نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دوم، شماره ۱، بهار ۱۳۹٤
صفحات ۹۱-۷۵

واکاوی همدید موج‌های سرمای بهاره‌ی استان آذربایجان غربی در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۴

حسن لشکری[۱]، دانشیار اقلیم‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی.
فرشاد پژوه، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی سینوپتیک دانشگاه خوارزمی.
محمد بیتار، کارشناسی ارشد اقلیم شناسی سینوپتیک دانشگاه شهید بهشتی.
فرزانه جعفری، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی سینوپتیک دانشگاه شهید بهشتی.

دریافت مقاله: ۹۳/۷/۲۸ پذیرش نهایی: ۹۳/۱۲/۱۶

چکیده

موج‌های سرما و یخبندان از جمله پدیده‌های جوی هستند که هر سال خسارت‌های جبران‌ناپذیری بر بخش‌های گوناگون وارد می‌سازند. رخداد یخبندان‌های ناگهانی و دیرهنگام در فصل بهار مشکلات فراوانی در بخش کشاورزی و حمل‌ونقل جاده‌ای به‌همراه دارد. فروردین ماه سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۴ موج سرما و یخبندانی به‌مدت دو روز متوالی منطقه‌ی شمال غرب ایران فرا گرفت. در این تحقیق، به‌منظور تحلیل همدید این دوره‌ها، نقشه‌های فشار تراز دریا، نقشه‌های ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی و وزش دمایی در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال با استفاده از داده‌های سایت NECP/NCAR و با استفاده از نرم‌افزار GRADS ترسیم و واکاوی شد. آرایش همدیدی این موج سرما نشان می‌دهد که چنین سرمایی از نوع فرارفتی است و در هر دو موج سرمای مورد واکاوی عامل اصلی وقوع سرما در منطقه قرارگیری منطقه‌ی شمال غرب در الگوی پرفشار مهاجر نیمه‌ی شرقی اروپا است. این پرفشارِ هسته‌ی سرد با استقرار در شرق و شمال دریای سیاه و گسترش آن از شمال غرب ایران، موج‌های سرمای مخاطره‌آمیز را بر استان آذربایجان غربی تحمیل می‌کند. بررسی نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل در سطوح ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز نشان می‌دهد بسته‌شدن پرارتفاعی در شمال شرق دریای سیاه و شمال غرب کشور هوای سرد عرض‌های بالا را به سمت استان آذربایجان غربی هدایت می‌کند. همچنین، در سطوح ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال قرارگیری پشت ناوه‌ی عمیقِ شمال دریاچه‌ی آرال با راستای شمال غرب به جنوب شرق بر روی پرفشار سرد سطوح زیرین سبب هدایت هوای سرد به استان از عرض‌های بالاست. واکاوی نقشه‌های وزش دمایی نیز منطبق بر ارتفاع ژئوپتانسیل است، به‌نحوی‌که همه‌ی ترازهای مورد بررسی از شمالی و شمال غرب‌بودن وزش‌های سرد از سمت نیمه‌ی شرقی اروپا و شمال غرب روسیه حکایت دارد که سبب افت دما و وقوع یخبندان در منطقه‌ی شمال غرب ایران می‌شود.

واژگان کلیدی: موج سرما، تحلیل همدید، یخبندان، فرارفت هوای سرد، استان آذربایجان غربی.

[۱]. نویسنده مسئول Email:dr_lashkari٦١@yahoo.com

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]

مقدمه

یخبندان یکی از زیان آورترین بلایای طبیعی است که معمولاً با خسارت های فراوان مالی و حتی جانی همراه است. از بین عوامل اقلیمی، پدیده‌ی یخبندان نه تنها حیات تمامی موجودات زنده را با خطر مواجه می سازد بلکه نقش مهم و تعیین کننده ای در مسائل اقتصادی، زیست محیطی و عمرانی مانند جاده سازی، سد سازی و پل سازی دارد. یخبندان به عنوان یکی از مخاطرات اقلیمی، هر ساله بیشتر نقاط کشور و در بعضی از سال ها حتی قسمت های جنوبی کشور را در بر گرفته و خسارات زیادی را به بار می آورد (براتی،۱۳۷۵). به خصوص وقوع ناگهانی آن در ابتدا و انتهای فصل سرما، می تواند برای بخش کشاورزی خطر آفرین باشد. بنابراین برای مدیریت کاهش اثرات این پدیده اقلیمی بر بخش کشاورزی توجه جدی به مطالعه دقیق این پدیده ضروری می باشد. دما، شاخصی از شدت گرما، یکی از عناصر اساسی شناخت هواست و نظر به دریافت نامنظم انرژی خورشید زمین دستخوش تغییرات بسیار است که خود سبب تغییرات گسترده دیگری در سایر عناصر هواشناسی می‌شود (کمالی، ۱۳۸۱). ازنظر جوشناسی و اقلیم‌شناسی، برودت هوا یا کاهش دما را سرما می‌نامند و یخبندان حالتی است که دمای هوا پایین‌تر از $0^{\circ}c$ برسد (جوادی،۱۳۵۰). با توجه به موقعیت جغرافیایی کشور، بهار فصلی است که گیاهان بعد از پشت سرنهادن دوره‌ای توقف در رشد، دوباره حیات تازه‌ای را شروع می‌کنند. در شروع چنین دوره‌ای، بروز سرمایی ناگهانی سبب ریزش شکوفه‌ها (درصورت بازشدن) یا تأخیر در شروع دوره‌ی رشد گیاهان می‌شود (عزیزی، ۱۳۸۳). اخیراً، با وقوع آشفتگی‌های اقلیمی، یکی از مهم‌ترین بلایای اقلیمی (تهدیدکننده‌ی جوامع بشری و خصوصاً مناطق گوناگون کشورمان) امواج سرما و یخبندان‌های شدید است که در برخی سال‌ها مناطق وسیعی از کشور را دربرمی گیرد. این یخبندان‌ها عموماً با توده هواهایِ دارای دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد به مناطق حادث می‌شود. یخبندان‌ها موج سرمای نسبتاً پایدار و چندروزه‌ای را با خود به همراه دارند که ممکن است آثار زیان باری درپی داشته باشند (کریمی و همکاران، ۱۳۹۱). اولین مطالعه در مورد یخبندان در جهان به حدود ۱۵۰ سال قبل برمی‌گردد(Rechnagle,۱۹۶۳; WMO, ۱۹۶۳). روزنبرگ (Rozenberg,et.al.,۱۹۸۳) در بررسی که انجام داد دریافت که به‌طور میانگین یخبندان‌های فرارفتی در بهار زودتر از یخبندان‌های تابشی و در پاییز دیرتر از آن رخ‌داده و دوره دوام این نوع یخبندان‌ها طولانی‌تر است. تام و شاو (Thom and Show,۱۹۵۸) نشان دادند که تاریخ وقوع اولین یخبندان در پائیز و آخرین یخبندان در بهار از توزیع نرمال تبعیت می‌کند. میکالاسکا (Michalska,۱۹۸۶) با مطالعه احتمال زمانی وقوع یخبندان‌های دیررس بهاره در هلند، تاریخ کاشت مناسب ذرت در بهاره موردبررسی قرارداد و در این مطالعه، تأثیر دمای خاک را نیز در تعیین کاشت ذرت در نظر گرفت. واتکینز (Vatkins,۱۹۹۱) با تحلیل دماهای رزانه، شروع و خاتمه یخبندان ها در انگلستان، به بررسی تغییرات بلند مدت طول مدت فصل یخبندان در این منطقه پرداخت. وایلین (Waylen,۱۹۸۸) با تحلیل احتمالی ویژگی های یخبندان، تاریخ آغاز و خاتمه یخبندان، سردترین دما و ریسک وقوع دوره های سرد را در فلوریدای مرکزی بررسی کرد. از نظر او خطر وقوع یخبندان در یک محل با چهار عامل میانگین تعداد یخبندان های سالانه، شدت متوسط آنها، میانگین و واریانس های تاریخ های وقوع قابل شناسایی است. گابرلا و همکاران (Gabriela,et.al.,۲۰۰۳) در مقاله ای تحت عنوان ارتباط گردش جریانات سطحی با یخبندان های منطقه پامپاس غربی، به بررسی و تحلیل یخبندان در این منطقه پرداخته اند. مطالعات بعدی با بررسی های وسیع تر، گردش انتشار موجی یخبندان از عرض های جغرافیایی بالا به سمت عرض های پایین (مناطق حاره ای) را به اثبات رساند(Gabriela and Tercio,۲۰۰۷). از منطقه دریاچه بایکال-مغولستان به‌عنوان مهم‌ترین محل پرفشار سرد یاد می شود (Takahashi,۱۹۹۰). هنگامی‌که از این

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]

