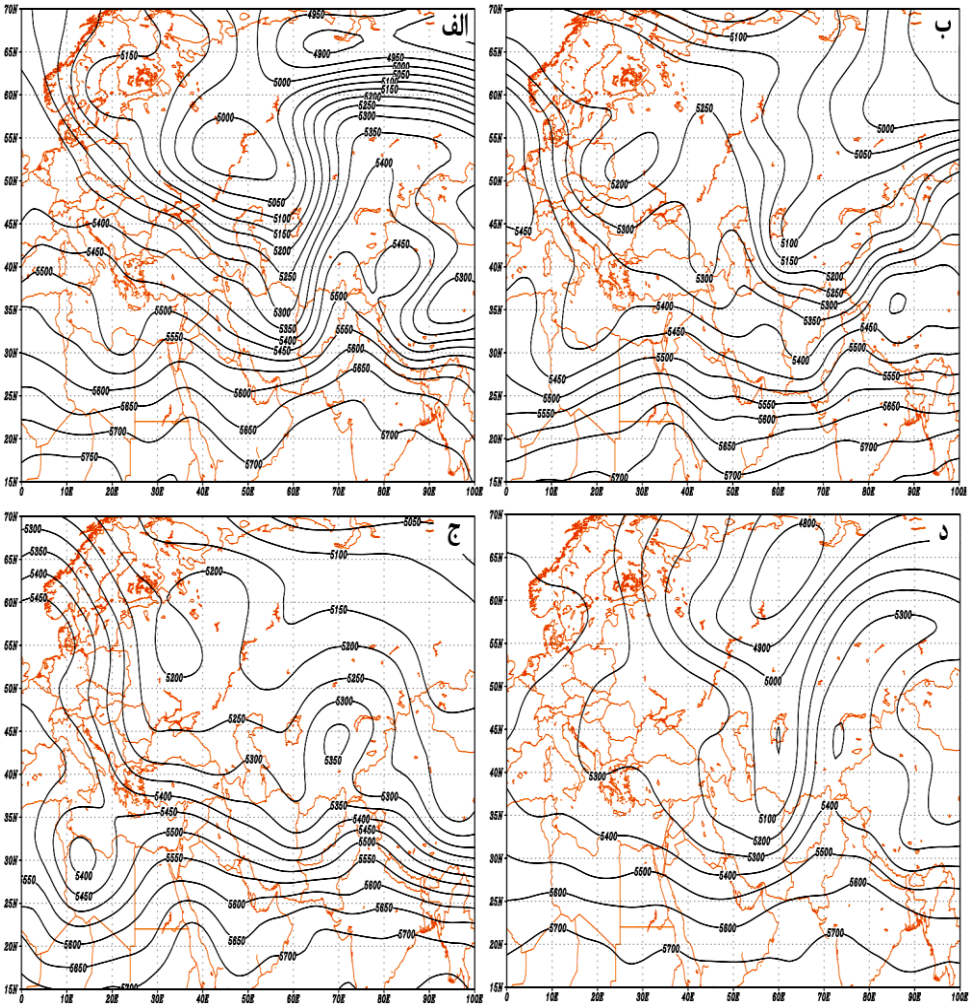
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

