

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۵/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۶/۳۰

تحلیل آماری یخبندان‌های کشاورزی در شهرستان نجف آباد

دکتر مجید منتظری

چکیده

بمنظور بررسی و تحلیل آماری پدیده یخبندان در نجف‌آباد، داده‌های دمای شبانه از ۱۹۶۱/۱/۱ تا ۲۰۰۴/۱۲/۳۱ معادل ۱۶۰۷۱ روز، مربوط به ایستگاه نجف‌آباد از پایگاه داده سازمان هواشناسی کشور استخراج و پس از بازسازی آماری و تبدیل تقویم میلادی به شمسی، داده‌های دمای شبانه در ماتریسی به ابعاد ۴۳*۳۶۵ آرایش داده شد. سپس از روی این ماتریس، تعداد روزهای یخبندان هر سال محاسبه و پس از اطمینان از استقلال داده‌ها و نرمال بودن توزیع آن، با اعمال رگرسیون خطی به روش آزمون بتا و روش ناپارامتری مان-کنندال، روند معناداری در تعداد روزهای یخبندان سالانه مشاهده نگردید. بررسی‌ها نشان داد هرچند تعداد روزهای یخبندان کاهش نیافته، اما وقوع یخبندانهای شدید رو به کاهش بوده و از سوی دیگر فراوانی وقوع دماهای صفر درجه بشدت رو به افزایش است. طول دوره یخبندان در نجف‌آباد حدود چهار ماه است که اواخر آبان آغاز و تا اواخر اسفند بطول می‌انجامد. یخبندان در نجف‌آباد زودتر از اواخر مهرماه آغاز نمی‌شود و از اواخر فروردین نیز فراتر نمی‌رود. بررسی‌ها نشان داد طول دوره یخبندان بر مبنای آستانه صفر درجه، روند معناداری نداشته است.

کلمات کلیدی: یخبندان کشاورزی، دمای شبانه، تحلیل

روند، آزمون بتا، آزمون مان - کندال

۱- مقدمه

یکی از مهمترین بلاهای طبیعی که منشاء اقلیمی داشته و اغلب محصولات کشاورزی بویژه محصولات باغی را تهدید می‌کند، خطر سرمازدگی و یخبندانهای زودرس پاییزه و دیررس بهاره است. از اینرو محافظت گیاهان در مقابل تنش سرمایی یکی از موضوعات مهم و قابل بحث در کشاورزی و بویژه تولید میوه و محصولات با ارزش باغی است. محققان متعددی در مناطق مختلف جهان و ایران سعی نموده‌اند که این پدیده را ریشه یابی نموده و از نظر آماری و هم‌دیدگی احتمال وقوع آنرا پیش بینی نمایند. به همین جهت اکثر این پژوهش‌ها در دو رویکرد آماری و هم‌دیدگی به انجام رسیده است.

در زمینه یخبندان پژوهش‌های متعددی توسط اقلیم‌شناسان انجام شده است. کوتر و لیداک^۱ (۱۹۹۵) به بررسی روند تاریخ وقوع یخبندان در شمال شرق ایالات متحده پرداخته و نشان دادند که طول دوره بدون یخبندان افزایش یافته است. دی گتانو^۲ (۱۹۹۶)، روند دماهای روزانه فرین را مورد تحلیل قرار داده و افزایش آستانه‌های دمایی را در شمال شرق ایالات متحده گزارش نموده است. بن سل و همکاران^۳ (۲۰۰۱) ویژگی‌های دماهای فرین روزانه در کانادا را تحلیل نمودند و گزارش دادند تعداد روزهای یخبندان در کانادا کاهش یافته

۲- مواد و روش‌ها

جهت ارزیابی وضعیت یخبندان در شهرستان، داده‌های روزانه دمای خشک ساعت ۰۳ گرینویچ که در این پژوهش دمای شبانه نامیده می‌شود، از ۱۹۶۱/۱/۱ تا ۲۰۰۴/۱۲/۳۱ برابر با ۱۳۳۹/۱۰/۱۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ معادل ۱۶۰۷۱ روز، مربوط به ایستگاه نجف‌آباد را که تنها ایستگاه اقلیمی با دوره آماری بلند مدت در شهرستان است، استخراج گردید. سپس نواقص آماری موجود به روش همبستگی و به کمک داده‌های ایستگاه اصفهان بازسازی گردید. در مرحله بعد داده‌ها را به تقویم شمسی تبدیل و داده‌های مربوط به اول مهر ۱۳۴۰ تا سی و یکم شهریور ۱۳۸۳ بکار گرفته شد. جهت ارزیابی وضعیت یخبندان، داده‌های دمای شبانه، از اول مهرماه تا سی و یکم شهریور سال بعد در ۴۳ ستون تنظیم گردید. بطوریکه ماتریسی به ابعاد $۴۳ * ۳۶۵$ بدست آمد. ماتریس حاصل را در محیط نرم‌افزار مت‌لب وارد و به کمک روابط منطقی این نرم افزار، تعداد روزهایی که دمای مساوی یا کمتر از صفر داشتند، محاسبه و استخراج گردید. بدین ترتیب تعداد روزهای یخبندان و فراوانی آن برای درجه حرارت‌های مختلف زیر صفر، برای هر سال بدست آمد. برای ارزیابی صحت داده‌ها، آزمون استقلال بر روی داده‌ها اعمال شد و تصادفی بودن داده‌ها محرز گردید. به کمک روش کلموگروف اسمیرونوف نرمال بودن توزیع داده‌ها نیز مورد تأیید قرار گرفت. در نهایت برای تحلیل روند نیز از روش پارامتری رگرسیون خطی (آزمون بتا) و همچنین روش ناپارامتری مان-کندال بهره گرفته شد. در روش مان کندال اصلاح شده، ابتدا داده‌ها بر حسب وقوع شان مرتب و سپس رتبه‌بندی می‌گردد. در مرحله بعد آماره P و N که به ترتیب عبارت از مجموع مقادیر بالاتر و مجموع مقادیر پایین‌تر از هر جمله در سری است، محاسبه می‌شود. آماره آزمون S از طریق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$S = \sum (P - N) \quad \text{رابطه (۱)}$$

پراش آزمون نیز بشرح زیر است:

$$\text{Var} = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad \text{رابطه (۲)}$$