منطقه، پرفشار سرد و قوی به سمت جنوب گسترش و نفوذ پیدا می‌کند، عامل یورش و سرمای شدید می‌شود و در این یورش، دما به‌شدت افت پیدا می‌کند. به نظر می‌رسد مطالعه (هاشمی،۱۳۴۸)، قدیمی‌ترین کار درزمینه‌ی سرما و یخبندان در ایران باشد. هاشمی با انتخاب ۴ آستانه دمایی احتمال وقوع یخبندان را برای تهران تعیین کرده است. (براتی،۱۳۷۵)، ویژگی‌ها و پیش‌بینی یخبندان‌های بهاره ایران را به روش همدیدی (سینوپتیکی) موردبررسی قرارداد و به این نتیجه رسید که غالباً جابه‌جایی دستگاه‌های فشار از عرض‌های بالاتر در جهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت به‌سوی ایران منجر به یخبندان شدید و فراگیر می‌شود. (حیدری،۱۳۷۵)، در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود به بررسی آماری و سینوپتیکی وضعیت یخبندان در غرب کشور پرداخته و مطالعاتی درزمینه رابطه بین دما، فشار و یخبندان انجام داده است. (مجرد قره باغ،۱۳۷۶)، یخبندان‌های آذربایجان را بررسی و مطالعه کرده و مدل‌هایی را برای پیش‌بینی یخبندان از طریق روش‌های آماری ارائه نمود، نتایج این تحقیق نشان داد که تئوری تقاطع، ویژگی‌های یخبندان را بر مبنای آستانه‌های بحرانی و محدودیت‌های دمایی زیستی به‌صورت مطلوب توجیه می‌کند. (عزیزی،۱۳۸۳)، با ارزیابی سینوپتیکی یخبندان‌های فراگیر بهاری در نیمه غربی ایران به این نتیجه رسید تقریباً تمامی موارد یخبندان فراگیر موردبررسی، هم‌زمان باوجود سامانه کم ارتفاع روی مناطق شمالی ایران بوده است. (صحرائیان و کمالی،۱۳۸۴)، با استفاده از آمار ۱۳ ساله ۲۶ ایستگاه سینوپتیکی، اقلیمی و تبخیر سنجی تاریخ‌های آغاز و خاتمه نخستین یخبندان‌های پاییزه و آخرین یخبندان‌های بهاره در منطقه آذربایجان شرقی و غربی را تعیین و بررسی کرده‌اند. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که در مناطق منتهاالیه غرب و جنوب غربی آذربایجان شرقی در مجاورت کوه سهند، یخبندان‌ها زودتر آغاز و دیرتر خاتمه می‌یابند و طول دوره یخبندان نیز بیشتر است. (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۸) به بررسی و تحلیل سرمای غیر معمول دی ماه ۱۳۸۶ در مقایسه با میانگین درازمدت دمای حداقل ژانویه کشور پرداختند. آن ها با بررسی شاخص استاندارد دمای حداقل ژانویه ۲۰۰۸ مشاهده کردند که به جز ۶ ایستگاه (اهواز، بوشهر، بندرعباس، شیراز، کرمان و ایرانشهر) در نیمه جنوبی کشور در سایر ایستگاهها ناهنجاری بیش از ۵ درجه سلسیوس نسبت به دوره آماری ۳۰ ساله برخوردار بوده است. یخبندان های شمال غرب ایران در دوره‌ی سرد سال بیشتر از نوع یخبندان های وزشی بوده که از آبان ماه تا فروردین اتفاق می افتد. استقرار یک پرفشار در سطح دریا و یک ناوه‌ی عمیق در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، عامل ایجاد این یخبندان های شدید و فراگیر است (هژبرپور و علیجانی، ۱۳۸۶). (موتمن،۱۳۸۵)، در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود، یخبندان‌های شمال غرب آذربایجان را تحلیل کرده و دریافت، یخبندان‌های دیررس بهاره در منطقه موردمطالعه از نوع انتقالی بوده که به یخبندان‌های تشعشعی ختم می‌شوند و فراگیر هستند. (نوحی و همکاران،۱۳۸۶)، تاریخ‌های آغاز و خاتمه یخبندان بر مبنای دمای حداقل را برای ۱۲ ایستگاه سینوپتیک منطقه آذربایجان در یک دوره مشترک ۱۳ ساله تعیین و یخبندان‌های فرا رفتی را با کمک نقشه‌های سینوپتیک و بررسی ساعتی پارامترهای جوی از یخبندان‌های تابشی فرارفتی تفکیک کردند. (لشکری،۱۳۸۷)، در بررسی علل سینوپتیکی موج سرمای فراگیر آذرماه ۱۳۸۲ در کشور، هماهنگی و انطباق سامانه‌ها در تراز های زیرین و میانی جو را علت سرمای فراگیر در بخش اعظم کشور می‌داند و عامل اصلی افت نفوذ زبانه‌هایی از پرفشار سیبری در سطح زمین است که در اطراف دریاچه بایکالی شکل‌گرفته است. (علیجانی و هوشیار،۱۳۸۷)، با بررسی سرماهای شدید منطقه شمال غرب کشور دریافتند در ۷۰ درصد از موارد سرماهای شدید در شمال غرب ایران، اکثراً با استقرار ناوه‌ای عمیق بر روی شمال ایران و قرار گرفتن منطقه موردمطالعه در قسمت عقب آن و همچنین وجود یک پرفشار در سطح زمین رخ می‌دهند. (امیدوار و ابراهیمی،۱۳۹۱) در واکاوی همدید موج سرمای دی ماه ۱۳۸۶ در ایران مرکزی نشان دادند که این موج سرما از نوع فرارفتی

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]

بوده و با قرار گیری پرفشار در شمال دریای خزر و گسترش ناوه عمیق از شرق مدیترانه موجب رخداد سرمای شدید شده است. هدف از این تحقیق بررسی و تحلیل موج سرمای شدید روزهای ۵ تا ۶ فروردین ماه ۱۳۸۲ و ۹ تا ۱۰ فروردین ۱۳۸۴ در شمال غرب ایران است. ضمن تحلیل آماری این دوره‌ی سرما، سعی شده است عوامل سینوپتیکی ایجادکننده این سرمای شدید بررسی شود. سرما و یخبندان طی این دوره تمامی استان آذربایجان غربی تحت تأثیر قرار داده و با توجه به این‌که تحقیق قابل‌ذکری در مورد اثر این دوره‌های سرما به‌خصوص در آذربایجان غربی صورت نگرفته، در این مقاله سعی شده است به علل بروز چگونگی شیوع سرمای فرا رفتی به منطقه شمال غرب ایران پرداخته شود و نتایج این تحقیق می‌تواند مثمر ثمر باشد.

داده‌ها و روش کار

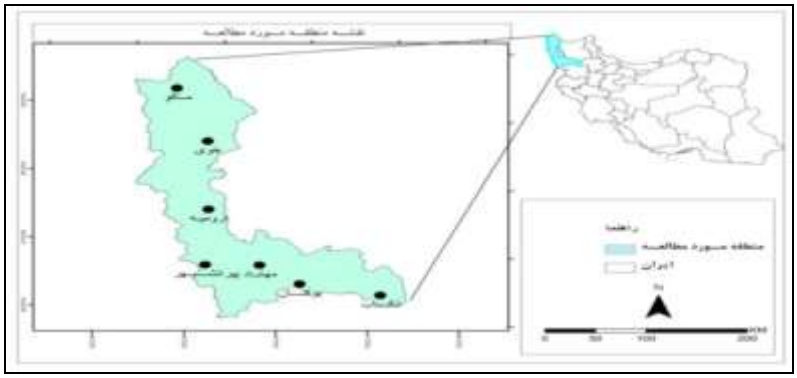
هدف از مطالعات همدید تبیین اندرکنش‌های مهم میان جو و محیط سطحی هست (Yarnal, ۱۹۹۳, ۲۵). ازاین‌رو، برای انجام این تحقیق همانند تمامی مطالعات همدید، دو نوع داده استفاده شد: یکی داده‌های سطحی و دیگری داده‌های جو بالا. داده‌های سطح زمین شامل دمای حداقل روزانه‌ی روزهای ۵ تا ۶ فروردین ۱۳۸۲ و ۹ تا ۱۰ فروردین‌ماه ۱۳۸۴ در نُه ایستگاه سینوپتیکی هواشناسی در منطقه‌ی شمال غرب ایران به شرح جدول شماره‌ی ۱ از سازمان هواشناسی گردآوری شد. در محیط در نرم‌افزار اکسل، داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی مرتب شد و با تعریف آستانه‌ی دمای صفر درجه‌ی سانتی‌گراد پایه برای وقوع یخبندان و روزهای موج سرما در بازه‌ی زمانی ذکرشده تحلیل و واکاوی شد. همچنین، به‌منظور تحلیل الگوی همدید دوره‌های زمانی مذکور با استفاده از داده‌های مرکز پیش‌بینی‌های محیطی در کلرادوی امریکا، نقشه‌های فشار تراز دریا، ترکیب ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی و وزش دمایی در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال با استفاده از نرم‌افزار Grads ترسیم و واکاوی گردید.

جدول ۱: ایستگاه‌های مورد مطالعه و موقعیت آن‌ها در استان آذربایجان غربی

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی		ارتفاع
		دقیقه	درجه	دقیقه	درجه	
۱	ارومیه	۴۰	۳۷	۳	۴۵	۱۳۲۸
۲	بوکان	۱۳	۴۶	۳۲	۳۶	۱۳۸۶.۱
۳	پیرانشهر	۹	۴۵	۴۲	۳۶	۱۱۰۳
۴	تکاب	۶	۴۷	۲۴	۳۶	۱۸۱۷.۲
۵	خوی	۵۸	۴۴	۳۳	۳۸	۱۱۰۳
۶	ماکو	۲۶	۴۴	۲۰	۳۹	۱۴۱۱.۳
۷	مهاباد	۴۳	۴۵	۴۵	۳۶	۱۳۵۱.۸

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی محدوده‌ی مطالعه در استان آذربایجان غربی.

