فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره ٤، زمستان۱۳۹۲ ، شماره پیاپی ۱۱۱

پیمان محمودی، دانشجوی دکترای اقلیم شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان
محمود خسروی، دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان
سید ابوالفضل مسعودیان، دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان
بهلول علیجانی، استاد اقلیم شناسی، دانشگاه خوارزمی

P.Mahmoudi
M.Khosravi
A.Masoodian
B.Alijani

Email: Paymanasia@yahoo.com

شماره مقاله: ۹۲٦ صص: ٦٦-٥٥
وصول: ۱۳۹۱/۱۱/۱۰ پذیرش: ۱۳۹۲/٦/۲۵

اطلس اقلیم‌شناسی ویژگی‌های آماری یخبندان‌های ایران

چکیده

برای تهیهٔ اطلس اقلیم‌شناسی ویژگی‌های یخبندان‌های ایران و دستیابی به الگوهای زمانی و مکانی آن، داده‌های مربوط به دمای حداقل روزانه ۶۲ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک، برای یک دورهٔ ۱۵ ساله (۲۰۰۷-۱۹۹۱)، برای ماه‌های اکتبر تا می از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. با انتخاب روز اول اکتبر (۹ مهر)، به عنوان روز مبنا، پنج ویژگی آماری: متوسط روز آغاز یخبندان، متوسط روز خاتمه یخبندان، متوسط فراوانی تعداد روزهای یخبندان، متوسط طول فصل یخبندان و متوسط طول فصل رشد استخراج و نقشه‌های توزیع مکانی آنها ترسیم گردید. آرایش فضایی این شاخص‌ها به گونه‌ای است که از جنوب تا مرکز ایران که ارتفاعات مرتفع در آن کمتر است، دارای آریش منظم غربی – شرقی است، اما از مرکز ایران به سمت شمال که ارتفاعات مرتفع نقش بارزتری پیدا می‌کنند، این آرایش به‌هم خورده و بیشتر تابع ارتفاعات می‌گردند.

در ادامه با اجرای تحلیل خوشه‌ای بر روی پنج ویژگی آماری یخبندان در ایران، مشاهده شد که می‌توان ایران را به ۶ خوشه متمایز تفکیک نمود. خوشه‌های به‌دست آمده با حروف انگلیسی A تا F نامگذاری شده‌اند. آرایش مکانی این ۶ پهنه نیز همچون پنج ویژگی آماری یخبندان، تابعی از عرض جغرافیایی و ارتفاع است. پهنه A جنوبی‌ترین پهنه ایران است که فاقد هرگونه یخبندان بوده و پهنه F که در شمال غربی ایران واقع شده است، دارای زودرس‌ترین، دیررس‌ترین، طولانی‌ترین طول دوره یخبندان و کوتاه‌ترین طول فصل رشد در ایران می‌باشد. بنابراین، آرایش ویژگی آماری یخبندان در ایران هم تابع عوامل زمین –اقلیم است و هم تابع سیستم‌های سینوپتیکی وارد شده به کشور.

واژه‌های کلیدی: ایران، یخبندان، پهنه بندی، تحلیل خوشه‌ای، اطلس اقلیمی.

مقدمه

یخبندان به عنوان یکی از مخاطرات اقلیمی، هرساله بیشتر نقاط کشور و در بعضی از سال‌ها حتی قسمت‌های جنوبی کشور را در برگرفته و خسارات زیادی را به بار می‌آورد (براتی، ۱۳۷۵). به‌خصوص وقوع ناگهانی آن در ابتدا و انتهای فصل سرما، می‌تواند بسیار خطرزا برای بخش کشاورزی باشد. بنابراین برای مدیریت کاهش اثرات این پدیده اقلیمی بر بخش کشاورزی و بهره‌مندی اندیشمندانه از توان‌های محیطی یک منطقه وسیع ، توجه جدی به مطالعه دقیق این پدیده در همه سطح زمین لازم به نظر می‌رسد و این امر قاعدتاً مستلزم هزینه گزاف و صرف وقت طولانی خواهد بود؛ لذا جهت

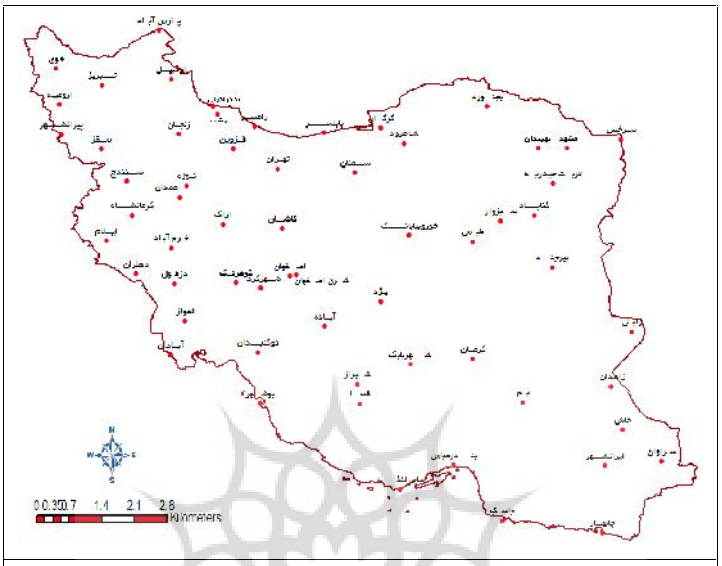
پرهیز از این دو و درعین‌حال در راستای رسیدن به اهداف مدیریتی، نیازمند پهنه‌بندی و شناخت دقیق تجانس و عدم تجانس بین نواحی مختلف در یک منطقه بزرگ هستیم و این می‌تواند راهگشای طراحی و دادن برنامه‌های یکسان برای نواحی متجانس بوده و از دوباره‌کاری‌ها بکاهد.

