پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۴۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶
ص. ۵۳-۳۹

تعیین و بررسی تاریخ‌های آغاز و پایان یخبندان‌های زودرس و دیررس و احتمال تداوم، شدت و تواتر آن در استان اردبیل در دورهٔ آماری ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۰

بهروز سبحانی ـ دانشیار آب‌وهواشناسی دانشگاه محقق اردبیلی
مسعود گنجی ـ دانشیار گروه آمار و کاربردها، دانشگاه محقق اردبیلی
اکبر گل‌دوست * ـ دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی دانشگاه محقق اردبیلی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱/۲۶ تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۹/۳

چکیده

در این پژوهش به تعیین و بررسی تاریخ‌های آغاز و پایان یخبندان‌های زودرس بهاره و دیررس پاییزه و چند ویژگی آماری آن در ایستگاه‌های استان اردبیل پرداخته شده است. همچنین ویژگی‌هایی از جمله تاریخ‌های آغاز و پایان، تداوم، شدت و تواتر و ویژگی احتمالی این مؤلفه‌ها محاسبه می‌شود. روش مورد استفاده دانش احتمالات و زنجیرهٔ مارکوف است. نتایج نشان می‌دهد روند کلی روزشمار تاریخ شروع یخبندان‌ها در ایستگاه پارس‌آباد کاهشی و در اردبیل و خلخال افزایشی است. روند روزشمار تاریخ‌های پایان یخبندان‌ها کاهشی است. شروع یخبندان‌ها (یخبندان‌های زودرس) در ایستگاه پارس‌آباد در ماه نوامبر و در ایستگاه‌های اردبیل و خلخال در ماه اکتبر است. یخبندان‌ها (یخبندان دیررس) در پارس‌آباد در ماه آوریل و در اردبیل و خلخال در ماهِ می پایان می‌یابد. در ایستگاه خلخال تداوم یخبندان‌ها بیشتر از ایستگاه‌های دیگر است. در ایستگاه خلخال تعداد یخبندان‌های شدید با احتمال رخداد ۲٫۳۷ درصد در ماه اکتبر بیشتر از ایستگاه‌های دیگر است. از نظر تواتر، در یخبندان‌های زودرس بیشترین احتمال رخداد مربوط به حالت یخبندان بعد از یخبندان بوده که در خلخال با احتمال ۶۳٫۳۱ درصد است و در یخبندان‌های دیررس بیشترین احتمال رخداد مربوط به حالت یخبندان بعد از حالت بدون یخبندان با احتمال ۶۱٫۵۴ درصد در ایستگاه اردبیل است.

کلیدواژه‌ها: زمان، اردبیل، تداوم، تواتر، شدت، یخبندان.

مقدمه

یخبندان یکی از پدیده‌های جدی آب‌وهوایی است که جوانب مختلف زندگی انسان از جمله کشاورزی، حمل و نقل، و انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اثرهای یخبندان در بخش کشاورزی بیشتر از بخش‌های دیگر است. تأثیر یخبندان‌ها در بخش کشاورزی بیشتر از جنبهٔ زودرس یا دیررس‌بودن آن نمود می‌یابد. یخبندان، به عنوان پدیدهٔ مهم اقلیمی، عبارت است از تغییر دما به صفر درجهٔ سانتی‌گراد یا کمتر از آن (حجازی‌زاده و ناصرزاده، ۱۳۸۴: ۱۳۹). یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره، از نظر کشاورزی، مضرترین نوع یخبندان‌ها به‌شمار می‌روند و معمولاً بر محصولات باغی و زراعی

* نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۴۹۸۶۶۷۱۰ E- mail: akbar.goldust@gmail.com

اثرهای مخربی به‌جا می‌نهند. علاوه بر این، یخبندان‌ها بر بسیاری از فعالیت‌های انسان، سازه‌ها، و زیرساخت‌های اقتصادی، نظیر حمل و نقل، سدها و آسفالت جاده‌ها، مصرف انرژی، و نیز بر آسایش حرارتی انسان تأثیر می‌گذارند (عساکره، ۱۳۸۹: ۲).

این پدیده، بنا بر اهمیتی که دارد، در مناطق مختلف تحلیل و بررسی شده و اطلاعات ارزشمندی دربارهٔ آن ارائه شده است؛ از جملهٔ این بررسی‌ها می‌توان اشاره کرد به مطالعهٔ ماهیت یخبندان‌های فصل رشد منطقهٔ درهٔ پلت نبراسکا (روزنبرگ و میسر، ۱۹۶۲). این مطالعه نشان داد که به طور میانگین یخبندان‌های فرارفتی در بهار زودتر از یخبندان‌های تابشی و در پاییز دیرتر از یخبندان‌های تابشی رخ می‌دهد و دورهٔ دوام این نوع یخبندان‌ها طولانی‌تر است. وایلون (۱۹۸۸)، در تحلیل آماری متوسط دمای حداقل روزانه و سالانه در مرکز و جنوب فلوریدا، نشان داد با افزایش واریانس داده‌ها احتمال وقوع یخبندان نیز افزایش می‌یابد. از این نظر، خطر وقوع یخبندان در یک مکان با عواملی نظیر تعداد یخبندان‌های سالانه، شدت آن‌ها، میانگین، و واریانس تاریخ‌های وقوع قابل شناسایی است. کاجفز (۱۹۸۹) تاریخ وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه را در نُه مکان در منطقهٔ گورنجسکا در اسلوونی در طی سال‌های ۱۹۴۷ و ۱۹۸۷ مطالعه کرد. طی این مطالعه تاریخ متوسط اولین یخبندان به‌دست آمد و رابطهٔ تغییر تاریخ وقوع اولین یخبندان با تغییر ارتفاع محل تأیید شد. واتکینز (۱۹۹۱)، با استفاده از مدل رگرسیون خطی، نشان داد که طول مدت فصل یخبندان در مناطق مرکزی انگلستان در حدود دو روز در هر دهه کاهش یافته است؛ این کاهش را می‌توان با افزایش درجهٔ حرارت توجیه کرد. کونیهوری و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی واکنش درخت راش در مقابل سرما و یخبندان‌های دیررس بهارهٔ منطقهٔ موریوکا در ژاپن نشان داد که یخبندان‌ها در این شرایط حدوداً به ۸۰ درصد از برگ‌های درخت آسیب می‌زنند. رینسدورف و کچ (۲۰۱۳) در بررسی سرما و یخبندان در اروپای مرکزی و اثر آن بر چغندر قند نشان دادند که در مکان‌هایی با زمستان‌های معتدل، مانند کلن، چغندر قند آسیب کمی از یخبندان می‌بیند. در مقابل، در مکان‌هایی، مانند گوتینگن و رگنسبورگ، کشت این محصول با آسیب جدی مواجه است. دیوید و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی مقاومت انواع مختلف گندم در مقابل آسیب ناشی از دمای انجماد در طول دورهٔ رشد پرداختند. نتایج این تحقیق نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار بین انواع مختلف گندم و مقاومت آن در مقابل یخزدگی است. تفرا و چنگدو (۲۰۱۶) با بررسی تغییر ژنتیکی محصول گندم و تحمل آن در مقابل سرما و یخبندان نشان دادند که بهبود ژنتیکی این محصول تحمل آن را در مقابل سرما و یخبندان افزایش می‌دهد. نوحی و همکاران (۱۳۸۴) به بررسی و تحلیل تاریخ آغاز و خاتمهٔ یخبندان‌های تابشی- فرارفتی و فرارفتی در استان‌های آذربایجان غربی و شرقی پرداختند و نشان دادند که یخبندان‌های فرارفتی در منطقه از ۶ تا ۴۰ روز دیرتر از یخبندان‌های تابشی- فرارفتی در پاییز آغاز می‌شود و ۱ تا ۲۵ روز زودتر در بهار پایان می‌یابد. حجازی‌زاده و ناصرزاده (۱۳۸۵) اظهار کردند که مهم‌ترین عامل در تعیین تعداد فراوانی یخبندان در استان لرستان ارتفاع است، زیرا، به تناسب افزایش ارتفاع، فراوانی وقوع یخبندان‌ها نیز افزایش می‌یابد. خوشحال دستجردی و همکاران (۱۳۸۸)، با شناسایی الگوهای گردشی پدیدهٔ یخبندان در استان فارس، بیان کردند که با گسترش پُرفشار سیبری و پُرفشارهای اروپای شمال و شمال شرقی به سوی ایران، علاوه بر نزول درجهٔ حرارت در مناطق مختلف استان در ارتفاعات زاگرس، مرکز پُرفشاری با فشار مرکزی بیش از ۱۰۲۵ هکتوپاسکال تشکیل می‌شود که در تداوم و تشدید یخبندان در استان نقش اساسی دارد. میان‌آبادی و همکاران (۱۳۸۸)، با بررسی و پهنه‌بندی یخبندان‌های زودهنگام پاییزه و دیرهنگام بهاره و زمستانه در استان خراسان رضوی، نشان دادند که وقوع یخبندان‌های پاییزه از شمال استان آغاز می‌شود و سپس مناطق جنوبی را در