روز نماینده طبقه موج متوسط، در تراز سطح دریا حاکمیت با پرفشار مهاجر غربی بوده و نسبت به طبقه موج سرد ضعیف پرفشار سطح دریا ۱۵ تا ۲۰ هکتوپاسکال قوی تر است. همانند الگوی موج سرد ضعیف، در موج سرد متوسط نیز منطقه شمال غرب در شرق محور پشته ای که از روی ترکیه، عراق و سوریه عبور کرده، واقع شده و دارای جریان هوای سرد و نزولی می باشد (شکل ۳ ب). در الگوی فشار سطح دریای طبقه موج سرد بسیار شدید، زبانه ای از پرفشار سیبری به سمت شرق کشیده شده و پربند پرفشار بسته ۱۰۳۰ هکتوپاسکال تفکیک شده از پرفشار سیبری بر بخش وسیعی از شمال غرب ایران و شرق آسیای صغیر مستقر شده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال همانند دو طبقه قبلی منطقه شمال غرب در شرق محور پشته ای که از دریای سیاه تا دریای سرخ امتداد یافته، واقع شده و دارای جریان هوای آنتی سیکلونی بسیار سردی است (شکل ۳ ج). همچنین در تراز میانی جو منطقه شمال غرب بین دو منحنی ۵۵۰۰ و ۵۵۵۰ ژئوپتانسیل متر قرار گرفته که در مقایسه با دو طبقه قبلی ۵۰ ژئوپتانسیل متر کاهش ارتفاع داشته و طبیعتاً هوای خیلی سردتری به منطقه تحمیل کرده است. در نقشه فشار سطح دریای روز نماینده امواج ابر سرد مشخص است که زبانه ای از الگوی پرفشار مهاجر غربی که هسته مرکزی آن در اروپای مرکزی واقع شده به سمت شرق کشیده شده و تقریباً کل ایران را تحت نفوذ خود درآورده است (شکل ۳ د). نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ در طبقه امواج ابر سرد به وضوح متفاوت تر از طبقات موج های قبلی بوده و نسبت به موج های قبلی بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ ژئوپتانسیل متر کمتر و طبیعتاً سردتر است.

ترسیم نقشه های ضخامت جو در ترازهای بین ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای منتخب هر یک از امواج که در شکل ۴، نشان داد که در روز ۱۲ دسامبر و در امواج سرمای ضعیف ریزش هوای سرد از محدوده عرض های شمالی ۴۵ تا ۶۰ درجه بین دو منحنی ۵۳۵۰ و ۵۳۰۰ ژئوپتانسیل متر موجب وقوع سرما است (شکل ۴ الف). دو منحنی میزان یاد شده در روز نماینده موج سرد متوسط، در روز ۱۱ ژانویه ۱۹۸۳ به محدوده عرض شمالی ۶۲/۵ تا ۶۴ درجه شمالی صعود کرده و سرماهای به نسبت شدیدتری به منطقه وارد کرده است (شکل ۴ ب). در موج سرد بسیار شدید روز ۷ ژانویه ۱۹۸۹ عامل سرما انتقال هوای سرد محدوده عرض شمالی ۶۲/۵ تا ۶۷/۵ درجه شمالی از طریق همان دو منحنی میزان قبلی می باشد (شکل ۴ ج). در امواج ابر سرد (مورد ۲۰ ژانویه ۱۹۶۴) هم سرما از عرض شمالی ۹۰ درجه شمال به منطقه منتقل شده و هم ضخامت جوّ بسیار نازک تر (بین دو منحنی ۵۲۰۰ و ۵۱۰۰ ژئوپتانسیل متر) است (شکل ۴ د).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

