

پهنه بندی توزیع زمانی و مکانی آغاز، خاتمه و فراوانی وقوع یخبندان در استان خراسان رضوی

غلامعباس فلاح قاهری^{*۱}

ab_fa789@yahoo.com

فهیمه شاکری^۲

ام البنین نودهی^۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۰۲

چکیده

یکی از اشکال تغییر دما، نوسانات ناگهانی دما به ویژه افت آن تا نقطه انجماد است. یخبندان به وضعیتی گفته می شود که در آن دمای سطح زمین و اشیایی که در تماس با آن قرار دارند، به صفر یا کم تر از صفر درجه سلسیوس کاهش یابد. این تحقیق با هدف بررسی توزیع زمانی و مکانی آغاز و خاتمه یخبندان در استان خراسان رضوی طی دوره آماری ۱۳۶۸-۱۳۹۰ انجام گردیده است. بدین منظور از داده های آماری بلند مدت دمای کمینه روزانه ۱۰ ایستگاه سینوپتیک مشهد، گلکان، کاشمر، نیشابور، سرخس، گناباد، سبزوار، تربت جام، تربت حیدریه و قوچان استفاده شده است. جهت تعیین زمان آغاز و خاتمه یخبندان، روزها به روز شمار ژولیوسی تبدیل و از نرم افزار Minitab و ArcGIS به ترتیب برای رسم نمودار و نقشه های آغاز و خاتمه یخبندان و فراوانی وقوع یخبندان استفاده گردید.

نتایج نشان می دهد که در نواحی شمالی، یخبندان نسبت به نواحی جنوبی و غربی زودتر آغاز شده و دیرتر پایان می پذیرد. طول دوره یخ-بندان در سطح استان از جنوب به شمال افزایش یافته که باعث محدود شدن طول دوره رشد گیاهان در این نواحی می شود. فراوانی وقوع یخبندان در نواحی شمالی نسبت به نواحی جنوبی و غربی بیش تر می باشد.

کلمات کلیدی: پهنه بندی، تاریخ آغاز یخبندان، تاریخ خاتمه یخبندان، فراوانی وقوع یخبندان، روزشمار ژولیوسی.

۱- دانشیار اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، خراسان رضوی، ایران.* (مسوول مکاتبات)

۲- دکتری اقلیم شناسی شهری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، خراسان رضوی، ایران.

۳- کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، خراسان رضوی، ایران.

مقدمه

آب و هوا یکی از عوامل اساسی محیطی است که تمام مظاهر حیات را تحت کنترل دارد. از میان عناصر آب و هوایی دما و بارش نقش تعیین کننده‌ای دارد (۱). یکی از عوامل آب و هوایی که در طی دوره سرد سال در بیش‌تر مناطق کشور بروز می‌کند، پدیده سرما و یخبندان است. یخبندان با پایین آمدن دما و نزول آن به آستانه بحرانی مشخص، شروع می‌شود و با تأثیراتی که در سطح زمین ایجاد می‌کند، زندگی انسان‌ها و همچنین فعالیت‌های عمرانی و بازدهی محصولات باغی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این عارضه بر درختان میوه در فصل زمستان یا اوایل بهار حادث می‌شود و خسارات زیادی بر جای می‌گذارد (۲).

بررسی وقوع یخبندان‌ها همواره مورد توجه محققان و اقلیم شناسان خارجی و داخلی قرار گرفته است. تام و شو (۳) نشان دادند که تاریخ‌های وقوع یخبندان تصادفی بوده و از توزیع نرمال تبعیت می‌کند به همین دلیل استفاده از میانگین و انحراف معیار، شاخص‌های آماری معتبری برای مطالعه این پدیده به شمار می‌رود. با در دست داشتن این دو عامل احتمال وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره از یکدیگر مستقل هستند. بنابراین می‌توان طول مدت فصل رشد را با احتمالات مشخص محاسبه کرد. اریکسون و لیندکوست (۴) با استفاده از ضریب همبستگی رابطه‌ی بین ارتفاع و واریانس دما را مطالعه نمودند و به این نتیجه رسیدند که بین ارتفاع و واریانس دما رابطه معنی‌داری وجود دارد. ویتکوویچ و همکاران (۵) به بررسی علل لغزندگی سطح جاده‌های سوئد به هنگام بارندگی و ریزش برف پرداختند. بوئر و همکاران (۶) بر مبنای پنج ویژگی یخبندان یکی از مناطق گندم‌خیز استرالیا را به چهار ناحیه همگن تقسیم نمودند و بر مبنای فرم وزنی تحلیل رگرسیون به این نتیجه رسیدند که ارتفاع، بهترین عامل پیش‌بینی کننده ویژگی‌های یخبندان است و از این نظر عرض جغرافیایی و سایر عوامل در درجه بعدی اهمیت قرار می‌گیرند. مادلین و بلتراندو (۷) پراکندگی مکانی یخبندان‌های دیررس بهاره و عوامل تأثیرگذار بر روی آن را در ناحیه تاکداری شمال