با توجه به اینکه اولین سرماهای پاییزه و آخرین سرماهای بهاره به علت غافلگیر نمودن کشاورزان و عدم اتخاذ تدابیر لازم توسط آنها، می‌تواند خسارت بارترین نوع یخبندان‌ها باشد، لذا از دیرباز اطلاع از این تاریخ‌ها، مورد توجه محققین بخش هواشناسی و اقلیم شناسی بوده است (تام و شاو، ۱۹۵۸؛ روزنبرگ و مایرز، ۱۹۶۲؛ اشمیدلین و دتیر، ۱۹۸۶؛ ویلن، ۱۹۸۸؛ واتکینز، ۱۹۹۱). به طوری‌که جهت تعیین و پیش‌بینی زمان وقوع این پدیده روش‌های گوناگونی توسط محققین مختلف ارایه شده است؛ روش‌های برآورد دمای سطحی (کنگیسر، ۱۹۵۹؛ جورج، ۱۹۷۸)، براساس اقلیم‌شناسی محلی مکان‌های مورد مطالعه در گذشته با موفقیت استفاده شده است (ایرلند، ۲۰۰۵). روش‌های مبتنی بر محاسبه تراز انرژی سطحی (کالما و همکاران، ۱۹۹۲؛ فیگورولا و ماتزو، ۱۹۹۷؛ روسی و همکاران، ۲۰۰۲؛ اسنایدر و ملو-آبرو، ۲۰۰۵) و روش‌های مبتنی بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (هالی و همکاران، ۲۰۰۳) نیز به‌طور نمونه جهت پیش‌بینی دمای سطحی یا دمای تاج پوشش گیاهی با استفاده از دیده بانی‌های گذشته مورد استفاده قرار گرفته است. روش کاربردی و شناخته شده‌تر دیگر استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) است (رابینسون و مورت، ۱۹۹۷؛ قیلمی و اسل، ۲۰۰۶؛ اسمیت و همکاران، ۲۰۰۶)، که یکی از ابزارهای مناسب و توانمند به حساب می‌آید و در ایالت جورجیای آمریکا نیز با موفقیت به کار برده شده است (جین و همکاران، ۲۰۰۳، ۲۰۰۶). استفاده از مدل‌های عددی نیز در چند سال اخیر به‌طور گسترده‌ای جهت شبیه سازی و پیش بینی یخبندان‌ها استفاده شده است (کاسومنوس و همکاران، ۱۹۹۷؛ پرابا و هوگنبوم،۲۰۰۸).

در ایران نیز مطالعات مختلفی در خصوص جنبه‌های مختلف این پدیده، همچون تعیین اولین یخبندان‌های پاییزه و آخرین یخبندان های بهاره (علیزاده و همکاران، ۱۳۷۳؛ خلجی، ۱۳۸۰؛ کاویانی و همکاران؛ ۱۳۸۱)، تداوم روزهای یخبندان (حجازی زاده و ناصرزاده، ۱۳۸۴؛ عساکره، ۱۳۸۹؛ علیجانی و همکاران،۱۳۸۹)، ویژگی‌های فصل رشد (صداقت کردار و رحیم زاده، ۱۳۸۶؛ نوحی و همکاران، ۱۳۸۶و ۱۳۸۷) و روزهای ذوب-انجماد (موسوی بایگی و همکاران، ۱۳۸۹) با استفاده از روش‌های آماری و در مقیاس‌های استانی انجام شده است. الگوهای سینوپتیکی مرتبط با یخبندان‌ها نیز توسط برخی از محققان برای برخی قسمت‌های ایران استخراج گردیده است (براتی، ۱۳۷۵؛ بهیار، ۱۳۸۲؛ عزیزی، ۱۳۸۳؛ علیجانی و هوشیار، ۱۳۸۷ و فتاحی و صالحی پاک، ۱۳۸۸). استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای پهنه‌بندی ویژگی‌های آماری یخبندان به طور محدودی در برخی مطالعات در مقیاس‌های خرد همچون مطالعات ضیائی و همکاران (۱۳۸۵)، خسروی و همکاران (۱۳۸۷) و میان آبادی و همکاران (۱۳۸۸) انجام شده است، اما امروزه اقلیم‌شناسان به دنبال استفاده از روش‌هایی می‌باشند که بتوانند با حداقل خطا، واقعیت‌های موجود در پهنه‌های اقلیمی را آشکار سازند. یکی از این روش‌ها که می‌تواند به اقلیم‌شناسان در این زمینه کمک کند، استفاده از روش‌های آماری چند متغییره است (عطائی ۱۳۸۳). استفاده از این روش‌ها به‌طور گسترده‌ای در پهنه‌بندی‌های اقلیمی (حیدری و علیجانی، ۱۳۷۸؛ مسعودیان، ۱۳۸۲) و پهنه‌بندی ویژگی‌های مختلف بارشی (دین پژوه و همکاران، ۱۳۸۲؛ مسعودیان و عطائی، ۱۳۸۴؛ مسعودیان، ۱۳۸۴؛ مسعودیان، ۱۳۸۸) استفاده شده است، اما تاکنون با استفاده از این روش، پهنه‌بندی یخبندان برای ایران صورت نگرفته است و محققین این تحقیق، انجام این پهنه‌بندی را برای ایران به عهده گرفته و آن‌را به انجام رسانده‌اند.

داده ها و روش پژوهش

برای تهیه اطلس اقلیم شناسی، ویژگی‌های یخبندان‌های ایران و دستیابی به الگوهای زمانی و مکانی آن، داده‌های مربوط به دمای حداقل روزانه ۶۲ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک برای یک دوره ۱۵ ساله (۲۰۰۷-۱۹۹۱) برای ماه‌های اکتبر تا می از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. توزیع و پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح کشور در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱) موقعیت و پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه

بعد از اخذ داده‌ها و تشکیل بانک اطلاعاتی آن در محیط نرم افزاری اکسل، مشاهده گردید که در غالب ایستگاه‌ها در ماه اکتبر (مهر ماه)، اولین یخبندان‌ها (دمای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد) شروع می‌شوند، به همین علت روز اول اکتبر برابر با نهم مهرماه به عنوان روز مبنا انتخاب و مابقی روزها به ترتیب، نسبت به این مبدأ شمارش شدند؛ برای مثال اگر در یک ایستگاه اولین دمای صفر درجه سانتی گراد در روز ۶۳ رخ داده باشد، با توجه به مبنای ما که روز اول اکتبر (نهم مهر) است، معادل با ۲ دسامبر (۱۱ آذر) خواهد بود و به همین ترتیب اگر آخرین دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد در روز ۲۰۲ رخ داده باشد، برابر ۲۰ آوریل (۱ اردیبهشت) است.

بعد از تنظیم داده‌ها بر اساس روز ژولیوسی، پنج شاخص یخبندان شامل: متوسط روز آغاز یخبندان، متوسط روز خاتمه یخبندان، تعداد سالانه روزهای یخبندان، طول فصل یخبندان و طول فصل رشد برای هر ایستگاه به صورت جداگانه مستخرج گردیدند. سپس برای هر کدام از این شاخص‌ها در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (ARC/GIS) و با استفاده از روش میانیابی کریجینگ نقشه‌های پهنه بندی آنها تهیه گردید.

در ادامه از روش تحلیل خوشه‌ای جهت پهنه بندی ویژگی‌های آماری یخبندان ایران بهره برده شد. تحلیل خوشه‌ای یکی از روش‌های آماری است که در زمینه کاهش داده‌ها و پیدا کردن گروه‌های واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف اصلی این روش، ایجاد گروه‌ها و طبقاتی است که تنوع و تفرق درون گروهی آنها کمتر از تفرق و پراکنش بین گروهی باشد (عطایی، ۱۳۸۳). برای انجام این کار، دو گام اساس بایستی پیموده شود: گام اول محاسبه درجه همانندی ایستگاه‌ها با یکدیگر و گام دوم چگونگی ادغام ایستگاه‌ها برحسب درجه همانندی آنها با یکدیگر است.

