نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هجدهم، شماره ۵۰، پاییز۹۷

# بررسی و تحلیل فرارفت دمایی امواج سرمایشی ایران

**دریافت مقاله:** ۹۶/۷/۲۷ **پذیرش نهایی:** ۹۶/۱۲/۳

**صفحات:** ۳۷-۱۷

**یونس خسروی:** استادیار گروه علوم محیط زیست و عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان، ایران.[۱]
Khosravi@znu.ac.ir
**مهدی دوستکامیان:** دانشجوی دکتری تغییر اقلیم، دانشگاه زنجان، ایران.
s.mehdi67@gmail.com
**اله مراد طاهریان:** کارشناس ارشد اقلیم شناسی سینوپتیک دانشگاه زنجان، ایران.
morad.taheriyan69@yahoo.com
**امین شیری کریم وند:** کارشناس ارشد اقلیم شناسی سینوپتیک، دانشگاه زنجان، ایران.
Amin.shiri@yahoo.com

**چکیده**

**هدف از این مطالعه بررسی فرارفت موج‌های سرمایی فراگیر ایران می‌باشد. برای این منظور داده‌های ۴۵۰ ایستگاه سینوپتیکی کشور از سازمان هواشناسی کشور استخراج و موردبررسی و تجزیه تحلیل قرار گرفت. سپس به‌منظور بررسی فرارفت دمایی موج‌های سرمایی ایران، فرارفت دمایی برای ترازهای ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال موردبررسی و تجزیه تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از این مطالعه بیانگر این است که امواج سرمایی ایران بیشتر تحت تأثیر فرارفت دمایی ناشی از پرفشار ترکیبی تبت- سیبری، کمربند ادغامی سیبری- پرفشار ترکمنستان، کمربند پرفشار سیبری- پرفشار شرق اروپا، الگوی پرفشار چندهسته‌ای سیبری و کمربند پرفشاری شرق دریای خزر- دریای سیاه می‌باشد. دراین‌بین فرارفت دمایی ناشی از پرفشار سیبری نسبت به سایر الگوها چشمگیرتر بوده است این سامانه با حرکت آنتی‌سیکلونی در حال حرکت به سمت عرض‌های پایین‌تر کشیده می‌شود، به‌طوری‌که سبب ریزش هوای سرد عرض‌های شمالی به روی عرض‌های پایین‌تر و شمال شرق، شمال غرب و مرکز ایران می‌شود. بااین‌وجود زمانی که با الگوهای دیگر ترکیب شده است نقش آن در فرارفت هوای سرد امواج سرمایی قابل‌توجه بوده است.**

**کلید واژگان:** فرارفت دمایی، امواج سرمایی، الگوهای ترکیبی، ایران

۱. **نویسنده مسئول:** شهر زنجان، دانشگاه زنجان ، گروه علوم محیط زیست، ۰۹۱۲۵۴۱۴۷۳۰

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

**مقدمه**

دما به‌عنوان شاخصی از شدت گرما یکی از عناصر اساسی شناخت هواست و نظر به دریافت نامنظم انرژی خورشید توسط زمین دستخوش تغییرات بسیار است که به‌نوبه خود سبب تغییرات گسترده دیگری در سایر عناصر هواشناسی می‌شود (کمالی، ۱۳۸۰: ۱۴۹-۱۶۵). اقلیم یکی از عوامل مهم و مؤثر در زندگی انسان است. دگرگونی‌های اقلیمی بر زندگی انسان، چشم‌انداز و استراتژی اقتصادی- اجتماعی تأثیر ژرفی بر جا می‌نهد. به همین دلیل انسان همواره در پی مطالعه‌ی چگونگی دگرگونی‌های اقلیمی بوده است (عساکره، ۱۳۸۶: ۳- ۲۵). تغییر اقلیم عبارت است از تغییرات رفتار اقلیمی یک منطقه در مقایسه با رفتاری که در طول یک دوره‌ی زمانی بلندمدت منطقه از اطلاعات ثبت و مشاهده‌شده مورد انتظار است. در مناطق مختلف دنیا، مطالعات زیادی درباره‌ی تغییر اقلیم انجام شده که نتایج آن‌ها نشان‌دهنده‌ی تغییر عوامل اقلیمی، به‌ویژه بارش و دما است. با توجه به گردش عمومی جو در نیمکره شمالی، موقعیت ایران به‌گونه‌ای است که در دوره‌ی سرد سال از توده-های هوایی گوناگون تأثیر می‌پذیرد (امام‌هادی و علیجانی، ۱۳۸۳: ۳۴- ۵۳). یکی از عوامل مهم آب و هواییِ که در این دوره در بیشتر مناطق کشور بروز می‌کند، پدیده سرما و یخبندان است. امواج سرما و یخبندان‌ها یکی از مهم‌ترین پدیده‌های موردمطالعه در اقلیم‌شناسی است که از تغییر دما در طول زمان ناشی می‌شود و به تغییر در جه حرارت به زیر صفر درجه سانتی‌گراد و کمتر از آن اطلاق می-شود که در آن دمای هوا در ارتفاع ۲ یا ۱ متری از سطح زمین، به صفر یا زیر صفر درجه سانتی‌گراد نزول کند (فرج‌زاده، ۱۳۹۲: ۷۷).

تحقیقات بسیار گسترده و مختلفی در جهان به تحلیل همدیدی امواج سرمایی و روزهای فرین سرد پرداخته‌اند ازجمله: دوب و پرکساری[۲] (۲۰۰۵: ۱۷۳- ۱۷۸) به تحلیل حوادث اقلیمی شدید از قبیل سیل، خشکسالی، سیکلون‌ها، توفان، تگرگ، تندر، موج گرما و سرما در ۱۰۰ سال گذشته در هند پرداخته و نتیجه گرفتند که این عوامل براثر رشد جمعیت و مهاجرت به‌سوی شهرها افزایش پیدا می‌کند. مطالعه‌ی رخداد موج سرما در شرق آسیا توسط پژوهشگران متعددی انجام شده است، برای نمونه: نینومیا[۳] (۲۰۰۶: ۴۷- ۶۸) رخداد سرما در بخش‌های ساحلی چین را بررسی کرد، نتایج نشان داد بروز سرما با گسترش پرفشار سیبری به سمت عرض-های پایین ارتباط معنی‌داری دارد. در پژوهشی دیگر در نیمکره‌ی جنوبی اشکرافت و همکاران[۴] (۲۰۰۹: ۶۶۷۹- ۶۶۹۸) علت وقوع رویدادهای سرد جنوب استرالیا را با روش همدید مورد تجزیه‌وتحلیل قراردادند و دریافتند که شکل‌گیری الگوهای موجی در غرب منطقه عامل اصلی وقوع این رویدادهای سرد و وقوع خسارت در منطقه بوده‌اند را می‌توان نام برد. همچنین مطالعات همدیدی بسیاری بیانگر افزایش شدت و رخداد روزهای فرین سرد و امواج سرما بوده است، همچنین پارک و همکاران (۲۰۱۱: ۶۳- ۸۳) با بررسی رابطه‌ی بین نوسانات شمالگان ($\mathcal{AO}$) با محل استقرار موج‌های سرما در شرق آسیا به این نتیجه رسیدند که افزایش

2 -Dobe and Prakasa
3- Ninomiya
4- Ashcroft at all

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

موج‌های سرما در چین با نوسانات مثبت AO و افزایش این موج‌ها در کره و ژاپن با فازهای منفی AO هماهنگ می‌باشد.

در ایران نیز مطالعات همدیدی مختلفی الگوی پرفشار سیبری و نفوذ زبانه‌هایی از این پرفشار را عامل اصلی افت دما و ریزش هوای بسیار سرد به کشور می‌دانند برای نمونه: کاویانی و همکاران (۱۳۸۷: ۲۷- ۴۸) رفتار زمانی- مکانی پرفشار سیبری در تراز دریا را شناسایی کردند نتایج نشان داد آرایش مکانی پرفشار سیبری از یکسو به موقعیت مکانی، وسعت و شدت کم‌فشار جنب قطبی وابسته است و از سوی دیگر به فلات تبت و پامیر بستگی دارد، به همین دلیل پرفشار سیبری شکلی همانند مثلث نامنظم دارد. بر این اساس نقش پرفشار سیبری در آب‌وهوای ایران در نیمه سرد سال نه‌تنها به‌شدت این سامانه بلکه به‌شدت کم‌فشار جنب‌قطبی و به‌تبع آن رانده شدن پرفشار سیبری و زبانه‌های آن به داخل ایران بستگی دارد. از طرفی‌دیگر بر روی منطقه‌ی شمال‌غرب ایران، قویدل‌رحیمی (۱۳۹۰: ۴۵- ۶۲) با استخراج روزهای ابرسرد مراغه، سه الگوی گردشی سطح زمین و سه الگوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را شناسایی کرد. سه الگوی شناسایی شده سطح زمین: الگوی پرفشار غربی با فراوانی ۵ روز، پرفشار ادغامی با فراوانی ۳ روز و الگوی پرفشار سیبری با فراوانی ۲ روز از مجموع ۱۰ روز مورد مطالعه بود. در ادامه نقش الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در فرارفت هوای سرد عرض‌های بالا و شمالی شدن جهت باد نصف‌النهاری زمینه را برای تشدید و تقویت فرارفت هوای سرد عرض‌های بالاتر در سطوح زیرین و میانی جو به روی منطقه فراهم نموده است. همچنین کریمی و همکاران (۱۳۹۱: ۵۵- ۷۶) در تحلیل همدید امواج سرماهای فراگیر ایران به این نتیجه رسیدند که الگوی حاکم بر امواج سرمای شدید الگوی پرفشار سیبری بوده است که با هجوم به‌طرف عرض‌های پایین هفت موج سرمایی شدید و نادر را به منطقه تحمیل نموده است و هم‌زمان بانفوذ و گسترش زبانه‌ی پرفشار سیبری به منطقه در ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی جو فرازهایی تا ارتفاع ۵۸۰۰ متر تشکیل‌شده که ریزش هوای بسیار سرد به منطقه را در امتداد شرقی این فرازها توجیه می‌کند. این درحالی است که بسیاری از مطالعات همدید نشان داد جریاناتی هوای سرد قطبی و امواج سرد را از عرض‌های بالا به‌سوی عرض‌های پایین‌تر منتقل کرده و به دنبال آن یخبندان‌ها و