شرح و تفسیر نتایج

الف) تحلیل آماری موج‌های سرما

با بررسی آماری یخبندان‌های روزهای ۹ تا ۱۰ فروردین ماه ۱۳۸۲ و ۵ تا ۶ فروردین‌ماه ۱۳۸۴، مشخص شد این سرما و یخبندان در نوع خود ازنظر سرمازدگی و ثبت دماهای حداقل مطلق کمتر از صفر درجه‌ی سلسیوس بوده و تا کل منطقه‌ی شمال غرب و مناطق مرکزی و جنوبی کشور ایران پیشروی کرده است. در بررسی دماهای کمینه فصل بهار معلوم گردید که از نظر شدت کمترین مقادیر دما طی ۱۷ سال گذشته در استان آذربایجان غربی بوده است؛ و موجب آسیب به بیش از ۶۰ درصد اراضی کشاورزی استان و میزان خسارات وارد شده ۱۵۰۰ میلیارد ریال اعلام گردیده است (جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی،۱۳۸۴). به‌منظور بررسی شدت سرما در این دو دوره یخبندان بهاری، آمار دمای حداقل مطلق هوا طی روزهای مذکور برای هفت ایستگاه استان آذربایجان غربی به‌ترتیب در جدول‌های شماره‌ی ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول ۲: حداقل دمای ثبت‌شده هریک از ایستگاه‌های استان آذربایجان غربی (دوره‌ی آماری ۲۰۰۳)

ردیف	ایستگاه	دما (ĉ)	روز	دما (ĉ)	روز	ماه	سال
۱	ارومیه	-۱.۸	۹	-۲.۲	۱۰	فروردین	۱۳۸۲
۲	تکاب	-۴	۹	-۴.۴	۱۰	فروردین	۱۳۸۲
۳	خوی	-۴	۹	-۳	۱۰	فروردین	۱۳۸۲
۴	مهاباد	-۳.۸	۹	۰	۱۰	فروردین	۱۳۸۲
۵	ماکو	-۷.۶	۹	-۷.۴	۱۰	فروردین	۱۳۸۲

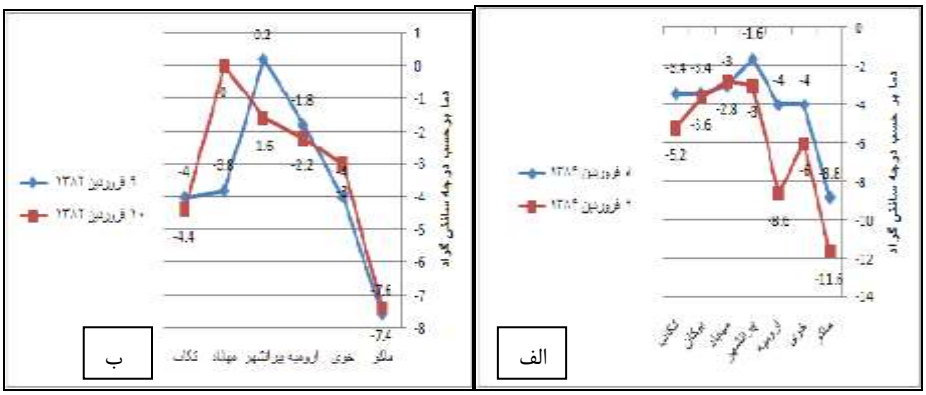
جدول ۳: حداقل دمای ثبت‌شده هریک از ایستگاه‌های استان آذربایجان غربی (دوره‌ی آماری ۲۰۰۵)

ردیف	ایستگاه	دما (ĉ)	روز	دما (ĉ)	روز	ماه	سال
۱	ارومیه	-۴	۵	-۸.۶	۶	فروردین	۱۳۸۴
۲	بوکان	-۳.۴	۵	-۳.۶	۶	فروردین	۱۳۸۴
۳	پیرانشهر	-۱.۶	۵	-۳	۶	فروردین	۱۳۸۴
۴	تکاب	-۳.۴	۵	-۵.۲	۶	فروردین	۱۳۸۴
۵	خوی	-۴	۵	-۶	۶	فروردین	۱۳۸۴
۶	مهاباد	-۳	۵	-۲.۸	۶	فروردین	۱۳۸۴
۷	ماکو	-۸.۸	۵	-۱۱.۶	۶	فروردین	۱۳۸۴

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]

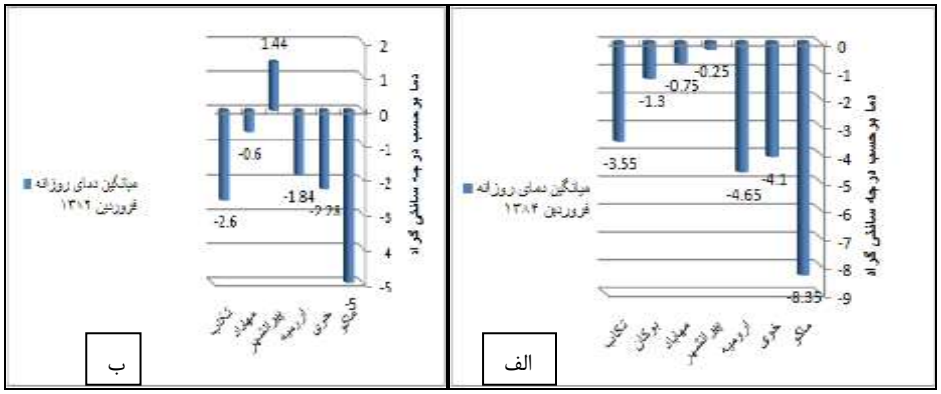
همان‌گونه‌که از جدول‌ها مشخص است، طی روزهای یخبندان، دما در اکثر ایستگاه‌های شمال غرب به کمتر از صفر درجه‌ی سلسیوس رسید، ازجمله می‌توان به دمای ۱۱/۶- درجه‌ی سلسیوس برای ایستگاه ماکو در روز ۶ فروردین ماه ۸۴ اشاره کرد. شروع هر کاهش دما نشانه‌ی ورود یک موج یخبندان و شروع هر افزایش دما نشانه‌ی خروج یا اضمحلال آن موج یخبندان به منطقه‌ی شمال غرب است. در میان روزهای اوج سرمای بهاره‌ی هر سال، روزی اوج سرماست که بیشتر از همه‌ی روزها ایستگاه‌های زیر صفر درجه‌ی سلسیوس داشته باشد و مساحت بیشتری را از شمال غرب کشور دربر بگیرد. مطابق شکل شماره‌ی ۲ (الف و ب) روزهای ۹ و۱۰ فروردین ۱۳۸۲ و ۵ و ۶ فروردین ۱۳۸۴ حداقل دمای «ایستگاه‌های هواشناسی» به کمترین میزان خود رسید و تعداد «ایستگاه‌های دارای دمای زیر صفر درجه» نیز در این روزها بیشترین تعداد خود را داشتند که نشانه‌ی توازن و نظم مکانی-زمانی موج‌های سرمای مذکور است.



شکل ۲ (الف و ب): نمودار روند تغییرات دما طی دوره‌ی یخبندان در دوره‌ی آماری ۲۰۰۳-۲۰۰۵.

با توجه به تعداد زیاد جدول‌ها و شکل‌ها در این مقاله، آمار دمای برخی از ایستگاه‌ها و نقشه‌ی برخی از روزها آمده است، درواقع برطبق با موج سرمای دوره‌ی اول از ۷ تا ۱۱ فروردین ۱۳۸۲ و موج سرمای دوره‌ی دوم از ۴ تا ۷ فروردین ۱۳۸۴ در منطقه‌ی شمال غرب کشور. مطابق شکل شماره‌ی ۳ (الف و ب) میانگین دمای روزانه‌ی ۷ تا ۱۱ فروردین ۱۳۸۲ و ۴ تا ۷ فروردین ۱۳۸۴ در این دو دوره‌ی موج سرما نشان می‌دهد که در هر دو دوره موج سرما ماکو کمترین میانگین دمای روزانه و پیرانشهر بیشترین میانگین دمای روزانه را دارد. همچنین، بیشترین تغییرات دمای روزانه‌ی ۷ تا ۱۱ فروردین ۱۳۸۲ مربوط به مهاباد با واریانس ۱۳/۸۷ و کمترین تغییرات دمای روزانه مربوط به خوی با واریانس ۳/۰۵ است. دراین‌باره، بیشترین تغییرات دمای روزانه‌ی ۴ تا ۷ فروردین ۱۳۸۴ مربوط به ماکو با واریانس ۶/۶ و کمترین تغییرات دمای روزانه مربوط به خوی با واریانس ۱/۸ است.