است. استرلینگ^۴ (۲۰۰۲) به بررسی تغییرات اخیر روزهای یخبندان و دوره بدون یخبندان در ایالات متحده پرداخته و نشان داد که در دوره ۱۹۴۸-۱۹۹۹ تعداد روزهای یخبندان کاهش و طول دوره بدون یخبندان افزایش یافته است. در داخل کشور نیز مطالعات متعددی صورت گرفته که برخی از آنها عبارتند از: کمالی (۱۳۷۸)، نفوذ هوای سرد قطبی و خسارات وارده به محصولات کشاورزی شمال خراسان در دهه دوم اریبشت را مورد بررسی قرار داد. براتی (۱۳۷۸) رابطه سیستمی پرفشارهای جنب حاره و یخبندانهای بهاره ایران را بررسی نمود. خلجی (۱۳۸۰) سرماهای دیررس بهاره و یخبندانهای زودرس پاییزه برای برخی از گیاهان زراعی و باغی استان چهارمحال و بختیاری را پیش‌بینی کرد. بهیار و پرنده (۱۳۸۲)، پدیده یخبندان را در استان چهارمحال و بختیاری بررسی و وقوع آنرا از لحاظ آماری پیش‌بینی نمودند. عزیزی (۱۳۸۳) از دیدگاه همدیدی یخبندانهای فراگیر بهاری در نیمه غرب ایران را تحلیل نمود. کمالی و نوخندان (۱۳۸۴) توزیع مکانی و زمانی یخبندان و نقش آن در حمل و نقل جاده‌ای در ایران را مورد بررسی و تحلیل قرار دادند. نوحی و همکاران (۱۳۸۶) تاریخ‌های آغاز و خاتمه یخبندانهای تابشی و فرارفتی در استان‌های آذربایجان غربی و شرقی را بررسی نمودند. هژبرپور و علیجانی (۱۳۸۶) یخبندانهای استان اردبیل را از دیدگاه همدیدی مورد بررسی و تحلیل قرار دادند. خسروی و همکاران (۱۳۸۷) پهنه‌بندی اثر خطر سرمازدگی دیررس بر روی باغات شهرستان مه ولات خراسان رضوی را به انجام رساندند. علیجانی و هوشیار (۱۳۸۷)، الگوهای همدیدی سرماهای شدید شمال غرب ایران را مطالعه کردند. غضنفری مقدم و همکاران (۱۳۸۷) یک مدل ترمودینامیکی برای پیش‌بینی دمای حداقل ناشی از تجمع هوای سرد در مناطق کوهستانی ارائه نمودند. و نهایتاً فتاحی و صالحی پاک (۱۳۸۸) یخبندانهای زمستانه ایران را از دیدگاه همدیدی مورد تحلیل قرار دادند. این پژوهش نیز با هدف تحلیل و بررسی آماری پدیده یخبندان در نجف‌آباد به انجام رسیده است.

منفی بودن روند کاهشی و مختلف علامه بودن عدم وجود روند را نشان می‌دهد.

۳- بحث

شهرستان نجف‌آباد بین عرض ۳۲/۵ تا ۳۳/۳ شمالی و طول ۵۰/۶ تا ۵۱/۵ درجه شرقی، با مساحتی بالغ بر ۲۳۴۳/۳۲ کیلومتر مربع در غرب اصفهان واقع است (شکل ۱). مهمترین محصول کشاورزی این شهرستان بادام بوده و انواع مختلفی از واریته‌های این گونه گیاهی کشت می‌شود. سطح زیر کشت این محصول در شهرستان بالغ بر ۱۴۵۰ هکتار است.

یکی از تهدیدهای جدی این محصول، سرمازدگی و یخبندانهای دیررس بهاره است که هر ساله خسارتهای قابل توجهی را به کشاورزان، سازمانهای بیمه و اقتصاد منطقه وارد می‌آورد. از آنجا که یخبندانهای کشاورزی اغلب از نوع تشعشعی است، لذا می‌توان زمان وقوع آنرا پیش بینی نمود و با پیش آگاهی به کشاورزان و باغداران، میزان خسارات وارده را کاهش داد.

اگر $n > 10$ باشد، آماره آزمون استاندارد شده Z به شرح زیر می‌باشد:

$$\text{رابطه (۳)} \quad S > 0 \rightarrow Z = \frac{(S-1)}{\sqrt{\text{Var}}}$$

$$\text{رابطه (۴)} \quad S < 0 \rightarrow Z = \frac{(S+1)}{\sqrt{\text{Var}}}$$

$$\text{رابطه (۵)} \quad S = 0 \rightarrow Z = 0$$

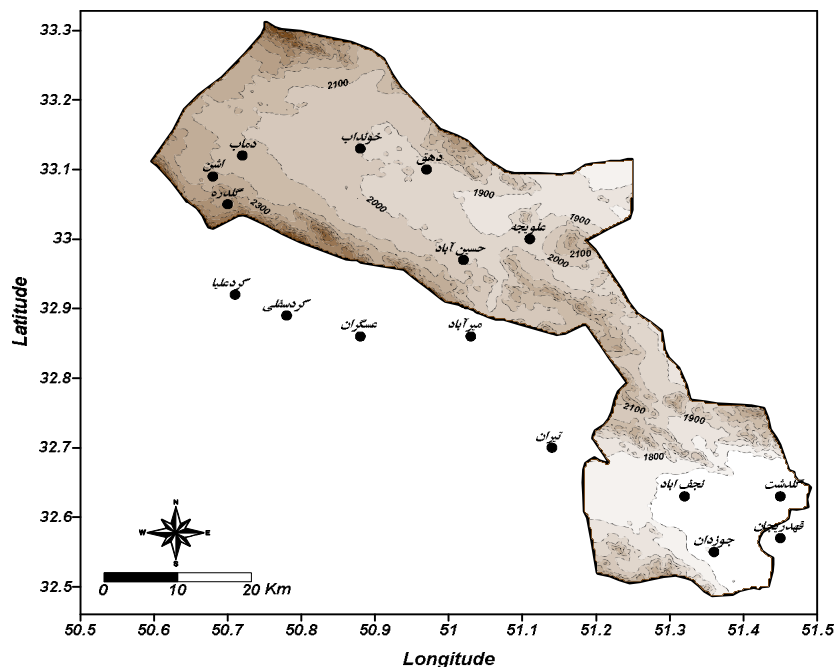
در آزمون روند رگرسیون خطی (آزمون β) متغیر وابسته تابعی از زمان است. در این رابطه x متغیر وابسته، α و β به ترتیب عرض از مبدأ و شیب خط رگرسیون است.

$$\text{رابطه (۶)} \quad x = \alpha + \beta \text{Time}$$

در این روش معنادار بودن شیب خط به کمک آزمون دو طرفه t استیودنت در سطح ۰/۰۵ بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$\text{رابطه (۷)} \quad \hat{\beta} \pm t_{0.05} \frac{S}{\sqrt{SSx}}$$

تصمیم‌گیری در مورد وجود یا عدم وجود روند بر مبنای حد بالا و پایین $\hat{\beta}$ صورت می‌گیرد. مثبت بودن روند افزایشی،



شکل (۱): موقعیت شهرستان نجف‌آباد

برآورد گردید. حد بالا و پایین β به ترتیب ۰/۲۱۱ و ۰/۶۲۱- است، که عدم وجود روند در سری زمانی تعداد روزهای یخبندان سالانه ایستگاه نجف آباد را می توان نتیجه گرفت. در آزمون ناپارامتری مان-کندال، مجموع مقادیر بالاتر از هر جمله در سری ۴۰۷ و مجموع مقادیر پایین تر از هر جمله در سری ۴۷۶، مقدار S آزمون ۶۹-، پراش آزمون ۹۱۳۰/۳۳ و در نهایت مقدار Z آزمون ۰/۷۱- محاسبه گردید. بر این اساس اگر آماره Z آزمون، بزرگتر از ۱/۶۴ باشد، روند مثبت و اگر کوچکتر از ۱/۶۴- باشد، روند منفی و در صورتیکه بین ۱/۶۴- و ۱/۶۴ باشد، در سطح ۰/۰۵ بدون روند تلقی می شود. از اینرو آزمون مان-کندال نیز روند معناداری را در سری زمانی تعداد روزهای یخبندان سالانه نشان نمی دهد.

