

بررسی همدید وسیع‌ترین و مستمرترین یخبندان ایران

در دوره ۱۹۶۳-۲۰۰۴

پیمان محمودی^{۱*}، محمود خسروی^۲، سید ابوالفضل مسعودیان^۳، بهلول علیجانی^۴

- ۱- استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
- ۲- دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
- ۳- استاد اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
- ۴- استاد اقلیم‌شناسی و مدیر قطب علمی تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران

چکیده

براساس یک اصل مکانی روزهایی که ۶۵ درصد و بیشتر از مساحت ایران دمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد داشته‌اند به عنوان روزهای همراه با یخبندان فراگیر تعریف شدند. براساس این اصل مکانی مشاهده شد که در سال ۱۹۶۳-۱۹۶۴ یک تداوم ۳۷ روزه از یخبندان‌های فراگیر از تاریخ ۲۶ دسامبر ۱۹۶۳ تا ۲ فوریه ۱۹۶۴ رخ داده است که در طول دوره مورد مطالعه (۱۹۶۳-۲۰۰۴) در نوع خود منحصر به فرد بوده است. علاوه بر این در طول این دوره ۳۷ روزه، فراگیرترین یخبندان ایران (۹۰ درصد و بیشتر از مساحت ایران) از تاریخ ۲۰ تا ۲۴ ژانویه ۱۹۶۴ به وقوع پیوسته است. در این مقاله به طور کلی الگوهای همدید این ۳۷ روز و به طور خاص الگوهای همدید آن پنج روز که دارای فراگیرترین یخبندان‌های ایران بودند بررسی شد.

با بررسی روز به روز نقشه‌های سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین مشاهده گردید که در طول این ۳۷ روز در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و بر روی اروپا یک سیستم پراارتفاع که در واقع یک سیستم بندالی امگایی شکل می‌باشد حاکمیت داشته است. موقعیت این سامانه بندالی و نقشی که این سیستم در منحرف کردن امواج غربی از مسیر اصلی خود به سوی ایران داشته است مهمترین بازیگر سطح فوقانی در ایجاد یخبندان‌های فراگیر این دوره بوده است. به طوریکه موقعیت ناوه‌های شرقی ایجاد شده توسط این پشته و ریزش هوای سردی که از قطب به سمت ایران صورت می‌گیرد مسبب این نوع از یخبندان‌های فراگیر در ایران در سطوح فوقانی می‌باشند. در سطح زمین نیز همواره یک سیستم پرفشار بر روی اروپا و یک سیستم دیگر بر روی آسیا در طول این ۳۷ روز حاکم بوده است که در بیشتر روزها با یکدیگر ادغام شده و یک نوار بسیار طویل پرفشار از شرق آسیا تا غرب اروپا را تشکیل می‌دادند.

واژگان کلیدی: ایران، یخبندان فراگیر، سامانه بندالی، تداوم یخبندان، تحلیل همدید

مقدمه

حالات مختلف دما نوع تاثیرات آن بر محیط را تعیین می‌کند. یکی از حالات بسیار مهم، قابل توجه و مؤثر دما پدیده یخبندان است. این پدیده بر اثر نزول دما به آستانه‌های بحرانی ایجاد و در صورت شدید و طولانی بودن آن می‌تواند خسارات زیادی را به فعالیت های اقتصادی یک کشور وارد نماید (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۰). لذا مطالعه جنبه‌های مختلف این پدیده همواره مورد توجه و اقبال محققین پرشماری بوده است. به طوریکه بعضی از محققین جنبه‌های آماری ویژگی های یخبندان‌ها را مورد توجه قرار داده‌اند (تام و شاو، ۱۹۵۸؛ روزنبرگ و مایرز، ۱۹۶۲؛ لاگلین، ۱۹۸۲؛ اشمیدلین، ۱۹۸۶؛ ویلن، ۱۹۸۸؛ بوئر و همکاران، ۱۹۹۳؛ کوتیر و لیدوک، ۱۹۹۵؛ بلینو و پرسون، ۱۹۹۸؛ مدلین و بلتراند، ۲۰۰۵ و رحیمی و همکاران، ۲۰۰۷) و برخی دیگر پیش‌بینی دقیق این پدیده را مهم دانسته و به مطالعه آن پرداخته‌اند (مورت و رایینسون، ۱۹۹۶؛ فیگورولا و ماتزو، ۱۹۹۷؛ جین و همکاران، ۲۰۰۳؛ گیلیمی و اکسل، ۲۰۰۶؛ فرج زاده و همکاران، ۲۰۱۰). اما جنبه‌های همدیدی وقوع این پدیده هیچگاه از دید اقلیم‌شناسان همدید پنهان نبوده و در قالب مطالعات موردی و منطقه‌ای بسیار مورد توجه قرار گرفته است. به طوریکه کاسومونس و همکاران (۱۹۹۷) در یک مطالعه موردی یخبندان آخر ماه مارس ۱۹۹۴ را که در یک ناحیه مهم کشاورزی در مقدونیه مرکزی رخ داده بود با استفاده از یک مدل عددی سه بعدی شبیه سازی کردند و در نهایت وجود یک جریان ضعیف باد ناشی از یک گردش آنتی سیکلونی و وجود یک گرادیان ضعیف فشار در منطقه را عامل به وجود آورنده این یخبندان تشخیص دادند. مولر و همکاران (۲۰۰۰) نیز نشان دادند که فراوانی یخبندان‌های ناحیه وت پامپاس در آرژانتین دارای تغییرات سال به سال زیادی است که بخشی از این تغییرات را می‌توان توسط تغییرات گردش جوی در طول زمان وقوع رخداد ال نینو - نوسان جنوبی توجیه کرد. همچنین مولر و همکاران (۲۰۰۳) به منظور یافتن الگوهای گردشی مرتبط با یخبندان‌های ناحیه وت پامپاس در آرژانتین، ابتدا یخبندان‌ها را در طول زمستان‌های ۸۳-۱۹۷۲ به یخبندان‌های نیمه فراگیر (ثبت شده در ۲۵ تا ۷۵ درصد ایستگاه های هواشناسی) و فراگیر (ثبت شده در بیش از ۷۵

درصد) تقسیم‌بندی نمودند. سپس روزهای یخبندان را به سه گروه سال های بدون پدیده، ال نینو و لائینا گروه‌بندی کردند. در ادامه هر گروه را با استفاده از تحلیل مؤلفه مبنا با استفاده از رویکرد مد-T تحلیل کردند و شش حالت همدید برای ۹۴ درصد از واریانس مرتبط با یخبندان‌ها در ناحیه مورد مطالعه به دست آوردند. در نهایت برای هر الگو، یک تیپ همدید مرتبط با یخبندان‌ها در ناحیه وت پامپاس ارائه دادند. تمامی این تیپ ها با آنتی سیکلون های سردی که مسبب ایجاد یخبندان‌های تابشی و/ یا فرارفتی در منطقه می‌شوند مرتبط هستند. رابطه بین تشدید رودبادهای جنب حاره ایی با افزایش فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر در جنوب مرکز آمریکای جنوبی نیز موضوعی است که مورد تایید مولر و همکاران (۲۰۰۵) قرار گرفته است. آنها تشدید این رودباد را مرتبط به تقویت یک گرادیان فشار در منطقه به سبب افزایش در فعالیت امواج روزبای می‌دانند. طبقه بندی اقلیمی-همدید الگوهای گردشی مرتبط با یخبندان‌های فراگیر ناحیه وت پامپاس آرژانتین نیز نشان می‌دهد که مهمترین الگوها توسط اولین (الگوی A)، دومین (الگوی B) و سومین (الگوی C) مؤلفه مبنا معرفی می‌شوند. الگوی A یک سیستم پرفشار را در شمال مدار ۴۰ درجه جنوبی نشان می‌دهد. این سیستم ناشی از سرمایش تابشی بوده و در زمان حاکمیت آن یک گرادیان ضعیف که موجب وزش بادهای ضعیف و شرایط آرام بر روی ناحیه وت پامپاس می‌شود را به وجود می‌آورد. الگوی B نیز شامل یک سیستم پرفشار پشت جبهه ائی است که از سوی قطب به سمت قاره در مدار ۴۰ درجه جنوبی در حال حرکت است. این الگو بادهای جنوب تا جنوب غربی را که سبب یک فرارفت مشخص از هوای بسیار سرد و خشک قطبی بر روی ناحیه مورد مطالعه می‌شوندرا نشان می‌دهد. الگوی C نشان دهنده دو سیستم متفاوت فشاری است. یکی سیستم کم فشار در شرق قاره و دیگری یک سیستم پرفشار در غرب قاره است که از اقیانوس آرام وارد شده و ناحیه وت پامپاس را از جانب غرب، با یک جریان قوی از هوای سرد و خشک جنوبی تحت تاثیر قرار می‌دهد. این وضعیت با یک پشته در تروپوسفر میانی همراه است که به دلیل ایجاد آسمان صاف و تابش شبانه باعث افت دمائی در منطقه می‌شوند (مولر، ۲۰۰۳).

اما مطالعاتی که اختصاصاً جنبه‌های همدیدی مرتبط با یخبندان‌های ایران را مورد توجه قرار داده باشند اندک هستند. براتی (۱۳۷۵) جهت تحلیل و پیش‌بینی الگوهای همدید یخبندان‌های بهاره ایران، ۶۲ مورد یخبندان بهاره را در طی یک دوره ۲۰ سال (۱۳۶۶ - ۱۳۴۷) با استفاده از آمار روزانه ۶۰ ایستگاه هواشناسی انتخاب و سپس آنها را از لحاظ شدت، تداوم و گسترش مکانی تحلیل نمود. نتایج حاصل از مطالعه ایشان نشان داد که غالباً جابجایی سیستم‌های فشار از عرض‌های بالاتر و بر خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت به یخبندان‌های شدید و فراگیر در ایران می‌انجامد در حالیکه جابجایی از عرض‌های پایین‌تر و در جهت حرکت عقربه‌های ساعت به یخبندان‌های ضعیف و نیمه فراگیر منتهی می‌شود. علیجانی و هوشیار (۱۳۸۷) نیز نشان دادند که در ۷۰ درصد از موارد سرماهای شدید در شمال غرب ایران، اکثراً با استقرار یک ناهه عمیق بر روی شمال ایران و قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه در قسمت عقب آن و همچنین وجود یک پرفشار در سطح زمین همراه است. در بقیه موارد سرمایش تابشی سطح زمین عامل اصلی سرماهای شدید می‌باشد. فتاحی و صالحی پاک (۱۳۸۸) نیز با انجام تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای بر روی داده‌های روزانه فشار سطح زمین و تراز ارتفاعی ۵۰۰ هکتوپاسکال، الگوهای همدید یخبندان‌های زمستانه ایران را شناسایی نمودند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تیپ‌های هوای پرفشار اروپای شمالی، پرفشار سیبری و پرفشار اروپای شرقی بیشترین تاثیر را در رخداد یخبندان‌های شدید و فراگیر ایران داشته‌اند، به طوریکه این تیپ‌های هوا جریانات سرد قطبی را از عرض‌های جغرافیایی بالا به سوی عرض‌های پایین منتقل کرده و به دنبال آن یخبندان‌های شدید و فراگیر را به وجود می‌آورند. منتظری و مسعودیان (۱۳۹۰) نیز در جهت شناخت الگوهای فرارفت دمایی ایران در سال‌های سرد به این نتیجه رسیدند که فرارفت‌های دمایی را می‌توان در قالب دو گروه فرارفت-های شرقی ناشی از گسترش فرابار سیبری و فرارفت‌های غربی در نتیجه استقرار بادهای غربی تقسیم بندی نمود. گسترش و تقویت زبانه غربی پرفشار سیبری و اثر آن بر رفتار زمانی و مکانی دماهای حداقل ایران نیز موضوعی است که توسط محققان ایرانی مورد تایید قرار گرفته است (علیجانی،

۱۳۶۹؛ جهانبخش اصل و کرمی، ۱۳۷۸، عزیزی و یوسفی، ۱۳۸۴؛ کاویانی و همکاران، ۱۳۸۶؛ قویدل رحیمی، ۱۳۹۰ الف). قویدل رحیمی و همکاران (۱۳۹۴) ضمن تایید ارتباط معنی‌دار و مستقیم بین الگوی پیوند از دور دریای شمال-دریای خزر با نوسانات دمای حداقل ایران بیان می‌دارند که در فاز مثبت این الگو، ناهه‌ای عمیق بر روی دریای خزر، عراق، ترکیه و ایران و پشته‌ای بر روی دریای شمال و اروپا شکل می‌گیرند که باعث انتقال دماهای سرد نواحی شمال اروپا و شمالگان به سمت ایران می‌شوند. اما در فاز منفی، پشته‌ای بر روی ایران قرار می‌گیرد که باعث ایجاد جوی پایدار با وزش ضعیف مداری و دمای گرم بر روی ایران می‌شود. بررسی وضعیت آرایش ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای ۸۰ روز با دماهای حداقل فراگیر آذربایجان در شمال غرب ایران نشان می‌دهد که در ۷ الگو از ۸ الگوی گردشی شناسایی شده، عامل انتقال و ریزش هوای سرد از عرض‌های جغرافیایی به منطقه آذربایجان، فرودهای بلند و در یک الگو ناهه عمیقی که مانند یک سردچال جوی عمل می‌کند باعث استقرار و استمرار هوای سرد بر روی منطقه آذربایجان شده و دماهای فرین را تولید می‌کند (قویدل رحیمی، ۱۳۹۰ ب). اما در مطالعات موردی که تحلیلی‌های دقیق‌تری از رخداد‌های منحصر به فرد را ارائه می‌کنند (بهیار ۱۳۸۲) وجود یک سامانه پرفشار بر روی سطح زمین و یک افزایش ناگهانی ارتفاع در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را عامل ایجاد سرمادگی ۷ اردیبهشت ۱۳۷۹ شهرستان شهرکرد تشخیص داده است. لشکری (۱۳۸۷) جنبه‌های همدیدی یک موج سرما را که در تاریخ ۱۱ تا ۱۶ دسامبر ۲۰۰۳، ۷۰ تا ۷۵ درصد مساحت ایران را در بر گرفته بود مطالعه کرده است. لشکری و کیخسروی (۱۳۸۹) نیز جنبه‌های همدیدی و دینامیکی موج سرمای ۲۹ دسامبر ۲۰۰۶ تا ژانویه ۲۰۰۷ را که مشکلات بسیار فراوانی را برای زندگی روزمره مردم به وجود آورده بود را مورد توجه قرار داده‌اند. (عزیزی ۱۳۸۳) علت همدیدی وقوع یخبندان‌های فراگیر فصل بهار غرب ایران را وجود یک سیستم کم ارتفاع نسبتاً قوی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در شمال دریای خزر و فرارفت هوای سرد از جانب عرض‌های شمالی‌تر به نیمه غربی ایران در سطح زمین می‌داند. عزیزی و همکاران (۱۳۸۸) نیز علت همدیدی

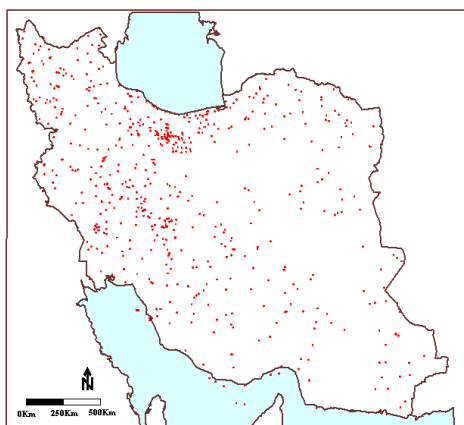
سرمای غیر معمول دی ماه ۱۳۸۶ ایران را ناشی از شکل گیری یک سامانه بندالی بر روی دریای مدیترانه و ریزش هوای سرد عرض های جغرافیای بالاتر توسط جریانات شمالی این سامانه بر روی ایران می دانند.

محققین این مقاله در خلال مطالعاتشان بر روی الگوهای همدید مرتبط با یخبندان های فراگیر ایران شاهد یک وضعیت بی نظیر از تداوم یک دوره بلندمدت یخبندان فراگیر در ایران بودند که تاکنون از دید اقلیم شناسان همدید ایران بدور مانده است و آن تداوم یک دوره ۳۷ روزه از یخبندان های فراگیر از تاریخ ۲۶ دسامبر سال ۱۹۶۳ تا ۲ فوریه ۱۹۶۴ است که در نوع خود در طول دوره ۴۳ سال مورد مطالعه (۱۹۶۳-۲۰۰۴) منحصر به فرد بود. لذا در این مقاله هدف بر این است که شرایط همدیدی این ۳۷ روز در سطوح مختلف جو مورد بررسی قرار گیرد و الگوهای همدیدی آن استخراج شوند.

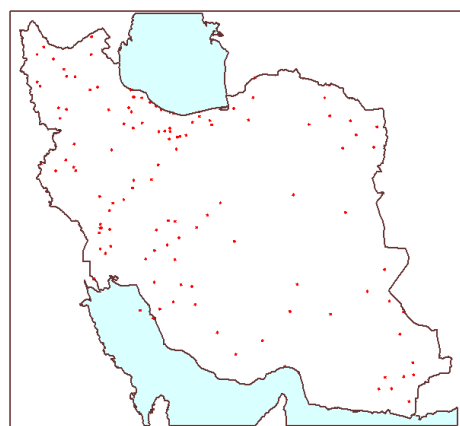
نتایج حاصل از این مطالعه می تواند در جهت شناخت بهتر الگوهای همدیدی یخبندان های فراگیر ایران و در نهایت پیش بینی دقیق تر این مخاطره اقلیمی کمک رسان باشد.

داده ها و روش تحقیق

داده های مربوط به دماهای حداقل روزانه ۶۶۳ ایستگاه هواشناسی همدید و اقلیم شناسی ایران طی بازه زمانی ۲۰۰۴-۱۹۶۲ برای ماه های اکتبر تا آوریل از سازمان هواشناسی کشور اخذ شد. لازم به اشاره است که تعداد ایستگاه ها در هر کدام از سالهای مورد مطالعه متفاوت بوده است به طوریکه تعداد ایستگاه های همدید و اقلیم شناسی در سال ۱۹۶۲، ۱۲۲ ایستگاه (شکل ۱) و در سال ۲۰۰۴، ۶۲۳ ایستگاه (شکل ۲) بوده است.



شکل ۲- موقعیت و پراکنش ایستگاه های همدید و اقلیمی مورد مطالعه در سال ۲۰۰۴ ۶۲۳ ایستگاه



شکل ۱- موقعیت و پراکنش ایستگاه های همدید و اقلیمی مورد مطالعه در سال ۱۹۶۲ ۱۲۲ ایستگاه

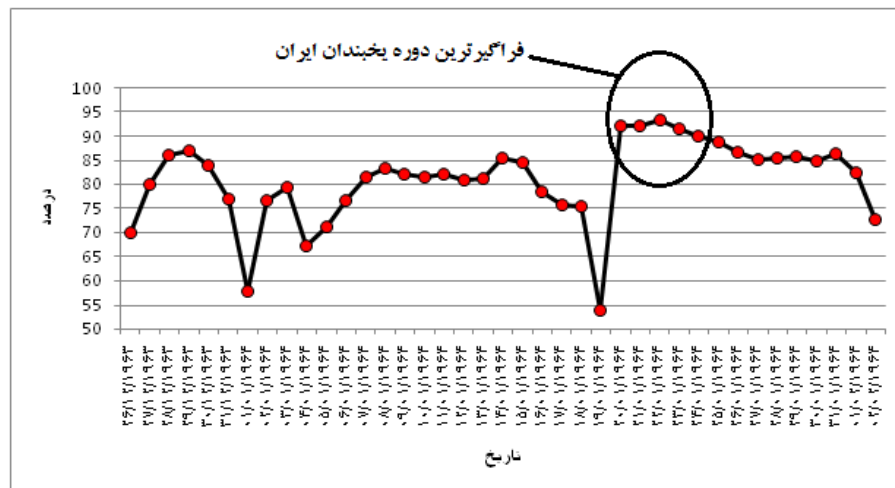
سپس براساس یک آستانه مکانی، یخبندان های فراگیر ایران از دیگر یخبندان ها تفکیک شدند. در اینجا منظور از یخبندان های فراگیر، یخبندان هایی هستند که ۶۵ درصد و بیشتر از مساحت ایران در آن روز زیر دمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد بوده است.

در ادامه برای هر سال نمودار تداوم روزهای همراه با یخبندان های فراگیر ایران رسم شد. با بررسی این نمودارها مشاهده شد که در سال ۱۹۶۴-۱۹۶۳ یک تداوم ۳۷ روزه از یخبندان های فراگیر از تاریخ ۲۶ دسامبر ۱۹۶۳ تا ۲ فوریه

بعد از اخذ داده ها و تشکیل بانک اطلاعاتی آن، برای هر روز از ۱۹۶۲/۱/۱ تا ۲۰۰۴/۱۲/۳۱ یک نقشه همدمای حداقل روزانه با استفاده از روش میانبایی کریگینگ تهیه شد. مجموع نقشه هایی که در این مرحله تهیه شدند به ۹۱۱۶ نقشه رسید. در ادامه مساحتی از ایران را که در هر روز زیر دمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد بوده است به صورت درصد محاسبه شد. اکنون یک سری زمانی ۹۱۱۶ روزه که اعداد آن نشان دهنده درصدی از مساحت آن روز ایران است که دمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد را تجربه کرده اند بدست آمد.

وقوع پیوسته است (شکل ۳). لازم به اشاره است که به جز این پنج روز دیگر هیچ یخبندانی که ۹۰ درصد و بیشتر از مساحت ایران را درنوردیده باشد مشاهده نگردید.

