

## تحلیل سینوپتیکی موج سرمای فراگیر ۱۳۸۲ در ایران

حسن لشکری\* - دانشیار دانشگاه شهید بهشتی

پذیرش مقاله: ۱۳۸۵/۵/۱۵ تایید نهایی: ۱۳۸۷/۳/۸

### چکیده

تغییرات شدید دمایی پدیده‌ای نامطلوب برای زیست جانوران و گیاهان و اثرات نامطلوبی نیز بر عناصر طبیعی، سازه‌ها و تاسیسات دارد. وقتی دمای هوا از حد معینی پایین می‌رود شرایط برای زیست و فعالیت مطلوب جانداران دچار اشکال می‌شود. چون که هر مرحله از فعالیت زیستی نیازمند دمای معینی است که این محدوده دمایی را آستانه دمایی می‌گویند. چنین آستانه‌هایی را نیز می‌توان برای سازه‌ها ماشین‌ها و تاسیسات قائل شد. وقتی دما به زیر صفر نزول می‌کند اثر دما بر برخی از عناصر جاندار و غیر جاندار تشدید می‌شود. در موج سرمای ۲۰ تا ۲۵ آذر ماه ۱۳۸۲ تعداد کثیری انسان و حیوان تلف شده و آمد و شد در بسیاری از شهرها و جاده‌های کوهستانی دچار مشکل جدی شد. به دلیل نفوذ یک موج سرمای گسترده به داخل کشور در روزهای ۲۱ تا ۲۳ آذر ماه، بین ۷۰ تا ۷۵/۵ درصد از پهنه کشور دچار یخبندان شد. به دلیل بزرگی پهنه زیر پوشش دمای پائین در سطح کشور فشار گاز به شدت تقلیل پیدا کرد و گرمایش منازل و مراکز اداری و آموزشی دچار مشکل جدی شد. در این تاریخ به دلیل نفوذ زیانه‌ای از پرفشار سبیری که در اطراف دریاچه بایکال شکل گرفته بود دمای هوا افت قابل ملاحظه‌ای پیدا کرده که کاهش دما در اکثر ایستگاه‌ها بیش از ۱۵ درجه سلسیوس بوده است. در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال مرکز ارتفاع زیادی از قبل از شروع موج سرما بر روی شرق اروپا قرار داشت که در روزهای بعد در محدوده شمال غرب دریای خزر و شرق اوکراین استقرار پیدا کرده و باعث حرکت کند ناوه و بلوکه شدن آن در شرق ایران و افغانستان شد به طوری که برای مدت ۴ تا ۵ روز بخش اعظم کشور به خصوص نیمه غربی آن تحت تاثیر یک پشته عمیق قرار گرفته و سبب تداوم ریزش هوای سرد بر روی ایران گردید.

واژه‌های کلیدی: آب و هواشناسی سینوپتیک، موج سرما، پرفشار سبیری، ایران

### مقدمه

دما به عنوان شاخصی از شدت گرما یکی از عناصر اساسی شناخت هواست و نظر به دریافت نامنظم انرژی خورشید توسط زمین دستخوش تغییرات بسیار است که به نوبه خود سبب تغییرات گسترده دیگری در سایر عناصر هواشناسی می‌شود (کمالی، ۱۳۸۰، ۱۶۵-۱۴۹).

با توجه به این که خورشید عامل اصلی تامین کننده دمای سیاره زمین می‌باشد. نوسانات روزانه و سالانه ارتفاع خورشید (به دلیل کروی بودن زمین و انحراف محور گردش زمین) تغییراتی را در دمای مناطق مختلف سیاره زمین ایجاد می‌کند. این نوسانات بسته به عرض جغرافیایی محل در هر روز می‌تواند مقدار ثابتی باشد. ولی

عواملی این ثبات را بر هم زده و به همین دلیل نوسانات دمایی روزانه، ماهانه و سالانه در برخی نقاط بسیار زیاد و در برخی نقاط بسیار اندک است. عواملی چون توپوگرافی، جهت دامنه‌ها، پوشش خاک، وسعت خشکی‌ها، دوری و نزدیکی به پهنه‌های آبی، سامانه‌های جوی محلی و عبوری از منطقه و نوع کاربری‌های زمین از این جمله‌اند. در این میان برخی از عوامل شکل پایدارتری پیدا کرده و بتدریج اثر ثابتی پیدا می‌کنند و جانداران بتدریج با این نوسانات انطباق بیشتری پیدا می‌کنند. در میان عوامل فوق‌الذکر سامانه‌های جوی عبوری از محل نوسانات دمایی غیر متعارفی را ایجاد می‌کنند که عمدتاً باعث غافلگیری موجودات زنده شده و اثرات زیانبارتری دارند. با وجود این که با فن آوری‌های جدید در هواشناسی زمان و مسیر عبور بسیاری از سامانه قابل پیش بینی می‌باشد ولی ایجاد آمادگی لازم یا دشوار و بعضاً غیر ممکن می‌گردد.

به همین دلیل ورود اتفاقی چنین سامانه‌هایی در بهار و پائیز باعث سرمازدگی باغات و محصولات کشاورزی و در دوره سرد باعث اختلال در آمد و شد وسائط نقلیه، یخبندان جاده‌ها و معابر، مشکلات در انتقال و توزیع سوخت و گرمایش منازل و در صورت نفوذ موج سرما به بخش‌های جنوبی کشور باعث سرمازدگی محصولات کشاورزی می‌گردد.

موج سرمای آذر ماه ۱۳۸۲ از جمله حوادث غیر مترقبه‌ای بود که مشکلات زیادی را برای جوامع شهری و روستائی، حمل و نقل و کشاورزان ایجاد کرد.

تحلیل سینوپتیکی سامانه‌های سرد در کشور خیلی کم مورد توجه قرار گرفته است. مطالعات انجام شده در مورد پدیده سرما و یخبندان در کشور بیشتر با رویکرد کشاورزی انجام شده است.

مطالعه در مورد سرما و یخبندان در جهان به مطالعه ریکنآگل<sup>۱</sup> به حدود ۱۵۰ سال قبل بر می‌گردد (wmo, ۱۹۶۳). تام<sup>۲</sup> و شاو<sup>۳</sup> (۱۹۸۵، صص ۱۴۴-۱۳۶) نشان دادند که تاریخ وقوع اولین یخبندان در پائیز و آخرین یخبندان در بهار از توزیع تصادفی نرمال تبعیت می‌کند. روزنبرگ<sup>۴</sup> و مایزر<sup>۵</sup> (۱۹۶۲، ۴۷۸-۴۷۱) با مطالعه خود در پنج نقطه ایالت نبراسکا نشان دادند که ۷ تا ۳۰ درصد آخرین یخبندان‌ها و ۱۷ تا ۴۲ درصد اولین یخبندان‌ها از نوع فرارفتی هستند. آن‌ها همچنین نشان دادند که در بهار پس از آخرین یخبندان فرارفتی دو تا پنج سرمای تابشی و در پائیز قبل از یخبندان فرارفتی یک تا سه یخبندان تابشی رخ می‌دهد. آن‌ها نشان دادند که یخبندان فرارفتی در نتیجه انتقال یک توده هوا در مقیاس وسیع توام با وزش باد می‌باشد. و یخبندان تابشی را دارای منشأ واچرخندی و وقوع آن را در داخل توده‌های وسیع و متجانس با هوای صاف و آرام همراه با وارونگی دمایی می‌دانند. کاپرو<sup>۶</sup> (۱۹۶۱، ۳۴۸-۳۳۹) اعتقاد دارد که در مناطق کوهستانی پیش بینی تاریخ وقوع اولین و آخرین یخبندان از روی دمای حداکثر روزانه امکان پذیر می‌باشد.

<sup>۱</sup>- Recknagle.

<sup>۲</sup>- Tham.

<sup>۳</sup>- Show.

<sup>۴</sup>- Rozenberg.

<sup>۵</sup>- Myers.

<sup>۶</sup>- Capro.