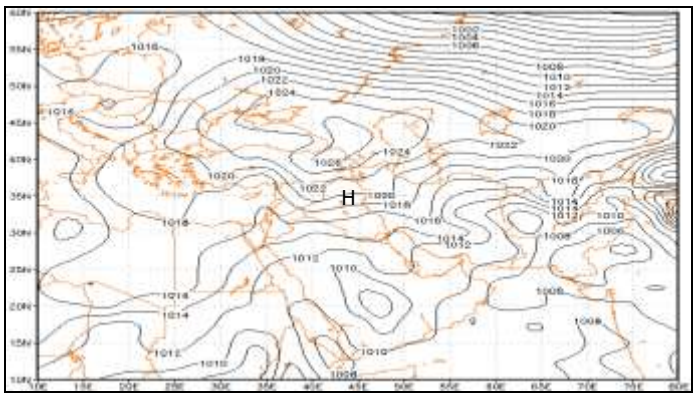
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]



شکل ۳: (الف و ب): نمودار میانگین دمای روزانه طی یخبندان در دوره‌ی آماری ۲۰۰۳-۲۰۰۵.

ب) تحلیل همدید موج سرمای بهاره‌ی ۱۳۸۲

شکل شماره‌ی ۴ نقشه‌ی فشار تراز دریای ۲۹ مارس ۲۰۰۳ برابر با ۹ فروردین ۱۳۸۲ را نشان می‌دهد. همان‌طورکه دیده می‌شود، پرفشار هسته‌ی سردی با ۱۰۲۶ هکتوپاسکال در شرق و شمال شرق دریای سیاه بسته می‌شود و زبانه‌های سردی با راستای شمال غرب ـ جنوب شرق از سمت شمال غرب بر ایران نفوذ و تا جنوب شرق ایران امتداد پیدا می‌کند. این فرآیند سبب افت شدید دما در بخش عظیمی از ایران و به‌خصوص استان آذربایجان غربی می‌شود.

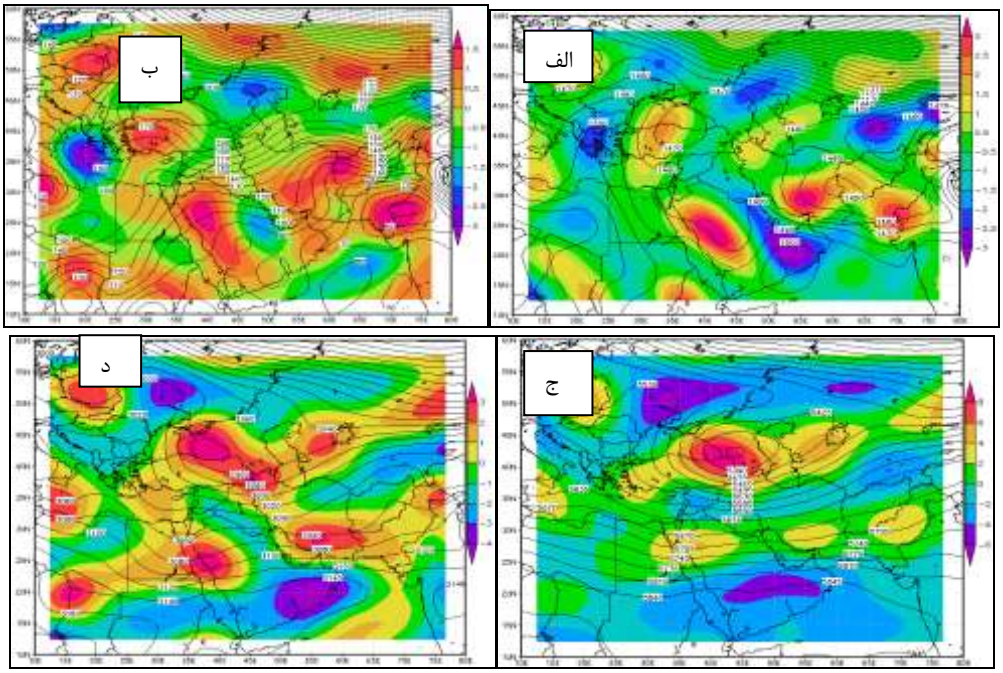


شکل۴: نقشه‌ی فشار تراز دریا ۲۹ مارس۲۰۰۳

شکل شماره‌ی ۵ نقشه‌ی ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی را در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۹ مارس ۲۰۰۳ نشان می‌دهد. در شکل شماره‌ی ۵ـالف در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال واچرخندی با پربند مرکزی ۲۰۰ ژئوپتانسیل متر در شرق دریای سیاه بسته می‌شود و منطقه‌ی مطالعه در جنوب شرق این واچرخند و تحت تأثیر جریان‌های شمالی و ساعت‌گرد آن قرار می‌گیرد. میدان بیشینه‌ی تاوایی منفی نیز در مرکز واچرخند شدت چرخش آنتی‌سیکلونی آن را نیز تأیید می‌کند. اما استان آذربایجان غربی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال تحت تأثیر ناوه‌ی کم‌دامنه‌ی شمالی در عقب آن واقع می‌شود. گسترش تاوایی مثبت ضعیف نیز حاکی از پربندهای کم‌ارتفاع شمالی بر روی شمال غرب ایران است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال محور ناوه با راستای شمال شرق به جنوب غرب به سمت نیمه‌ی شمالی ایران کشیده می‌شود که، منطبق با آن، هسته‌ی بیشینه‌ی تاوایی مثبت نیز

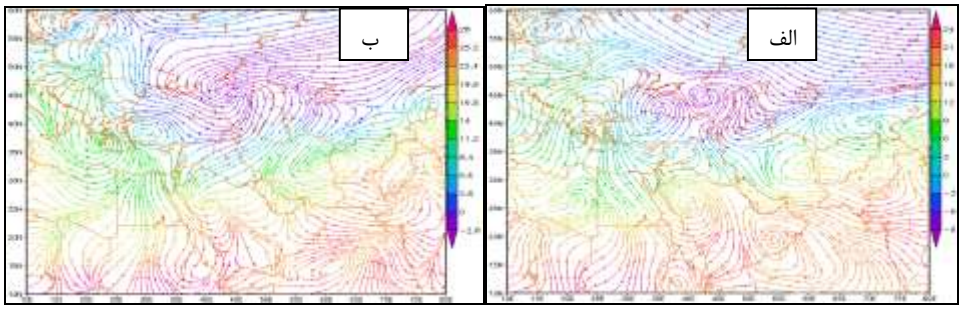
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]

بر روی شمال دریای سیاه قرار می‌گیرد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال کم‌ارتفاع واقع در شرق دریای سیاه با پربند مرکزی ۵۳۵۵ ژئوپتانسیل متر بسته می‌شود که، با مداری‌بودن کامل آن بر روی نیمه‌ی شمالی ایران، هوای سرد عرض‌های بالا را منتقل می‌کند.



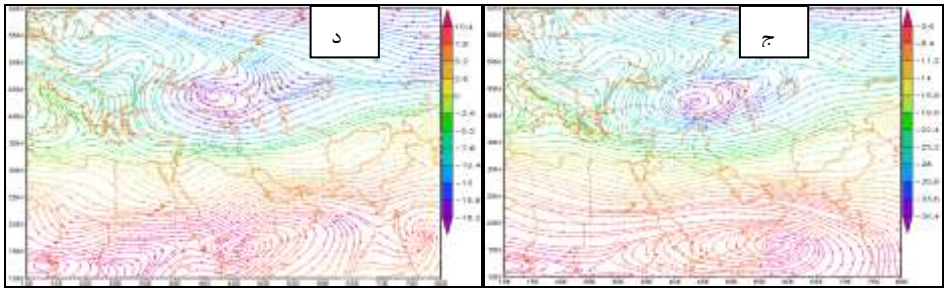
شکل۵: نقشه‌ی ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی در ترازهای الف:۱۰۰۰؛ ب:۸۵۰؛ ج:۷۰۰؛ د:۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۹ مارس ۲۰۰۳.

شکل شماره‌ی ۶ نقشه‌های فرارفت دمایی را در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۹ مارس ۲۰۰۳ نشان می‌دهد. طبق نقشه‌ی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال شکل۶ـالف جریان دمایی کاملاً شمالی است و منطبق بر نقشه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل گردش ساعت‌گرد عظیمی را در شرق دریای سیاه انجام می‌دهد و هوای سرد عرض‌های بالا را از سمت روسیه و نیمه شرقی اروپا فرارفت می‌کند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، کشیده‌شدن جریان حاصل از ناوه‌ی شمال روسیه بر روی شمال غرب ایران و در غرب این ناوه واقع در شرق دریای سیاه با گردش ساعت‌گرد واچرخندی سبب تشدید وزش‌های سرد شمالی بر روی استان آذربایجان غربی می‌شود. در نقشه‌ی ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال فرارفت سرد شدیدتر می‌شود و کانون آن در شرق دریای سیاه قرار می‌گیرد و منطبق بر نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل می‌شود. در این سطوح وزش‌های سرد مداری و غربی حاکم می‌گردد.