بر می‌گیرد. همچنین، یخبندان‌های بهاره در جنوب استان زودتر به‌پایان می‌رسد. یخبندان‌های زمستانه نیز بیشتر در شمال استان به‌وقوع می‌پیوندد. علیجانی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی تداوم روزهای یخبندان در ایران پرداختند و نشان دادند که وقوع یخبندان‌های دو ماه اکتبر و می، که به‌ترتیب به یخبندان‌های زودرس پاییزی و دیررس بهاری مشهورند، دارای ویژگی زنجیرهٔ مارکوف مرتبهٔ اول دوحالته‌اند؛ یعنی وقوع یخبندان فقط به شرایط اقلیمی روز گذشته مرتبط است. محمدی و گزل‌خو (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای نشان دادند احتمال وقوع اولین یخبندان زودرس پاییزه در استان زنجان بعد از ۱۶ آذر و با همین احتمال قبل از ۲۹ آبان ۲۰ درصد است. همچنین، احتمال وقوع آخرین یخبندان دیررس بهاره بعد از ۲۲ فروردین و با همین احتمال قبل از ۲۶ اسفند ۲۰ درصد است. طاوسی و درخشی (۱۳۸۹) به تحلیل آماری احتمال وقوع دوره‌های برگشت یخبندان‌های زودرس و دیررس زاهدان در دورهٔ آماری (۱۳۶۰ ـ ۱۳۸۶) پرداختند. نتایج نشان داد یخبندان‌های زودرس و دیررس از هر دو طرف به سمت فصل زمستان در حال عقب‌نشینی است؛ یعنی دورهٔ یخبندان کوتاه‌تر شده است. محمدی و گزل‌خو (۱۳۸۹) تأثیر یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره را بر کشت غلات در شهرستان کرج بررسی کردند. بر اساس این پژوهش، یخبندان دیررس بهاره (چنانچه گیاه در مراحل خوشه‌دهی یا گلدهی باشد) بر عملکرد محصول گندم تأثیر بسزایی دارد، ولی یخبندان زودرس پاییزه، با وجود ایجاد تأخیر در رشد گیاه، تأثیر چندانی در عملکرد گیاه ندارد و آسیب گیاه در این فصل بیشتر به تاریخ کشت و شدت یخبندان و هم‌زمانی مرحلهٔ جوانه با این سرما مربوط می‌شود. میرموسوی و بابایی (۱۳۹۰)، با مطالعهٔ توزیع زمانی- مکانی احتمال وقوع یخبندان در استان زنجان، نشان دادند به طور متوسط اولین یخبندان‌های منطقه در فصل پاییز بین ۷ مهر تا ۲۴ آبان رخ می‌دهد و میانگین تاریخ پایان یخبندان‌ها از ۲۰ فروردین تا ۳۰ اردیبهشت است و بیشترین میانگین تعداد روزهای وقوع یخبندان در ایستگاه خیرآباد و کمترین میانگین در ایستگاه فیله خاصه زنجان اتفاق می‌افتد. بذرافشان و رحیمی (۱۳۹۳)، با پهنه‌بندی ریسک وقوع یخبندان و سرماهای تشعشعی، جبهه‌ای، و مختلط در گسترهٔ ایران، نشان دادند که ریسک وقوع یخبندان‌های مختلط و تابشی بیشتر از یخبندان‌های فرارفتی است. محمودی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی رابطه بین الگوهای پیوند از دور و یخبندان‌های فراگیر در ایران پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر در فصل زمستان و همچنین در مقیاس سالانه فقط با الگوی اطلس شرقی (EA) رابطهٔ معنادار نشان داده‌اند؛ این رابطه نیز رابطه‌ای معکوس است. مسعودیان و دارند (۱۳۹۴) به بررسی روند تعداد روزهای یخبندان ایران پرداختند و مشخص کردند که در بیشتر گسترهٔ ایران روند تعداد روزهای یخبندان رو به کاهش است.

در استان اردبیل در بیشتر سال‌ها یخبندان‌های زودرس و دیررس آسیب جدی به محصولات زراعی وارد کرده است. برای نمونه، در فروردین‌ماه ۱۳۹۳ بر اثر سرمای دیررس بهاره باغ‌های استان اردبیل بیش از ۴ هزار میلیارد ریال خسارت دیدند. در اثر این سرما، ۲۱ هزار هکتار از باغ‌های استان دچار خسارت شدند (ستاد بحران استان اردبیل، ۱۳۹۳، کد خبر ۳۰۱۵۸۳۵۲). اولین سرما و یخبندان پاییزه از نظر برداشت محصول و کاشت غلات و آخرین سرمای بهاره نیز از نظر محافظت باغ‌ها در مقابل سرما یا کشت محصولات صیفی حائز اهمیت است (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۳۳). خطرهای ناشی از وقوع یخبندان بیشتر در فصول پاییز و اوایل بهار می‌تواند برای محصولات کشاورزی زیان‌بار باشد، زیرا محصولات کشاورزی پاییزه و بهاره در این فصول در مراحل اولیهٔ رشد خود هستند و حساسیت آن‌ها نسبت به سرما و یخبندان بیشتر است. باری بهره‌برداری بهینه از اراضی، افزایش تولید، و کاهش خسارات ناشی از پدیدهٔ افت شدید درجهٔ حرارت و یخبندان در مناطق مختلف به دانش کامل و کافی از نحوهٔ توزیع زمانی و مکانی وقوع این پدیده نیازمندیم.