۱۹۶۴ رخ داده است که در طول دوره مورد مطالعه (۲۰۰۴-۱۹۶۳) در نوع خود منحصر به فرد بوده است. همچنین در طول این دوره ۳۷ روزه، فراگیرترین یخبندان ایران (۹۰ درصد و بیشتر از مساحت ایران) از تاریخ ۲۰ تا ۲۴ ژانویه ۱۹۶۴ به



شکل ۳ - نمودار پرتداوم ترین یخبندان فراگیر ایران در سال ۱۹۶۳-۱۹۶۴

امگایی شکل می‌باشد حاکمیت داشته است (جهت آشنایی بیشتر با انواع سامانه های بندالی به منابع عزیزی، ۱۳۷۵؛ حبیبی، ۱۳۸۵ و قویدل رحیمی، ۱۳۸۹ مراجعه شود). موقعیت این سامانه بندالی و نقشی که این سیستم در منحرف کردن امواج غربی از مسیر اصلی خود به سوی ایران داشته است مهمترین بازیگر سطح فوقانی در ایجاد یخبندانهای فراگیر این دوره بوده است. نقشه های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال که برای شش نمونه روز در شکل ۴ آورده شده است به خوبی ماهیت، موقعیت و ساختار دینامیکی این سامانه بندالی را نشان می‌دهد. در مرکز این سامانه بندالی یک پرارتفاع به نحوی استقرار یافته که پشته ای از آن به سمت شمال کشیده شده است و در غرب و شرق آن نیز گردش های چرخندی ایجاد شده اند. به طوریکه موقعیت ناوهای شرقی ایجاد شده توسط این پشته و ریزش هوای سردی که از قطب به سمت ایران صورت می‌گیرد مسبب این نوع از یخبندانهای فراگیر در ایران در سطوح فوقانی می‌باشند که در ادامه با تمرکز بر روی یک دوره پنج روزه که دارای فراگیرترین یخبندانهای ایران بوده اند جزئیات آن با تفصیل بیشتری بحث خواهد شد. لازم به اشاره است که رفتار زمانی

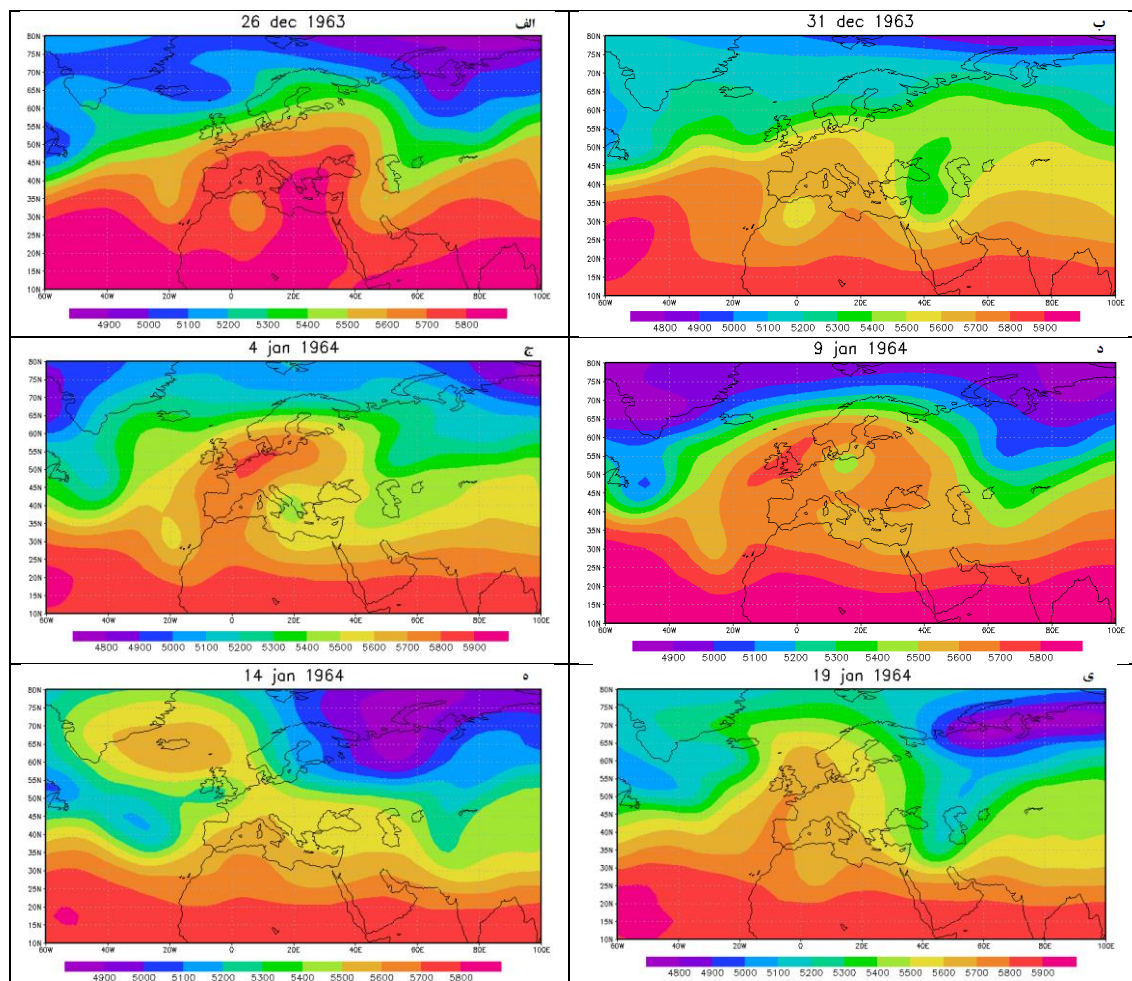
در ادامه برای تحلیل ساختار دینامیکی الگوهای همدید این پنج روز، از متغیرهای مختلفی استفاده شد که عبارتند از: ارتفاع ژئوپتانسیل بر حسب متر، فشار تراز دریا بر حسب هکتوپاسکال، مؤلفه مداری باد بر حسب متر بر ثانیه، مؤلفه نصف النهاری باد بر حسب متر بر ثانیه، دما بر حسب درجه سانتیگراد و امگا بر حسب پاسکال بر ثانیه. داده‌های تمامی این متغیرها از تارنمای www.esrl.noaa.gov اخذ شد. در این تارنما، داده‌های مربوط به متغیرهای ارتفاع ژئوپتانسیل، مؤلفه مداری باد، مؤلفه نصف النهاری باد، دمای هوا و امگا در ۱۷ تراز قابل دسترس هستند. تفکیک مکانی این داده‌ها به صورت شبکه بندی منظم با اندازه یاخته های $2/5 \times 2/5$ درجه قوسی هستند.

نتایج و بحث

برای تمامی ۳۷ روز مورد مطالعه ابتدا نقشه های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار سطح دریا تهیه شدند. با بررسی روز به روز این نقشه ها مشاهده گردید که در طول این ۳۷ روز در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و بر روی اروپا یک سیستم پرارتفاع که در واقع یک سیستم بندالی

مشترک این ۳۷ روز حفظ موقعیت این سامانه بر روی اروپا در طول این دوره بوده است.

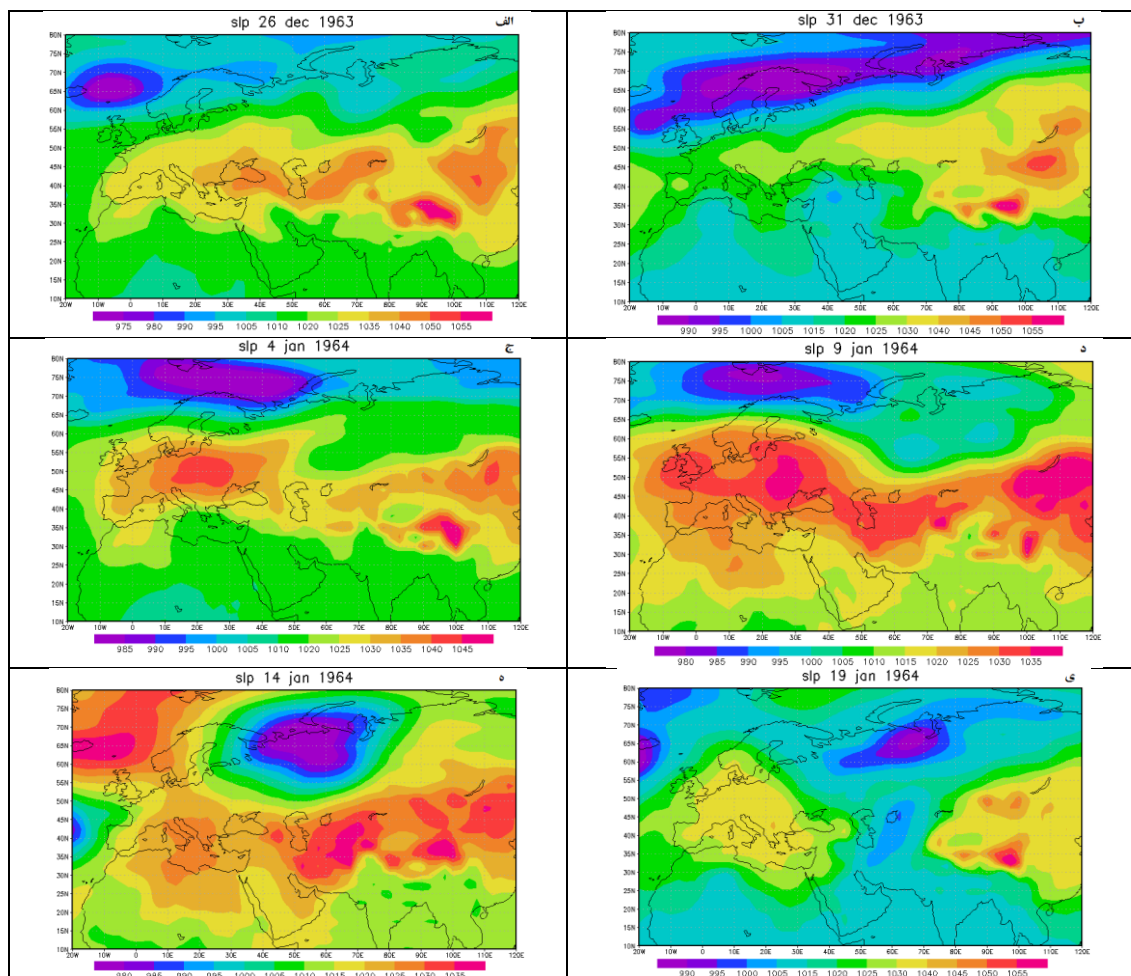
و مکانی این سامانه بندالی در طول این ۳۷ روز یکسان نبوده است و رفتارهای مختلفی از خود نشان داده است اما نکته



شکل ۴- نقشه های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای ۶ روز نمونه از ۳۷ روز مورد مطالعه دارای یخبندانهای فراگیر

افزایش (شکل ۵ ب)) یا گاهاً کاهش (شکل ۵ د)) داشته است. علاوه بر این در بعضی از روزها هم شاهد گسترش مکانی زیاد آن (شکل ۵ ه)) و هم گسترش مکانی کم آن (شکل ۵ ی)) بوده ایم. اما نکته مشترکی که در طول این ۳۷ روز مشاهده شد وجود ثابت این پرفشار بر روی اروپا بوده است.

در سطح زمین نیز همواره یک سیستم پرفشار بر روی اروپا در طول این ۳۷ روز حاکم بوده است که در شکل ۵ نمونه ای از آنها آورده شده است. لازم به ذکر است که تاریخ این نقشه ها دقیقاً همان تاریخ های انتخاب شده در نقشه های شکل ۴ می باشند. این پرفشار در طول این ۳۷ روز همواره بر روی اروپا وجود داشته است اما شدت کانون مرکزی آن گاهاً



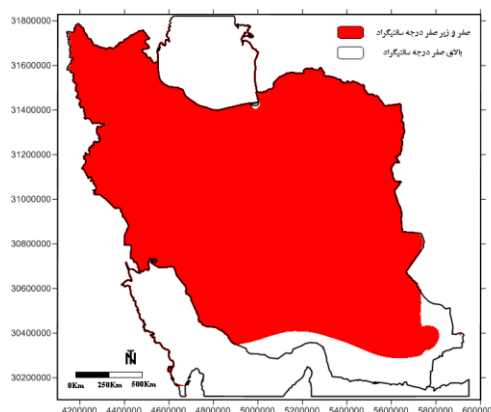
شکل ۵- نقشه‌های فشار سطح دریا برای ۶ روز نمونه از ۳۷ روز مورد مطالعه دارای یخبندان‌های فراگیر

درصد مساحت باقیمانده که در این روز دمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد نداشته‌اند متعلق به نوار باریکی از سواحل خلیج فارس و دریای عمان به همراه قسمت‌هایی از شرق، جنوب و جنوب شرق استان سیستان و بلوچستان بوده‌اند. همچنین در جنوب شرقی دریای خزر نیز منطقه کوچکی مشاهده می‌شود که دمای آن بالای صفر درجه سانتیگراد بوده است (شکل ۶). میانگین دمای حداقل کشور در این روز ۱۲/۷- درجه بوده است و ایستگاه اقلیم‌شناسی بستان آباد در آذربایجان شرقی نیز با ۳۲/۵- درجه سانتیگراد پایین‌ترین دما را به خود اختصاص داده است.

نکته جالب توجه‌تر در بررسی این دوره ۳۷ روزه، وجود یک دوره پنج روزه از تاریخ ۲۰ تا ۲۴ ژانویه بود که فراگیرترین یخبندان‌های ایران - یعنی یخبندان‌هایی که ۹۰ درصد و بیشتر از مساحت ایران دمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد را تجربه نموده بودند- در آن رخ داده بودند (شکل ۳). لذا در ادامه به تشریح دقیق الگوهای همدید این دوره پنج روزه پرداخته می‌شود.

یخبندان فراگیر ۲۰ ژانویه ۱۹۶۴

در روز ۲۰ ژانویه ۱۹۶۴ حدود ۹۲ درصد از مساحت ایران دمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد داشته است. ۸



شکل ۶- نقشه یخبندان فراگیر روز ۲۰ ژانویه ۱۹۶۴ ایران

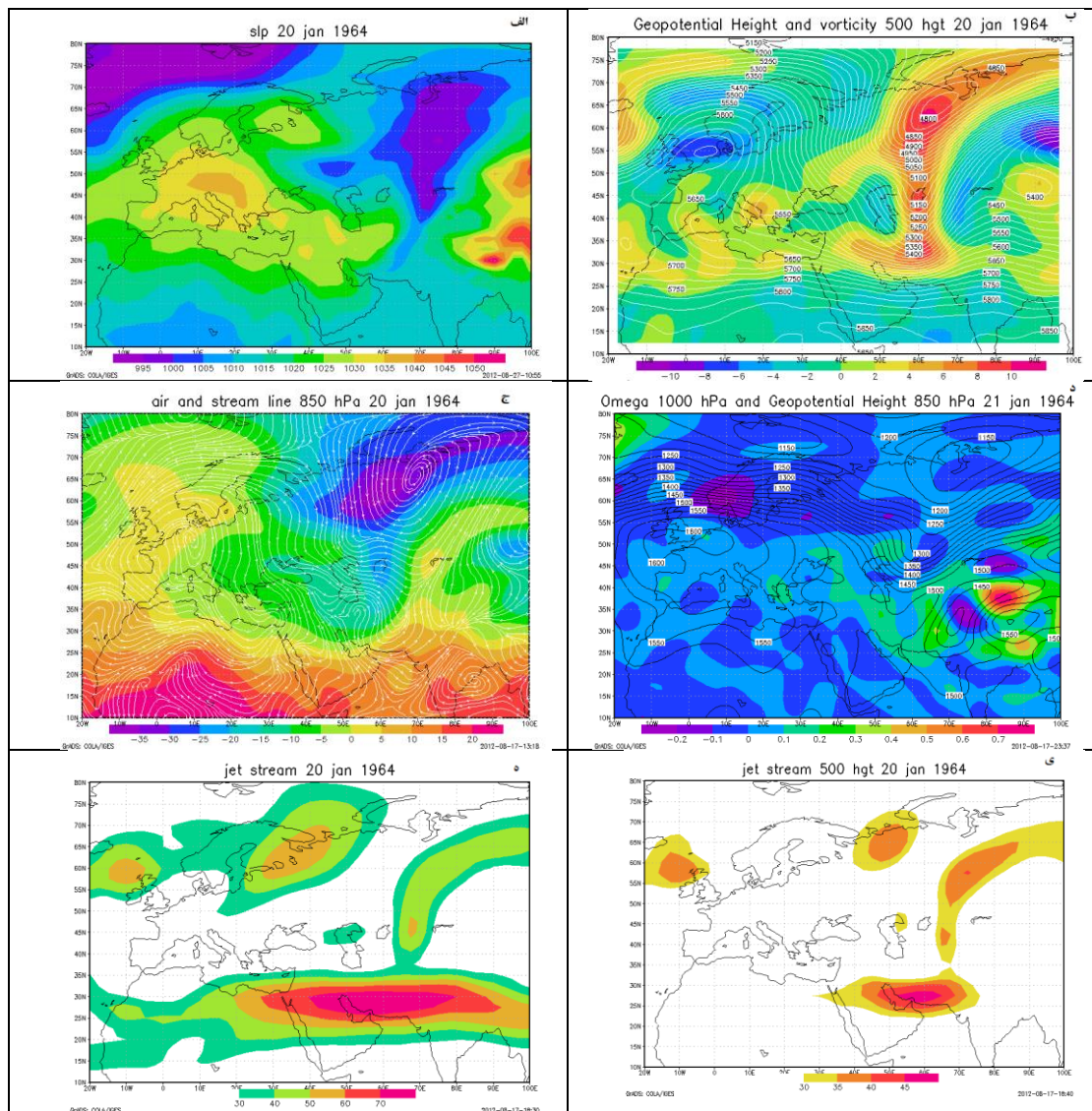
است همین زبان کم فشار بوده است. اما در این روز کل ایران به جز نوار جنوبی و قسمت‌هایی از جنوب شرق ایران تحت نفوذ پرفشار واقع شده بر روی اروپا بوده است (شکل ۷ الف)).

همچنین نقشه ترکیبی خطوط جریان و دمای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۷ ج)) به روشنی نشان می‌دهد که در این سطح خط همدمای صفر درجه سانتیگراد سرتاسر ایران را به جز قسمت کوچکی از جنوب شرق آن را در بر گرفته است. نقشه امگای سطح ۱۰۰۰ میلیباری نیز نشان می‌دهد که در این روز سرتاسر ایران دارای مقادیر منفی از امگا بوده اند که این مقادیر منفی دلالت بر نزول هوا و تقویت واگرایی بر روی ایران را دارند. اما کمی دور تر از مرزهای شرقی ایران و بر روی دو کشور پاکستان و افغانستان یک هسته از امگای منفی مشاهده می‌شود که نشان دهنده صعود هوا و تقویت همگرایی در این قسمت از دو کشور پاکستان و افغانستان دارد. همین وضعیت ناپایدار هوا باعث شده است که جنوب شرق ایران دمای صفر درجه سانتیگراد نداشته باشند (شکل ۷ د)).

نقشه‌های رودباد نیز نشان می‌دهند که در سطح ۲۵۰ هکتوپاسکالی هسته‌های سرعت باد به دلیل وجود سامانه بندالی ر سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی به دو شاخه تقسیم شده است که در این روز ایران تحت تاثیر شاخه جنوبی آن می‌باشد. سرعت باد در هسته مرکزی این رودباد به ۷۰ متر بر ثانیه می‌رسد. (شکل ۷ ه)) همچنین در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال هم هسته کوچکی از سرعت بادهای بیش از ۳۰ متر بر ثانیه دیده می‌شود که موقعیت آن بر روی نیمه جنوبی ایران می‌باشد. (شکل ۷ ی)).

الگوهای همدید این روز نشان می‌دهند که هسته پر ارتفاع سامانه بندالی امگایی شکل در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی دریای شمال در حد فاصل جزیره بریتانیا و شبه جزیره اسکاندیناوی قرار گرفته است (شکل ۷ ب)). چنین موقعیتی باعث شده است که یک پشته عریض الطویل که زبان رو به شمال آن تا عرض‌های جغرافیایی بالاتر از ۸۰ درجه شمالی کشیده شده است شکل بگیرد. شکل گیری این پشته و امتداد آن تا آن عرض جغرافیایی باعث ایجاد یک ناوه بسیار عمیق در شرق خود شده است که محور آن دقیقاً منطبق بر مرزهای شرقی کشور است که در شکل ۷ ب) با حداکثر تاوایی مثبت مشخص می‌باشد. طول این محور حدود ۴۰ درجه عرض جغرافیایی می‌باشد. با چنین الگویی ایران به طور کامل در شرق فرود یعنی در قسمت همگرایی بالایی فرود قرار گرفته است و شاهد ریزش هوای سرد از عرض‌های جغرافیایی بالاتر از ۸۰ درجه شمالی بر روی ایران هستیم.

الگوی فشار سطح دریا نیز در این روز وجود یک سیستم پرفشار با کانون مرکزی ۱۰۴۰ میلیباری بر روی اروپا و یک سیستم پرفشار دیگر با دو کانون مرکزی یکی با ۱۰۵۰ میلیبار و دیگری با ۱۰۴۵ میلیبار بر روی شرق آسیا را نشان می‌دهد (شکل ۷ الف). این دو سیستم پرفشار به وسیله زبان جنوبی یک سیستم کم فشار که کانون مرکزی آن کمی دورتر در شمال شرق دریای خزر واقع شده است از همدیگر جدا شده‌اند (شکل ۷ الف)). زبان جنوبی این کم فشار تا جنوب شرق استان سیستان و بلوچستان خود را کشیده است. بنابراین دلیل اینکه شرق استان سیستان و بلوچستان در این روز دمای صفر درجه سانتیگراد نداشته

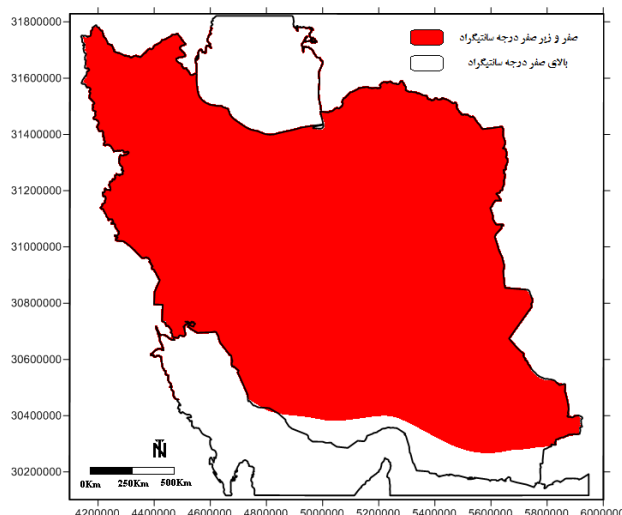


شکل ۷- نقشه‌های ترکیبی مربوط به ساعت صفر گریبوج روز ۲۰ ژانویه ۱۹۶۴. (الف) وضعیت فشار سطح دریا بر حسب هکتوپاسکال (ب) وضعیت تاوایی نسبی ($10^{-5} s^{-1}$) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (ج) وضعیت دمای هوا بر حسب درجه سانتیگراد و خطوط جریان در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (د) وضعیت امگای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر حسب (g/kg) و ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ه) وضعیت رود باد در سطح ۲۵۰ هکتوپاسکال بر حسب متر (ی) وضعیت رود باد در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب متر

بلوچستان به مجموع کل مساحت زیر پوشش دمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد هنوز ۹۲ درصد است در این است که خط همدمای صفر درجه سانتیگراد مقداری از خلیج فارس دورتر و به سمت عرض‌های شمالی جابجا شده است (شکل ۸). میانگین حداقل دمای کشور در این روز همچون روز گذشته ۱۲/۷ درجه سانتیگراد بوده است و سردترین ایستگاه با ۳۲/۵ درجه سانتیگراد متعلق به بستان آباد بوده است.