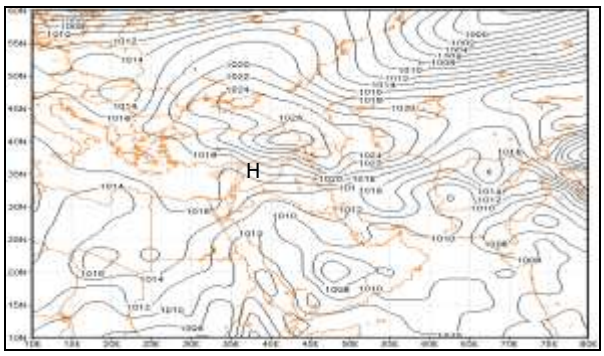
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]



شکل۶: نقشه‌های وزش دمایی در ترازهای الف:۱۰۰۰؛ ب:۸۵۰؛ ج:۷۰۰؛ د:۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۹ مارس۲۰۰۳.

شکل شماره‌ی ۷ نقشه‌ی فشار تراز دریا را در روز ۳۰ مارس ۲۰۰۳ نشان می‌دهد. در این روز، پرفشار هسته‌ی سرد روز قبل قوی‌تر می‌شود و میزان فشار مرکزی به ۱۰۲۸ هکتوپاسکال می‌رسد و، ضمن گسترش آن تا مناطق جنوبی ایران، روند آن نیز بر روی استان آذربایجان غربی شمالی-جنوبی می‌شود. کم‌فشاری با راستای شمال شرق به جنوب غرب بر روی شمال شرق روسیه بسته می‌شود که با گردش پادساعت‌گرد هوای سرد را نیز به درون پرفشار مهاجر واقع در شمال غرب ایران منتقل می‌کند.

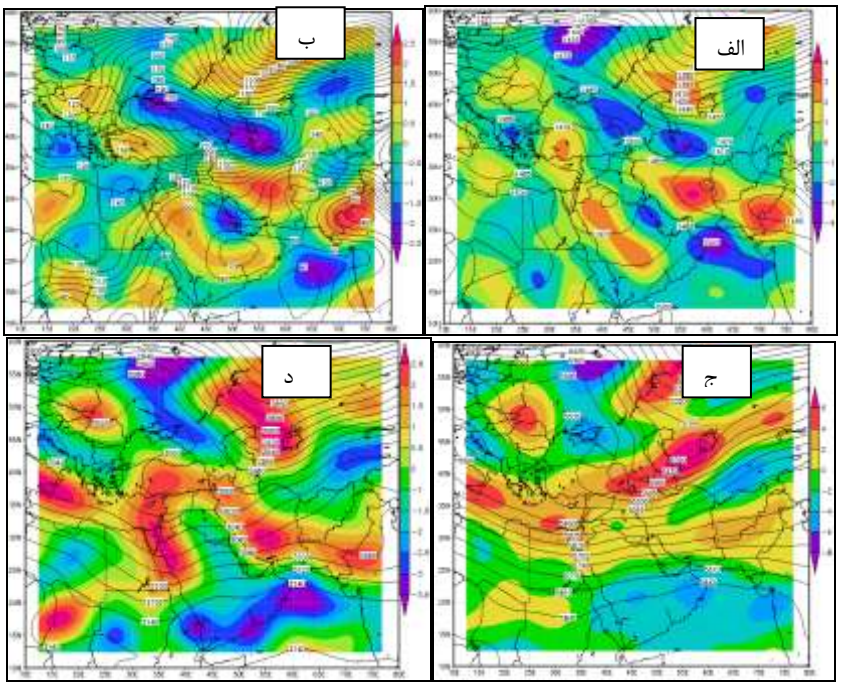


شکل۷: نقشه‌ی فشار تراز دریا۳۰مارس۲۰۰۳.

شکل شماره‌ی ۸ نقشه‌های ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی را در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. همان‌طورکه دیده می‌شود در روز ۳۰ مارس پرارتفاع واقع در شمال غرب ایران و شرق دریای سیاه با حرکت شرق و جنوب‌سوی خود بیشتر ایران را دربر می‌گیرد و با افزایش ارتفاع محسوس سبب افت شدید دما در مناطق شمال غرب و به‌ویژه استان آذربایجان غربی می‌شود. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال شکل ۸-الف پرارتفاع واقع در مرکز دریای مدیترانه در ۲۹ مارس و در روز ۳۰ مارس با راستایی شمال غرب به جنوب شرق در شرق دریای سیاه با پربند مرکزی ۱۵۰۰ ژئوپتانسیل متر بسته می‌شود. در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز، با شرق‌سوبودن ناوه‌ی نواحی شمالی روسیه، عقب ناوه (که راستایی کاملاً شمالی ـ جنوبی را در آسیای مرکزی نشان می‌دهد) بر روی استان آذربایجان غربی قرار می‌گیرد و هوای سرد عرض‌های شمالی روسیه و شرقی اروپا را بر روی منطقه‌ی شمال غرب کشور فرارفت می‌کند.

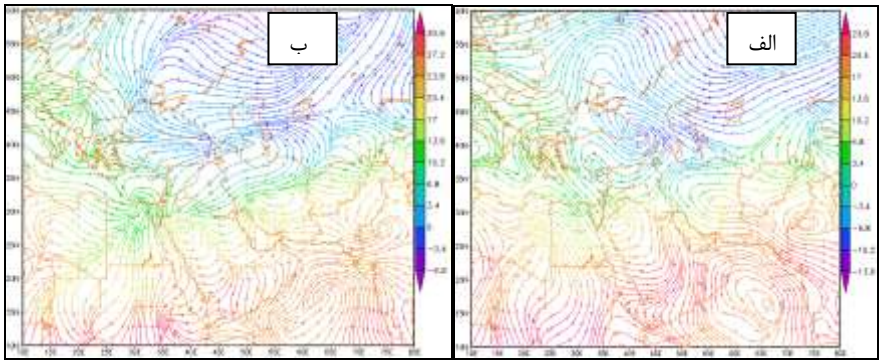
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]

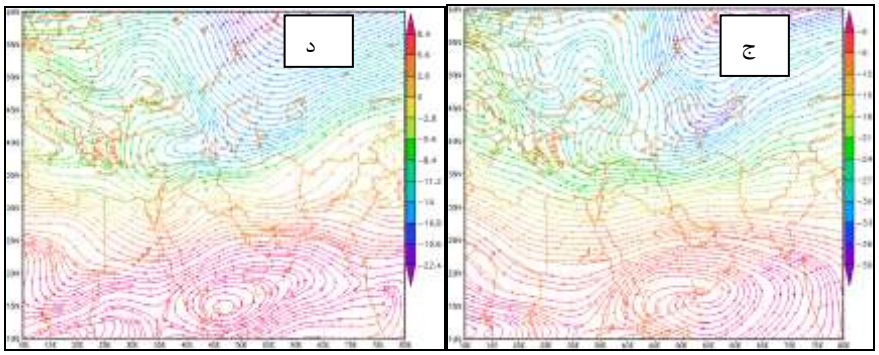


شکل۸: نقشه‌ی ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی در ترازهای الف:۱۰۰۰؛ ب:۸۵۰؛ ج:۷۰۰؛ د:۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۳۰ مارس۲۰۰۳.

نقشه‌های وزش دمایی روز ۳۰ مارس ۲۰۰۳ در ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال منطبق بر نقشه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل است (شکل ۹: الف و ب)؛ به صورتی که با استقرار سامانه‌ی پرارتفاع هسته‌ی سرد قوی در شرق دریای سیاه جهت وزش دمای سرد شمالی و شمال شرق و ساعت‌گرد بر روی استان آذربایجان غربی منتقل می‌شود. اما در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۹: ج و د) ضمن تشدید فرارفت‌های سرد انتقالی بر روی شمال غرب کشور تا نیمه‌ی شرقی ترکیه و مدیترانه نصف‌النهاری و شمالی است و از آن‌جا به‌صورت غربی و مداری منطقه‌ی مطالعه را فرامی‌گیرد. جهت وزش جریان‌های سرد با جابه‌جایی‌های شرق‌سویِ کم‌ارتفاع سرد شمال روسیه با راستای شمال شرق به جنوب غرب تا مناطق مرکزی دریای سیاه و ترکیه منطبق و هماهنگ است.



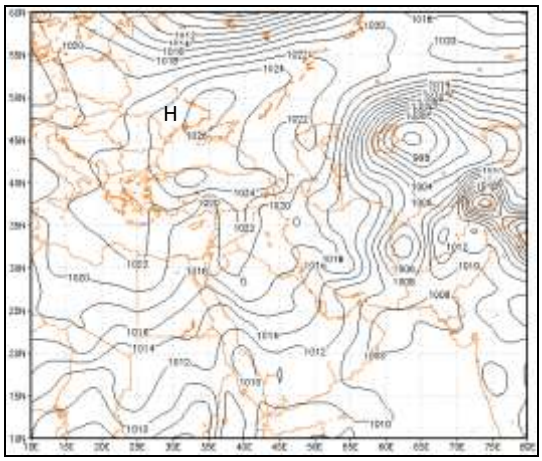
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]



شکل۹: نقشه‌های وزش دمایی در ترازهای الف:۱۰۰۰؛ ب:۸۵۰؛ ج:۷۰۰؛ د:۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۳۰ مارس۲۰۰۳.