همچنین، برای جلوگیری از غافلگیرشدن و واردآمدن خسارت باید ارقام مناسب برای هر منطقه انتخاب شود و در زمان مناسب کشت گردد. بدین منظور، یکی از راه‌ها، تعیین تاریخ یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره از جمله اقدامات لازم برای کشت گیاهان مختلف در هر منطقه است. از تاریخ‌های رخداد اولین و آخرین یخبندان‌ها در پاییز و بهار میانگین طول دورهٔ رویش به‌دست می‌آید. این اطلاعات در تعیین گونه‌ها و واریته‌های مناسب برای کاشت در منطقه به‌کار می‌رود. همچنین، برای تعیین طول دورهٔ رشد، تعیین تقویم کشت محصولات مختلف، و فعالیت‌های گوناگون دیگر مطالعاتی چون پژوهش حاضر دارای اهمیت است.

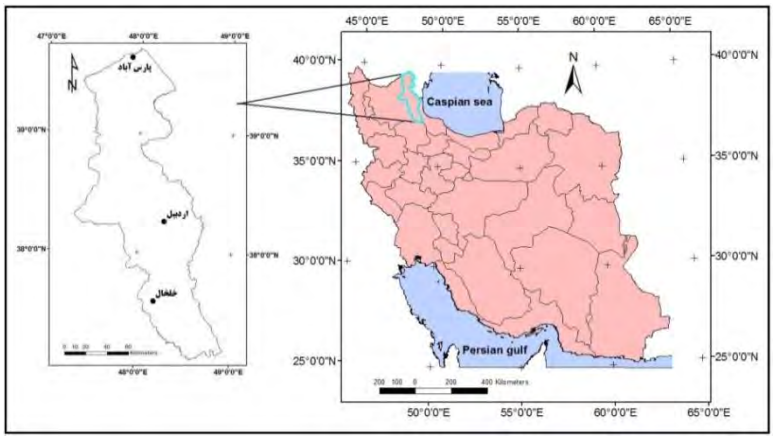
از علل گسترده بودن خسارات ناشی از پدیده‌های آب‌وهوایی، همچون یخبندان‌ها، ناشناخته‌ماندن ابعاد و ماهیت پدیده است. در مواقع وقوع یخبندان‌های زودرس و دیررس، برای کاهش خسارات ناشی از آن به یک برنامهٔ منسجم مدیریتی نیاز است و برای تهیهٔ این برنامه به شناخت جوانب مختلف این پدیده نیاز است. در این پژوهش سعی شده است تاریخ‌های آغاز و پایان یخبندان‌های زودرس و دیررس تعیین شود و چند مورد از ویژگی‌های این یخبندان‌ها به همراه احتمال آن بررسی شود.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفادهٔ این تحقیق دمای کمینه به صورت روزانه در دورهٔ آماری پانزده‌ساله (۱۹۹۶ ـ ۲۰۱۰) در ایستگاه‌های استان اردبیل است (جدول ۱). موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه در شکل ۱ مشخص شده است. پس از اخذ داده‌ها از سازمان هواشناسی کشور، با استفاده از آزمون ران‌تست، همگنی و تصادفی‌بودن داده‌ها در سطح ۹۵ درصد تأیید شد.

جدول ۱. ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	عرض جغرافیایی (N)	طول جغرافیایی (E)	ارتفاع از سطح دریا (M)
پارس‌آباد	۳۹° ۳۹	۴۷° ۵۵	۳۱/۹
اردبیل	۳۸° ۱۵	۴۸° ۱۷	۱۳۳۲
خلخال	۳۷° ۳۸	۴۸° ۳۱	۱۷۹۶



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

پس از تجمیع و تنظیم داده‌ها، سری داده‌ها به صورت تاریخ ژولیوسی تنظیم شد و روزشمار اول داده‌ها روز اول ماه اکتبر میلادی درنظر گرفته شد و تاریخ‌های آغاز و پایان یخبندان‌ها (افت درجهٔ حرارت به صفر و زیر صفر درجهٔ سانتی‌گراد) تحلیل شد. در این پژوهش از دانش احتمالات و همچنین رویه‌ای موسوم به «زنجیره‌های مارکوف» استفاده شده است.

زنجیرهٔ مارکوف یک روش ریاضی برای مدل‌بندی فرایندهای احتمالاتی است. مفهوم زنجیرهٔ مارکوف این است که یک زنجیره یا یک سری از مشاهدات بررسی می‌شود و احتمال تغییر هر یک از مشاهدات از حالتی به حالت دیگر مشخص می‌شود. زنجیرهٔ مارکوف می‌گوید که احتمال وقوع یک حالت اقلیمی در زمان t بستگی به وضعیت آن در زمان قبل (t-۱) دارد (علیزاده، ۱۳۸۹: ۲۸۴). فرض کنید (X_n, n= 0, 1, 2, ...) فرایندی تصادفی است که در آن X_n می‌تواند هر مقدار متناهی یا شماری از مقادیر ممکن را به خود اختصاص دهد. اگر X_n= i باشد، آن‌گاه این فرایند منعکس‌کنندهٔ حالت i به زمان n خواهد بود. پس می‌توان نتیجه گرفت که هرگاه این فرایند در وضعیت i باشد، با احتمال ثابتی (P_{ij}) می‌توان تغییر حالت آن به j را برای آینده برآورد کرد، یعنی:

$$\text{probability } (X_{n-1}=j|\ X_n=i, X_{n-1}, ..., X_0= i_0)= P_{ij} \qquad (۱)$$

که برای همهٔ حالت‌های $i_0, i_1, ..., X_{n-1}, i, j$ و همهٔ 0 ≤ n ها صادق است. پس توزیع شرطی هر حالت آتی X_{n+1} با توجه به حالت موجود X_n و حالت‌های گذشته $X_0, X_1, ..., X_{n-1}$ فقط وابسته به حالت موجود و مستقل از حالت‌های گذشته است؛ یعنی وابستگی شرایط اقلیمی فردا فقط به شرایط اقلیمی امروز و مستقل از شرایط اقلیمی روزهای گذشته است. چنین فرایند تصادفی‌ای را زنجیرهٔ مارکوف می‌نامند. در این فرایند P_{ij}، که از آن با عنوان احتمال ثابت نام برده شد، بیانگر احتمال انتقال از حالت i به حالت j است. حال اگر P علامت ماتریس احتمالی انتقالات یک‌مرحله‌ای (P_{ij}) درنظر گرفته شود، ماتریس احتمالات انتقال بدین صورت خواهد بود:

$$P = \begin{bmatrix} P_{..} & P_{.1} & \dots \\ P_{1.} & P_{11} & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ P_{i1} & P_{i1} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

اکنون ماتریس فراوانی انتقالات $\mathbf{n_{ij}}$ و ماتریس احتمالی انتقالات $\boldsymbol{P_{ij}}$ بین دو حالت متوالی وقوع روزهای یخبندان می‌تواند بدین شرح ارائه شود:

$$N = \begin{matrix} \\ F \\ D \end{matrix} \begin{matrix} \begin{matrix} F & D \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} n_{..} & n_{.1} \\ n_{1.} & n_{11} \end{bmatrix} \end{matrix} \qquad N = \begin{matrix} \\ F \\ D \end{matrix} \begin{matrix} \begin{matrix} F & D \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} P_{..} & P_{.1} \\ P_{1.} & P_{11} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