وتیکویچ<sup>۱</sup> (۱۹۶۳، ۳۰۵-۱۸۳) گسترش بادهای با دمای سرد شمال غربی را توسط توده‌های هوا عامل اصلی یخبندان‌ها در روسیه، اروپا و قزاقستان می‌داند دینگ<sup>۲</sup> (۱۹۸۷، ۳۰۵-۱۸۳) در بررسی خود به منظور مطالعه موسمی‌های زمستانه و یورش هوای سرد در چین به تحلیل الگوهای بزرگ مقیاس و انتقال توده‌های هوای سرد و گسترش نفوذ زبان‌های سرد به سمت استوا پرداخت. وستال<sup>۳</sup> (۱۹۷۱، ۹۹) در احتمال وقوع اولین و آخرین یخبندان‌ها را که به ترتیب در پاییز و بهار اتفاق می‌افتد، براساس آستانه‌های مورد نظر در ایالت‌های ساحلی و جنوب شرقی اقیانوس اطلس مورد بررسی قرار داده است. او یک روش احتمالی را برای ایجاد سری‌های اولین و آخرین آستانه‌های دمایی پائین بکار گرفته است که برای تعیین احتمالات وقوع اولین و آخرین یخبندان‌ها با آستانه معلوم مورد استفاده قرار می‌گیرد. او با استفاده از یک مثال عددی میزان برازش تاریخ‌های وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره را با توزیع نرمال مورد بررسی قرار داده است. آویسار<sup>۴</sup> و ماهر<sup>۵</sup> (۱۹۷۸، ۴۱۳-۴۰۰) یک مدل سه بعدی را در مقیاس محلی برای شبیه‌سازی خرد اقلیم نزدیک سطح زمین مناطق غیریکنواخت (ناهمگن) در طول رخداد‌های یخبندان تابشی توسعه داده‌اند. این مدل بر اساس معادلات حرکت، حرارت، رطوبت و پیوستگی در جو و نیز معادلات انتشار حرارت و رطوبت در خاک پایه‌ریزی شده است. کالکستین<sup>۶</sup> و همکاران (۱۹۸۶، ۱۹۸۷، ۳۹۵-۳۸۱، ۱۹۹۸، ۱۲۳۶-۱۲۲۳) مدلی را بر پایه توده‌های هوا تنظیم کردند. آن‌ها در اکثر مطالعات و تحقیقات خود روش طبقه‌بندی همدیدی فضائی را بکار برده‌اند. همچنین لافلین<sup>۷</sup> و کالما<sup>۸</sup> (۱۹۸۷، ۱۶-۱) با بررسی درجه حرارت کمینه در ۳۱ نقطه از یک مرتع موجودار به وسعت ۱۰۷ کیلومتر مربع در طول ۳۰ شب زمستانی سال ۱۹۸۲ و به کارگیری یک مدل رگرسیونی چند متغیره از عواملی چون سرعت باد در طول شب، هدرفت‌های حرارتی در تمام طول موج‌ها در طول شب موفق به ارائه الگوهای فضائی احتمال وقوع یخبندان در مقیاس محلی شدند. در تهیه این مدل از الگوهای هواشناسی و زمینی به صورت ترکیبی استفاده شد. ویلن<sup>۹</sup> (۱۹۸۸، ۶۲۸-۶۰۷) با تحلیل احتمالی ویژگی‌های یخبندان، تاریخ آغاز و خاتمه یخبندان، سردترین دما و ریسک وقوع دوره‌های سرد را در فلوریدای مرکزی بررسی و توزیع احتمالی آن را پیش‌بینی کرده است. وی با تحلیل رگرسیون سری‌های متوسط دمای حداقل روزانه و واریانس‌های سالانه آن‌ها به این نتیجه رسیده است که با افزایش واریانس، احتمال وقوع یخبندان نیز افزایش می‌یابد. از نظر او خطر وقوع یخبندان در یک محل با چهار عامل متوسط تعداد یخبندان‌های سالانه، شدت متوسط آن‌ها و میانگین و واریانس تاریخ‌های وقوع قابل شناسایی است. کاجفز<sup>۱۰</sup> (۱۹۸۹، ۲۶-۱۹) تاریخ‌های وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه را در ۹ مکان در منطقه گورنجسکا در اسلوونی در طول سال‌های ۱۹۴۷ تا ۱۹۸۷ مورد مطالعه قرار داده است. وی یخبندان‌های متوسط اولین

<sup>1</sup>- Vitkovitch.

<sup>2</sup>- Ding.

<sup>3</sup>- Vestal.

<sup>4</sup>- Avissar.

<sup>5</sup>- mahrer.

<sup>6</sup>- Kalkstine.

<sup>7</sup>- Laughlin.

<sup>8</sup>- Kalma.

<sup>9</sup>- Villen.

<sup>10</sup>- Kajfez.

یخبندان را به دست آورده است. همچنین رابطه تاریخ وقوع اولین یخبندان و ارتفاع محل نیز در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است. تاکاهاشی<sup>۱</sup> (۱۹۹۰، ۶۴) در تحقیقی، از منطقه دریاچه بایکال - مغولستان به عنوان مهم‌ترین محل پر فشار سرد یاد می‌کند. هنگامی که از این منطقه، پرفشار سرد و قوی به سمت جنوب گسترش و نفوذ پیدای کند، به عنوان یک فرایند جوی، عامل یورش سرمای شدید می‌شود. در این یورش دما به شدت افت پیدا می‌کند و سراسر یا بخشی از چین زیر پوشش یخبندان می‌رود. در ادامه این تحقیق سرماها از نظر گسترش مکانی در چند نوع طبقه‌بندی می‌شود که از جمله می‌توان به سرماهای ناشی از حرکت فرودها از شمال غرب (اقیانوس منجمد شمالی) و غرب اشاره کرد.

واتکینز<sup>۲</sup> (۱۹۹۱، ۸۹۶-۸۸۹) به منظور پی بردن به تغییرات بلند مدت طول مدت فصل یخبندان، با تحلیل دماهای روزانه، شروع و خاتمه یخبندان‌ها را در انگلستان مرکز مطالعه کرد. وی با استفاده از مدل رگرسیون خطی به این نتیجه رسید که طول فصل یخبندان در حدود دو روز در هر دهه کاهش می‌یابد که این کاهش با افزایش دما توجیه می‌شود.

مارشال (۲۰۰۲) در تحقیقات گذشته و کنونی همواره از روش‌های طبقه‌بندی همدیدی فضائی جهت آزمون تغییرات اقلیمی، الگوهای توده‌های هوا در ارتباط با سرمازدگی، تغییرات الگوهای سینوپتیکی بر روی نواحی یخچالی را مورد استفاده قرار داده است.

براتی (۱۳۷۵) الگوهای همدیدی ایجاد کننده یخبندان‌های بهاره ایران را مورد مطالعه قرار داد و اعتقاد دارد که جابجایی سامانه‌های فشار از عرض‌های بالاتر به سوی ایران یخبندان‌های شدید و فراگیر را باعث می‌شود و استقرار ناوه در ساحل شرقی دریای مدیترانه غالباً نشانه ورود موج یخبندان در همان روز به ایران است. وی عقیده دارد که جابجایی محورهای فرود در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و پرفشار مهاجر در سطح زمین از غرب مدیترانه به سوی ایران و سپس ادغام آن‌ها با فرود و پرفشار معمول و شدید سیبری به وقوع یخبندان‌های بهاره می‌انجامد. در روزهای اوج یخبندان‌های بهاره محور فرود با جهت شمال شرقی، جنوب غربی بر روی آذربایجان مشاهده می‌گردد.

علیجانی (۱۳۷۲) طی مطالعه‌ای بر روی پرفشار سیبری و اثر آن بر روی اقلیم شرق ایران متوجه شد که پرفشار سیبری پدیده غالب دوره سرد سال آسیا است. وی نتیجه گرفت که پرفشار سیبری در اوایل دوره سرد در اطراف دریاچه بایکال و به تدریج همزمان با پیشرفت زمستان گسترده‌تر و قوی‌تر می‌شود و در اوج فعالیت خود زبانه‌هایی به خاورمیانه فرستاده و اقلیم منطقه و ایران را در شرق کوه‌های زاگرس کنترل می‌کند. یخبندان‌ها و سرما بسته با عامل ایجاد کننده به سه گروه عمده تقسیم می‌شوند.

الف) یخبندان‌های فرا رفتی: این یخبندان‌ها با ورود توده هوایی با دمای زیر صفر به منطقه‌ای که قبلاً هوای گرم در آن منطقه وجود داشت، حادث می‌شود. این نوع یخبندان شبیه به یک موج سرما است. توده بزرگی از هوای سرد که معمولاً همراه با عبور یک چرخند عمیق با یک جبهه هوای سرد توسعه یافته در جلوی

<sup>۱</sup>-Takahashi.

<sup>۲</sup>-Watkins.

یک و اچرخند قوی است، بر روی منطقه حرکت می کند و ممکن است برای یک یا چند روز تداوم داشته باشد. از مشخصات یخبندان فرارفتی وجود باد و آسمان نیمه ابری را می توان نام برد.

ب) یخبندان تابشی: این نوع یخبندان در یک هوای سرد و صاف و معمولاً پس از عبور یک جبهه هوای سرد دیده می شود. شب ها به علت تابش زیاد از سطح زمین و نبود عامل ابر و رطوبت کافی، به طوری که امواج گرمایی بازتابیده زمین نتواند را در لایه هوای مجاور زمین حفظ شود، این یخبندان رخ می دهد.

پ) یخبندان تبخیری: این نوع یخبندان موقعی بوجود می آید که باران سطح برگ ها را خیس کرده و دمای آن کاهش یافته، سپس باد خنک جریان پیدا کرده و باعث می شود که در اثر تبخیر رگبرگ ها خشک شده و مدتی بعد دما به زیر نقطه انجماد کاهش می یابد.

عزیزی (۱۳۸۳، ۱۱۶-۹۹) در ارزیابی سینوپتیکی یخبندان های فراگیر در نیمه غرب ایران به این نتیجه رسید که در تمام روزهای که پدیده یخبندان رخ داده است یک سیستم کم ارتفاع در شمال دریای خزر و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مشاهده می شود. این سیستم معمولاً با سیستم کم ارتفاع نسبتاً قوی در غرب خود و در روی مدیترانه همراه است، و در روزهای یخبندان خطوط همدمای ۱۵- تا ۳۰- درجه سانتیگراد در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از روی ایران عبور می کند.

هژبرپور و علیجانی (۱۳۸۶، ۱۰۶-۸۹) در پژوهشی تحت عنوان تحلیل همدید یخبندان های استان اردبیل به این نتیجه رسیدند که بیشتر یخبندان های این استان از نوع انتقالی است که در دوره سرد سال از آبان تا فروردین اتفاق می افتند. یخبندان های شدید و فراگیر استان ناشی از استقرار یک پرفشار در سطح زمین و یک ناوه ی عمیق در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال می باشد و پرفشار سطح زمین در بیشتر وقت ها از آنتی سیکلون های مهاجر غربی است. اما در روزهای سرد سال زبانه پرفشار سیبری عامل اصلی یخبندان است.

عزیزی و یوسفی (۱۳۸۴، ۲۱۳-۱۹۳) در تحقیقی با استفاده از داده های حداقل و فشار سه ایستگاه انزلی، بابلسر و گرگان در طی دوره آماری ۱۹۷۱ الی ۱۹۸۰ مبادرت به زمان یابی ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی خزر نمودند. و بر این اساس دهه دوم اکتبر برابر با دهه سوم مهر با بیشترین فراوانی به میزان ۵۰ درصد به عنوان آغاز مرحله فعالیت پرفشار سیبری در منطقه شناخته شد.

