

نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۹، شماره ۵۲، تابستان ۱۳۹۴، صفحات ۱۴۰-۱۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۵/۰۵

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۲/۱۰/۱۴

تحلیل هم‌مدیدی یخبندان‌های زمستانه منطقه سیستان (مورد یخبندان ژانویه سال ۲۰۰۸)

محمود خسروی^۱

نعمت‌الله صفرزائی^۲

محسن آرمش^۳

چکیده

یخبندان یکی از مخاطرات طبیعی است که معمولاً با خسارت‌های فراوان مالی و حتی جانی همراه است. سامانه‌های گردشی جوی نقش اصلی را در وقوع، شدت و چگونگی توزیع فضایی یخبندان‌ها به‌خصوص در مناطق معتدله بر عهده دارند. هدف از این تحقیق، شناسایی و بررسی شرایط هم‌مدیدی حاکم در زمان وقوع یخبندان‌های زمستانه منطقه سیستان است. روش مورد استفاده در این تحلیل رویکرد محیطی به گردشی است. بدین منظور دو پایگاه داده مورد نیاز است. جهت دریافت داده‌های سطح زمین از داده‌های اقلیمی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک زابل و زهک به‌عنوان نماینده اقلیمی منطقه استفاده شد و طولانی‌ترین و شدیدترین یخبندان از نظر طول دوره طی دهه اخیر (۲۰۱۰-۲۰۰۰) انتخاب گردید. پایگاه دوم داده‌ها و نقشه‌های سطح دریا، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال است که از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی^۴ و مرکز ملی مطالعات جوی^۵ ایالات متحده آمریکا تهیه گردید. پوشش مکانی داده‌های جوی بین ۳۰ تا ۹۰ درجه شرقی و ۱۰ تا ۵۰ درجه

۱- دانشیار دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی دانشگاه سیستان و بلوچستان. Email: khosravi@Gep.usb.ac.ir

۲- کارشناس ارشد اقلیم شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان

۳- کارشناس ارشد اقلیم شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان

4- NCEP(National Center Environmental Prediction)

5- NCAR(National Center Atmospheric Research)

شمالی می‌باشد. برای نمایش خطوط جریان هوا از محیط نرم‌افزاری Grads استفاده شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که افت فشار منطقه در اثر فعالیت سامانه چرخندی بالخاش و همچنین نفوذ هم‌زمان فرود ناشی از جریان‌های غربی به نواحی غرب ایران عامل ایجاد یخبندان و تداوم آن در منطقه سیستان می‌باشد. استقرار سامانه چرخندی روی دریاچه بالخاش زمینه برای ریزش هوای سرد عرض‌های بالا و کرانه غربی فرود را به منطقه سیستان فراهم کرده است. انتقال محور فرود به نواحی شرقی‌تر و شرایط ذکر شده موجب تداوم پدیده یخبندان شده است. شدیدترین یخبندان‌ها زمانی رخ می‌دهند که منطقه سیستان در بخش غربی فرود قرار گرفته و از ریزش هوای سرد عرض‌های شمالی برخوردار شده باشد. عاملی که این شرایط را پدید آورده است تفاوت فشار در جنوب و شمال منطقه سیستان، به‌ویژه سامانه کم فشار جنوب شرق سیستان است که باعث هدایت و استقرار کرانه غربی ناوه به منطقه می‌گردد.

واژگان کلیدی: یخبندان، تحلیل همدیدی، مراکز فشار، سیستان.

مقدمه

الگوهای گردشی جوی نقش اصلی در وقوع یخبندان‌ها، شدت یخبندان، و توزیع فضایی یخبندان‌ها به‌خصوص در مناطق معتدله بر عهده دارند و رخداد این پدیده در ارتباط با تکرار سیستم‌های سینوپتیکی و تیپ‌های هوا می‌باشد. از دیدگاه هواشناسی کشاورزی، یخبندان به وقوع درجه حرارت‌های پایین در حدی که منجر به خسارت به بافت‌های گیاه شود اطلاق می‌گردد که این نوع یخبندان با توجه به درجات حرارت بحرانی برای هر محصول متفاوت است (محمدی، ۱۳۸۵: ۹۹). یخبندان‌های با منشأ همدید در هوای ناآرام با تداوم زمانی بیش‌تر نسبت به یخبندان‌های تابشی رخ می‌دهند. بنابراین با برنامه‌ریزی‌های کلان، بلندمدت و همه‌جاگیر در کشاورزی سروکار دارد برخلاف یخبندان تابشی که شیوه‌های محلی جلوگیری از یخبندان در آن مطرح است (براتی، ۱۳۷۵: ۵). منطقه سیستان به‌خاطر موقعیت جغرافیایی ویژه‌ای که دارد همه ساله در معرض یخبندان و اثرات منفی آن قرار دارد. سیستم‌های سینوپتیک عامل یخبندان‌های همدیدی هر سال با شدت متفاوت در منطقه سیستان تکرار می‌شوند. بنابراین آن را باید جزو خصایص مسلّم اقلیم منطقه سیستان

به‌شمار آورد. از بین رفتن محصولات زراعی و باغی و حیوانات اهلی در کنار اثرات آن بر زندگی روزمره اهالی سبب شده این مخاطره محیطی در کنار خشکسالی، طوفان‌های گرد و غباری و سیل جزو مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده منطقه قرار گیرد. بنابراین شناسایی الگوهای جوی حاکم در منطقه در زمان وقوع یخبندان می‌تواند نقش بسزایی در پیش آگاهی وقوع آن در آینده و در نهایت کاستن از اثرات مخرب آن دارد.

در زمینه الگوهای همدیدی حاکم در زمان وقوع یخبندان تحقیقات گسترده‌ای صورت گرفته است. در خارج از ایران، تام و شاو (۱۹۵۸: ۲۵۱) نشان دادند که تاریخ‌های وقوع یخبندان‌ها تصادفی‌اند و از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند. روزنبرگ و مایرز (۱۹۶۲: ۴۷۱) وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره را در ده مکان در داخل و اطراف دره پلت در ایالت نبراسکا مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که ۷ تا ۳۰ درصد یخبندان‌های دیررس بهاره و ۱۷ تا ۴۲ درصد یخبندان‌های زودرس پاییزه، از نوع انتقالی هستند. ویتکوویچ (۱۹۶۳: ۱۸۳) گسترش بادهای سرد شمال غربی را عامل اصلی یخبندان‌ها در روسیه، اروپا و قزاقستان می‌داند. باری و کیلادیاس (۱۹۸۱: ۹۷) مناطق جغرافیایی مختلف را بررسی و یک طرح طبقه‌بندی را انجام دادند و از این تحقیق نتیجه گرفتند که نوسانات دمای هوا دقیقاً با نوسانات الگوی گردش جوی ارتباط دارند. دینگ و کریشناموتی (۱۹۸۷: ۱۳۷) با مطالعه موسمی‌های زمستانه و یورش هوای سرد در چین، به تحلیل الگوهای بزرگ مقیاس و انتقال توده‌های هوای سرد و گسترش نفوذ زبانه‌های سرد به سمت استوا پرداختند. بررسی متغیرهای هواشناختی در یک مکان و زمان معین نشان داد که این متغیرها شدیداً تحت تأثیر الگوی گردشی جوی هستند. بوئر و همکاران (۱۹۹۳: ۱۷۳۱) بر مبنای پنج ویژگی یخبندان، یکی از مناطق گندم‌خیز استرالیا را به چهار ناحیه همگن تقسیم کردند و به این نتیجه رسیدند که ارتفاع از مهم‌ترین عوامل یخبندان است و عرض جغرافیایی و سایر عوامل در درجه بعدی قرار می‌گیرند. بیشند و براندسما (۱۹۹۷: ۸۷۵) روش‌های مختلف طبقه‌بندی الگوهای گردشی را برای پیش‌بینی دما و بارش در هلند مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با مقایسه روش‌های مختلف دریافتند که الگوهای گردشی در تمام فصول بین ۳۰ تا ۴۰ درصد تغییرات دمای روزانه را تبیین می‌کنند. چن و هلس‌تورم

(۱۹۹۹: ۵۰۵) نشان دادند که ناهنجاری‌های دمای زمستانه در جنوب سوئد با استفاده از تیپ‌های هوا قابل توجیه است. آن‌ها نشان دادند که هر تیپ هوا باعث ایجاد شرایط خاص دمایی کاملاً متمایزی در منطقه می‌شود. مولرو همکارانش (۲۰۰۰: ۱۶۱۹) رابطه بین چرخه‌های انسو و فراوانی یخبندان را در ناحیه مرکزی آرژانتین مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها دریافتند که بخشی از تغییرپذیری فراوانی یخبندان را می‌توان به‌وسیله این چرخه تشریح کرد. تات و ژنگ (۲۰۰۳: ۱۹۳) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای ویژگی‌های یخبندان ناحیه اوتاگو در کشور نیوزیلند را مورد مطالعه قرار دادند و نقشه‌های زمان آغاز و خاتمه یخبندان را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای این ناحیه تهیه کردند. ایسیل و همکاران (۲۰۰۷: ۲۱۱) به‌وسیله پس پردازش خطی و غیرخطی مدل‌های هواشناسی دماهای کمینه منطقه آلپ را با دقت بالایی پیش‌بینی کردند. کریستین و همکاران (۲۰۰۹: ۳۷۱) دریافتند که وقوع یخبندان و ضخامت لایه یخی ارتباط زیادی با درجه حرارت سطوح، دمای هوا، مقدار نم و سرعت جریان هوا دارد.