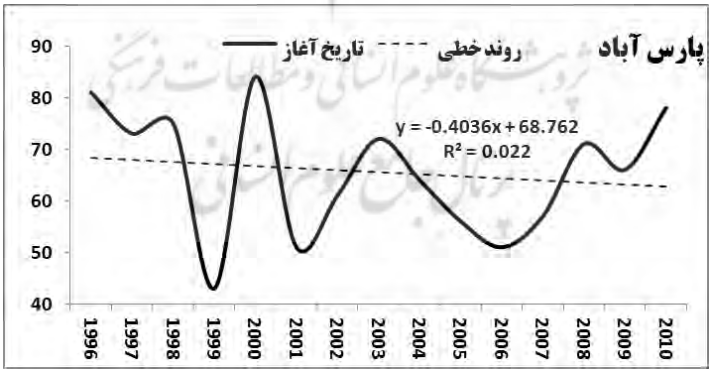
که n_{ij} و p_{ij} به‌ترتیب بیانگر فراوانی و احتمال حالت‌های انتقال از حالت i به دیگر حالت‌های ممکن j و F حالت بدون یخبندان و D حالت یخبندان است (مون و همکاران، به نقل از علیجانی، ۱۳۸۸: ۶).

بر این اساس، احتمال تواتر حالت‌های مختلف یخبندان و بدون یخبندان بعد از وضعیت یخبندان و بدون یخبندان بررسی می‌شود. همچنین، تداوم و احتمال وقوع یخبندان‌های زودرس و دیررس در تداوم‌های مختلف، شدت‌های مختلف یخبندان‌های زودرس و دیررس، و احتمال وقوع آن بررسی می‌شود.

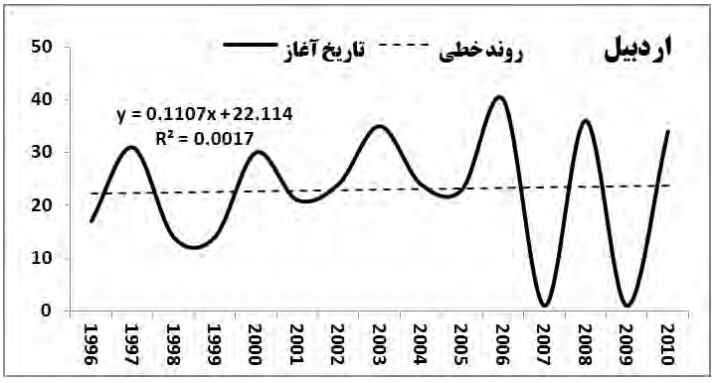
یافته‌های پژوهش

تحلیل تاریخ‌های آغاز یخبندان

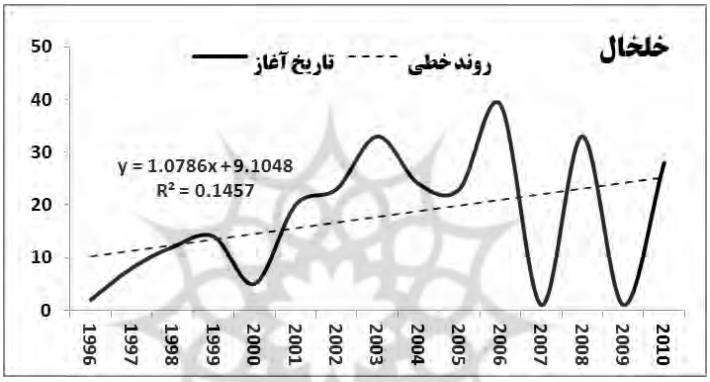
نتایج تحلیل تاریخ‌های آغاز یخبندان‌ها در شکل‌های ۲، ۳، و ۴ بیان شده است. با تحلیل رگرسیونی این تاریخ‌ها، مشخص می‌شود که روند کلی روزشمار تاریخ شروع یخبندان‌ها در ایستگاه پارس‌آباد کاهشی است؛ به طوری که در دورهٔ آماری مورد مطالعه حدود ۰/۴ روز در سال یخبندان‌ها زودتر شروع شده است. برای نمونه، در سال ۱۹۹۷ روزشمار شروع یخبندان روز ۶۸ تاریخ ژولیوسی بوده است که این تاریخ در سال ۲۰۱۰ به روز ۶۳ رسیده است. در ایستگاه‌های اردبیل و خلخال این روند افزایشی است. برای نمونه، در ایستگاه خلخال در سال ۱۹۹۶ تاریخ شروع یخبندان روز ۱۰ اکتبر بوده؛ که این تاریخ در سال ۲۰۱۰ به روز ۲۳ اکتبر رسیده است؛ این موضوع نشان‌دهندهٔ افزایش روزشمار تاریخ شروع و به عبارتی کاهش طول دورهٔ یخبندان و حرکت آن به سمت اواسط فصل پاییز است. در ایستگاه خلخال تاریخ‌های شروع یخبندان با مقدار ۱/۰۷ روز در سال دیرتر شروع شده است.



شکل ۲. نوسان و روند تغییرات روزشمار آغاز یخبندان‌های ایستگاه پارس‌آباد



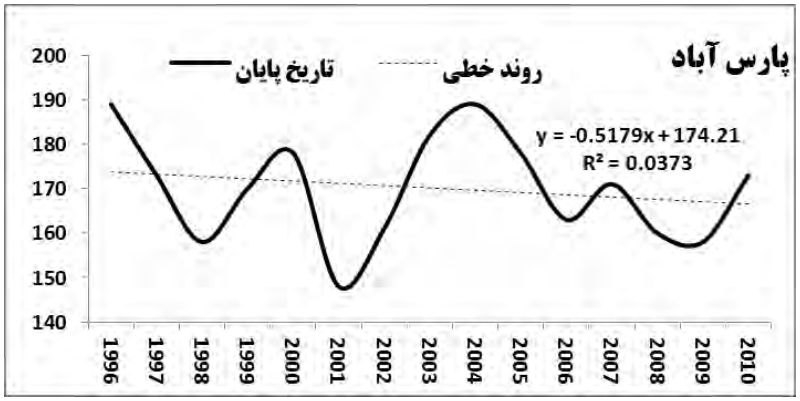
شکل ۳. نوسان و روند تغییرات روزشمار آغاز یخبندان‌های ایستگاه اردبیل



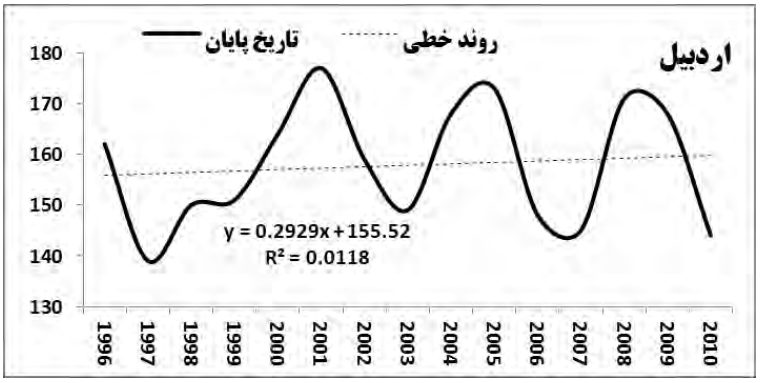
شکل ۴. نوسان و روند تغییرات روزشمار آغاز یخبندان‌های ایستگاه خلخال