## مواد و روش ها

برای مطالعه الگوی گسترش موج سرما بر روی کشور، آمار ایستگاه های کشور که بالغ بر ۲۴۲ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی می باشد از سایت اینترنتی سازمان هواشناسی کشور برای روزهای ۲۰ تا ۲۵ آذر ماه ۱۳۸۲ دریافت شد. با توجه به این که هدف علاوه بر دستیابی به الگوی گسترش موج سرما، بر آورد تعداد ایستگاه های همراه با یخبندان نیز بوده است. معدل دمای کمینه ایستگاه ها مورد استفاده قرار گرفته است. بعد از استخراج دوره شروع و پایان موج سرما، نقشه سینوپتیکی این روزها در ترازهای سطح زمین ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز از همین سایت اینترنتی دریافت و مورد تحلیل قرار گرفته است. با توجه به تعداد زیاد جداول و نقشه ها در این مقاله آمار دمای برخی از ایستگاه ها و نقشه برخی از روزها آمده است.

### تحلیل آماری موج سرما

#### وضعیت دما در روز ۲۰ آذر ماه ۱۳۸۲

جدول (۱) وضعیت دمایی ایستگاه‌های نمونه را در طی روزهای ۲۰ تا ۲۵ آذر ماه ۱۳۸۲ نشان می‌دهد. در این روز از کل ۲۴۲ ایستگاه کشور ۱۶ ایستگاه فاقد آمار بوده و از سایر ایستگاه‌ها آمار دما گزارش شده است. از ۲۲۶ ایستگاه دارای آمار دمای هوا در ۸۱ ایستگاه که ۳۵/۸ درصد ایستگاه‌های کشور را شامل می‌شود، دمای هوا زیر صفر بوده است. کمترین دمای کمینه به میزان ۹/۶- درجه سلسیوس از ایستگاه آبعلی و بالاترین دما به میزان ۲۳/۲ درجه سلسیوس از جزیره ابوموسی گزارش شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود، هنوز دمای هوا در ایستگاه‌های نمونه خیلی پائین نرفته و دماهای شبانه متأثر از شرایط فصلی و ارتفاع ایستگاه می‌باشد.

#### وضعیت دمایی در روز ۲۱ آذر ماه ۱۳۸۲

در این روز ۱۵ ایستگاه فاقد آمار بوده و از ۲۲۷ ایستگاه آمار دما گزارش شده است. تعداد ایستگاه‌هایی که دمای هوای شبانه آن‌ها کمتر از صفر درجه سلسیوس گزارش شده است به ۱۵۹ ایستگاه رسیده است. به این ترتیب ۷۰/۱ درصد ایستگاه‌ها در یخبندان بسر برده‌اند. کمترین دمای شبانه به مقدار ۲۱/۶- درجه سلسیوس از ایستگاه خلخال و بالاترین دمای شبانه به مقدار ۲۳ درجه سلسیوس از ایستگاه جزیره ابوموسی گزارش شده است. همان طور که در جدول نیز ملاحظه می‌شود موج سرما از شمال شرق و شمال غرب شروع شده است. به طوری که در برخی از ایستگاه‌های شمال شرق و شمال غرب دمای هوا نسبت به روز قبل حدود ۱۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس کاهش پیدا کرده است.

#### وضعیت دمایی در روز ۲۲ آذر ماه

در این روز از کل ایستگاه‌های کشور ۱۹ ایستگاه فاقد آمار بوده و از ۲۳۳ ایستگاه آمار دما گزارش شده است. در این روز معدل دمای کمینه ۱۷۰ ایستگاه کمتر از صفر درجه سلسیوس بوده است. به این ترتیب در ۷۳ درصد از ایستگاه‌های کشور یخبندان اتفاق افتاده است. کمترین دما به میزان ۲۰- درجه سلسیوس از ایستگاه خلخال و بالاترین دمای شبانه به مقدار ۱۹/۳ درجه سلسیوس از جزیره ابوموسی گزارش شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود در ایستگاه‌های شمالی، شمال غربی و شمال شرقی دمای هوا نسبت به روز قبل کاهش اندکی را نشان می‌دهد. و حتی در برخی از ایستگاه‌ها دما قدری افزایش یافته است. استقرار هوای پایدار در ترازهای میانی جو و وجود هوای صاف و آفتابی سبب شده است هوای برخی از ایستگاه‌ها در طول روز قدری گرم شود.

#### وضعیت دمایی در روز ۲۳ آذر ماه

در این روز از ۲۴۲ ایستگاه کشور ۱۷ ایستگاه فاقد آمار بوده و از سایر ایستگاه‌ها آمار دما گزارش شده است. در این روز در ۱۷۰ ایستگاه از ایستگاه‌های کشور دمای هوا به زیر نقطه انجماد نزول کرده است. به این ترتیب در



۷۵/۵ درصد از ایستگاه‌های کشور یخبندان اتفاق افتاده است. سردترین شب با دمای ۱۷/۶- درجه سلسیوس از ایستگاه خلخال و معتدل‌ترین شب با دمای ۱۹/۳ درجه سلسیوس به ایستگاه ابوموسی تعلق داشته است.

#### وضعیت دمایی در روز ۲۴ آذر ماه

در این روز از ۲۴۲ ایستگاه کشور ۱۶ ایستگاه فاقد آمار بوده و از ۲۲۶ ایستگاه آمار دما گزارش شده است. از این تعداد دمای ۱۴۳ ایستگاه زیر نقطه انجماد بوده و به این ترتیب ۶۳/۳ درصد ایستگاه‌های کشور شب در حالت یخبندان بوده‌اند. نسبت به روز قبل پهنه یخبندان کمتر شده و همان طور که جدول نیز نشان می‌دهد از شدت سرمای ایستگاه‌ها نیز کاسته شده است. به طوری که کمترین دمای شبانه به میزان ۱۶- درجه سلسیوس از شهر قائن گزارش شده است. معتدل‌ترین شب با دمای ۲۰ درجه سلسیوس به جزیره سیری تعلق داشته است. معدل دمایی ایستگاه‌های نمونه در این روز ۲/۶- درجه سلسیوس بوده است.

#### وضعیت دمایی روز ۲۵ آذر ماه

از کل ایستگاه‌های کشور در این روز ۱۶ ایستگاه فاقد آمار بوده و سایر ایستگاه‌ها دارای آمار دما بوده‌اند. در این روز دمای هوا در ۶۲ ایستگاه زیر نقطه انجماد بوده است. یا به عبارت دیگر در ۲۷/۴ درصد ایستگاه‌ها یخبندان اتفاق افتاده است، که نسبت به روز قبل کاهش قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. سردترین ایستگاه در این روز زابل با ۸/۶- درجه سلسیوس و معتدل‌ترین ایستگاه جزیره ابوموسی با ۱۹ درجه سلسیوس می‌باشد. با توجه به جدول متوجه می‌شویم که علاوه بر این که به طور قابل ملاحظه‌ای از تعداد ایستگاه‌های همراه با یخبندان کاسته شده است، دمای کمینه اکثر ایستگاه‌ها نیز افزایش پیدا کرده است. معدل دمایی کمینه ایستگاه‌ها در این روز ۱/۴۷ درجه سلسیوس بوده است.