ج) تحلیل همدید موج سرمای بهاره‌ی ۱۳۸۴

شکل شماره‌ی ۱۰ نقشه‌ی فشار تراز دریا را در روز ۲۵ مارس ۲۰۰۵ برابر با ۵ فروردین ۱۳۸۴ نشان می‌دهد. با توجه به نقشه‌ی سطح زمین در این روز، پرفشار مهاجر هسته‌ی سرد دو هسته‌ای با فشار مرکزی ۱۰۲۶ هکتوپاسکال بر روی دریای سیاه و ترکیه بسته می‌شود و با راستایی شمال غرب به جنوب شرق نیمه‌ی غربی و مرکزی ایران را نیز پوشش می‌دهد. بر روی استان آذربایجان غربی نیز، مرکز پرفشاری با ۱۰۲۰ هکتوپاسکال بسته می‌شود که با انتقال هوای سرد عرض‌های بالا افت شدید دما را به همراه دارد.



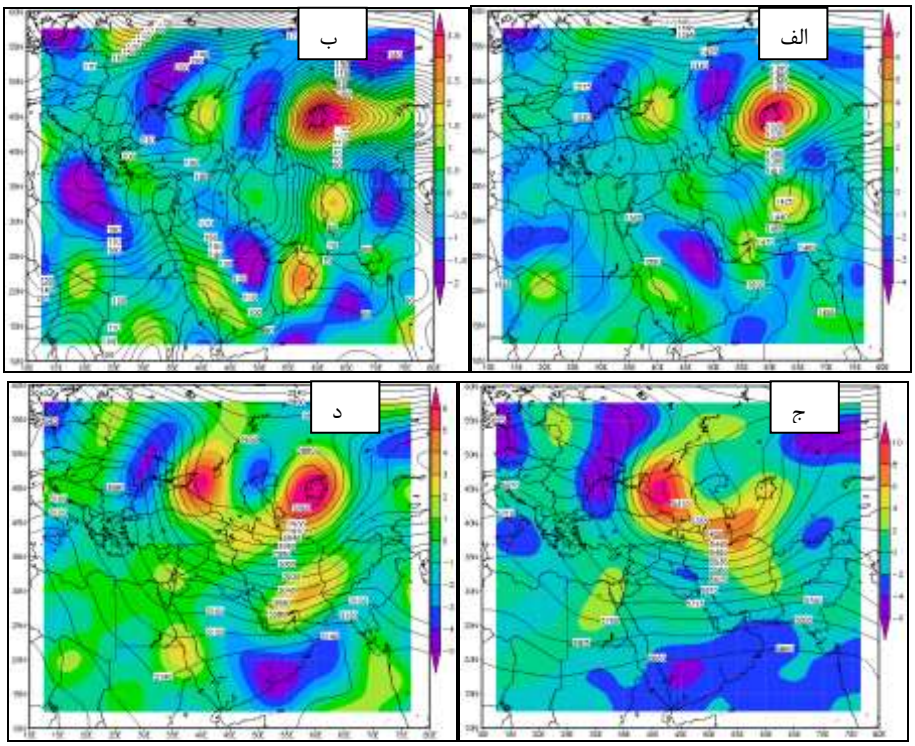
شکل۱۰: نقشه‌ی فشار تراز دریا روز۲۵مارس۲۰۰۵.

شکل شماره‌ی ۱۱ نقشه‌های ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی را در روز ۲۵ مارس ۲۰۰۵ نشان می‌دهد. همان‌طورکه دیده می‌شود، در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال مرکز پرارتفاعی با پربند مرکزی ۲۱۰ ژئوپتانسیل متر بر روی دریای سیاه بسته می‌شود و منطقه‌ی شمال غرب کشور در نیمه‌ی شرقی این واچرخند عظیم قرار می‌گیرد که گسترشی کاملاً نصف‌النهاری و شمالی دارد. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز، واچرخند بزرگی با ۱۵۴۵ ژئوپتانسیل متر در شمال کشور لیبی بسته و با روندی جنوب غرب به شمال شرق تا نیمه‌ی شرقی اروپا کشیده می‌شود. استقرار کم‌ارتفاعی با پربند مرکزی ۱۳۲۰ ژئوپتانسیل متر در شرق خزر با

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]

نفوذ بر روی شمال غرب کشور و قرارگیری منطقه‌ی مطالعه بین این دو سامانه پرارتفاع غربی و کم‌ارتفاع شرقی سبب انتقال هوای سرد عرض‌های شمالی روسیه و شرقی اروپا بر روی ایران می‌شود. در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، با شکل‌گیری کم‌ارتفاعی در شرق دریای سیاه و قرارگرفتن شمال غرب کشور در جنوب آن، هوای سرد عرض‌های بالا از عقب ناوه با جهتی مداری و غربی منتقل می‌شود.

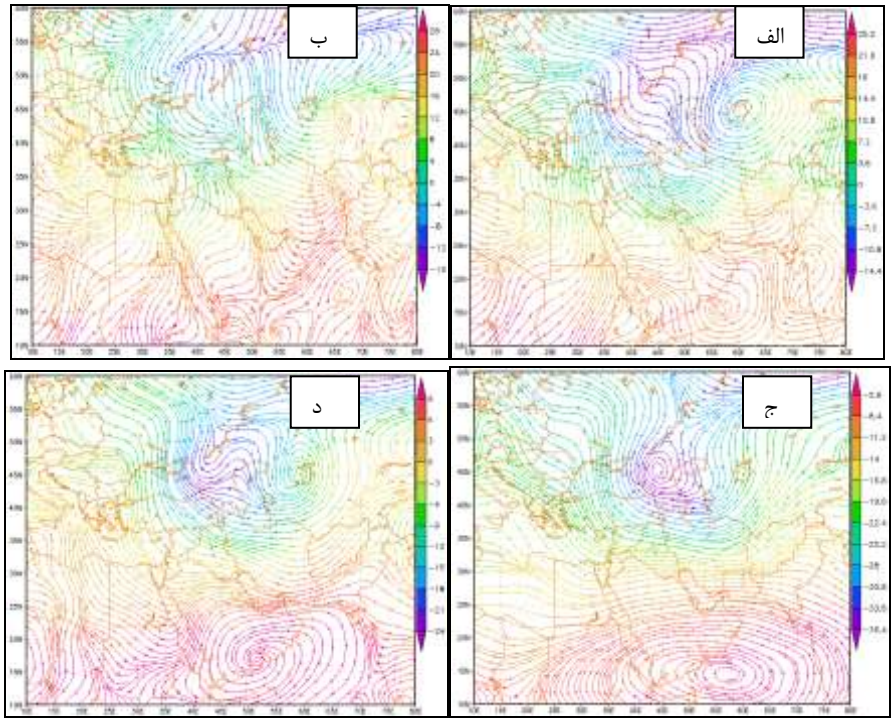


شکل۱۱: نقشه‌ی ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی در ترازهای الف:۱۰۰۰؛ ب:۸۵۰؛ ج:۷۰۰؛ د:۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۵مارس۲۰۰۵.

شکل شماره‌ی ۱۲ نقشه‌های فرارفت دمایی را در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۵ مارس ۲۰۰۵ نشان می‌دهد. در این روز، در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال جریان‌های وزش دما، منطبق بر گردش واچرخندی در نقشه‌های ارتفاع، شمالی است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز، جریان واچرخندی بر روی مرکز مدیترانه و چرخندی در شرق خزر به تشدید وزش‌های سرد بر روی استان آذربایجان غربی می‌انجامد. در ترازهای بالایی نیز، عمیق‌شدن ناوه‌ی واقع بر روی خزر و شرق دریای سیاه و قرارگیری منطقه‌ی شمال غرب کشور در جنوب ناوه و نزدیک به پشت ناوه سبب فرارفت‌های بسیار سرد شمالی از شمال شرق اروپا (با عبور از روی دریای سیاه) می‌شود و نیمه شمالی ایران را دربر می‌گیرد.

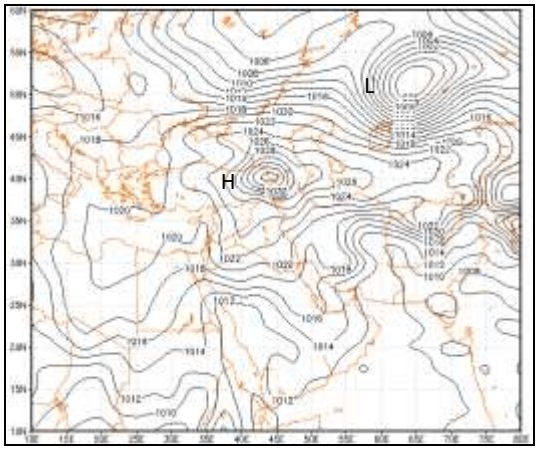
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]



شکل۱۲: نقشه‌های وزش دمایی در ترازهای الف:۱۰۰۰؛ ب:۸۵۰؛ ج:۷۰۰؛ د:۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۵مارس۲۰۰۵.

با توجه به نقشه‌ی فشار تراز دریا در روز ۲۶ مارس ۲۰۰۵ (شکل ۱۳)، پرفشار واقع در شمال دریای سیاه در این روز با افزایش فشار و حرکت جنوب‌سوی خود با ۱۰۳۶ هکتوپاسکال در شمال استان آذربایجان غربی بسته می‌شود که با روندی شمال غرب به جنوب شرق بیشتر ایران را نیز دربر می‌گیرد. در شمال دریاچه‌ی بایکال و بالخاش نیز، کم‌فشاری با ۹۹۶ هکتوپاسکال جریان‌های شمالی را بر روی منطقه‌ی شمال غرب کشور تقویت می‌کند.