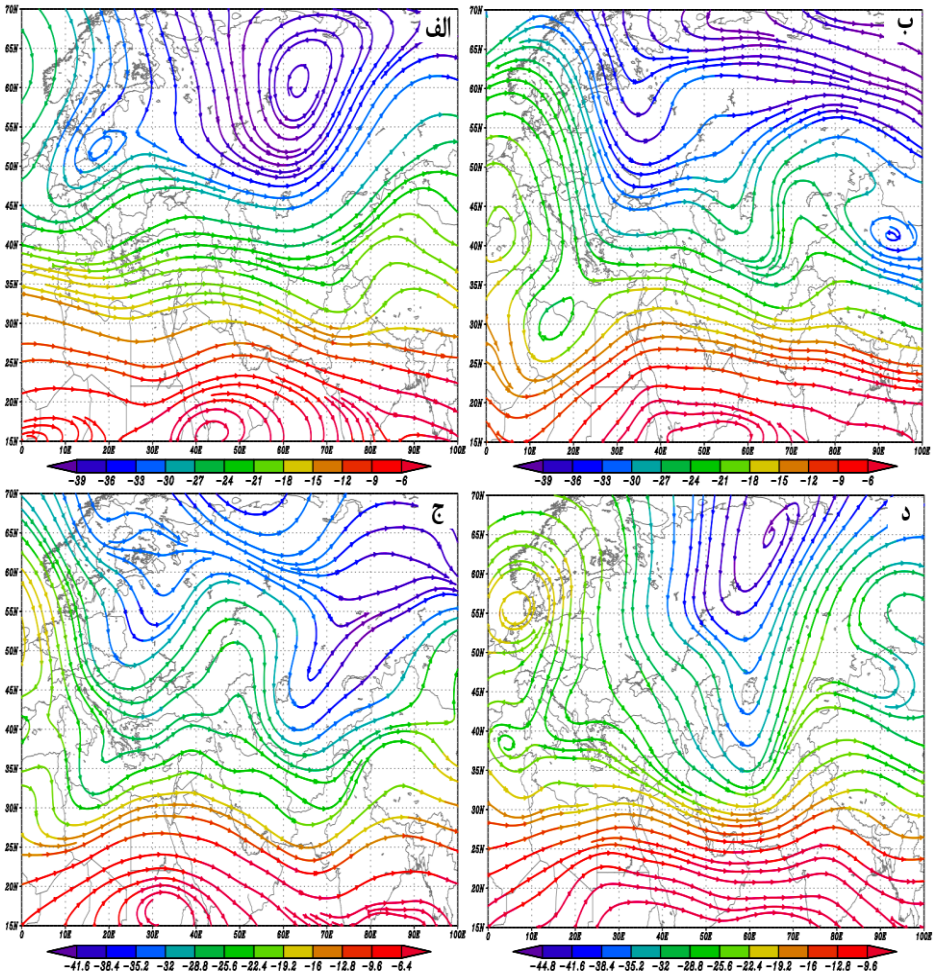


شکل (۴). نقشه ضخامت جو در (۱۰۰۰– ۵۰۰ ژئوپتانسیل متر) الف) روز ۱۲ دسامبر ۱۹۶۳ (طبقه امواج سرد ضعیف)، ب) روز ۱۱ ژانویه ۱۹۸۳ (طبقه امواج سرد متوسط)، ج) روز ۷ ژانویه ۱۹۸۹ (طبقه امواج سرد بسیار شدید)، د) روز ۲۰ ژانویه ۱۹۶۴ (طبقه امواج ابر سرد).

ترسیم و تحلیل نقشه میدان بادهای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهند که بادهای غربی در ترازهای مذکور از جریان مداری به نصف‌النهاری تغییر یافته اند و جهت شمالی بادهای مذکور حاکی از انتقال هوای سرد از عرض‌های شمالی به منطقه شمال غرب ایران دارند (شکل ۵). بر اساس نقشه های وزش دمایی، هر چه دما از مناطق شمالی تر و سردتری به سمت

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

منطقه شمال غرب وزش یافته باشد، موج سرمایی شدیدتری ایجاد کرده است. همان‌گونه که از شکل ۵ د برمی‌آید وزش دمایی صورت گرفته در روز ۲۰ ژانویه ۱۹۶۴ از عرض‌های ۷۰ درجه شمالی به سمت منطقه شمال غرب سرازیر شده و به همین خاطر ایجاد موج ابر سرد کرده است.