فرانسه مورد مطالعه قرار دادند. بوتسما (۸) در سال ۱۹۷۶ دمای کمینه و احتمال وقوع خطر یخبندان را در زمین‌های کوهستانی واقع در کشور کانادا مورد بررسی قرار داد. هوم (۹) نسبت به توزیع زمانی فصلی و سالانه یخبندان با توجه به روند وقوع آن در سال‌های گذشته اقدام نمود. کارل (۱۰) در تحقیقی به بررسی منطقه‌ای درجه حرارت حداقل و حداکثر و بارندگی پرداخت و به این نتیجه رسید که درجه حرارت حداقل، حداکثر و بارندگی از نظر آماری قابل پیش‌بینی می‌باشد. هاشمی (۱۱) در مطالعه‌ی تاریخ‌های وقوع یخبندان زودرس پاییزه و دیررس بهاره را براساس اطلاعات شبکه ایستگاه‌های هواشناسی هم-دیدی محاسبه و تحلیل نمود وی چهار آستانه دمایی را تعیین کرد و نشان داد که اولین دماهای بحرانی مورد مطالعه در ایستگاه‌های دشت کویر، دشت لوت و ایستگاه‌های ارتفاعات البرز و زاگرس بسیار زودتر از سایر نقاط کشور اتفاق می‌افتد و دوره بدون یخبندان در مناطق صحرایی و مناطق مجاور دریای خزر و سواحل جنوبی کشور از همه جا طولانی‌تر است. علیزاده و همکاران (۱۲) با استفاده از آمارهای حداقل روزانه ۱۵ ایستگاه هواشناسی استان خراسان، تاریخ‌های اولین وقوع یخ-بندان پاییزه و آخرین وقوع یخ‌بندان بهاره را در سه آستانه حرارتی با توزیع‌های احتمالاتی مطابقت داد و چنین نتیجه-گیری کرده‌اند که وقوع یخبندان زودرس پاییزه و دیررس بهاره از توزیع گامای دوپارامتری تبعیت می‌کند. توکلی و حسینی (۱۳) به منظور ارزیابی شاخص‌های یخبندان و شروع پاییزه آن در اکباتان همدان با استفاده از دمای حداقل روزانه، یخبندان را در سه سطح ضعیف، متوسط و شدید استخراج کردند. نامبردگان پس از تعیین محدوده زمانی وقوع یخبندان و فراوانی وقوع آن‌ها، با بدست آوردن یک مدل همبستگی، تاریخ اولین یخبندان پاییزه را با توجه به آخرین یخبندان بهاره همان سال پیش‌بینی نمودند. علیجانی و هژبرپور (۱۴) سامانه هم‌دیدی یخبندان‌های استان اردبیل را با پارامترهای حداقل دمای روزانه، میانگین حداقل دمای روزانه و مجموع روزهای یخبندان چهار ایستگاه هم‌دیدی برای ۱۰ سال آماری که بر اساس آن سه

بر این اساس، تاریخ وقوع اولین و آخرین یخبندان برای هر سال استخراج شد. روش استخراج داده‌ها به این ترتیب بود که از اول ماه مهر شروع به کنترل دمای حداقل گردید و اولین روزی که دمای حداقل معادل آستانه مورد نظر و یا کم‌تر از آن بود، به عنوان زمان آغاز یخبندان در نظر گرفته شد. برای استخراج آخرین روز یخبندان به همان شیوه عمل شد. بعد از این که تاریخ‌های اولین و آخرین روز یخبندان به دست آمد، نیاز بود که این تاریخ‌ها به صورتی درآیند که تجزیه و تحلیل آن‌ها با روش‌های آماری امکان پذیر شود. برای این کار طبق روش مرسوم، تاریخ‌ها به روز شمار تبدیل شدند. روز شمار کردن تاریخ‌ها به این صورت انجام شد که اولین روز ماه مهر مصادف با ۲۳ سپتامبر به عنوان مبدأ شمارش انتخاب شد. به این ترتیب سری زمانی آغاز و خاتمه یخبندان‌ها بدست آمده و برای تجزیه و تحلیل آماری آماده شدند.

برای محاسبه احتمال وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره بر اساس سری‌های زمانی استخراج شده در هریک از ایستگاه‌ها، لازم بود که سری زمانی داده‌ها به توزیع‌های آماری مختلف برازش داده شود تا بهترین توزیع آماری جهت محاسبه تاریخ‌های آغاز و خاتمه یخبندان در سطوح احتمالاتی مختلف بدست آید. بدین منظور سری‌های زمانی مربوط به ایستگاه‌ها به محیط نرم افزار SMADA انتقال داده شدند و بر اساس خطای معیار بدست آمده، بهترین توزیع آماری انتخاب گردید. نتایج نشان داد اغلب سری‌های آماری انتخاب شده دارای توزیع نرمال می‌باشند.

به این ترتیب با استفاده از توزیع نرمال، تاریخ‌های وقوع اولین و آخرین یخبندان‌ها در سطوح احتمالاتی مختلف محاسبه گردید. سپس با استفاده از نرم افزار Minitab نمودارهای مربوط به تاریخ آغاز و خاتمه یخبندان رسم شد. از نرم افزار ArcGIS برای پهنه‌بندی زمان آغاز و خاتمه یخبندان و تهیه نقشه‌های فراوانی وقوع یخبندان استفاده گردید. در این تحقیق تعداد روزهایی که در دوره آماری مورد مطالعه (۱۳۹۰-۱۳۶۸)، دمای کمینه در آستانه دمایی مورد نظر قرار داشته است، به عنوان

دوره یخبندان، یخبندان شدید و فراگیر به عنوان طولانی‌ترین، زودرس‌ترین و دیررس‌ترین محاسبه کردند و به این نتیجه دست یافتند که فراوانی پرفشارهای مهاجر غربی بیش‌تر از پرفشارسیبری در یخبندان‌های استان اردبیل مؤثر بوده ولی قدرت پرفشار سیبری در ایجاد سرماهای شدید بیش‌تر می‌باشد. گندمکار (۱۵) با بررسی هم‌دیدگی یخبندان‌های بهاره نجف آباد، علل وقوع یخبندان‌های منطقه مذکور را در شکل‌گیری مرکز پرفشار سیبری بر روی سطح دریا در آسپای میانه می‌داند که زبانه‌های این سیستم به سمت ایران کشیده شده و آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. جهانپخش و همکاران (۱۶) با استفاده از آمار ۲۱ ساله ایستگاه هواشناسی تبریز به تحلیل هم‌دیدگی یخبندان‌های بهار تبریز (مطالعه موردی: سرمای بهاره ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳) پرداخته‌اند. بر اساس یافته‌های این تحقیق معلوم شد که موقعیت و قدرت سامانه‌های وضع هوای حاکم بر منطقه در زمان رخداد یخبندان کنترل‌کننده اصلی این پدیده محسوب می‌شوند. همچنین، شکل‌گیری کم‌فشارها و ناهه‌های حاصل از آن‌ها، نقش مهمی در یخبندان‌های بهاره منطقه داشته است. نتایج بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد که تحقیق جامعی در زمینه تاریخ آغاز و خاتمه یخبندان در منطقه مورد مطالعه صورت نگرفته است لذا هدف این تحقیق پهنه‌بندی توزیع زمانی و مکانی آغاز و خاتمه یخبندان در استان خراسان رضوی می‌باشد.