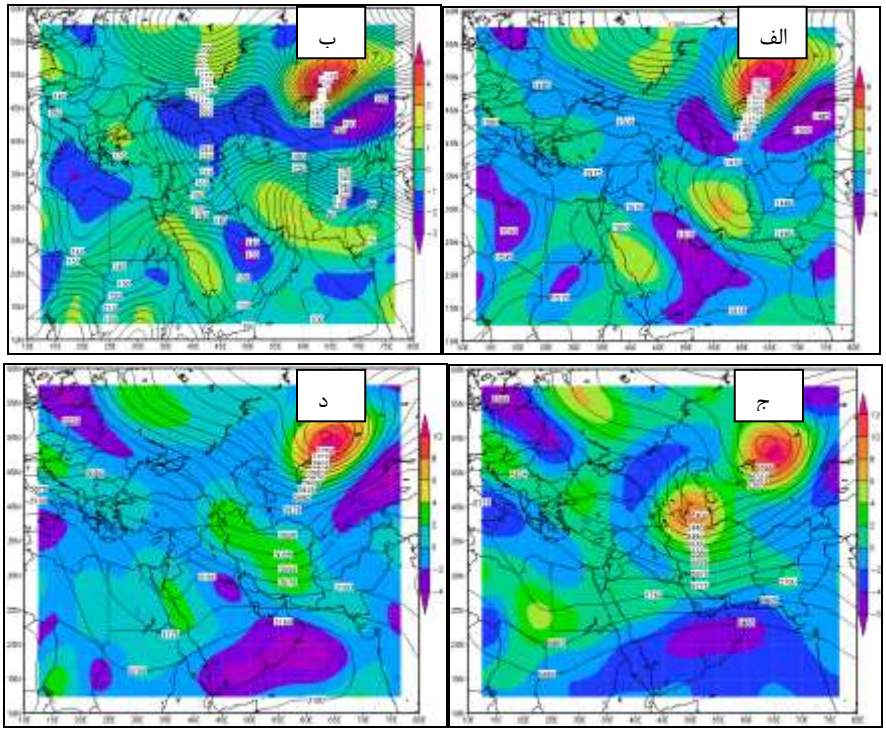


شکل۱۳: نقشه‌ی فشار تراز دریا روز ۲۶ مارس۲۰۰۵.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]

شکل شماره‌ی ۱۴ نقشه‌های ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی را در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۶ مارس ۲۰۰۵ نشان می‌دهد. همان‌طورکه دیده می‌شود، واچرخند واقع در شمال دریای سیاه مطابق با مرکز پرفشار سطح زمین با حرکت جنوب‌سوی خود و افزایش ارتفاع ۳۰ ژئوپتانسیل متری با پربند مرکزی ۲۴۰ ژئوپتانسیل متر در گوشه‌ی شمال غرب ایران قرار می‌گیرد که، با هسته‌ی بیشینه‌ی تاوایی منفی در مرکز آن، شدت گردش آنتی‌سیکلونی را بر روی منطقه‌ی مطالعه نشان می‌دهد. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز با حرکت شرق‌سوی پراتفاع واقع در شمال کشور لیبی و کم‌ارتفاع جنوب روسیه، شمال غرب کشور کاملاً در پشت ناوه قرار می‌گیرد که با جهتی شمال غرب از سمت غربِ روسیه و شمالِ شرق اروپا جریان‌های سرد را بر روی منطقه‌ی مطالعه فرارفت می‌کند. در تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز، به‌ترتیب مرکز کم‌ارتفاع هسته‌ی سردی با ۲۷۲۵ و ۵۶۲۰ ژئوپتانسیل متر بر روی شمال کشور قزاقستان بسته می‌شود و منطقه‌ی مطالعه در شمال غرب کشور کاملاً در پشت ناوه قرار می‌گیرد. درمجموع، استقرار پرفشار در سطح زمین در شمال غرب ایران و قرارگیری پشت ناوه‌ی شمالی بر روی این پرفشار هسته‌ی سرد افت شدید دماها و رخداد موج‌فرین سرد را در روز ۶ فرودین ۱۳۸۴ برابر با ۲۶ مارس ۲۰۰۵ به همراه داشت.

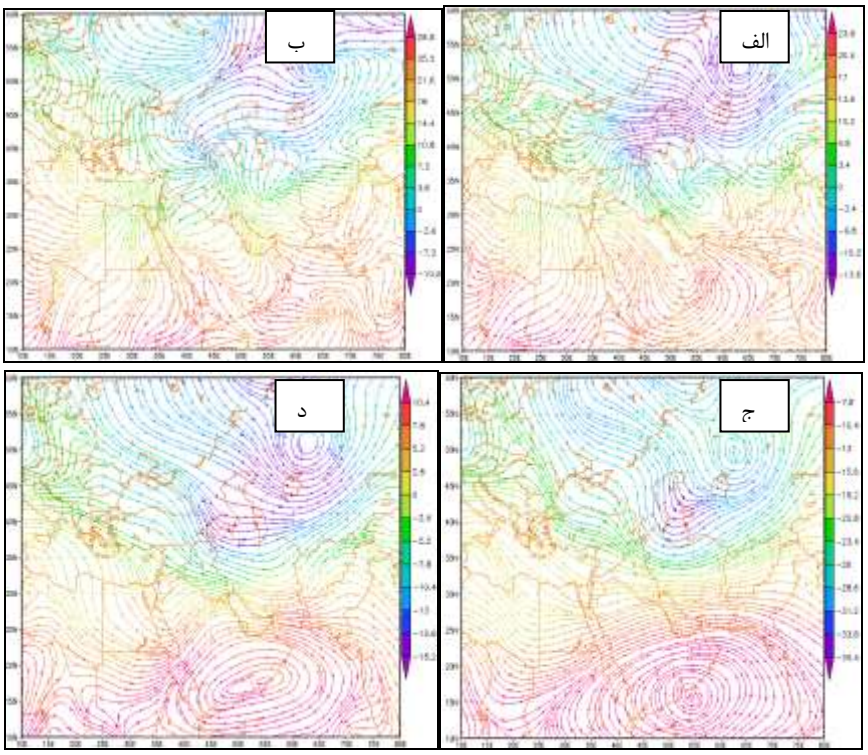


شکل۱۴: نقشه‌ی ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی در ترازهای الف:۱۰۰۰؛ ب:۸۵۰؛ ج:۷۰۰؛ د:۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۶مارس۲۰۰۵.

شکل شماره‌ی ۱۵ نقشه‌های فرارفت دمایی را در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکل در روز ۲۶ مارس ۲۰۰۵ نشان می‌دهد. در نقشه‌ی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، بر روی منطقه‌ی مطالعه گردش واچرخندی تشدید شده که جهت وزش دماهای سرد نیز شمالی است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۵: ب) نیز، گردش واچرخندی بر روی مدیترانه و چرخندی در آسیای مرکزی سبب ایجاد جریان‌های شمالی و شمال غرب و افت شدید دماها در استان آذربایجان غربی می‌شود. در نقشه‌های وزش

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]

دمایی، در ترازهای بالاتر نیز، سمت فرارفت‌های سرد شمالی کاملاً هماهنگ با سامانه‌ی کم‌ارتفاع شمالی است، به‌نحوی‌که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال وزش دما منطبق بر پشت ناوه‌ی فوقانی شمالی است. همان‌طورکه مشخص است، مسیر انتقال جریان‌های سرد از شمال غرب روسیه و نیمه‌ی شرقی اروپا بر روی شمال غرب ایران فرارفت می‌شود.



شکل۱۵. نقشه‌های وزش دمایی در ترازهای الف:۱۰۰۰؛ ب:۸۵۰؛ ج:۷۰۰؛ د:۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۶مارس۲۰۰۵.