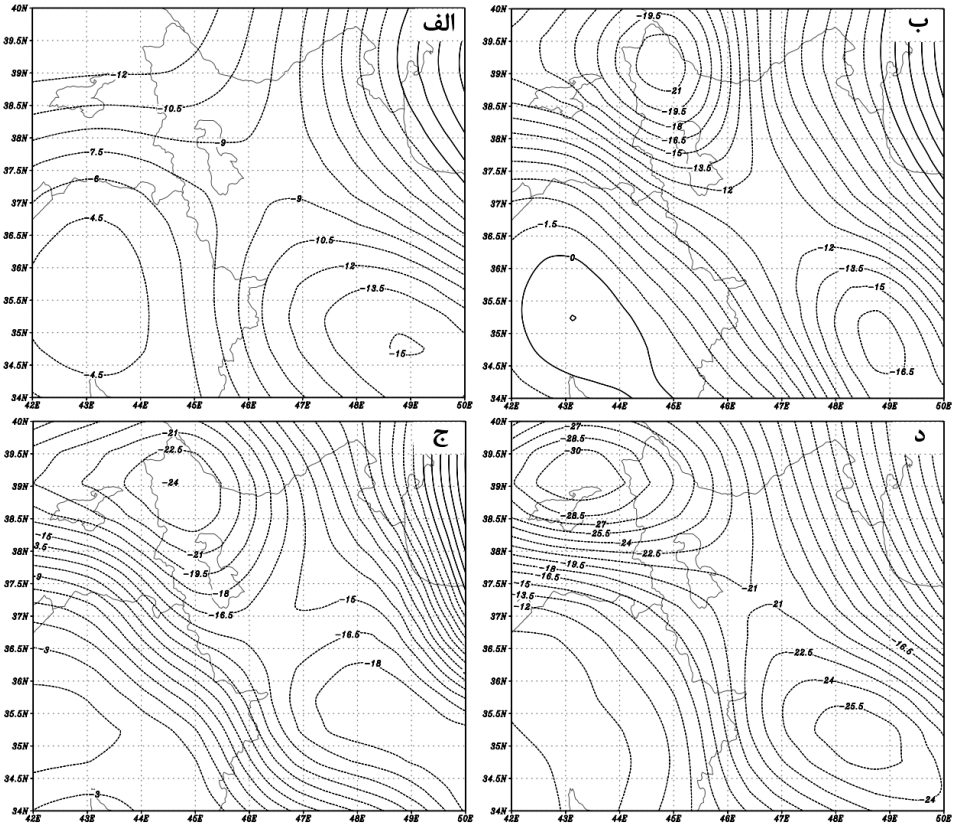


شکل (۵). نقشه های وزش دمایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال الف) روز ۱۲ دسامبر ۱۹۶۳ (طبقه امواج سرد ضعیف)، ب) روز ۱۱ ژانویه ۱۹۸۳ (طبقه امواج سرد متوسط)، ج) روز ۷ ژانویه ۱۹۸۹ (طبقه امواج سرد بسیار شدید)، د) روز ۲۰ ژانویه ۱۹۶۴ (طبقه امواج ابر سرد).

شکل ۶ توزیع فضایی حداقل دمای ۲ متری سطح زمین (درجه سانتی‌گراد) را در منطقه شمال غرب کشور برای هر یک از طبقات موج های سرمایی در روزهای منتخب را نشان می

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

دهد. نقشه مذکور در ارتباط کامل با نقشه های فشار و وزش دمایی سطوح میانی جو بوده و در واقع اثر علت ها بر معلول (دما در شکل امواج سرد) را نشان می دهد.



شکل (۶). حداقل دمای ۲ متری سطح زمین برای الف) روز ۱۲ دسامبر ۱۹۶۳ (طبقه امواج سرد ضعیف)، ب) روز ۱۱ ژانویه ۱۹۸۳ (طبقه امواج سرد متوسط)، ج) روز ۷ ژانویه ۱۹۸۹ (طبقه امواج سرد بسیار شدید)، د) روز ۲۰ ژانویه ۱۹۶۴ (طبقه امواج ابر سرد). در شکل دما به درجه سانتی‌گراد بیان شده است.

نتیجه گیری

نتایج تحلیل ها نشان داد که از نظر شدت انواع امواج سرمایی در منطقه شمال غرب رخ داده اند و فراوانی وقوع آنها در طول دوره مطالعه با وجود اختلاف در استمرار زمانی امواج، تقریباً یکسان بوده اند. روند نزولی فراوانی و شدّت وقوع انواع امواج سرمایی منطقه شمال غرب در دوره مورد مطالعه که می تواند نشانه ای از تغییر اقلیم و تاثیر گرمایش جهانی محسوب شود با

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

نتایج کارهای انجام شده در سایر نقاط دنیا خصوصاً تحقیقات پاری و هوانگ (۲۰۱۵: ۱) و سسچرینی و همکاران (۲۰۱۵: ۷۳۷۹) همخوانی و مطابقت دارد.

دو طبقه موج های سرد ضعیف و متوسط با الگوی پرفشار در سطح دریا و واقع شدن منطقه شمال غرب در شرق و مجاور محور ناوه به وقوع می پیوندند؛ ولی طبقات موج های سرد شدید و ابر سرد با الگوی پرفشار سطح زمین و واقع شدن در غرب ناوه به وقوع می پیوندند که در امواج نوع ابر سرد ناوه ایجاد شده نسبت به امواج نوع سرد شدید بسیار عمیق تر است. نکته جالب توجّه در خصوص امواج ابر سرد، عدم وقوع این نوع از سال ۱۹۸۳ به بعد است. به عبارت دیگر بیش از دو دهه است که در منطقه شمال غرب ایران امواج ابر سردی به وقوع نپیوسته و از این لحاظ وقوع این نوع امواج سرمایی نادر شده است. همانند مطالعاتی که در پیشینه تحقیق در خصوص روزهای فرین سرد منطقه شمال غرب ایران مورد بررسی قرار گرفته، این مطالعه نیز نشان داد که وقوع امواج سرمایی در سطح زمین با الگوهای پرفشار سیبری و مهاجر غربی و در سطوح فوقانی با استقرار یک ناوه غالباً عمیق که منطقه شمال غرب در غرب آن واقع می شود، همراه است. استقرار چنین وضعیتی در جوّ باعث می شود که جریان آنتی سیکلونی غرب ناوه ها هوای بسیار سرد عرض‌های بالای جغرافیایی به شمال غرب ایران وزش یافته و روزهای بسیار سردی در منطقه حادث شوند. وضعیت نصف النهاری جریان بادهای غربی که با وزش هوای سرد عرض های قطبی و کاهش سرعت توده هواهای قطبی سرد در سطح منطقه همراه است، موجب استمرار زمانی روزهای سرد شده و انواع امواج سرمایی را به وجود می آورد که این یافته با یافته های دیگر محقّقین مثل علیجانی و هوشیار (۱۳۸۷: ۱)، عزیزی و خلیلی (۱۳۹۰: ۳۹۹)، بذرافشان و رحیمی (۱۳۹۳: ۶۷) و خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۳: ۱) مطابقت دارد. بررسی نقشه های ضخامت نشان داد که هر قدر سرما از عرض های بالاتری به سمت منطقه شمال غرب منتقل شود، به همان اندازه ضخامت جوّ نازکتر بوده و بالتبع موج سرمای ایجاد شده نیز شدیدتر خواهد بود.

شدّت افت دما در انواع مختلف امواج سرمایی نشان می دهد که به مرور زمان از فراوانی و شدّت و استمرار زمانی امواج سرمایی خصوصاً امواج سرمایی طبقات بسیار سرد و ابر سرد کاسته شده است. پیوتروویچ و همکاران (۲۰۱۶: ۱۶۵) معتقدند که این امر در لهستان به خاطر کاهش فراوانی الگوهای پرفشار قوی با هسته فشار بیش از ۱۰۳۵ هکتوپاسکال است؛ لذا پیشنهاد می شود که مسأله فوق در خصوص کاهش فراوانی امواج سرمایی ایران مورد تحقیق قرار داده شود.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

منابع و ماخذ

۱.بذرافشان، جواد، رحیمی، جابر. (۱۳۹۳) **تحلیل و پهنه‌بندی ریسک وقوع یخبندان و سرماهای تشعشعی، جبهه‌ای و مختلط در گستره ایران**. نشریه هواشناسی کشاورزی شماره ۱: صص ۶۷-۷۹.

۲.خوش‌اخلاق، فرامرز، داودی، محمود، روستا، ایمان، حقیقی، اسماعیل. (۱۳۹۰) **تحلیل همدیدی سرماهای شدید خراسان**. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی شماره ۹: صص ۱-۱۲.

۳.علیجانی، بهلول، هوشیار، محمود. (۱۳۸۷) **شناسایی الگوهای سینوپتیک سرماهای شدید شمال غرب ایران**. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی شماره ۶۵: صص ۱-۱۶.

۴.عزیزی، قاسم، خلیلی، مائده. (۱۳۹۰) **نقش بلوکینگ در رخداد سرماهای فرین ایران**. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی شماره ۷۷: صص ۳۹-۵۵.

۵.قویدل رحیمی، یوسف. (۱۳۹۰) **تعیین آستانه آماری و تحلیل سینوپتیک دماهای ابر سرد مراغه**. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی شماره ۲۲: صص ۴۵-۶۲.

۶.قویدل رحیمی، یوسف. (۱۳۹۰) **رابطه دماهای فرین پائین فراگیر دوره‌ی سرد آذربایجان با الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال**. فصلنامه علمی و پژوهشی فضای جغرافیایی شماره ۳۵: صص ۱۵۵-۱۸۴.

۷.قویدل رحیمی، یوسف. (۱۳۹۱) **مدل‌های زمانی تحلیل و پیش‌بینی دماهای فرین پایین تهران**. فصلنامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی شماره ۳۷: صص ۱۴۲-۱۵۹.

۸.کریمی، صادق، نگارش، حسین، طاووسی، تقی، علیجانی، بهلول. (۱۳۹۱) **تحلیل همدید امواج سرماهای فراگیر ایران (نمونه موردی: موج سرمای دی و بهمن ۱۳۸۳ استان چهارمحال و بختیاری)**. جغرافیا و توسعه شماره ۲۹: صص ۵۵-۷۶.

۹.مطلبی زاد، سلماز. (۱۳۹۴) **شناسایی، طبقه بندی و تحلیل سینوپتیک امواج سرمایی منطقه شمال غرب ایران**، پایان نامه کارشناسی ارشد مخاطرات آب و هوایی، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس تهران.

Barnett, A.G., Hajat, S., Gasparrini, A., & Rocklov, J. (2014). ***Cold and heat waves in the United States***. Environmental Research, 112, 218–224.

Ceccherini, G., Russo, S., Ameztoy, I., Romero cp & Carmona-Moreno, c. (2015). ***Magnitude and frequency of heat and cold waves in recent decades: the case of South America***, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss., 3, 7379–7409.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

Cony, M.E and T Del Teso Hernandez. (2008). ***Influence of synoptic scale in the generation of extremely cold days in Europe***. Atmosfera, 21, 389-401.

Diaz, H and M Muranane (2008). ***Climate extremes to society***. Cambridge University Press.

European Climate Assessment & Dataset (ECAD). (2010). ***European Climate Assessment & Dataset (ECA&D) project - Indices dictionary***, http: //eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary. php#2 (accessed 6 October 2010).

Intergovermental Pannel on Climate Change (IPCC), (2013). ***Climate Change 2013, The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the IPCC***, Cambridge University Press.

Kyselý, Jan. (2008). ***Influence of the Persistence of Circulation Patterns on Warm and Cold Temperature Anomalies in Europe. Analysis over the 20th Century***. Global and Planetary Change, 62, 147–163.

Meehl, Gerald A, and Coauthors. (2000)***. An introduction to trends in extreme weather and climate events Observations, socioeconomic impacts, terrestrial ecological impacts, and model projections***. Bulletin of the American Meteorological Society, 81, 427-436

Montero, J.C, I.J Mirón, J.J Criado-Álvarez, c Linares, and J Díaz. (2010). ***Mortality from Cold Waves in Castile –La Mancha, Spain***. Science of the Total Environment. 408, 5768–5774.

Parey, S & Hoang, TTH. (2015). ***Changes in the distribution of cold waves in France in the middle and end of the 21st century with IPSL - CM5 and CNRM - CM5 models***, Climate Dynamic, DOI 10.1007/s00382-015-2877-6.

Peterson, Thomas C and et al. (2013). ***Monitoring and Understanding Changes in Heat Waves, Cold Waves, Floods and Droughts in the United*** States. Bulletin of the American Meteorological Society. 821-834.

Piotrowicz, K; Bielec-Bakowska, Z; Domonkos, P, (2016). ***High atmospheric pressure and accompanying cold season weather types in Poland (1951−2010)***. Climate Research, 67, 165–177.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]

Prieto, L, R Garcia, J Diaz, E Hernandez, and T Del Teso. (2002). ***NAO Influence on the Extreme Winter Temperature in Madrid (Spain)***. Annals Geophysical, 20, 2077–2085.

Radinović, D & Ćurić M. (2012). ***Criteria for heat and cold wave duration indexes***. Theor Appl Climatol, 107, 505–510.

Ryoo, SB., Kwon, KB & Jhun, JG. (2005). ***Surface and Upper-Level Features Associated with Wintertime Cold Surge Outbreaks in South Korea***. Advances in Atmospheric Sciences, 22, 509–524.

World Bank. (2010). ***Natural hazards, unnatural disasters: the economics of effective prevention***, The World Bank Publications, Washington, DC.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.2.3]