یخبندان فراگیر ۲۱ ژانویه ۱۹۶۴

در روز ۲۱ ژانویه ۱۹۶۴ بازهم ۹۲ درصد از مساحت ایران دمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد داشته‌اند. اما تفاوتی که نقشه این روز با روز گذشته دارد در این است که شرق استان سیستان و بلوچستان نیز زیر پوشش دمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد قرار گرفته است. اما دلیل اینکه مساحت ایران با توجه به افزوده شدن شرق استان سیستان و



شکل ۸- نقشه یخبندان فراگیر روز ۲۰ ژانویه ۱۹۶۴ ایران

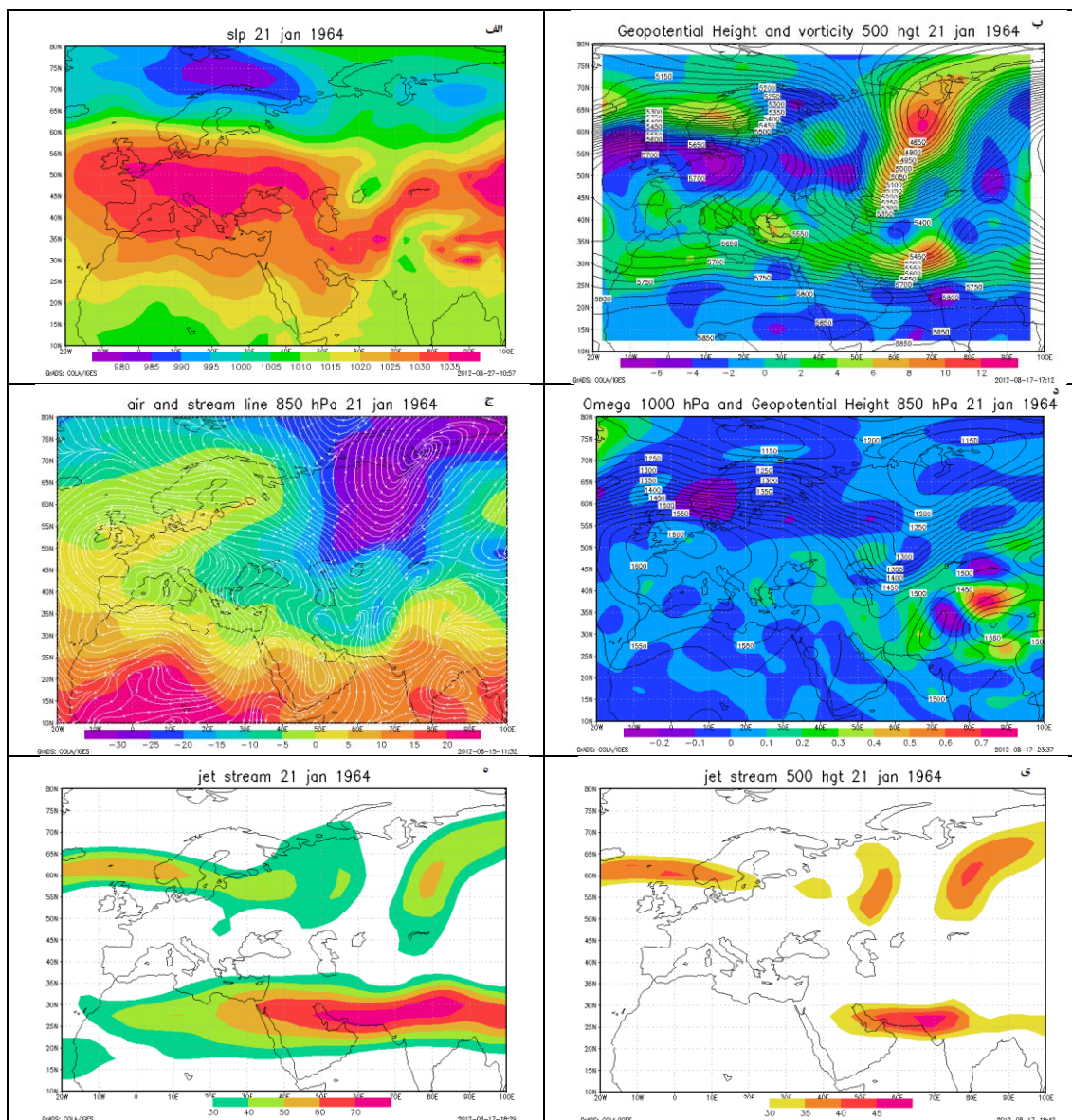
اروپا و آسیا را فراهم نمود. بنابراین در این روز کل آسیا و اروپا زیر نفوذ یک نوار طویل از پرفشار می باشد که ایران بازم تحت تاثیر پرفشار روی اروپا می باشد (شکل ۹ الف)).

نقشه ترکیبی خطوط جریان و دمای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز نشان می دهد که در این روز خط همدمای صفر درجه سانتیگراد سرتاسر ایران را به جز منطقه کوچکی از جنوب شرق ایران در بر گرفته است. خطوط جریان این سطح نیز به خوبی جهت جریان ریزش هوای سرد بر روی ایران را که ناشی از استقرار پرفشار در سطح زمین بر روی اروپا و سامانه بندالی امگا شکل در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال است نشان می دهد (شکل ۹ ج)). مقادیر امگای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نیز برای سرتاسر ایران مقادیر مثبت را نشان می دهد که گویای فرونشینی هوا و تقویت واگرایی بر روی ایران در این روز است (شکل ۹ د)).

شاخه جنوبی هسته رودباد با همان سرعت ۷۰ متر بر ثانیه در سطح ۲۵۰ هکتوپاسکالی بر روی ایران قابل مشاهده است (شکل ۹ ه)). اما در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال هسته سرعت رودباد به سمت شرق جابجا شده و تقریباً می توان گفت که کانون مرکزی آن از مرزهای شرقی ایران خارج شده است (شکل ۹ ی)).

در این روز مرکز پرفشار سامانه بندالی روی اروپا تقویت و مقداری به سمت عرض های پایین تر جابجا شده است. ناوه ایی که به دلیل استقرار این پشته در شرق ایران تشکیل شده بود در این روز به دو شاخه جنوبی و شمالی تقسیم شده است که شاخه جنوبی آن با سرعت بیشتری از شاخه شمالی حرکت کرده و مقداری از مرزهای شرقی ایران فاصله گرفته است. همین جابجایی باعث شده است که در این روز شرق استان سیستان و بلوچستان نیز به زیر دمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد برود. اما شاخه شمالی این ناوه در همان موقعیت روز قبل باقی مانده است با این تفاوت که محور آن کوتاه تر شده است (شکل ۹ ب)). محل قرارگیری محور این دو فروود جدا شده توسط بیشینه تاوایی نسبی به خوبی قابل تشخیص است (شکل ۹ ب)).

همچنین مرکز پرفشاری که از چندین روز قبل در سطح زمین بر روی اروپا مستقر بوده است در این روز مقداری از شدت کانون مرکزی و وسعت آن کاسته شده است. دلیل کاهش وسعت این پرفشار به دلیل گسترش مداری و نصف النهاری کم فشار جنب قطبی بوده است. نکته جالب توجه در این روز از بین رفتن زبانه جنوبی کم فشار واقع در شمال شرق دریای خزر بود که شرایط را برای ادغام دو پرفشار روی

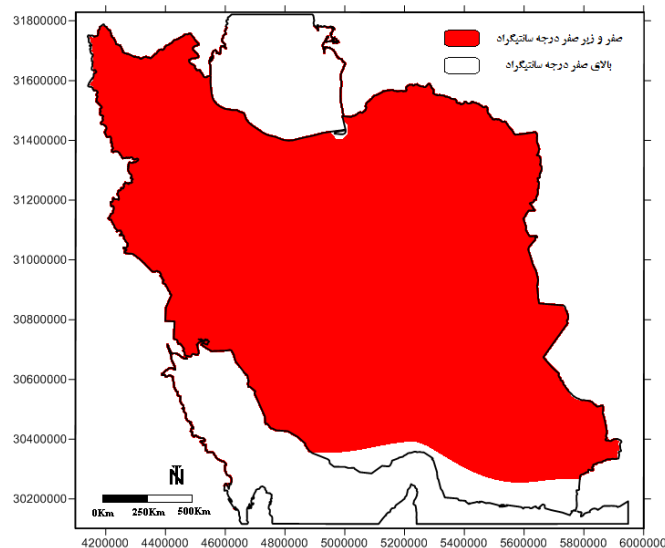


شکل ۹- نقشه‌های ترکیبی مربوط به ساعت صفر گرینویچ روز ۲۱ ژانویه ۱۹۶۴. (الف) وضعیت فشار سطح دریا بر حسب هکتوپاسکال (ب) وضعیت ناوایی نسبی ($10^{-5} s^{-1}$) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (ج) وضعیت دمای هوا بر حسب درجه سانتیگراد و خطوط جریان در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (د) وضعیت امگای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر حسب (g/kg) و ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ه) وضعیت رود باد در سطح ۲۵۰ هکتوپاسکال بر حسب متر (ی) وضعیت رود باد در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب متر

دمای صفر درجه سانتیگراد را تجربه کرده است (شکل ۱۰). در این روز میانگین دمایی که برای کشور محاسبه شده است ۱۲/۲- درجه سانتیگراد بوده است و ایستگاه بستان آباد همچون روزهای گذشته سردترین ایستگاه (۳۴- درجه سانتیگراد) بوده است.

یخبندان فراگیر ۲۲ ژانویه ۱۹۶۴

فراگیرترین یخبندان ایران در تاریخ ۲۲ ژانویه ۱۹۶۴ رخ داده است. در این تاریخ ۹۳ درصد از مساحت ایران زیر دمای صفر درجه سانتیگراد بوده است. در واقع در طول دوره مورد مطالعه این تنها روزی بوده است که چنین مساحتی از ایران