در ایران علیزاده و همکاران (۱۳۷۳: ۳۸) با بررسی پانزده ایستگاه هواشناسی استان خراسان، تاریخ‌های اولین وقوع یخبندان پاییزه و آخرین وقوع یخبندان بهار را در سه آستانه حرارتی با توزیع‌های احتمال مطابقت داده و دریافتند که وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهار از توزیع گامای دو پارامتری تبعیت می‌کند. مجردقره باغ (۱۳۷۶: ۱۶۹) با مطالعه یخبندان در گستره آذربایجان به این نتیجه رسید که هر قدر آغاز یخبندان در پاییز زودتر از میانگین کلی آغازها رخ دهد خاتمه آن نیز در بهار دیرتر از میانگین کلی پایان‌ها رخ خواهد داد. و سری زمانی یخبندان از توزیع پیرسون نوع سوم تبعیت می‌کند. عزیزی (۱۳۸۳: ۹۹) در ارزیابی سینوپتیکی یخبندان‌های فراگیر بهاری در نیمه غربی ایران نشان داد که تقریباً تمامی موارد یخبندان فراگیر، همزمان با وجود سامانه کم ارتفاع روی مناطق شمالی ایران بوده است که هسته مرکزی این سامانه‌ها در شمال دریای خزر، مرکز دریای خزر و یا مناطق شمالی‌تر قرار گرفته و با فرا رفت هوای سرد عرض‌های شمالی سبب ریزش هوای سرد در نیمه غربی کشور شده است. عزیزی و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی و تحلیل رویداد سرمای غیرمعمول دی ماه ۱۳۸۶ در مقایسه با میانگین درازمدت

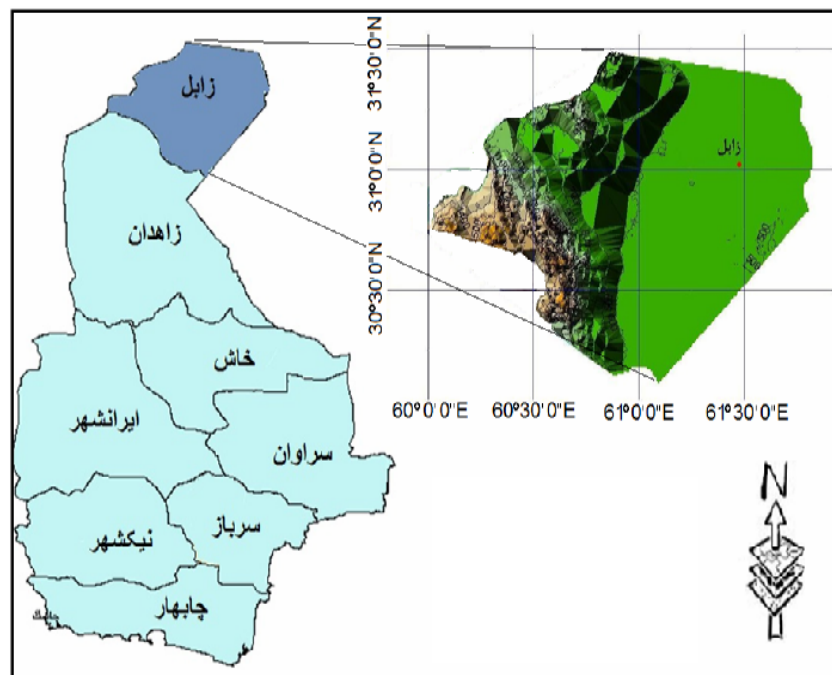
دمای حداقل ژانویه کشور پرداختند. آن‌ها با بررسی شاخص استاندارد دمای حداقل ژانویه ۲۰۰۸ مشاهده کردند که به جز ۶ ایستگاه (اهواز، بوشهر، بندرعباس، شیراز، کرمان، ایرانشهر) در نیمه جنوبی کشور در سایر ایستگاه‌ها ناهنجاری بیش از ۵ درجه سلسیوس نسبت به دوره آماری ۳۰ ساله بر خوردار بوده است. فتاحی و صالحی پاک (۱۳۸۸) الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه ایران را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که توده هوای پرفشار اروپای شمالی، پرفشار سبیری و پرفشار اروپای شرقی بیشترین تأثیر را در رخداد یخبندان‌های شدید و فراگیر ایران دارند. اسماعیلی و خسروی (۱۳۸۶: ۵۳) یخبندان‌های دیررس بهاره در شمال شرق ایران را از دیدگاه همدیدی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که با ادغام اثر پرفشار سبیری و پرفشارهای مهاجر شدت یخبندان زیاد می‌شود. همچنین در وقوع یخبندان‌ها در همه الگوها پرفشار سبیری عامل اصلی می‌باشد. همچنین خسروی و همکاران (۱۳۸۷) اثر یخبندان بر محصولات باغی را براساس شرایط آگروکلیمایی در منطقه مه ولات خراسان رضوی بررسی و پهنه‌بندی نموده‌اند.

پژوهنده (۱۳۹۰) یخبندان دیررس بهاره در نیمه غربی کشور را از دیدگاه اقلیمی - همدیدی مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که احتمال وقوع یخبندان دیررس بهاره در مرکز منطقه بیشتر است و دیرترین یخبندان‌ها نیز در شمال منطقه مطالعاتی اتفاق می‌افتند و غالباً یخبندان‌ها ماهیت فرارفتی دارند. حقیقی (۱۳۹۰) تأثیر یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره را بر عملکرد زراعت گندم دیم در استان کرمانشاه مورد مطالعه قرار داد. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که تأثیر تنش دماهای پایین در دوره‌های خوشه‌دهی و گل‌دهی (بهار) بر عملکرد محصول گندم دیم بسیار است ولی تنش دماهای پایین در دوره جوانه‌زنی (پاییز) با وجود ایجاد تأخیر در دوره رشد گیاه، تأثیر زیادی در عملکرد محصول گندم دیم ندارد. رحیمی و همکاران (۱۳۹۰) با مدل‌سازی خطر خسارت یخبندان بهاره درختان میوه در ۳۱ فروردین ۱۳۸۲ در دشت مشهد نشان دادند که در مناطق جنوب غربی دشت خطر یخبندان بیشتر از مناطق جنوب شرقی دشت است. میرموسوی و حسین بابایی (۱۳۹۰) مطالعه توزیع زمانی - مکانی احتمال وقوع یخبندان در استان زنجان را مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که اولین یخبندان‌های منطقه در فصل پاییز بین ۷ مهر تا ۲۴ آبان

رخ می‌دهد و بیشترین میانگین تعداد روزهای وقوع یخبندان در ایستگاه خیرآباد و کم‌ترین میانگین در ایستگاه فیله خاصه زنجان وجود دارد. هدف از این تحقیق شناسایی شرایط همدیدی در هنگام وقوع یخبندان در منطقه سیستان می‌باشد. شناسایی این ویژگی‌ها می‌تواند در پیش آگاهی زمان وقوع یخبندان در آینده کمک شایانی کند و یافته‌ها باعث می‌شود تا بتوان برنامه‌ریزی درستی برای توسعه آبی منطقه انجام داد.

مواد و روش‌ها

منطقه سیستان با ۱۵۱۹۷ کیلومتر مربع مساحت در شمال استان سیستان و بلوچستان و شرق ایران واقع گردیده است (شکل ۱). روش مورد استفاده در این پژوهش که به صورت همدید می‌باشد رویکرد محیطی به گردشی است. در این رویکرد محقق الگوهای گردش جو را بر حسب شرایط محیطی خاصی که در سطح زمین رخ می‌دهد تعیین می‌کند. لذا با توجه به ماهیت پژوهش که به تحلیل سینوپتیکی پدیده یخبندان می‌پردازد، دو پایگاه داده مورد نیاز است. جهت دریافت جامعه آماری و اقلیمی سطح زمین از داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک شهر زابل و زهک به عنوان نماینده اقلیمی منطقه استفاده شده است و طولانی‌ترین و شدیدترین یخبندان دهه اخیر (۲۰۱۰-۲۰۰۰)، از نظر طول دوره (۱۷ روز مداوم) و دمای کمینه به سلسیوس انتخاب شد (جدول ۱).



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه سیستان

پایگاه دوم داده‌ها مربوط به سطوح مختلف جوی است که از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و مرکز ملی مطالعات جوی ایالات متحده تهیه گردید. دریافت داده‌ها و نقشه‌ها از مراکز فوق در سطح دریا، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌باشد. برای نمایش جریان هوا در سطوح فوق از محیط نرم‌افزاری Grads استفاده شده است. جهت بررسی چگونگی جریانات جوی و مستولی شدن یخبندان بر منطقه مورد مطالعه، نقشه‌های سه روز قبل از شروع یخبندان، روز شروع و روز اوج یخبندان مورد بررسی قرار خواهد گرفت. فاصله خطوط هم فشار در سطح زمین ۲/۵ هکتوپاسکال و فاصله خطوط هم ارتفاع ۱۰ ژئوپتانسیل متر و واحد اندازه‌گیری فشار هوا هکتوپاسکال در نظر گرفته شده است. ضمناً واحد اندازه‌گیری نه‌ویژه گرم بر کیلوگرم و واحد اندازه‌گیری منحنی‌های هم دما، کلون می‌باشد. پوشش مکانی داده‌های جوی بین ۳۰ تا ۹۰ درجه شرقی و ۱۰ تا ۵۰ درجه شمالی می‌باشد.

جدول (۱) روزهای یخبندان انتخابی مورد استفاده در تحلیل همدیدی (۲۰۱۰-۲۰۰۰)

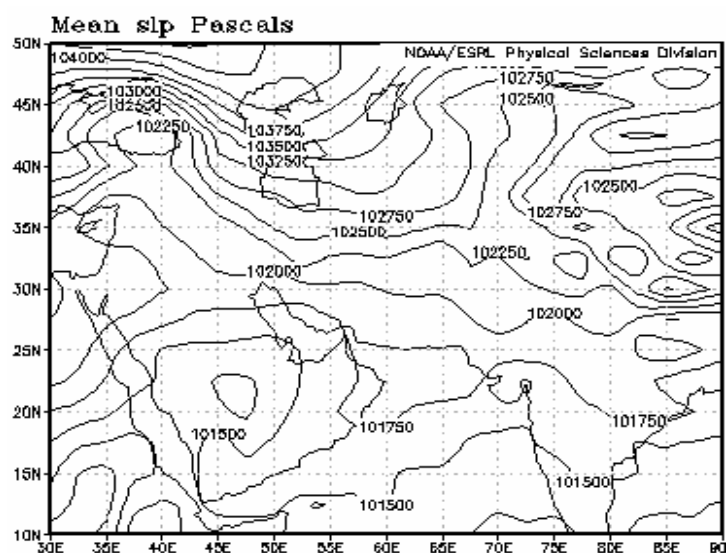
متغیر	روز یخبندان					بارش برف
	حد اقل دما	میانگین دما	میانگین رطوبت	میزان بارندگی	میزان بارندگی	
۷ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۰/۱۷	-۶/۷	-۳/۵	۷۹	۰	۰
۸ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۰/۱۸	-۱۰	-۳/۹	۵۲	۰	۰
۹ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۰/۱۹	-۵/۱	۰/۱	۵۱	۰	۰
۱۰ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۰/۲۰	-۶/۳	۰/۴	۵۰	۰	۰
۱۱ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۰/۲۱	-۶/۴	-۰/۹	۷۱	۱/۵ mm	۲ cm
۱۲ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۰/۲۲	-۱/۲	۱/۳	۹۴	۰/۴ mm	۰
۱۳ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۰/۲۳	-۲/۴	-۰/۳	۷۴	۱ mm	۰
۱۴ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۰/۲۴	-۳/۲	-۱/۶	۷۷	۱/۲ mm	۱ cm
۱۵ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۰/۲۵	-۳/۵	-۲/۱	۷۴	۰	۰
۱۶ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۰/۲۶	-۳	۰/۴	۶۲	۰	۰
۱۷ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۰/۲۷	-۳	۲/۱	۵۰	۰	۰
۱۸ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۰/۲۸	-۶/۲	۰/۶	۴۵	۰	۰
۱۹ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۰/۲۹	-۵/۵	-۱/۱	۴۵	۰	۰
۲۰ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۰/۳۰	-۹	-۲/۷	۳۹	۰	۰
۲۱ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۱/۰۱	-۱۱/۹	-۲/۷	۴۸	۰	۰
۲۲ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۱/۰۲	-۶	۰/۳	۳۰	۰	۰
۲۳ ژانویه ۲۰۰۸	۱۳۸۶/۱۱/۰۳	-۳	۲/۴	۳۹	۰	۰

یافته‌ها و بحث

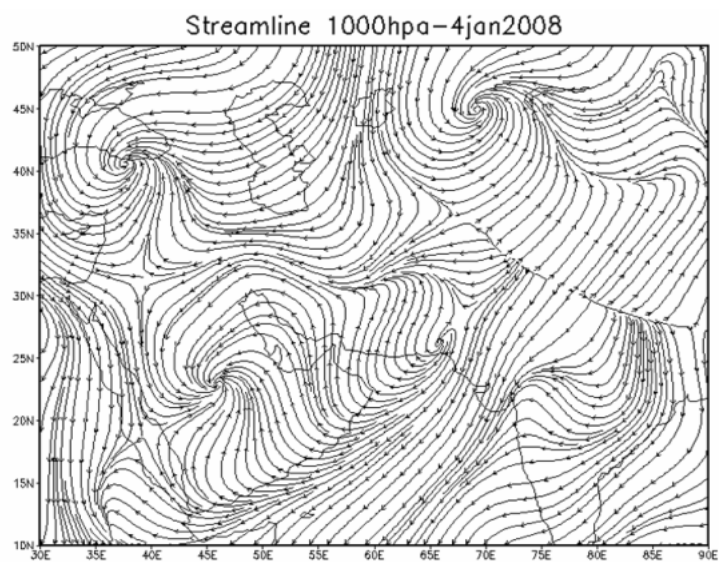
سه روز قبل از شروع فعالیت سیستم (۴ ژانویه ۲۰۰۸؛ ۱۳۸۶/۱۰/۱۴)

شکل ۲ نقشه فشار سه روز قبل از وقوع یخبندان را در سطح دریا نشان می‌دهد. این شکل نشان از فعالیت جریان‌های غربی دارد. فرود بادهای غربی با محور شمال غربی-جنوب شرقی در شمال سیستم نمایانگر فعالیت این سیستم است. زبانه‌های فرود تا شمال و شمال شرق منطقه مورد مطالعه پیشروی کرده‌اند. البته تأثیری بر اقلیم منطقه نداشته و منطقه مورد مطالعه خارج از زبانه‌های فرود سیستم جریان‌های غربی قرار دارد. شکل ۳

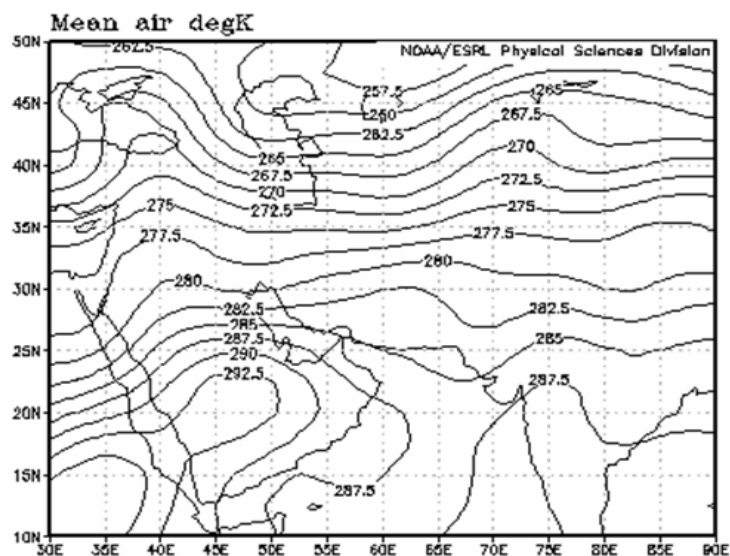
نمایانگر نقشه جریان هوا در سه روز قبل از شروع یخبندان می‌باشد. منطقه مورد مطالعه محل تمرکز جریان‌های شمالی، شرقی و جنوبی می‌باشد. در شرق و شمال شرق منطقه مورد مطالعه جبهه هوای سرد واقع شده که محل نشر و حرکت توده هوا به اطراف می‌باشد. علاوه بر این فعالیت سامانه پرفشار جنوب منطقه، مانع جریان‌های شمالی از روی منطقه هستند. شکل ۴ که وضعیت فشار هوا را در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. نمایانگر سلول پر ارتفاع بر روی دریای عمان است. البته با این شرایط می‌توان گفت که هیچ‌گونه مراکز فشار تأثیرگذار در منطقه مورد مطالعه مشاهده نمی‌شود. شکل ۵ دمای هوا را در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. در این شکل میانگین دمای هوای روزانه منطقه مورد مطالعه ۲۸۰ کلوین (۷ درجه سلسیوس) می‌باشد که بیانگر عدم وقوع یخبندان است و شرایط به‌صورت طبیعی تحت تأثیر عرض جغرافیایی است. شکل ۶ وضعیت فشار را در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد و گویای این مطلب است که پدیده یخبندان خارج از جریان‌های سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌باشد و فعالیت سامانه‌های مختلف جوی در این سطح تأثیری در پدیده‌های هوایی سطح زمین ندارند. شکل ۷ نیز که خطوط جریان هوا را در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. معرف عدم ارتباط جریان‌های این سطح با پدیده‌های سطح زمین می‌باشد. در این سطح در محدوده منطقه مورد مطالعه جریان هوا کاملاً مداری می‌باشد.



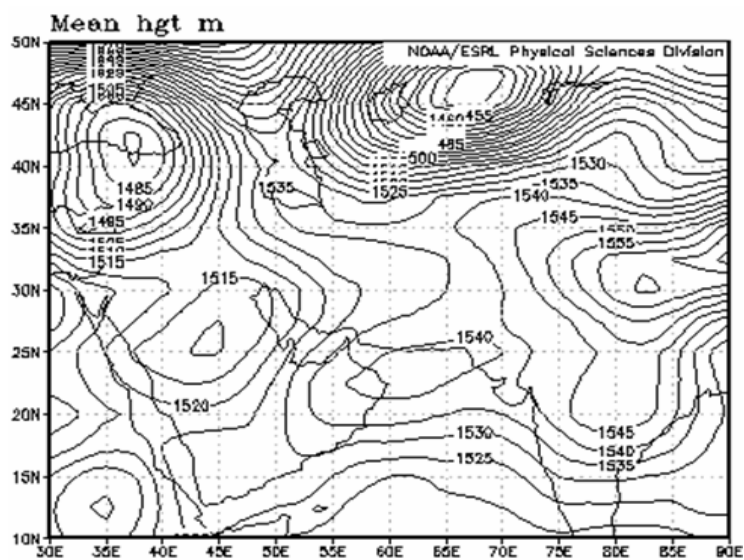
شکل (۲) فشار سطح زمین ۲۰۰۸/۱/۴



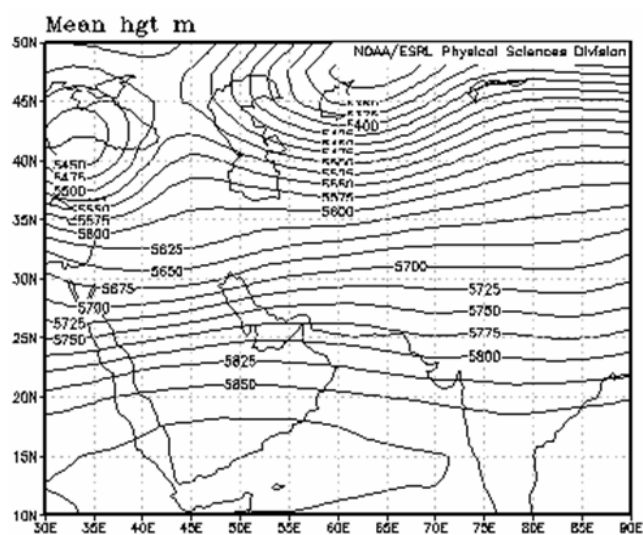
شکل (۳) خطوط جریان سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۴



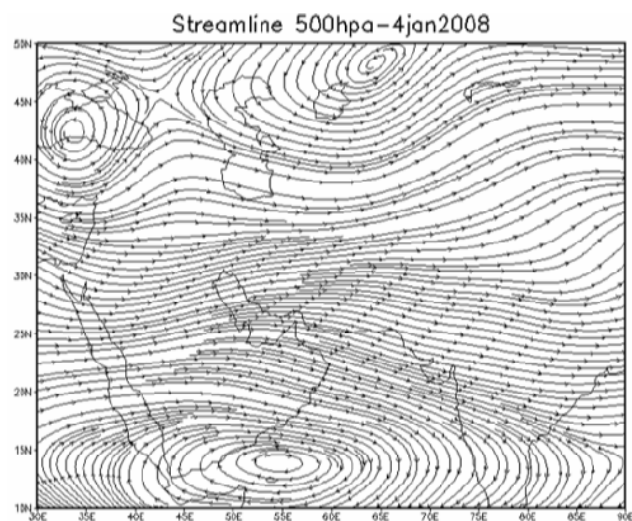
شکل (۴) فشار سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۴



شکل (۵) دمای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۴



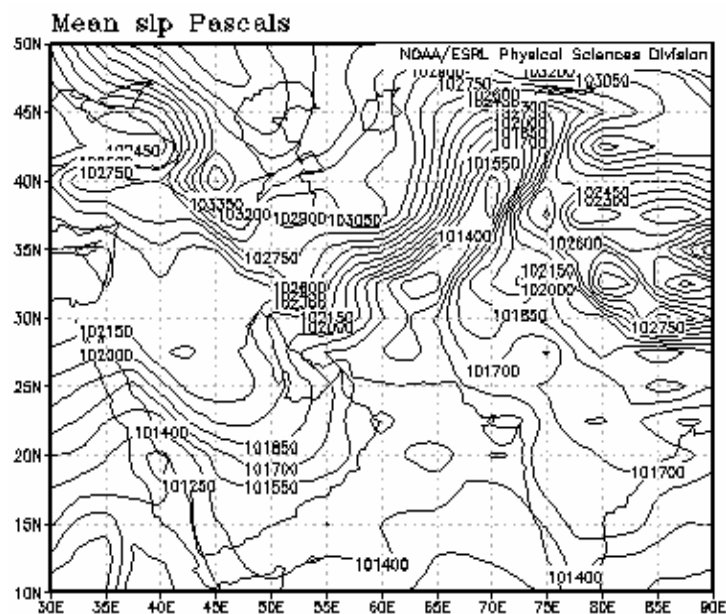
شکل (۶) فشار سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۴



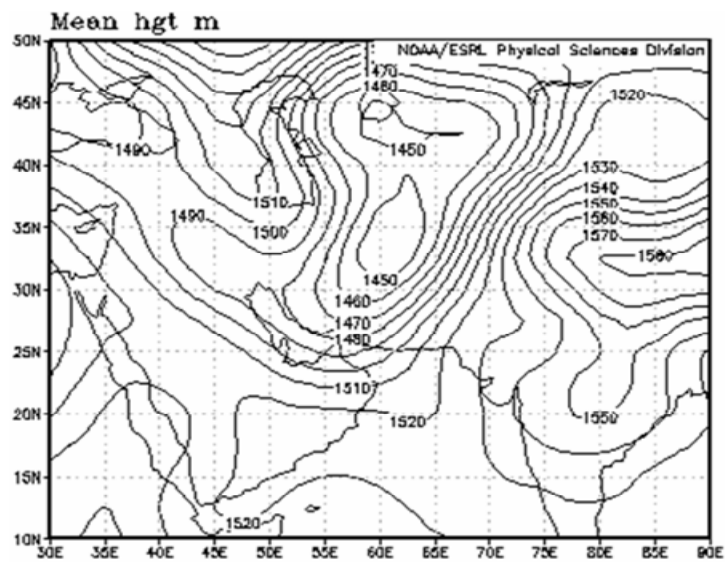
شکل (۷) جریان هوا سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۴