انجام بررسی های آماری بر روی تعداد روزهای یخبندان در نجف آباد نشان داد که کل تعداد روزهای یخبندان در دوره مورد مطالعه ۳۲۰۴ روز و متوسط تعداد روزهای یخبندان سالانه حدود ۷۵ روز است. کمینه تعداد روز یخبندان ۲۱ روز که در سال ۱۳۴۴ حادث شده است. بیشینه تعداد روز یخبندان ۱۰۸ روز مربوط به سال ۱۳۴۵ و سپس ۱۰۳ روز در سال ۱۳۶۱ می باشد. حداقل مطلق دما ۱۸/۵- درجه که در سال ۱۳۴۷ رخ داده است (جدول ۱).

آزمون روند رگرسیون خطی بر روی سری زمانی تعداد روزهای یخبندان سالانه اعمال گردید. بر مبنای این آزمون عرض از مبدأ ۷۹/۰۱۳، شیب خط ۰/۲۰۵-، مقدار آماره t استودنت با درجه آزادی n-2 در سطح ۰/۰۵ برابر با ۲/۰۲، خطای استاندارد برآورد ۰/۲۰۶ و مقدار β معادل ۰/۴۱۶.

جدول (۱): تعداد روزهای یخبندان و شدت یخبندان در درجات مختلف زیر صفر درجه سانتی گراد

	-۱۸	-۱۷	-۱۶	-۱۵	-۱۴	-۱۳	-۱۲	-۱۱	-۱۰	-۹	-۸	-۷	-۶	-۵	-۴	-۳	-۲	-۱	۰		
۱۳۳۰	۱	۲	۳	۶	۹	۳۲	۵۰	۶۳	۷۱	۷۶	۱۳۳۰	
۱۳۳۱	۱۱	۱۷	۲۸	۳۳	۵۵	۶۳	۱۳۳۱
۱۳۳۲	.	.	۲	۴	۵	۹	۱۵	۲۰	۲۳	۲۷	۲۹	۳۳	۳۳	۵۵	۶۳	۶۹	۷۷	۷۹	۸۱	۱۳۳۲	
۱۳۳۳	۳	۸	۱۷	۲۰	۲۳	۲۹	۳۶	۵۳	۶۱	۶۶	۷۲	۷۶	۸۵	۹۲	۱۳۳۳	
۱۳۳۴	۱	۲	۸	۱۱	۱۸	۲۱	۱۳۳۴
۱۳۳۵	۱	۱	۲	۶	۱۲	۲۰	۳۳	۵۳	۸۰	۹۸	۱۰۸	۱۳۳۵	
۱۳۳۶	۱	۳	۱۲	۱۷	۲۸	۳۳	۳۶	۶۰	۶۷	۷۶	۸۲	۹۲	۹۲	۱۳۳۶	
۱۳۳۷	۱	۲	۲	۳	۳	۳	۶	۶	۶	۶	۹	۱۱	۱۷	۱۹	۲۵	۲۹	۳۸	۴۷	۵۳	۱۳۳۷	
۱۳۳۸	۲	۳	۶	۱۲	۲۳	۳۷	۵۲	۷۳	۸۱	۱۳۳۸	
۱۳۳۹	۱	۴	۸	۱۱	۱۳	۲۲	۳۱	۴۲	۵۲	۶۷	۸۱	۱۳۳۹	
۱۳۴۰	۱۳۴۰
۱۳۴۱	۱۳۴۱
۱۳۴۲	۱۳۴۲
۱۳۴۳	۱۳۴۳
۱۳۴۴	۱۳۴۴
۱۳۴۵	۱۳۴۵
۱۳۴۶	۱۳۴۶
۱۳۴۷	۱۳۴۷
۱۳۴۸	۱۳۴۸
۱۳۴۹	۱۳۴۹
۱۳۵۰	۱۳۵۰
۱۳۵۱	۱۳۵۱
۱۳۵۲	۱۳۵۲
۱۳۵۳	۱۳۵۳
۱۳۵۴	۱۳۵۴
۱۳۵۵	۱۳۵۵
۱۳۵۶	۱۳۵۶
۱۳۵۷	۱۳۵۷
۱۳۵۸	۱۳۵۸
۱۳۵۹	۱۳۵۹
۱۳۶۰	۱۳۶۰
۱۳۶۱	۱۳۶۱
۱۳۶۲	۱۳۶۲
۱۳۶۳	۱۳۶۳
۱۳۶۴	۱۳۶۴
۱۳۶۵	۱۳۶۵
۱۳۶۶	۱۳۶۶
۱۳۶۷	۱۳۶۷
۱۳۶۸	۱۳۶۸
۱۳۶۹	۱۳۶۹
۱۳۷۰	۱۳۷۰
۱۳۷۱	۱۳۷۱
۱۳۷۲	۱۳۷۲
۱۳۷۳	۱۳۷۳
۱۳۷۴	۱۳۷۴
۱۳۷۵	۱۳۷۵
۱۳۷۶	۱۳۷۶
۱۳۷۷	۱۳۷۷
۱۳۷۸	۱۳۷۸
۱۳۷۹	۱۳۷۹
۱۳۸۰	۱۳۸۰
۱۳۸۱	۱۳۸۱
۱۳۸۲	۱۳۸۲
مجموع	۱	۳	۷	۱۱	۲۰	۳۵	۶۲	۸۴	۱۱۸	۱۷۳	۲۸۸	۴۰۵	۵۷۶	۸۳۳	۱۱۹۸	۱۶۶۵	۲۲۳۳	۲۷۲۶	۳۳۰۳	۳۳۰۳	مجموع
میانگین	۰/۰۲۳	۰/۰۹۳	۰/۱۶۳	۰/۲۵۶	۰/۳۶۵	۰/۸۱۳	۱/۳۳۲	۱/۹۵۳	۲/۳۳۴	۴/۰۴۷	۶/۶۹۸	۹/۳۱۹	۱۳/۳	۱۹/۳	۲۷/۸۶	۳۸/۷۲	۵۱/۳۳	۶۳/۳	۷۳/۵۱	۷۳/۵۱	میانگین

نشان می‌دهد. بعبارت دیگر می‌توان نتیجه گرفت که در منطقه مورد مطالعه یخبندانهای شدید رو به کاهش است. جهت بررسی فراوانی وقوع دماهای زیر صفر در هر طبقه دمایی، به کمک نرم افزار مت لب، فراوانی هر طبقه دمایی در هر سال محاسبه و سپس آزمون روند β بر روی سری زمانی دماهای صفر تا ۵- اعمال شد. نتایج این آزمون در جدول (۲) آورده شده است. اطلاعات این جدول نشان می‌دهد که فراوانی وقوع دماهای صفر درجه بشدت رو به افزایش است به دیگر سخن در سالهای اخیر زمستان را در حد دماهای صفر درجه تجربه می‌کنیم در حالیکه فراوانی وقوع دمای ۴- درجه روند کاهشی را نشان می‌دهد. بعبارت دیگر از شدت سرماهای زمستانی کاسته شده و فراوانی زمستانهای بسیار سرد رو به نقصان گذاشته است (جدول ۲).

برای آشکار شدن روند شدت یخبندان، ابتدا فراوانی آن محاسبه و در جدول ۱ آورده شد. در مرحله بعد آزمون روند رگرسیون خطی بر روی سری زمانی روزهای با دمای کمتر از ۱- تا ۵- اعمال گردید. نتایج نشان داد هرچند در دمای صفر درجه کاهش معناداری مشاهده نمی‌گردد، لیکن وقوع دماهای پایین‌تر از صفر روند کاهشی معناداری را نشان می‌دهد. بالاترین کاهش مربوط به دمای ۴- درجه است. در این آزمون ضریب همبستگی ۰/۴۸۳، عرض از مبدأ ۴۱/۶۷۸، شیب خط ۰/۶۲۸-، خطای استاندارد برآورد ۰/۱۷۸، مقدار آماره t استودنت با درجه آزادی $n-2$ در سطح ۰/۰۵ برابر با ۲/۰۲ و مقدار β معادل ۰/۳۵۹ محاسبه شد. حد بالا و پایین β به ترتیب ۰/۲۶۹- و ۰/۹۸۷- است، که وجود روند کاهشی را

جدول (۲): نتایج آزمون β برای فراوانی وقوع دمای شبانه در درجه حرارت های مختلف

تعداد روز یخبندان	ضریب همبستگی	عرض از مبدأ	شیب خط	خطای استاندارد برآورد	آماره t در سطح ۰/۰۵	β	حد بالا	حد پایین
دمای صفر	۰/۷۱۱	۵/۰۴۷	۰/۲۷۶	۰/۰۴۳	۲/۰۲	۰/۰۸۶	۰/۳۶۲	۰/۱۹
دمای ۱-	۰/۱۹۳	۹/۹۵۳	۰/۰۶۹	۰/۰۵۵	۲/۰۲	۰/۱۱۱	۰/۱۷۹	-۰/۰۴۱
دمای ۲-	۰/۲۳۱	۱۱/۰۱۳	۰/۱	۰/۰۶۶	۲/۰۲	۰/۱۳۳	۰/۲۳۳	-۰/۰۳۳
دمای ۳-	-۰/۰۵۶	۱۱/۳۲۲	-۰/۰۲۱	۰/۰۵۸	۲/۰۲	۰/۱۱۷	۰/۰۹۶	-۰/۱۳۸
دمای ۴-	-۰/۳۶۵	۱۱/۵۹۱	-۰/۱۴۲	۰/۰۵۷	۲/۰۲	۰/۱۱۵	-۰/۰۲۸	-۰/۲۵۶
دمای ۵-	-۰/۰۳۸	۶/۲۳۳	-۰/۰۱۱	۰/۰۴۳	۲/۰۲	۰/۰۸۶	۰/۰۷۷	-۰/۰۹۸

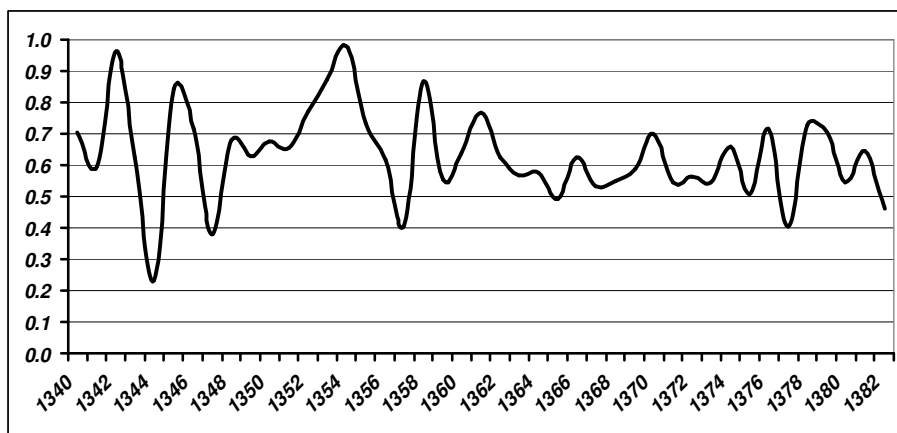
زودترین یخبندان در ۲۹ مهر آغاز و در ۲۱ اسفند خاتمه یافته و ۱۴۳ روز طول کشیده است. دیرترین یخبندان در ۱۹ آذر شروع و در ۱۳ فروردین پایان یافته و ۱۱۴ روز به طول انجامیده است. زودترین خاتمه یخبندان ۲۱ بهمن بوده که ۸۴ روز طول کشیده و از ۲۸ آبان شروع شده است. دیرترین خاتمه یخبندان ۲۵ فروردین بوده که ۱۴۳ روز طول داشته و از ۲ آذر آغاز گردیده است. بیشترین طول دوره یخبندان مربوط به سال ۱۳۷۵ با ۱۵۰ روز و کمترین دوره مربوط به سال ۱۳۴۲ که ۸۴ روز طول کشیده است (جدول ۲). بطور متوسط،

یکی از عوامل مهم در کنترل سرمازدگی، انتخاب فصل رشد بصورتی می‌باشد که در طول آن سرمازدگی وجود نداشته باشد به عبارت دیگر تاریخ کاشت و برداشت بصورتی انتخاب می‌شود که گیاهان در مراحل حساس به سرمازدگی با این پدیده روبرو نشوند (ضیایی و همکاران ۱۳۸۵). بدین منظور باید شروع و خاتمه یخبندان هر سال تعیین گردد. از اینرو از اول مهرماه تا سی و یکم شهریور سال بعد به هر روز یک شماره داده شد و در نهایت تاریخهای آغاز، خاتمه و طول دوره یخبندان بدست آمد. نتایج این بررسی نشان داد که

یعنی در این سال طول دوره یخبندان ۹۰ روز اما تعداد روزهای یخبندان ۲۱ روز بوده است. در این سال نجف آباد زمستان بسیار ملایمی را تجربه نموده و دما از ۵- پایین تر نرفته و از این حیث یک سال استثنایی محسوب می شود. بیشینه نسبت یخبندان مربوط به سالهای ۱۳۵۴ و ۱۳۴۲ به ترتیب با ۹۸٪ و ۹۶/۴٪ بوده است. در سال ۱۳۵۴ طول دوره یخبندان ۹۹ روز و تعداد روز یخبندان ۹۷ روز و سال ۱۳۴۲ طول دوره یخبندان ۸۴ روز و تعداد روز یخبندان ۸۱ روز بوده است. نجف آباد در سال ۱۳۴۲ خشن ترین زمستان را تجربه نموده بطوریکه دما تا ۱۷- درجه نزول کرده است (جدول ۱). دو سال استثنایی در دوره آماری مورد مطالعه، سال ۱۳۴۲ به عنوان خشن ترین زمستان و سال ۱۳۴۴ ملایم ترین زمستان می باشد (جدول ۲).

یخبندان در نجف آباد در پنجاه و نهمین روز پاییز معادل ۲۹ آبان آغاز و در یکصد و هفتاد و هفتمین روز از اول پاییز معادل ۲۷ اسفند خاتمه می یابد. که میانگین آن ۱۱۹ روز است (جدول ۲). بنابراین طول دوره یخبندان در نجف آباد حدود چهار ماه است که اواخر آبان آغاز و تا اواخر اسفند بطول می انجامد.

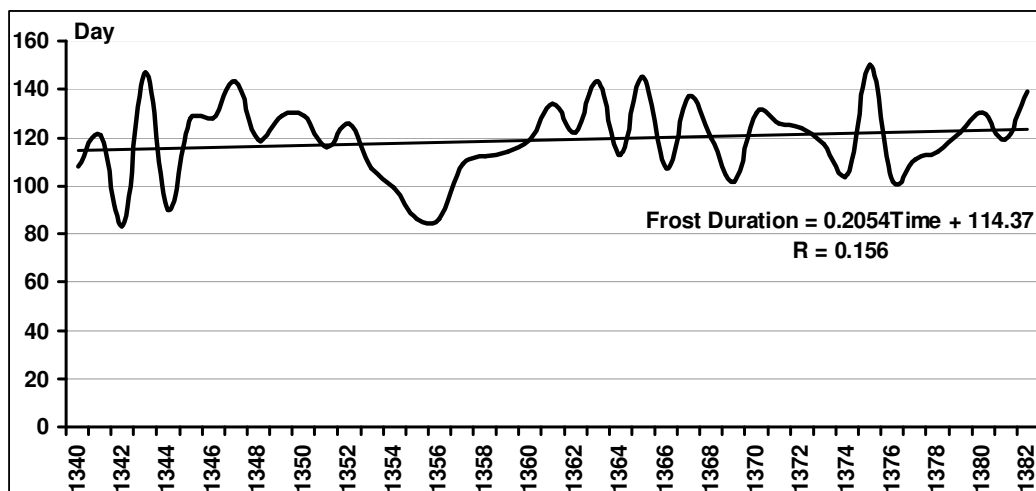
به منظور تحلیل بهتر اطلاعات مربوط به جدول (۱)، شاخصی بنام نسبت تعداد روزهای یخبندان به طول دوره یخبندان، محاسبه (جدول ۲) و سپس بر مبنای آن شکل (۲) ترسیم گردید. این شکل نشان می دهد نوسان نسبت یخبندان در دهه چهل و پنجاه شدید و در دهه شصت و هفتاد کاهش یافته است. متوسط نسبت یخبندان ۶۳/۲٪ است. بدین معنا که در ۶۳٪ از دوره یخبندان دما معادل یا زیر صفر بوده است. کمینه مقدار نسبت یخبندان مربوط به سال ۱۳۴۴ با ۲۳/۳٪ است.



شکل (۲): نسبت تعداد روز یخبندان به طول دوره در نجف آباد

با ۲/۰۲ و مقدار $\hat{\beta}$ معادل ۰/۴۰۸ محاسبه شد. حد بالا و پایین $\hat{\beta}$ به ترتیب ۰/۶۱۴ و ۰/۲۰۴- است. از اینرو می توان نتیجه گرفت، طول دوره یخبندان بر مبنای آستانه صفر درجه، روند معناداری نداشته که منطقی نیز به نظر می رسد زیرا در دهه اخیر نه تنها تعداد روزهای یخبندان کاهش نیافته، بلکه وقوع سرماهای زمستانی به سمت دماهای نزدیک صفر درجه متمایل شده است.

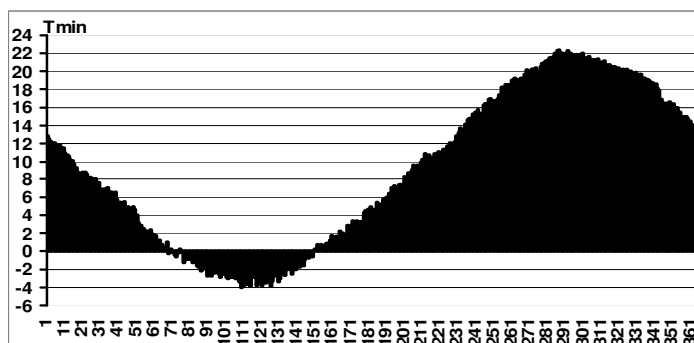
شکل (۳) سری زمانی طول دوره یخبندان نجف آباد را در یک دوره ۴۳ ساله نشان می دهد. بر اساس این شکل، طول دوره یخبندان در دوره ۱۳۵۳ تا ۱۳۵۹ کاهش قابل ملاحظه ای داشته است. لیکن آزمون رگرسیون خطی در مجموع کل دوره ۴۳ ساله، روند کاهشی معناداری را نشان نمی دهد. در این آزمون عرض از مبدأ ۱۱۴/۳۶۵، شیب خط ۰/۲۰۵، خطای استاندارد برآورد ۰/۲۰۲، مقدار آماره t استودنت با درجه آزادی $n-2$ در سطح ۰/۰۵ برابر



شکل (۳): نمودار سری زمانی و روند طول دوره یخبندان

جدول (۳): ویژگی‌های یخبندان در نجف آباد

سال	تاریخ شروع	تاریخ خاتمه	طول دوره (روز)	تعداد روز یخبندان	نسبت یخبندان	سال	تاریخ شروع	تاریخ خاتمه	طول دوره (روز)	تعداد روز یخبندان	نسبت یخبندان
1340	4/9/40	40/12/21	108	76	0/704	1362	62/8/26	62/12/27	122	76	0/623
1341	41/8/27	41/12/27	121	81	0/595	1363	63/7/29	63/12/21	143	81	0/566
1342	42/8/28	42/11/21	84	81	0/964	1364	64/9/9	65/1/2	113	65	0/575
1343	43/8/24	44/1/21	147	92	0/626	1365	65/8/22	66/1/17	145	71	0/490
1344	44/9/13	44/12/12	90	21	0/233	1366	66/9/9	66/12/25	107	67	0/626
1345	45/9/7	46/1/15	128	108	0/844	1367	67/8/24	68/1/11	137	73	0/533
1346	46/8/28	47/1/6	128	92	0/719	1368	68/9/2	69/1/2	120	66	0/550
1347	47/9/2	48/1/25	143	54	0/378	1369	69/9/10	69/12/21	102	60	0/588
1348	48/8/20	48/12/18	119	81	0/681	1370	70/8/26	71/1/6	130	91	0/700
1349	49/9/5	50/1/14	129	81	0/628	1371	71/8/29	72/1/5	126	69	0/548
1350	50/8/24	50/12/23	129	87	0/674	1372	72/8/24	72/12/27	124	70	0/565
1351	51/8/24	51/12/19	116	76	0/655	1373	73/8/20	73/12/16	117	64	0/547
1352	52/8/15	52/12/20	126	97	0/770	1374	74/9/5	74/12/19	105	69	0/657
1353	53/9/4	53/12/20	107	93	0/869	1375	75/8/23	76/1/23	150	76	0/507
1354	54/9/12	54/12/20	99	97	0/980	1376	76/9/4	76/12/15	102	73	0/716
1355	55/9/13	55/12/8	86	63	0/733	1377	77/9/8	77/12/28	111	45	0/405
1356	56/9/13	56/12/8	86	53	0/616	1378	78/9/4	78/12/27	114	83	0/728
1357	57/8/28	57/12/16	109	44	0/404	1379	79/8/22	79/12/23	122	86	0/705
1358	58/8/28	58/12/19	112	97	0/866	1380	80/8/12	80/12/21	130	71	0/546
1359	59/9/19	60/1/13	114	63	0/553	1381	81/8/27	81/12/25	119	77	0/647
1360	60/9/2	61/1/1	119	76	0/639	1382	82/8/15	83/1/4	139	64	0/460
1361	61/8/21	62/1/5	134	103	0/769						

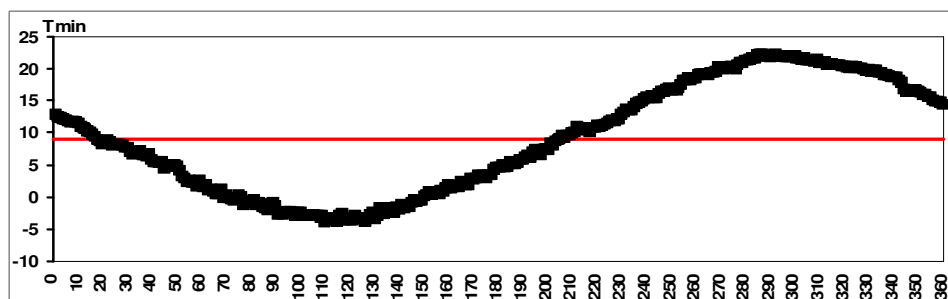


شکل (۴): سری زمانی متوسط دمای شبانه نجف آباد در دوره ۴۳ ساله

مدت ۸۱ بطول می‌انجامد. در این دوره دما بطور مداوم زیر صفر است و مجالی برای شکوفه دادن درختان باغی وجود ندارد. لیکن از اوائل اسفند ماه که تداوم یخبندان خاتمه می‌یابد، نوسان دمای شبانه در اطراف دمای صفر درجه، منجر به گل نشستن درختان باغی شده، و خطر یخبندان آنها را تهدید خواهد کرد. از اینرو کشاورزان می‌بایست از اوایل اسفند ماه به بعد جهت پایش محصولات باغی و پیکار با خطر یخبندان بهاره، مهیا باشند.

برای نشان دادن حد وسط طول دوره یخبندان، سری زمانی متوسط دمای شبانه در دوره ۴۳ ساله محاسبه و بر مبنای آن شکل ۴ تهیه گردید. با عنایت به این شکل بطور متوسط اوج زمستان از دهه دوم دیماه آغاز و تا دهه اول بهمن تداوم می‌یابد. اطلاعات جدول ۳ نیز نشان می‌دهد که متوسط زمان وقوع پایین‌ترین دمای شبانه یکصد و شانزدهمین روز از اول مهر معادل ۲۶ دیماه است.

برطبق شکل ۴ بطور متوسط طول دوره‌ای که دما به زیر صفر می‌رود، از نهم آذر ماه، آغاز و تا بیست و نهم بهمن ماه به



شکل (۵): میانگین سری زمانی متوسط دمای شبانه ایستگاه نجف آباد

چهارم مهرماه آغاز و تا بیست و پنجم فرودین سال بعد، به مدت ۱۸۱ روز بطول می‌انجامد (شکل ۵). در واقع یخبندان در این دوره احتمال وقوع دارد و بطور قطع زودتر از ۲۴ مهر و دیرتر از ۲۵ فروردین، حادث نخواهد شد. از سوی دیگر می‌توان گفت نجف‌آباد از اقلیم دمایی متعادلی برخوردار می‌باشد، زیرا طول دوره سرد و گرم تقریباً برابر است.

اگر بر مبنای دما، سال را به دو دوره سرد و گرم تفکیک نماییم، متوسط دمای شبانه می‌تواند ملاک این تقسیم‌بندی قرار گیرد. بر پایه این رویکرد، متوسط دمای شبانه در ایستگاه نجف‌آباد ۹ درجه سانتیگراد برآورد گردید (جدول ۴). بدین ترتیب دوره ایکه دمای شبانه، زیر ۹ درجه قرار دارد، دوره سرد و بازه زمانی که فراتر از آن باشد، دوره گرم تلقی می‌گردد. براین اساس در نجف‌آباد دوره سرد، از بیست و

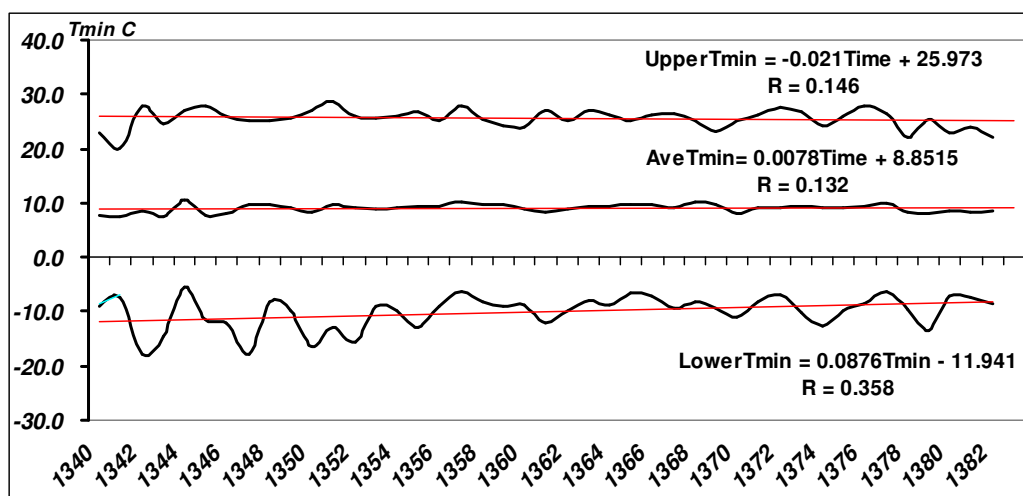
جدول (۴): سری زمانی متوسط و دماهای فرین شبانه در نجف آباد

سال	کمینه دمای شبانه	شماره روز	بیشینه دمای شبانه	شماره روز	متوسط دمای شبانه
1340	-9	102	22/8	292	7/7
1342	-17/8	120	28	312	8/7
1343	-14/6	104	24/6	272	7/4
1344	-5/4	90	27	269	10/4
1345	-11/4	123	27/8	312	7/8
1346	-12	138	26	316	8/1
1347	-18	109	25	319	9/6
1348	-8/2	131	25	286	9/8
1349	-10	121	25/8	312	9/2
1350	-16/4	134	27	303	8/4
1351	-12/8	95	28/8	301	9/8
1352	-15/8	136	26	293	9/1
1353	-9	98	25/8	310	8/8
1354	-9/8	164	26	293	9
1355	-12/8	114	26/8	294	9/5
1356	-9	113	25/2	333	9/4
1357	-6/4	164	27/8	307	10/1
1358	-8/2	134	25/4	300	9/7
1359	-9	104	24/2	286	9/6
1360	-8/8	150	24	317	8/9
1361	-12	129	27	322	8/4
1362	-10	151	25	284	8/8
1363	-8	90	27	306	9/3
1364	-8/7	124	26/3	282	9/3
1365	-6/6	82	25	306	9/8
1366	-7	70	26/2	300	9/7
1367	-9/2	99	26/6	300	9/2
1368	-8/2	131	25	325	10/1
1369	-9/2	145	23/2	302	9/6
1370	-11	129	25	299	8
1371	-8/2	118	26/2	295	9/2
1372	-6/8	135	27/6	325	9/1
1373	-10/2	76	26/8	295	9/5
1374	-12/6	115	24/2	278	9
1375	-10	140	26	296	9
1376	-8/6	93	27/8	294	9/5
1377	-6/4	104	26/4	298	10
1378	-9/6	115	22/2	295	8/2
1379	-13/4	130	25/4	322	8/1
1380	-7/2	136	22/9	300	8/6
1381	-7/4	92	24	310	8/4
1382	-8/5	83	22	286	8/6
1383	-6/9	100			
میانگین	-9/94	86/115	25/51	301/88	9/02
انحراف معیار	3/07	95/23	1/80	15/21	0/74

برای نشان دادن رفتار زمانی دماهای فرین شبانه در ایستگاه نجف آباد، کمینه دمای شبانه سالانه، بیشینه دمای شبانه سالانه، شماره روز وقوع از اول مهرماه و متوسط دمای شبانه برای هر سال در دوره آماری ۴۳ ساله محاسبه و در جدول ۴ آورده شده است. بر اساس اطلاعات این جدول، متوسط سالانه کمینه دمای شبانه (زمستانه)، حدود ۱۰- درجه سانتیگراد که بطور متوسط در یکصد شانزدهمین روز از اول مهرماه معادل ۲۶ دیمه رخ می‌دهد. لیکن بیشترین فراوانی مربوط به دمای

به فرارفت دمایی و ورود توده‌های هوای متنوع که سامانه‌های جوی مهاجر آنها را همراه خود می‌آوردند، مرتبط باشد. در حالیکه شرایط دمایی تابستان بیشتر تحت تسلط عوامل محلی بوده و به همین علت از تغییرپذیری ناچیزی برخوردار است. به منظور نمایش آهنگ تغییرات کمینه، بیشینه و متوسط دماهای شبانه سالانه و تحلیل روند آنها، شکل ۶ تهیه گردید. بر اساس تحلیل روند به روش آزمون β مقادیر کمینه دمای شبانه رو به افزایش است (شکل ۶ و جدول ۵). به عبارت دیگر شدت سرماهای زمستانی در منطقه رو به کاهش می‌باشد. و می‌تواند یکی از نمودهای تغییر اقلیم تلقی گردد. همچنین تحلیل روند به روش آزمون β برای بیشینه دماهای شبانه و متوسط دمای شبانه نیز اعمال گردید که در سطح ۹۵٪ روند معناداری نشان نداد. نتایج این آزمون در جدول ۵ آورده شده است.

۸- تا ۹- بوده است. حدبالای کمینه دمای شبانه ۵/۴- بوده که در سال ۱۳۴۴ حادث شده است. همینطور که پیش از این نیز اشاره شد، نجف آباد در این سال، ملایم‌ترین زمستان را تجربه نموده بطوریکه نسبت یخبندان ۰/۲۳ و از ۹۰ روز دوره یخبندان، تنها ۲۱ روز یخبندان وجود داشته که آنهم از ۵- فروتر نرفته است. متوسط بیشینه دمای شبانه (تابستانه) ۲۵/۵ درجه است که بطور متوسط در ۲۹ تیرماه بوقوع پیوسته و بیشترین فراوانی نیز مربوط به همین دما می‌باشد که ۱۲ بار تکرار شده است. بیشینه دمای شبانه بین ۲۰ تا ۲۸/۸ درجه نوسان داشته، بطوریکه ضریب تغییرپذیری آن برابر ۷٪ می‌باشد. در حالیکه نوسان کمینه دمای شبانه بین ۵/۴- تا ۱۸- درجه بوده و ضریب تغییرات آن معادل ۳۱٪ است. در واقع تغییرپذیری دمای شبانه زمستانه، بسیار شدید است که این می‌تواند علاوه بر ترازمندی شرایط تابشی شبانه،



شکل (۶): سری زمانی و روند کمینه، بیشینه و متوسط دماهای شبانه سالانه در نجف آباد

جدول (۵): نتایج آزمون β برای آماره‌های دمای حداقل سالانه ایستگاه نجف آباد

حد پایین	حد بالا	β	آماره t در سطح ۰/۰۵	خطای استاندارد بر آورد	شیب خط	عرض از مبدأ	
۰/۲۳	۰/۶۱	۰/۰۶۸	۲/۰۲	۰/۰۳۴	۰/۰۹۱	۱۱/۹۹۵	کمینه دماهای شبانه سالانه
-۰/۰۶۵	۰/۰۲۳	۰/۰۴۴	۲/۰۲	۰/۰۲۲	-۰/۰۲۱	۲۵/۹۷۳	بیشینه دماهای شبانه سالانه
-۰/۰۱۱	۰/۰۲۶	۰/۰۱۸	۲/۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۸	۸/۸۵۱	متوسط دماهای شبانه سالانه

نتیجه گیری

تحلیل روند سری زمانی تعداد روزهای یخبندان سالانه حاکی از عدم وجود روند در تعداد روزهای یخبندان سالانه است. آزمون مان-کندال نیز روند معناداری را در سری زمانی تعداد روزهای یخبندان سالانه نشان نداد.

تحلیل روند سری زمانی روزهای با دمای کمتر از ۱- تا ۵- نیز نشان داد، هرچند در دماهای صفر درجه کاهش معناداری مشاهده نمی گردد، لیکن وقوع دماهای پایین تر از صفر، روند کاهشی معناداری داشته و می توان نتیجه گرفت که یخبندانهای شدید رو به کاهش است.

بررسی فراوانی وقوع دماهای زیر صفر در هر طبقه دمایی نیز نشان داد که فراوانی وقوع دماهای صفر درجه بشدت رو به افزایش است. به دیگر سخن در سالهای اخیر زمستان را در حد دماهای صفر درجه تجربه می کنیم، در حالیکه فراوانی وقوع دمای ۴- درجه روند کاهشی را نشان می دهد و حاکی از این واقعیت است که از شدت سرماهای زمستانی کاسته شده و فراوانی زمستانهای بسیار سرد رو به نقصان است. تحلیل روند آهنگ تغییرات پایین ترین دمای شبانه نیز نشان داد که مقادیر کمینه دمای شبانه رو به افزایش بوده و از شدت سرمای زمستانی کاسته شده است. اما تحلیل روند طول دوره یخبندان بر مبنای آستانه صفر درجه، روند معناداری را نشان نداد که منطقی نیز به نظر می رسد زیرا در دهه اخیر نه تنها تعداد روزهای یخبندان کاهش نیافته، بلکه وقوع سرماهای زمستانی به سمت دماهای نزدیک صفر درجه متمایل شده است.

متوسط نسبت یخبندان در نجف آباد ۶۳/۲٪ است. بدین معنا که در ۶۳٪ از دوره یخبندان دما معادل یا زیر صفر بوده است. دو سال استثنایی در دوره آماری مورد مطالعه، سال ۱۳۴۲ با نسبت یخبندان ۹۸٪ به عنوان خشن ترین زمستان و سال ۱۳۴۴ با نسبت یخبندان ۲۳/۳٪ ملایم ترین زمستان بوده است.

بررسی ها نشان داد که متوسط دمای شبانه در نجف آباد ۹ درجه سانتیگراد است. بر این اساس دوره سرد، از بیست و چهارم مهرماه آغاز و تا بیست و پنجم فروردین سال بعد، به

مدت ۱۸۱ روز بطول می انجامد. در واقع یخبندان در این دوره بوقوع می پیوندد و بطور قطع زودتر از ۲۴ مهر و دیرتر از ۲۵ فروردین، حادث نخواهد شد.

بررسی رفتار زمانی دماهای فرین شبانه نشان داد متوسط سالانه کمینه دمای شبانه (زمستانه)، حدود ۱۰- درجه سانتیگراد و بطور متوسط اوج زمستان از دهه دوم دیماه آغاز و تا دهه اول بهمن تداوم می یابد. متوسط زمان وقوع کمینه دمای شبانه، ۲۶ دیماه است.

بررسی تاریخهای شروع و خاتمه یخبندان نیز نشان داد، طول دوره یخبندان در نجف آباد حدود چهار ماه است که اواخر آبان آغاز و تا اواخر اسفند بطول می انجامد. و بطور متوسط، در ۲۹ آبان آغاز و در ۲۷ اسفند، خاتمه یافته و میانگین آن ۱۱۹ روز است. متوسط طول دوره ای که دما به زیر صفر می رود، از نهم آذر ماه، آغاز و تا بیست ونهم بهمن ماه به مدت ۸۱ روز بطول می انجامد. در این دوره دما بطور مداوم زیر صفر است از اینرو کشاورزان می بایست از اوایل اسفند ماه به بعد جهت پایش محصولات باغی و پیکار با خطر یخبندان بهاره، مهیا بوده و برای مقابله با یخبندانهای دیررس بهاره تا اواخر فروردین آمادگی خود را حفظ نمایند. لازم است باغداران بمنظور کاهش خطرات سرمازدگی و یخبندان حدود دو ماه از اواخر بهمن تا اواخر فروردین به توصیه ها و پیش آگاهی های هواشناسی کشاورزی اداره کل هواشناسی استان اصفهان توجه نمایند.

پی نوشت:

- 1- Cooter and LeDuc
- 2- De Geatano
- 3- Bonsal & et al
- 4- Easterling

منابع

- ۱- براتی، غلامرضا، ۱۳۷۸، رابطه سیستمی پرفشارهای جنب حاره و یخبندانهای بهاره ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی شماره ۵۴- ۵۵ صص ۱۵۰-۱۳۲

- ۹- فتاحی، ابراهیم و تهمنه صالحی پاک، ۱۳۸۸، تحلیل الگوهای سینوپتیکی یخبندانهای زمستانه ایران، جغرافیا و توسعه شماره ۱۳.
- ۱۰- کمالی، غلامعلی، ۱۳۷۸، نفوذ هوای سرد قطبی و خسارات وارده به محصولات کشاورزی شمال خراسان در دهه دوم اردیبهشت، نیوار دوره جدید شماره نهم، صص ۲۹-۳۳
- ۱۱- کمالی، غلامعلی و مجید حبیبی نوخندان، ۱۳۸۴، بررسی توزیع مکانی و زمانی یخبندان در ایران و نقش آن در حمل و نقل جاده‌ای، پژوهشنامه حمل و نقل، سال دوم، شماره ۲.
- ۱۲- نوحی، کیوان، مژده پدرام، فاطمه صحرائیان و غلامعلی کمالی، ۱۳۸۶، بررسی و تحلیل تاریخ آغاز و خاتمه یخبندانهای تابشی - فرارفتی و فرارفتی در استان‌های آذربایجان غربی و شرقی، پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۷۵.
- ۱۳- هژیرپور، قاسم و بهلول علیجانی، ۱۳۸۶، تحلیل همدید یخبندانهای استان اردبیل، جغرافیا و توسعه شماره ۱۰.
- 14- Bonsal, B. R., X. Zhang, L. A. Vincent, and W. D. Hogg, 2001: Characteristics of daily and extreme temperature over Canada, *Journal Climate*, 14, 1959-1976.
- 15- Cooter, E., and S. LeDuc, 1995: Recent frost date trends in the northern United States. *International Journal Climatology*, 15, 65-75.
- 16- De Geatano, A., 1996: Recent trends in maximum and minimum temperature threshold exceedences in the northeastern United States, *journal climate*, 9, 1646-1657.
- 17- Easterling, D. R, 2002: Recent changes in frost days and the frost-free season in the United States, *American meteorological society, BAMS*, 1327-1332.
- ۲- بهیار، محمدباقر و اکرم پرنده خوزانی، ۱۳۸۲، بررسی شاخصها و ویژگیهای یخبندان و پیش بینی آماری آن در استان چهار محال و بختیاری، اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، صص ۲۴-۳۷
- ۳- خسروی، محمود، مجید حبیبی نوخندان و رضا اسماعیلی، ۱۳۸۷، پهنه‌بندی اثر خطر سرمازدگی دیررس بر روی باغات (مطالعه موردی شهرستان مه ولات)، جغرافیا و توسعه شماره ۱۲.
- ۴- خلجی، مهدی، ۱۳۸۰، پیش‌بینی سرمای دیررس بهاره و یخبندانهای زودرس پاییزه برای تعدادی از گیاهان زراعی و باغی در استان چهار محال و بختیاری، نهال و بذر، جلد ۱۷ شماره ۲.
- ۵- ضیایی، علیرضا، علی اکبر کامکار حقیقی، علیرضا سپاسخواه و سعید رنجبر، ۱۳۸۵، تعیین اطلس احتمال وقوع حداقل دمای استان فارس با استفاده از آمار هواشناسی، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم شماره سوم.
- ۶- عزیزی، قاسم، ۱۳۸۳، ارزیابی سینوپتیکی یخبندانهای فراگیر بهاری در نیمه غرب ایران، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۸ شماره ۱.
- ۷- علیجانی، بهلول و محمود هوشیار، ۱۳۸۷، الگوهای سینوپتیکی سرماهای شدید شمال غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵، صص ۱۶-۱
- ۸- غضنفری مقدم، محمد صادق، محمد موسوی بایگی و سید حسین ثنایی نژاد، ۱۳۸۷، طراحی و اجرای یک مدل ترمودینامیکی به منظور پیش بینی دمای حداقل ناشی از تجمع هوای سرد در مناطق کوهستانی (مطالعه موردی در ارتفاعات دربند تهران) مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) جلد ۲۲ شماره ۲.