تحلیل تاریخ‌های پایان یخبندان

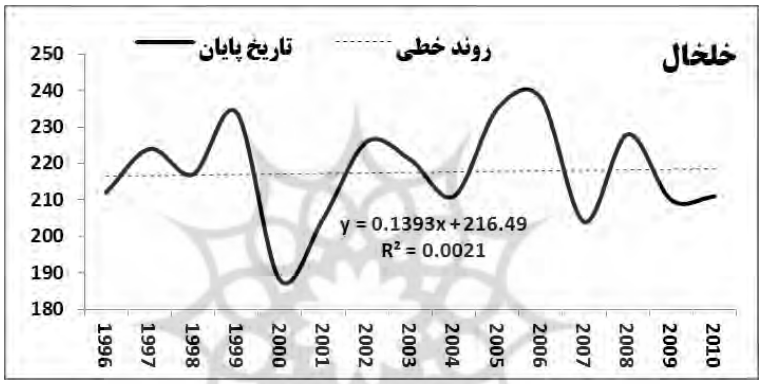
بررسی تاریخ‌های پایان یخبندان‌ها نشان می‌دهد که این تاریخ‌ها در سال‌های مختلف نوسان‌های درخور توجهی داشته‌اند. تحلیل رگرسیونی مشخص می‌کند که در دورهٔ آماری مورد مطالعه یخبندان‌ها در ایستگاه پارس‌آباد با مقدار ۰٫۵۱۷ روز در سال زودتر به پایان رسیده است و در ایستگاه اردبیل و خلخال به‌ترتیب با مقدار حدود ۰٫۲۹ و ۰٫۱۴ روز در سال دیرتر پایان یافته است (شکل‌های ۵، ۶ و ۷).



شکل ۵. نوسان و روند تغییرات روزشمار پایان یخبندان‌های ایستگاه پارس‌آباد



شکل ۶. نوسان و روند تغییرات روزشمار پایان یخبندان‌های ایستگاه اردبیل



شکل ۷. نوسان و روند تغییرات روزشمار پایان یخبندان‌های ایستگاه خلخال

تداوم یخبندان و احتمال آن

در جدول‌های ۲ و ۳ تعداد یخبندان‌های زودرس و دیررس رخداده در تداوم‌های مختلف در ایستگاه‌ها بیان شده است. یخبندان‌های زودرس در ایستگاه پارس‌آباد در ماه نوامبر و در ایستگاه‌های اردبیل و خلخال در ماه اکتبر شروع می‌شود. برای بررسی یخبندان‌های دیررس در ایستگاه پارس‌آباد ماه‌های مارس و آوریل، در ایستگاه اردبیل ماه‌های آوریل و می، و در ایستگاه خلخال ماه می بررسی شده است. تفاوت در ماه‌های مورد بررسی در ایستگاه‌ها به علت شرایط متفاوت آب‌وهوایی ایستگاه‌ها و زمان‌های متفاوت شروع و پایان یخبندان‌هاست.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در بیشتر موارد تعداد یخبندان‌های کوتاه‌مدت بیشتر از یخبندان‌های بلندمدت است. تداوم یخبندان‌های زودرس در ایستگاه پارس‌آباد کمتر از ایستگاه‌های دیگر است؛ به طوری که در این ایستگاه یخبندان‌ها بیش از دو روز طول نکشیده است. در ایستگاه خلخال تداوم یخبندان‌ها بیشتر از ایستگاه‌های دیگر است و یخبندان‌هایی با دوام هشت‌روزه نیز مشاهده می‌شود. در یخبندان‌های دیررس شرایط تا حدودی متفاوت است؛ به طوری که در ایستگاه خلخال تداوم یخبندان‌ها کمتر شده است.

در جدول‌های ۴ و ۵ احتمال رخداد یخبندان‌ها با تداوم‌های مختلف بیان شده است. برای نمونه، احتمال رخداد یخبندان زودرس یک‌روزه در ماه نوامبر در ایستگاه پارس‌آباد ۶ در ۴۵۰ (۳۰ روز ماه نوامبر در ۱۵ سال برابر ۴۵۰ روز) است، بنابراین در این ماه ۱٫۳۳ درصد احتمال رخداد یخبندان یک‌روزه وجود دارد.

جدول ۲. تداوم یخبندان‌های زودرس در ایستگاه‌ها در طول دورهٔ آماری

	تداوم به روز								
ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	جمع یخبندان
پارس‌آباد (نوامبر)	۶	۵							۱۶
اردبیل (اکتبر)	۱۰	۴	۱		۲				۳۱
خلخال (اکتبر)	۱۱	۹	۷	۳	۲	۲	۱	۱	۹۹

جدول ۳. تداوم یخبندان‌های دیررس در ایستگاه‌ها در طول دورهٔ آماری

	تداوم به روز									
ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	جمع یخبندان
پارس‌آباد (مارس)	۲۲	۲	۸	۲	۱					۶۳
(آوریل)		۱	۱							۵
اردبیل (آوریل)	۲۶	۱۲	۸	۲	۳		۲		۱	۱۳۳
(می)	۶	۱			۱					۱۳
خلخال (می)	۱۳	۱	۱							۱۸

جدول ۴. احتمال وقوع یخبندان‌های زودرس در ایستگاه‌ها با تداوم‌های مختلف در طول دورهٔ آماری

	تداوم به روز								
ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	جمع یخبندان
پارس‌آباد (نوامبر)	۱/۳۳	۱/۱۱							۳/۵۶
اردبیل (اکتبر)	۲/۱۵	۰/۸۶	۰/۲۲		۰/۴۳				۶/۶۷
خلخال (اکتبر)	۲/۳۷	۱/۹۴	۱/۵۱	۰/۶۵	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۲۲	۰/۲۲	۲۱/۲۹

جدول ۵. احتمال وقوع یخبندان‌های دیررس در ایستگاه‌ها با تداوم‌های مختلف در طول دورهٔ آماری

	تداوم به روز									
ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	جمع یخبندان
پارس‌آباد (مارس)	۴/۷۳	۰/۴۳	۱/۷۲	۰/۴۳	۰/۲۲					۱۳/۵۵
(آوریل)		۰/۲۲	۰/۲۲							۱/۱۱
اردبیل (آوریل)	۵/۷۸	۲/۶۷	۱/۷۸	۰/۴۴	۰/۶۷		۰/۴۴		۰/۲۲	۲۹/۵۶
(می)	۱/۲۹	۰/۲۲			۰/۲۲					۲/۸
خلخال (می)	۲/۸۰	۰/۲۲	۰/۲۲							۳/۸۷

شدت یخبندان و احتمال آن

یکی از مشخصات مهم یخبندان شدت آن است. شناخت شدت‌های مختلف یخبندان امکان اتخاذ تدابیر مدیریتی مناسب را ممکن می‌سازد. بدیهی است، بر حسب اهداف مطالعاتی، معیارهای مختلفی برای شدت یخبندان می‌توان تعریف کرد.