نتیجه‌گیری

طی دوره‌ی زمانی، ۹ تا۱۰ فروردین ماه۱۳۸۲و ۵ تا ۶ فروردین ماه ۱۳۸۴، دو سامانه‌ی سرمازای بر روی منطقه‌ی شمال غرب ایران مستقر شدند. به‌منظور تبیین و تحلیل الگوی سینوپتیکی دوره‌های زمانی مذکور، دماهای حداقل مطلق کمتر از صفر درجه‌ی سلسیوس ایستگاه‌های محدوده‌ی استان آذربایجان غربی برای نمونه انتخاب شد و نقشه‌های فشار تراز دریا، نقشه‌های ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل، تاوایی و نقشه‌های فرارفت دمایی در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال در نرم‌افزار (Grads) ترسیم و واکاوی گردید. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در زمان رخداد موج سرمای مخاطره‌آمیز (با واکاوی نقشه‌های سطح زمین در روز اول موج سرما) گسترشِ پرفشار هسته‌ی سردی بیشتر مناطق ایران را از سمت اروپای شرقی و استقرار آن در شمال و شمال شرق دریای سیاه و نفوذ آن از گوشه‌ی شمال غرب کشور دربر می‌گیرد. در واکاوی نقشه‌های ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی در تراز ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال، در روز اول رخداد سرما، عموماً گسترش واچرخندی عظیم بر روی دریای سیاه و شمال غرب کشور مشاهده می‌شد. اما در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، منطقه‌ی مطالعه در جنوب ناوه‌ی حاصل از کم‌ارتفاع هسته‌ی سرد واقع در آسیای مرکزی است. بااین‌همه، در روز اوج سرما، مرکز پرفشار مهاجر دقیقاً بر روی منطقه‌ی مطالعه قرار می‌گیرد و در ترازهای بالایی جو نیز با استقرار پشت ناوه‌ی انباشته از هوای سرد عرض‌های فوقانی بر روی مرکز پرفشار سطح زمین، ضمن

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]

تقویت جریان‌های واچرخندی سطوح زیرین، سبب شدت یافتن سرما و یخبندان در استان آذربایجان غربی می‌شود. هسته‌های بیشینه‌ی تاوایی منفی و مثبت به‌ترتیب در مراکز واچرخند و چرخند نیز شدت جریان‌های گردشی سرد را بر روی نیمه‌ی شمالی ایران تأیید می‌کند. در تحلیل نقشه‌های وزش دمایی در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز جهت و شدت دماها دقیقاً از نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل پیروی می‌کند به صورتی که در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (در هر دو موج سرمای واکاوی‌شده) گردش دمای سرد واچرخندی و شمالی بر روی شمال غرب ایران قرار گرفته است. در نقشه‌های وزش دمایی ۹ و ۱۰ فروردین ۱۳۸۲ در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر روی استان آذربایجان غربی گردش واچرخندی منطبق بر پرفشار سرد سطح زمین است، اما در موج سرمای دوم (یعنی ۵ و ۶ فروردین ۱۳۸۴) منطبقِ شمال غرب بین دو گردش واچرخندی روی مدیترانه و چرخندی واقع در جنوب روسیه است که جهت جریان‌های سرد دمایی در این تراز هم کاملاً شمالی است. در نقشه‌های وزش دمایی ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، استان آذربایجان در زیر یال غربی ناوه‌ی آسیای مرکزی یا جنوب روسیه است. جهت جریان‌ها در این سطوح نیز شمال و شمال غرب است که از سمت شمال غرب روسیه و نیمه‌ی شرقی اروپا هوای بسیار سرد را فرارفت می‌کند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با مطالعه‌ی حرکت سامانه‌های جوی و شناخت سامانه‌های همدیدی (که جریان‌های سرد را ایجاد می‌کنند) می‌توان با پیش‌بینی به موقع این‌گونه وضعیت‌های جوی از بروز تأثیر مخرب موج‌های سرمای دیرهنگام بهاری بر روی محصولات کشاورزی، مصرف انرژی، سرمازدگی و مخاطرات جاده‌ای جلوگیری کرد.

منابع

اداره‌ی اطلاعات و خدمات ماشینی. ۱۳۸۲-۱۳۸۴. *آمار حداقل‌های دمای صفر و زیر صفر درجه‌ی روزانه‌ی بهاره*، سازمان هواشناسی کشور.

امیدوار، کمال و عاطفه ابراهیمی. ۱۳۹۱. تحلیل همدیدی موج سرمای شدید ۱۶ تا ۲۵ دی‌ماه ۱۳۸۶ در ایران مرکزی (استان‌های اصفهان، کرمان و یزد). فصل‌نامه‌ی *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، **۴۵ (۱)**: ۹۸-۸۱.

براتی، غلامرضا. ۱۳۷۵. *طراحی و پیش بینی الگوهای سینوپتیک یخبندان های بهاره ایران*، رساله دکتری اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

براتی، غلامرضا. ۱۳۸۷. روابط سیستمی مهاجر و یخبندان‌های بهاره‌ی ایران. *فصل‌نامه‌ی تحقیقات جغرافیایی*، **۵۳-۵۲**: ۱۵۰-۱۳۲.

جوادی، شهرام. ۱۳۵۰. *هواشناسی کشاورزی و اثرات سرما و گرما بر روی گیاهان*. انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز.

حیدری، مصطفی. ۱۳۷۵. *بررسی سیستم‌های مؤثر بر آب‌وهوای شمال غرب ایران*. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشکده‌ی ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.

صحرائیان، فاطمه و غلامعلی کمالی. ۱۳۸۴. بررسی آماری وقوع سرما و یخبندان‌های بهاره و پاییزه در استان آذربایجان شرقی. مجله‌ی *دانش کشاورزی*، **۴**: ۲۰۹-۱۹۸.

علیجانی، بهلول و غلامرضا براتی. ۱۳۷۵. تحلیل سینوپتیک یخبندان فروردین ۱۳۶۶. فصل‌نامه‌ی *تحقیقات جغرافیایی*، **۴۰**: ۱۲۱-۱۳۵.

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

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]

عزیزی، قاسم. ۱۳۸۳. ارزیابی سینوپتیکی یخبندان‌های فراگیر بهاری در نیمه‌ی غرب ایران. فصل‌نامه‌ی *مدرس علوم انسانی*، شماره **۱**: ۱۱۶-۹۹.

عزیزی، قاسم؛ طیبه اکبری؛ محمود داودی و مهری اکبری. ۱۳۸۸. تحلیل همدیدی موج سرمای شدید دی ماه ۱۳۸۶ ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۱۹**:۷۰-۱.

کریمی، صادق؛ حسین نگارش؛ تقی طاوسی و بهلول علیجانی. ۱۳۹۱. تحلیل همدید امواج سرماهای فراگیر ایران. مجله‌ی *جغرافیا و توسعه*، **۲۹**: ۷۶-۵۵.

کمالی، غلامعلی. ۱۳۸۱. سرماهای زیان‌بخش به بخش کشاورزی ایران در قالب معیارهای احتمالی. فصل‌نامه‌ی *تحقیقات جغرافیایی*، **۶۳-۶۴**: ۴۴-۳۰.

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

مجرد قره‌باغ، فیروز. ۱۳۷۶. *تحلیل و پیش‌بینی یخبندان در آذربایجان غربی*. رساله‌ی دکتری، دانشکده‌ی ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

مؤتمن، قادر. ۱۳۸۵. *تحلیل یخبندان‌های شمال غرب آذربایجان و تأثیر سرمای بهاره بر سردرختی‌های منطقه‌ی خوی*. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشکده‌ی علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

نوحی، کیوان؛ مژده پدرام؛ فاطمه صحرائیان و غلامعلی کمالی. ۱۳۸۶. بررسی و تحلیل تاریخ آغاز و خاتمه‌ی یخبندان‌های تابشی-فرارفتی در استان آذربایجان غربی و شرقی، *پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی*، **۷۵**: ۸۵-۷۸.

هژبرپور، قاسم و بهلول علیجانی. ۱۳۸۶. تحلیل همدید یخبندان‌های استان اردبیل. فصل‌نامه‌ی *جغرافیا و توسعه*، **۱۰**: ۱۰۶-۸۹.

هاشمی، فریدون. ۱۳۴۸. *تجزیه و تحلیل استاتیستیکی از سرمای تهران*. انتشارات تحقیقات و بررسی علمی هواشناسی کشور، تهران.

یارنال، برنت. ۱۹۹۳. *اقلیم‌شناسی همدید و کاربردهای آن در مطالعات محیطی*. ترجمه‌ی سید ابوالفضل مسعودیان، انتشارات دانشگاه اصفهان.

Gabriela, M. and Tercio, A. ۲۰۰۷. Dynamics of Wave Propagation Leading to Frost in the Extrtropical Latitude Versus Tropical Latitude, Departement of de Ciencias Atmospherics, University of Sao Paulo, ٦٧:٨٦-٩٨.

Gabriela, V. M.; Compagnucci, R. Maro, N. Nunez and Alejandra S. ۲۰۰۳. Surface Cirulation Associated with Frost in the West PAMPAS, International Journal of Climatology, International Journal Climatol. ٢٣:٩٤١-٩٦١.

Michalska, B.١٩٨٦. Suggested terms of Corn sowing in the main yield in Poland dependet on soiil temperature and frosts. Agrotechniczna (Poland).١٠٦ :٩٧–١٠٢.

Rosenberg, N.J; Blade, B.L. and Verma, S.B. ١٩٨٣. Microclimate the Biological Environment Wily, Academic Press, New York.

Takahashi, H. ١٩٩٠. Migration of the cold air mass related to rain belt formation of the Chinese continent and atmospheric circulation system during the baiu season (in Jepanese), geographic review of Japan, series A, ٦٤ (١٠): ٩٦-١٠٦.

Thom, H.C. and Shaw, R. H.١٩٥٨.Climatological analysis of freeze data for Iowa. Monthly Weather Review. ٨٦**:** ٢٥١-٢٥٧.

Vatkins, S.C. ١٩٩١. The annual period of freezing temperatures in Centurial England, ١٨٥٠-١٩٥٩. International Journal Climatol, ١١**(٨):**٨٨٩-٨٩٦.

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

www.waaj.ir

Waylen, P.R.١٩٨٨. Statistical analysis of freezing temperatures in Central and Southern Florida. Journal International Journal Climatol. ٨**(٦):** ٦٠٧-٦٢٨.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75] [Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.1.75] [Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]