سرماهای بسیار شدید در کشور به وقوع پیوسته است: امیدوار و ابراهیمی (۱۳۹۱: ۸۱- ۹۸) به تحلیل همدیدی موج سرمای شدید ۱۶ تا ۲۵ دی‌ماه ۱۳۸۶ در ایران مرکزی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که این سرما از نوع فرارفتی بوده و طی روزهای برف و یخبندان پرفشاری روی روسیه در شمال خزر مستقر بوده و همچنین ناوه عمیق کم‌فشاری نیز از طرف شرق مدیترانه بر روی ایران فعالیت می‌کرده است، فعالیت هم‌زمان این دو توده هوایی باعث ریزش برف و باران و سرمای شدید در ایران و منطقه موردمطالعه شده است. مسعودیان و دارند (۱۳۹۲: ۱۷۱- ۱۸۶) ارتباط دو الگوی دریای شمال - خزر و شرق اروپا- شمال‌شرق ایران با بسامد رخداد سرماهای فرین دوره سرد سال ایران را بررسی کردند. نتایج نشان داد رخداد سرماهای فرین نیمه غربی کشور ارتباط مستقیم و معنی‌داری با الگوی دریای شمال-خزر دارد، همچنین یافته‌ها بیانگر آن است که نقش الگوی شرق اروپا- شمال‌شرق ایران به‌مراتب بیشتر از الگوی دریای شمال- خزر است. در تحقیقی که

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

اخیرا توسط قویدل رحیمی و همکاران (۱۳۹۵: ۲۹- ۴۶) در بررسی آماری- سینوپتیکی امواج سرمایی منطقه-ی شمال‌غرب کشور انجام شده است، ضمن شناسایی الگوهای پدیدآورنده‌ی امواج سرمایی منطقه مورد مطالعه، نشان داده‌اند که پرفشار سطح زمین و ناوه عمیق در سطوح فوقانی اتمسفر بوده است. همچنین ایشان نقش رخداد بلوکینگ را در تشدید امواج سرما بر روی منطقه را مهم برشمردند به‌طوری‌که بلوکینگ موجب کاهش سرعت حرکت توده هوای سرد عرض‌های بالاتر به شمال غرب شده و انواع مختلف امواج سرمایی ایجاد می‌شود. چنانچه هر چه هوا از عرض‌های بالاتری ریزش کند و سرعت جریان کندتر باشد، موج سرمایی شدیدتر و مستمرتری ایجاد می‌کند.

بر این اساس، مطالعه‌ی الگوهای ایجادکننده‌ی امواج سرمای فراگیر می‌تواند به افزایش آگاهی ما از رفتار این پدیده‌ی اقلیمی کمک شایانی کند. به‌طورکلی در بررسی علل بروز سرما و یخبندان‌ها به دو نوع از آن می‌توان اشاره کرد (عزیزی، ۱۳۸۳: ۹۳- ۱۱۵): الف- سرما و یخبندانی که ریشه در داخل منطقه دارد و به‌طور عمده به دلیل تابش موج بلند در شب‌های صاف و همراه با بیلان منفی تابش زمین، در هوای پایدار بروز می‌کند (سرما یا یخبندان تابشی). ب- سرمای ناشی از عبور یا هجوم هوای سرد یا متحرکی که منشأ آن به‌طور عمده در خارج از منطقه است (سرما یا یخبندان فرارفتی). ازاین‌جهت یکی از راههای شناسایی الگوهای مؤثر بر امواج سرما، تحلیل سینوپتیکی- همدیدی می‌باشد. اقلیم‌شناسی همدید علمی است که رابطه میان گردش‌های جوی با محیط سطحی یک منطقه را بررسی می‌کند، این علم به‌نوعی اقلیم‌شناسی کاربردی محسوب می‌شود چراکه انگیزه مطالعات همدید روشن ساختن چگونگی تأثیر تغییرات گردش‌های جوی بر سطح زمین یعنی زیستگاه-های جوامع بشری است (یارنال، ۱۳۸۵). اخیراً با وقوع آشفتگی‌های اقلیمی، یکی از مهم‌ترین بلایای اقلیمی که جوامع بشری و خصوصاً مناطق مختلف کشورمان را تهدید می‌کند، امواج سرما و یخبندان‌های شدید است که در برخی سال‌ها مناطق وسیعی از کشور را در برمی‌گیرد، این یخبندان‌ها موج سرمایی نسبتاً پایدار و چندروزه‌ای را با خود به همراه دارند که ممکن است آثار زیانباری را به دنبال داشته باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۱: ۵۵- ۷۶). اثرات زیانبار این سرماهای شدید در ابعاد مختلف، برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای کشور را دچار رکود نموده و بحران‌های گسترده‌ای را به لحاظ اجتماعی و اقتصادی ایجاد می‌کند (علیجانی و هوشیار، ۱۳۸۵: ۱- ۱۶)؛ بنابراین لازم می‌نماید با بررسی امواج سرما رفتار آن را پیش‌بینی نموده و اقدامات پیشگیرانه‌ی لازم را برای جلوگیری از خسارات احتمالی، آسیب‌های انسانی، کشاورزی و کنترل مصارف سوختنی به عمل آورد. در این راستا پژوهش فوق به‌منظور شناسایی علل وقوع امواج سرما و تحلیل همدیدی عوامل به‌وجود آورنده‌ی آن و استخراج و طبقه‌بندی الگوهای جوی امواج سرما و تحلیل همدیدی - پویشی نحوه برهمکنش مراکز فشار مزبور بر روی ایران پرداخته‌شده است.

## روش تحقیق

در این مطالعه به‌منظور بررسی فرارفت موج‌های سرمایی فراگیر ایران دمای کمینه ۴۵۰ ایستگاه سینوپتیکی از سازمان هواشناسی کشور استخراج گردیده است. در این پژوهش ایستگاه‌هایی انتخاب شده‌اند که بیشترین طول دوره آماری را دارند. پس از مرتب‌سازی، کنترل کیفی داده‌ها، آزمون کفایت ایستگاه‌ها جهت میانیابی

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

داده‌ها با استفاده از امکانات برنامه‌نویسی به روش کریجینگ دمای حداقل میان‌یابی شده است. در این رویه ماتریسی به ابعاد ۳۶۵×۴۵۰ برای متغیرها در هرسال تشکیل گردید. بعد از انجام مراحل میان‌یابی درنهایت ماتریسی به ابعاد ۵۰۸۲×۱۱۳۲۳ برای یک دوره آماری ۵۰ ساله تشکیل شده است و به‌عنوان پایگاه داده‌ای مورداستفاده قرار گرفت. بعد از تشکیل پایگاه داده‌ها اقدام به استخراج امواج سرمایشی گردیده است. در اکثر تحقیقات اقلیمی تعریف متغیر مورد بررسی بخش مهمی از تحقیق را تشکیل می‌دهد زیرا بر محور این تعریف است که سایر بخش‌های تحقیق شکل می‌گیرد. در این بخش تعریف سرما و ملاک شناسایی امواج سرمایی در این پژوهش بیان می‌شود. اکثر پژوهشگران در مطالعات خود برای مطالعه امواج سرمایشی آستانه‌های صدکی ۱۰، ۵ و ۱ اُم را معرفی نموده و از آن بهره جسته‌اند (فوجیب و همکاران[5]، ۲۰۰۷: ۶۳- ۷۲). علیجانی و همکاران در بررسی‌های موج‌های سرمایی شمال غرب بر اساس نمره استاندار z عمل کردند به‌این‌ترتیب که هرروزی که نمره استاندارد آن کمتر و مساوی با ۱/۲- باشد به‌عنوان روز سرد انتخاب کرده‌اند (علیجانی و هوشیار ۱۶:۱۳۸۷). در این مطالعه روزی به‌عنوان موج سرمایی انتخاب شد که: ۱- نمره استاندارد آن کمتر از ۱/۲- باشد؛ ۲- دارای ارزشی پایین‌تر از صدک ۵ همان روز؛ ۳- گستره مکانی ۵۰ درصد پوشش و پیوستگی مکانی داشته باشد و ۴- حداقل دو روز توالی داشته باشد. پس از اجرای شرط‌های موردنظر روزهای همراه با امواج سرمایی برای پهنه ایران شناسایی‌شده است. سپس به‌منظور تحلیل الگوی سینوپتیکی ا تحلیل خوشه‌ای مورد توجه قرار گرفت. بعد از انجام طبقه‌بندی بر روی داده‌های فشار تراز دریا، محل مناسب برای برش و تعیین روزهای نماینده مشخص شد. بدین منظور با استفاده از اسکریپت نویسی در محیط متلب همبستگی بین نقشه‌های روزهای مختلف هر طبقه با ضریب ۰/۵ محاسبه شد. سپس به‌منظور تحلیل دقیق‌تر موج‌هایی سرمای ایران، کمیت دینامیکی جمله فرارفت دمای موردبررسی و تجزیه تحلیل قرار گرفت. لازم به ذکر است کلیه این موارد در سطح ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال محاسبه گردیده است. همان‌طوری که اشاره‌شده است در این پژوهش به‌منظور مطالعه‌ی مسیر و نحوه‌ی حرکت توده‌های هوای سرد به‌سوی کشور از نقشه‌های وزش (فرارفت) دما برای سطح ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال استفاده‌شده است؛ بنابراین بامطالعه‌ی فرارفت دما در این ترازها می‌توان وضعیت آن‌ها را به سایر ترازهای جو تعمیم داد و نتیجه‌گیری بهتری را ارائه کرد. فرآیند انتقال کمیت‌های جوی که صرفاً توسط حرکت جرم (میدان سرعت) صورت می‌گیرد وزش نامیده می‌شود. صورت برداری معادله‌ی وزش به شکل رابطه‌ی (۱) می‌باشد:

$$-\vec{V}\cdot\nabla Q$$ رابطه (۱)