شکل ۸ چگونگی توزیع مراکز فشار سطح زمین را در زمان آغاز یخبندان نشان می‌دهد. سامانه کم‌فشار بسیار قوی بالخاش با فشار مرکزی ۱۰۱۳ هکتوپاسکال در شمال شرق منطقه مورد مطالعه واقع شده است. فشار هوا در منطقه سیستان ۱۰۱۵ هکتوپاسکال است. در این روز فرود عمیقی با محور شمالی-جنوبی بر غرب کشور ایران مستولی شده است. کرانه شرق فرود در شمال غرب سیستان قرار گرفته است به‌طوری که منحنی فشار ۱۰۲۷ با منطقه سیستان ۷ درجه عرض جغرافیایی فاصله دارد (شکل ۸). شرایط ذکر شده گرادیان شدید فشار، ناپایداری و تضاد حرارتی در شمال و شمال غرب سیستان را سبب می‌شود. سامانه کم‌فشار بالخاش تأثیر زیادی در جریانات سطح وسیعی از جمله منطقه سیستان دارد. این سامانه با گردش سیکلونی باعث ریزش هوای سرد از مناطق شمالی شمالی و کرانه غربی فرود غرب ایران به منطقه مورد مطالعه شده است (شکل ۹). علاوه بر این، جبهه هوای سرد متأثر از کم‌فشار بالخاش، فرود غرب ایران و سامانه پرفشار تبت در شمال شرق منطقه سیستان واقع شده که تأثیر به‌سزایی در جریانات سرد به منطقه داشته است (جریان‌های سرد قبل از رسیدن به جبهه از سیستان عبور کرده‌اند). شکل ۱۰ نمایان‌گر وجود سامانه کم‌ارتفاع (۱۴۵۰ ژئوپتانسیل متر) بر فراز منطقه مورد مطالعه می‌باشد. این سامانه موجب مکش هوا از جمله مناطق شمالی به منطقه گردیده و هوای منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. در این سطح فرود سطح زمین به عرض‌های بالاتر متمایل شده و نزدیک بودن منحنی فشار در شرق و غرب سامانه کم‌فشار ناشی از فعالیت تراف شمال غرب و سامانه فشار تبت، مبین تضاد حرارتی و گرادیان فشار است. شکل ۱۱ معرف نقشه دمای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال در این روز می‌باشد. خطوط هم‌دما نشان از تراف ایجاد شده در مرکز ایران است و تمام کشور ایران به جز حاشیه جنوب شرقی در معرض یخبندان واقع شده‌اند. منطقه سیستان با میانگین دمای یک درجه زیر صفر (۲۷۲ کلوین) وقوع یخبندان را تجربه می‌کند. شکل ۱۲ نشان‌دهنده وضعیت فشار در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌باشد و گویای این مطلب است که در این روز پدیده یخبندان متأثر از جریان‌های سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال

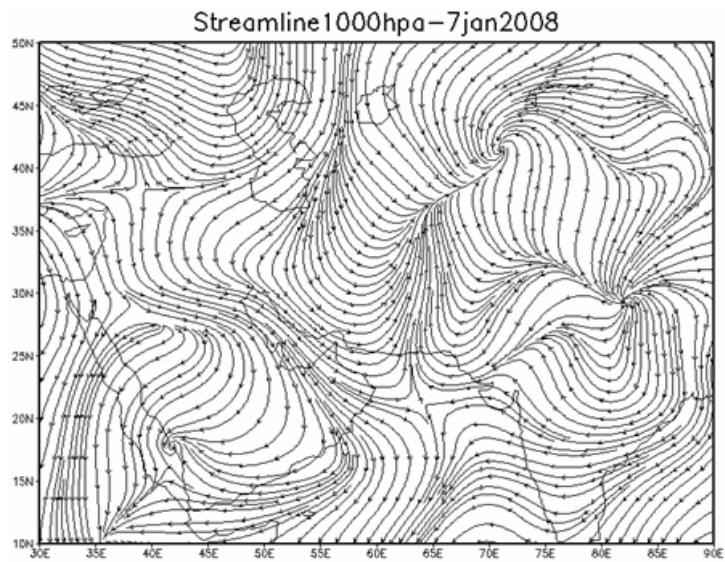
می‌باشد. تراف ایجاد شده متأثر از پرفشار حاشیه شرقی دریاچه خزر، مناطق مرکزی ایران را تحت سیطره خود درآورده است. شکل ۱۳ خطوط جریان هوا در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد، معرف ارتباط جریان‌های این سطح با پدیده‌های سطح زمین می‌باشد. در این سطح در محدوده منطقه مطالعاتی جریان هوا جنوب غربی - شمال شرقی است. ناوه ایجاد شده در مناطق مرکزی ایران باعث مکش هوا از عرض‌های بالاتر به چاله‌های مرکزی و پس از آن به نواحی شرقی و شمال شرقی می‌شود.



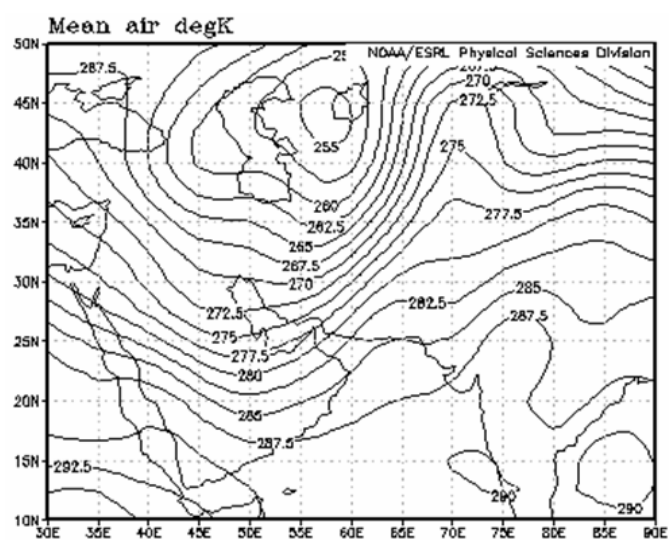
شکل (۸) فشار سطح زمین ۲۰۰۸/۱/۷



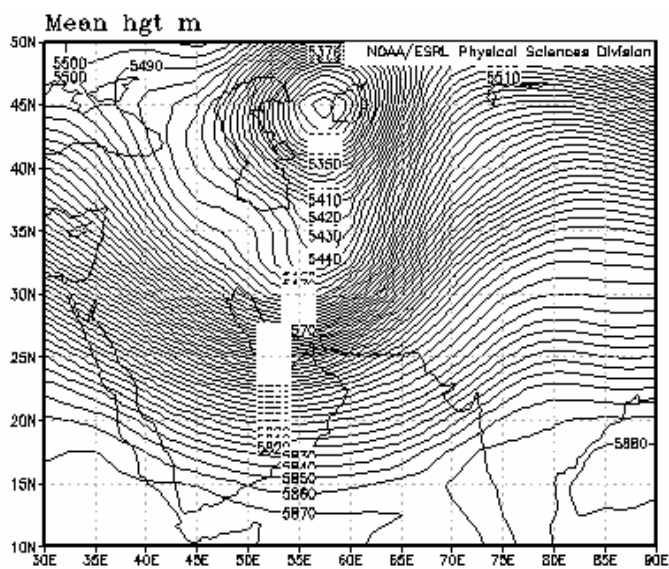
شکل (۹) جریان هوا سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۷



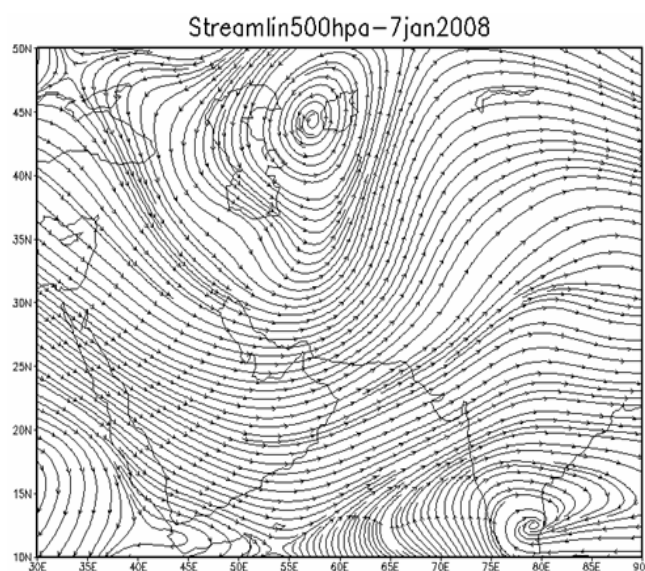
شکل (۱۰) فشار سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۷



شکل (۱۱) دمای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۷



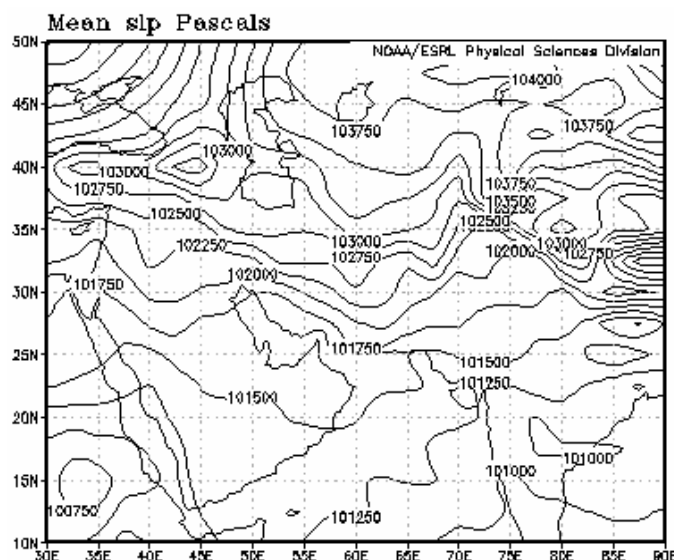
شکل (۱۲) فشار سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۷



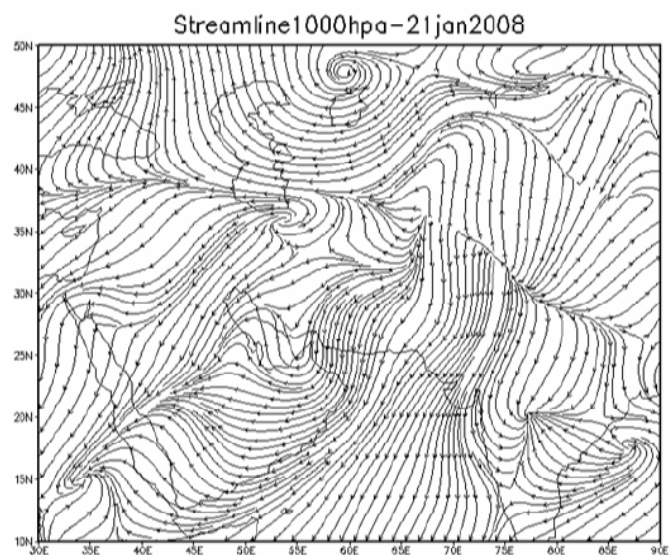
شکل (۱۳) خطوط جریان سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۷

شکل ۱۴ معرف وضعیت توزیع مراکز فشار در سطح زمین است. فشار هوا در سیستان ۱۰۲۲/۵ هکتوپاسکال است. تراف ناشی از بادهای غربی با محور شمال غربی-جنوب شرقی و محدوده عرض ۲۷ تا ۳۵ درجه شمالی (عمق ۱۰ ژئوپتانسیل متر) بر روی منطقه مورد مطالعه مستقر شده است. این در حالی است منطقه سیستان در دامنه تراف غربی بادهای غربی قرار گرفته است. این شرایط نشان از ریزش هوای سرد شمال غرب به منطقه مورد مطالعه می‌باشد. سامانه کم‌ارتفاع هند نیز با مکش هوای اطراف تأثیر قابل ملاحظه‌ای در فرود شکل گرفته دارد. نقشه جریان هوا (شکل ۱۵) معرف جریان شمالی- جنوبی هوا در منطقه سیستان است. خط جبهه هوا در شمال شرق منطقه مورد مطالعه و به حالت شمال غربی- جنوب شرقی کشیده شده است و عامل اصلی جریان هوا در منطقه سیستان می‌باشد. شدت جریان هوا در این روز نسبت به روز شروع بیشتر شده است. علاوه بر این نسبت به سه روز قبل از شروع یخبندان در جنوب منطقه سیستان مانعی مشاهده نمی‌شود. شکل ۱۶ نشان‌دهنده شرایط فشار هوا در منطقه است. در این شکل سامانه کم‌ارتفاعی در

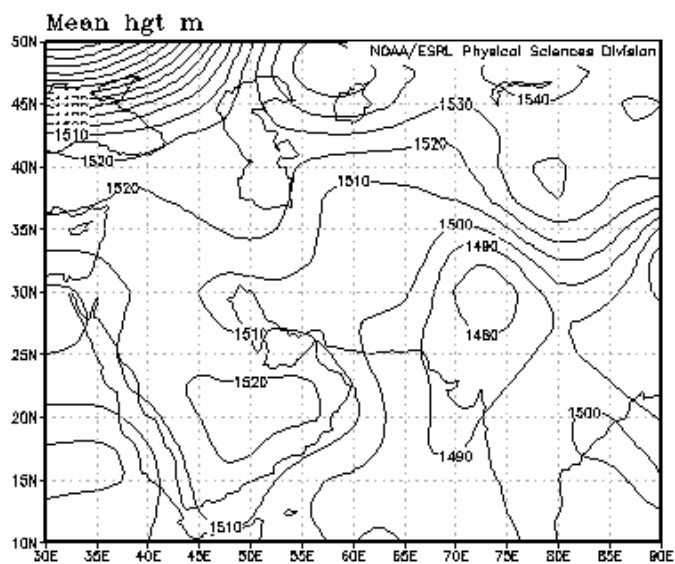
شرق منطقه (۱۴۶۰ ژئوپتانسیل متر) مشاهده می‌شود و در مقابل آن زبانه‌های سامانه پر ارتفاعی بر روی دریاچه خزر به عرض‌های جنوبی (۳۵ درجه) گسترده شده‌اند. شرایط فوق‌الذکر باعث جریان هوا از شمال غرب به طرف جنوب شرق می‌باشد. نقشه خطوط هم دمای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۷) مبین وقوع پدیده یخبندان در منطقه سیستان است. خطوط هم‌دما در سطح منطقه پایین تر از ۲۷۲ کلوین است. علاوه بر این، مسیر خطوط هم‌دما شمال غربی - جنوب شرقی است که می‌توان گفت وقوع پدیده یخبندان تحت تأثیر سامانه‌های فشار و به صورت دینامیکی می‌باشد. شکل ۱۸ نشان‌دهنده وضعیت فشار در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌باشد. در این شکل دو سامانه فشار قابل رؤیت هستند. سامانه پیرارتفاع در شمال شرق دریاچه خزر و سامانه کم‌ارتفاع در جنوب عربستان که اثری بر جریان‌های منطقه ندارند و جریان شمال غربی - جنوب شرقی هوا در منطقه مورد مطالعه حاکم است. عوامل ذکر شده در شکل ۱۹ کاملاً واضح و محرز است. با توجه به این شکل و شکل ۱۵ می‌توان اظهار داشت سامانه‌های جوی در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال تأثیر واضحی در وقوع پدیده یخبندان در سطح زمین ندارند.



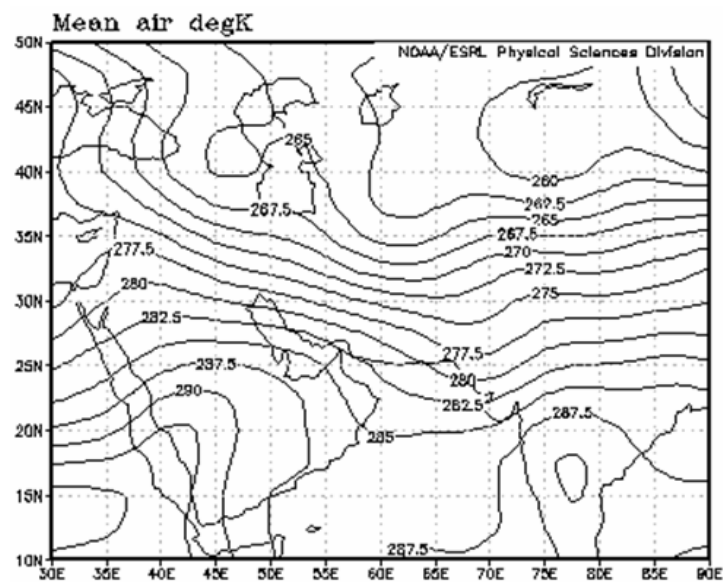
شکل (۱۴) فشار سطح زمین ۲۰۰۸/۱/۲۱



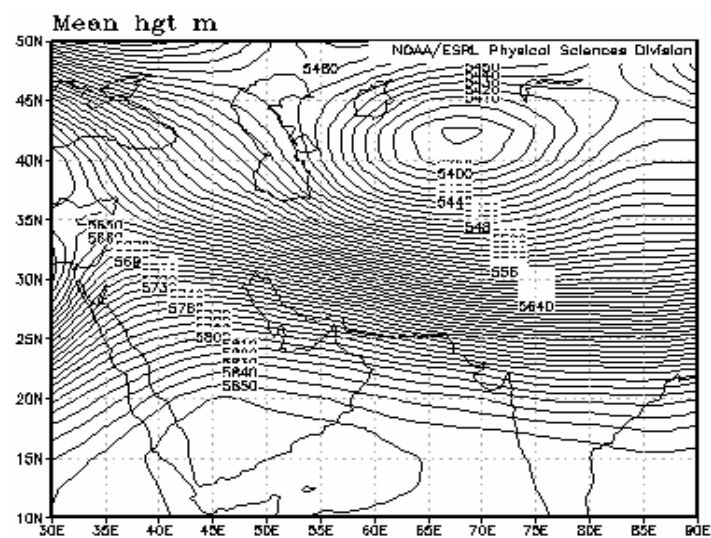
شکل (۱۵) جریان هوا سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۲۱



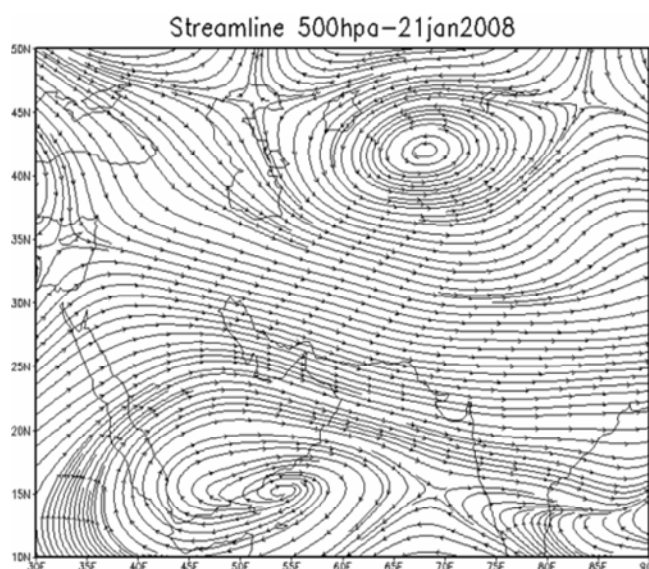
شکل (۱۶) فشار سطح ۸۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۲۱



شکل (۱۷) دمای سطح ۸۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۲۱



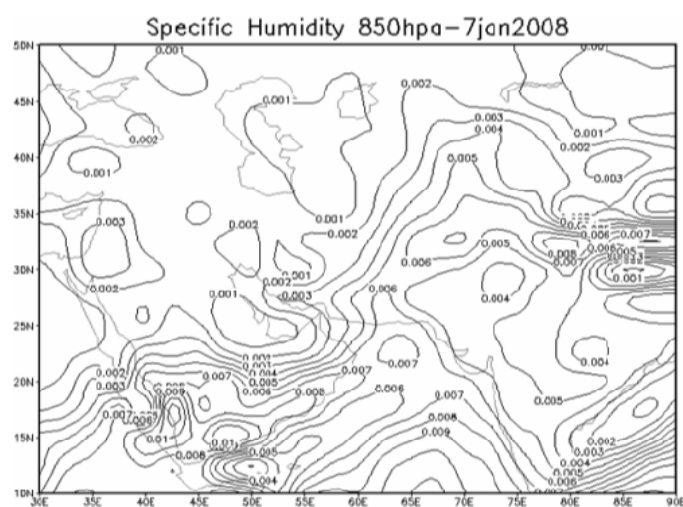
شکل (۱۸) فشار سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۲۱

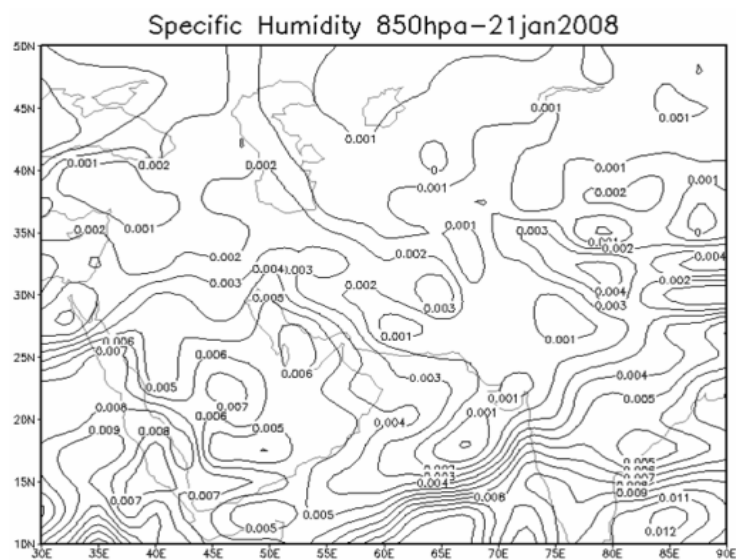


شکل (۱۹) جریان هوا سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۲۱

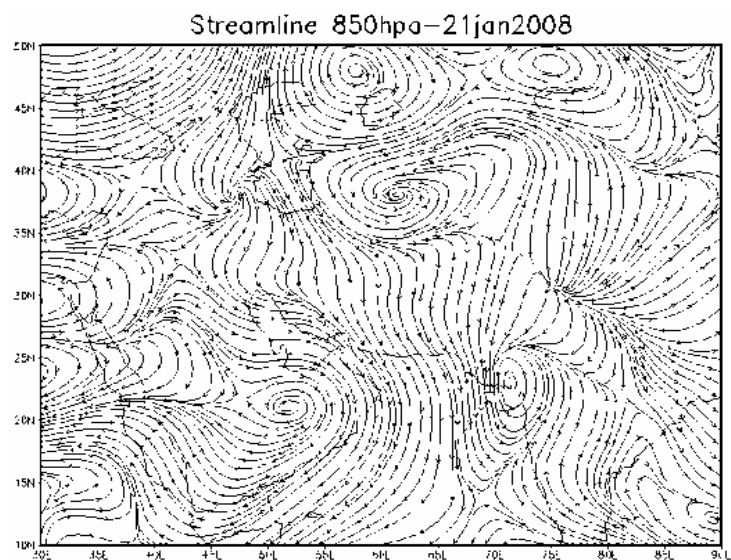
در شکل ۲۰ نم‌ویژه (گرم بر کیلوگرم) تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان داده شده است. جهت جریان هوا در سطح ذکر شده طوری است که پس از عبور از روی دریاچه خزر و دریای عمان تغذیه رطوبتی نموده است. با توجه به این که جریان هوا در سطح ذکر شده جنوب غربی - شمال شرقی می‌باشد شکل ۲۱ گویای این مطلب است که رطوبت ایجاد شده در منطقه مورد مطالعه از دریاچه خزر، دریای عمان و خلیج فارس تأمین شده است. البته در این روز میانگین رطوبت منطقه سیستان نسبتاً بالا بوده است (جدول ۱). عامل اصلی جریان جنوب غربی - شمال شرقی هوا سامانه کم فشار جنوب شرق دریاچه خزر است که به صورت گسترده و فعال موجب مکش هوا شده است. جریانات هوای سرد و مرطوب دریاچه خزر پس از طی کردن چاله‌های مرکزی ایران مسیر شمال شرقی انتخاب کرده که می‌توان گفت گرمای چاله‌های بسته مرکزی و پرفشار شمال شبه‌جزیره هند در مسیر جریانات بی‌تأثیر نیست. شکل ۲۲ نشان‌دهنده فعالیت دو سلول می‌باشد. جریانات هوا در این روز کاملاً به حالت نصف النهاری هستند. در شکل ۲۳ جهت جریان هوا به گونه‌ای است که پس از عبور از روی دریاچه خزر تغذیه رطوبتی نموده و تا دریای عمان کشیده شده است.

شایان ذکر است که در این شکل پایین‌تر از منطقه سیستم سامانه پراتقاعی بر سر راه جریان‌های شمالی واقع نشده است.





شکل (۲۲) نم ویژه سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۲۱



شکل (۲۳) جریان هوا سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۸/۱/۲۱

نتیجه‌گیری

همان‌گونه که مطرح شد از تاریخ ۷ ژانویه ۲۰۰۸ لغایت ۲۳ ژانویه ۲۰۰۸ منطقه سیستان وقوع پدیده یخبندان را تجربه کرده است. با بررسی نقشه‌های فشار، دما و جریان هوا مشخص شد که در سه روز قبل از وقوع پدیده یخبندان شرایط طوری است که تراف ایجاد شده و ریزش هوای سرد عرض‌های شمالی نشأت گرفته از این تراف بر منطقه مورد مطالعه سیطره پیدا نکرده و بالاتر از منطقه قرار گرفته‌اند. در روز شروع یخبندان یک سامانه کم‌ارتفاع در منطقه سیستان و شمال شرق آن مستقر شده است که موجب مکش هوا شده و این باعث می‌شود که منطقه سیستان ریزش هوای سرد را تجربه کند. این در حالی است که منطقه سیستان در مجاورت کرانه شرقی تراف عمیق غرب ایران واقع شده و گرادبان فشار شدید فشار باعث شده که هوای سرد کرانه غربی تراف به منطقه سیستان وارد شوند. در این روز تراف ایجاد شده تا سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال رسیده و این در شرایطی است که در سه روز قبل از شروع، ترافی در این سطح مشاهده نمی‌شود. در روز اوج یخبندان خط جبهه شمال منطقه سیستان به حالت شمال غربی - جنوب شرقی تغییر کرده و سامانه پرفشار مستقر بر روی دریاچه خزر از بین رفته و به دو سلول کم‌فشار شرق و غرب تبدیل شده است. در این روز در حاشیه شرقی ایران ناوه بادهای غربی ایجاد شده که منطقه سیستان بر کرانه غربی ناوه قرار گرفته و از ریزش هوای سرد عرض‌های شمالی به این ناحیه برخوردار شده است. در نتیجه شدت یخبندان زمانی در منطقه سیستان به‌وقوع می‌پیوندد که در کرانه غربی تراف نفوذی به عرض‌های پایین‌تر قرار گرفته باشد. شایان ذکر است که عاملی که باعث تداوم طولانی یخبندان شده در مرحله اول افت شدید فشار و فعالیت سامانه چرخند بالخش است. به‌گونه‌ای که قبل از رسیدن تراف به منطقه، موجب مکش جریانات کرانه غربی تراف به منطقه شده و در مرحله دوم انتقال تدریجی تراف به شرق و شدت گرفتن یخبندان می‌باشد. با توجه به شرایط ذکر شده در ایجاد پدیده یخبندان منطقه سیستان، شرایط همدیدی زیر قابل استخراج می‌باشند. لازم به ذکر است که سامانه‌های ذکرشده مرتبط و مکمل یکدیگرند: ۱- افت فشار در منطقه و فعالیت سامانه چرخند بالخش در شمال شرق منطقه که باعث مکش هوا و ریزش هوای سرد عرض‌های شمالی به نواحی