یکی از این معیارهای عام طبقات سه‌گانهٔ یخبندان‌هاست که به صورت زیر تعریف شده است (علیزاده و همکاران، ۱۳۷۳، به نقل از عساکره، ۱۳۸۹: ۱۱):

۱. یخبندان ضعیف: درجهٔ حرارت‌های ۰ تا ۱/۵- درجهٔ سلسیوس؛

۲. یخبندان ملایم: درجهٔ حرارت‌های ۱/۵- تا ۳- درجهٔ سلسیوس؛

۳. یخبندان شدید: درجهٔ حرارت‌های کمتر از ۳- درجهٔ سلسیوس.

در این پژوهش بررسی شدت یخبندان‌های زودرس و دیررس بر اساس تقسیم‌بندی فوق انجام گرفته است. برای ماه‌های مورد بررسی تعداد یخبندان‌ها با شدت‌های مختلف مشخص شد. سپس، احتمال رخداد این یخبندان‌ها نسبت به تعداد روزهای ماه در طول دورهٔ آماری و همچنین نسبت به تعداد یخبندان‌های رخداده در آن ماه محاسبه شد. جدول‌های ۶ تا ۱۱ نتایج این محاسبات را نشان می‌دهد.

به طوری که مشخص است، یخبندان شدید زودرس در ایستگاه پارس‌آباد رخ نداده است. در این منطقه به علت ارتفاع پایین‌تر دمای هوا بیشتر از ایستگاه‌های دیگر است و یخبندان‌های شدید مشاهده نمی‌شود. در ایستگاه خلخال تعداد یخبندان‌ها بیشتر از ایستگاه‌های دیگر است. در ایستگاه خلخال یازده مورد یخبندان شدید کمتر از ۳- درجهٔ سانتی‌گراد رخ داده است که ۲/۳۷ درصد احتمال رخداد آن در ماه اکتبر وجود دارد (جدول ۷). همچنین، ۱۱/۱۱ درصد احتمال دارد که از یخبندان‌های رخداده در این ماه یخبندان شدید باشد (جدول ۸).

جدول ۶. تعداد یخبندان‌های زودرس در شدت‌های مختلف

ایستگاه	یخبندان ضعیف	یخبندان ملایم	یخبندان شدید
پارس‌آباد (نوامبر)	۱۳	۳	۰
اردبیل (اکتبر)	۱۳	۱۱	۷
خلخال (اکتبر)	۵۸	۳۰	۱۱

جدول ۷. احتمال رخداد یخبندان‌های زودرس در شدت‌های مختلف در طول دورهٔ آماری

ایستگاه	یخبندان ضعیف	یخبندان ملایم	یخبندان شدید
پارس‌آباد (نوامبر)	۲/۸۹	۰/۶۷	۰
اردبیل (اکتبر)	۲/۸۰	۲/۳۷	۱/۵۱
خلخال (اکتبر)	۱۲/۴۷	۶/۴۵	۲/۳۷

جدول ۸. احتمال رخداد یخبندان‌های زودرس در شدت‌های مختلف در بین یخبندان‌های رخ‌داده

ایستگاه	یخبندان ضعیف	یخبندان ملایم	یخبندان شدید
پارس‌آباد (نوامبر)	۸۱/۲۵	۱۸/۷۵	۰
اردبیل (اکتبر)	۴۱/۹۴	۳۵/۴۸	۲۲/۵۸
خلخال (اکتبر)	۵۸/۵۹	۳۰/۳۰	۱۱/۱۱

جدول ۹. تعداد یخبندان‌های دیررس در شدت‌های مختلف

ایستگاه	یخبندان ضعیف	یخبندان ملایم	یخبندان شدید
پارس‌آباد (مارس)	۴۲	۱۳	۸
(آوریل)	۲	۲	۱
اردبیل (آوریل)	۶۰	۳۵	۳۸
(می)	۹	۳	۱
خلخال (می)	۱۴	۳	۱

جدول ۱۰. احتمال رخداد یخبندان‌های دیررس در شدت‌های مختلف در طول دورهٔ آماری

ایستگاه	یخبندان ضعیف	یخبندان ملایم	یخبندان شدید
پارس‌آباد (مارس)	۹/۰۳	۲/۸	۱/۷۲
(آوریل)	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۲۲
اردبیل (آوریل)	۱۳/۳۳	۷/۷۸	۸/۴۴
(می)	۱/۹۴	۰/۶۵	۰/۲۲
خلخال (می)	۳/۰۱	۰/۶۵	۰/۲۲

جدول ۱۱. احتمال رخداد یخبندان‌های دیررس در شدت‌های مختلف در بین یخبندان‌های رخ‌داده

ایستگاه	یخبندان ضعیف	یخبندان ملایم	یخبندان شدید
پارس‌آباد (مارس)	۶۶/۶۷	۲۰/۶۳	۱۲/۷۰
(آوریل)	۴۰	۴۰	۲۰
اردبیل (آوریل)	۴۵/۱۱	۲۶/۳۲	۲۸/۵۷
(می)	۶۹/۲۳	۲۳/۰۸	۷/۶۹
خلخال (می)	۷۷/۷۸	۱۶/۶۷	۵/۵۶

احتمال تواتر یخبندان‌ها

در این بحث احتمال تغییر حالت از وضعیت یخبندان به بدون یخبندان، تغییر حالت از وضعیت بدون یخبندان به یخبندان،

و رخداد حالت یخبندان بعد از وضعیت یخبندان بررسی می‌شود. وضعیت‌های مختلف تغییر حالت در ماه‌های مورد بررسی شناسایی شد و مقدار احتمال تغییر حالت‌ها محاسبه گردید. برای نمونه، در ماه اکتبر، در ایستگاه اردبیل، بر اساس آمار موجود، تغییر از حالت بدون یخبندان (F) به حالت یخبندان (D) ۱۵ مورد و به سایر وضعیت‌ها (یخبندان و بدون یخبندان) ۴۲۰ مورد بوده است. بنابراین، احتمال تغییر از حالت بدون یخبندان به حالت یخبندان ($P_{f.d}$)، ۱۵ به ۴۲۰ یا ۳٫۵۷ درصد خواهد بود. یافته‌های این مباحث در جدول‌های ۱۲ و ۱۳ ذکر شده است.

جدول ۱۲. احتمال تواتر حالت‌های مختلف در یخبندان‌های زودرس

ایستگاه	احتمال رخداد D بعد از F	احتمال رخداد F بعد از D	احتمال رخداد D بعد از D
پارس‌آباد (نوامبر)	۲٫۶۳	۶۴٫۲۹	۳۵٫۷۱
اردبیل (اکتبر)	۳٫۵۷	۵۳٫۳۳	۴۶٫۶۶
خلخال (اکتبر)	۹٫۶۹	۳۳٫۶۸	۶۳٫۳۱

جدول ۱۳. احتمال تواتر حالت‌های مختلف در یخبندان‌های دیررس

ایستگاه	احتمال رخداد D بعد از F	احتمال رخداد F بعد از D	احتمال رخداد D بعد از D
پارس‌آباد (مارس)	۸٫۰۱	۵۴٫۸۴	۴۵٫۱۶
(آوریل)	۰٫۴۷	۴۰	۶۰
اردبیل (آوریل)	۱۴٫۵۷	۳۹٫۳۹	۵۸٫۳۳
(می)	۱٫۶۰	۶۱٫۵۴	۳۸٫۴۶
خلخال (می)	۳٫۴۷	۸۳٫۳۳	۱۶٫۶۷