که در آن $\vec{V}$ بردار سرعت، Q کمیت جوی دلخواه و $\nabla Q$ شیو آن کمیت می‌باشد. معادله‌ی بالا در دستگاه مختصات دکارتی به‌صورت رابطه (۲) تغییر می‌کند (مرادی، ۱۳۹۰: ۴۶):

$$-(u\frac{\partial Q}{\partial x}+v\frac{\partial Q}{\partial y}+w\frac{\partial Q}{\partial z})$$ رابطه (۲)

در رابطه (۲) معادله (u،v،w) مؤلفه‌های بردار باد هستند. دو جمله‌ی اول نماینده‌ی وزش افقی و جمله‌ی سوم معرف وزش عمودی است (همان، ۱۳۹۰). چون در این پژوهش تنها وزش افقی دما مدنظر می‌باشد،

5- Fujibe et al

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

رابطه‌ی (۲) را به شکل رابطه‌ی (۳) می‌توان نوشت:

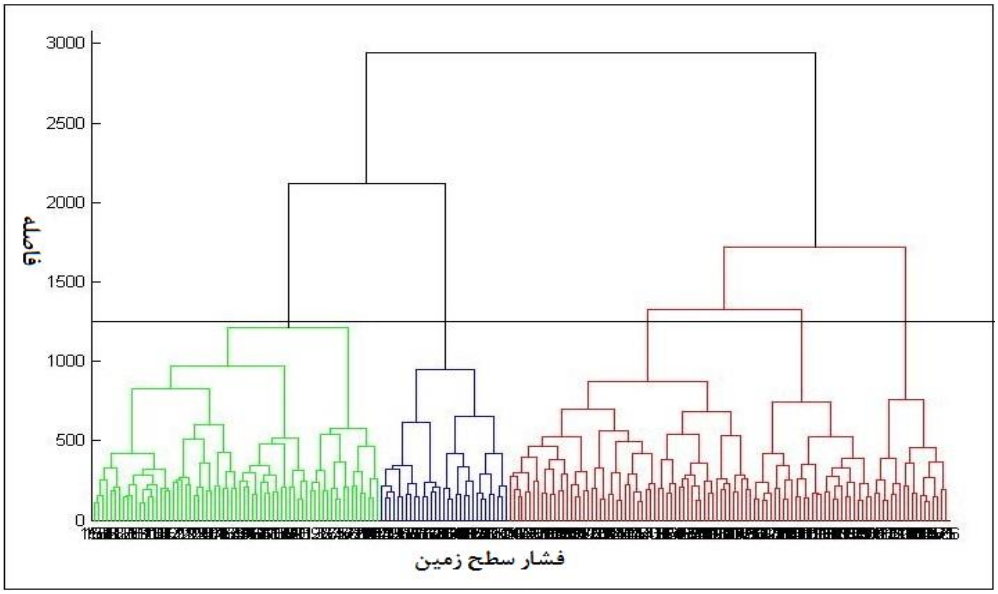
$$(-\vec{V}\cdot\nabla)T = \left(-u\frac{\partial T}{\partial x}\right) + \left(-v\frac{\partial T}{\partial y}\right)$$

رابطه (۳)

در رابطه‌ی (۳) $\nabla$ عملگر دل، $\vec{V}$ بردار سرعت باد، u مؤلفه‌ی مداری باد، v مؤلفه‌ی نصف‌النهاری باد و T بیانگر دما می‌باشد. می‌توان گفت که فرارفت هر کمیتی به‌اندازه‌ی بردار باد، گرادیان آن کمیت و زاویه‌ی بین دو بردار بستگی دارد و هر چه مقدار مؤلفه‌های باد بیشتر، آهنگ تغییرات آن کمیت در راستای محورهای طولی و عرضی بیشتر و زاویه‌ی بین دو بردار به ۹۰ درجه نزدیک‌تر باشد، فرارفت آن کمیت نیز بزرگ‌تر می‌شود. فرارفت هوای سرد و گرم به ترتیب موجب کاهش و افزایش دما در یک منطقه می‌شود و این فرآیند در هواشناسی از اهمیت بالایی برخوردار است.

## نتایج

شکل (۱) دندروگرام حاصل تحلیل خوشه‌ای بر روی فشار سطح دریا موج‌های سرمایی ایران را نشان می‌دهد. بر اساس شکل (۲)، نقشه‌های فشار سطح دریا برای روزهای نماینده‌ی گروه‌های مختلف (۲ تا ۵ گروهی) در سطح همبستگی ۰/۵ ترسیم شدند؛ سپس با مقایسه‌ی نقشه‌های روزهای نماینده‌ی اعضای هرکدام از گروه‌ها و از طریق روش آزمون‌وخطا محل مناسب جهت برش نمودار و انتخاب تعداد گروه‌بندی مناسب جهت استخراج الگوها مشخص شد. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، تقسیم‌بندی پنج گروهی مناسب تشخیص داده شد و روزهای نماینده‌ی هر گروه نیز تعیین شد که تاریخ و مشخصات این روزها در جدول (۱) درج شده است. براساس جدول (۱) بیشترین فراوانی رخداد الگوهای فرارفت دمایی در دی‌ماه رخ داده است.




**شکل (۱): دندروگرام حاصل از تحلیل خوشه‌ای بر روی‌داده‌های فشار سطح زمین**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]

[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

**جدول (۱): مشخصات الگوهای شناسایی‌شده ناشی از فرارفت دمایی امواج سرمایی ایران**

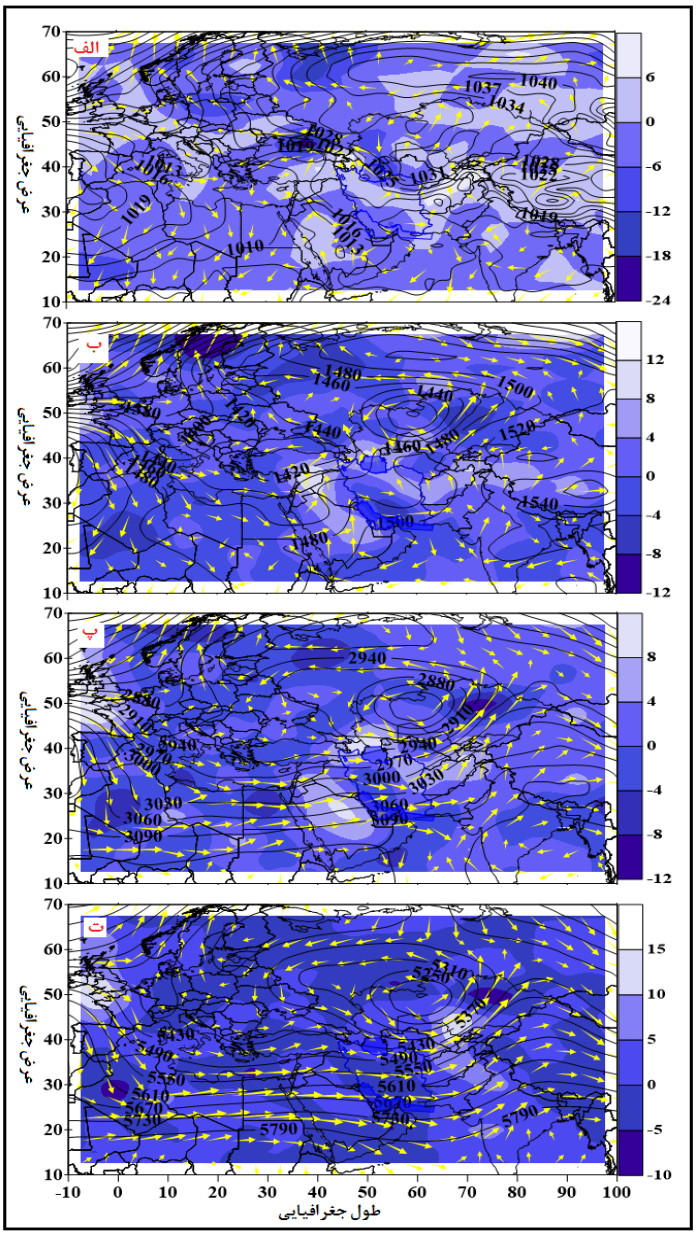
| الگو | تاریخ | فراوانی | | |
|---|---|---|---|---|
| | | دی | بهمن | اسفند |
| پرفشار ترکیبی تبت- سیبری | ۱۹۷۲/۱/۲۵ | ۱۶ | ۱۳ | ۰ |
| کمربند ادغامی سیبری، پرفشار ترکمنستان | ۱۹۶۴/۱/۳۰ | ۲۳ | ۳۶ | ۰ |
| کمربند پرفشار سیبری- پرفشار شرق اروپا | ۱۹۸۳/۱/۲۷ | ۴ | ۱۴ | ۰ |
| پرفشار چندهسته‌ای سیبری | ۱۹۷۷/۱/۱۵ | ۱۰ | ۱۹ | ۲ |
| کمربند پرفشاری شرق دریای خزر- پرفشار دریای سیاه | ۱۹۷۳/۱/۱ | ۴۶ | ۱۶ | ۷ |

**الگوی اول) پرفشار ترکیبی تبت- سیبری**

با توجه به شکل (۲- الف) تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد پرفشار سیبری در زمستان روی روسیه مرکزی ایجاد می‌شود و فرابار سردی است که با مرکز فشاری ۱۰۴۰ هکتوپاسکال که در موارد استثنایی به ۱۰۸۰ هکتوپاسکال نیز می‌رسد در صحرای بزرگ سیبری قرار دارد (علیجانی، ۱۳۹۰: ۴۳) کاملاً از روی قزاقستان عبور کرده و زبانه‌های آن با حرکت آنتی سیکلونی در حال حرکت به سمت عرض‌های پایین‌تر بوده، به‌طوری‌که نواری از نواحی شمالی در دریای خزر و قسمت‌هایی از شمال شرقی ایران را در برگرفته است که سبب ریزش هوای سرد عرض‌های شمالی به روی عرض‌های پایین‌تر و شمال شرق، شمال غرب و مرکز ایران می‌شود. این درحالی است که نواحی شمال شرق فرارفت هوای سردتری نسبت به نواحی شمال غربی دارد و این امر نشان‌دهنده این است که پرفشار سیبری نواحی شمال شرقی را بیشتر تحت تأثیر خود قرار داده است و نواحی شمال غرب کمتر مورد هجوم زبانه‌های پرفشار سیبری بوده است. این پرفشار از شمال دریای خزر به سمت نواحی غربی‌تر در حال پیشروی است و به‌اصطلاح حرکت مداری و غرب سو داشته است و نواحی شمالی و شرقی اروپا را زیر سیطره خود قرار داده است. پرفشار سیبری در عرض‌های پایین‌تر با پرفشار مستقر بر روی تبت ادغام‌شده و گسترش پیداکرده و زبانه‌های این پرفشار ادغامی از سمت شرق کشور سبب نفوذ هوای سرد به داخل ایران می‌شود که پایداری هوا و نزول هوای سرد به داخل کشور را در پی دارد. وزش دمایی هوای سرد به مقدار ۴- درجه سلسیوس بر روی قسمت‌های شرق، جنوب شرق، مرکز و شمال غرب کشور و وزش دمایی هوای سرد به مقدار ۱۰- درجه سلسیوس بر روی جنوب، جنوب‌غرب، غرب و شمال شرق کشور مشاهده می‌شود. با توجه به شکل (۲- ب) در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال کم‌فشار شرق دریای خزر با فشار مرکزی ۱۴۲۰ هکتوپاسکال بر روی قزاقستان بسته‌شده است که با حرکت خود در حال ریزش هوای سرد به عرض‌های جنوبی‌تر بخصوص نواحی شمالی خزر است و موجب دو هسته شدن پرفشار سیبری بر روی عرض‌های بالاتر شده که یکی از هسته‌های پرفشار سیبری را به عرض‌های بالا عقب رانده است همچنین کم‌فشار ایسلند سراسر اروپا را تحت سیطره خود قرار داده درحرکت جنوب‌غرب سوی خود به سمت خاورمیانه بر روی ترکیه هسته مرکزی با ارتفاع ۱۴۲۰ ژئوپتانسیل‌متر تشکیل داده است که سبب صعود جریانات از عرض‌های پایین‌تر به روی نواحی شمال غرب ایران می‌شود. پرفشار ادغامی تبت- سیبری همانند تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال زبانه‌های خود

را تا روی مناطق شرقی، شمال شرق و بعضاً نواحی مرکزی ایران گسترانیده است. بر روی جنوب ایران وزش دمایی سردی با مقدار ۱۲- درجه سانتیگراد در جریان است و سایر مناطق ایران وزش دمایی نسبتاً سرد و با مقدار ۵- درجه سانتیگراد در جریان است و این فرارفت دمایی سرد بر روی کشور ناشی از زبانه‌های کم‌فشار ادغامی خزر ایسلند و پرفشار سیبری بر روی ایران می‌باشد که شیو فشاری دو سیستم سرد ماهیت مزید بر این فرارفت دمایی سرد می‌شود. الگوهای همدید سطوح بالای اتمسفر نقش عمده‌ای در هوا و نهایتاً آب‌وهوای سطح زمین دارند درواقع دلیل اصلی مطالعه آن‌ها تأثیر بر آب‌وهوای روی زمین است (علیجانی، ۱۳۹۱: ۸۱) که در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال شکل (۲- پ) و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۲- ت) نیز پشته ضعیفی که از سمت مدیترانه وارد نواحی غربی و شمال غربی کشور شده است باعث ریزش هوای سرد بر روی منطقه شمال غرب ایران می‌شود. در فصل زمستان سرماهای شدید منطقه شمال غرب ایران به علت وزش دمایی و فرارفت هوای سرد و منفی انجام می‌گیرد (قویدل رحیمی، ۱۱۵:۱۳۸۹) کم‌فشار شرق خزر محدود به عرض‌های بالا بوده و همانند تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در همان منطقه با ارتفاع مرکزی ۲۸۰۰ ژئوپتانسیل‌متر مستقر بوده و سبب ریزش هوای سرد به روی عرض‌های پایین‌تر می‌شود. به‌طورکلی وزش دمایی سرد به‌جز نوار ضعیفی در شمال ایران در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از سه سطح ۱۰۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰ کاملاً شدیدتر است به‌طوری‌که تمام ایران در زیر نفوذ و فرارفت هوای سردناشی از فراز ضعیف مستقر در کشور است و فرارفت هوای سرد در تمام سطوح جو نشان می‌دهد که نواحی جنوبی و جنوب غربی زیر سیطره سامانه‌های فشاری دینامیکی و نواحی شمالی و شمال شرقی کشور در زیر سیطره سامانه‌های فشاری حرارتی قرار دارند؛ بنابراین افت دما، شرایط پایداری و نزول هوا با توجه به وزش منفی و فرارفت هوای سرد در ۴ سطح کاملاً تأیید می‌شود.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]




شکل (۲): نقشه الف: فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه. نقشه ب: ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل‌متر، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه. نقشه پ: ارتفاع تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل‌متر، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه. نقشه ث: ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل‌متر، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه.

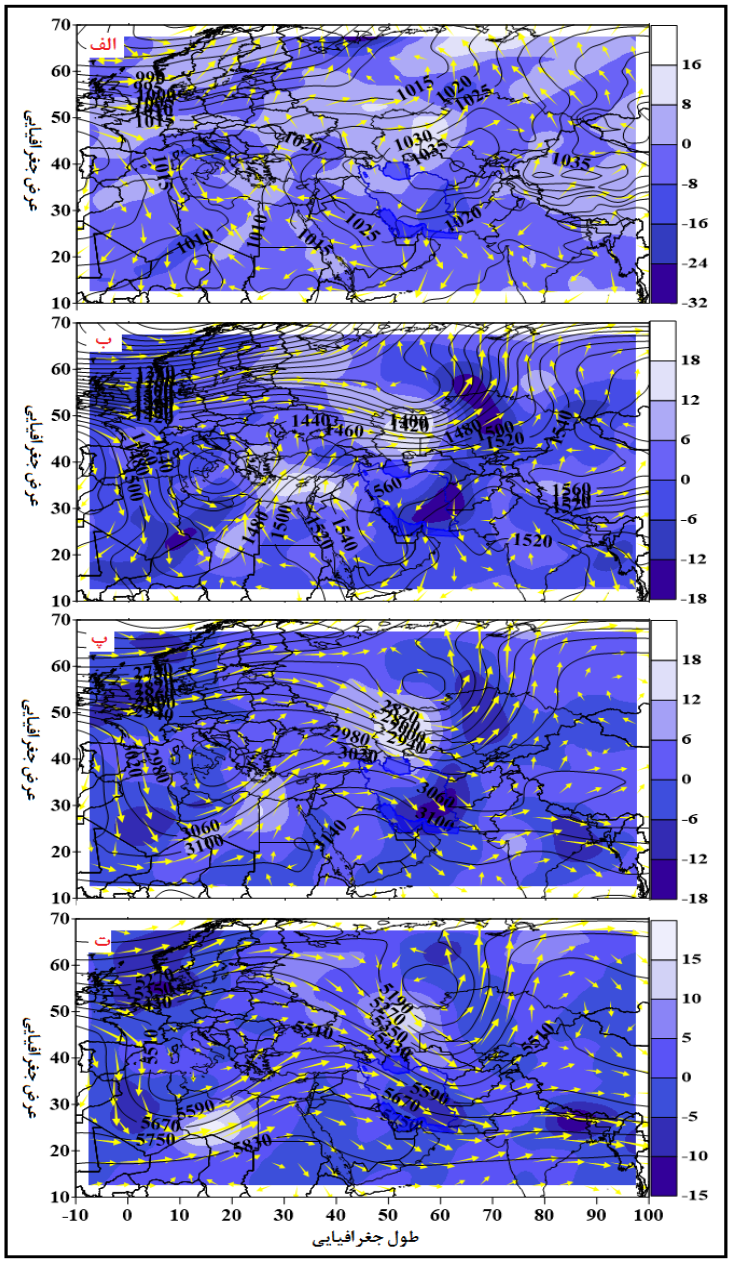
**الگوی دوم) کمربند ادغامی سیبری، پرفشار ترکمنستان**

با توجه به شکل (۳- الف) در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال پرفشار سیبری با فشار مرکزی ۱۰۳۵ هکتوپاسکال جابجایی نصف‌النهاری داشته و بر روی غرب چین و آسیای میانه مستقر بوده و بر روی نقشه مشاهده می‌شود

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

که یک هسته‌ای از زبانه‌ی پرفشار سیبری از سمت شمال شرق به روی ترکمنستان بسته‌شده، گسترش پیداکرده و تمام ایران را فراگرفته است. به‌طوری‌که منحنی هم‌فشار ۱۰۳۰ و ۱۰۲۵ هکتوپاسکال تمام مناطق ایران و خاورمیانه را تحت نفوذ خود قرار داده است (لشکری، ۱۳۸۷: ۱- ۱۸) و حتی تا روی عربستان و عراق کشیده شده است. فرارفت دمایی منطبق بر هسته پرفشار ترکمنستان بر روی بخش‌های جنوبی، شرقی و شمال شرقی ایران به مقدار ۱۵- تا ۲۰- درجه سانتیگراد در جریان است؛ که در مناطق تحت نفوذ پرفشار بر روی ایران وضعیت پایداری و سرمای شدید را شاهد هستیم. با توجه به شکل (۳- ب) در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال همانند تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نشان‌دهنده حضور کمربند ادغامی سیبری- ترکمنستان بر روی ایران، عربستان و عراق است که در این تراز مرکز آن بر روی ایران و عربستان بسته شده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال یک کم‌ارتفاع بر روی نواحی شمالی دریای خزر قرار دارد ولی از آنجا که جریانات در این محدوده در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مداری‌اند تأثیر چندانی بر تغییر مسیر جریان بادها به‌صورت نصف‌النهاری ندارد. هرچند در این تراز سبب نصف‌النهاری شدن جریانات شده است ولی حوزه تأثیر و تحت نفوذی آن به عرض‌های شمالی ایران نرسیده است و به همین خاطر تأثیری در وزش دمایی سرد نواحی ایران نداشته است. فرارفت دمایی هوای سرد منطبق بر زبانه شرقی پرفشار ادغامی سیبری- ترکمنستان بر روی ایران با جهت جنوب سو بر روی نیمه شمال شرق، شرق و جنوب به مقدار ۱۵- تا ۱۸- درجه سانتیگراد در جریان است بر روی سایر مناطق ایران وزش دمایی به مقدار ۵- تا ۱۰- درجه سانتیگراد در جریان است. در شکل (۳- پ) ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۳- ت) یک ناوه نسبتاً گسترده با گسترش نصف‌النهاری جنوب سو از عرض‌های بالا تا عرض‌های پایین رسیده و محور آن روی افریقا قرار دارد به‌طوری‌که منطقه ایران در جلوی پشته آن قرارگرفته است. چون منطقه شرق فراز یا پشته با کمینه تاوایی و همگرایی بالایی همراه است این شرایط با فرونشینی و ریزش هوای سرد و درنهایت با پایداری هوا در منطقه همراه بوده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال این وضعیت نسبت به تراز ۷۰۰ شدیدتر است. به‌طوری‌که نواحی غربی و شمال غربی ایران زیر نفوذ یک پشته قرار دارد که موجب ریزش هوای سرد و فرارفت هوای سرد در این مناطق شده است. شدت این جریانات به حدی است که تمام محدوده ایران را تحت تأثیر خود قرار داده و موجب نفوذ جریانات عرض‌های شمالی به سمت عرض‌های پایین‌تر شده است. در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال قسمت‌های کوچکی از شمال شرق ایران تحت تأثیر زبانه‌های پشته غرب روسیه قرارگرفته که سبب ریزش هوای سرد بر روی این مناطق در مقیاس کوچک شده است. فرارفت دمایی در دو سطح ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در این الگو بین ۸- تا ۱۶- درجه سانتیگراد منطبق بر قسمت جلویی پشته بر روی ایران قابل‌مشاهده است. البته این فرارفت دمایی سرد در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نسبت به تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بارزتر است. بنابراین همان‌طور که ملاحظه شد هماهنگی و انطباق سامانه‌ها در ترازهای زیرین و میانی جو سبب شده سرمای فراگیری بخش اعظم کشور را فراگیرد. عامل اصلی افت شدید دما و فرارفت هوای سرد، تقویت و نفوذ پرفشار ادغامی سیبری- ترکمنستان می‌باشد با توجه به استقرار پرفشار ادغامی بر روی ایران در سطوح پایین جو و استقرار پشته در سطوح بالایی جو می‌توان گفت که ایران در تمام لایه‌های جو با نزول هوای سرد و فرارفت هوای سرد روبه‌رو بوده است وبر همین اساس می‌توان به‌شدت امواج سرمایی و تحت تأثیر قرار دادن ایران توسط الگوی مذکور پی برد.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]



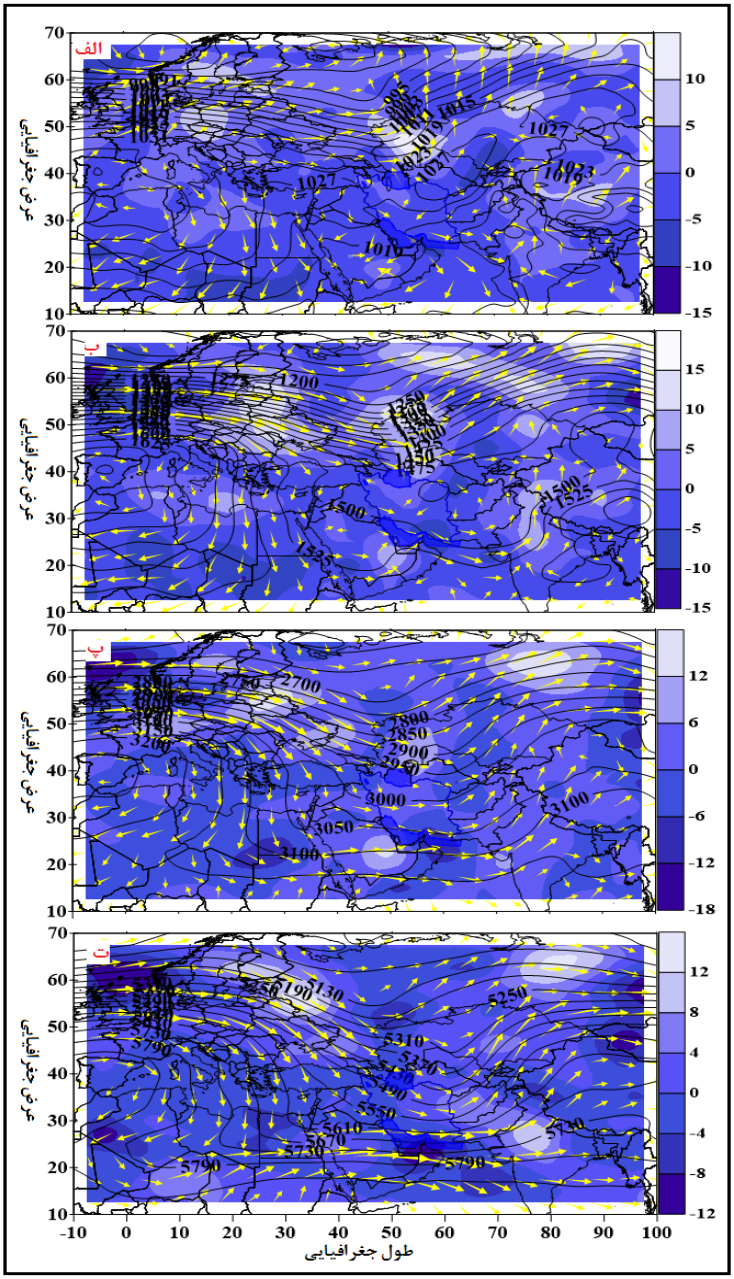

شکل (۳): نقشه الف: فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه. نقشه ب: ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل‌متر، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه. نقشه پ: ارتفاع تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل‌متر، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه. نقشه ث: ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل‌متر، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

**الگوی سوم) کمربند پرفشار سیبری- پرفشار شرق اروپا**

با توجه به شکل (۴- الف) در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال زبانه‌ای از پرفشار سیبری که طی ماه‌های سرد سال، آب‌وهواهای اوراسیا را به‌شدت کنترل می‌کند (گونگ و هو، ۲۰۰۲)، از شرق قزاقستان، ازبکستان و ترکمنستان عبور کرده و با منحنی هم‌فشار ۱۰۲۵ هکتوپاسکال تا نواحی شمال‌شرقی ایران (خراسان شمالی و رضوی) و نواحی کوچکی از شرق دریای خزر گسترش پیداکرده است و هسته‌ای از این پرفشار بر روی شرق دریای خزر بر روی ترکمنستان با فشار مرکزی ۱۰۲۵ هکتوپاسکال بسته شده است. از طرفی دیگر هسته‌ای از پرفشار آزور با فشار مرکزی ۱۰۳۵ هکتوپاسکال تا ۲۰ درجه عرض جغرافیایی بر روی افریقا (مغرب، الجزایر، مصر و لیبی) گسترش‌یافته و درحرکت شرق سوی خود در نزدیکی لیبی و مصر به سمت عرض‌های بالاتر کشیده شده است. درواقع پرفشار آزور قسمتی از یک کمربند پرفشار بزرگ‌تری است که اطراف منطقه جنب‌حاره‌ی نیمکره شمالی گسترش‌یافته است (بوشر، ۱۳۷۳) هسته‌ای از زبانه‌های پرفشار آزور بر روی شرق اروپا با فشار مرکزی ۱۰۲۹ هکتوپاسکال بسته شده، به‌طوری‌که بیشتر نواحی شمال غربی و غربی کشور را تحت تأثیر خود قرار داده است و با پرفشار سیبری کمربند پرفشاری نسبتاً قوی را تشکیل داده‌اند که با توجه به موقعیت قرارگیری این کمربند پرفشار بر روی ایران زبانه‌های این کمربند پرفشاری سبب ورود جریانات هوای سرد از عرض‌های بالاتر و نزول و فرونشینی جریان هوا درنتیجه واگرایی هوا بر روی سطح زمین بر روی ایران می‌شود. بر روی شمال شبه‌قاره هند کم‌فشاری با قدرت مرکزی ۱۰۱۱ هکتوپاسکال مانع از حرکت غرب سو و گسترش پرفشار تبت شده است. در شکل (۴- ب) در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال و شکل (۴- پ) تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال استقرار پرارتفاع آزور بر روی شمال آفریقا به‌عنوان مانع عمل کرده و موجب موجی شدن جریان باد و موجب فرونشینی و ریزش هوای سرد عرض‌های بالاتر بر روی خاورمیانه و ایران و واگرایی جریان هوا در این تراز و ترازهای زیرین می‌شود. در شکل (۴- ت) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بیشترین و شدیدترین جریان فرارفت هوای سرد منشأ گرفته از اروپا را نشان می‌دهد که به‌صورت ریزش وسیع هوای سرد و فرارفت هوای سرد عمل کرده و ازآنجاکه در قسمت جلوی فراز یا پشته دارای تاوایی منفی است سبب فرونشست و ریزش هوای بسیار سرد اروپا به اکثر مناطق ایران شده است.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]




شکل (۴): نقشه الف: فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه. نقشه ب: ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل‌متر، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه. نقشه پ: ارتفاع تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل‌متر، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه. نقشه ث: ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل‌متر، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

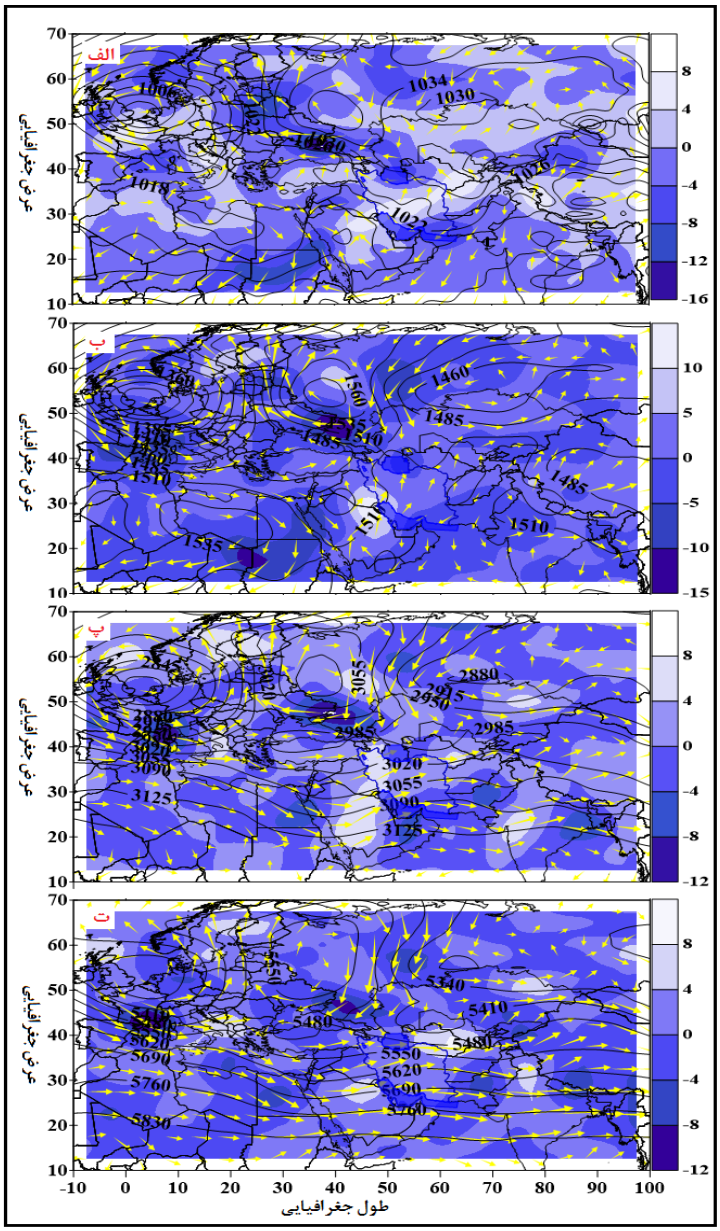
**الگوی چهارم) پرفشار چندهسته‌ای سیبری**

با توجه به نقشه فشار و وزش دمایی شکل (۵- الف) در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال زبانه‌ای از پرفشار سیبری بر روی شرق اروپا با فشار مرکزی ۱۰۴۰ هکتوپاسکال مستقر بوده و زبانه‌های آن با جهت جنوبی تا نواحی قفقاز و ترکیه و تا عرض‌های پایین‌تر بر روی قسمت‌های مرکزی شبه‌جزیره عربستان کشیده شده است. بر روی غرب عربستان و روی دریای سرخ در این تراز فشاری کم‌فشار سودانی با فشار مرکزی ۱۰۱۴ هکتوپاسکال مستقر بود و گسترشی به عرض‌های بالاتر نداشته است. بر روی ایران و نیمه شمالی ایران فرارفت دمایی نسبتاً سردی با مقدار ۲- درجه سانتیگراد در جریان است که تحت متأثر از نفوذ زبانه‌های ادغامی پرفشار خزر-شرق اروپا بر روی ایران می‌باشد از طرفی دیگر در نواحی جنوب و جنوب شرق ایران فرارفت دمایی سرد با مقدار ۱۰- درجه سانتیگراد در جریان بوده که با توجه به جهت جریان باد و زبانه‌های پرفشار چندهسته‌ای سیبری از شرق و جنوب‌شرق به روی ایران وزش دمایی سردی را شاهد هستیم. در شکل (۵- ب) در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال پرارتفاع دو هسته‌ای ایران- عربستان با دو مرکز ارتفاعی ۱۵۳۰ ژئوپتانسیل‌متر بر روی ایران و عربستان مستقر است. پرارتفاع اروپا با ارتفاع مرکزی ۱۵۶۰ ژئوپتانسیل‌متر در این تراز به‌صورت بندال امگایی شکل قرارگرفته و مانع حرکت شرق سوی زبانه‌های کم‌فشار ایسلند به‌طرف شرق شده است و این حالت سبب ریزش هوای سرد به روی عرض‌های پایین‌تر شده است بر روی ترکیه و غرب خاورمیانه کم‌ارتفاعی با ارتفاع مرکزی ۱۴۷۰ ژئوپتانسیل‌متر مستقر بوده که با کنار هم قرارگیری با پرارتفاع دوهسته‌ای ایران- عربستان سبب تند شدن جریان باد و شمالی سو شدن جریانات بر روی ایران به‌خصوص نیمه غربی ایران می‌شود. با توجه به قرارگیری زبانه‌های کم‌ارتفاع مدیترانه بر روی غرب خاورمیانه و روی عراق صعود هوای گرم از عرض‌های پایین‌تر شاهد فرارفت هوای گرم ۷ درجه سانتیگراد بر روی کویت و دریای خلیج‌فارس و بعضاً جنوب‌غرب ایران هستیم. بر روی اکثر نواحی ایران به‌خصوص جنوب شرق ایران فرارفت دمایی سردی با مقدار ۵- درجه سانتیگراد مشاهده می‌شود. با توجه به شکل (۵- پ) در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال همانند ترازهای زیرین خود پرفشار شرق اروپا به‌صورت بندال امگایی شکل با ارتفاع مرکزی ۳۰۹۰ ژئوپتانسیل‌متر مستقر بوده و کم ارتفاع جنب قطبی با ارتفاع مرکزی ۲۸۹۰ ژئوپتانسیل و کم ارتفاع ایسلند با ارتفاع مرکزی ۲۷۶۵ ژئوپتانسیل‌متر به ترتیب بر روی شرق روسیه و اروپا مستقر بوده و ناوه بسیار ضعیفی که محور آن بر روی دریای سرخ قرار داشته و قسمت جلویی ناوه بر روی نیمه غربی، جنوب‌غرب و شمال غرب ایران قرار داشته که سبب فرارفت دمایی نسبتاً گرم به مقدار ۵ درجه سانتیگراد به سمت این نواحی شود؛ اما بر روی سایر نواحی ایران بخصوص جنوب شرق فرارفت دمایی سرد به مقدار ۷- درج سانتیگراد مشاهده می‌شود.

با توجه به شکل (۵- ت) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز الگوی حاضر همانند الگوی ارتفاعی مشاهده‌شده در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بوده ولی در این تراز شاهد فرارفت هوای نسبتاً سرد بر روی نیمه غربی، جنوب‌غرب و شمال غرب شاهد بوده و در نواحی جنوبی و جنوب شرقی کشور فرارفت هوای سرد کمی به مرزهای بیرونی کشور کشیده شده است و ما در این تراز دمای معتدل‌تری را برای شرق و جنوب شرق کشور شاهد هستیم. درنتیجه این‌گونه استنباط می‌شود که در ۴ تراز مورد مطالعه در این الگو ما شاهد قرارگیری مراکز فشاری نسبتاً قوی بر روی آسیا مانند پرفشار چندهسته‌ای سیبری و کم‌فشار ایسلند بر روی اروپا بوده و نیز وجود مراکز کم‌فشار

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

مدیترانه و پرفشار مستقر بر روی ایران و عربستان تا تراز ۸۵۰ هکتو پاسکال می‌باشیم. در این صورت عامل اصلی فرارفت هوای سرد بر روی ایران در ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال بیشتر قابل‌توجه بوده است.




**شکل (۵): نقشه الف: فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه. نقشه ب: ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل‌متر، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه. نقشه پ: ارتفاع تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل‌متر، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه. نقشه ث: ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل‌متر، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه.**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

**الگوی پنجم) کمربند پرفشاری شرق دریای خزر- پرفشار دریای سیاه**

با توجه به شکل (۶- الف) در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال مرکز پرفشاری بر روی دریای سیاه و اوکراین با فشار مرکزی ۱۰۴۰ هکتوپاسکال قرار دارد که با چرخش آنتی‌سیکلونی سبب ریزش هوای سرد شمال اروپا به روی خاورمیانه، غرب و شمال غرب ایران می‌شود. از طرف دیگر پرفشار شرق دریای خزر با منحنی فشار مرکزی ۱۰۳۰ هکتوپاسکال بر روی شمال شرق ایران بسته شده، سبب تشکیل کمربند پرفشار شرق دریای خزر- پرفشار دریای سیاه را تشکیل داده است. منحنی‌های کم‌فشار جنب قطبی نیز تا نواحی شمال دریای خزر کشیده شده است و سبب نزول هسته‌ی شرقی کمربند پرفشار شرق دریای خزر- پرفشار دریای سیاه به عرض‌های پایین‌تر می‌شود. همچنین در نواحی مرکزی به‌خصوص شرق کشور شیو فشاری شدیدی ملاحظه می‌شود و با توجه به قرارگیری هسته شرقی کمربند پرفشار بر روی شمال شرق ایران بر روی ایران غلبه بر بادهای شرقی می‌باشد درعین‌حال فرارفت هوای سرد از سمت شرق و جنوب شرق کشور به مقدار ۳- درجه سانتیگراد به‌طرف غرب و شمال غرب کشور مشاهده می‌شود این در حالی است که نیمه شمالی و شمال شرقی کشور با توجه به موقعیت مکانی هسته مرکزی کمربند پرفشار شرق خزر-دریای سیاه بر روی این منطقه فرارفت دمایی به مقدار ۱۰- درجه سانتیگراد بر روی این مناطق مشاهده می‌شود.

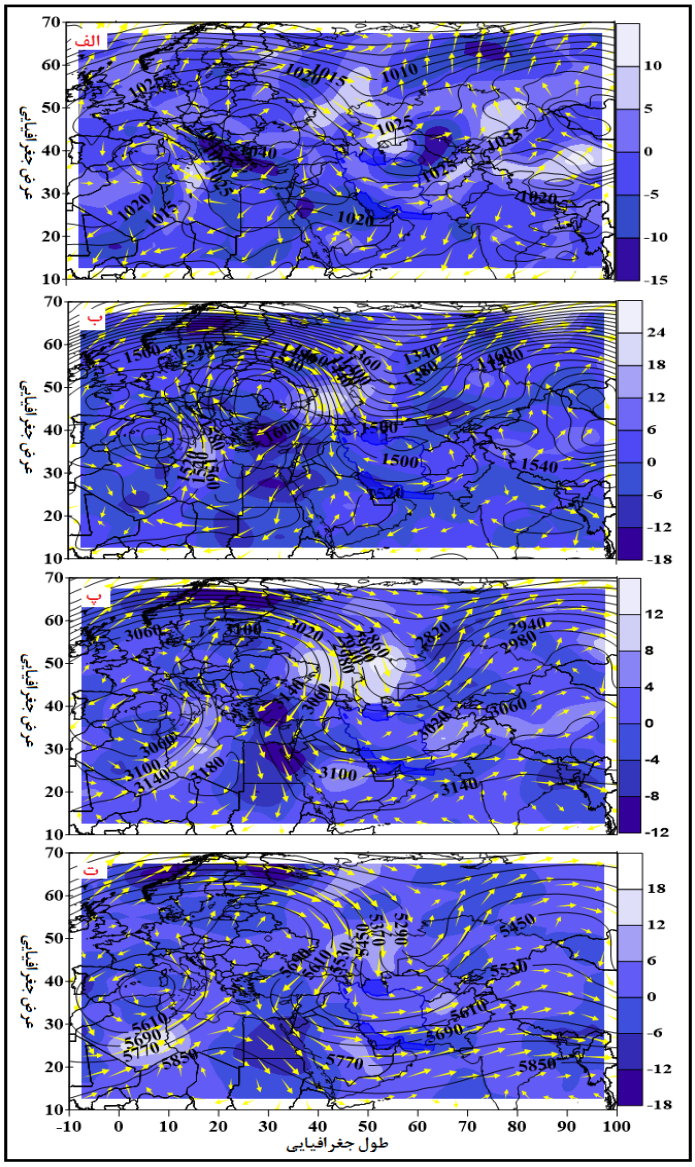
با توجه به شکل (۶- ب) در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز همانند تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال کمربند پرارتفاع شرق خزر با ارتفاع مرکزی ۱۵۲۵ ژئوپتانسیل‌متر و پرارتفاع شرق اروپا نیز با ارتفاع مرکزی ۱۶۵۰ ژئوپتانسیل‌متر بر روی شمال دریای سیاه قرار داشته که سبب ریزش هوای سرد اروپا بر روی ترکیه و بعضاً نواحی شمال غربی ایران می‌شود. فرارفت دمایی به میزان ۷- درجه سلسیوس بر روی نیمه شرقی، مرکز و شمال غرب کشور در جریان می‌باشد؛ و در شمال شرق کشور نیز فرارفت هوای سرد به مقدار ۱۰- درجه سانتیگراد مشاهده می‌شود.

در شکل (۶- پ) تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال پرارتفاع شرق اروپا با ارتفاع مرکزی ۳۱۴۰ ژئوپتانسیل‌متر بر روی شرق اروپا و اوکراین قرار داشته و در حالت امگایی شکل و محصور بین کم ارتفاع غرب مدیترانه و ناوه کم ارتفاع سیبری قرار دارد که وجود این حالت سبب ریزش هوای سرد توسط ناوه کم ارتفاع اورال به روی قسمت اعظم خاورمیانه و ایران شده است. ناوه کم ارتفاع تشکیل شده که محور آن بر روی ایران به‌خصوص نیمه غرب آن قرارگرفته سبب سردتر شدن مناطق تحت نفوذ این کم ارتفاع می‌شود. بر روی شمال دریای خزر و شرق اوکراین فرارفت دمایی به مقدار ۱۰ درجه سانتیگراد مشاهده می‌شود بر روی ایران به‌خصوص نواحی جنوب غربی کشور فرارفت دمایی به مقدار ۵- درجه سانتیگراد منطبق بر ریزش هوای سرد بادهای شمالی قسمت عقب ناوه سیبری به روی ایران مشاهده می‌شود.

در شکل (۶- ت) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز همانند تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، پر ارتفاع شرق اروپا نیز در این تراز به‌خوبی مشاهده شده که به حالت بندال امگا شکل قرارگرفته ناوه اورال که نسبتاً عمیق شده و محور ناوه فوق بر روی شمال، غرب و شمال غرب ایران قرارگرفته است که بازهم بیشترین نزول هوای سرد در این قسمت از ناوه در این تراز بر روی ایران مشاهده می‌شود. فرارفت دمایی به‌وسیله جریانات شمالی به مقدار ۷- درجه سانتیگراد بر روی ایران مشاهده می‌شود. همچنین بر روی نیمه جنوبی کشور جریانات غربی با فرارفت دمایی ۴- درجه سانتیگراد مشاهده می‌شود. با توجه به چهار تراز موردمطالعه در این الگو مشاهده می‌شود که وجود

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

کمربند پرفشار خزر- دریای سیاه بیشترین تأثیر را در فرارفت دمایی سرد بر روی ایران داشته‌اند و در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هتوپاسکال نیز قرارگیری پرفشار شرق اروپا به حالت بندال امگایی شکل و نیز شکل‌گیری ناوه کم ارتفاع اورال و گسترش آن بر روی خاورمیانه و ایران بیشترین تأثیر را بر روی فرارفت دمایی هوای سرد بر روی ایران موجب شده‌اند.




**شکل (۶): نقشه الف: فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه. نقشه ب: ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل‌متر، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه. نقشه پ: ارتفاع تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل‌متر، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه. نقشه ث: ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل‌متر، فرارفت دمایی برحسب سانتیگراد ، مؤلفه جریان باد برحسب متربرثانیه**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

## نتیجه‌گیری

امواج سرما و یخبندان‌ها یکی از مهم‌ترین پدیده‌های موردمطالعه در اقلیم‌شناسی است که از تغییر دما در طول زمان ناشی می‌شود و به تغییر درجه حرارت به زیر صفر درجه سانتی گراد و کمتر از آن اطلاق می‌شود. یخبندان‌ها تقریباً هر نوع فعالیتی را به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد و وسعت ناشی از وقوع این پدیده، بسیاری از فعالیت‌های انسانی را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. در این مطالعه در رابطه با الگوهای فرارفتی هوای سرد پنج الگوی موج سرما و تأثیرات آن بر روی فرارفت هوای سرد ایران شناسایی شد:

پرفشار ترکیبی تبت- سیبری، کمربند ادغامی سیبری- پرفشار ترکمنستان، کمربند پرفشار سیبری- شرق اروپا، الگوی پرفشار چندهسته‌ای سیبری و کمربند پرفشاری شرق دریای خزر- پرفشار دریای سیاه.

در وقوع امواج سرمای فراگیر بر روی کشور در همه‌ی الگوها، وجود مراکز پرفشار سطوح زیرین جو نقش اساسی در رخداد امواج سرمایی داشته است. این سامانه‌ها که ماهیتاً دارای شرایط پایداری در اتمسفر می‌باشند، سبب شکل‌گیری وضعیت باروتروپیک به‌خصوص در ترازهای زیرین جو شده است. بااین‌وجود وجه اشتراک مکانیسم رخداد امواج سرمایی در تمامی الگوها، نقش ناوه‌ی عرض‌های میانی در تقویت و تشدید مراکز پرفشار ترازهای زیرین جو بر روی کشور می‌باشد.

در الگوهای اول تا چهارم پرفشار سیبری به‌طور مستقیم و یا با تشکیل کمربند فشاری یا ادغام با سایر مراکز پرفشار تشدید و تقویت‌شده‌اند و موجب تشدید فرارفت هوای سرد عرض‌های بالا بر روی کشور شده است؛ اما الگوی پنجم به‌طور مجزا از دو مرکز فشاری یکی در شرق دریای خزر و دیگری پرفشار دریای سیاه سبب شکل‌گیری امواج سرمایی بر روی کشور شده است. وقوع پدیده‌ی بلوکینگ (امگا) بر روی اروپا و قرارگیری نیمه‌ی غربی کشور در دامنه‌ی غربی فرود نشأت گرفته از بلاکینگ اروپا در تشدید فرارفت هوای سرد عرض‌های بالا به روی کشور نقش اساسی داشته است. به‌طوری‌که قویدل رحیمی (۱۳۹۰: ۱۵۵- ۱۸۴) در بررسی دماهای فرین شمال‌غرب ایران نشان داد که عامل اصلی سرماهای فرین منطقه براثر عوامل همدیدی و فرارفت هوای سرد از عرض‌های بالای جغرافیایی و نه تابش زمینی به وقوع پیوسته و تداوم سرماهای شدید شمال‌غرب ایران براثر بندالی شدن (وقوع بلوکینگ) به وقوع پیوسته‌اند. در این بین نقش پدیده‌ی بلوکینگ در سطوح میانی و فوقانی جو در تشدید و استمرار فرارفت هوای سرد به روی بخش‌های وسیعی از کشور به خصوص منطقه شمال غرب ایران از اهمیت خاصی برخوردار است، به‌طوری‌که قویدل رحیمی و همکاران (۱۳۹۵: ۲۹- ۴۶) در بررسی امواج سرمایی منطقه‌ی شمال‌غرب کشور نشان داده‌اند که امواج سرمایی شناسایی شده ناشی از استقرار پرفشار سطح زمین و ناوه عمیق در سطوح فوقانی اتمسفر بوده است، در ادامه ایشان نقش رخداد بلوکینگ را در تشدید امواج سرما بر روی منطقه مهم برشمردند به‌طوری‌که بلوکینگ موجب کاهش سرعت حرکت توده هوای سرد عرض‌های بالاتر به شمال غرب شده و انواع مختلف امواج سرمایی ایجاد می‌شود.

در ترازهای میانی جو نقش سامانه‌ها در فرارفت هوای سرد به روی عرض‌های پایین‌تر در اثر تغییر حالت باد مداری به نصف‌النهاری با جهت شمالی به داخل کشور گسترش‌یافته و موجب فرارفت هوای سرد شده‌اند. به‌طوری‌که قویدل رحیمی (۱۳۹۰: ۴۵- ۶۲) در بررسی روزهای ابرسرد مراغه (منطقه شمال‌غرب ایران) نقش موثر بادهای نصف‌النهاری شمالی را در تقویت فرارفت دمایی منفی عرض‌های بالا در سطوح زیرین و میانی جو

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

حائز اهمیت دانسته است. از طرف دیگر به‌جز الگوی چهارم که زبانه‌های پرفشار سیبری بر روی کشور گسترانیده شده است، در سایر الگوها بر روی منطقه‌ی شمال‌شرق ایران منحنی بسته‌ی پرفشار تشکیل شده است که این شرایط سبب تشدید پایداری و نزول هوای سرد عرض‌های بالا در ترازهای زیرین، هم‌زمان با تشدید فرارفت هوای سرد عرض‌های بالاتر به‌وسیله‌ی دامنه‌ی غربی ناوه‌ی ترازهای میانی جو بر روی کشور شده‌است. چنانچه صادقی و همکاران (۱۳۹۱: ۱۰۷- ۱۲۳) در تحلیل همدیدی امواج سرمایی شمال شرق ایران به این نتیجه رسیدند که عامل اصلی وقوع سرما در منطقه، قرارگیری منطقه در پشت ناوه عمیق واقع در دریاچه آرال است که تا عرض‌های پایین گسترش‌یافته و منجر به تقویت فرابار سیبری در سطح زمین می‌گردد. این فرابار هوای سرد را با امواج سرما از عرض‌های بالا به شمال‌شرق ایران منتقل می‌کند و در بقیه موارد علت سرماهای شدید منطقه سرمایش سطح زمین و تأثیر توپوگرافی محلی است. همچنین مسعودیان و دارند (۱۳۹۰: ۱۶۵- ۱۸۵) با بررسی سرماهای فرین ایران و شناسایی پنج الگوی گردشی، نقش سامانه پرفشار سیبری را در شکل‌گیری رخداد سرماهای فرین ایران مهم و نیز شدت سرما زمانی که الگوی پرفشار سیبری بر روی ایران حاکم بوده است را بیشتر از سایر الگوها دانسته‌اند. درنهایت می‌توان این‌گونه استنباط کرد که وقوع سرماهای شدید بر روی کشور ناشی از عوامل و شرایط همدیدی گوناگونی می‌باشد، اما نقش پرفشار سیبری را در تشدید سرماهای فراگیر نباید نادیده گرفت، تاجایی‌که در زمان گسترش و شدت خود باعث ریزش امواج سرد به روی کشور می‌شود.

## منابع


امام هادی، ماندانا؛ علیجانی، بهلول. (۱۳۸۳). **توده‌های هوای مؤثر بر ایران در دوره‌ی سرد سال**، مجله تحقیقات جغرافیایی، ۴(۷۵): ۵۳- ۳۴.

امیدوار، کمال؛ ابراهیمی، عاطفه. (۱۳۹۱). **تحلیل همدیدی موج سرمای شدید ۱۶ تا ۲۵ دی‌ماه ۱۳۸۶ در ایران مرکزی (استان‌های اصفهان، کرمان و یزد)**، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۳ (۱): ۹۸-۸۱.

بوشر، کیت. (۱۳۹۰). **آب‌وهوای کره زمین**، ترجمه بهلول علیجانی، تهران: انتشارات سمت.

صادقی، سلیمان؛ حسین‌زاده، سیدرضا؛ دوستان، رضا؛ آهنگرزاده، زهرا. (۱۳۹۲). **تحلیل همدیدی امواج سرمایی در شمال‌شرق ایران**، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱ (۳): ۱۲۳- ۱۰۷.

عزیزی، قاسم. (۱۳۸۳). **ارزیابی سینوپتیکی یخبندان‌های بهاری در نیمه‌ی غرب ایران**، فصلنامه مدرس علوم جغرافیایی، (۲): ۱۱۵-۹۹.

عزیزی، قاسم. (۱۳۸۳). **ارزیابی سینوپتیکی یخبندان‌های فراگیر بهاری در نیمه غرب ایران**، مدرس علوم انسانی، ۸ (۱): ۱۱۵-۹۹.

عساکره، حسین. (۱۳۸۶). **کاربرد رگرسیون خطی در تحلیل روند دمای تبریز**، تحقیقات جغرافیایی، ۴ (۸۷): ۲۵- ۳.

علیجانی، بهلول. (۱۳۹۱). **اقلیم‌شناسی سینوپتیک**، انتشارات سمت، چاپ پنجم، تهران.

علیجانی، بهلول؛ کاویانی، محمدرضا. (۱۳۸۴). **مبانی آب‌وهواشناسی**، تهران، انتشارات سمت، چاپ پنجم.


[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]

[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

علیجانی، بهلول؛ هوشیار، محمود. (۱۳۸۷). **شناسایی الگوهای سینوپتیکی سرماهای شدید شمال غرب ایران**، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۴۰(۶۵): ۱-۱۶.

فرج زاده، منوچهر. (۱۳۹۲). **مخاطرات اقلیمی ایران**، چاپ اول، انتشارات سمت.

قویدل رحیمی، یوسف. (۱۳۸۹). **تفسیر سینوپتیک اقلیم با استفاده از نرم‌افزار گردس**، تهران: انتشارات مدرس، چاپ اول.

قویدل‌رحیمی، یوسف. (۱۳۹۰). رابطه دماهای فرین پایین فراگیر دوره سرد آذربایجان با الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، فضای جغرافیایی، ۱۱ (۳۵): ۱۸۴- ۱۵۵.

قویدل رحیمی، یوسف. (۱۳۹۰). **تعیین آستانه آماری و تحلیل سینوپتیک دماهای ابرسرد مراغه**، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹ (۲۲): ۴۵- ۶۲.

قویدل رحیمی، یوسف؛ فرجزاده اصل؛ منوچهر، مطلبی‌زاده؛ سلماز. (۱۳۹۵). **تحلیل آماری و سینوپتیک امواج سرمایی منطقه شمال غرب ایران**، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، (۴۰): ۲۹- ۴۶.

کاویانی، محمدرضا؛ مسعودیان، سید ابوالفضل؛ شبانکاری، محمود. (۱۳۸۷). **شناسایی رفتار زمانی- مکانی پرفشار سیبری در تراز دریا**، مجله تحقیقات جغرافیایی، ۲۲(۴): ۲۷-۴۸.

کمالی، غلامعلی. (۱۳۸۱). **سرماهای زیان‌بخش کشاورزی ایران در قالب معیارهای احتمالاتی**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۶۳: ۱۶۵-۱۴۹.

کریمی، صادق؛ نگارش، حسین؛ طاوسی، تقی؛ علیجانی، بهلول. (۱۳۹۱). **تحلیل همدید امواج سرماهای فراگیر ایران (موردی موج سرمای دی و بهمن ۱۳۸۳ استان چهارمحال و بختیاری)**، جغرافیا و توسعه، ۱۰ (۲۹): ۷۶-۵۵.

لشکری، حسن. (۱۳۸۷). **تحلیل سینوپتیکی موج سرمای فراگیر ۱۳۸۲ در ایران**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۰ (۶۶): ۱-۱۸.

مرادی، محمد. (۱۳۸۷). **هواشناسی دینامیکی مقدماتی**، تهران: انتشارات رجاء، چاپ اول.

مرادی، محمد. (۱۳۹۰). **مقدمه‌ای بر هواشناسی دینامیکی (۱)**، تهران: انتشارات آب‌وهوا، چاپ اول.

مسعودیان، ابوالفضل؛ دارند، محمد. (۱۳۹۰). تحلیل همدید سرماهای فرین ایران، جغرافیا و توسعه، ۹ (۲۲): ۱۸۵ -۱۶۵.

مسعودیان، ابوالفضل؛ دارند، محمد. (۱۳۹۲). **ارتباط دو الگوی دریای شمال - خزر و شرق اروپا- شمال شرق ایران با بسامد رخداد سرماهای فرین دوره سرد سال ایران**، مجله فیزیک زمین و فضا، ۳۹ (۲): ۱۷۱-۱۸۶.

یارنال، برنت. (۱۳۸۵). **اقلیم‌شناسی همدید و کاربرد آن در مطالعات محیطی**، ترجمه سید ابوالفضل مسعودیان، اصفهان: انتشارات دانشگاه اصفهان.

Ding, Y., & Krishnamurti, T. N. (1987), **Heat budget of the Siberian high and the winter monsoon**. Monthly Weather Review, 115(10), 2428-2449.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]

Dube R.K. Prakasa Rao G S. ,( 2005), **Extreme Weather Events Over India in the Last 100 years**, J.Ind.Geophys,Union , 9(3), 173-178.

Fujibe, F., N. Yamazaki, K. Kobayashi, and H. Nakamigawa. (2007), **longterm changes of temperature extremes and day-to-day variability in Japan**, papers in Meterology and Geophysics, pp. 63-72.

Gong, D. Y., & Ho, C. H. (2002), **The Siberian High and climate change over middle to high latitude Asia.** Theoretical and applied climatology, 72(1), 1-9.

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.

Park T.W. Ho C.H. Yang S. 2011, **Relationship between the Arctic Oscillation and Cold Surges over East Asia**, Journal of Climate, 24, 63-83.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.5.0 ]

[ DOI: 10.29252/jgs.18.50.17 ]