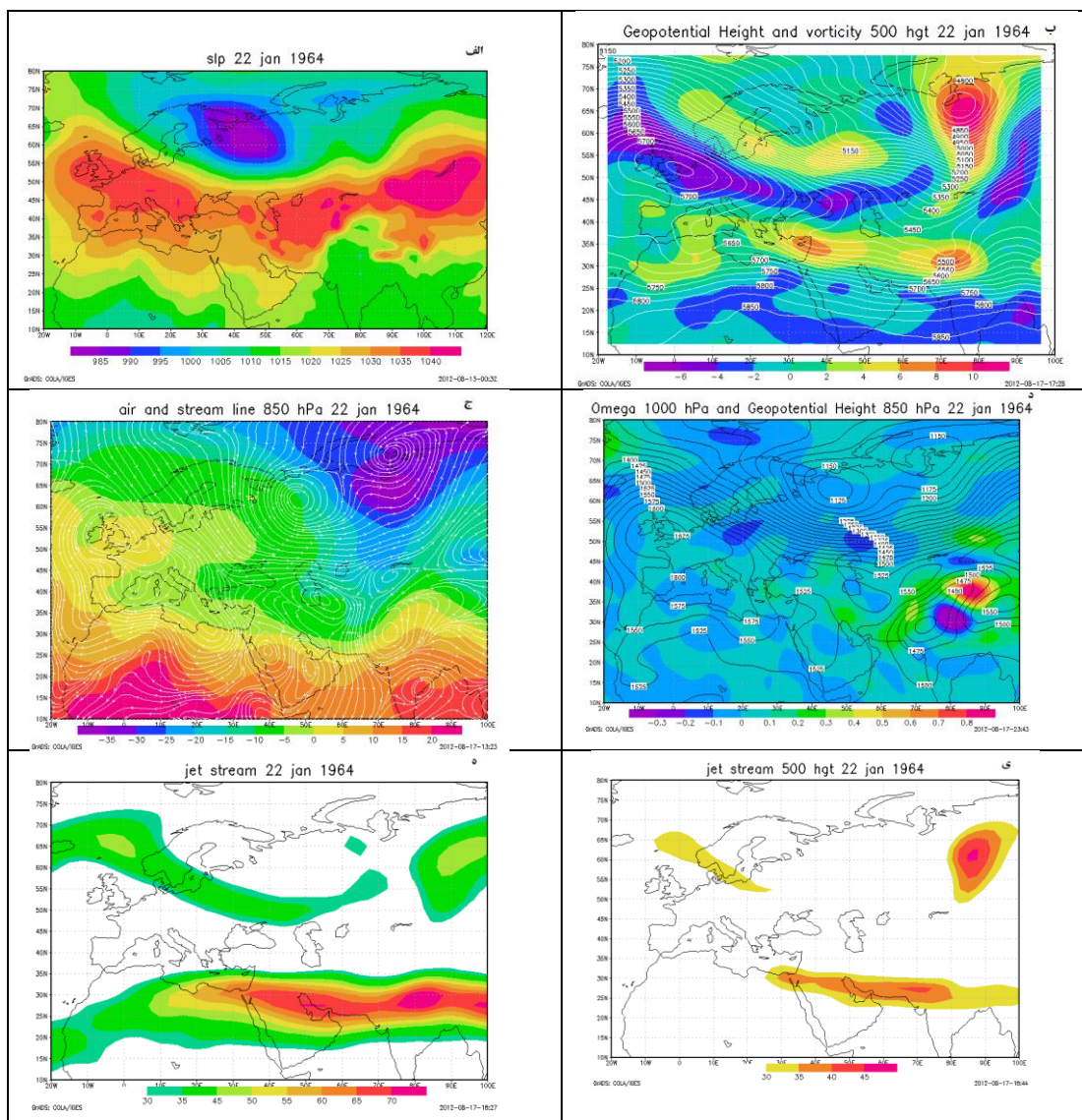


شکل ۱۰- نقشه یخبندان فراگیر روز ۲۲ ژانویه ۱۹۶۴ ایران

این جابجایی پرفشار آسیایی به سمت عرض های جغرافیایی پایین تر به دلیل حرکت کم فشار جنب قطبی به سمت عرض های جغرافیایی پایین تر بوده است. لذا در این روز ایران بیشتر تحت تاثیر پرفشار آسیایی می باشد (شکل ۱۱ الف)).

نقشه سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز نشان می دهد که خط همدمای صفر درجه سانتیگراد در این روز تا جنوب ایران کشیده است و خطوط جریان که بر روی نقشه همدمای ایران رسم شده است جریان ریزش هوای سرد بر روی ایران را نشان می دهد (شکل ۱۱ ج)). مقادیر امگا در سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر روی سرتاسر ایران مقادیر مثبت است که حاکی از فرونشینی هوا و تقویت واگرایی بر روی ایران دارد (شکل ۱۱ د)). شاخه جنوبی هسته رودباد یا سرعت ۷۰ متر بر ثانیه هنوز در سطح ۲۵۰ هکتوپاسکال بر روی کل ایران قابل مشاهده است (شکل ۱۱ ه)). در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز نوار باریکی از هسته رودباد از شمال دریای سرخ تا شمال هندوستان بر روی ایران کشیده شده است (شکل ۱۱ ی)). تفاوتی که رودباد این روز با دو روز گذشته دارد این است که سرعت هسته مرکزی آن کاهش یافته است.

پراارتفاع واقع شده بر روی اروپا که در واقع هسته مرکزی همان سامانه بندالی شکل است موقعیت خود را هنوز در شمال اروپا حفظ کرده است. اما تغییر شکل این پراارتفاع که به سبب فشاری بوده است که کم فشار جنب قطبی از جهت شمال شرق بر آن وارد نموده است باعث شده است که در این روز خطوط هم ارتفاع در شرق دریای مدیترانه یک چرخش به عقب داشته باشد که همین چرخش به عقب باعث شده است که خطوط هم ارتفاع که قبلاً با جهت شمال غرب- جنوب شرق وارد ایران می شدند در این روز جهت تقریباً مداری به خود بگیرند. اما همچنانکه گفته شد این جهت تقریباً مداری نیست و با توجه به شکل ۱۱ ب) مشاهده می شود که در این روز یک پشته موضعی که محور آن دقیقاً منطبق بر مرکز ایران است شکل گرفته است. لذا در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال علاوه بر ریزش هوای سرد توسط قسمت شرقی پشته مستقر بر روی اروپا، یک پشته موضعی دیگر نیز بر روی ایران تشکیل شده است. نقشه فشار سطح دریا نیز علاوه بر اینکه تداوم پیوستگی دو پرفشار واقع بر روی آسیا و اروپا را هنوز نشان می دهد، تشدید کانون مرکزی و جابجایی پرفشار آسیایی به سمت ایران را نیز نشان می دهد.

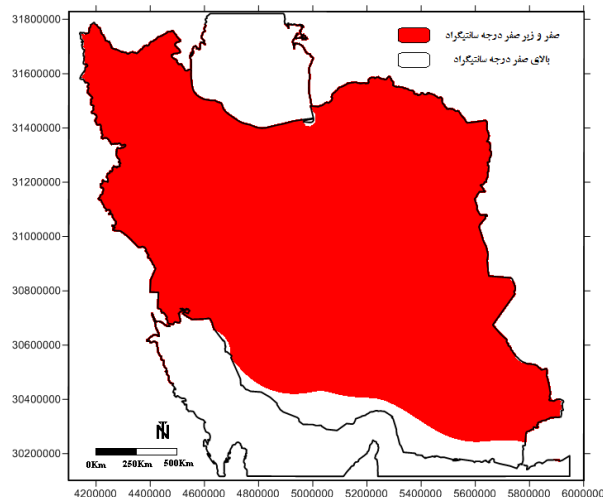


شکل ۱۱- نقشه‌های ترکیبی مربوط به ساعت صفر گرینویچ روز ۲۱ ژانویه ۱۹۶۴. (الف) وضعیت فشار سطح دریا بر حسب هکتوپاسکال (ب) وضعیت تاوایی نسبی ($10^{-5} s^{-1}$) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (ج) وضعیت دمای هوا بر حسب درجه سانتیگراد و خطوط جریان در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (د) وضعیت امگای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر حسب (g/kg) و ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ه) وضعیت رود باد در سطح ۲۵۰ هکتوپاسکال بر حسب متر (ی) وضعیت رود باد در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب متر

سواحل خلیج فارس فاصله گرفته است (شکل ۱۲). میانگین دمای حداقل کشور در این روز ۱۲- درجه سانتیگراد بوده است و بستان آباد با ۳۰- درجه سانتیگراد دوباره سردترین ایستگاه ایران بوده است.

یخبندان فراگیر ۲۳ ژانویه ۱۹۶۴

در این روز مساحتی از ایران که زیر دمای صفر درجه سانتیگراد بود به ۹۲ درصد رسید. در این روز خط همدمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد در جنوب غرب مقداری از

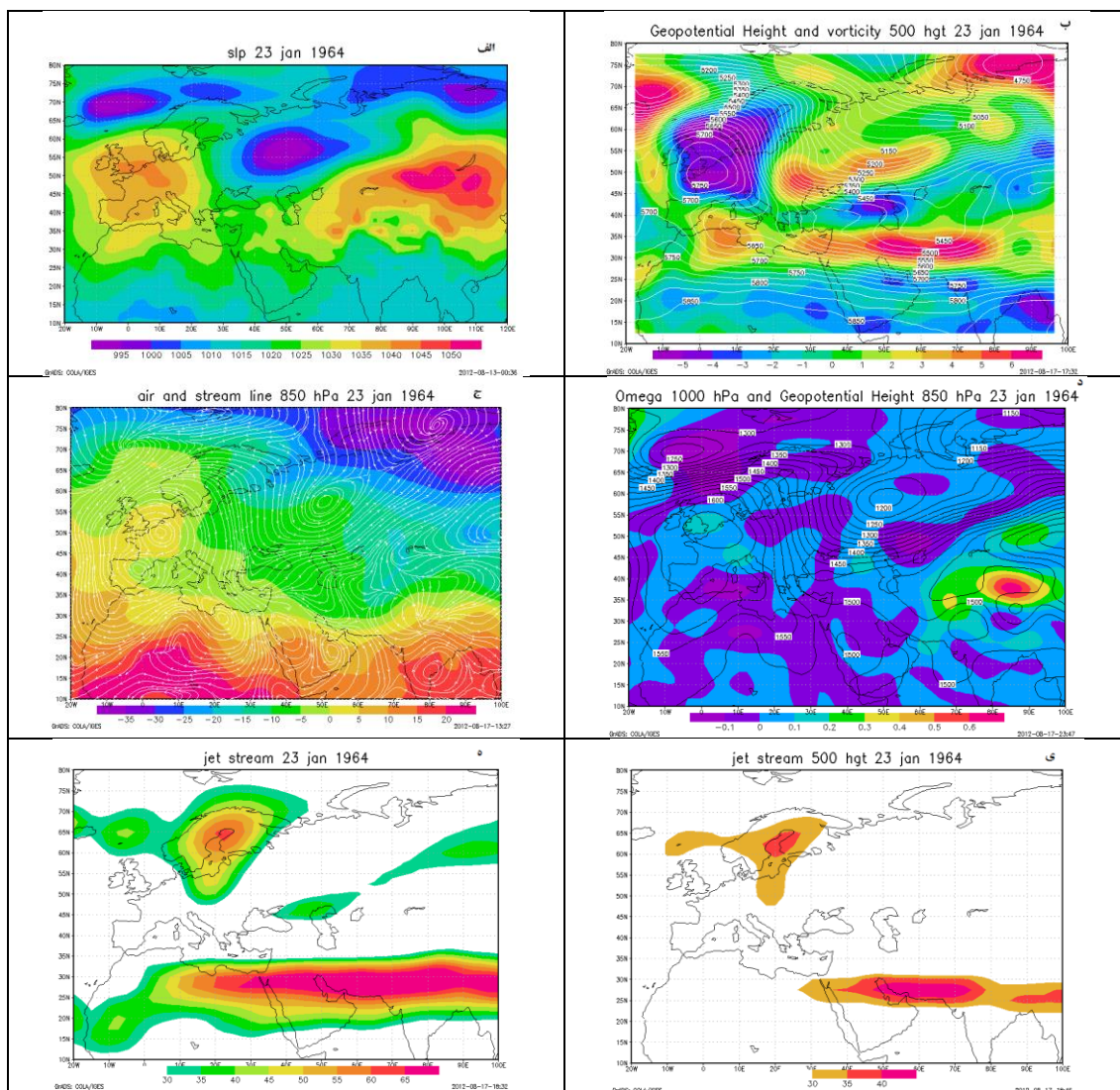


شکل ۱۲- نقشه یخبندان فراگیر روز ۲۳ ژانویه ۱۹۶۴ ایران

این تمایل باعث شده است نوار پرفشاری که از تلفیق دو پرفشار مستقر بر روی اروپا و آسیا تشکیل شده بود به سمت عرض هایی جغرافیایی پایین تر سوق پیدا کند و ایران در این روز تماماً تحت سیطره یک سیستم پرفشار می باشد (شکل ۱۳ الف)). در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال تیز همدمای صفر درجه سانتیگراد تمام سرتاسر ایران را به استثنای جنوب شرق در بر گرفته است. خطوط جریان هم دقیقاً منطبق بر الگوهای فشار سطح زمین می باشد (شکل ۱۳ ج)). مقادیر امگای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نیز برای کل ایران مثبت است که حاکی از فرونشینی هوا و تقویت واگرایی بر روی ایران است. (شکل ۱۳ د)) همچنین مطابق روزهای گذشته نوار رودباد در سطح ۲۵۰ هکتوپاسکال هنوز بر روی ایران وجود دارد با این تفاوت که سرعت مرکزی آن از ۷۰ متر بر ثانیه به ۶۵ متر بر ثانیه تقلیل یافته است و نوار شمالی کشور نیز از تحت پوشش آن خارج شده است (شکل ۱۳ ه)). در سطح ۵۰۰ نیز هسته رودباد بر روی جنوب ایران قابل مشاهده است (شکل ۱۳ ی)).

در این روز هسته مرکزی سامانه بندالی امگایی شکل در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال باز هم موقعیت خود را در شمال اروپا حفظ کرده است. اما نکته مهمی که در این روز از روی نقشه ها فهمیده می شود این است که کم ارتفاع عمیقی که بر شمال شرقی روسیه حاکم بوده و زبانه جنوبی آن ایران، افغانستان و پاکستان را متاثر می ساخت در این روز محور آن جهتی کاملاً شمال شرقی-جنوب غربی پیدا کرده است. این کم ارتفاع با چنین جهتی باعث شده است که چندمان خطوط هم ارتفاع در نیمه شرقی پشته مستقر بر روی اروپا به هم بخورد. در واقع چنین به نظر می رسد که فشار وارد آمده از طریق این کم ارتفاع باعث ایجاد یک تورفتگی در جریانات شمال غربی-جنوب شرقی پشه روی اروپا گشته است. این تورفتگی باعث شده است که جریانات بر روی ایران تقریباً حالت مداری به خود بگیرند و همچنین به دو شاخه شمالی و جنوبی نیز تقسیم شوند. شاخه شمالی با ایجاد یا ناوه که محور آن بر مرزهای شرقی کشور منطبق است باعث ریزش هوای سرد بر روی ایران می گردد (شکل ۱۳ ب)).

در سطح زمین نیز کم فشار واقع در شمال ایران دوباره به عرض هایی جغرافیایی پایین تر تمایل پیدا کرده است و

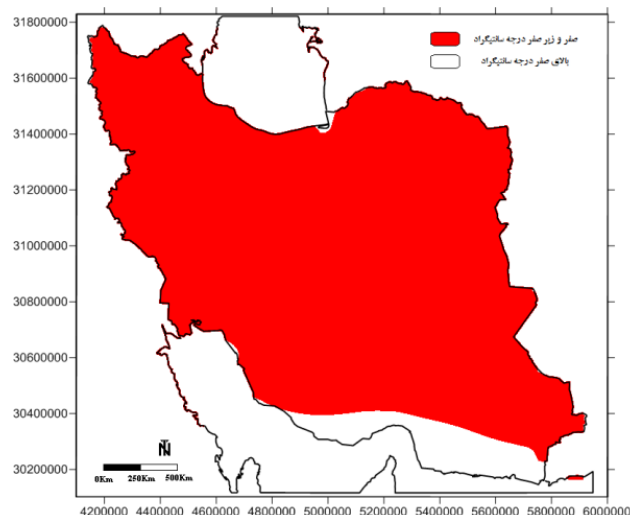


شکل ۱۳- نقشه‌های ترکیبی مربوط به ساعت صفر گرینویچ روز ۲۱ ژانویه ۱۹۶۴. (الف) وضعیت فشار سطح دریا بر حسب هکتوپاسکال (ب) وضعیت تاوایی نسبی ($10^{-5} s^{-1}$) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (ج) وضعیت دمای هوا بر حسب درجه سانتیگراد و خطوط جریان در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (د) وضعیت امگای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر حسب (g/kg) و ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ه) وضعیت رود باد در سطح ۲۵۰ هکتوپاسکال بر حسب متر (ی) وضعیت رود باد در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب متر

فراگیر ایران شروع می‌شود تا اینکه در روز ۲ فوریه به ۷۳ درصد می‌رسد (شکل ۱۴). میانگین دمای حداقل کشور در این روز به ۱۱- درجه سانتیگراد کاهش پیدا کرد ولی پایین‌ترین دمای ثبت شده در طول مورد مطالعه با ۳۶- درجه سانتیگراد در ایستگاه بستان آباد ثبت شده است.

یخبندان فراگیر ۲۴ ژانویه ۱۹۶۴

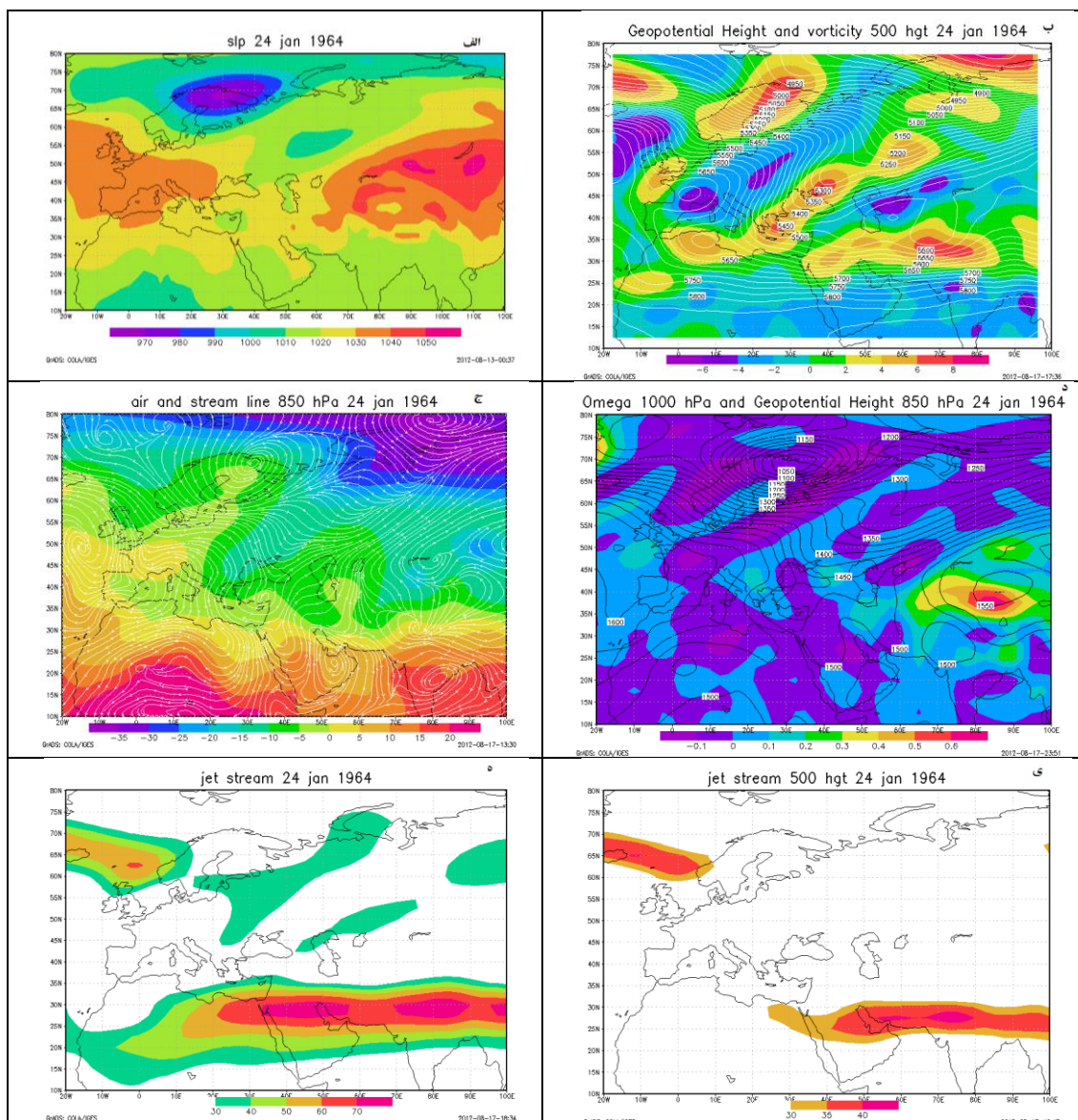
در این روز ۹۰ درصد از مساحت ایران دمای صفر و زیر صفر داشته است. این آخرین روز دوره پنج روزه مورد مطالعه است که بالای ۹۰ درصد از مساحت ایران زیر یخبندان بوده است. از این روز به بعد روند کاهشی در مساحت یخبندان



شکل ۱۴- نقشه یخبندان فراگیر روز ۲۴ ژانویه ۱۹۶۴ ایران

در این روز در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال محور کم ارتفاعی که از دیروز جهت شمال شرقی-جنوبی غربی به خود گرفته بود در این روز نیز در همان جهت باقیمانده بود با این تفاوت که بسیار عمیق تر شده بود. عمیق تر شدن زبانه این کم ارتفاع باعث شده است که خطوط هم ارتفاع در نیمه شرقی پشته روی اروپا از حالت عادی خود خارج و تورفتگی عمیقی تا غرب دریای مدیترانه پیدا کند. این آرایش در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال باعث می شود که خطوط هم ارتفاع بر روی ایران حالت نیمه مداری به خود بگیرند. اما با این حال هنوز همان پشته موضعی که از دو روز قبل بر روی ایران تشکیل شده بود با یک جابجایی ضعیف به سمت شرق، در سرجای خود باقیمانده است (شکل ۱۵ ب)). در سطح زمین نیز با تضعیف دو پرفشار آسیایی و اروپایی و فاصله گرفتن آنها از یکدیگر، فشار روی ایران نیز کاهش پیدا می کند اما باز هم

سرتاسر ایران تحت سیطره پرفشار می باشد (شکل ۱۵ الف)). نقشه دمای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز نشان می دهد که خط همدمای صفر درجه سانتیگراد از عرض های جنوبی ایران مقداری فاصله گرفته است و به سمت عرض های شمالی جابجا شده است که این به مفهوم گرمتر شدن جو روی ایران در نیمه جنوبی کشور می باشد (شکل ۱۵ ج)). اما مقادیر امگا به استثنای جنوب شرق ایران که مقادیر آن منفی است برای دیگر نقاط کشور مثبت است که حاکی از فرونشینی هوا بر روی ایران دارد (شکل ۱۵ د)). همچنین رودباد با همان سرعت مرکزی ۷۰ متر بر ثانیه در سطح ۲۵۰ هکتوپاسکال بر روی ایران وجود دارد (شکل ۱۵ ه)). در سطح ۵۰۰ نیز رودباد حضور خود را بر روی ایران هنوز حفظ کرده است (شکل ۱۵ ی)).



شکل ۱۳- نقشه‌های ترکیبی مربوط به ساعت صفر گرینویچ روز ۲۱ ژانویه ۱۹۶۴. (الف) وضعیت فشار سطح دریا بر حسب هکتوپاسکال (ب) وضعیت تاوایی نسبی ($10^{-5} s^{-1}$) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (ج) وضعیت دمای هوا بر حسب درجه سانتیگراد و خطوط جریان در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (د) وضعیت امگای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر حسب (g/kg) و ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ه) وضعیت رود باد در سطح ۲۵۰ هکتوپاسکال بر حسب متر (ی) وضعیت رود باد در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب متر

از روز ۲۴ ژانویه با جابجایی مرکز پرتارفع سامانه بندالی بر روی اقیانوس اطلس شمالی و از بین رفتن تدریجی این سامانه بندالی بر روی اروپا، سیستم‌های کم ارتفاع بر روی اروپا شکل می‌گیرند. شکل‌گیری این سیستم‌های کم ارتفاع باعث می‌شوند که جریانات بادهای غربی در همان مسیر قبلی

و معمول خود برگردند. بنابراین به طور متناوب ایران در مسیر بادهای غربی قرار می‌گیرد که این خود باعث کاهش روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر می‌گردد. لذا جهت رعایت اختصار از آوردن نقشه‌های روزهای ۲۵ ژانویه تا ۲ فوریه ۱۹۶۴ خودداری شده است.

نتیجه گیری

براساس یک اصل مکانی روزهایی که ۶۵ درصد و بیشتر از مساحت ایران دمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد داشته‌اند به عنوان روزهای همراه با یخبندانهای فراگیر تعریف شدند. در سال ۱۹۶۴-۱۹۶۳ یک تداوم ۳۷ روزه از یخبندانهای فراگیر از تاریخ ۲۶ دسامبر ۱۹۶۳ تا ۲ فوریه ۱۹۶۴ مشاهده شد که در طول دوره ۴۳ ساله مورد مطالعه (۱۹۶۳-۲۰۰۴) در نوع خود منحصر به فرد بوده است.

با بررسی روز به روز نقشه های سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین مشاهده گردید که در طول این ۳۷ روز در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و بر روی اروپا یک سیستم پراتفعا که در واقع یک سیستم بندالی امگایی شکل می‌باشد حاکمیت داشته است موقعیت این سامانه بندالی و نقشی که این سیستم در منحرف کردن امواج غربی از مسیر اصلی خود به سوی ایران داشته است مهمترین بازیگر سطح فوقانی در ایجاد یخبندانهای فراگیر این دوره بوده است. در مرکز این سامانه بندالی یک پراتفعا به نحوی استقرار یافته بود که پشته ای از آن به سمت شمال کشیده شده است و در غرب و شرق آن نیز گردش های چرخندی ایجاد شده اند. به طوریکه موقعیت ناوه های شرقی ایجاد شده توسط این پشته و ریزش هوای سردی که از قطب به سمت ایران صورت می گیرد مسبب این نوع از یخبندانهای فراگیر در ایران در سطوح فوقانی می باشند. در سطح زمین نیز همواره یک سیستم پرفشار بر روی اروپا و یک سیستم دیگر بر روی آسیا در طول این ۳۷ روز حاکم بوده است که در بیشتر روزها با یکدیگر ادغام شده و یک نوار بسیار طویل پرفشار از شرق آسیا تا غرب اروپا را تشکیل می دادند.

همچنین در طول این دوره ۳۷ روزه نیز یک دوره پنج روزه از تاریخ ۲۰ تا ۲۴ ژانویه وجود داشت که فراگیرترین یخبندانهای ایران یعنی روزهایی که ۹۰ درصد و بیشتر از مساحت ایران زیر یخبندان بودند را به خود اختصاص دادند. شرایط همدیدی این پنج روز در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال وجود همان سامانه بندالی امگایی شکل را که در بالا بدان اشاره شده بود را بر روی اروپا نشان می‌دهد. در شرق ایران نیز یک کم ارتفاع بسیار عمیق که محور آن دقیقاً منطبق بر مرزهای شرقی کشور است در این سطح مشاهده می‌شود. در

طول این پنج روز، محور این کم ارتفاع که در ابتدا دارای جهت شمالی - جنوبی بود و در دو روز آخر جهت شمال شرقی - جنوب غربی به خود گرفته بود و بسیار عمیق هم شده بود مهمترین نقش را در هدایت جریانات سرد بر روی ایران بر عهده داشت. در سطح زمین نیز همان دو پرفشار آسیایی و اروپایی حضور فعال داشتند و از روز ۲۱ به بعد با پیوند با یکدیگر یک نوار طویل پرفشار تشکیل دادند که ایران در مرکز این نوار طویل قرار داشت. در این پنج روز مقادیر امگا در سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکالی بر روی ایران مقادیر مثبت بود که حاکی از نزول هوا و تشدید واگرایی بر روی ایران بود. خط همدمای صفر درجه سانتیگراد نیز در این پنج روز سرتاسر ایران را به جز قسمت جنوب شرقی ایران در بر گرفته بود. هسته های رودباد هم در سطح ۲۵۰ و هم در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی ایران به طور مستمر وجود داشت.

در نهایت بایستی اذعان داشت که وجود یخبندانهای فراگیر این ۳۷ روز علاوه بر دلایل همدیدی که نقش موثری بازی می‌کند بایستی به تابش طول موج بلند شبانه نیز که مطمئناً نقش کمتری از دلایل همدیدی نداشته است توجه نمود. به عبارت دیگر علل یخبندانهای این ۳۷ روز ترکیبی از دلایل همدیدی و عوامل تابشی بوده است.

منابع

۱. براتی، غلامرضا (۱۳۷۵). طراحی و پیش‌بینی الگوهای سینوپتیک یخبندانهای بهاره ایران. رساله دکتری اقلیم‌شناسی، به راهنمایی دکتر بهلول علیجانی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۲۳ ص.
۲. حبیبی، فریده (۱۳۸۵). تحلیل همدیدی و دینامیکی سامانه‌های بندالی، روش تشخیص سامانه بندالی و تاثیر آن روی منطقه ایران. مجله فیزیک زمین و فضا، جلد ۳۲، شماره ۳، صص ۸۹-۶۹.
۳. عزیزی، قاسم (۱۳۷۵). بلوکینک و اثر آن بر بارش‌های ایران. رساله دوره دکتری آب و هواشناسی، به راهنمایی دکتر هوشنگ قائمی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ۳۶۳ ص.
۴. علیجانی، بهلول، پیمان محمودی، اله بخش ریگی چاهی و پرویز خسروی (۱۳۸۹). بررسی تداوم روزهای

- یخبندان در ایران با استفاده از مدل زنجیره مارکوف. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۳، صص ۲۰-۱.
۵. علیجانی، بهلول و محمود هوشیار (۱۳۸۷). شناسایی الگوهای سینوپتیکی سرماهای شدید شمال غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵، صص ۱۶-۱.
۶. فتاحی، ابراهیم و تهمنه صالحی پاک (۱۳۸۸). تحلیل الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه ایران. جغرافیا و توسعه، شماره ۱۳، صص ۱۳۶-۱۲۷.
۷. قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۹). نگاشت و تفسیر سینوپتیک اقلیم با استفاده از نرم افزار Grads. تهران: انتشارات سها دانش، ۲۰۸ ص.
۸. قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۹۰ الف). تعیین آستانه آماری و تحلیل سینوپتیک دماهای ابر سرد مراغه. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۹، شماره ۲۲، صص ۶۲-۴۵.
۹. قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۹۰ ب). رابطه دماهای فرین پایین فراگیر دوره‌ی سرد آذربایجان با الگوی گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال. فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال یازدهم، شماره ۳۵، صص ۱۸۴-۱۵۵.
۱۰. قویدل رحیمی، یوسف، منوچهر فرج زاده اصل و داریوش حاتمی زرنه (۱۳۹۴). تحلیل رابطه پیوند از دور بین الگوی دریای شمال-خزر و دماهای حداقل ایران. فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال پانزدهم، شماره ۵۲، صص ۱۵۹-۱۳۷.
۱۱. لشکری، حسن (۱۳۸۷). تحلیل سینوپتیکی موج سرمای فراگیر ۱۳۸۲ در ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۶، صص ۱۸-۱.
۱۲. لشکری، حسن و قاسم کیخسروی (۱۳۸۹). تحلیل سینوپتیکی موج سرمای ۸-۱۵ دیماه ۱۳۸۵ در ایران. برنامه ریزی و آمایش فضا (مدرس علوم انسانی)، ۱۴ (۱ پیاپی ۶۵)، صص ۱۷۷-۱۵۱.
13. Blennow, K., P. Persson (1998). Modelling local-scale frost variations using mobile temperature measurements with a GIS. Agricultural and forest meteorology, 89, 59-71.
14. Boer, R., L. C. Campbell., and D. J. Fletcher (1993). Characteristics of frost in a major wheat – growing region of Australia. Australian journal of agricultural research, Volume 44, Number 8, Pages 1731-1743.
15. Cooter, E. J., S. K. Leduc (1995). Recent frost date trends in the North-Eastern USA. International journal of climatology, 15, Pages 65-75.
16. Farajzadeh, M., Rahimi, M., Kamali, G. A. and Mavrommatis, T. (2010). Modelling apple tree bud burst time and frost risk in Iran. Meteorological Application, 17: 45-52.
17. Figuerola, P. I., and N. A. Mazzeo (1997). An analytical model for the prediction of nocturnal and dawn surface temperature under calm, clear sky conditions. Agricultural and forest meteorology, 85, 229-237.
18. Ghielmi, L., and E. Eccel (2006). Descriptive models and artificial neural networks for spring frost prediction in an agricultural mountains area. Computers and electronics in agriculture, 54, 101-114.
19. Jain, A., R. W. McClendon, and G. Hoogenboom (2003). Frost prediction using artificial neural networks: a temperature prediction approach. ASAE Paper no. 033075, ASAE, St. Joseph, MI.
20. Kassomenos, P., H. A. Flocas, S. Lykoudis, and M. Petrakis (1997). A study of frost events in areas characterized by the absence of observations. Meteorology and Atmospheric Physics, 62, pages 249-256.
21. Laughlin, G. P. (1982). Minimum temperature and lapse rate in complex terrain: influencing factors and prediction. Archives for Meteorology, Geophysics, and Bioclimatology, Ser. B, 30, pages 141-152.
22. Madelin, M., and G. Beltrando (2005). Spatial interpolation – based mapping of the spring frost hazard in the Champagne vineyards. Meteorological applications, Volume 12, Pages 51-56.
23. Mort, N., and C. Robinson (1996). A neural network system for the protection of citrus crops from frost damage. Computers and electronics in agriculture, 16, 177-187.
24. Muller, G. V., M. N. Nunez., and M. E. Seluchi (2000). Relationship between ENSO cycles and frost events within the Pampa Humeda region. International journal of climatology, 20, Pages 1619-1637.
25. Muller, G. V., T. Ambrizzi, and M. N. Nunez (2005). Mean atmospheric circulation leading to generalized frosts in central

- southern South America. Theoretical and Applied climatology, 82, pages 95-112.
26. Muller, G. V., R. H. Campagnucci, M. N. Nunez., and M. A. Salles (2003). Spatial analysis of surface circulation associated to frosts in the wet Pampas. International journal of climatology, 23, Pages 943-961. Muller, G. V., R. H. Campagnucci, M. N. Nunez., and M. A. Salles (2003). Surface circulation associated with frost in the wet Pampas. International journal of climatology, 23, Pages 943-961.
27. Rahimi, M., Hajjam, S., Khalili, A., Kamali, G. A. and Stigter, C. J. (2007). Risk analysis of first and last frost occurrences in the Central Alborz region, Iran. International Journal of Climatology, 27: 349-356.
28. Rosenberg, N. J., and R. E. Myers (1962). The nature of growing season frosts in and along the Platte Valley of Nebraska. Monthly weather review, Volume 90, Issue 11, Pages 471-476.
29. Schmidlin, T. W., (1986). Freeze-thaw days in the northeastern United States. Journal of Climate and Applied Meteorology, Volume 26, Pages 142-155.
30. Thom, H. C. S., and R. H. Shaw (1958). Climatological analysis of freeze data for Iowa. Monthly weather review, Volume 86, Issue 7, Pages 251-257.
31. Waylen, P. R (1988). Statistical analysis of freezing temperatures in central and southern Florida. Journal of climatology, Volume 8, Pages 607-628