روش تحقیق

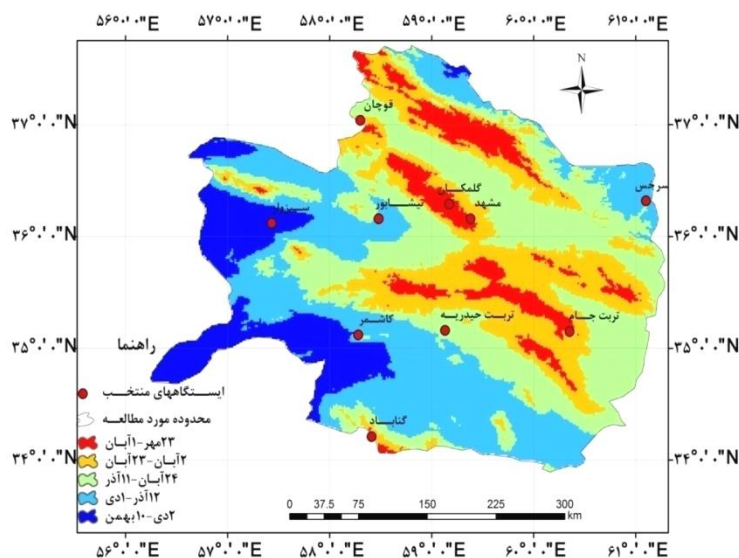
برای تحلیل فراوانی وقوع یخبندان‌ها نیاز بود که برای هر سال، زمان وقوع اولین یخبندان زودرس پاییزه و آخرین یخبندان دیررس بهاره به دست آید. آستانه مورد نظر در این تحقیق دمای حداقل صفر و کم‌تر از آن است. بنابراین برای هر سال آماری و با توجه به آستانه مورد نظر، تاریخ وقوع اولین و آخرین یخبندان استخراج گردید. برای این منظور از آمار دمای حداقل روزانه ۱۰ ایستگاه هواشناسی با دوره آماری ۱۹ تا ۲۳ ساله استفاده شده است.

افت محیطی دما که آن را شیب تغییرات عمودی دما می‌نامند، معمولاً بین ۰/۵ تا ۰/۶ درجه سانتی‌گراد در هر ۱۰۰ متر است (۱۷). مطابق با شکل، یخبندان زودرس پاییزه در بخش‌هایی از نواحی شمالی و مرکزی استان شامل بخش‌های شمالی قوچان، مشهد، گلکان، و بخش مرکزی تربت‌جام می‌باشد. تاریخ وقوع یخبندان زودرس پاییزه در ایستگاه‌های تربت‌حیدریه و گناباد، ۲۴ آبان تا ۱۱ آذر می‌باشد. در نواحی غربی ایستگاه‌های نیشابور و کاشمر، دیرتر آغاز می‌شود (۱۲ آذر - ۱ دی). همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، نواحی شمال غربی مانند ایستگاه سبزوار آخرین منطقه‌ای است که یخبندان را تجربه می‌کند (۲ دی - ۱۰ بهمن).

فراوانی وقوع یخبندان در آن آستانه دمایی در نظر گرفته شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

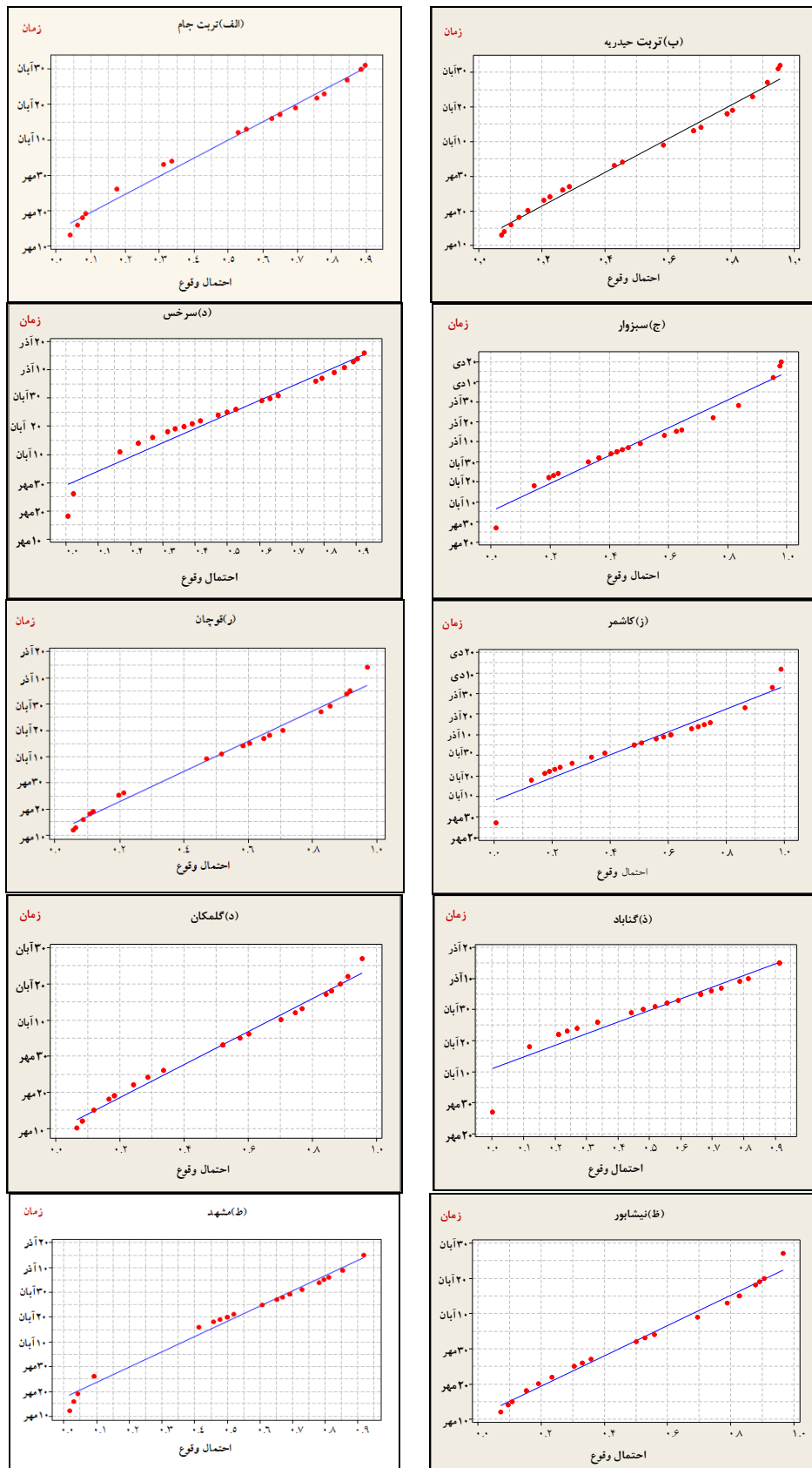
بررسی شکل ۱ نشان می‌دهد که توزیع مکانی آغاز یخبندان از وضعیت توپوگرافی منطقه تبعیت می‌کند و در نواحی شمالی استان زودتر آغاز می‌شود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، تاریخ آغاز یخبندان در این نواحی، ۲۳ مهر تا ۱ آبان می‌باشد. با توجه به شکل، در بخش‌های کوچکی از نواحی مرکزی نیز یخبندان در این تاریخ‌ها شروع می‌شود که دلیل آن ارتفاع زیاد این مناطق و قرار گرفتن آن‌ها در نواحی کوهستانی می‌باشد. زیرا با افزایش ارتفاع، از دمای هوا کاسته می‌شود. مقدار این کاهش یا



شکل ۱- میانگین زمان آغاز یخبندان

احتمال ۷۰ درصد، ۲۰ آبان و با احتمال ۹۰ درصد، ۵ آذر رخ می‌دهد. در ایستگاه سبزوار نیز با احتمال ۵۰ درصد اولین یخ-بندان در ۱۰ آذر، با احتمال ۷۰ درصد، ۱۵ آذر و با احتمال ۹۰ درصد در ۱۰ دی به وقوع می‌پیوندد (شکل ۲ - ج).

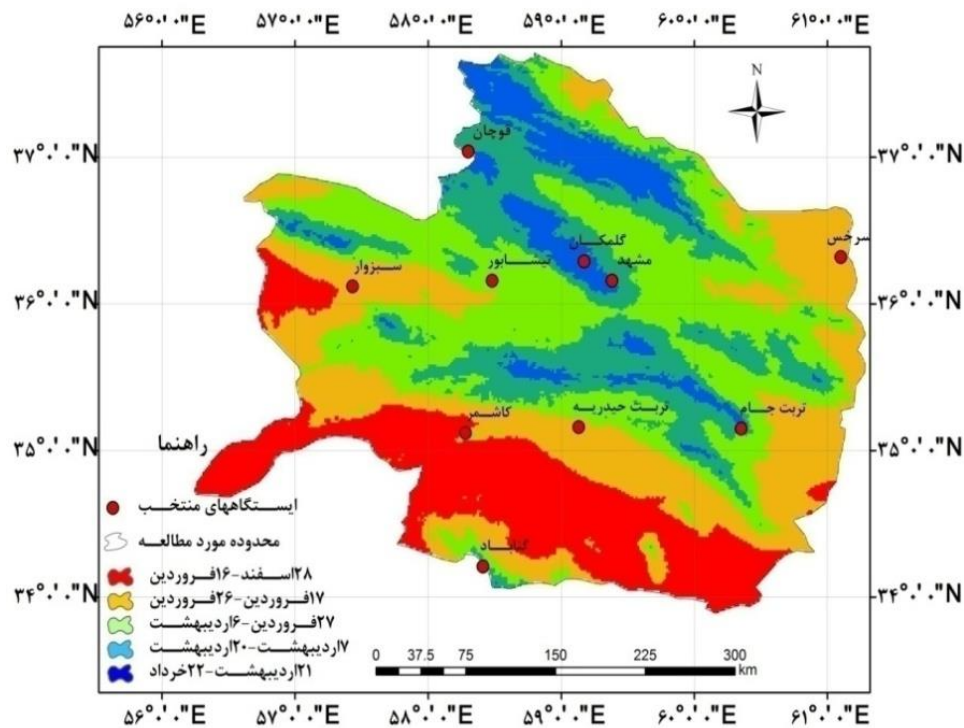
شکل ۲ نمودار احتمالاتی تاریخ آغاز یخبندان را بر اساس توزیع نرمال در ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد. به عنوان مثال، شکل (۲ - ر) تاریخ آغاز یخبندان را در ایستگاه قوچان نشان می‌دهد. با احتمال ۵۰ درصد اولین یخبندان در ۱۱ مهر، با



شکل ۲- تاریخ آغاز یخبندان در ایستگاه‌های مختلف استان

اردیبهشت خاتمه می‌یابد. آخرین منطقه‌ای که در آنها یخبندان خاتمه می‌یابد، نواحی مرتفع و کوهستانی شمال و مرکز استان شامل قوچان، مشهد و گلکمان، می‌باشد که تاریخ آن ۲۱ اردیبهشت - ۲۲ خرداد می‌باشد. در نواحی مرتفع، یخبندان زودتر شروع شده و دیرتر نیز خاتمه می‌یابد، در نتیجه طول فصل یخبندان در این نواحی طولانی بوده و طول فصل رشد کم‌تر است.

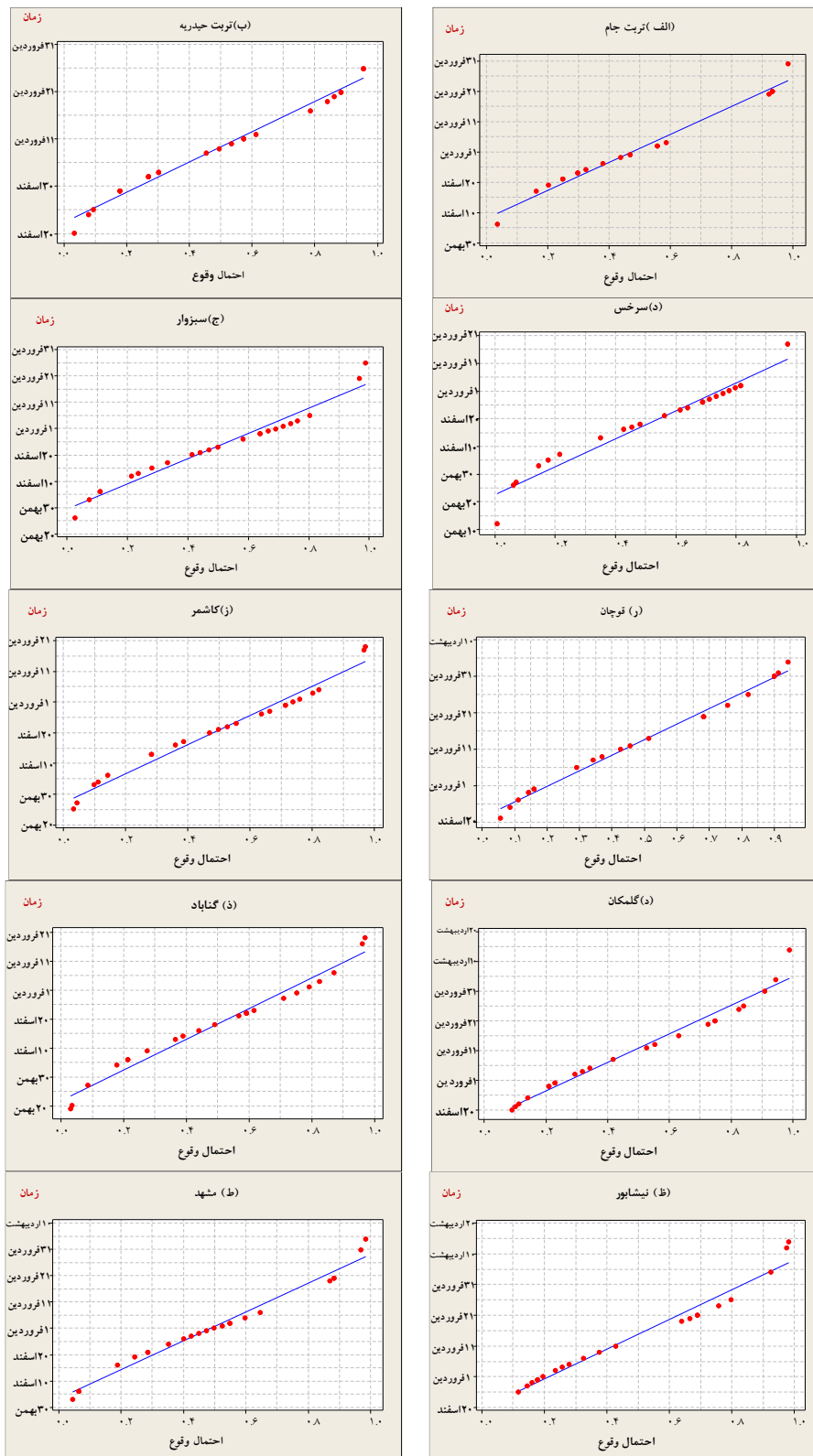
شکل ۳ میانگین زمان خاتمه یخبندان را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود نقشه توزیع احتمالی خاتمه یخ-بندان همانند آغاز یخبندان از وضعیت توپوگرافی منطقه تبعیت می‌کند. مطابق این شکل، یخبندان در نواحی جنوبی و غربی شامل کاشمر زودتر خاتمه می‌یابد (۲۸ اسفند - ۱۶ فروردین). به عبارتی یخبندان در این نواحی دیرتر آغاز می‌شود و زودتر نیز خاتمه می‌یابد. در نواحی مرکزی مانند تربت حیدریه، تربت جام، نیشابور و سبزوار، یخبندان در تاریخ ۱۷ فروردین - ۱۶



شکل ۳- میانگین زمان خاتمه یخبندان

فروردین و با احتمال ۹۰ درصد، ۳۱ فروردین رخ می‌دهد. در ایستگاه سبزوار با احتمال ۵۰ درصد آخرین یخبندان در ۲۲ اسفند، با احتمال ۷۰ درصد ۱ فروردین و با احتمال ۹۰ درصد، ۲۰ فروردین رخ می‌دهد (شکل ۴ - ج).

شکل ۴ نمودار احتمالاتی تاریخ خاتمه یخبندان را بر اساس توزیع نرمال در ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد. به عنوان مثال شکل (۴ - ر) تاریخ خاتمه یخبندان را در ایستگاه قوچان نشان می‌دهد بر اساس نتایج حاصله با احتمال ۵۰ درصد آخرین یخبندان در ۱۳ فروردین، با احتمال ۷۰ درصد، ۲۰



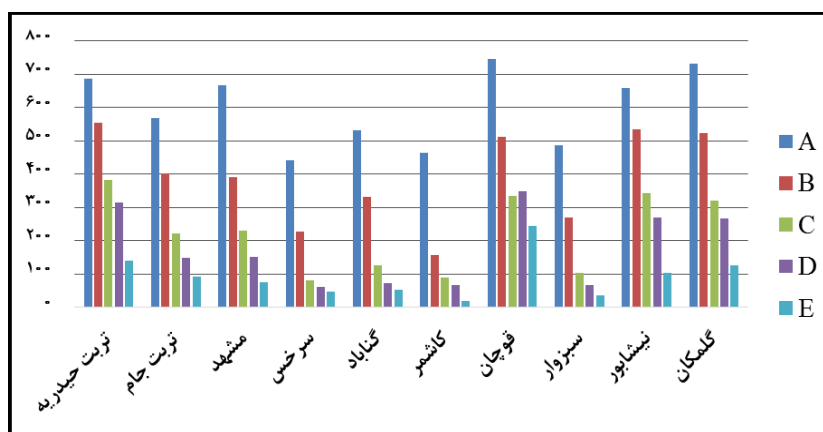
شکل ۴- تاریخ خاتمه یخبندان در ایستگاه‌های مختلف

نتایج حاصل از بررسی فراوانی وقوع یخبندان در پنج

آستانه دمایی (۱۳۶۸-۱۳۹۰) در سطح استان:

از بررسی شکل ۵ چنین برمی آید که ایستگاه قوچان با ۷۴۶ روز یخبندان در آستانه A دارای بیشترین یخبندان در این بازه می باشد. ایستگاه تربت حیدریه با دارا بودن ۵۵۵ روز یخبندان در بازه B دارای بیشترین یخبندان در این آستانه می باشد. کم-

ترین روز یخبندان مربوط ایستگاه کاشمر و در آستانه E می باشد. در کل ایستگاه‌ها سهم یخبندان‌ها در آستانه A برتری قابل توجهی دارد، که در این بین ایستگاه قوچان بیشترین یخبندان‌های این آستانه را تجربه می کند. جدول ۱ فراوانی وقوع یخبندان را در پنج آستانه دمایی در سطح استان خراسان رضوی نشان می دهد.



شکل ۵- نمودار فراوانی وقوع یخبندان در پنج آستانه دمایی ایستگاه‌های مختلف استان خراسان رضوی

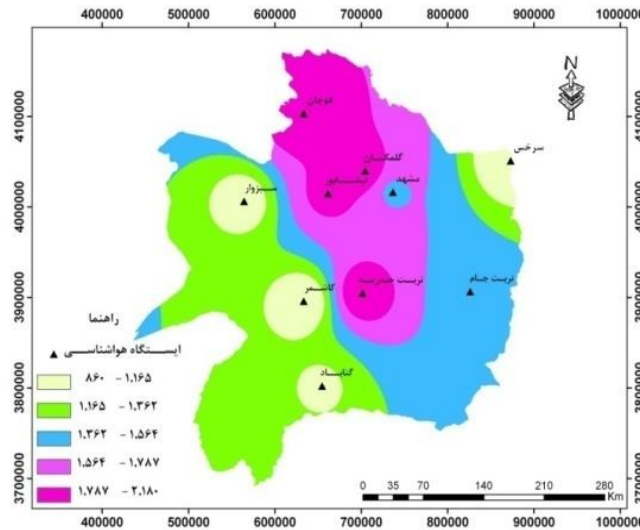
جدول ۱- فراوانی وقوع یخبندان در آستانه‌های دمایی پنج گانه

نام ایستگاه	۰ تا ۱/۹- درجه سلسیوس	۲- تا ۳/۹- درجه سلسیوس	۴- تا ۵/۹- درجه سلسیوس	۶- تا ۹/۹- درجه سلسیوس	۱۰- درجه سلسیوس و کمتر
تربت حیدریه	۶۸۶	۵۵۵	۳۸۲	۳۱۵	۱۴۱
تربت جام	۵۶۷	۴۰۳	۲۲۲	۱۴۷	۹۳
مشهد	۶۶۵	۳۹۱	۲۳۱	۱۵۲	۷۵
سرخس	۴۴۲	۲۲۷	۸۱	۶۰	۴۶
گناباد	۵۳۰	۳۳۰	۱۲۶	۷۱	۵۲
کاشمر	۴۶۴	۲۲۱	۸۹	۶۸	۱۸
قوچان	۷۴۶	۵۱۰	۳۳۳	۳۴۷	۲۴۵
سبزوار	۴۸۵	۲۶۹	۱۰۳	۶۷	۳۶
نیشابور	۶۵۸	۵۳۳	۳۴۳	۲۶۸	۱۰۳
گلستان	۷۳۰	۵۲۳	۳۲۰	۲۶۷	۱۲۶

توزیع مکانی تعداد روزهای یخبندان

مطابق شکل ۶ نواحی مرکزی و شمالی استان شامل ایستگاه-های قوچان، گلکمان، نیشابور و تربت حیدریه دارای بیشترین

روز یخبندان و ایستگاه‌های سرخس، کاشمر و سبزوار دارای کمترین تعداد روزهای یخبندان در طی دوره آماری (۱۳۹۰-۱۳۶۸) می‌باشند.

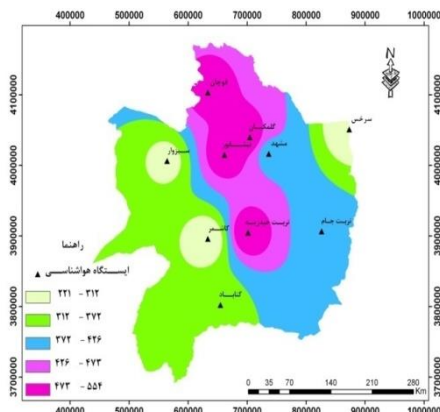


شکل ۶- پهنه‌بندی فراوانی وقوع تعداد روزهای یخبندان در استان خراسان رضوی طی دوره آماری (۱۳۶۸-۱۳۹۰)

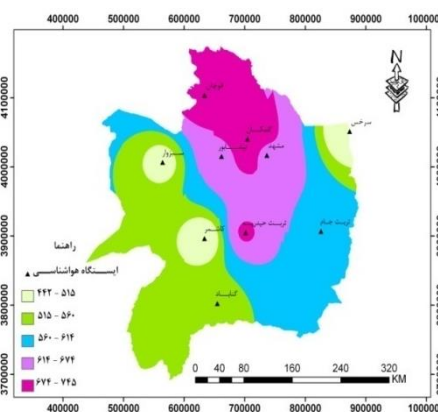
توزیع مکانی وقوع یخبندان در آستانه A و B

مطابق شکل ۷ نواحی شمالی و مرکزی استان در این آستانه دارای بیشترین تعداد یخبندان و نواحی شرقی و غربی دارای کمترین تعداد یخبندان می‌باشند؛ به این ترتیب ایستگاه‌های کاشمر و سبزوار کمترین میزان یخبندان و قوچان بیشترین میزان یخبندان را در این آستانه به خود اختصاص داده‌اند.

همچنین مطابق شکل ۸ در آستانه B نواحی مرکزی و شمالی استان دارای بیشترین تعداد یخبندان و نواحی شرقی و غربی دارای کمترین تعداد یخبندان می‌باشند به این ترتیب ایستگاه‌های کاشمر و سبزوار کمترین میزان یخبندان و نیشابور، تربت-حیدریه، قوچان و گلکمان بیشترین میزان یخبندان را در این آستانه به خود اختصاص داده است.

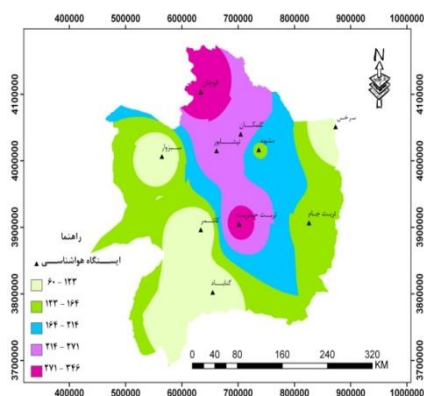


شکل ۷- فراوانی وقوع یخبندان در آستانه A



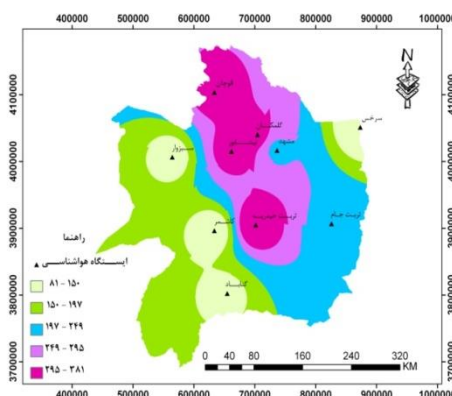
شکل ۸- فراوانی وقوع یخبندان در آستانه B

میزان یخ‌بندان و قوچان، نیشابور و تربت‌حیدریه بیش‌ترین میزان یخ‌بندان را در این آستانه به خود اختصاص داده‌اند. همچنین در آستانه D ایستگاه‌های تربت‌حیدریه و قوچان دارای بیش‌ترین و نواحی غربی استان دارای کم‌ترین میزان یخ‌بندان می‌باشند.



شکل ۱۰- فراوانی وقوع یخ‌بندان در آستانه C

توزیع مکانی وقوع یخ‌بندان در آستانه C و D مطابق شکل ۹ و ۱۰، نواحی مرکزی و شمالی استان در این آستانه دارای بیش‌ترین تعداد یخ‌بندان و نواحی غربی دارای کم‌ترین تعداد یخ‌بندان می‌باشند. به این ترتیب ایستگاه‌های کاشمر، گناباد و سبزوار کم‌ترین

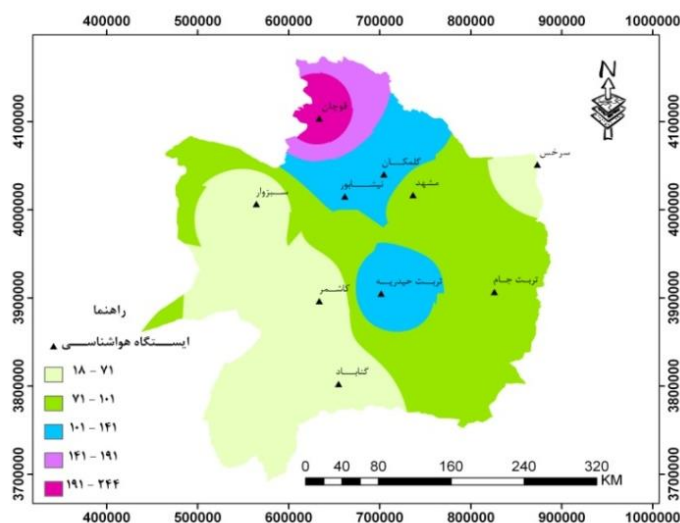


شکل ۹- فراوانی وقوع یخ‌بندان در آستانه D

ایستگاه تربت‌حیدریه، گلکان و نیشابور قابل مشاهده است. بقیه ایستگاه‌های استان از حیث میزان یخ‌بندان از توزیع یکنواختی برخوردار است.

توزیع مکانی وقوع یخ‌بندان در آستانه E

مطابق شکل ۱۱ دماهای این آستانه در سطح استان دارای توزیع تقریباً یکنواختی هستند. با این حال مشاهده می‌شود بیش‌ترین میزان یخ‌بندان در ایستگاه قوچان و در مرتبه دوم در



شکل ۱۱- فراوانی وقوع یخ‌بندان در آستانه E در سطح استان خراسان رضوی.

نتیجه گیری نهایی

با بررسی‌هایی که بین تاریخ آغاز و خاتمه یخبندان با ارتفاع ایستگاه‌های انتخابی انجام گرفت، مشخص شد که بین ارتفاع و تاریخ وقوع یخبندان زودرس پاییزه رابطه معنی‌داری وجود دارد. در این نوع یخبندان‌ها، این رابطه بصورت معکوس می‌باشد و با افزایش ارتفاع، یخبندان زودتر آغاز می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که در فصل پاییز یخبندان‌های زودرس در مناطق کوهستانی زودتر از دشت‌ها رخ می‌دهد. نقشه آغاز یخبندان (شکل ۱) نشان می‌دهد که در دشت‌های استان خراسان رضوی، زمان رخداد اولین یخبندان حدود یک ماه دیرتر از مناطق مرتفع استان می‌باشد. در یخبندان‌های دیررس بهاره، رابطه ارتفاع با خاتمه یخبندان به صورت مستقیم می‌باشد و با افزایش ارتفاع تاریخ وقوع آخرین یخبندان بهاره به تعویق می‌افتد. این موضوع نشان می‌دهد که در مناطق دشتی، یخبندان دیرتر شروع می‌شود و زودتر هم خاتمه می‌یابد، به عبارت دیگر فصل یخبندان در این مناطق کوتاه و فصل رشد طولانی‌تر است. برعکس در نواحی مرتفع، طول فصل یخبندان افزایش و طول فصل رشد کاهش می‌یابد. این مسأله از نظر کشاورزی قابل توجه می‌باشد. همچنین مطابق شکل ۶ فراوانی وقوع یخبندان در مناطق شمالی و مرکزی بیش‌تر از مناطق جنوبی و غربی استان است که با ارتفاع رابطه معنی‌داری دارد. نتایج تحلیل‌های انجام شده همچنین نشان داد ایستگاه قوچان با ۷۴۶ روز یخ-بندان در آستانه A (۰ تا ۱/۹- درجه سلسیوس)، دارای بیش-ترین یخبندان در دوره زمانی مورد مطالعه می‌باشد. ایستگاه تربت‌حیدریه نیز با دارا بودن ۵۵۵ روز یخبندان در آستانه B (۲- تا ۳/۹- درجه سلسیوس)، دارای بیش‌ترین یخبندان در این آستانه می‌باشد. کم‌ترین فراوانی وقوع یخبندان به میزان ۱۸ روز مربوط به ایستگاه کاشمر و در آستانه E (۱۰- درجه سلسیوس و کم‌تر) می‌باشد. توزیع مکانی فراوانی وقوع یخبندان در آستانه‌های دمایی مختلف نیز نشان داد در مجموع مناطق شمال مرکزی استان دارای بیش‌ترین فراوانی وقوع این پدیده می‌باشند و هر چه به سمت جنوب استان حرکت می‌کنیم، از

فراوانی وقوع یخبندان کاسته می‌شود. نتایج بدست آمده از این تحقیق، مدیران را قادر می‌سازد تا برنامه‌ریزی‌های خود را در زمینه‌های مختلف از جمله کشاورزی، حمل و نقل و غیره با توجه به شرایط اقلیمی منطقه به انجام رسانیده و از بروز خسارت‌های احتمالی در این زمینه‌ها جلوگیری نمایند.

منابع

- ۱- کمالی، غلامعلی، «سرماهای زینابخش به کشاورزی ایران در قالب معیارهای احتمالی»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۱۳۸۱، شماره ۶۴، صص ۱۶۵-۱۴۹.
- ۲- اکبرپور، عباس، «بارش»، ماهنامه تخصصی بازار کشاورزی ایران، ۱۳۸۴، صص ۴۴-۱.
- 3- Thom, H.C.S., Shaw, R.H., 1958. Climatological analysis Of freeze data for Iowa, Monthly Weather Review, 86, pp. 251-257.
- 4- Eriksson, M. 2001. Regional influence on the occurrence of road slipperiness during winter precipitation events. Meteorological Applications.
- 5- Vithkevich V. I., 1963. Agricultural Meteorology, Jerusalem (Mpnson), pp.183-305.
- 6- Boer, R. Campbell, L.C., Fletcher, D.J., 1993. Characteristics of Frost in a Major Wheat-growing Region of Australia, Australian journal of Agricultural Research, 44, pp.1731-1743.
- 7- Madelin, M., & Beltrando, G., 2005. Spatial Interpolation – Based Mapping of the Spring Frost Hazard in the Champagne Vineyards, Meteorological applications, 12, pp. 51-56.

- ۱۳- توکلی، محسن و حسینی، مهرداد، «ارزیابی شاخص‌های یخ‌بندان و شروع پاییزه آن در ایران مطالعه موردی ایستگاه اکباتان همدان، مجله نیوار، ۱۳۸۵، شماره ۶۰، صص ۳۱-۳۲.
- ۱۴- هژبرپور، قاسم، علیجانی، بهلول، «تحلیل همدید یخ‌بندان‌های استان اردبیل»، فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۱۳۸۶، صص ۱۰۶-۸۹.
- ۱۵- گندمکار، امیر، «تحلیل سینوپتیکی یخ‌بندان‌های بهاره نجف آباد»، مجله فضای جغرافیایی، ۱۳۸۷، شماره ۲۳، صص ۱۴۷-۱۶۵.
- ۱۶- جهانبخش، سعید؛ رضائی، سمیه؛ قاسمی، احمدرضا و تدینی، معصومه، «تحلیل سینوپتیکی یخ‌بندان‌های بهاره تبریز (مطالعه موردی: سرمای بهار ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳)»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۱۳۹۰، شماره ۱۰۲، صص ۱-۲۴.
- ۱۷- فلاح قاله‌ری، غلامعباس، «اصول و مبانی هواشناسی»، انتشارات دانشگاه حکیم سبزواری، چاپ دوم، ۱۳۹۳، صفحه ۹۶.
- 8- Bootsma, A., 1976. Estimating minimum temperature and climatological freeze risk in hilly terrain, *Agricultural Meteorology*, 16, pp. 425-443.
- 9- Hom, H. C., S. 1959. The Distribution of Freezing Data and Years, *Monthly Weather Review*, 73, pp.34-38.
- 10- Karl T. R., 1998. A Regional Trends and Variation of Temperature and Precipitation in The Impacts of Climate change, Cambridge University Press,
- ۱۱- هاشمی، فریدون، «تجزیه و تحلیل استاتیکی از سرمای تهران»، انتشارات دفتر تحقیقات و بررسی‌های علمی هواشناسی، گزارش سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۵۳، تهران.
- ۱۲- علیزاده، امین و موسوی، محمد، «تاریخ وقوع اولین یخ‌بندان پاییزه و آخرین یخ‌بندان بهاره در استان خراسان»، مجله نیوار، ۱۳۷۲، شماره ۲۴، سازمان هواشناسی کشور.