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نتیجه‌گیری

در این تحقیق تاریخ‌های آغاز و پایان یخبندان‌ها در ایستگاه‌های اردبیل مشخص شد. سپس، ویژگی‌هایی از جمله تداوم، شدت، و تواتر وقوع یخبندان‌های زودرس و دیررس و احتمال آن‌ها بررسی شد. نتایج حاصل از مباحث فوق نشان داد که روند روزشمار تاریخ‌های شروع یخبندان‌های زودرس در ایستگاه پارس‌آباد با مقدار ۰٫۴ روز در سال کاهشی و در ایستگاه‌های اردبیل و خلخال به‌ترتیب با ۰٫۱۱ و ۱٫۰۷ روز در سال افزایشی است. روند روزشمار تاریخ‌های پایان یخبندان‌های دیررس کاهشی است. یخبندان‌های زودرس در ایستگاه پارس‌آباد در ماه نوامبر و در ایستگاه‌های اردبیل و خلخال در ماه اکتبر رخ می‌دهد. یخبندان‌های دیررس در ایستگاه پارس‌آباد در ماه آوریل و در ایستگاه اردبیل و خلخال در ماه می قرار دارند. نتایج نشان داد تداوم یخبندان‌های زودرس در ایستگاه پارس‌آباد کمتر از ایستگاه‌های دیگر است؛ به طوری که در این ایستگاه یخبندان زودرس با تداوم بیش از دو روز رخ نداده است. در ایستگاه خلخال تداوم یخبندان‌های زودرس بیشتر از ایستگاه‌های دیگر است؛ به طوری که در ماه اکتبر یخبندان با تداوم هشت‌روزه با احتمال ۰٫۲۲ درصد رخ داده است. در یخبندان‌های دیررس در ایستگاه خلخال تداوم یخبندان‌ها کمتر شده است. از نظر شدت

یخبندان‌ها، در ایستگاه پارس‌آباد، به سبب پایین‌بودن ارتفاع ایستگاه (۳۱/۹ متر)، دمای هوا بیشتر از ایستگاه‌های دیگر بوده و یخبندان شدید زودرس رخ نداده است. در ایستگاه خلخال یخبندان شدید زودرس بیشتر از ایستگاه‌های دیگر است؛ به طوری که در ماه اکتبر ۱۱ مورد یخبندان شدید با احتمال رخداد ۲/۳۷ درصد مشاهده می‌شود. در ایستگاه اردبیل و خلخال تعداد یخبندان‌های دیررس نسبت به یخبندان‌های شدید زودرس کمتر شده است.

از نظر تواتر حالت‌های مختلف یخبندان و بدون یخبندان، در یخبندان‌های زودرس بیشترین احتمال رخداد یخبندان بعد از حالت یخبندان در ایستگاه خلخال با احتمال ۶۳/۳۱ درصد مشاهده می‌شود. در یخبندان‌های دیررس بیشترین احتمال رخداد یخبندان بعد از یخبندان با احتمال ۶۰ درصد در ایستگاه پارس‌آباد است.

در ایستگاه پارس‌آباد و خلخال در دورهٔ مورد مطالعه طول دورهٔ یخبندان‌ها کوتاه‌تر شده است. در ایستگاه پارس‌آباد یخبندان‌ها با مقدار ۰/۴۰ روز در سال زودتر شروع می‌شود و با مقدار ۰/۵۱ روز در سال زودتر پایان می‌یابد. در ایستگاه خلخال یخبندان‌ها با مقدار ۱/۰۷ روز در سال دیر شروع می‌شود و با مقدار ۰/۱۳ روز دیر پایان می‌یابد. در ایستگاه اردبیل طول دورهٔ یخبندان بیشتر شده است. در این ایستگاه یخبندان‌ها با مقدار ۰/۱۱ روز در سال دیرتر شروع می‌شود و با مقدار ۰/۲۹ روز در سال دیرتر پایان می‌یابد. در مناطق دیگر کشور نیز نتایج مطالعات حاکی از کوتاه‌شدن دورهٔ یخبندان است. برای نمونه، طاوسی و درخشی (۱۳۸۹) اظهار کردند که در منطقهٔ زاهدان یخبندان‌های زودرس و دیررس از هر دو طرف به سمت فصل زمستان در حال عقب‌نشینی‌اند؛ یعنی دورهٔ یخبندان کوتاه‌تر شده است. همچنین، مسعودیان و دارند (۱۳۹۴) بیان کردند که در بیشتر گسترهٔ ایران روند تعداد روزهای یخبندان رو به کاهش است.

در این پژوهش احتمال وقوع برخی از ویژگی‌های یخبندان‌ها برای تمامی روزهای ماه‌هایی که یخبندان زودرس و دیررس در آن رخ داده برآورد شد تا تصویری از احتمال وقوع آن ارائه شود. در این مطالعه علت یا علل یخبندان‌ها بررسی نشده است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود سیستم‌های سینوپتیک و نحوهٔ عمل آن‌ها در ایجاد یخبندان‌های منطقه بررسی شود. همچنین، با توجه به اینکه در این پژوهش ویژگی یخبندان‌های زودس و دیررس برای دوره‌های گذشته تحلیل شد، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، با استفاده از مدل‌های تغییر اقلیم و سناریوهای اقلیمی، این یخبندان‌ها تحت شرایط تغییر اقلیم آینده نیز شبیه‌سازی شود تا از این طریق اطلاعات و تصویری کامل از یخبندان‌های زودرس و دیررس گذشته و آیندهٔ این منطقه ارائه شود.

منابع

بذرافشان، د. و رحیمی. ج. (۱۳۹۳). تحلیل و پهنه‌بندی ریسک وقوع یخبندان و سرماهای تشعشعی، جبهه‌ای، و مختلط در گسترهٔ ایران، نشریهٔ *هواشناسی کشاورزی*، ۱: ۶۷ ـ ۷۹.

حجازی‌زاده، ز. و ناصرزاده، م.ح. (۱۳۸۴). محاسبه و تجزیه و تحلیل ساعت‌های تداوم یخبندان با استفاده از برنامه‌نویسی به زبان دلفی، فصلنامهٔ *تحقیقات جغرافیایی*، ۷۶: ۱۳۹ ـ ۱۵۰.

حجازی‌زاده، ز. و ناصرزاده، م.ح. (۱۳۸۵). تجزیه و تحلیل یخبندان در استان لرستان، نشریهٔ *علوم جغرافیایی*، ۸ و ۹: ۳۱ ـ ۴۸.

خوشحال دستجردی، ج.؛ یزدان‌پناه، ح. و حاتمی بهمن‌بیگلو، خ. (۱۳۸۸). شناسایی الگوهای گردشی پدیدهٔ یخبندان با کاربرد تحلیل مؤلفه‌های مبنا و تحلیل خوشه‌ای (مطالعهٔ موردی: استان فارس)، فصلنامهٔ *جغرافیای طبیعی*، ۱(۴): ۳۳ ـ ۴۶.

طاوسی، ت. و درخشی، ج. (۱۳۸۹). تحلیل آماری احتمال وقوع و دوره‌های برگشت یخبندان‌های زودرس و دیررس زاهدان در دورهٔ آماری ۱۳۶۰ ـ ۱۳۸۶، مجلهٔ علمی- پژوهشی *فضای جغرافیایی*، ۸۹ ـ ۱۰۴.

عساکره، ح. (۱۳۸۹). احتمال تواتر و تداوم یخبندان‌های زودرس و دیررس در شهر زنجان، مجلهٔ *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۱ (۳۷): ۱ ـ ۱۶.

علیجانی، ب.؛ محمودی، پ.؛ ریگی چاهی، ا. و خسروی، پ. (۱۳۸۹). بررسی تداوم روزهای یخبندان در ایران، با استفاده از مدل زنجیرهٔ مارکوف، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۷۳: ۱ ـ ۲۰.

علیزاده، ا.؛ کمالی، غ.؛ موسوی، ف. و موسوی بایگی، م. (۱۳۸۸). *هوا و اقلیم‌شناسی*، چ ۱۳، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

علیزاده، امین، ۱۳۸۹، *اصول هیدرولوژی کاربردی*، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ ۳۰.

محمدی، ح. و گزل‌خو، م. (۱۳۸۹). تأثیر یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره بر کشت غلات در شهرستان کرج، فصلنامهٔ *جغرافیای سرزمین*، ۷(۲۷): ۹۳ ـ ۱۱۰.

محمودی، پ.؛ خسروی، م.؛ مسعودیان، س.ا. و علیجانی، ب. (۱۳۹۴). رابطهٔ بین الگوهای پیوند از دور و یخبندان‌های فراگیر ایران، *جغرافیا و توسعه*، ۴۰: ۱۷۵ ـ ۱۹۴.

مسعودیان، س.ا. و دارند، م. (۱۳۹۴). بررسی روند تعداد روزهای یخبندان ایران، *جغرافیا و توسعه*، ۳۹: ۴۹ ـ ۶۰.

میان‌آبادی، آ.؛ موسوی بایگی، م.؛ ثنایی‌نژاد، ح. و نظامی، ا. (۱۳۸۸). بررسی و پهنه‌بندی یخبندان‌های زودهنگام پاییزه، دیرهنگام بهاره و زمستانه با استفاده از GIS در استان خراسان رضوی، مجلهٔ *آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۲۳(۱): ۷۷ ـ ۸۸.

میرموسوی، س.ح. و حسین بابایی، م. (۱۳۹۰). مطالعهٔ توزیع زمانی- مکانی احتمال وقوع یخبندان در استان زنجان، مجلهٔ *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۲۲(۳): ۱۶۷ ـ ۱۸۴.

نوحی، ک.؛ پدرام، م.؛ صحرائیان، ف. و کمالی، غ. (۱۳۸۴). بررسی و تحلیل تاریخ آغاز و خاتمهٔ یخبندان‌های تابشی- فرارفتی و فرارفتی در استان‌های آذربایجان غربی و شرقی، *پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی*، ۷۵: ۷۷ ـ ۸۵.

Alijani, B.; Mahmodi, P.; Rigi Chahi, A. and Khosravi, P. (2010). The evaluation of freezing days continuation in the Iran by means of the Markov chain model, *Natural geographical research periodical*, 73: 1-20.

Alizadeh, A.; Kamali, G.; Mousavi, F. and Mousavi Bayghani, M. (2009). The air and climatology, Mashhad Firdausi University publications, 13d edition.

Alizadeh, A.; (2010), The principles of applied hydrology, University of Imam Reza, published 30.

Asakereh, H. (2010). The continuum and persistence possibility of early and lastly freezing in the Zanjan city, *The Geography and environmental planning magazine*, 21(37): 1-16.

Bazrafshan, D. and Rahimi, J. (2015). Analyzing and zoning of freezing occurrence and radiation, front and complex colds risks in the Iran-wide, *Journal of Agricultural Meteorology*, 1: 67-79.

David, P.; Tan, D.; Thomas, G. and Paul, J. (2016). Differences between wheat genotypes in damage from freezing temperatures during reproductive growth, *European Journal of Agronomy*, 74: 164-172.

Hejazi Zadeh, Z. and Naser Zadeh, M.H. (2005). The Computation and analyzing of freezing persistence hours by using the Behezbandelfi's programming, *Geographical research periodical*, 76: 50- 139.

Hejazi Zadeh, Z. and Naser Zadeh, M.H. (2005). The freezing analyzing in Lorestan province, *Geographical science publication*, 8 & 9: 31- 48.

Kajfez, B. (1989). Carly Autumn Frost in Upper Carolina Slovenia, *Zbornik Biotehniske Univerze (Yugoslavia)*, 53: 19-20.

Khoshhal Dastjerdi, J.; Yazdanpanah, H. and Hatami Bahman-biglu, Kh. (2009). The identification of freezing phenomenon circulation patterns with a applying the base components analyzing and cluster analyzing (The case study: Fars province), *Natural geographical research periodical*, 4: 33-46.

Kunihiro, T.; Eiji, K. and Tomohiro, N. (2009). Responses of a beech (Fagus crenata Blume) stand to late spring frost damage in Morioka, Japan, *Forest Ecology and Management*, 257: 2359-2369.

Mahmoudi, P.; Khosravi, M.; Masoudian, S.A. and Alikhani, B. (2015). The relationship between remote sensing patterns and the Iran s pervasive freezing, *The geography and development*, 39: 49-60.

Masoudian, S.A. and Darand, M. (2015). The studying of freezing days trend in the Iran, *The geography and development*, 39: 49- 60.

Mian abadi, A.; Mosavi Bayegi, M.; Sanaei nejad, H. and Nezami, A. (2009). The investigation of early autumn freezing and lastly spring freezing zoning by using of GIS software in the Razavi Khorasan province, *The water and soil magazine (agricultural science and industries)*, 23(1): 77- 88.

Mirmousavi, S.h. and Hosein Babaei, M. (2011). The studying of temporal-spacial distribution of freezing occurrence possibility in the Zanjan province, *The Geography and environmental planning magazine*, 22(3):167-184.

Mohammadi, H. and Gozal Kho, M. (2010). The impact of early autumn freezing and lastly spring freezing on the grains cultivation in the Karaj county, *Land geographical periodical*, 7(27): 93- 109.

Nouhi, K.; Padram, M.; Sahraeian, F. and Kamali, G. (2006). The evaluation and investigation of start and end history of the radiation- convective freezing in East and West Azerbaijan provinces, *Research and developing in the farming and gardening*, 75: 77- 85.

Reinsdorf, E. and Koch, H.J. (2013). Modeling crown temperature of winter sugar beet and its application in risk assessment for frost killing in Central Europe, *Agricultural and Forest Meteorology*, 182-183: 21-30.

Rosenberg, N.J. and Myers, R.E. (1962). The nature of growing season frosts in and along the Platte valley of Nebraska, *Monthly Weather Review*, 90: 471-476.

Tavousi, T. and Derakhshi, J. (2009). Statistical analyzing of occurrence possibility and early and lastly freezing recurrence in the Zahedan in the statistical period (1360 - 1386), *The research and scientific magazine of geographical space*, 89- 104.

Tefera, T.A. and Chengdao, L. (2016). *Frost Tolerance and Genetic Improvement in Barley*, Exploration, Identification and Utilization of Barley Germplas, PP. 22-209.

Watkins, S.C. (1991). The annual period of freezing temperatures in Central England 1850-1959, *Inter. J. Climatology*, 11(8).

Waylon, P.R. (1988). Statistical Analysis of Freezing Temperatures in Central and Southern Florida, *J. climatology*, 8(6).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی