تحلیل سینوپتیکی سرمای زودرس پاییزه و دیررس بهاره در استان یزد

دکتر محمدصادق طالبی
عضو هیات علمی دانشگاه آزاداسلامی واحد میبد

چکیده
در این تحقیق به منظور تحلیل سینوپتیک یخبندان‌های استان یزد، ابتدا بر اساس پایین‌ترین دمای روزانه ۲۸ ایستگاه هواشناسی استان دوره ۸۱-۱۳۷۰، زمان وقوع اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره را تعیین شد. سپس بر اساس تحلیل خوشه‌ای داده‌های رقومی نقشه‌های سطوح زمین و ۵۰۰ هکتوپاسکال الگوهای سینوپتیک مسبب سرماهای زود رس پاییزه در دو گروه زبانه‌های پرفشار شمال‌شرق و زبانه‌های پرفشار شمال‌غرب و الگوهای مسبب سرمای دیر رس بهاره در دو گروه زبانه‌های کم فشار جنوب‌شرق و زبانه‌های کم فشار شرق استان یزد شناسایی شدند.

واژگان کلیدی: یخبندان، سرمازدگی، سینوپتیک، سرمای زودرس پاییزه و دیررس بهاره در استان یزد.

مقدمه

یخبندان در بسیاری از فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی به‌ویژه کشاورزی عامل محدود کننده می‌باشد. منطقه یزد علیرغم داشتن اقلیم گرم، به جهت موقعیت بیابانی، در دوره سرد سال از سرماهای بسیار شدید متضرر می‌گردد. این سرماهای زیان‌آور عمده تا در اوایل و انتهای دوره سرد رخ می‌دهد. برای این‌که در طول زمستان گیاهان به سرما عادت کرده‌اند و از طرف دیگر در این دوره گیاه فعالیت ندارد. اما در ابتدا و انتهای دوره سرد به لحاظ هم‌زمانی با برداشت و یا کاشت محصولات، میزان خسارات سنگین می‌باشد، برای مثال سرمای بهار ۱۳۷۴ سبب خشک شدن درختان گردو و بادام منطقه تفت و سایر نواحی کوهستانی یزد گردید.

یخبندان‌ها بر اثر شرایط تابشی و سینوپتیکی ایجاد می‌شوند. یخبندان‌های تابشی ناشی از میکرواقلیم و شرایط محلی بوده وگسترش چندانی ندارد اما یخبندان‌های سینوپتیک بر اثر الگوهای فشار بوجود می‌آیند و منطقه وسیعی را فرا می‌گیرند، در نتیجه خسارات سنگینی به بار می‌آورند.

با این مقدمه و با توجه به اهمیت نقش یخبندان‌ها در کشاورزی و با تاکید بر این مسئله که امروزه کشورهای دنیا در خصوص سیستم‌های پیش بینی، پیش گیری و هشدار سرمازدگی و یخبندان اقدامات زیادی به انجام رسانده‌اند به نظر می‌رسد پژوهش‌هایی از این قبیل بتواند گامی موثر در جهت شناخت بیشتر و کاهش خسارت ناشی از این پدیده در کشور ما باشد. هدف این مطالعه بررسی سینوپتیکی الگوهای موثر بر سرماهای زودرس پاییزه و دیررس بهاره در استان یزد می‌باشد. محدوده مورد مطالعه در این تحقیق استان یزد با وسعتی بالغ بر ۱۳۱۵۵۱ کیلو متر مربع، حد واسط عرض‌های شمالی ۲۹ تا ۳۵ درجه و طول‌های شرقی ۵۲ تا ۵۸ درجه می‌باشد.

پیشینه تحقیق:

تأثیر دما و نوسانات آن تا مرحله‌ای که به زیر صفر درجه سانتی‌گراد برسد در همه کارهای صنعتی، عمرانی و کشاورزی موثر است. این امر در بخش کشاورزی با توجه به زنده بودن گیاه و عدم کنترل شرایط جوی در سطح وسیع بسیار چشم‌گیر می‌باشد. باید متذکر شد که یخبندان در کارهای عمرانی نظیر ساختمان‌سازی، حمل نقل و تردد جاده‌ای... نیز موثر بوده و می‌تواند ایجاد اختلال نماید و یا صرف هزینه انرژی را به منظور کاهش اثر یخبندان بالا برد.