روش‌های گوناگونی برای اندازه‌گیری درجه همانندی پیشنهاد شده است که هریک متناسب با ماهیت موضوع مورد بررسی کارآیی پیدا می‌کنند. در مطالعات اقلیمی، غالباً برای محاسبه درجه همانندی از فاصله اقلیدسی استفاده می‌شود. اگر m تعداد متغیرها، X_{ij} مقدار متغیر j برای نفر i ام باشد، فاصله اقلیدسی بین K و I عبارت است از:

$$D_{KI} = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} \left(X_{Kj} - X_{Ij}\right)^2}$$ رابطهٔ ۱)

پس از اندازه گیری درجه همانندی ایستگاه ها باید شیوه ائی برای ادغام ایستگاه هائی که بالاترین درجه همانندی را نشان داده اند به کار برد. روش وارد[1] روشی است که در این مرحله از آن استفاده گردید. در این روش، گروه های r و s در صورتی ادغام می شوند که افزایش واریانس ناشی از ادغام آنها نسبت به ادغام هر یک از آنها با دیگر گروه ها کمینه باشد؛ به بیان ریاضی:

$$d(r,s) = \frac{n_r n_s d_{rs}^2}{(n_r + n_s)}$$ رابطهٔ ۲)

که در اینجا d_{rs}^2 فاصله بین گروه r و گروه s است.

روش مزبور این مزیت را دارد که هر ایستگاه را در گروهی جای می‌دهد که مجموع مربعات انحرافات درون گروهی به حداقل برسد. ایستگاه‌هایی که به این روش در یک خوشه جای می‌گیرند، از نظر مکانی بر روی نقشه در همسایگی یکدیگر واقع می‌شوند (مسعودیان، ۱۳۸۴).

برای انجام خوشه‌بندی از محیط نرم افزار مینی تب بهره گرفته شده و پهنه بندی نهایی نیز همچون دیگر نقشه‌های قبلی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از روش کریجینگ انجام شده است.

بحث

تحلیل فضایی شاخص‌های یخبندان در ایران

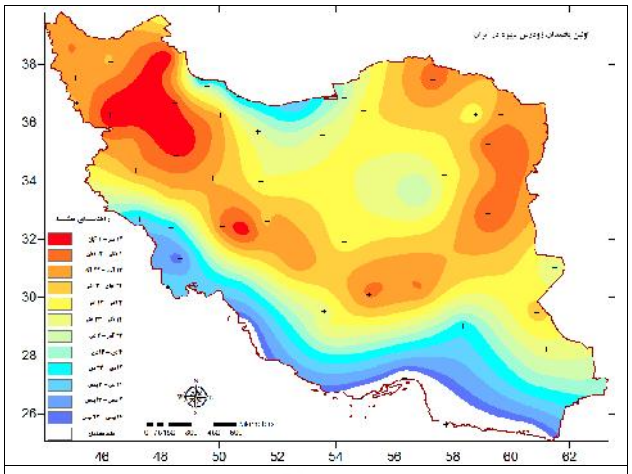
به منظور شناخت قابلیت وقوع یخبندان در ایران، خصوصیات فضایی پنج شاخص یخبندان مورد بررسی قرار گرفت تا علاوه بر مطالعه خود شاخص که از لحاظ کاربردی در برنامه‌ریزی‌ها قابل استفاده است، تصویر مناسبی از خطر وقوع یخبندان در ایران نیز ارایه گردد.

از بین شاخص‌های مورد مطالعه، دو شاخص اولین و آخرین روز یخبندان، دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشند؛ زیرا بسیاری از فعالیت‌های کشاورزی، از جمله: برداشت پنبه، چغندر و همچنین کشت گندم و جوی پاییزه مصادف با یخبندان‌های زودرس پاییزه و گل‌دهی درختان میوه نیز مصادف با یخبندان‌های دیررس بهاره است. زودترین روز متوسط سالانه آغاز یخبندان در ایران در شمال غرب ایران رخ می‌دهد؛ به طوری‌که چهار ایستگاه سقز، اردبیل، شهرکرد و نوژه همدان به ترتیب اولین ایستگاه‌هایی هستند که در دهه سوم مهرماه وقوع اولین یخبندان‌ها را تجربه می‌کنند و ایستگاه‌های جنوبی و شمالی ایران - صرف نظر از نوار ساحلی جنوب ایران که فاقد هرگونه یخبندانی است- همچون اهواز و انزلی نیز ایستگاه‌هایی هستند که دیرترین متوسط سالانه آغاز یخبندان را در بهمن ماه تجربه می‌کنند. بنابراین فاصله زمانی بین زودترین و دیرترین روز متوسط سالانه آغاز یخبندان در ایران ۱۱۵ روز است (شکل ۲).

زودترین روز متوسط سالانه خاتمه یخبندان در ایران نیز متعلق به ایستگاه‌های حاشیه نوار ساحلی جنوب و جنوب شرقی ایران، همچون ایرانشهر، آبادان و دزفول است که در دهه میانی دی ماه به وقوع می‌پیوند، اما دیرترین روز متوسط سالانه

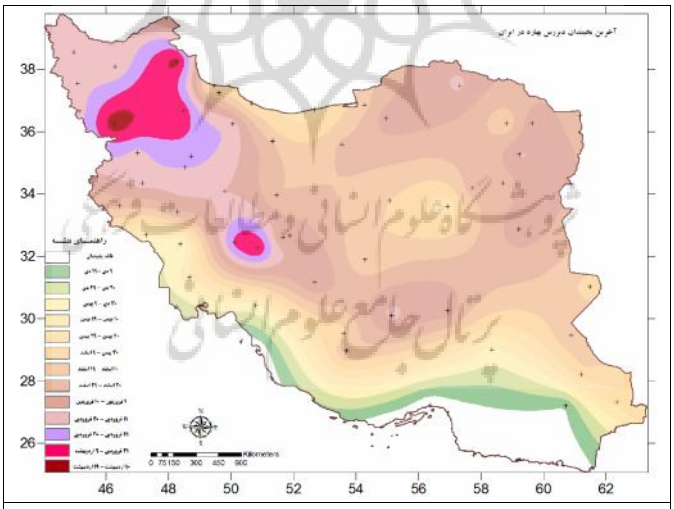
[1] - *Ward*

خاتمه یخبندان در ایران قاعدتاً در ارتفاعات غرب و شمال غرب ایران و همچنین ارتفاعات استان چهارمحال و بختیاری است؛ به طوری‌که در ایستگاه‌های سقز، اردبیل و شهرکرد آخرین یخبندان‌ها در دهه میانی اردیبهشت پایان می‌پذیرد (شکل ۳).

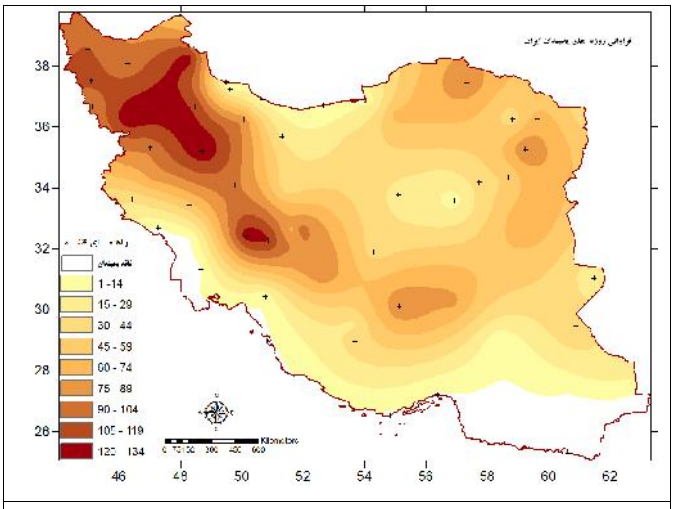


شکل ۲) میانگین وقوع اولین روز یخبندان در ایران

فراوانی وقوع یخبندان یا تعداد روزهای یخبندان، سومین شاخصی بود که برای کل ایستگاه‌های مورد مطالعه استخراج گردید. فراوانی تعداد روزهای یخبندان عبارت است از مجموع روزهایی که در آنها دمای حداقل روزانه معادل صفر یا پایین‌تر از صفر درجه سانتی‌گراد است. کمترین فراوانی تعداد روزهای یخبندان بجز نوار ساحلی جنوب ایران که فاقد هرگونه یخبندانی است، متعلق به ایستگاه‌های جنوب شرق و جنوب غرب ایران، همچون ایرانشهر، آبادان و دزفول با یک روز یخبندان و بیشترین آن با ۱۳۴ و ۱۳۱ روز متعلق به ایستگاه‌های نوژه و سقز می‌باشد(شکل ۴).



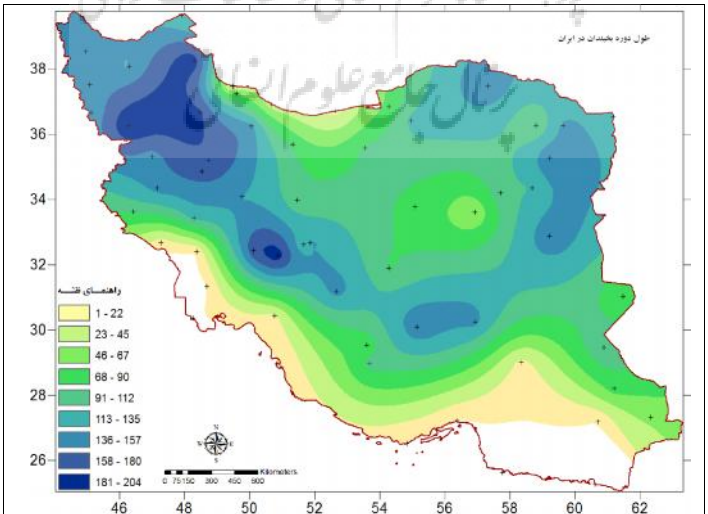
شکل ۳) میانگین وقوع آخرین روز یخبندان در ایران



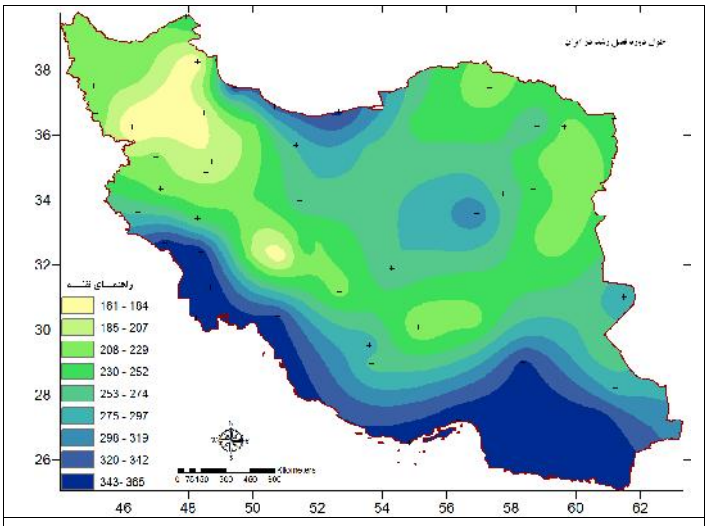
شکل ٤) میانگین فراوانی روزهای یخبندان در ایران

طول دوره یخبندان عبارت است از: فاصله زمانی بین آخرین روز غیریخبندان در پاییز یا اوایل زمستان و اولین روز غیریخبندان در اواخر زمستان یا اوایل بهار. به طور معمول سه ایستگاه آبادان، اهواز و ایرانشهر با داشتن یک روز یخبندان دارای کمترین طول دوره یخبندان و سقز، اردبیل و شهرکرد با ۲۰۴، ۱۹۸ و ۱۹۶ روز دارای طولانی‌ترین طول دوره یخبندان در ایران بوده‌اند (شکل ۵).

فصل رشد، پنجمین شاخصی بود که توزیع فضایی آن در ایران مورد بررسی قرار گرفت. فصل رشد توسط آغاز و خاتمه یخبندان محدود می‌شود، به عبارت دیگر، فصل رشد عبارت است از: فاصله زمانی بین خاتمه یخبندان در بهار و آغاز یخبندان در پاییز در آستانه صفر درجه سانتی‌گراد و کمتر. در تمام روزهای فصل رشد، دمای حداقل روزانه در بالای آستانه مورد نظر قرار دارد. طول فصل رشد دقیقاً عکس طول دوره یخبندان است؛ یعنی ایستگاهی که دارای طول دوره یخبندان طولانی است، قاعدتاً طول رشد آن کوتاه خواهد بود. به طوری‌که ایستگاه‌های سقز، اردبیل و شهرکرد با ۱۶۱، ۱۶۷ و ۱۶۹ روز کوتاه‌ترین طول دوره رشد و ایستگاه‌های اهواز، آبادان و ایرانشهر با ۳۶۴ طولانی‌ترین دوره رشد بوده است. شایان توجه است که نوار جنوبی کشور با توجه به عدم وقوع یخبندان، طول دوره فصل رشد آن ۳۶۵ است.



شکل ۵) میانگین طول دوره یخبندان در ایران

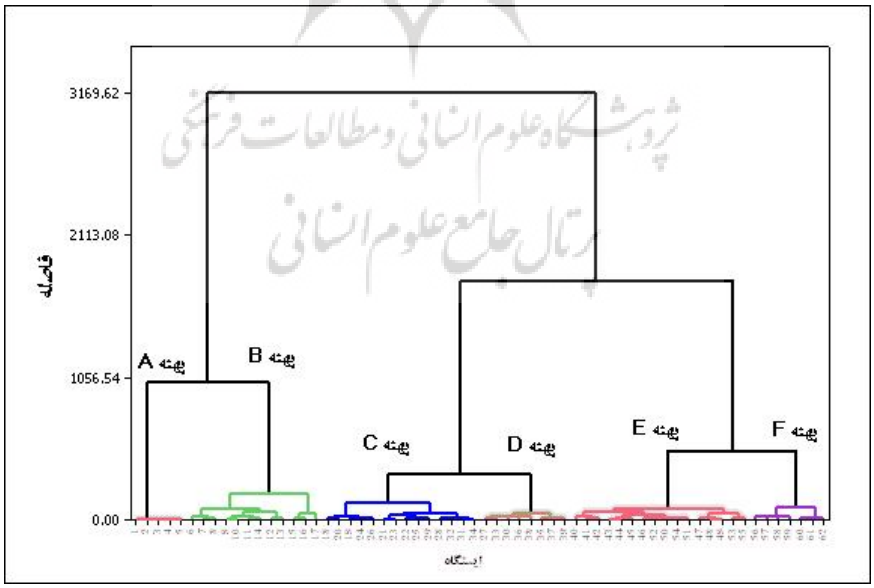


شکل ٦) میانگین طول دوره فصل رشد در ایران

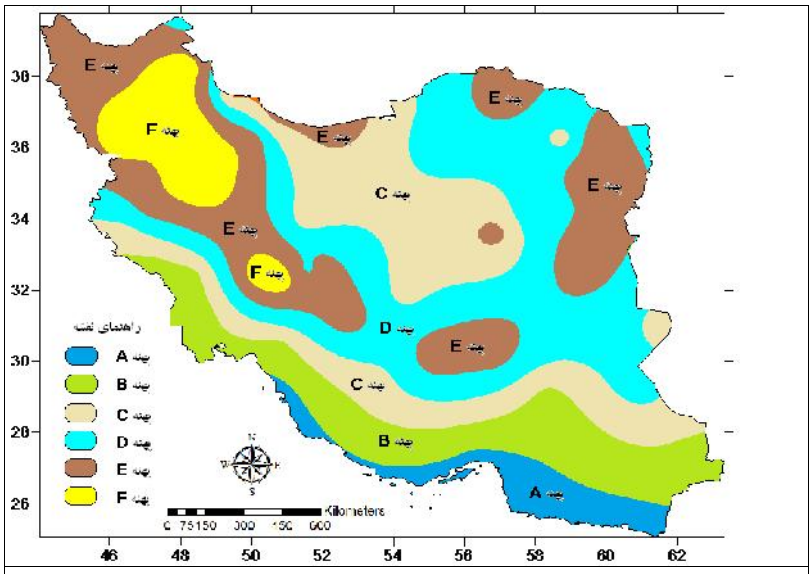
پهنه بندی ویژگی‌های آماری یخبندان‌های ایران

با اجرای تحلیل خوشه‌ای بر روی پنج ویژگی آماری یخبندان در ایران، مشاهده شد که می‌توان ایران را به ۶ خوشه متمایز تفکیک نمود. در واقع هر خوشه گروهی است که ایستگاه‌های تشکیل‌دهنده آن بیشترین همانندی را از لحاظ ویژگی‌های آماری یخبندان با یکدیگر دارند. خوشه‌های به‌دست آمده با حروف انگلیسی A تا F نامگذاری شده‌اند. نتایج حاصل از این تحلیل که همواره به صورت یک نمودار به اسم نمودار درختی(دارنما) نشان داده می‌شود، در شکل (۷) آورده شده است. بر روی این نمودار، خوشه‌های مربوط به هر کدام از گروه‌ها مشخص شده‌اند.

در ادامه، خوشه‌های به‌دست آمده با استفاده از روش زمین آمار کریجینگ به یک نقشه پهنه‌بندی با عنوان نقشه پهنه‌بندی ویژگی‌های آماری یخبندان ایران تبدیل شد (شکل ۸).



شکل ۷) نمودار درختی حاصل از تحلیل خوشه‌ای بر روی ویژگی‌های آماری یخبندان ایستگاه‌های ایران



شکل ۸) پهنه بندی ویژگی های آماری یخبندان در ایران

پهنه A: این پهنه منطبق بر نوار ساحلی جنوب ایران است که فاقد هرگونه یخبندان در طول سال می‌باشد(جدول ۱). حدود ۸/۱ از کل ایستگاه‌های مورد مطالعه در این پهنه واقع شده‌اند. ایستگاه‌های موجود در این پهنه عبارت‌اند از: چابهار، جاسک، بندرعباس، بندرلنگه و بوشهر.

پهنه B: این پهنه با فاصله‌ای از سواحل جنوبی ایران، به صورت نواری از جنوب غرب تا جنوب شرق ایران کشیده شده است. ۱۹/۴ در صد ایستگاه‌های مورد مطالعه (۱۲ ایستگاه) در این پهنه جای گرفته‌اند. میانگین وقوع اولین روز یخبندان در این پهنه ۲۴ دی ، میانگین وقوع آخرین روز یخبندان ۱۰ بهمن، میانگین تعداد روزهای یخبندان ۴ روز، میانگین طول دروزه یخبندان ۱۷ روز و میانگین طول دوره رشد در آن برابر با ۳۴۸ روز است (جدول ۱).

پهنه C: سومین پهنه که ۲۲/۶ درصد ایستگاه (ایستگاه ۱۴) را در خود جای داده است، دارای دو قسمت مجزا است . قسمت اول که به صورت نوار باریکی از ایلام در جنوب غرب ایران تا خاش در بلوچستان شمالی کشیده شده است و دومین قسمت به صورت یک چند ضلعی نامنظم از شمال ایران (به استثنای البرز مرکزی) تا شمال استان اصفهان و از غرب از تهران تا سمنان در شرق کشیده شده است. میانگین وقوع اولین روز یخبندان در این پهنه ۲۰ آذر، اتمام آن در ۱۴ اسفند، میانگین فراوانی روزهای یخبندان ۲۸ روز، طول دوره یخبندان ۸۵ روز و طول دوره رشد آن ۲۸۰ روز است (جدول ۱).

پهنه D: این پهنه به صورت یک U نامنظم از غرب به شرق ایران کشیده شده است و تابعی از وضعیت توپوگرافی حاکم بر ایران است. در واقع اگر رشته کوه‌های ایران را از لحاظ ارتفاعی به سه قسمت بالادست، میان‌دست و پایین‌دست تقسیم‌بندی کنیم، این پهنه منطبق بر ارتفاعات پایین‌دست رشته‌کوه زاگرس در دو قسمت غربی و شرقی آن است و امتداد آن تا استان‌های اصفهان، شمال استان سیستان و بلوچستان، غرب استان‌های خراستان جنوبی، خراسان رضوی ، خراسان شمالی و شرق استان سمنان ادامه می‌یابد. این پهنه ۱۲/۹ درصد ایستگاه را شامل می‌شود و ویژگی‌های آماری یخبندان آن عبارت‌اند از: میانگین وقوع اولین روز یخبندان ۳ آذر، میانگین وقوع آخرین روز یخبندان ۲۶ اسفند، میانگین فراوانی تعداد روزهای یخبندان ۵۰ روز، میانگین طول دروه یخبندان ۱۱۴ روز و میانگین طول دروه رشد ۲۵۱ روز (جدول ۱).

پهنه E: ۲۵/۸ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه (۱۶ ایستگاه) در این پهنه قرار گرفته‌اند. این پهنه منطبق بر زاگرس مرکزی و شمالی، البرز مرکزی، شمال خراسان شمالی، شرق خراسان رضوی، شمال خراسان جنوبی و قسمت‌های مرتفع استان فارس و کرمان است. میانگین وقوع اولین یخبندان در این پهنه، ۱۶ آبان؛ میانگین وقوع آخرین یخبندان، ۱۲ فروردین؛ میانگین فراوانی روزهای همراه با یخبندان، ۸۹ روز؛ میانگین طول دوره یخبندان، ۱۴۶ روز و میانگین طول دوره رشد ۲۱۹ روز است (جدول ۱).

پهنه F: این پهنه درواقع کوچک‌ترین پهنه درمیان ۶ پهنه مورد مطالعه است. در این پهنه وقوع اولین و آخرین یخبندان‌ها نسبت به دیگر پهنه بسیار زود شروع و بسیار دیر پایان می‌پذیرد. به طوری‌که میانگین وقوع اولین یخبندان‌ها برابر با ۲۹ مهر و میانگین وقوع آخرین یخبندان‌ها برابر با ۴ اردیبهشت است. میانگین تعداد روزهای یخبندان ۱۲۶ روز، میانگین طول دوره یخبندان ۱۲۶ روز و میانگین طول دوره رشد ۱۷۹ روز می‌باشد(جدول ۱). ایستگاه‌های واقع در این پهنه عبارت‌اند از: همدان فرودگاه، نوژه همدان، کوهرنگ، زنجان، شهرکرد، اردبیل و سقز است.

جدول ۱) میانگین ویژگی های آماری یخبندان در ٦ پهنه به‌دست آمده برای ایران

پهنه ها	میانگین وقوع اولین روز یخبندان	میانگین وقوع آخرین روز یخبندان	میانگین فراوانی تعداد روزهای یخبندان	میانگین طول دوره یخبندان	میانگین طول دوره فصل رشد
A	۰	۰	۰	۰	۳۶۵
B	۲۴ دی	۱۰ بهمن	۴	۱۷	۳۴۸
C	۲۰ آذر	۱۴ اسفند	۲۸	۸۵	۲۸۰
D	۳ آذر	۲۶ اسفند	۵۰	۱۱۴	۲۵۱
E	۱۶ آبان	۱۲ فروردین	۸۹	۱۴۶	۲۱۹
F	۲۹ مهر	۴ اردیبهشت	۱۲۶	۱۸۶	۱۷۹

نتیجه‌گیری

امروزه روش‌های حفاظتی گوناگونی جهت کاهش اثرات یخبندان وجود دارد. برای به‌کارگیری بیشتر این روش‌ها، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی یخبندان، یک ضرورت به حساب می‌آید. به طوری‌که امروزه اقلیم‌شناسان به دنبال استفاده از روش‌هایی می‌باشند که با حداقل خطا، واقعیت‌های موجود در پهنه‌های اقلیمی را آشکار سازند. تحلیل خوشه‌ای یکی از این روش‌های ریاضی-آماری می‌باشد که در زمینه‌ی کاهش داده‌ها و پیدا کردن گروه‌های واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرند (مسعودیان و عطایی، ۱۳۸۴). در این پژوهش پنج ویژگی آماری یخبندان شامل متوسط روز آغاز یخبندان، متوسط روز خاتمه یخبندان، متوسط تعداد سالانه روزهای یخبندان، متوسط طول فصل یخبندان و متوسط طول فصل رشد برای ایران استخراج و نقشه‌های مربوط به هر کدام از این ویژگی‌ها تهیه شد. آرایش فضایی این ویژگی‌ها در ایران نشان داد که توزیع مکانی آنها تابعی از عرض جغرافیایی و ارتفاع است. به طوری‌که از جنوب تا مرکز ایران که ارتفاعات مرتفع در آن کمتر است، دارای آریش منظم غربی – شرقی است، اما از مرکز ایران به سمت شمال که ارتفاعات مرتفع نقش بارزتری پیدا می کنند، این آرایش به هم خورده و بیشتر تابع ارتفاعات می‌گردند. علاوه بر این دو عامل زمین-اقلیم، شروع و خاتمه یخبندان‌ها در ایران تابعی از شرایط سینوپتیکی حاکم بر منطقه نیز می‌باشد. به طوری‌که شمال غرب، شمال شرق و غرب ایران به دلیل نزدیکی بیشتر با سرزمین‌های سرد شمالی، همچون سیبری و اروپای شمالی و همچنین ورود زودتر سیستم بادهای غربی به این مناطق در مقایسه با دیگر مناطق ایران باعث شده است که دارای شرایط

متفاوتی از لحاظ ویژگی‌های آماری یخبندان باشند. بنابراین آرایش ویژگی آماری یخبندان در ایران هم تابع عوامل زمین- اقلیم و هم تابع سیستم‌های سینوپتیکی وارد شده به کشور است.

نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای نیز نشان داد که می‌توان ایران را به ۶ پهنه متمایز از لحاظ ویژگی‌های آماری یخبندان تفکیک نمود. آرایش مکانی این ۶ پهنه نیز همچون دیگر ویژگی‌های آماری یخبندان تابعی از عرض جغرافیایی و ارتفاع است. پهنه A جنوبی‌ترین پهنه ایران است که فاقد هرگونه یحبندان بوده و پهنه F که در شمال غربی ایران واقع شده است، دارای زودرس‌ترین، دیررس‌ترین، طولانی‌ترین طول دوره یخبندان و کوتاه‌ترین طول فصل رشد در ایران می‌باشد. این ویژگی‌های آماری از یخبندان‌ها که در پهنه F مشاهده می‌شود، علاوه بر تأثیرپذیری از عوامل زمین – اقلیم، همچون ارتفاع از سطح دریا و عرض جغرافیایی، علل سینوپتیکی نیز دارد. در اوایل فصل پاییز به دلیل انتقال پرفشارهای اروپای مرکزی و شمالی به نواحی شمال غرب ایران، دمای هوا کاهش پیدا می‌کند، ولی این کاهش به میزانی نیست که دمای کمینه به صفر و زیر صفر درجه سانتی‌گراد برسد، ولی در برخی موارد پس از عبور این سامانه‌ها تابش شبانه از زمین سردتر، سبب کاهش دما به صفر و زیر صفر شده و یخبندان تابشی رخ می‌دهد. این نوع از یخبندان‌ها معمولاً طولانی نبوده و گاهاً در طی یک شبانه روز از ۲ تا ۳ ساعت تجاوز نمی‌کنند. در اواسط پاییز با ورود سامانه‌های تشکیل شده در نواحی شمالی، فرارفت‌های هوای سرد سبب کاهش دمای حداکثر شده و در زمان استقرار توده هوای سرد، دمای کمینه به صفر و زیر صفر می‌رسد.

یخبندان‌های بهاره نیز شرایط مشابهی با یخبندان‌های پاییزه دارند. بدین معنی که در این فصل پرفشارهای اروپای شمالی و مرکزی معمولاً از طریق آذربایجان و یا از سوی کرانه‌های دریای خزر و با تقویت پرفشار سیبری، سبب انتقال هوای سرد می‌شوند. این فرارفت هوای سرد، چنانچه از برودت کافی برخوردار نباشد، سبب کاهش زیاد دما در زمان استقرار هوای سرد نمی شود، ولی پس از عبور سامانه، تابش شبانه زمین سبب کاهش دمای کمینه به نقطه انجماد می‌شود. تداوم روزانه این نوع یخبندان‌ها بسیار کم است، ولی چنانچه توده هوای مهاجم از سرمای کافی برخوردار باشد، کاهش دمای بیشینه و کمینه در زمان استقرار توده هوای سرد زیاد بوده و دمای کمینه به صفر و زیر صفر رسیده و یخبندان فرارفتی را ایجاد می‌کند.

نقشه‌های به‌دست آمده در این تحقیق، بر مبنای داده‌های ایستگاهی می‌باشند؛ لذا پیشنهاد می‌گردد که برای تحقیقات آتی نقشه‌های پهنه‌بندی ایران به دو روش تحلیل سلولی و یا توپو- اقلیم‌شناسی نیز تهیه و با یکدیگر مقایسه گردند. همچنین پیشنهاد می‌گردد، در تکمیل این مطالعه، پژوهشگران بعدی، نقشه‌های مختلف را در سطوح احتمالاتی مختلف محاسبه و تهیه نمایند.

منابع و مآخذ

۱) براتی، غلامرضا (۱۳۷۵)، طراحی و پیش‌بینی الگوهای سینوپتیک یخبندان‌های بهاره ایران، رساله دکتری اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، صص ۲۱۳-۱.

۲) بهیار، محمد باقر (۱۳۸۲)، بررسی پدیده سرمازدگی در استان چهار محال و بختیاری از دیدگاه همدیدی – دینامیکی. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال هجدهم، شماره پیاپی ۶۹، تابستان، صص ۱۲۰-۱۰۷.

۳) حجازی زاده، زهرا و محمد حسین ناصر زاده (۱۳۸۴)، محاسبه و تجزیه و تحلیل ساعت‌های تداوم یخبندان با استفاده از برنامه نویسی به زبان دلفی « مطالعه موردی: استان لرستان». فصلنامه تحقیقات جغرافیائی، سال بیستم، شماره پیاپی ۷۶، بهار، صص ۱۵۰-۱۳۹.

۴) حیدری، حسن، و بهلول علیجانی (۱۳۷۸)، طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره. مجله پژوهش های جغرافیایی دانشگاه تهران، شماره ۳۷، اسفند، صص ۷۴-۵۷.

۵) خسروی، محمود، مجید حبیبی نوخندان و رضا اسماعیلی (۱۳۸۷). پهنه‌بندی اثر سرمازدگی دیررس بر روی باغات مطالعه موردی: شهرستان مه ولات. جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، صص ۱۶۲-۱۴۵.

۶) خلجی، مهدی (۱۳۸۰)، پیش بینی سرمای دیررس بهاره و یخبندان زودرس پاییزه برای تعدادی از گیاهان زراعی و باغی در استان چهارمحال و بختیاری. فصلنامه نهال و بذر، جلد ۱۷، شماره ۲، شهریور، ۱۳۹-۱۲۶.

۷) دین پژوه، یعقوب. فاخری فرد، ا. مقدم واحد، م. جهانبخش س. و میرنیا، م. ک. (۱۳۸۲)، انتخاب متغییرها به منظور پهنه بندی اقلیم بارش ایران با روش های چند متغییره. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۴، شماره ۴، صص ۸۲۳-۸۰۹.

۸) صداقت کردار، عبدا... و فاطمه رحیم زاده (۱۳۸۶)، تغییرات طول دوره رشد گیاهی در نیمه دوم قرن بیستم در کشور. فصلنامه پژوهش و سازندگی، شماره ۷۵، تابستان، صص ۱۹۳-۱۸۲.

۹) ضیایی، علیرضا، علی اکبر کامگار حقیقی، علیرضا سپاسخواه و سعید رنجبر (۱۳۸۵)، تعیین اطلس احتمال وقوع حداقل دمای استان فارس با استفاده از آمار هواشناسی. فصلنامه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم، شماره سوم (الف)، پاییز، صص ۲۶-۱۳.

۱۰) عزیزی، قاسم (۱۳۸۳)، ارزیابی سینوپتیکی یخبندان های فراگیر بهاری در نیمه غربی ایران. فصلنامه مدرس علوم انسانی، شماره ۱، شماره پیاپی ۳۲، بهار، صص ۱۱۶-۹۹.

۱۱) عساکره، حسین (۱۳۸۹)، احتمال تواتر و تداوم یخبندان های زودرس و دیررس در شهر زنجان. مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره پیاپی ۳۷، شماره ۱، صص ۱۶-۱.

۱۲) عطائی، ه. (۱۳۸۳)، پهنه بندی آماری نواحی بارشی ایران. رساله دکترای اقلیم شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه اصفهان، ۱۸۶ صفحه.

۱۳) علیجانی، بهلول و محمود هوشیار (۱۳۸۷)، شناسایی الگوهای سینوپتیکی سرماهای شدید شمال غرب ایران. پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵، صص ۱۶-۱.

۱۴) علیجانی، بهلول، پیمان محمودی، اله بخش ریگی چاهی و پرویز خسروی (۱۳۸۹)، بررسی تداوم روزهای یخبندان در ایران با استفاده از مدل زنجیره مارکوف. پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۳، صص ۲۰-۱.

۱۵) علیزاده، امین، محمد موسوی بایگی و غلامعلی کمالی (۱۳۷۳)، تاریخ وقوع اولین یخبندان های پاییزه و آخرین یخبندان های بهاره در خراسان. نیوار، شماره ۲۲، زمستان، ۵۶-۳۸.

۱۶) فتاحی، ابراهیم و تهمینه صالحی پاک (۱۳۸۸)، تحلیل الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه ایران. جغرافیا و توسعه، شماره ۱۳، صص ۱۳۶-۱۲۷.

۱۷) کاویانی، محمدرضا، سیدحسن حسینی ابری و اسماعیل اسدی بروجنی (۱۳۸۱)، تعیین احتمال وقوع تجربی و دوره بازگشت حداقل دما در ماه های اسفند، فروردین و اردیبهشت در باغ های بادام منطقه سامان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم، شماره سوم، صص ۵۷-۴۹.

۱۸) مسعودیان، سید ابوالفضل(۱۳۸۲)، نواحی اقلیمی ایران. جغرافیا و توسعه سال اول، شماره پیاپی ۲، پاییز و زمستان، صص ۱۸۴-۱۷۱.

۱۹) مسعودیان، سید ابوالفضل(۱۳۸۴)، شناسا ئی رژیم های بارش ایران به روش تحلیل خوشه ائی. پژوهش های جغرافیائی، شماره ۵۲.

۲۰) مسعودیان، سید ابوالفضل(۱۳۸۸)، نواحی بارشی ایران. جغرافیا و توسعه، شماره ۱۳، بهار، صص ۹۱-۷۹.

۲۱) مسعودیان، سید ابوالفضل و هوشمند عطائی(۱۳۸۴)، شناسایی فصول بارشی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، جلد هجدهم، شماره ۱، صص ۱۲-۱.

۲۲) موسوی بایگی، محمد، بتول اشرف و احمد نظامی(۱۳۸۹)، تعیین چرخه های یخ و ذوب و پهنه بندی مناطق مستعد آن با GIS در استان خراسان رضوی. نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۵، صص ۸۸۳-۸۷۴.

۲۳) میان آبادی، آمنه، محمد موسوی بایگی، حسین ثنایی نژاد و احمد نظامی (۱۳۸۸)، بررسی و پهنه بندی یخبندان های زود هنگام پاییزه، دیر هنگام بهاره و زمستانه با استفاده از GIS در استان خراسان رضوی. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۳، شماره ۱، صص ۹۰-۷۹.

۲۴) نوحی، کیوان، فاطمه صحرائیان، مژده پدرام و عبدا... صداقت کردار(۱۳۸۷)، تعیین طول دوره بدون یخبندان با استفاده از تاریخ های آغاز و خاتمه یخبندان فرارفتی و تابشی در نواحی زنجان، قزوین و تهران. فصلنامه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره چهل و ششم (ب)، زمستان، صص ۴۶۰-۴۴۹.

۲۵) نوحی، کیوان، مژده پدرام، فاطمه صحرائیان و غلامعلی کمالی (۱۳۸۶)، بررسی و تحلیل تاریخ آغاز و خاتمه یخبندان های تابشی-فرارفتی و فرارفتی در استان های آذربایجان غربی و شرقی. فصلنامه پژوهش و سازندگی ، شماره ۷۵، صص ۸۵-۷۸.

26) 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.

27) 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.

28) George, J. G. (1978), Techniques of frost prediction. In. Bagdonas, A., Georg, J, C., Gerber, J. F. (Eds). Techniques of frost prediction and methods of frost and cold protection. WMO No. 487, Technical Note No.157, WMO, Geneva, pp 2-45.

29) Ghielmi, L., and E. Eccel (2006), Descriptive models and artificial neural networks for spring frost prediction in an agricultural mountain area. Computers and electronics in agriculture, 54 (2), 101-114.

30) Halley, V., M. Eriksson, M. Nunez (2003), Frost prevention and prediction of temperatures and cooling rates using GIS. Australian geographical studies, 41, 287-302.

31) Ireland, W. (2005), Frost and crops, frost prediction and plant protection, U. K., p 200.

32) Jain, A., R. W. McClendon, G. Hoogenboom, and R, Ramayaa (2003), Prediction of frost for fruit protection using artificial neural networks. ASAE. 03-3075.

33) Jain, A., R. W. McClendon, and G. Hoogenboom (2006), Freeze prediction for specific locations using artificial neural network. Transe. ASABE 49 (6), 1955-1962.

34) Kalma, J. D., G. P. Laughlin, J. M. Caprio, and P. J. C. Hamer (1992), the bioclimatology of frost. Springer-Verlag, London, p 144.

35) Kangieser, P. C. (1959), Forecasting minimum temperatures on clear winter nights in an arid region. Monthly Weather Review, 87, 19-27.

36) Prabha, T., and G. Hoogenboom. (2008), Evaluation of the weather research and forecasting model for two frost events. Computers and electronics in agriculture, 64, 234-247.

37) Robinson, C., and N. Mort (1997), a neural network system for the protection of citrus crops from frost damage. Computers and electronics in agriculture, 16 (3), 177-187.

38) 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.

39) Rossi, F., O. Facini, S. Loreti, M. Nardino, T. Georgiadis, and F. Zinoni (2002), Meteorological and micrometeorological applications to frost monitoring in northern Italy orchards. Physics and Chemistry of the Earth, 27, Pages 1077-1089.

40) Schmidlin, T. W., and B. E. Dethier (1986), a statistical analysis of freeze hazard in New York State. Physical Geography, 7, 246-257.

41) Smith. B. A., R. W. McClendon, and G. Hoogenboom (2006), Improving air temperature prediction with artificial neural networks. International Journal Computer intelligent, 3(3), 179-186.

42) Snyder, R. L., and J. P. D. Melo-Abreu (2005), Frost protection: fundamentals, practice and economics, 1. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.

43) 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.

44) Watkins, C (1991), the annual period of freezing temperatures in central England: 1850-1989. International journal of climatology, Volume 11, Issue 8, Pages 889-896.

45) Waylen, P. R (1988), Statistical analysis of freezing temperatures in central and southern Florida. Journal of climatology, Volume 8, Pages 607-628.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی