تجزیه و تحلیل آماری یخبندان‌های کشاورزی شهر کاشان

حجت الله یزدان پناه[۱]، فاطمه بشیریان[۲*]، مرضیه مجد برزکی[۳]

۱-دانشیار اقلیم شناسی دانشگاه اصفهان

۲ و ۳-دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه اصفهان

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۱/۲۱، تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۱۷)

چکیده

سرما و یخبندان از فاکتورهای مهم محدودکننده توزیع و تولید در گیاهان هستند که به سبب آسیب‌های ناشی از آن‌ها، هر ساله پتانسیل تولید بسیاری از محصولات کشاورزی و باغی در مناطق آسیب‌پذیر کشور کاهش می‌یابد. هدف از انجام این پژوهش تحلیل آماری یخبندان‌های شهر کاشان، میزان تأثیر آنها روی محصولات کشاورزی و در پایان با توجه به نتایج به دست آمده ارایه پیشنهادهایی برای توسعه پایدار کشاورزی در این منطقه است. برای دستیابی به این اهداف، داده‌های دمای کمینه روزانه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کاشان در دوره آماری ۴۳ ساله (۱۹۷۱/۱/۱ تا ۲۰۱۴/۱۲/۳۱) از سازمان هواشناسی کشور دریافت و بر اساس تقویم شمسی مرتب شدند. پس از تشخیص تصادفی و نرمال بودن داده‌ها، با استفاده از روش پارامتری رگرسیون خطی دو متغیره در سطح معناداری ۹۵ درصد، روند کاهشی معناداری (هر ده سال، چهار روز کاهش) در تعداد روزهای یخبندان مشاهده شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که اغلب دماهای انجماد رخ داده در ایستگاه کاشان در حدی بوده‌اند که بیشتر به گیاهان حساس، سبزیجات و شکوفه درختان آسیب رسانده‌اند. میانگین دوره یخبندان در این ایستگاه ۴۶ روز است و بازه زمانی احتمال وقوع یخبندان در آن به طور یقین زودتر از ۲۸ مهرماه و دیرتر از ۲۴ فروردین نخواهد بود. شدیدترین یخبندان شهر کاشان در طول دوره آماری مورد مطالعه، در زمستان سال ۱۳۸۶ و با دمای ۱۷-درجه سلسیوس اتفاق افتاد که در مجموع ۱۴۸ میلیارد تومان به بخش کشاورزی شهرستان خسارت وارد کرد. اغلب یخبندان‌های کاشان از نوع زمستانه است، بنابراین در مورد محصولاتی مانند درختان همیشه سبز (نظیر مرکبات و زیتون) پیشنهاد می‌شود که از ارقام مقاوم به سرما بیشتر استفاده شود.

کلمات کلیدی: یخبندان کشاورزی، روند، دمای شبانه، شهرکاشان.

مقدمه

آب و هوا یکی از عوامل اساسی محیطی است که تمام مظاهر حیات را تحت کنترل دارد. دما به عنوان شاخصی از کمیت گرما یکی از عناصر اساسی شناخت آب و هوا است و نظر به دریافت انرژی خورشید توسط زمین دستخوش تغییرات بسیاری است که به نوبه خود سبب تغییرات گسترده در سایر عناصر هواشناسی می‌گردد [۹]. یکی از اشکال تغییر دما، نوسانات نابهنگام آن به ویژه افت آن تا نقطه انجماد است که [۲۲] به علت خسارات گسترده به محصولات کشاورزی، پدیده یخبندان در چارچوب بلایای طبیعی طبقه‌بندی شده است [۲]. یخبندان را نزول دمای هوا به صفر درجه سلسیوس یا پایین‌تر از آن که در ارتفاع ۱,۲۵ تا ۲ متری بالای سطح خاک در داخل یک پناهگاه مناسب آب و هوا اندازه‌گیری می‌شود، تعریف می‌کنند [۲۴]. از دیدگاه هواشناسی کشاورزی نیز یخبندان به وقوع دماهای پایین در حدی که منجر به خسارت به بافت‌های گیاهی شود اطلاق می‌گردد که این نوع یخبندان با توجه به درجات دمای بحرانی برای هر محصول متفاوت است [۷]. در واقع قرارگرفتن گیاهان در حال رشد در معرض یخبندان، آسیب یا مرگ گیاه را در پی خواهد داشت چرا که متابولیسم گیاه به تدریج کند می‌شود و آب درونش شروع به انجماد می‌کند [۲۱]. البته بعضی از سلول‌هاو بافت‌های گیاهی پس از وقوع یخبندان سریع و بلافاصله منجمد می‌شوند که در اصطلاح توصیفی کلاسیک به آن‌ها حساس به انجماد گفته می‌شود [۲۲].

در ذیل به برخی از پژوهش‌هایی که در زمینه یخبندان برای مناطق مختلف ایران وجهان انجام گرفته؛ اشاره می‌شود. واتکینس[1] با استفاده از تاریخ وقوع اولین و آخرین درجه دمای روزانه صفر و کمتر از صفر درجه سلسیوس مربوط به مرکز انگلستان (۱۹۸۹-۱۸۵۰) نشان داده است که

* نگارنده رابط: Bashiryan@gmail.com

1-Watkins

سال به سال یخبندان‌های بهاره زودتر خاتمه یافته و یخبندان‌های پاییزه دیرتر شروع شده‌اند و نتیجه اینکه در هر دهه دو روز از طول فصل یخبندان این منطقه کاسته شده است [۲۵]. کاسلین[1] و داونتون[2] در مقاله‌ای تأثیر الگوهای گردشی آب و هوایی را روی دماهای زمستان در فلوریدا بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که کاهش روند در دمای زمستانی فلوریدا بعد از ۱۹۴۷ می‌تواند به وسیله‌ی نوسانات در تشکیل دو الگوی گردشی اقیانوس آرام (شمال امریکا) و نوسانات اطلس شمالی توضیح داده شود [۱۷]. شویر[3] و همکاران در تحقیقی آسیب‌های یخبندان بهاره گندم کانزاس را در مراحل مختلف رشد مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد آسیب یخبندان بهاره، هنگامی رخ می‌دهد که دمای پایین با مراحل حساس رشد گیاه منطبق باشد. همچنین آسیب در امتداد رودخانه‌ها، دره‌هایی که هوای سرد مستقر می‌شود، بیشتر است [۲۳]. زهرانیک[4] و همکاران در مقاله‌ای با عنوان خطر وقوع یخبندان‌های زیان-آور در طول فصل رشد سبزیجات در جلگه رودخانه البه جمهوری چک، به این نتیجه رسیدند که از سال ۱۹۶۱ تا سال ۲۰۱۱ این منطقه کاهش در تعداد روزهای یخبندان را تجربه کرده و طول دوره بدون یخبندان بین آخرین یخبندان بهاره و اولین یخبندان پاییزه افزایش یافته است [۲۷]. لادینگ[5] و همکاران در مقاله‌ای بررسی کردند که چگونه یخبندان‌های تابستانی تولید مثل گونه‌های گیاهی رایج مناطق کوهستانی آلپ اروپایی را در معرض خطر قرار می-دهند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که در تمام مراحل تولید مثل، اندام‌های تولید مثل مقاومت کمتری در برابر یخبندان نسبت به اندام‌های رویشی دارند. علاوه بر این در بسیاری از گونه‌ها، اندام‌های باروری در طول گل‌دهی و گرده افشانی به یخبندان حساس‌تر می‌شوند [۲۰]. کوتیکوت[6] و انیور[7] با استفاده از تکنیک‌های GIS ARC و سنجش از دور، نقشه-های ریسک یخبندان را برای کاهش تلفات کشاورزی اکوسیستم کنیا ترسیم کردند و به بررسی روند دماهای حداقل که بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ اتفاق افتاده است، پرداختند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که ارتفاع، پستی و بلندی سطح زمین و رطوبت در وقوع یخبندان بسیار مؤثرند و احتمال وقوع یخبندان در ارتفاعات بالای ۱۵۰۰ متری و دره‌های کمتر از این ارتفاع در ماه‌های آوریل، می، جولای، آگوست و نوامبر بیشتر است [۱۹]. اینساف[8] و همکاران در تحقیقاتی با بررسی روندهای فرین‌های اقلیمی در نیویورک به این نتیجه رسیدند که تعداد روزهای یخبندان ۹۷٪ روز در هر دهه در این منطقه با کاهش مواجه است [۱۸]. داشخو[9] و همکاران نشان دادند که در مغولستان تعداد روزهای یخبندان افزایشی ۱۵ روزه در دوره‌ی ۵۰ سال گذشته داشته است [۱۶]. بر اساس نتایج به دست آمده در استان خراسان ضوی، زودترین و دیرترین میانگین تاریخ آغاز یخبندان فرارفتی به ترتیب در ۲۹ آبان و ۲۶ آذر در ایستگاه‌های قوچان و بشرویه اتفاق افتاده و یخبندان فرارفتی در ۲۰ اسفند در ایستگاه بشرویه، زودتر و در ۱۸ فروردین در ایستگاه قوچان، دیرتر خاتمه می‌پذیرد [۲]. اسماعیلی و همکاران طول دوره رشد و طول دوره یخبندان را به عنوان شاخصه نوسان اقلیمی، مورد بررسی قرار دادند. ارزیابی تغییرات این شاخص‌ها بین دو دوره اقلیمی گذشته و آینده در ایستگاه‌های مشهد، تربت حیدریه و سبزوار در خراسان رضوی صورت گرفته است. نتایج نشان داد طول دوره رشد در دوره اقلیمی آینده در ایستگاه مشهد و سبزوار، افزایش و در تربت حیدریه، کاهش یافته است. طول دوره یخبندان در سه ایستگاه، بین ۱۵ تا ۱۶ روز کاهش یافته است [۱]. در مطالعه‌ای دیگر رابطه زمان وقوع یخبندان سالانه، در کاهش طول دوره رشد محصولات اردبیل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد خط روند تاریخ‌های وقوع یخبندان‌های بهاره از اوایل به سمت اواسط فصل بهار و یخبندان‌های پاییزه از اواسط فصل پاییز به طرف اوایل آن متمایل شده‌اند و در نتیجه، طول فصل رشد روند کاهشی داشته است [۵]. بر اساس نتایج به دست آمده روی پدیده‌ی یخبندان در نجف‌آباد، مشخص شد هر چند تعداد روزهای یخبندان کاهش نیافته، اما وقوع یخبندان‌های شدید رو به کاهش بوده و از سوی دیگر فراوانی وقوع دماهای صفر درجه به شدت رو به افزایش است [۱۳]. در پژوهشی دیگر، تحلیل زمانی و

1- Kathleen
2- Downton
3- Shroyer
4- Zahraniček
5- Ladinig
6- Kotikot
7- Onywere
8-Insaf
9-Dashkhuu

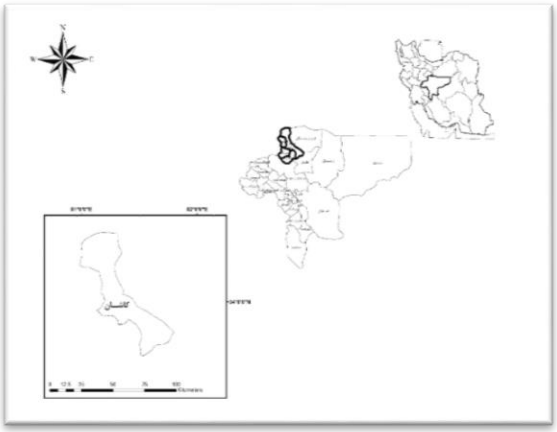
مکانی احتمال وقوع شاخص‌های یخبندان (تاریخ آغاز، تاریخ خاتمه، طول فصل رشد، طول فصل یخبندان و فراوانی وقوع یخبندان) در استان زنجان مطالعه شد. نتایج نشان داد به طور متوسط اولین یخبندان‌های منطقه در فصل پاییز بین ۷ مهر تا ۲۴ آبان رخ می دهد و میانگین تاریخ خاتمه یخبندان‌ها از ۲۰ فروردین تا ۳۰ اردیبهشت است [۱۴]. باعقیده و همکاران پدیده یخبندان و ارتباط آن با عملکرد محصولات گردو و بادام در استان کرمانشاه را مورد بررسی قرار دادند. بررسی این رابطه نشان داد، کمترین تأثیرپذیری عملکرد محصول گردو و بادام از یخبندان‌های پاییزه و بهاره مربوط به ایستگاه کرمانشاه بوده است و در اغلب ایستگاه‌ها کاهش عملکرد محصول بیشتر متأثر از یخبندان‌های دیررس بهاره بوده است [۳]. محمودی و همکاران اطلس اقلیم‌شناسی ویژگی‌های یخبندان‌های ایران را تهیه کردند و با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، ایران را به ۶ خوشه متمایز تفکیک کردند که جنوبی‌ترین پهنه‌ی ایران فاقد هر گونه یخبندان بوده و شمال غرب ایران دارای زودرس‌ترین، دیررس‌ترین، طولانی‌ترین طول دوره‌ی یخبندان و کوتاه‌ترین طول فصل رشد در ایران، می‌باشد. در این تحقیق ویژگی آماری یخبندان برای ایران استخراج و نقشه‌های آماری تهیه شد [۱۱]. محمدی و همکاران با استفاده از نرم افزار RClimDex، به شناسایی روند روزهای یخبندان ایران پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که در بیشتر ایستگاه‌های کشور روند دارای شیب منفی است [۱۰]. مسعودیان و دارند روند تعداد روزهای یخبندان ایران را با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال و آزمون خطی رگرسیون بررسی کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که در بیشتر گستره ایران، روند تعداد روزهای یخبندان رو به کاهش است و تنها روی رشته کوه‌های زاگرس و البرز روند مثبت است [۱۲].

از مرور نتایج چنین استنباط می‌شود که هر چند پدیده یخبندان به عنوان پدیده‌ای تصادفی به طور دقیق قابل پیش‌بینی نیست، اما از مطالعه پیاپی آن، آگاهی‌های مفیدی به دست می‌آید [۶] که با استناد به آن‌ها می‌توان خسارت-های ناشی از یخبندان را کاهش داد.

یخبندان به عنوان یک مخاطره اقلیمی، در اکثر سال‌ها خسارات زیادی به شهر کاشان وارد می‌کند. مخصوصاً اگر در ابتدا و انتهای فصل سرما به صورت ناگهانی اتفاق بیفتد، برای بخش کشاورزی پُر مخاطره‌تر می‌شود. در نتیجه مطالعه و تحلیل این پدیده در ایستگاه کاشان که تاکنون به صورت دقیق و همراه با جزئیات بررسی نشده است، امری بسیار ضروری به نظر می‌رسد. هدف از انجام این پژوهش تحلیل آماری یخبندان‌های شهر کاشان، میزان تأثیر آن‌ها روی محصولات کشاورزی و در پایان با توجه به نتایج به دست آمده، ارایه پیشنهاداتی برای توسعه پایدار کشاورزی در این منطقه می‌باشد.

داده‌ها و روش‌ها

شهرکاشان، مرکز استان کاشان، در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی در شمال غرب استان اصفهان، در ارتفاع ۹۴۷,۹ متری از سطح دریا واقع شده است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی شهر مذکور را نشان می‌دهد. میانگین دمای شبانه‌روزی شهر کاشان، ۱۹/۱۶ درجه سلسیوس و مجموع بارندگی سالانه آن ۱۳۵ میلیمتر می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهر کاشان

به منظور تحلیل وضعیت یخبندان در شهر کاشان، داده‌های دمای کمینه روزانه (دمای شبانه) مربوط به ایستگاه کاشان از تاریخ ۱۹۷۱/۰۱/۰۱ تا ۲۰۱۴/۱۲/۳۱ (برابر با

۱۳۴۹/۱۰/۱۱ تا ۱۳۹۳/۱۰/۱۰) معادل ۱۶,۰۷۲ روز استخراج و بر اساس تقویم شمسی مرتب شدند. در نهایت داده‌های مربوط به اول فروردین ۱۳۵۰ تا ۲۹ اسفند ۱۳۹۲ مورد استفاده قرار گرفتند. در مرحله بعد، این داده‌ها در ۴۳ ستون تنظیم و ماتریسی با ابعاد ۴۳×۳۶۵ تشکیل شد. ماتریس به دست آمده را در محیط نرم‌افزار مَتلب[1] وارد و به کمک روابط منطقی این نرم‌افزار، تعداد روزهایی که دمای مساوی یا کمتر از صفر داشتند، محاسبه و استخراج گردید. بدین ترتیب تعداد روزهای یخبندان و فراوانی آن برای دماهای مختلف زیر صفر، برای هر سال به دست آمد. برای ارزیابی صحت داده‌ها، آزمون ران تست[2] بر روی داده‌ها اعمال و از تصادفی بودن آن‌ها اطمینان حاصل شد. به کمک روش کلموگروف اسمیرنوف، نرمال بودن توزیع داده‌ها نیز تأیید شد و به همین دلیل، برای تحلیل روند از روش‌های پارامتری استفاده شد. در این پژوهش از روش پارامتری رگرسیون خطی دو متغیره، بهره گرفته شده، که با معادله زیر قابل محاسبه است:

$$Y = a + bx \qquad (1)$$

که در آن: Y= مقدار مورد انتظار (متغیر وابسته)؛ X= مقدار متغیری که بر اساس آن پیش بینی صورت می‌گیرد (متغیر مستقل)؛ a= ضریب ثابت که به عنوان عرض از مبدأ خوانده می‌شود؛ b= شیب خط [۸].

روند داده‌ها نیز با استفاده از نرم افزارSPSS محاسبه شده است. تصمیم‌گیری در مورد وجود یا عدم وجود روند بر مبنای حد بالا و پایین شیب خط، صورت می‌گیرد. مثبت بودن، روند افزایشی، منفی بودن، روند کاهشی و مختلف العلامت بودن، عدم وجود روند را نشان می‌دهد [۱۳]. روش دیگر استناد به خطای به دست آمده است که تنها در صورتی که خطا کمتر از ۰/۰۵ باشد، معناداری روند، قابل قبول خواهد بود.

یافته‌های پژوهش

انجام بررسی‌های آماری بر روی تعداد روزهای یخبندان در ایستگاه کاشان، نشان داد که کل تعداد روزهای یخبندان در دوره مورد مطالعه ۱۸۹۵ روز و متوسط تعداد روزهای یخبندان سالانه حدود ۴۴ روز است. کمینه تعداد روز یخبندان ۷ روز بوده که در سال ۱۳۷۷ اتفاق افتاده و بیشینه آن ۷۰ روز، که در سال ۱۳۵۲حادث شده است. کمینه مطلق دما ۱۷- درجه سلسیوس می‌باشد که در سال ۱۳۸۶رخ داده است (جدول ۱).

جدول ۱- تعداد روزهای یخبندان و شدت یخبندان در درجات مختلف دمایی بر حسب درجه سلسیوس

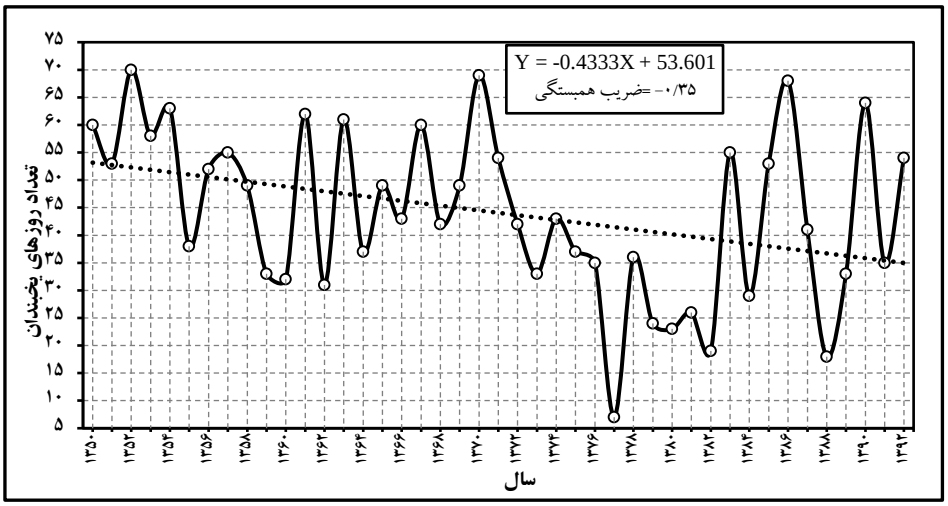
سال	۰	۱-	۲-	۳-	۴-	۵-	۶-	۷-	۸-	۹-	۱۰-	۱۱-	۱۲-	۱۳-	۱۴-	۱۵-	۱۶-	۱۷-	تعداد روزهای یخبندان
۱۳۵۰	۱۴	۸	۶	۱۱	۷	۴	۴	۲	۱	۱	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۰
۱۳۵۱	۵	۱۰	۱۰	۷	۲	۴	۳	۷	۱	۰	۲	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۵۳
۱۳۵۲	۷	۱۷	۱۸	۱۳	۶	۳	۱	۲	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷۰
۱۳۵۳	۲۰	۱۷	۷	۴	۷	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۸
۱۳۵۴	۱۸	۲۰	۱۳	۶	۳	۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۳
۱۳۵۵	۱۲	۵	۴	۴	۳	۳	۳	۳	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۸
۱۳۵۶	۱۴	۱۰	۱۲	۴	۵	۱	۳	۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۲
۱۳۵۷	۱۲	۲۴	۱۰	۶	۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۵
۱۳۵۸	۱۴	۱۳	۱۱	۳	۳	۲	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۴۹
۱۳۵۹	۱۳	۱۰	۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۳
۱۳۶۰	۱۱	۴	۶	۴	۵	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۲
۱۳۶۱	۹	۱۶	۱۵	۶	۱۰	۰	۴	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۲
۱۳۶۲	۱۶	۷	۲	۲	۲	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۱

1- Matlab
2- Run Test

ادامه جدول ۱

سال	۰	۱-	۲-	۳-	۴-	۵-	۶-	۷-	۸-	۹-	۱۰-	۱۱-	۱۲-	۱۳-	۱۴-	۱۵-	۱۶-	۱۷-	تعداد روزهای یخبندان
۱۳۶۳	۶	۱۶	۸	۱۰	۷	۱۱	۳	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۱
۱۳۶۴	۱۳	۱۲	۷	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۷
۱۳۶۵	۱۱	۲۰	۱۱	۴	۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۹
۱۳۶۶	۷	۱۶	۱۲	۶	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۳
۱۳۶۷	۷	۱۰	۸	۵	۱۱	۸	۷	۳	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۰
۱۳۶۸	۱۸	۸	۷	۱	۱	۳	۲	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۲
۱۳۶۹	۱۱	۸	۱۴	۷	۴	۰	۰	۴	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۹
۱۳۷۰	۲	۱۱	۱۹	۸	۱۱	۹	۲	۲	۱	۱	۰	۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۶۹
۱۳۷۱	۲۰	۷	۷	۸	۵	۶	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۴
۱۳۷۲	۱۳	۱۳	۱۰	۵	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۲
۱۳۷۳	۸	۶	۶	۵	۲	۱	۲	۱	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۳
۱۳۷۴	۵	۱۰	۱۰	۱۱	۲	۱	۱	۰	۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۳
۱۳۷۵	۱۰	۵	۱۰	۳	۱	۲	۲	۳	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۷
۱۳۷۶	۹	۷	۸	۶	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۵
۱۳۷۷	۲	۱	۰	۰	۲	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷
۱۳۷۸	۹	۱۱	۵	۵	۴	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۶
۱۳۷۹	۹	۹	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۲۴
۱۳۸۰	۹	۴	۹	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۳
۱۳۸۱	۶	۱۱	۳	۴	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۶
۱۳۸۲	۱۰	۵	۳	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۹
۱۳۸۳	۱۰	۱۲	۱۴	۶	۹	۱	۰	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۵
۱۳۸۴	۵	۴	۳	۹	۲	۳	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۹
۱۳۸۵	۶	۱۱	۱۰	۹	۵	۴	۶	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۳
۱۳۸۶	۱۰	۹	۴	۵	۴	۳	۴	۶	۵	۳	۰	۱	۳	۰	۳	۲	۴	۲	۶۸
۱۳۸۷	۷	۸	۱۰	۱۲	۲	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۱
۱۳۸۸	۶	۵	۵	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۸
۱۳۸۹	۱۱	۶	۹	۴	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۳
۱۳۹۰	۱۵	۲۱	۱۴	۵	۵	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۴
۱۳۹۱	۵	۱۰	۷	۷	۳	۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۵
۱۳۹۲	۴	۳	۱۳	۱۰	۱۵	۴	۰	۲	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۴
مجموع	۴۲۹	۴۴۰	۳۷۱	۲۲۶	۱۶۹	۹۵	۵۸	۴۷	۱۹	۱۰	۹	۴	۶	۱	۳	۲	۴	۲	۱۸۹۵
میانگین	۹,۹۷	۱۰,۳۳	۸,۶۲	۵,۲۵	۳,۹۳	۲,۲۰	۱,۳۴	۱,۰۹	۰,۴۴	۰,۲۳	۰,۲۰	۰,۰۹	۰,۱۳	۰,۰۲	۰,۰۶	۰,۰۴	۰,۰۹	۰,۰۴	۴۴,۰۶

بر مبنای آزمون رگرسیون خطی در سطح معناداری ۹۵ درصد، می‌توان گفت که تعداد روزهای یخبندان، روند کاهشی ضعیفی در طول زمان مورد مطالعه داشته است. در این آزمون ضریب همبستگی ۰,۳۵-، ضریب تعیین ۰,۱۲، عرض از مبدأ ۵۳,۶۰، شیب خط ۰,۴۳-، مقدار آماره t استودنت با درجه آزادی n-۲ در سطح معناداری ۰,۰۵ برابر با ۲,۶۱، خطای استاندارد برآورد ۰,۰۱، حد پایین شیب خط ۰,۷۹- و حد بالای آن ۰,۷- برآورد گردید. شکل (۲) این مطلب را به صورت نمودار نشان می‌دهد.



شکل۲- روند تعداد روزهای یخبندان ایستگاه کاشان در طول دوره زمانی مورد مطالعه

به منظور بررسی فراوانی وقوع هرکدام از دماهای صفر و زیر صفر با استفاده از نرم افزار متلب، فراوانی هر طبقه دمایی در هر سال محاسبه و در جدول (۱) آورده شده است. با استفاده از نتایج این جدول، آزمون روند رگرسیون خطی بر روی سری زمانی فراوانی وقوع دماهای صفر تا ۲- درجه اعمال شد (جدول ۲). اطلاعات به دست آمده نشان می‌دهد که فراوانی دمای ۱- درجه در حال کاهش است و روند آن معنادار می‌باشد، اما با توجه به خطای به دست آمده، روند در دماهای صفر و ۲- درجه معنادار نیست.

جدول۲- نتایج آزمون روند رگرسیون خطی برای فراوانی وقوع دمای شبانه در دماهای مختلف در سطح معناداری ۵٪

	ضریب همبستگی	عرض از مبدأ	شیب خط	آماره Sig	آماره t در سطح ۰,۰۵	حد پایین شیب خط	حد بالای شیب خط
دمای صفر	-۰,۴۱	۱۳,۵۰	-۰,۱۴	۰,۰۶	۳,۰۳	-۰,۲۵	-۰,۰۴
دمای ۱-	-۰,۳۷	۱۴,۲۸	-۰,۱۵	۰,۰۱	۲,۶۷	-۰,۲۷	-۰,۰۳
دمای ۲-	-۰,۳۲	۱۱,۰۲	-۰,۱۳	۰,۲۳	۲,۱۴	-۰,۱۷	۰,۰۴

در اقلیم کشاورزی دسته بندی دمای انجماد معمولاً بر اساس تأثیری است که روی گیاهان می‌گذارد. یک نمونه از این طبقه‌بندی‌ها به صورت زیر است:

یخبندان سبک: **۲۹** تا **۳۲** فارنهایت (**۱,۶**-تا صفر درجه سلسیوس)، روی گیاهان حساس تأثیر می‌گذارد و باعث از بین رفتن آنها می‌شود.

یخبندان متوسط: **۲۵** تا **۲۸** فارنهایت (**۳,۸**-تا **۲,۲**-درجه سلسیوس)، به طور وسیع روی بیشتر سبزیجات و شکوفه میوه‌ها تأثیر می‌گذارد و آنها را از بین می‌برد.

یخبندان شدید: **۲۴** درجه فارنهایت و کمتر از آن (**۴,۴**- درجه سلسیوس و کمتر) بیشتر گیاهان خسارت می‌بینند؛ خاک یخ می‌بندد و عمق یخ‌زدگی به طول و شدت یخبندان بستگی دارد [۲۶].

با استناد به این طبقه‌بندی و با توجه به جدول (۱) اغلب دماهای انجماد در ایستگاه کاشان جزء یخبندان‌های سبک محسوب می‌شوند. هرچند که تعداد یخبندان‌های متوسط هم کم نیست. یخبندان‌های شدید دارای کم‌ترین فراوانی می‌باشند. البته مهم‌ترین خطرات یخ‌زدگی در کشاورزی، در آخرین یخبندان بهاره، اولین یخبندان پاییزه و فصل کوتاه رشد است که می‌تواند به طور جدی روی تولید گیاه و مقدار محصول تأثیر بگذارد. از این رو دو شاخص اولین و آخرین روز یخبندان، در تعیین محدودیت‌های دمایی (که از عوامل اساسی در مشخص کردن فصل رشد محصولات کشاورزی هستند)، دارای اهمیت ویژه‌ای هستند. در شهر

کاشان، بسیاری از فعالیت‌های کشاورزی از جمله برداشت پنبه و کشت گندم، امکان مصادف شدن با یخبندان‌های زودرس پاییزه را دارند و جوانه‌زنی برخی محصولات باغی (مانند گل محمدی) و گل‌دهی درختان میوه نیز می‌تواند، مقارن با یخبندان‌های دیررس بهاره باشند و به این ترتیب آسیب ببینند. به عنوان نمونه بر اثر وقوع سرما و یخبندان بهاره در سال ۱۳۹۲، خسارات زیادی به گل و اندام‌های رویشی محصولات باغی (از جمله قیسی، گردو، بادام، بیدمشک، گوجه سبز، زیتون و گل محمدی) شهرستان کاشان وارد شد، که در مجموع ۵۴۸,۲۶۲ میلیون ریال خسارت به دنبال داشت (جدول ۳) [۱۵].

جدول ۳- خسارت ناشی از یخبندان محصولات باغی شهرستان کاشان در سال ۱۳۹۲، منبع: [۱۴]

نوع محصول	درصد خسارت به اندام گل	درصد خسارت به میوه	درصد خسارت به اندام رویشی	تاریخ وقوع خسارت	مدت استمرار خسارت	ارزش خسارت (میلیون ریال)
بادام	۳۰	-	۵۰	۱۳۹۲/۱۲/۲۴	۷۲ ساعت	۱۳۵,۰۰۰
گردو	-	-	۳۰	۱۳۹۲/۱۲/۲۴	۷۲ ساعت	۸۸,۰۰۰
بیدمشک	۷۰	-	-	۱۳۹۲/۱۲/۲۴	۷۲ ساعت	۳۵,۰۰۰
گل محمدی	-	-	۱۵	۱۳۹۲/۱۲/۲۴	۷۲ ساعت	۱۶۲,۰۰۰
قیسی	۲۰	-	۱۰	۱۳۹۲/۱۲/۲۴	۷۲ ساعت	۴۳,۲۰۰
گوجه سبز	۳۰	-	۱۰	۱۳۹۲/۱۲/۲۴	۷۲ ساعت	۸۱,۰۰۰
زیتون	-	-	۱۰	۱۳۹۲/۱۲/۲۴	۷۲ ساعت	۴,۰۶۲
جمع						۵۴۸,۲۶۲

همچنین ارزش خسارت یخبندان به محصولات کشاورزی شهرستان کاشان، در طول سیزده سال، در جدول (۴) نشان داده شده است. در صورتی که باغات چندی قبل از فروردین ماه دچار یخبندان شوند و به بافت گیاه طوری آسیب وارد شود، طوری که مرحله جوانه زنی را دچار مشکل کند، در سال جدید، محصولات کاهش می‌یابند و ارزش خسارت، در سال زراعی محاسبه می‌شود. به همین دلیل، خسارت سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۸۰، ۱۳۸۷-۱۳۸۶ و ۱۳۹۳-۱۳۹۲ با هم آورده شده است. بر اثر بارش برف و یخبندان شدید بر اساس گزارش‌های وزارت جهاد کشاورزی، بر اثر سرمازدگی در زمستان سال ۱۳۸۶، ۴۸۰ هکتار از باغات بادام شهرستان کاشان، بین ۴۰ تا ۷۰ درصد، ۵۰۰ هکتار از باغات گردو بین ۳۰ تا ۵۰ درصد، یک هزار و ۵۰۰ هکتار از باغات گل محمدی، بین ۲۰ تا ۴۰ درصد و ۴۵۰ هکتار از باغات زردآلو بین ۴۰ تا ۶۰ درصد خسارت دیدند. علاوه بر این نه میلیارد ریال خسارت نیز به تجهیزات، انبار علوفه و مرغداری‌ها وارد آمد [۱۴].

جدول ٤- محصولات کشاورزی خسارت دیده ناشی از وقوع یخبندان و میزان هزینه‌های مرتبط با آن‌ها در شهرستان کاشان (دوره آماری ۱۳۹۲-۱۳۸۰) منبع: [۱۴]

سال	محصولات خسارت دیده ناشی از وقوع یخبندان	ارزش خسارت (تومان)
۱۳۸۱-۱۳۸۰	جو-گندم-بادام	۳۶,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۱۳۸۲	بدون خسارت	-
۱۳۸۳	گل محمدی-گردو-قیسی-آلوچه	۶۴,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۱۳۸۴	گندم-جو	۳۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۱۳۸۵	بدون خسارت	-
۱۳۸۷-۱۳۸۶	بادام-گردو-گل محمدی-زردآلو-زیتون-انار	۱۴۸,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۱۳۸۸	بادام-قیسی-آلوچه-گل محمدی-گردو	۸,۳۰۱,۱۰۰,۰۰۰
۱۳۸۹	بدون خسارت	-
۱۳۹۰	بدون خسارت	-
۱۳۹۱	بدون خسارت	-
۱۳۹۳-۱۳۹۲	بادام-گردو-بیدمشک-گل محمدی-قیسی-گوجه سبز-زیتون	۵۴,۸۲۶,۲۰۰,۰۰۰

جدول (۵) تاریخ آغاز، خاتمه و طول یخبندان را برای ایستگاه کاشان نشان می‌دهد. مطابق این جدول، زودترین یخبندان در ۱۵ آبان ۱۳۵۷ آغاز و در ۱۶ اسفند خاتمه یافته است. دیرترین یخبندان نیز مصادف با اول دی‌ماه سال ۱۳۶۲ بوده و در ۲۷ اسفندماه آن سال پایان یافته‌است. زودترین خاتمه یخبندان ۲۰ بهمن ۱۳۸۸ و دیرترین خاتمه یخبندان ۲۳ فروردین سال ۱۳۷۶ می‌باشد.

فاصله زمانی بین خاتمه یخبندان در بهار وآغاز یخبندان در پاییز، در آستانه صفر درجه سلسیوس و کمتر را، طول فصل رشد می‌نامند [۱۱]. با توجه به این تعریف می‌توان گفت که در دوره آماری مورد مطالعه سال ۱۳۷۵که دارای بیشترین طول دوره یخبندان است (۱۵۱ روز)، کوتاهترین فصل رشد و سال ۱۳۷۷ با داشتن کمترین طول دوره یخبندان طولانی‌ترین فصل رشد را داشته‌اند. شاخص نسبت یخبندان در جدول (۵)، از نسبت تعداد روزهای یخبندان به طول دوره‌ی یخبندان، محاسبه و شکل (۳) بر اساس این شاخص ترسیم شده است. شکل مذکور نوسان یخبندان را در طول دوره نشان می‌دهد. کمترین مقدار نوسان، مربوط به سال ۱۳۷۷ با ۱۳٪ می‌باشد. یعنی در ۱۳ درصد از دوره‌ی یخبندان، دما معادل یا زیر صفر بوده است. طول دوره‌ی یخبندان ۵۱ روز و تعداد روزهای یخبندان ۷ روز می‌باشد. در این سال کمترین دمای کاشان ۵- درجه سلسیوس بوده و زمستان ملایمی داشته است. بیشینه‌ی نسبت یخبندان مربوط به سال ۱۳۹۲ با ۷۹٪ و سال ۱۳۷۰ با ۷۷٪ می‌باشد. در سال ۱۳۹۲ طول دوره یخبندان، ۶۸ روز و تعداد روز یخبندان، ۵۴ روز و در سال ۱۳۷۰ طول دوره یخبندان، ۸۹ روز و تعداد روزها، ۶۹ روز بوده است. کمترین تعداد روز یخبندان ۷ روز، در سال ۱۳۷۷ و سپس ۱۹ روز در سال ۱۳۸۲ می‌باشد. بیشترین تعداد روز یخبندان ۷۰ روز مربوط به سال ۱۳۵۲ و بعد از آن سال ۱۳۷۰ با ۶۹ روز است. کمترین دمای حداقل، در طول دوره‌ی مورد مطالعه (۱۳۵۰-۱۳۹۲) ۱۷-درجه سلسیوس در ۲۳ دی‌ماه ۱۳۸۶ رخ داد که به طور حتم می‌توان آن سال را سردترین سال دوره به حساب آورد. بعد از سال ۱۳۸۶ کمترین دمای حداقل، با ۱۲-درجه در ماه‌های دی ۱۳۵۱، بهمن ۱۳۵۸ و بهمن ۱۳۷۹ رخ داده است.

روند طول دوره یخبندان، در شکل (۴) آورده شده است. مطابق این نمودار، طول دوره یخبندان، در طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۷۷ کاهش چشمگیری داشته است. اما روند کلی آن، در سطح معناداری ۵٪، معنا دار نمی‌باشد. در آزمون انجام شده، ضریب همبستگی ۰,۱۸-، ضریب تعیین ۰,۰۳۲، عرض‌ازمبدأ ۱۰۰,۳۴، شیب خط ۰,۲۸-، مقدار آماره .sig ۰,۲۵، مقدار آماره t استودنت با درجه آزادی n-1 در سطح ۰,۰۵ برابر با ۱,۴۴، حد بالای شیب خط ۰,۲۰ و حد پایین آن ۰,۷۸- است. برای نشان دادن متوسط طول دوره یخبندان، سری زمانی میانگین دمای شبانه ایستگاه کاشان، در دوره ۴۳ ساله محاسبه و نمودار شکل (۵)، بر اساس آن ترسیم گردید. با توجه به نمودار، به طور میانگین، دوره‌ای که دما به زیرصفر می‌رود، از سوم دی ماه آغاز و تا ۱۸ بهمن ماه ادامه می‌یابد (به مدت ۴۶ روز). در این دوره، دما به طور مستمر زیر صفر و یا نزدیک به صفر است و فرصتی برای شکوفه دادن درختان باغی وجود ندارد. اما ازدهه آخر بهمن‌ماه به بعد، که تداوم یخبندان به پایان می‌رسد، درختان از خواب زمستانه بیدار و وارد مرحله گل‌دهی می‌شوند. البته با توجه به جدول (۵)، گاهی اوقات یخبندان‌های دیررس بهاره در اسفندماه و حتی فروردین‌ماه هم اتفاق می‌افتند. بنابر این می‌توان گفت فراوانی وقوع یخبندان بهاره، در ایستگاه کاشان بسیار کم بوده، اما احتمال رخداد آن وجود دارد. این موضوع در مورد یخبندان‌های زودرس پاییزه نیز صدق می‌کند.

جدول۵- ویژگی‌های یخبندان در دوره آماری مورد مطالعه ایستگاه کاشان

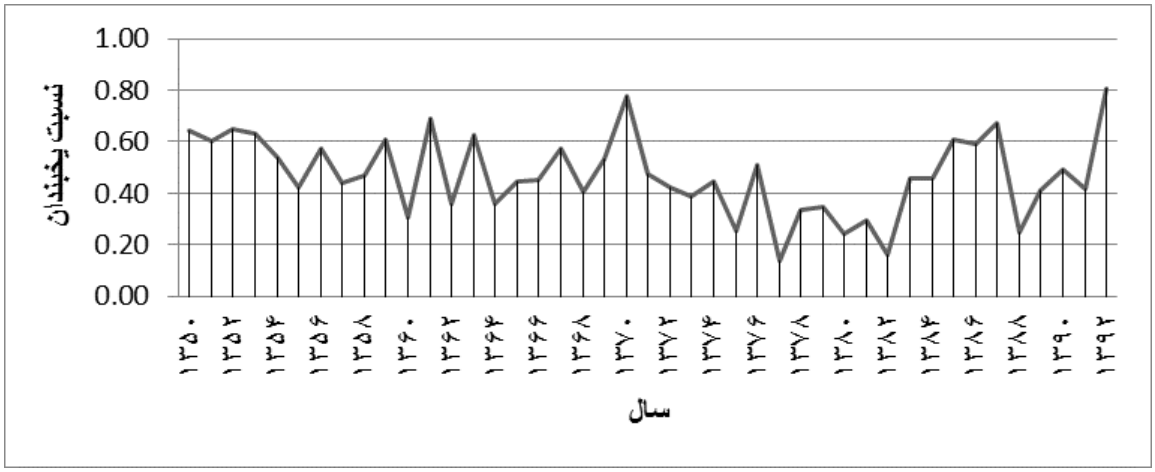
سال	تاریخ شروع	تاریخ خاتمه	طول دوره	تعداد روز یخبندان	نسبت یخبندان
۱۳۵۰	۱۳۵۰/۹/۲۷	۱۳۵۱/۱/۲	۹۵	۶۰	۰/۶۳
۱۳۵۱	۱۳۵۱/۹/۲۵	۱۳۵۱/۱۲/۲۰	۸۶	۵۳	۰/۶۱
۱۳۵۲	۱۳۵۲/۸/۱۶	۱۳۵۲/۱۲/۳	۱۰۸	۷۰	۰/۶۴
۱۳۵۳	۱۳۵۳/۹/۱۳	۱۳۵۳/۱۲/۱۴	۹۲	۵۸	۰/۶۳
۱۳۵۴	۱۳۵۴/۹/۹	۱۳۵۴/۱۲/۲۲	۱۰۴	۶۳	۰/۶۰
۱۳۵۵	۱۳۵۵/۸/۳۰	۱۳۵۵/۱۱/۲۴	۸۵	۳۸	۰/۴۴
۱۳۵۶	۱۳۵۶/۹/۷	۱۳۵۶/۱۲/۷	۹۱	۵۲	۰/۵۷
۱۳۵۷	۱۳۵۷/۸/۱۵	۱۳۵۷/۱۲/۱۶	۱۲۲	۵۵	۰/۴۵
۱۳۵۸	۱۳۵۸/۹/۱	۱۳۵۸/۱۲/۱۵	۱۰۵	۴۹	۰/۴۶

ادامه جدول۵

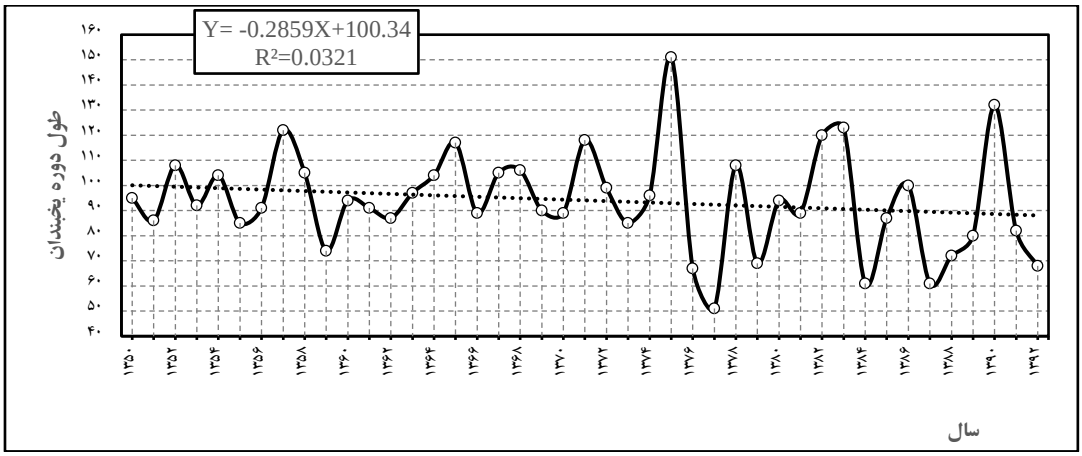
سال	تاریخ شروع	تاریخ خاتمه	طول دوره	تعداد روز یخبندان	نسبت یخبندان
۱۳۵۹	۱۳۵۹/۹/۲۲	۱۳۵۹/۱۲/۵	۷۴	۳۳	۰/۴۴
۱۳۶۰	۱۳۶۰/۹/۶	۱۳۶۰/۱۲/۹	۹۴	۳۲	۰/۳۴
۱۳۶۱	۱۳۶۱/۹/۱۰	۱۳۶۱/۱۲/۱۰	۹۱	۶۲	۰/۶۸
۱۳۶۲	۱۳۶۲/۱۰/۱	۱۳۶۲/۱۲/۲۷	۸۷	۳۱	۰/۳۵
۱۳۶۳	۱۳۶۳/۹/۱۶	۱۳۶۳/۱۲/۲۲	۹۷	۶۱	۰/۶۲
۱۳۶۴	۱۳۶۴/۹/۱۴	۱۳۶۴/۱۲/۲۷	۱۰۴	۳۷	۰/۳۵
۱۳۶۵	۱۳۶۵/۹/۶	۱۳۶۶/۱/۳	۱۱۷	۴۹	۰/۴۱
۱۳۶۶	۱۳۶۶/۹/۱۰	۱۳۶۶/۱۲/۸	۸۹	۴۳	۰/۴۸
۱۳۶۷	۱۳۶۷/۸/۲۴	۱۳۶۷/۱۲/۸	۱۰۵	۶۰	۰/۵۷
۱۳۶۸	۱۳۶۸/۹/۱۵	۱۳۶۹/۱/۱	۱۰۶	۴۲	۰/۳۹
۱۳۶۹	۱۳۶۹/۹/۲۲	۱۳۶۹/۱۲/۲۱	۹۰	۴۹	۰/۵۴
۱۳۷۰	۱۳۷۰/۹/۲۵	۱۳۷۰/۱۲/۲۳	۸۹	۶۹	۰/۷۷
۱۳۷۱	۱۳۷۱/۹/۶	۱۳۷۲/۱/۴	۱۱۸	۵۴	۰/۴۵
۱۳۷۲	۱۳۷۲/۸/۲۴	۱۳۷۲/۱۲/۲	۹۹	۴۲	۰/۴۲
۱۳۷۳	۱۳۷۳/۹/۱۴	۱۳۷۳/۱۲/۸	۸۵	۳۳	۰/۳۸
۱۳۷۴	۱۳۷۴/۹/۶	۱۳۷۴/۱۲/۱۱	۹۶	۴۳	۰/۴۴
۱۳۷۵	۱۳۷۵/۸/۲۳	۱۳۷۶/۱/۲۳	۱۵۱	۳۷	۰/۲۴

ادامه جدول۵

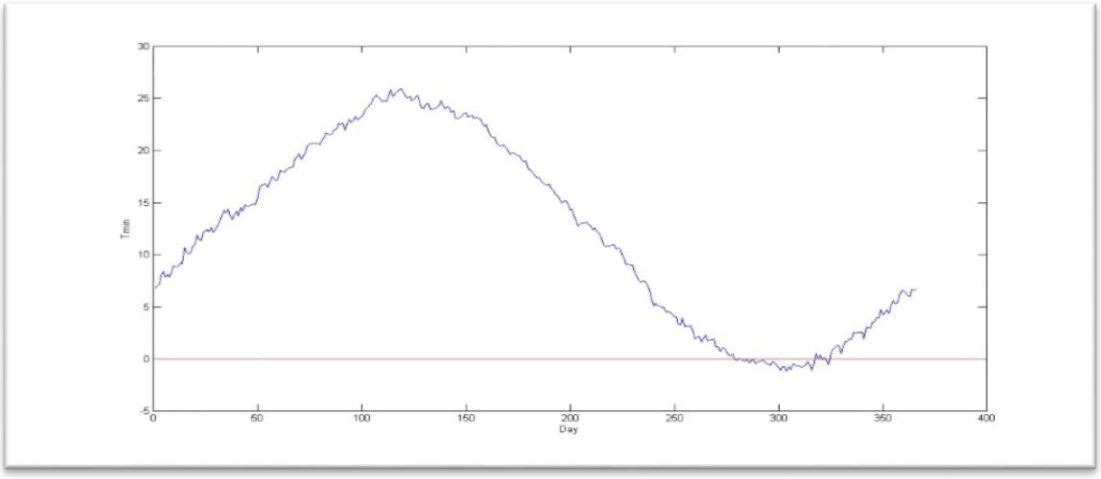
سال	تاریخ شروع	تاریخ خاتمه	طول دوره	تعداد روز یخبندان	نسبت یخبندان
۱۳۷۶	۱۳۷۶/۱۰/۷	۱۳۷۶/۱۲/۱۳	۶۷	۳۵	۰/۵۲
۱۳۷۷	۱۳۷۷/۱۰/۱۳	۱۳۷۷/۱۲/۳	۵۱	۷	۰/۱۳
۱۳۷۸	۱۳۷۸/۹/۹	۱۳۷۸/۱۲/۲۶	۱۰۸	۳۶	۰/۳۳
۱۳۷۹	۱۳۷۹/۹/۲۷	۱۳۷۹/۱۲/۵	۶۹	۲۴	۰/۳۴
۱۳۸۰	۱۳۸۰/۸/۲۹	۱۳۸۰/۱۲/۲	۹۴	۲۳	۰/۲۴
۱۳۸۱	۱۳۸۱/۹/۱۴	۱۳۸۱/۱۲/۱۲	۸۹	۲۶	۰/۲۹
۱۳۸۲	۱۳۸۲/۸/۲۸	۱۳۸۲/۱۲/۲۷	۱۲۰	۱۹	۰/۱۵
۱۳۸۳	۱۳۸۳/۹/۵	۱۳۸۴/۱/۷	۱۲۳	۵۵	۰/۴۴
۱۳۸۴	۱۳۸۴/۱۰/۶	۱۳۸۴/۱۲/۶	۶۱	۲۹	۰/۴۷
۱۳۸۵	۱۳۸۵/۸/۳۰	۱۳۸۵/۱۱/۲۶	۸۷	۵۳	۰/۶۰
۱۳۸۶	۱۳۸۶/۹/۲۹	۱۳۸۶/۱۲/۱۶	۱۰۰	۶۸	۰/۶۸
۱۳۸۷	۱۳۸۷/۹/۱۸	۱۳۸۷/۱۱/۱۸	۶۱	۴۱	۰/۶۷
۱۳۸۸	۱۳۸۸/۹/۹	۱۳۸۸/۱۱/۲۰	۷۲	۱۸	۰/۲۵
۱۳۸۹	۱۳۸۹/۹/۲۶	۱۳۸۹/۱۲/۱۵	۸۰	۳۳	۰/۴۱
۱۳۹۰	۱۳۹۰/۸/۱۹	۱۳۹۱/۱/۱	۱۳۲	۶۴	۰/۴۸
۱۳۹۱	۱۳۹۱/۹/۲۸	۱۳۹۱/۱۲/۱	۸۲	۳۵	۰/۴۲
۱۳۹۲	۱۳۹۲/۹/۲۰	۱۳۹۲/۱۱/۲۷	۶۸	۵۴	۰/۷۹



شکل ۳- نسبت تعداد روز یخبندان به طول دوره مورد مطالعه در ایستگاه کاشان

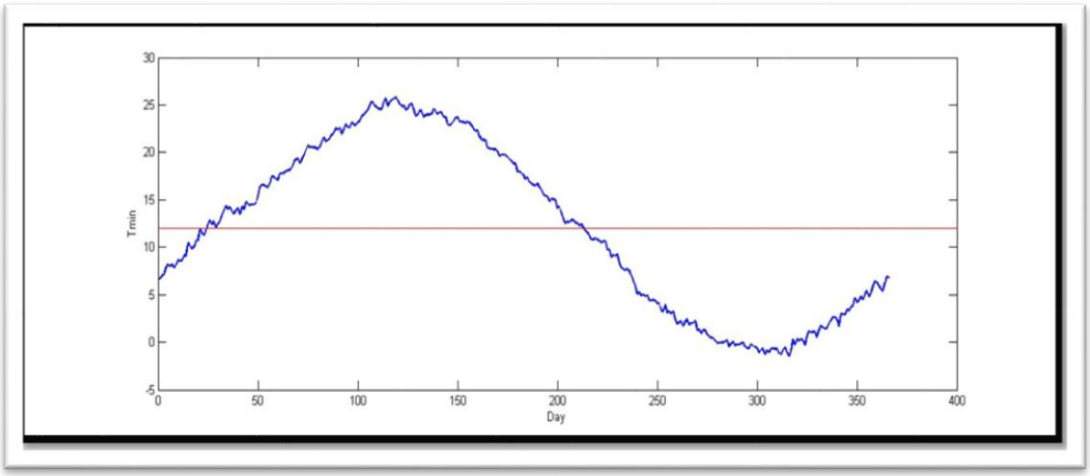


شکل ٤- روند طول دوره یخبندان ایستگاه کاشان



شکل ۵–سری زمانی میانگین روزانه دمای کمیته در طول دوره آماری مورد مطالعه ایستگاه کاشان

بر اساس آمار موجود متوسط دمای شبانه در ایستگاه کاشان ۱۲,۰۸ درجه سلسیوس برآورد شده است که در شکل (۶) با رنگ قرمز نشان داده شده است. با توجه به این دما، می‌توان سال را به دو دوره سرد و گرم تقسیم کرد. بدین ترتیب بازه زمانی که دمای شبانه پایین‌تر از ۱۲ درجه سلسیوس دارد، دوره سرد و دوره‌ای که فراتر از آن باشد دوره گرم نامیده می‌شود. همان طور که در شکل (۶) دیده می‌شود، دوره سرد از ۲۸ مهر آغاز و تا ۲۴ فروردین ادامه می‌یابد. یعنی ۱۷۷ روز به طول می‌انجامد. در واقع یخبندان در این بازه زمانی احتمال وقوع دارد و به طور یقین زودتر از ۲۸ مهرماه و دیرتر از ۲۴ فروردین اتفاق نخواهد افتاد. همچنین طول دوره گرم، طولانی تر از دوره سرد سال است.



شکل٦– میانگین، دوره سرد و دوره گرم سری زمانی میانگین روزانه دمای کمینه ایستگاه کاشان

نتیجه گیری

یکی از مهم‌ترین مخاطرات اقلیمی که در اکثر سال‌ها خسارات زیادی به شهر کاشان وارد می‌کند یخبندان است. مخصوصاً اگر در ابتدا و انتهای فصل سرما به صورت ناگهانی اتفاق بیفتد، برای بخش کشاورزی پر مخاطره‌تر می‌شود. کل تعداد روزهای یخبندان در دوره مورد مطالعه ۱,۸۹۵ روز و متوسط تعداد روزهای یخبندان سالانه حدود ۴۴ روز است. حداقل مطلق دمایی که تاکنون در این ایستگاه حادث شده ۱۷–درجه سلسیوس می‌باشد، که در سال ۱۳۸۶ اتفاق افتاد و خسارات هنگفتی به بخش کشاورزی شهرستان کاشان وارد کرد. تعداد روزهای یخبندان و فراوانی دمای ۱–درجه سلسیوس، روند کاهشی

دارند. در نتیجه می‌توان گفت که این مخاطره اقلیمی، در حال کمرنگ‌تر شدن است، اما احتمال وقوعش هیچ‌گاه به صفر نمی‌رسد. اغلب دماهای انجماد رخ داده در ایستگاه کاشان در حدی بوده‌اند که بیشتر به گیاهان حساس، سبزیجات و شکوفه‌های درختان آسیب رسانده‌اند. با این وجود یخبندان‌های شدید نیز که خسارات هنگفتی به بار آورده‌اند، با فراوانی کمتر اتفاق افتاده است. سال ۱۳۸۶را می‌توان سردترین سال و سال ۱۳۷۷ را گرم‌ترین سال به حساب آورد. به‌طور متوسط یخبندان در کاشان در دویست و هفتاد و نهمین روز سال، معادل سوم دی‌ماه آغاز و در سیصد و بیست و چهارمین روز سال، یعنی ۱۸ بهمن ماه به پایان می‌رسد. بنابر این میانگین دوره یخبندان، ۴۶ روز می‌باشد، که این نتایج توسط نقشه‌های پهنه‌بندی میانگین وقوع اولین و آخرین روز یخبندان در ایران، که به وسیله محمودی و همکاران ترسیم شده است؛ تأیید می‌شود. با توجه به متوسط دمای شبانه ایستگاه کاشان (۱۲,۰۸ درجه سلسیوس)، بازه زمانی احتمال وقوع یخبندان به طور یقین زودتر از ۲۸ مهرماه و دیرتر از ۲۴ فروردین نخواهد بود. سال ۱۳۷۵ که دارای بیشترین طول دوره یخبندان است (۱۵۱ روز) کوتاهترین فصل رشد و سال ۱۳۷۷ با کمترین طول دوره یخبندان، طولانی‌ترین فصل رشد را داشته‌اند. در کل می‌توان گفت دست‌آورد پژوهش حاضر به صورت تقریبی با نتایج سایر پژوهش‌ها در ایران و جهان مطابقت دارد. به طوری که در اکثر پژوهش‌های صورت گرفته، همچون نتایج پژوهش انجام شده توسط مسعودیان و دارند، محمدی و همکاران، روند تعداد روزهای یخبندان در مناطق پست و هموار مرکزی ایران، یا فاقد روند معنادار هستند و یا روند معنادار کاهشی دارند و طول فصل رشد در حال افزایش است. در پایان با توجه به نتایج به دست آمده، پیشنهاد می‌شود که کشاورزان در شهر کاشان در محدوده زمانی ۲۸ مهرماه تا ۲۴ فروردین ماه که احتمال وقوع یخبندان وجود دارد همواره هوشیار باشند و به توصیه‌های سازمان هواشناسی توجه کنند. در مورد میوه‌هایی مانند: بادام، زردآلو و هلو (مجموعاً ۸۴۲ هکتار از اراضی باغی شهر کاشان) که دارای نیاز سرمایی اندکی هستند و در این منطقه تقریباً از اواخر بهمن تا اوایل اسفند، شروع به جوانه زنی و گل دهی می‌کنند؛ توصیه می‌شود که از ارقام دیرگل استفاده شود. در مورد گل محمدی (۱,۸۵۰ هکتار سطح زیر کشت) که در هنگام تشکیل جوانه گل یا رشد رویش اولیه، به یخبندان بسیار حساس است، باید هرس خیلی زود انجام شود. چرا که فقط قسمت‌های بالغ گیاه به سرما و یخبندان مقاوم است. با توجه به این که اغلب یخبندان‌های کاشان از نوع زمستانه می‌باشد، در مورد محصولاتی مانند درختان همیشه سبز (نظیر مرکبات و زیتون که به تنهایی ۲۵۰ هکتار سطح زیر کشت دارند)، باید از ارقام مقاوم به سرما بیشتر استفاده شود. در مجموع کشاورزان جهت مقابله با یخبندان می‌توانند از روش‌هایی مانند انتخاب گونه و رقم مناسب، مدیریت آبیاری و تغذیه، استفاده از بخاری، استفاده از ماشین‌های مولد باد و حفاظت توسط انواع پوشش را بهره ببرند.

منابع

۱- اسماعیلی رضا، حبیبی نوخندان مجید، فلاح قالهری غلامعباس؛ ارزیابی تغییرات طول دوره رشد و یخبندان ناشی از نوسانات اقلیمی مطالعه موردی خراسان؛ پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۳، ص ۸۲-۶۹ (۱۳۸۹).

۲- اقتداری مهرنوش، موسوی سید محمد، کمالی غلامعلی، علیزاده امین؛ بررسی و تعیین نوع یخبندان در استان خراسان رضوی؛ پژوهش کشاورزی آب، خاک و گیاه در کشاورزی، شماره ۴، ص ۱۵۱-۱۴۱ (۱۳۸۶).

۳- باعقیده محمد، میراحمدی ابوالقاسم، ارجی عیسی، خواجوی جمال؛ بررسی پدیده یخبندان و ارتباط آن با عملکرد محصول گردو و بادام استان کرمانشاه؛ مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شماره ۱۴، ص ۶۹-۵۱ (۱۳۹۲).

۴- ساری صراف بهروز، حاجی میرزایی بهرام، ملکیان اشرف؛ بررسی رابطه زمان وقوع یخبندان‌های سالانه در کاهش طول دوره رشد محصولات کشاورزی اردبیل؛ نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، شماره ۳۱، ص ۲۰۸-۱۸۷ (۱۳۸۹).

۵- عزیزی قاسم، حنفی علی، سلطانی محسن، آقاجانی موسی؛ تحلیل سینوپتیک یخبندان شدید، دیرهنگام و فراگیر فروردین ماه ۱۳۸۸؛ مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ۴۱، ص ۱۴-۱ (۱۳۹۰).

۶- عساکره حسین؛ احتمال تداوم و تواتر یخبندان‌های زودرس و دیررس در شهر زنجان؛ مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ۳۷، ص ۱۶-۱ (۱۳۸۹).

۷- فرج زاده منوچهر؛ تکنیک‌های اقلیم شناسی؛ چاپ سوم، انتشارات سمت، تهران، ص ۲۹۲ (۱۳۸۹).

۸- کمالی غلامعلی؛ سرماهای زیان‌بخش به کشاورزی ایران در قالب معیارهای احتمالاتی مطالعه موردی تهران؛ فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۴-۶۳، ص– ۱۴۹ (۱۳۸۱).

۹- محمدی حسین، عزیزی قاسم، خوش اخلاق فرامرز، رنجبر فیروز؛ روند روزهای یخبندان در ایران (۲۰۱۲-۱۹۸۲)؛ فصلنامه علمی-پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران، شماره ۴۶، ص ۱۳۶-۱۱۹ (۱۳۹۴).

۱۰- محمودی پیمان، خسروی محمود، مسعودیان ابوالفضل، علیجانی بهلول؛ اطلس اقلیم‌شناسی ویژگی‌های آماری یخبندان‌های ایران؛ فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۱۱، ص ۶۶–۵۵ (۱۳۹۲).

۱۱- مسعودیان ابوالفضل و دارند محمد؛ بررسی روند تعداد روزهای یخبندان ایران؛ مجله جغرافیا و توسعه، شماره۳۹، ص ۶۰-۴۹ (۱۳۹۴).

۱۲- منتظری مجید؛ تحلیل آماری یخبندان‌های کشاورزی در شهرستان نجف آباد؛ فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی؛ شماره ۴، ص ۳۸ – ۲۷ (۱۳۸۹).

۱۳- میرموسوی سید حسین و حسین بابایی مصطفی؛ مطالعه توزیع زمانی-مکانی احتمال وقوع یخبندان در استان زنجان؛ مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره۴۳، ص۱۸۴-۱۶۷ (۱۳۹۰).

۱۴- گزارش‌های سازمان حوادث و سوانح غیرمترقبه کشور (۱۳۹۲).

15- Dashkhuu, D. pilkim, J. chun, J. Lee, W. long-term trends in daily temperature extremes over Mongolia, weather and climate Extremes, 8, 26-33 (2015).

16- Kathleen A. Miller and Downton, M.W. The freeze risk to Florida citrus. Part II: Temperature variability and circulation patterns. Journal of Climate, 6, 364-372 (1993).

17- Insaf, TZ. Lin, s, Sheridan, s.c. climate trend in indices for temperature and precipitation across New York State, 1900-2008, Air QualAtmosHealth, 1 (2012).

18- Kotikot, S.M. and Onywere, S.M. Application of GIS and remote sensing techniques in frost risk mapping for mitigating agricultural losses in the Aberdare ecosystem, Kenya. Geocarto International, 30 (1), 104-121 (2015).

19- Ladinig, U; Hacker, J; Neuner, G; Wagner, J. How endangered is sexual reproduction of high-mountain plants by summer frosts? Frost resistance, frequency of frost events and risk assessment, Oecologia, 171 (3), 743-760 (2013).

20- Luisa, E, Frost forecast (prevention and/or monitoring) state of the art examples different methods used worldwide, Comision Nacional De Actividades Espaciales.Vol 50 (2014).

21- Sakai, Akira, and Walter Larcher. Frost survival of plants. Responses and adaptation to freezing stress. Springer-Verlag (1987).

22- Shroyer, J P, Merrel E. Mikesell, and Gary M. Paulsen. Spring freeze injury to Kansas wheat. Cooperative Extension Service, Kansas State University, 41 (1995).

23- Snyder, Richard L., and Abreu-Melo.J. Paulo. Frost protection: fundamentals, practice and economics. Volume 1. FAO, 219 (2005).

24- Watkins, Ch. the annual period of freezing temperatures in central England: 1850–1989. International journal of climatology, 11 (8), 889-896 (1991).

25- White, G.F. & Haas, J.E Assessment of Research on Natural Hazards the Massachusetts Institute of Technology Press, Cambridge, Massachusetts (1975).

26- Zahraniček, P. Türkott, L. Štěpánek, P. Soukup, J. Zahraniček, P. Türkott, L. Štěpánek, P. Soukup, J. Risk occurrences of damaging frosts during the growing season of vegetables in the Elbe River lowland, the Czech Republic, Natural Hazards, 71,1-19 (2014).