جدول ۱ میانگین دمای کمینه روزهای ۲۰ تا ۲۵ آذر ماه ۱۳۸۲

| ردیف | نام ایستگاه   | روز بیستم | روز بیست و یکم | روز بیست و دوم | روز بیست و سوم | روز بیست و چهارم | روز بیست و پنجم |
|------|---------------|-----------|----------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|
| ۱    | ماکو          | -۵        | -۷/۸           | -۸/۱           | -۶/۵           | -۵/۱             | -۰/۸            |
| ۲    | اردبیل        | -۶/۴      | -۱۹            | -۱۷/۶          | -۴             | ۰/۸              | ۲/۴             |
| ۳    | تبریز         | -۲/۲      | -۸/۸           | -۷/۵           | -۶/۱           | -۴/۸             | -۰/۲            |
| ۴    | خلخال         | -۷/۴      | -۲۱/۶          | -۲۰            | -۱۷/۶          | -۹/۶             | -۰/۸            |
| ۵    | ارومیه        | -۱/۳      | -۸             | -۸/۶           | -۸/۱           | -۶/۱             | ۰/۲             |
| ۶    | رشت           | ۰/۴       | -۱/۳           | -۲/۵           | -۲/۲           | ۰/۶              | ۱/۷             |
| ۷    | بجنورد        | -۱/۶      | -۱۲/۶          | -۱۳            | -۱۲/۶          | -۵/۸             | -۱/۶            |
| ۸    | زنجان         | -۳/۵      | -۱۲/۶          | -۱۰/۶          | -۸/۶           | -۵/۵             | ۲               |
| ۹    | قزوین         | ۰         | -۸             | -۵/۸           | -۷/۴           | -۵/۵             | ۰/۶             |
| ۱۰   | گرگان         | ۴         | ۰              | -۱/۳           | -۱             | -۰/۶             | ۷/۱             |
| ۱۱   | قوچان         | -۳        | -۱۳            | -۱۴/۸          | -۱۴/۶          | -۱۰              | -۳              |
| ۱۲   | مشهد          | -۱/۳      | -۸/۸           | -۱۳/۱          | -۱۱/۳          | -۸/۳             | -۲              |
| ۱۳   | سنندج         | ۱/۲       | -۶/۵           | -۴/۸           | -۷             | -۳/۵             | -۵/۵            |
| ۱۴   | تهران مهرآباد | ۰/۴       | -۲             | -۲/۵           | -۴             | -۲               | ۱               |
| ۱۵   | سمنان         | ۵         | -۵             | -۵/۵           | -۱/۴           | -۵/۱             | -۰/۸            |
| ۱۶   | کرمانشاه      | ۰/۶       | -۴/۴           | -۵/۳           | -۶             | -۳/۲             | ۳/۷             |
| ۱۷   | همدان         | -۲        | -۱۱            | -۹/۳           | -۱۰            | -۵/۵             | ۱/۷             |
| ۱۸   | اراک          | -۰/۲      | -۶             | -۶/۸           | -۷/۴           | -۱/۴             | ۳/۴             |
| ۱۹   | قم            | ۱/۷       | -۰/۵           | -۵             | -۵/۵           | -۴/۵             | ۰               |
| ۲۰   | ایلام         | ۱/۷       | -۲/۴           | -۱/۶           | ۰              | ۳/۷              | ۶               |
| ۲۱   | خرم آباد      | ۱         | ۱/۷            | -۰/۶           | -۲/۷           | -۰/۴             | ۵/۸             |
| ۲۲   | قائن          | -۰/۸      | -۷/۴           | -۱۸/۲          | -۱۶/۶          | -۱۶              | -۷/۸            |
| ۲۳   | شهرکرد        | -۵        | -۴             | -۱۱/۶          | -۱۲/۱          | -۹               | -۴/۵            |
| ۲۴   | اصفهان        | ۰         | -۵/۱           | -۹             | -۸/۸           | -۶               | -۲/۴            |
| ۲۵   | بیرجند        | -۲        | -۶/۴           | -۱۴/۸          | -۱۴            | -۱۲/۶            | -۶/۱            |
| ۲۶   | اهواز         | ۱۲        | ۱۰/۳           | ۸/۳            | ۹              | ۱۰/۸             | ۱۲/۳            |
| ۲۷   | یزد           | ۳/۷       | -۳/۷           | -۶/۸           | -۶/۵           | -۱/۴             | ۳               |
| ۲۸   | زابل          | ۱         | -۱             | -۶             | -۶             | -۹/۵             | -۸/۶            |
| ۲۹   | آبادان        | ۱۱/۳      | ۸/۶            | ۶/۱            | ۹              | ۱۰/۶             | ۱۴/۳            |
| ۳۰   | یاسوج         | -۰/۴      | -۲             | -۳/۵           | -۴             | -۳               | -۱/۲            |
| ۳۱   | کرمان         | -۵        | -۳/۲           | -۱۰/۶          | -۱۲/۶          | -۱۲/۶            | -۴/۴            |
| ۳۲   | شیراز         | -۰/۴      | ۳/۵            | ۰              | -۱/۶           | -۱/۶             | -۰/۲            |
| ۳۳   | زاهدان        | -۰/۴      | ۰              | -۱۱/۶          | -۱۲/۱          | -۱۲/۶            | -۷/۴            |
| ۳۴   | بوشهر         | ۱۲/۵      | ۱۳             | ۱۴             | ۱۳             | ۱۳/۵             | ۱۵/۶            |
| ۳۵   | بندرعباس      | ۱۴        | ۱۶/۳           | ۱۴/۱           | ۱۱/۸           | ۸/۳              | ۸               |
| ۳۶   | قشم           | ۱۴/۱      | ۱۷             | ۱۵/۱           | ۱۴/۱           | ۱۱               | ۱۰              |



جدول (۲) گروه‌بندی ایستگاه‌های کشور را براساس شدت سرما در هر یک از روزهای دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد. در روز ۲۰ آذر ماه که روز شروع ورود موج سرما بداخل کشور می‌باشد، تعداد ۱۷۰ ایستگاه (۳۰/۸ درصد) از ایستگاه‌های کشور دمای شبانه بین صفر تا ۵- درجه سلسیوس داشته‌اند. ۱۷ ایستگاه (۷/۵ درصد) دمایی بین ۵- تا ۱۰- درجه سلسیوس داشته‌اند. یک ایستگاه دمایی کمتر از ۱۰- درجه سلسیوس داشته‌است.

در روز ۲۱ آذر تعداد ایستگاه‌های با دمای صفر تا ۵- درجه سلسیوس به ۵۳ ایستگاه رسیده‌است که نسبت به روز قبل ۷ درصد کاهش نشان می‌دهد. در مقابل تعداد ایستگاه‌های با دمای ۵- تا ۱۰- به ۶۹ ایستگاه رسیده‌است. که نسبت به روز قبل ۲۳ درصد افزایش داشته‌اند. تعداد ایستگاه‌های با دمای کمتر از ۱۰- نیز افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. تعداد این ایستگاه‌ها از ۱ به ۲۶ رسیده‌است که ۱۱ درصد افزایش داشته‌است.

در روز ۲۲ تعداد ایستگاه‌های با دمای صفر تا ۵- باز هم کاهش نشان می‌دهد. در این روز تعداد این ایستگاه‌ها به ۴۶ (۱۹/۷ درصد) عدد بالغ شده، ولی در مقابل تعداد ایستگاه‌های با دمای ۵- تا ۱۰- به ۸۳ ایستگاه (۳۵/۶ درصد کل ایستگاه‌های کشور) رسیده‌است. تعداد ایستگاه‌های با دمای کمتر از ۱۰- در این روز به ۴۱ عدد رسیده که نسبت به روز قبل ۷ درصد افزایش نشان می‌دهد.

در روز ۲۳ آذر تعداد ایستگاه‌های با دمای صفر تا ۵- درجه سلسیوس به ۵۱ عدد رسیده‌است که ۲۲/۷ درصد کل ایستگاه‌ها را شامل می‌شود. در این صورت تعداد ایستگاه‌ها نسبت به روز قبل ۳ درصد افزایش نشان می‌دهد. به عبارت دیگر از این روز از شدت سرما کاسته شده‌است. در این روز ۷۴ ایستگاه دمای ۵- تا ۱۰- داشته‌اند. به این ترتیب ۲/۷ درصد از تعداد این ایستگاه‌ها کم شده‌است. ولی تعداد ایستگاه‌های با دمای کمتر از ۱۰- به ۴۱ ایستگاه رسیده که تغییر چندانی نسبت به روز قبل نشان نمی‌دهد.

در روز ۲۴ آذر تعداد ایستگاه‌های با دمای صفر تا ۵- به ۸۱ (۳۵/۸ درصد کل) ایستگاه رسیده‌است. که نسبت به روزهای قبل بالاترین فراوانی را دارد. در مقابل از فراوانی ایستگاه‌های با دمای ۵- تا ۱۰- درجه سلسیوس باز هم کم شده و به ۵۳ عدد رسیده‌است. از تعداد ایستگاه‌های با دمای کمتر از ۱۰- نیز به شدت کم شده و به ۱۰ عدد رسیده‌است.

در روز ۲۵ آذر که موج سرما از کشور خارج شده‌است، تعداد ایستگاه‌های با دمای صفر تا ۵- به ۵۶ ایستگاه (۲۴/۸ درصد کل) و تعداد ایستگاه‌های دارای دمای ۵- تا ۱۰- به ۹ (۴ درصد) رسیده و هیچ ایستگاهی دمای کمتر از ۱۰- نداشته‌است.

جدول ۲ فراوانی ایستگاه‌ها بر اساس شدت سرما

| شماره ردیف | تعداد/دما   | روز ۲۰ | روز ۲۱ | روز ۲۲ | روز ۲۳ | روز ۲۴ | روز ۲۵ |
|------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ۱          | ۰ تا ۵-     | ۷۰     | ۵۳     | ۴۶     | ۵۱     | ۸۱     | ۵۶     |
| ۲          | درصد        | ۳۰/۸   | ۲۳/۳   | ۱۹/۷   | ۲۲/۷   | ۳۵/۸   | ۲۴/۸   |
| ۳          | ۵- تا ۱۰-   | ۱۷     | ۶۹     | ۸۳     | ۷۴     | ۵۳     | ۹      |
| ۴          | درصد        | ۷/۵    | ۳۰/۴   | ۳۵/۶   | ۳۲/۹   | ۲۳/۴   | ۴      |
| ۵          | کمتر از ۱۰- | ۱      | ۲۶     | ۴۱     | ۴۱     | ۱۰     | ۰      |
| ۶          | درصد        | ۰/۴    | ۱۱/۵   | ۱۷/۶   | ۱۸/۲   | ۴/۴    | ۰      |

## تحلیل سینوپتیکی موج سرما

برای تحلیل سینوپتیکی موج سرما نقشه سینوپتیکی چهار تراز: سطح زمین، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای ۲۰ تا ۲۵ آذر ماه مورد توجه بوده است. ولی بدلیل حجم زیاد نقشه‌ها فقط نقشه سه روز ۲۳ تا ۲۵ بعنوان روزهای بالاترین حد گسترش موج سرما و شرایط سینوپتیکی منجر به خروج سرما از کشور آمده است. بعد از عبور سامانه ناپایدار از روی کشور که منجر به ایجاد بارش‌های پراکنده‌ای در طی روزهای ۱۹ و ۲۰ آذر در برخی از قسمت‌های کشور، بخصوص در سواحل شمالی کشور گردید. سلول واچرخند مهاجری بر روی شرق اروپا و شمال دریای سیاه مستقر بوده که در طی روزهای بعد با سلول واچرخند سیبری که در اطراف دریاچه بایکال بسته شده بود ادغام شده و مرکز واچرخند قوی با فشار مرکزی بیش از ۱۰۶۰ هکتوپاسکال در این منطقه شکل گرفته است. در ترازهای بالاتر نیز با انتقال ناوه روی ایران و دریای خزر که تا جنوب مسکو نیز ادامه داشت، به سمت شرق، پشته عمیقی که بر روی شرق مدیترانه قرار داشت به سمت شرق جابجا شده و به تدریج بر روی ایران قرار گرفته است. از روز ۲۰ آذر بتدریج زبانه جنوبی سلول واچرخندی سیبری از سمت شمال شرق وارد ایران شده و با سلول واچرخندی روی عربستان ادغام شده است. این شرایط تا روز ۲۵ آذر ادامه داشته و سبب ریزش هوای بسیار سردی بر روی ایران شده است. شرایط سینوپتیکی حاکم در روزهای ۲۳ تا ۲۵ به شرح زیر بوده است.

## شرایط سینوپتیکی حاکم در روز ۲۳ آذر ماه ۱۳۸۲

### سطح زمین

شکل (۱) شرایط سینوپتیکی حاکم در روز ۲۳ آذر ماه را نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود در این روز زبان‌های از سلول واچرخندی روی سیبری و از سمت شمال شرق بر روی ایران گسترش پیدا کرده و تمام ایران را فرا گرفته است. به طوری که منحنی همفشار ۱۰۲۵ هکتوپاسکال بجز سواحل جنوبی کشور بقیه نقاط کشور را در بر گرفته است. منحنی همفشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکال که نشان‌دهنده پیشانی نفوذ واچرخند سیبری بر روی ایران در این فصل می‌باشد، با راستای شمالی - جنوبی از روی افغانستان و پاکستان وارد دریای عمان و سپس در امتداد سواحل خلیج فارس وارد کویت شده و پس از عبور از شمال شرق عربستان، اردن و سوریه وارد کشور ترکیه شده است. به این ترتیب هوای سرد جنب قطبی (عرض‌های ۶۰ تا ۶۵ درجه) توسط جریانات شمال، شمال شرقی بر روی ایران ریزش کرده و دمای هوا را به شدت کاهش داده است. با نفوذ بیش از حد زبانه سرد بر روی ایران دمای هوا در شهرهای جنوبی نیز بشدت کاهش یافته است. به طوری که دمای هوا در این روز در کرمان تا ۱۲/۶-، زاهدان ۱۲/۱-، زابل ۶- و حتی در چابهار تا ۹/۸ درجه سانتی‌گراد افت کرده است. همان طور که بر روی نقشه نیز مشخص است تمام ایستگاه‌هایی که بالاتر از منحنی ۱۰۳۰ هکتوپاسکال قرار گرفته‌اند دمای کمتر از صفر داشته‌اند.

### تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

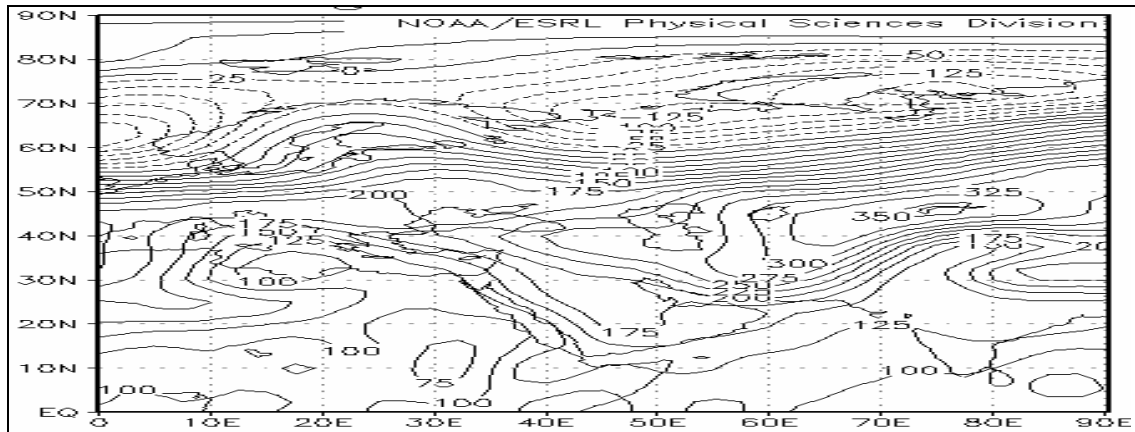
شکل (۲) شرایط سینوپتیکی حاکم در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد. در این تراز مرکز ارتفاع زیادی با منحنی ۱۶۰ ژئوپتانسیل دکامتر بر روی استان یزد و جنوب غرب خراسان و سمنان (در موقعیتی بالاتر از واچرخند سطح زمین) بسته شده است. منحنی ۱۵۶ ژئوپتانسیل این مرکز ارتفاع زیاد تقریباً تمام ایران و عربستان را فرا گرفته است. مکانیسم چرخش حاکم بر این سامانه سبب تشدید جریانات شمال - شمال غربی بر روی ایران شده است. به این ترتیب فرارفت هوای سرد عرض های بالاتر بر روی ایران تشدید شده است.

### تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال

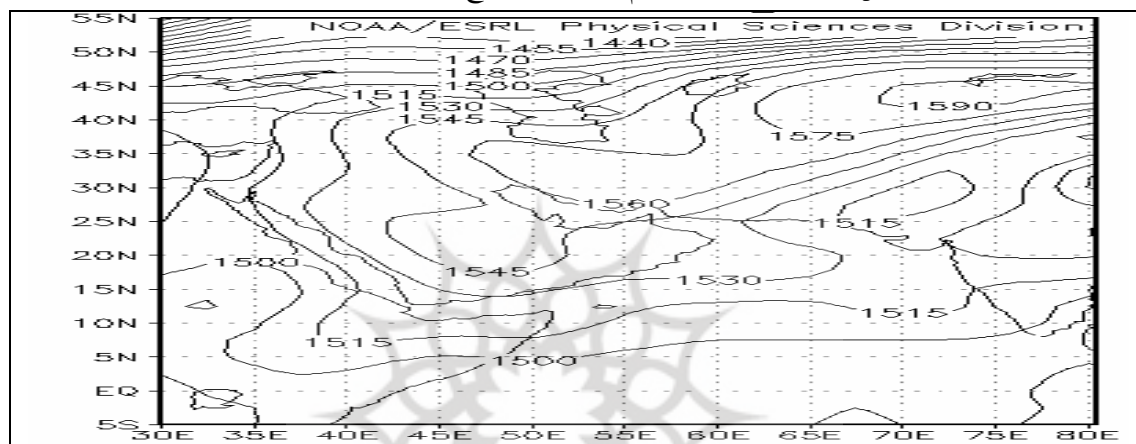
شکل (۳) شرایط سینوپتیکی حاکم در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال را بر روی ایران را نشان می‌دهد. در این تراز مرکز ارتفاع زیادی با منحنی ۳۲۴ ژئوپتانسیل دکامتر در موقعیت ۲۵ درجه شمالی (بر روی مکه) بسته شده است. پشته این مرکز در امتداد شمال غربی محدوده بین غرب ارتفاعات زاگرس تا شرق قبرس و از سمت شمال تا ترکیه را فرا گرفته است. به این ترتیب کشور ایران در دامنه شرقی این پشته قرار گرفته و به دلیل غلبه جریانات سرد شمال - شمال غربی و فرارفت هوای سرد تراز میانی بر روی ایران هوای سردی را حاکم کرده است.

### تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

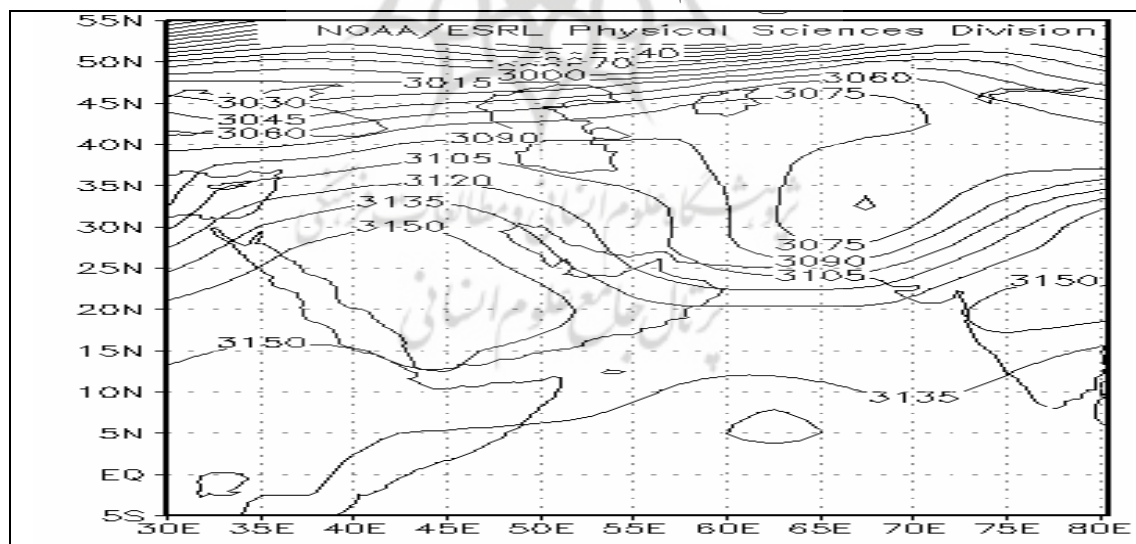
شکل (۴) شرایط سینوپتیکی حاکم در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را در این روز نشان می‌دهد. شرایط سینوپتیکی حاکم در این تراز نیز شباهت زیادی با شرایط سینوپتیکی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال دارد. در این تراز نیز پشته عمیقی در امتداد جنوب شرقی - شمال غربی شمال عربستان تا شمال دریای سیاه را فرا گرفته است. ایران در دامنه شرقی پشته قرار گرفته و تشدید جریانات شمال - شمال شرقی بر روی ایران سبب شده است. ناوه عمیقی بر روی افغانستان و پاکستان شکل بگیرد. تزریق تاوایی از ترازهای بالاتر به درون ناوه سبب شده است. ناوه گسترش غیر هنجاری در این منطقه به عرض های پائین تر پیدا کند. به طوری که انتهای ناوه تا نزدیک عرض ۱۲ درجه شمالی گسترش پیدا کند. به این ترتیب جریانات سرد تا جنوب شرق ایران نیز تداوم دارد.



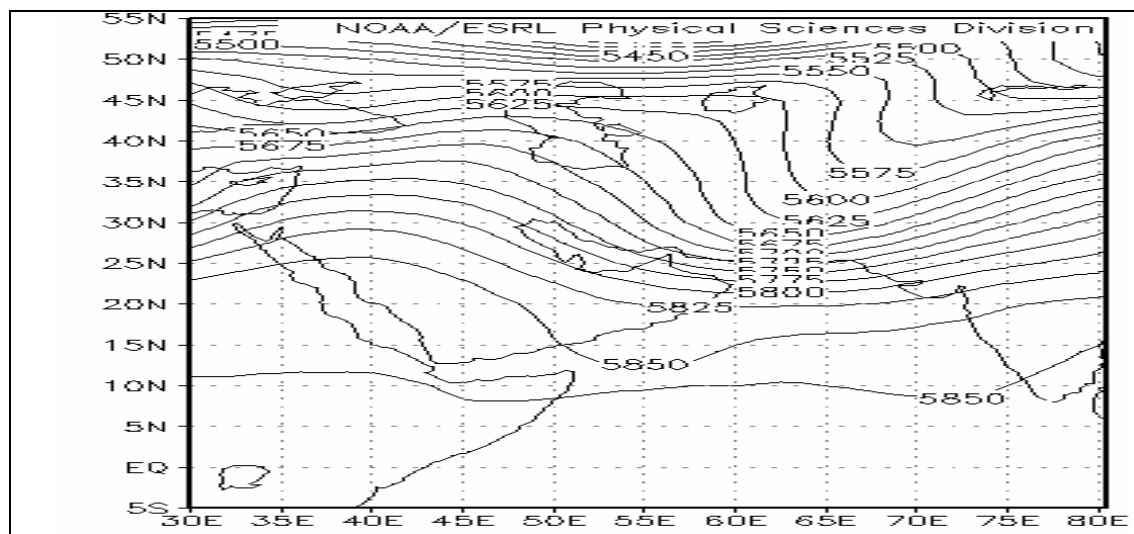
شکل ۱ شرایط سینوپتیکی حاکم بر روی نقشه سطح زمین روز ۲۳ آذر ماه ۱۳۸۲



شکل ۲ شرایط سینوپتیکی حاکم بر روی نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۲۳ آذر ماه ۱۳۸۲



شکل ۳ شرایط سینوپتیکی حاکم بر روی نقشه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال روز ۲۳ آذر ماه ۱۳۸۲



شکل ۴ شرایط سینوپتیکی حاکم بر روی نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۲۳ آذر ماه ۱۳۸۲

### شرایط سینوپتیکی حاکم در روز ۲۴ آذر ماه

#### سطح زمین

شکل (۵) نقشه سطح زمین روز ۲۴ آذر را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود پهنه گسترش منحنی هم‌فشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکال نسبت به روز قبل کمتر شده و به سمت عرض‌های بالاتر عقب نشینی کرده است. با این همه بجز سواحل شمالی ایران سایر نقاط کشور تحت تأثیر واچرخند سیبری قرار دارد. در این روز تمام شهرهایی که بالاتر از منحنی ۱۰۲۵ هکتوپاسکال قرار دارند دمای زیر صفر درجه را تجربه کرده‌اند. در این روز بیشترین ریزش هوای سرد در شمال شرق کشور صورت می‌گیرد.

مناطق که بالاتر از منحنی ۱۰۳۰ هکتوپاسکال قرار گرفته‌اند (بخش اعظم استان خراسان و سمنان)، هوای بسیار سردی را دریافت کرده‌اند. به این ترتیب با وجود این که از پهنه سرما تا حدودی کاسته شده است. ولی بخش عمده‌ای از کشور تحت تأثیر هوای سرد سیبری قرار دارد. پدیده قابل توجه در این روز گسترش توده هوای گرمی از روی شمال شرق آفریقا در امتداد شمال شرقی می‌باشد که با منحنی ۱۰۱۰ هکتوپاسکال همراهی می‌شود. در صورت وجود شرایط مناسب در ترازهای میانی در روزهای آینده می‌تواند باعث تعدیل هوا در طی روزهای آتی شده و از شدت سرما بکاهد.

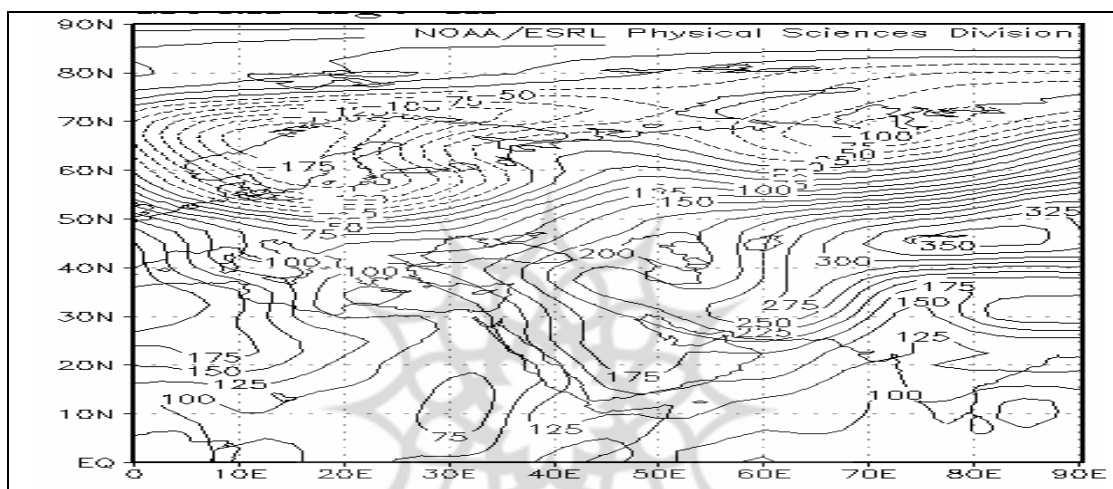
#### تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

شکل (۶) شرایط سینوپتیکی حاکم در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را در روز ۲۴ آذر نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مرکز ارتفاع زیاد نسبت به روز قبل حدود ۴ ژئوپتانسیل دکامتر ضعیف شده و با منحنی ۱۵۶ ژئوپتانسیل دکامتر بسته شده است. این مرکز ارتفاع زیاد نیمه جنوبی ایران و بخش‌هایی از عربستان را تا شمال ریاض در بر می‌گیرد. در این روز در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال قطاع سردی نیمه جنوبی دریای خزر و بخش‌های از

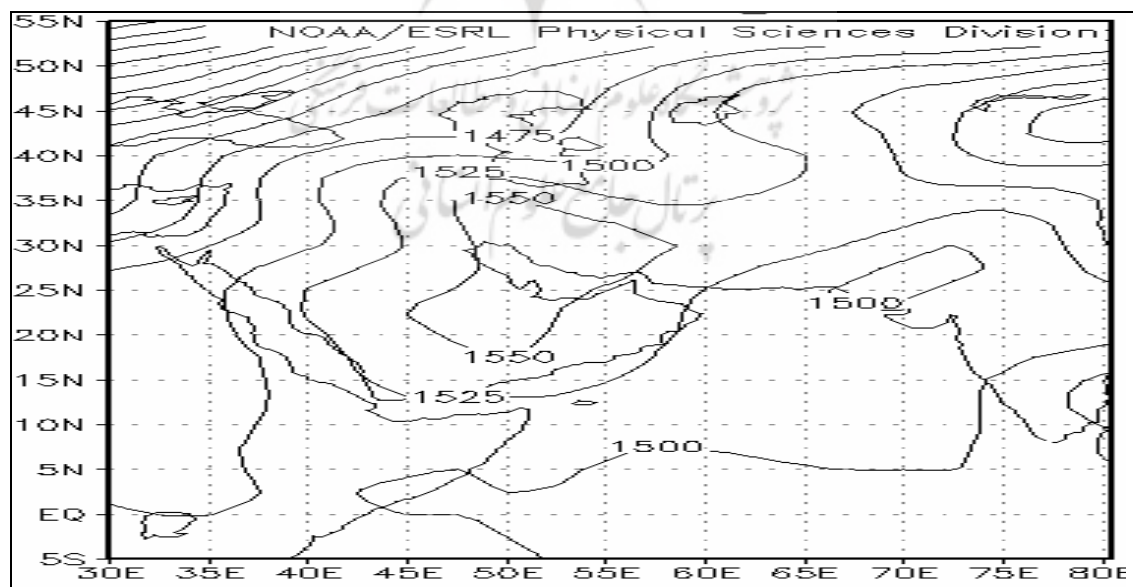
استان‌های گیلان، مازندران، گلستان، خراسان، سمنان، تهران، مرکزی، اصفهان و قزوین را در بر گرفته است. قطاع گرمی نیز بخش غربی عربستان، اردن، مصر و سودان را فرا گرفته و در حال گسترش به سمت شمال شرق می‌باشد.

### تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

شکل (۷) شرایط سینوپتیکی حاکم در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد. در این تراز پشته نسبت به روز قبل قدری به سمت شرق جابجا شده است، ولی بجز بخش‌هایی از شمال غرب سایر نقاط هنوز در دامنه شرقی پشته قرار داشته و فرارفت هوای سرد بر روی ایران حاکم است.

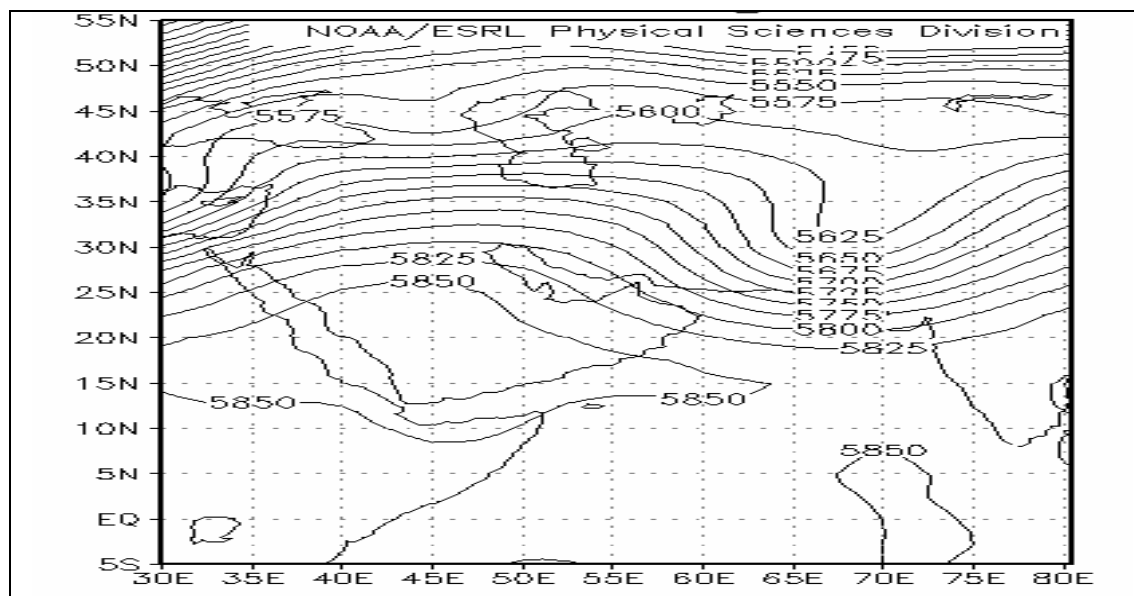


شکل ۵ شرایط سینوپتیکی حاکم بر روی نقشه سطح زمین روز ۲۴ آذر ماه ۱۳۸۲



شکل ۶ شرایط سینوپتیکی حاکم بر روی نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۲۴ آذر ماه ۱۳۸۲





شکل ۷ شرایط سینوپتیکی حاکم بر روی نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۲۴ آذر ماه ۱۳۸۲

### شرایط سینوپتیکی حاکم در روز ۲۵ آذر ماه

در این روز با حرکت رو به شرق پشته موجود بر روی ایران و زبانه واچرخند سبیری، ناوه بسیار عمیقی که بر روی شرق مدیترانه و شمال آفریقا تشکیل شده است و در حال گسترش به سمت ایران می باشد. غرب ایران در دامنه فعالیت های شارش ناپایدار جو میانی قرار گرفته و با همرفت هوای گرم عرض های پایین بر روی غرب و جنوب غرب ایران و زبانه پر فشار سبیری نیز در سطح زمین از ایران عقب نشینی کرده به طوریکه منحنی هم فشار ۱۰۲۰ از غرب، جنوب و جنوب غرب ایران خارج شده و بر روی شمال عربستان سلول پر فشاری با منحنی ۱۰۲۰ هکتوپاسکال و سلول دیگری با منحنی ۱۰۲۵ هکتوپاسکال بخش هایی از شمال شرق ایران و جمهوری ترکمنستان را در بر گرفته است. منحنی هم فشار ۱۰۱۵ هکتوپاسکال که در این فصل به عنوان پیشانی کم فشار سودان قلمداد می شود در حال گسترش به سمت شمال و شمال شرق می باشد.

منحنی هم فشار ۱۰۱۵ هکتوپاسکال با راستای جنوبی - شمالی در امتداد نصف النهار ۴۳ درجه از خلیج عدن وارد عربستان شده و تقریباً در امتداد همین نصف النهار تا شمال ارمنستان ادامه می یابد و سپس به سمت غرب تغییر مسیر داده و پس از عبور از دریای سیاه و اژه وارد شرق مدیترانه شده و تا غرب مصر ادامه می یابد. اشکال ۸ و ۹ شرایط سینوپتیکی حاکم در ترازهای سطح زمین و ۵۰۰ هکتوپاسکال این روز را نشان می دهد.

### بحث و نتیجه گیری

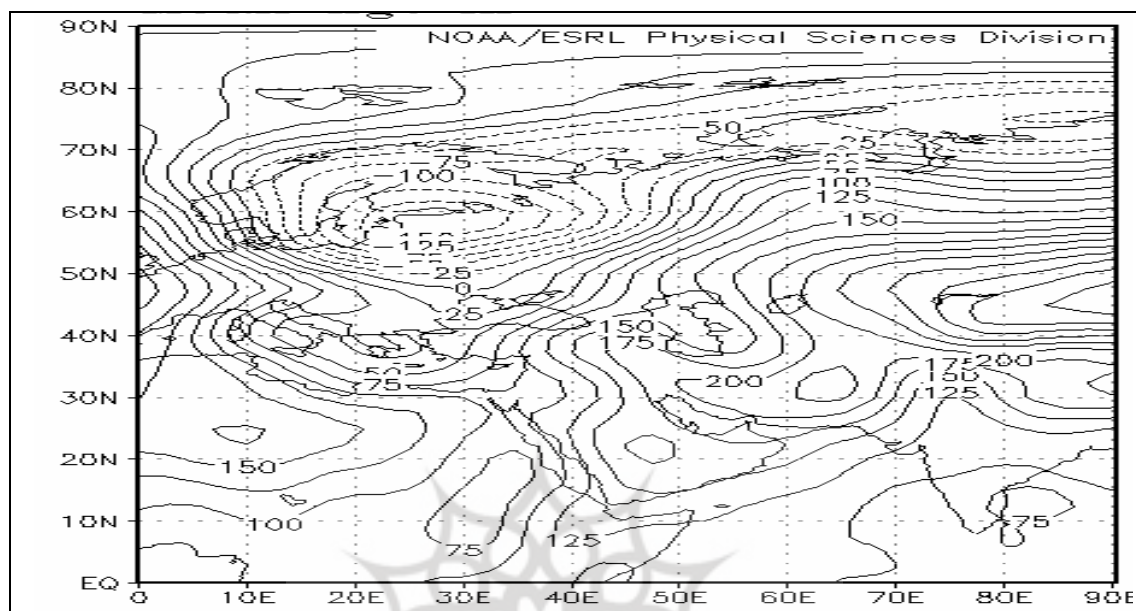
همان طور که ملاحظه شد هماهنگی و انطباق سامانه ها در ترازهای زیرین و میانی جو سبب شده سرمای فراگیری بخش اعظم کشور را فرا گیرد. عامل اصلی افت شدید دما، نفوذ زبان های از سلول پر فشار سبیری که در اطراف دریاچه بایکال شکل گرفته است، می باشد. در این الگو پر فشار سبیری در امتداد شمالی - جنوبی گسترش پیدا



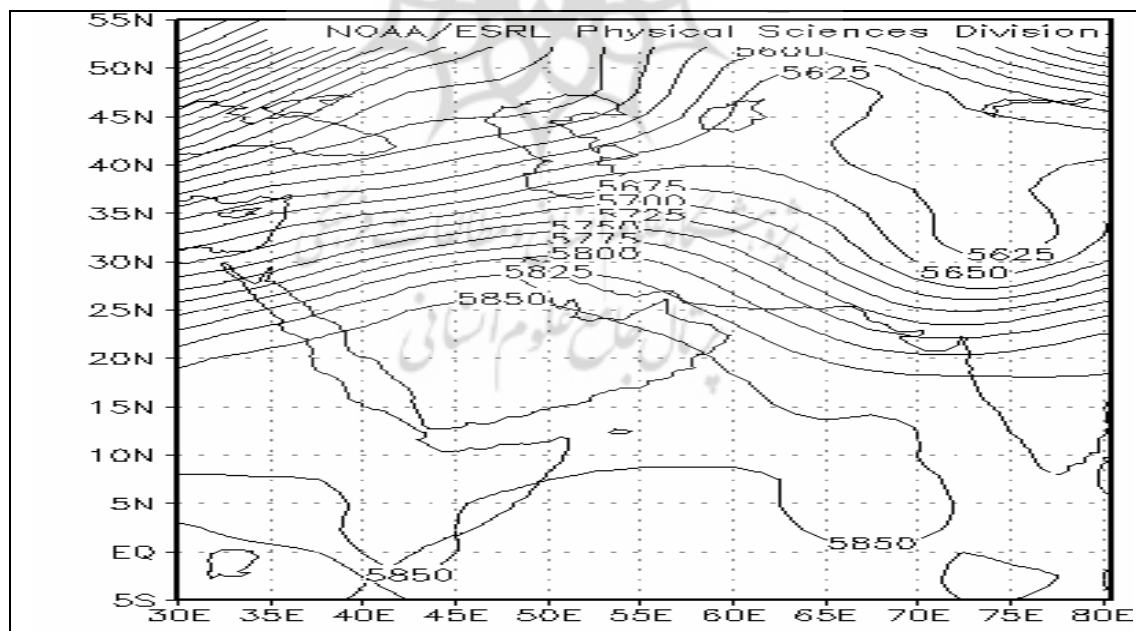
کرده و به دلیل ریزش هوای بسیار سرد از عرض‌های شمالی، زبانه جنوبی این پرفشار گسترش قابل ملاحظه‌ای بر روی ایران و عربستان داشته و دمای هوا را در منطقه وسیعی به زیر صفر برده است. با گسترش زبانه پرفشار سبیری به سمت غرب و جنوب غرب و عبور هوا از روی ارتفاعات زاگرس بر اثر نزول دینامیکی هوا تعدیل شده و سبب شده است از شدت سرمای آن کاسته شود. همان طور که ملاحظه می‌شود دمای هوا در ایستگاه‌های غرب و جنوب غربی همچون خرم آباد، یاسوج، کرمانشاه و ایلام افت بسیار کمی را نشان می‌دهد. به طوریکه دمای هوا در خرم آباد به کمتر از  $2/7$ - در یاسوج به کمتر از  $4$ - در کرمانشاه کمتر از  $6$ - و ایلام به کمتر از  $2/4$ - درجه سانتی‌گراد نزول کرده. در صورتی که دمای هوا در همین زمان در ایستگاه‌هایی همچون قاین به  $18/2$ - بجنورد  $13$ - قوچان  $14/8$ - بیرجند  $14/8$ - زاهدان  $12/1$ - و چابهار در جنوبی‌ترین نقطه کشور به  $9/8$  درجه سانتی‌گراد رسیده است. در تراز  $700$  و  $500$  هکتوپاسکال مرکز ارتفاع زیادی از قبل از شروع موج سرما بر روی شرق اروپا قرار داشت که در روزهای بعد در محدوده بین شمال غرب دریای خزر و شرق اوکراین قرار گرفت. این پدیده سبب بلوکه شدن ناوه بر روی شرق ایران و افغانستان شده و به دلیل حرکت کند این ناوه ایران برای مدت طولانی‌تری تحت تأثیر منطقه همگرایی بالائی غرب ناوه (شرق پشته روی عراق و شرق مدیترانه) قرار گرفت. از طرفی بر اساس تئوری برگنس هلمبو برای فاصله معینی از خطوط هم‌فشار در یک عرض معین باد گرادیان در اطراف یک مرکز کم فشار کمتر از باد زمینگردوار است. در صورتی که اندازه باد گرادیان در اطراف پرفشار بزرگتر می‌باشد. به سبب تأثیر انحناء انتظار می‌رود که در قسمت شرق زبانه کم فشار (ناوه) کاهش فشار صورت گیرد. در صورتی که در قسمت شرق زبانه پرفشار افزایش فشار به وقوع پیوندد. در این حالت انتظار می‌رود که موج سینوسی مزبور به سوی شرق حرکت کند و جریان‌های غربی را بوجود آورد.

دومین اثر ناشی از عرض جغرافیائی است. اگر تمام کمیت‌های دیگر در تعادل باد گرادیان و زمینگردوار یکسان در نظر گرفته شود ولی عرض جغرافیائی افزایش یابد تندی باد زمینگردوار و باد گرادیان کاهش می‌یابد. تندی باد به طور معکوس با عرض جغرافیائی تغییر می‌کند. بر اساس تأثیر عرض جغرافیائی توزیع تندی باد در اطراف یک سیستم سینوسی اثر انحناء برای سرعت‌های کم، طول موج بلند و دامنه ثابت بسیار کم است. ولی اثر عرض جغرافیائی زیاد خواهد بود. در نتیجه موج به سوی غرب حرکت می‌کند برای سرعت‌های متوسط و زیاد طول موج‌های متوسط و کوتاه و دامنه معینی از یک موج سینوسی انحناء خیلی بیشتر از اثر عرض جغرافیائی است. و موج به طرف شرق حرکت خواهد کرد. بر این اساس اگر تندی باد در اطراف موج سینوسی برای هر طول موج مشخص به اندازه معین بحرانی برسد، موج حالت نیمه ساکن می‌یابد و یا قدری به سوی غرب برگشت می‌کند. به این ترتیب اگر سطح انتقالی از واگرایی سطوح بالا با سطح همگرایی لایه زیرین جو که آن را سطح ناواگرا گویند در ارتفاع پائین قرار داشته باشد طرح و الگوی ارتفاع بالا گسترش و اثر بیشتری دارد و در تمام لایه به سوی شرق حرکت می‌کند. اگر سطح ناواگرا در ارتفاعات بالا قرار داشته باشد طرح و الگوی لایه پائین دارای گسترش بیشتری نسبت به سطوح بالاست و اثر آن نیز بیشتر خواهد بود که در این صورت سیستم به سمت غرب منتقل می‌شود. همان طور که در تحلیل‌های سینوپتیکی نیز ملاحظه شد ناوه حاکم بر روی ایران از روز ۲۲ آذر ماه بتدریج با غلبه جریانات شمال-شمال شرقی بیش از پیش به سمت عرض‌های پائین گسترش یافته.

به طوری که انتهای جنوبی ناوه در روزهای ۲۳ تا ۲۵ آذر ماه تا جنوب دریای عرب و شمال خلیج عدن گسترش پیدا کرده است. در نتیجه در اثر غلبه اثر عرض جغرافیایی بر اثر انحناء ناوه در طی روزهای فوق به حالت ساکن در آمده و موج سرما مدت طولانی تری بر روی ایران تداوم پیدا کرده است.



شکل ۸ شرایط سینوپتیکی حاکم بر روی نقشه سطح زمین روز ۲۵ آذر ماه ۱۳۸۲



شکل ۹ شرایط سینوپتیکی حاکم بر روی نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۲۵ آذر ماه ۱۳۸۲

## منابع

- براتی، غلامرضا، ۱۳۷۵، طراحی و پیش‌بینی الگوهای سینوپتیکی یخبندان های بهاره در ایران، رساله دکتری اقلیم‌شناسی، تهران، به راهنمایی: دکتر بهلول علیجانی، دانشگاه تربیت مدرس.
- عزیزی، قاسم، ۱۳۸۳، ارزیابی سینوپتیکی یخبندان های فراگیر بهاری در نیمه غرب ایران، مجله مدرس، تهران، ۸(۱) پیاپی ۳۲. صص ۹۹-۱۱۶.
- علیجانی، بهلول، ۱۳۶۹، چگونگی تشکیل فرابار سیبری و اثرات آن بر اقلیم شرق ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیائی، سال پنجم، شماره ۱۷. صص ۴۱-۵۱.
- کمالی، غلامعلی، ۱۳۸۱، سرماهای زیان بخش به کشاورزی ایران در قالب معیارهای احتمالاتی، فصلنامه تحقیقات جغرافیائی، شماره ۶۳-۶۴. صص ۱۶۵-۱۴۹.
- هژبریور، قاسم. علیجانی، بهلول، ۱۳۸۶، تحلیل هم‌دید یخبندان های استان اردبیل، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰، صص ۱۰۶-۸۹.
- عزیزی، قاسم، یوسفی، حسن، ۱۳۸۴، زمان‌یابی ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر، مجله مدرس، شماره ۶۳-۶۴. صص ۱۶۵-۱۴۹.
- Avisar, R. & Y. Mahrer, 1978. Mapping frost - sensitive areas with a three-dimensional local- scalar numerical model. Part I: Physical and numerical. J. Applied Meteorol. 27:400-413.
- Bryson, R.A. 1996. Air masses stream lines and the boreal drought "Geographical Bulletin, vol.8, pp.228-269.
- Caprio .J. M. 1961. A rational approach to the mapping of freeze dates, Bull. Amer. Meteor, 13:339-348.
- 10- Ding, Y and T.N. Krishnamurti, 1987. Heat budget of the Siberian High and winter Monsoon, Monthly weather Review, vol.115.
- during the cold season. Monthly weather review. 99(8), station. Meteorology: Jerusalem (Mpnson):pp.183-305.
- Kalkstein, L. S and Corrigan, P. 1986. Synoptic climate logical approach for environmental analysis: assessment of sulfur dioxide concentrations; Ann. Assoc. AM. Vol. 76, pp. 381-395.
- Kalkstein, L.S. 1987. Evolution of three clustering procedures for use in synoptic climate logical classification, journal climate and applied meteorology, vol.26, pp, 381-395.
- Kalkstein, L.S. 1998. Determination of character and frequency change in air masses using spatial synoptic classification, International journal of climatology; vol. 18. pp, 1223-1236.
- Kajfez, B.I. 1989. Early autumn frost in upper Carniola Slovenia. Zbornik, Biotehniške Univerze 9yO GOLAVIA0.53:19-26.
- Laughlin, J.P & J.D. Kalma. 1987. Frost hazard assessment from local weather and terrain data. Agricultural and frost Meteorol. 40:1-16.
- Marshal, J, MC Foreland, 2002. Useful relationships between 500mb features and major freeze event in the lower Rio Grand valley of Texas" Environmental studies service center, Texas university collage
- Takahashi, H. 1990. Migration of the cold air mass related to rain belt formation of the Chinese Continent and atmospheric circulation system during the baiu season, (in Japanese); geographic Review of Japan; series A; 64(10).
- Thom, H.C.S. 1959. The distribution of freeze-data and freeze free period for climatologically series with freeze less years, Monthly weather review. April (1959); 136-144.
- Vestal, C.K. 1971. First and last occurrences of low temperatures during the cold season. Monthly weather review. 99 (8).
- Vithkevich, V.I; 1963. Agricultural Meteorology; Jerusalem(Mpnson); PP. 183-305.
- Watkis, S. C. 1991. The annual period of freezing temperatures in Centuria England, 1850-1959, Inter. J. Climatol ,11(8):889-896.
- Waylen, P.R. 1988. Statistical analysis of freezing temperatures in Centuria and Southern Florida. J. Climatol. 8(6):607-628.
- WMO, 1963. Protection. Against frost damage, no. 133. tp.600.