مطالعات زیادی در رابطه با یخبندان، از نظر زمان فراوانی وقوع با استفاده از فراوانی احتمالات و رابطه یخبندان‌های بهاره و پاییزه و الگوهای سینوپتیکی در داخل و خارج از کشور انجام پذیرفته است. به‌طوری که ریکناگل ۱۵۰ سال قبل در مقاله‌ای شرایط فیزیکی و هواشناسی موثر در یخبندان دیررس بهاره را مطالعه و توصیه‌هایی مبنی بر پوشانیدن سطح گیاه و تولید دود معرفی می‌نماید(میبدی، ۱۳۸۳) در آن زمان برای اولین بار یک سرویس پیش آگاهی یخبندان بعد از سرویس پیش آگاهی طوفان پیشنهاد و سازماندهی شد. رزنبرگ و مایرز (Rozenberg and Myers, 1962) بیان کردند که نوع یخبندان‌ها در برنامه‌ریزی کشاورزی مهم‌تر از میانگین تاریخ وقوع یک دمای خاصی است. بر این اساس نامبردگان آمارهای اقلیمی را بر اساس تاریخ وقوع اولین سرمای پاییزه و آخرین سرمای بهاره انتشار داده‌اند اما به لحاظ این‌که تفکیک یخبندان‌ها به درستی امکان‌پذیر نمی‌باشد ارائه چنین اطلاعاتی از روی آنالیز داده‌های هواشناسی بسیار مشکل است (رحیمی، ۱۳۷۸).

رزنبرگ و مایرز (Rozenberg and Myers, 1962) رویدادهای تاریخی مربوط به وقوع یخبندان های

زودرس پاییزه و دیررس بهاره مربوط به آستانه صفر درجه سانتی‌گراد (نقطه انجماد آب) را در پناهگاه مربوط به دماسنج حداقل در ۱۰ مکان در داخل و مجاورت دره پلت در ایالت نبراسکا مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها عوامل سبب این یخبندان‌ها را به کمک نقشه‌های سینوپتیک مشخص کردند.آن‌ها همچنین سری‌های یخبندان را بسته به دیررس یا زودرس بودن به تابشی و فرارفتی تقسیم و بیان کردند همه آن‌ها تصادفی بوده و از توزیع نرمال پیروی می‌کنند و براساس آن فاصله بین آخرین یخبندان فرارفتی بهاره و اولین یخبندان فرارفت پاییزه را فصل رشد بالقوه نامیده و در مقابل، فاصله بین آخرین وقوع و اولین وقوع دمای پناهگاه مربوط به دماسنج حداقل را که برابر صفر درجه سانتی‌گراد یا کم‌تر از آن باشد فصل رشد واقعی نامیدند.

وستال (Vestal, 1971) احتمال وقوع اولین و آخرین یخبندان‌ها را که به ترتیب در پاییز و بهار اتفاق می‌افتد. بر اساس آستانه‌های مورد نظر در ایالت‌های ساحلی و جنوب شرقی آمریکا مورد بررسی قرار داده است. او یک روش احتمالی را برای ایجاد سری‌های اولین و آخرین آستانه‌های دمایی پایین به‌کار گرفته است که برای تعیین احتمالات وقوع اولین و آخرین یخبندان‌ها به آستانه معلوم مورد استفاده قرار می‌گیرد. او با استفاده از یک مثال عددی وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره را با توزیع نرمال مورد بررسی قرار داده است.

آویسار و ماهرر (Avisar, R.and Mahrer, 1978) یک مدل سه بعدی را در مقیاس محلی برای شبیه‌سازی خرد اقلیم نزدیک سطح زمین مناطق غیر یکنواخت در طول رخدادهای یخبندان تابشی توسعه داده‌اند. این مدل براساس معادلات حرکت، حرارت، رطوبت و پیوستگی در اتمسفر و نیز معادلات انتشار حرارت و رطوبت در خاک پایه‌ریزی شده است. همچنین در ایجاد و تلخیص فرمول‌های بودجه انرژی برای سطح خاک و کاناپه گیاهی توجه ویژه‌ای قائل شده‌اند. حساسیت مدل به عوامل مختلف که ممکن است درجه حرارت حداقل شبانه نزدیک سطح زمین را در طول رخدادهای یخبندان تابشی شبانه تحت تاثیر قرار دهند، با به‌کارگیری حالت دو بعدی و سه بعدی مدل مورد آزمون قرار گرفته است و معلوم شده است که این پارامتر نسبت به پستی بلندی، پوشش گیاهی، رطوبت موجود در خاک، سمت و سرعت باد و رطوبت هوا حساس می‌باشد. لافلین و کالما(Laughlin and Kalma ,1987) با بررسی درجه حرارت کمینه در ۳۱ نقطه از یک مرتع به وسعت ۱۷۰ کیلومتر مربع در طول ۲۰ شب زمستانی سال ۱۹۸۲ و به‌کارگیری یک مدل رگرسیونی چند متغیره از عواملی چون سرعت باد در طول شب، هدر رفت‌های حرارتی در تمام طول موج‌ها در طول شب موفق به ارائه الگوهای فضایی احتمال وقوع یخبندان در یک مقیاس محلی شده‌اند.

میچالسکا (Michalska,1986) با مطالعه احتمال زمانی وقوع یخبندان‌های دیررس بهاره در هلند، تاریخ کاشت مناسب ذرت در بهار و تأثیر دمای خاک را نیز در تعیین تاریخ کاشت ذرت مورد بررسی قرار داده است. کاجفز(Kajifez ,1989) تاریخ وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه در ۹ مکان در منطقه کورنجسکا دراسلوونی در طول سال‌های ۱۹۷۴ تا ۱۹۸۷ مورد مطالعه قرار داده است ولی تاریخ‌های متوسط اولین یخبندان را به‌دست آورده است همچنین رابطه تاریخ وقوع اولین یخبندان در ارتفاع محل نیز در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است.

در ایران هم مطالعاتی انجام شده است. شاعری نیا (۱۳۷۲) یخبندان‌های کشاورزی را از نظر علل وقوع مانند انواع تبادلات حرارتی و نحوه پیشگیری بررسی تحلیلی کرده است. قباد دارابخانی (۱۳۸۰) در مطالعه اثر یخبندان بر کشت غلات در غرب ایران به این نتیجه رسید که یک درجه افزایش در متوسط سالیانه درجه حرارت باعث می‌شود که مرز کشت غلات عرض‌های میانی نیمکره شمالی در حدود ۲۰۰- ۱۵۰ کیلومتر

پیشروی نماید. هاشمی(۱۳۵۲) تاریخ اولین و آخرین یخبندان‌های تهران را بررسی کرده و به این نتیجه رسید که این تاریخ ها از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند. ایشان (۱۳۵۲) در تحقیق دیگری موج‌های سرد یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره ایستگاه‌های سینوپتیک کشور را بر اساس آستانه‌های دمایی ۴+، ۲/۹–، ۴/۴ و ۴– درجه سانتی‌گراد مطالعه نمود و نتیجه گرفت که یخبندان‌های کشنده در کویر و ارتفاعات زودتر از دشت‌ها رخ می‌دهند. در حالی‌که نتیجه تحقیق مقدسی (۱۳۶۱) بر روی خطر سرمای بهاره در همدان که با استفاده از اطلاعات ایستگاه هواشناسی کشاورزی اکباتان همدان انجام گرفته، مطابقت بیشتر دماهای حداقل را با توزیع گامبل بیان می‌دارد. براتی (۱۳۷۵) الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های بهاره غرب کشور را با روش سینوپتیک بررسی کرده است. او در این پژوهش ۶۲ مورد یخبندان‌های بهاره را طی دوره ۱۳۴۷ الی ۱۳۶۶ با استفاده از آمار روزانه ایستگاه‌های هواشناسی منطقه از نظر شدت، تداوم و گستره مکانی مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفت که بیشتر یخبندان‌های بهاره در ایران ریشه سینوپتیک دارند و از شمال غرب و غرب اروپا وارد کشور می‌شوند.

در زمینه اصول و روش‌های تحلیل و پیش بینی کمی یخبندان‌ها در منطقه آذربایجان مجرد (۱۳۷۶) علاوه بر ارائه تعریف جدیدی از یخبندان‌ها ویژگی های یخبندان را به صورت نظام دار تحلیل و بر مبنای ۱۶ شاخص یخبندان استخراج کرده است. وی در تحقیق خود به این نتیجه دست یافت که وجود همبستگی‌های خطی معتبر و معکوس بین سری‌های زمانی آغاز و خاتمه یخبندان نشان می‌دهد که هرقدر آغاز یخبندان در منطقه مورد مطالعه زودتر از میانگین رخ دهد خاتمه آن نیز در بهار دیرتر از میانگین صورت می‌گیرد.

بر اساس مطالعات علیزاده و همکارانش (۱۳۷۶) مشخص گردید که تغییرات تاریخ وقوع یخبندان بر اساس اکثر توزیع‌های احتمالات در بیشتر ایستگاه‌های استان خراسان مشابه بوده و روند خطی دارد. ایزدی (۱۳۷۷) هم احتمال وقوع تاریخ های یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره استان همدان را بررسی کرد و سپس بر اساس دوره‌های بر گشت مختلف، نقشه‌های هم تاریخ وقوع سرما و یخبندان را ترسیم کرد. به نظر علیجانی (۱۳۷۱) پراکندگی فشار مهم‌ترین عامل تغییرات آب و هوایی و از جمله سرمازدگی و یخبندان به شمار می‌آید که تمام عناصر دیگر را کنترل می‌کند. با توجه به تمام کارهای انجام شده در این زمینه در جهان و کشور در خصوص تحلیل سینوپتیکی آغاز و خاتمه یخبندان در استان یزد تاکنون کاری صورت نگرفته است. و این تحقیق سعی دارد این موضوع را بررسی کند.

مواد و روش‌ها:

در مطالعه حاضر تعداد ۲۸ ایستگاه هواشناسی که در آن‌ها دمای حداقل روزانه ثبت می‌گردید انتخاب شده است از آن‌جا که طول دوره آماری در این ایستگاه‌ها یکسان نبوده و امکان بازسازی و تطویل آمار داده های روزانه مناسب نمی‌باشد بنابراین دوره مشترک آماری ۱۱ ساله انتخاب وبر اساس آن دوره ۱۰ ساله سال زراعی ۷۱ – ۱۳۷۰ لغایت ۸۱ – ۱۳۸۰ مبنای مطالعات قرار گرفت.

شبکه ایستگاه‌های منطقه مشتمل بر ایستگاه‌های سازمان هواشناسی و وزارت نیرو است. پراکندگی ایستگاه‌های مورد استفاده دراین مطالعه در شکل(۱) آورده شده است.

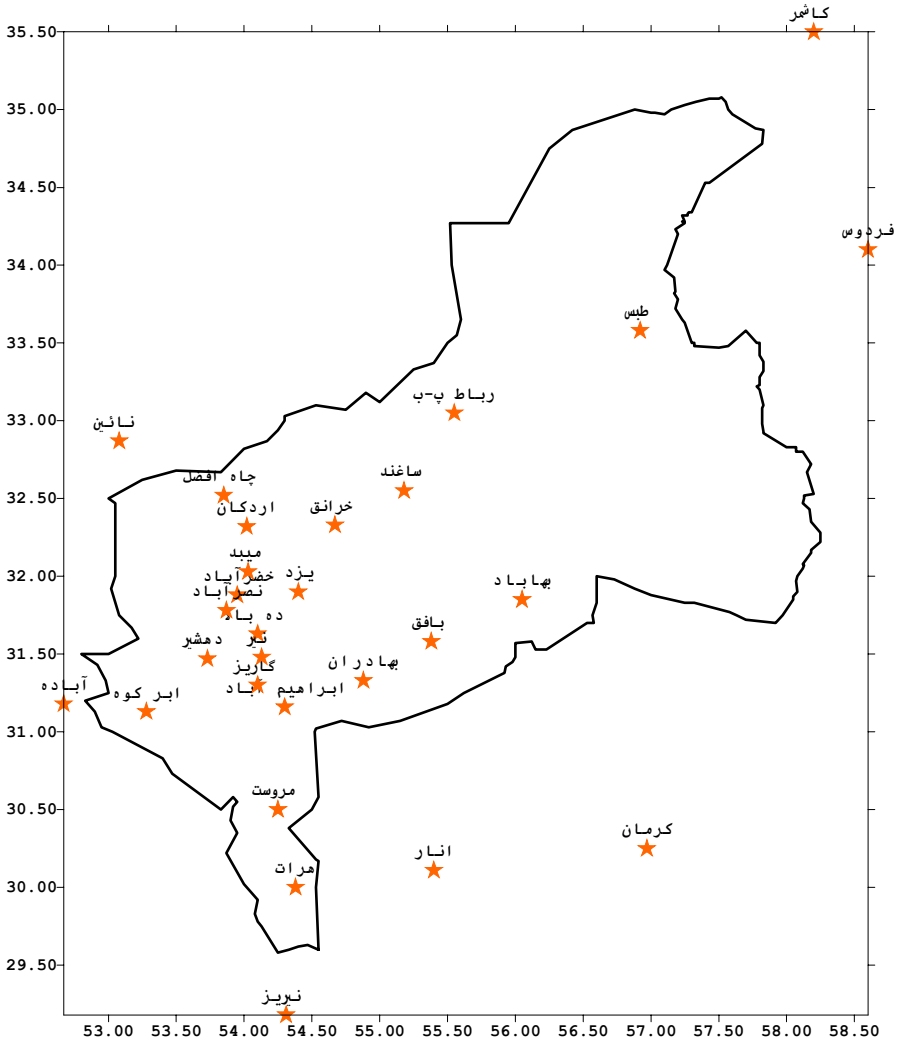
با توجه به این‌که هدف بررسی وقوع اولین یخبندان‌های پاییزه و آخرین یخبندان‌های بهاره است، ابتدا تاریخ وقوع چنین حوادثی در هریک از ایستگاه‌ها برای هر سال به تفکیک مشخص گردید.

به منظور تبدیل داده‌ها به اعداد قابل پردازش براساس شماره روز ژولیوسی به هریک از تاریخ‌ها عددی

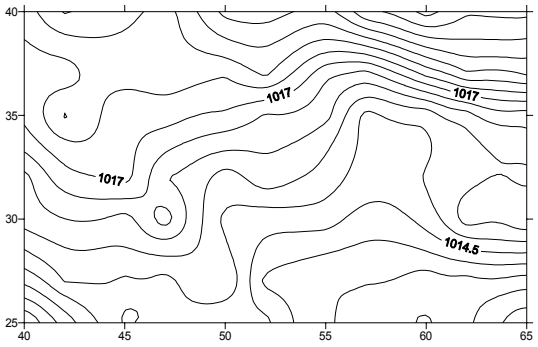
اختصاص داده شده است. بر این اساس روز اول مهر شماره ۱ و روز آخر شهریور در سال‌های زراعی معمولی ۳۶۵ در نظر گرفته شده و براین اساس روز شماره اولین یخبندان (سرمای زودرس پاییزه) و آخرین یخبندان (سرمای دیررس بهاره) طی هر سال زراعی به تفکیک ایستگاه‌ها مشخص گردید.

با لحاظ نمودن روزهای وقوع اولین و آخرین یخبندان نقشه‌های سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال از سازمان هواشناسی اخذ و پس از اسکن نمودن نقشه‌های موجود محدوده ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و ۴۰ تا ۶۵ درجه شرقی انتخاب گردید. سپس منحنی‌های هم فشار و هم ارتفاع را رقومی کرده و پس از آن به منظور مقایسه داده‌ها، اطلاعات مطابق با روزهای یخبندان از سایت Cru اخذ و نقشه‌های هم فشار اطلاعات مذکور رسم گردید.

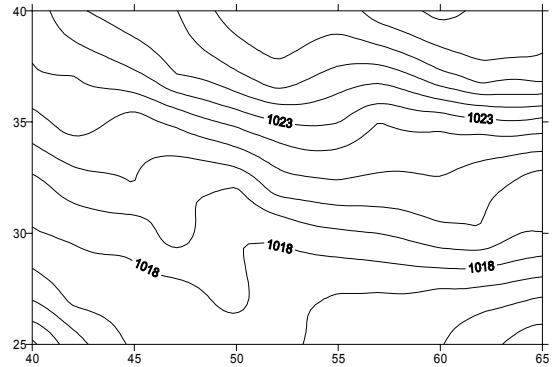
به منظور تحلیل سینوپتیکی و طبقه‌بندی الگوها با استفاده ازنرم افزار SPSS بر اساس روش Cluster داده‌های مربوط به اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره به تفکیک بر اساس متد Ward طبقه‌بندی نموده و پس از جداسازی اطلاعات هر گروه اصلی بر اساس میانگین داده‌ها نقشه هم فشار آن الگو ترسیم شده است.



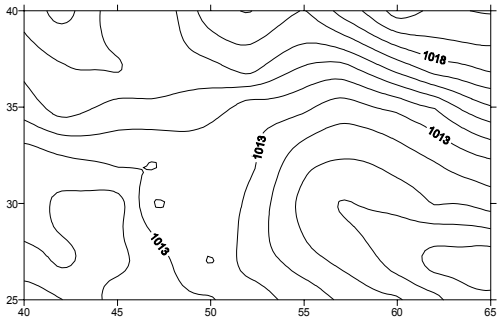
شکل ۱ : پراکندگی ایستگاه‌های مورد استفاده



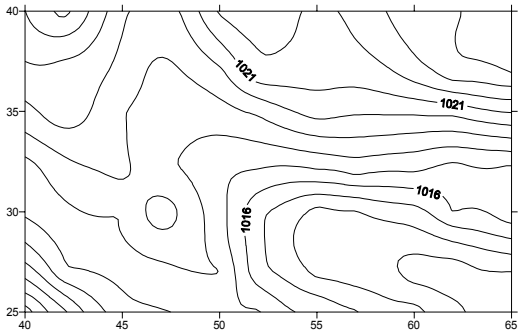
شکل (۲) الگوی اولین یخبندان پاییزه(پر فشارشمال‌غرب)



شکل (۳) الگوی اولین یخبندان پاییزه(پر فشارشمال‌شرق)



شکل ٤- الگوی آخرین یخبندان بهاره(کم فشار شرق)



شکل ٥- الگوی آخرین یخبندان بهاره(کم فشارجنوب شرق)

نتایج

به منظور طبقه‌بندی الگوهای سینوپتیک مسبب سرمای زودرس پاییزه و دیررس بهاره از داده‌های فشار سطح زمین و سطح پانصد هکتوپاسکال استفاده گردیده است. با گروه‌بندی اطلاعات فشار مربوط به روزهای اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره به تفکیک با استفاده از روش Cluster و انتخاب متد Ward الگوها طبقه‌بندی شدند. در نتیجه این عمل الگوهای اولین یخبندان پاییزه به دو گروه تقسیم و پس از رسم منحنی‌های هم فشار ناشی از میانگین آن‌ها دو الگو شامل زبانه‌های پرفشار شمال‌غرب با محوری شمال‌غرب – جنوب‌شرق (شکل۲) که بالغ بر ۵۱ درصد الگوها را شامل و زبانه‌های پر فشار شمال شرق با محور شمال‌شرق – جنوب‌غرب (شکل ۳) که حدود ۴۹ درصد سیستم‌ها را در بر می‌گیرد از هم تفکیک گردیدند. اصولا حرکت پرفشارها با جریان‌های هوای سرد که از قطب به طرف عرض‌های پایین در حرکتند همراه هستند این سیستم با حرکت چرخشی پاد ساعت‌گرد خود هوای سرد عرض‌های بالارا به منطقه وارد نموده و سبب افت سریع دما و بروز سرمازدگی و یخبندان می‌گردد. به استناد دوره آماری موجود اولین یخبندان ناشی از فعالیت این سیستم در منطقه مورد مطالعه در نیمه دوم مهرماه اتفاق افتاده است.

در تقسیم‌بندی اطلاعات فشار مربوط به آخرین سرمای بهاره بر اساس روش فوق داده‌ها به دو گروه تقسیم گردیدند که پس از رسم منحنی‌های هم فشار ناشی از میانگین آن‌ها دو الگو شامل زبانه‌های کم فشار شرق با محوری شرقی – غربی (شکل۴) که حدود ۶۷ درصد الگو ها را شامل و زبانه‌های کم فشار جنوب‌شرق با محوری جنوب‌شرق – شمال‌غرب (شکل۵)که بالغ بر ۳۳ درصد الگو ها را در بر می‌گیرد از هم تفکیک گردیدند. اصولا کم فشارها با حرکت چرخشی ساعت‌گرد خود سبب ریزش هوای سرد بر روی منطقه مورد مطالعه می‌گردد. بر اساس دوره آماری مبنای مطالعه آخرین یخبندان‌های ناشی از فعالیت این الگوها در محدوده مورد بحث اواخر فروردین می‌باشد.

منابع

۱- اردکانی، حسین. ۱۳۷۰. بررسی روش‌های پیش‌بینی دمای حداقل، نشریه نیوار، ۲۷ .

۲- امام هادی، ماندانا. ۱۳۷۹. تعیین سینوپتیکی توده‌های هوا در ایران در دوره سرد سال. رساله دکتری اقلیم شناسی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

۳- ایزدی، م. ۱۳۷۷. تعیین احتمالات آخرین تاریخ‌های وقوع سرماهای بهاره و اولین تاریخ‌های وقوع سرماهای پاییزه بر مبنای حداقل دمای هوا در استان همدان. گزارش نهایی طرح پژوهشی، سازمان هواشناسی کشور.

۴- بهراد، عبدالاحد ۱۳۶۳. خسارات وارده از سرما تگرگ و یخبندان به باغات انگور گشور و روش‌های مقابله با آن. مجله زیتون شماره... وزارت کشاورزی.

۵- جعفری، علی. ۱۳۷۸. سرمازدگی در مزارع پنبه استان خراسان، مجموعه مقالات کارگاه آموزشی سرما و یخزدگی محصولات کشاورزی، سازمان حفظ نباتات وزارت جهاد کشاورزی.

۶- خادمیان ، رضا . ۱۳۷۱. سرمازدگی در باغات بادام استان اصفهان، مجموعه مقالات اولین همایش ملی بادام، شهرکرد.

۷- ربانی، مسعود. ۱۳۷۸. سرمازدگی در مزارع چغندر استان قزوین، مجموعه مقالات کارگاه آموزشی سرما ویخزدگی محصولات کشاورزی، سازمان حفظ نباتات وزارت جهاد کشاورزی.

۸- رحیمی، م. ۱۳۷۷. پدیده یخبندان و روش‌های محافظت گیاهان از آن. سازمان هواشناسی کشور.

۹- رحیمیان، حمید. ۱۳۷۶. نقش باکتری‌های هسته‌ساز یخ در سرمازدگی گیاهان، نشریه نیوار شماره ۳۶.

۱۰- سمیعی، محمود و همکاران.۱۳۶۷.تجزیه و تحلیل اقلیمی اطلاعات و احتمالات تاریخ شروع و خاتمه یخبندان پاییزه و بهاره در آستانه‌های بحرانی دما در طول فصل رویشی در ایران. اداره کل اطلاعات و خدمات ماشینی، سازمان هواشناسی کشور.

۱۱- شاعری‌نیا، رحیم ۱۳۷۲. خطر یخبندان در کشاورزی، مجله زیتون شماره ۱۱۲، وزارت کشاورزی.

۱۲- صدقی ، حسین. ۱۳۷۸. نگرشی بر نحوه انجام مطالعات کاهش ضایعات ناشی از سرمازدگی محصولات کشاورزی، مجموعه مقالات کارگاه آموزشی سرما و یخ زدگی محصولات کشاورزی، سازمان حفظ نباتات وزارت جهاد کشاورزی.

۱۳- طالبی، محمد صادق. ۱۳۷۸. بولتن شماره ۱۹ (سرمازدگی)، اداره کل هواشناسی استان یزد.
۱۴- علیجانی، ب. م. کاویانی. ۱۳۷۱. مبانی آب و هواشناسی. انتشارات سمت.
۱۵- علیجانی، ب. ۱۳۸۱.اقلیم‌شناسی سینوپتیک. انتشارات سمت.
۱۶- علیزاده، امین و محمد موسوی. ۱۳۷۳. بررسی وقوع اولین سرماهای پاییزه و آخرین سرماهای بهاره در استان خراسان، دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۷- قطره سامانی، مهرداد، قطره سامانی، سعید ۱۳۸۱. تأثیر تنش سرما بر تولید بادام در منطقه سامان، سومین همایش کاهش ضایعات سرمازدگی.
۱۸- کریمی، مهدی. ۱۳۷۸. روش‌های مقابله با سرما و یخ زدگی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۱۹- کمالی، غلامعلی. ۱۳۶۸. بررسی آماری نفوذ هوای سرد قطبی و خسارات وارده به محصولات کشاورزی شمال خراسان، نشریه نیوار.
۲۰- کمالی، غلامعلی و وحید ایکانی. ۱۳۷۸. بررسی سرماهای زیان بخش به کشاورزی ایران، مجموعه مقالات کارگاه آموزشی سرما و یخ زدگی محصولات کشاورزی، سازمان حفظ نباتات وزارت جهاد کشاورزی.
۲۱- معینی، عباسعلی، ۱۳۴۳. سرمازدگی و طرق حفاظت باغ‌های مرکبات از خطر سرما و اصلاح آن ها، تحقیق شماره ۹۲۱۷. وزارت کشاورزی.
۲۲- میرمحمدی میبدی، سیدعلی محمد و ترکش اصفهانی، سعید ۱۳۸۳. مدیریت تنش های سرما و یخ زدگی در گیاهان زراعی و باغی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲۳- نوحی، کیوان. ۱۳۷۴. تعیین تاریخ‌های عبور دمای حداقل هوا از آستانه‌های حرارتی صفر و پنج و ده درجه سانتی‌گراد در کرج، نشریه نیوار شماره ۱۲-۱۰ .
۲۴- هاشمی، ف.۱۳۵۲. هواشناسی کشاورزی در خدمت باغدار. مجله نیوار فروردین ۱۳۵۲. سازمان هواشناسی کشور.
25- Avisar, R., & Y. Mahrer. 1978. Mapping frost-sensitive areas with a three-dimensional Local-scale numerical model. Part1: Phisical and numerical, J. Applide Meteorol. 27:400-413.
26- Kajifez, B.I.1989. Early outomn frost in upper Carniola Slovenia.1989. Zbornik Biotehniske Univerze (Yogoslavia). 53:19-26.
27- Michalska, B. 1986 Suggested terms of corn sowing in the main yield in poland dependet on soiil temperature and frosts. Agrotechniczna (Poland).106:97-102
28- Rozenberg, N. J & R.E. Myers, 1962. The nature of growing season frost in and along the platte valley of nebraska. Monthly weather review. November (1962):471-478.
29- Vestal, C. K. Montly weather review. 99 (8).