جنوبی و منطقه سیستان می‌شود. ۲- فعالیت موجی شکل جریان‌های غربی که باعث ایجاد فرود در ایران شده است و موجب ریزش هوای سرد مناطق شمالی به عرض‌های پایین‌تر شده است. ۳- وجود جبهه سرد ناشی از فعالیت سامانه کم‌فشار بالخاش، فرود غرب ایران و پرفشار تبت با محور شمال غربی - جنوب شرقی در شمال شرق سیستان که منجر به جریان‌های سرد منطقه شده است. ۴- وجود سامانه‌های کم‌فشار در نواحی جنوب شرقی منطقه سیستان و دریای عمان به‌ویژه سامانه کم‌فشار شمال هند که با فعالیت خود زمینه را برای گسترش ناوه بادهای غربی و استقرار کرانه غربی تراف بر سیستان فراهم نموده است. ۵- وجود سامانه پرفشار تبت در شرق ایران که به نوعی در استقرار و هدایت جریان‌های غربی و فرود منشعب از آن تأثیرگذار است.

منابع

- اسماعیلی، رضا و محمود خسروی (۱۳۸۶)، «الگوهای هم‌دید یخبندان‌های دیررس شمال شرق کشور»، *مجله علوم جغرافیایی*، شماره ۷ و ۸، صص ۷۶-۵۳.
- براتی، غلامرضا (۱۳۷۵)، «طراحی و پیش‌بینی الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های بهاره ایران»، رساله دکتری دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- پژوهنده، مریم (۱۳۹۰)، «بررسی اقلیمی و سینوپتیکی مدت و شدت یخبندان دیررس بهاره در نیمه غربی کشور»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- حقیقی، اسماعیل (۱۳۹۰)، «تأثیر یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره بر عملکرد زراعت گندم دیم در استان کرمانشاه»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران.
- خسروی، محمود؛ حبیبی نوخندان، مجید و رضا اسماعیلی (۱۳۸۷)، «پهنه‌بندی اثر خطر سرمازدگی دیررس بر روی باغات (مطالعه موردی: شهرستان مهاباد)»، *جغرافیا و توسعه*، پاییز و زمستان ۱۳۸۷، شماره ۱۲، صص ۱۶۲-۱۴۵.
- خسروی، محمود و حمید نظری‌پور (۱۳۹۱)، «مطالعه هم‌دید تیپ‌های هوای غالب منطقه سیستان "ایستگاه زابل"، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، پاییز ۱۳۹۱، شماره ۸۱، صص ۶۲-۳۹.
- رحیمی، محمد؛ فرج‌زاده، منوچهر و غلامعلی کمالی (۱۳۹۰)، «مدل‌سازی خطر خسارت یخبندان بهاره درختان میوه مطالعه موردی: محصول سیب، مکان دشت مشهد»، *پژوهش‌های زراعی ایران*، شماره ۹، صص ۲۸۴-۲۷۳.
- عزیزی، قاسم (۱۳۸۳)، «ارزیابی سینوپتیکی یخبندان‌های فراگیر بهاری در نیمه غرب ایران»، *فصلنامه مدرس، علوم انسانی*، دوره ۸، شماره ۱، صص ۹۹-۱۱۵.
- عزیزی، قاسم؛ اکبری، طیبه؛ داودی، محمود و مهری اکبری (۱۳۸۸)، «تحلیل هم‌دید موج سرمای شدید دی ماه ۱۳۸۶ ایران»، *مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، شماره ۷۰، صص ۲۰-۱.

- علیجانی، بهلول (۱۳۶۹)، «چگونگی تشکیل فرابار سیبری و اثر آن بر اقلیم شرق ایران»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، سال پنجم شماره ۱۷، صص ۲۵۱-۲۴۱.
- علیجانی، بهلول (۱۳۸۰)، «تیپ‌های هوا و اثر آن‌ها بر اقلیم ایران»، *فصلنامه کاوش‌نامه*، سال دوم، شماره ۳، دانشگاه یزد، صص ۴۹-۲۱.
- علیزاده، امین؛ کمالی، غلامعلی و محمد موسوی (۱۳۷۳)، «تاریخ وقوع اولین یخبندان‌های پاییزه و آخرین یخبندان‌های بهار در خراسان»، *مجله علمی نیوار*، شماره ۲، صص ۵۶-۳۸.
- فتاحی، ابراهیم (۱۳۸۳)، «طبقه‌بندی هم‌دید فضایی توده‌های هوا با تأکید بر دوره‌های خشک و مرطوب»، رساله دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- فتاحی، ابراهیم و تهمینه صالحی‌پاک (۱۳۸۸)، «تحلیل الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه ایران»، *مجله جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۳، صص ۱۳۶-۱۲۷.
- مجردقره‌باغ، فیروز (۱۳۷۶)، «تحلیل و پیش‌بینی یخبندان در آذربایجان»، رساله دوره دکتری اقلیم‌شناسی، استاد راهنما: دکتر علی اصغر موحد دانش، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- محمدی، حسین (۱۳۸۵)، *آب و هواشناسی کاربری*، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.
- میرموسوی، سیدحسین و مصطفی حسین بابایی (۱۳۹۰)، «مطالعه توزیع زمانی - مکانی احتمال وقوع یخبندان در استان زنجان»، *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، شماره ۴۳، صص ۱۸۴-۱۶۷.
- Barry, R.G, G. Kiladis(1981), "Synoptic Climatology of the western united states in relation to climatic fluctuations during the twentieth century", *Journal of Climatology*, Vol. 1, pp. 97-113.
- 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, pp. 1731-1743.
- Buishand, T.A. and Brandsma, T. (1997), "Comparison of circulation classification schemes for predicting temperature and precipitation in the Netherlands", *International Journal of Climatology*, Vol. 17, pp. 875-889.

- Chen, d. and Hellstorm, C. (1999), "The influence of the north Atlantic Oscillation on the regional temperature variability in Sweden spatial and temporal variations", *Tellus* 51 a (4), pp. 505-516.
- Christian J.L. Hermes, Robson O. Piucco, Jader R. Barbosa Jr., Claudio Melo (2009), "A study of frost growth and densification on flat surfaces", *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol. 33, Issue 2, pp. 371-379.
- Ding, y and T.N Krishnamuti (1987), "Heat Budget of the Siberian High and witter Monsoon", *Monthly Wweather Review*, Vol. 115, pp. 137-146.
- Eccel E., L. Ghielmi, P. Granitto, R. Barbiero, F. Grazzini, and D. Cesari (2007), "Prediction of minimum temperatures in an alpine region by linear and non-linear post-processing of meteorological models", *Nonlinear Processes in Geophysics*, Vol. 14, pp. 211-222.
- 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*, Vol. 20, Issue 13, pp. 1619-1637.
- NOAA, National Center for Environmental Prediction (NCEP)-National Center for Atmospheric Research (NCAR), (2012), Available at: www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.pressure.html
- Rosenberg, N.J. and Myers, R.E. (1962), "The nature of growing Season Frost in Nebraska", *Monthly Weather Review*, 90, pp. 471-479.
- Tait, A., and X. Zheng (2003), "Mapping Frost Occurrence Using Satellite Data", *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 42, Issue 2, pp. 193- 203.
- Thom, H.C.S., and R.H. Shaw (1958), "Climatological Analysis of Freeze Data for Iowa", *Monthly Weather Review*, Vol. 86, Issue 7, pp. 251-257.
- Vithkevich, V.I. (1963), "*Agricultural Meteorology*", Jerusalem; PP.183-305.