

## بررسی و تعیین نوع یخبندان در استان خراسان رضوی

مهرنوش اقتداری<sup>۱</sup>، سید محمد موسوی<sup>۲</sup>، غلام‌علی کمالی<sup>۳</sup> و امین علیزاده<sup>۴</sup>

## چکیده

یخبندان‌ها با توجه به شرایط جوی و توپوگرافی محل به دو نوع تابشی و فرارفتی تقسیم می‌شوند. استان خراسان رضوی از جمله نقاطی از کشور است که همه ساله تحت تاثیر هجوم فرارفت هوای سرد واقع شده و خسارت‌های گسترده‌ای به محصولات کشاورزی این استان وارد می‌شود. شناخت نوع یخبندان به منظور استفاده به‌موقع از روش‌های کاهش خسارت در این استان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف از اجرای این مطالعه، تعیین نوع اولین و آخرین یخبندان پاییزه و بهاره و تعیین احتمالات آن‌ها می‌باشد. بر این اساس، اطلاعات هواشناسی دوازده ایستگاه همدیدی استان استخراج و با در نظر گرفتن آستانه دمایی مناسب، تاریخ‌های عبور دمای صفر درجه و یا کمتر از آن برای اولین و آخرین بار در پاییز و بهار تعیین شدند. سپس تاریخ‌های وقوع یخبندان با در نظر گرفتن مبدأ مناسب، دارای ارزش عددی شدند. در کلیه ایستگاه‌ها به منظور تعیین نوع یخبندان، پارامترهای جوی از روزهای قبل و بعد از روزی که یخبندان برای اولین و آخرین بار در پاییز و بهار رخ داده بود، مورد بررسی قرار گرفت و تاریخ‌ها بر اساس نوع یخبندان‌ها تفکیک شدند. با در نظر گرفتن یک دوره آماری ۱۳ ساله، برای کلیه فراسنج‌های یخبندان، احتمالات آن‌ها در سطوح ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد محاسبه شد. براساس نتایج به‌دست آمده، زودترین و دیرترین میانگین تاریخ آغاز یخبندان فرارفتی به ترتیب در ۲۹ آبان و ۲۶ آذر در ایستگاه‌های قوچان و بشرویه بود و یخبندان فرارفتی در ۲۰ اسفند در ایستگاه بشرویه (جنوب استان)، زودتر و در ۱۸ فروردین در ایستگاه قوچان (شمال استان) دیرتر خاتمه می‌پذیرد.

واژه‌های کلیدی: یخبندان، تابشی، فرارفتی، استان خراسان رضوی، آستانه دمایی.

۱، ۲ و ۴. به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشیار و استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد

۳. دانشیار پژوهشکده هواشناسی، تهران

## مقدمه

احتمال خسارت ناشی از یخبندان پیش‌بینی نمودند (سمیعی، ۱۳۷۶). علیزاده و همکاران تاریخ وقوع اولین یخبندان‌های پاییزه و آخرین یخبندان‌های بهاره و طول دوره بدون یخبندان را با استفاده از آمار دمای حداقل روزانه در استان خراسان مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها همچنین احتمال زمانی وقوع سه نوع یخبندان ضعیف، متوسط و شدید را به‌صورت دیررس و یا زودرس ارائه کردند (علیزاده، ۱۳۷۳). کمالی نیز در کلیه ایستگاه‌های همدیدی کشور به ترسیم نقشه‌های هم‌احتمال تاریخ رخداد اولین و آخرین سرما و یخبندان پاییزه و بهاره و طول دوره یخبندان پرداخته است (کمالی، ۱۳۸۰). حجازی‌زاده و ناصرزاده مدت یخبندان در استان لرستان را با استفاده از برنامه دلفی محاسبه و تحلیل نموده‌اند. از نتایج این پژوهش می‌توان به تاثیر پوشش زمین به عنوان عامل موثر بر مدت یخبندان در این استان اشاره کرد، همچنین مشخص شد که عامل ارتفاع هیچ تاثیری بر مدت یخبندان ندارد (حجازی‌زاده و ناصرزاده، ۱۳۸۴). هژبرپور و علیجانی تحلیل سینوپتیکی روزهای یخبندان را در استان اردبیل انجام دادند. تحلیل‌ها نشان داد که عامل موثر بر ایجاد یخبندان‌های سینوپتیکی در این منطقه، حرکت آنتی‌سیکلون‌های غربی و پرفشار سیبری می‌باشد (هژبرپور و علیجانی، ۱۳۸۶). هرناندز و مارتینز در مکزیک به بررسی ریسک اولین و آخرین یخبندان تحت شرایط النینو پرداختند و با تحلیل رگرسیونی دوره‌های یخبندان و ارتفاع نشان دادند که رخداد یخبندان همبستگی بیشتری با ارتفاع نسبت به پدیده النینو دارد (هرناندز و مارتینز، ۲۰۰۹).

یخبندان‌ها بر اساس وضعیت جوی و عوامل دیگر به وجود آورنده آن به دو نوع "تابشی" و "فرارفتی" تقسیم می‌شوند. یخبندان فرارفتی با ورود توده‌ی هوای سرد با دمای زیر صفر درجه‌ی سلسیوس به مناطقی که قبلاً هوای گرم در آن‌جا استقرار داشته حادث می‌شود، اما یخبندان تابشی بر اثر تابش شبانه زمین در شب‌های صاف و بدون باد رخ می‌دهد (پژوهشکده هواشناسی، ۱۳۸۳). امانوئل و همکاران روش‌های آماری را به منظور پیش‌بینی یخبندان تابشی و دمای حداقل توسط چهار مدل مختلف ارائه کرده که سه مدل مبتنی بر توابع

یخبندان از جمله پدیده‌های جوی است که به دلیل زیان‌های شدید و وسیع ناشی از آن، از دیرباز مورد بررسی و تحقیق بشر قرار گرفته است (کمالی، ۱۳۷۸). به سبب آسیب‌های ناشی از پدیده یخبندان، پتانسیل تولید بسیاری از محصولات کشاورزی و باغی در مناطق آسیب‌پذیر کشور کاهش یافته است. به علت خسارات گسترده حاصل از آن به محصولات کشاورزی، پدیده یخبندان در چارچوب بلایای طبیعی طبقه‌بندی شده است (صدقی، ۱۳۷۸).

بنا به تعریف، یخبندان به وضعیتی گفته می‌شود که در آن دمای سطح زمین و اشیایی که در تماس با آن قرار دارند، به صفر یا کمتر از صفر درجه سلسیوس کاهش یابد. گرچه یخبندان پدیده‌ای هواشناختی است و شدت و زمان وقوع آن ماهیتی تصادفی دارد، اما آن‌چه در کشاورزی از اهمیت زیادی برخوردار است اولین یخبندان‌های پاییزه و آخرین یخبندان‌های بهاره می‌باشد (پژوهشکده هواشناسی، ۱۳۸۳). طول فصل رشد برای هر محصول و امکان کشت و کار در هر منطقه توسط رخداد یخبندان‌های پاییزه و بهاره مشخص می‌شود. میانگین تاریخ‌های رخداد آخرین دمای صفر درجه در بهار و اولین دمای صفر درجه در خاتمه یخبندان و طول فصل بدون یخبندان می‌باشد (پژوهشکده هواشناسی، ۱۳۸۳).

اگر احتمالات یا چگونگی توزیع این تاریخ‌ها در اطراف مقدار میانگین تعیین شود، استفاده از این داده‌ها مفیدتر خواهد شد. در این زمینه پژوهش‌های مختلفی صورت پذیرفته است. تام و شاو نشان دادند که تاریخ وقوع یخبندان‌ها از توزیع تصادفی نرمال تبعیت می‌کند و لذا به لحاظ آماری در کاربردهای علمی می‌توان از میانگین و انحراف معیار آن‌ها استفاده نمود (تام و شاو، ۱۹۵۸).

سمیعی و همکاران شروع و خاتمه یخبندان‌ها در ۱۲ آستانه دمائی را مورد بررسی قرار دادند و ضمن ارائه احتمال وقوع یخبندان‌ها، مناسب‌ترین تاریخ کاشت محصولات کشاورزی را در نقاط مختلف با حداقل

خراسان رضوی درج گردیده است. گزارشات همدیدی این ایستگاه‌ها شامل داده‌های سه ساعته و روزانه برای هر ماه از سال بوده، که این داده‌ها شامل سمت و تندی باد، دمای خشک و تر، دمای حداقل و حداکثر، میزان بارندگی و رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، ابرناکی، وضعیت میدان دید و نوع پدیده می‌باشد.

به‌منظور تعیین تاریخ وقوع یخبندان برای اولین و آخرین بار به ترتیب در پائیز و بهار نیاز به انتخاب آستانه دمایی بود، که در این پژوهش آستانه دمایی صفر درجه سلسیوس انتخاب شده است. پس از انتخاب آستانه دمایی، تاریخ‌های عبور دما از صفر درجه در پائیز و بهار طی دوره آماری موجود در هر ایستگاه با استفاده از دمای حداقل روزانه استخراج شد.

جهت اجرای فرآیندهای آماری بر روی تاریخ‌های استخراج شده و دستیابی به تحلیل‌های دقیق لازم بود که این تاریخ‌ها به اعداد تبدیل شوند. با بررسی زودترین تاریخ رخداد یخبندان در منطقه، مشاهده گردید که ۲ اکتبر (۱۰ مهر) زودترین تاریخ در طول دوره مطالعاتی می‌باشد. از این رو به منظور یافتن تاریخ آغاز یخبندان، اول سپتامبر (۱۰ شهریور) به‌عنوان مبدأ انتخاب شد. بر مبنای این مبدأ تمامی تاریخ‌ها دارای ارزش عددی شدند. لازم به یادآوری است که در هر سال ابتدا تاریخ آغاز یخبندان تعیین شد و به این ترتیب تاریخ خاتمه یخبندان در سال میلادی بعدی قرار گرفت.

از آن‌جا که میزان خسارت یخبندان فرارفتی به دلیل تناوب و شدت آن به‌مراتب بیشتر از یخبندان تابشی می‌باشد، تعیین تاریخ آغاز یخبندان فرارفتی در پائیز و تاریخ خاتمه آن در بهار و به‌طور کلی تشخیص و تفکیک این دو نوع یخبندان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (پژوهشکده هواشناسی، ۱۳۸۳). از آن‌جا که یخبندان فرارفتی از انتقال توده‌های هوای سرد در مقیاس وسیع به یک منطقه ناشی می‌شود و از علائم مشخصه آن سرمای خشک، وزش بادهای شدید و هوای ابری و حتی برفی می‌باشد و نیز تغییرات وسیعی در وضعیت جوی محل ایجاد می‌کند، در این مرحله از بررسی، در کلیه ایستگاه‌ها به منظور تعیین نوع یخبندان در هر روزی که دمای حداقل صفر درجه سلسیوس و یا

چندجمله‌ای و مدل چهارم براساس فیلتر کالمن می‌باشد (امانول و همکاران، ۲۰۰۶). مطالعات نظری، تحقیقات ناحیه‌ای و روش‌های آماری به‌کار برده شده جهت روشن شدن علل اصلی این یخبندان‌ها نشان دهنده آن است که اغلب تغییرات ناگهانی جو در سطح زمین، مستقیماً به تغییرات سامانه‌های فشاری مربوط می‌شوند (ویتکوویچ، ۱۹۶۳).

روزنبرگ و مایرز نوع یخبندان را در برنامه‌ریزی کشاورزی با اهمیت‌تر از کاربرد میانگین وقوع دمایی خاص به تنهایی دانسته‌اند. معمولاً تصور می‌شود که آخرین یخبندان‌های بهاره و اولین یخبندان‌های پائیزه از نوع تابشی هستند، اما روزنبرگ و مایرز نشان دادند که ۷ تا ۳۰ درصد آخرین سرماهای بهاره و ۱۷ تا ۴۲ درصد اولین سرماهای پائیزه از نوع فرارفتی هستند (روزنبرگ و مایرز، ۱۹۶۲).

با تعیین و پیش‌بینی نوع اولین یخبندان پائیزه و آخرین یخبندان بهاره، برنامه‌ریزان در امر کشاورزی می‌توانند با پیش‌آگاهی و هشدار به کشاورزان خسارت‌های ناشی از رخداد سرما و یخبندان را کاهش دهند. استان خراسان رضوی، از جمله نقاطی از کشور است که هر ساله تحت تاثیر هجوم فرارفت هوای سرد واقع شده و محصولات آن خسارات زیادی را متحمل می‌شوند. از آن‌جائی که صدمه یخبندان به‌دلیل رخداد یخبندان تابشی و فرارفتی می‌باشد، از این رو در این مطالعه، اولین و آخرین یخبندان‌های تابشی و فرارفتی در پائیز و بهار با لحاظ کردن مقادیر دما، میزان و نوع ابر، سمت و تندی باد و نوع پدیده در استان خراسان رضوی تفکیک گردیده و رخداد احتمالات آن‌ها نیز در سطوح ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد تعیین شده و البته به جهت تداوم و ایجاد خسارت بیشتر، یخبندان‌های فرارفتی مورد تاکید بیشتری قرار گرفته است.

## مواد و روش‌ها

جهت استخراج تاریخ‌های رخداد اولین یخبندان پائیزه و آخرین رخداد آن در بهار، از اطلاعات دوازده ایستگاه همدیدی فعال استان خراسان رضوی استفاده شد. در جدول ۱ مشخصات ۱۲ ایستگاه همدیدی استان

موردی نقشه‌های همدیدی مربوط به رخداد فرارفت هوای سرد از روزهای قبل و بعد از تاثیرگذاری سرمای فرارفتی مورد مطالعه قرار گرفت. سری‌های آماری تاریخ آغاز و خاتمه یخبندان بدون در نظر گرفتن نوع آن و همچنین سری‌های آماری تاریخ آغاز و خاتمه یخبندان فرارفتی با توزیع‌های مختلف آماری برازش داده شد و توزیع نرمال به‌عنوان مناسب‌ترین توزیع انتخاب شد. لازم به ذکر است کلیه محاسبات آماری مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Jump (نرم‌افزار آماری) انجام شد. سپس تاریخ-های رخداد آغاز یخبندان بدون در نظر گرفتن نوع آن و رخداد آغاز و خاتمه یخبندان فرارفتی با احتمالات ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد برای یک دوره آماری مشترک ۱۳ (۱۹۹۳-۲۰۰۵) ساله محاسبه شد.

کمتر گزارش شده بود، تغییرات کلیه پارامترهای جوی مانند دمای حداقل، دمای حداکثر، سمت و تندی باد، ابرناکی و نوع پدیده در ساعات دیدبانی از روزهای قبل و بعد مورد بررسی قرار گرفت.

آشکارترین اثر نزدیکی درون شارش هوای سرد و احتمال فرارفت سرما از نقشه‌های همدیدی سطح زمین و سطوح بالا مشخص می‌شود. با مشاهده روز به روز پیشرفت توده‌های هوا از روی نقشه‌ها می‌توان هجوم یخبندان فرارفتی را با دقت بالائی تشخیص داد. پس از تعیین نوع اولین یخبندان پائیزه و آخرین یخبندان بهاره، در صورت تابشی بودن آن، تاریخ‌های اولین و آخرین یخبندان فرارفتی نیز در هر ایستگاه تعیین شد. سپس به دلیل اهمیت یخبندان‌های فرارفتی در ایران و به منظور تأیید صحت تاریخ‌های به‌دست آمده و به دلیل تعدد نقشه‌های همدیدی در لایه‌های مختلف به‌صورت

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های همدیدی استان خراسان رضوی

ردیف	نام ایستگاه	سال تاسیس (میلادی)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع ایستگاه
۱	مشهد	۱۹۴۹	۹۹۹	۵۹°۳۸'	۳۶°۱۶'	همدیدی فرودگاهی
۲	نیشابور	۱۹۹۰	۱۲۱۳	۵۸°۴۸'	۳۶°۱۶'	همدیدی کشاورزی
۳	فردوس	۱۹۸۳	۱۲۹۳	۵۸°۱۰'	۳۴°۰۱'	همدیدی
۴	ترت حیدریه	۱۹۵۸	۱۴۵۱	۵۹°۱۳'	۳۵°۱۶'	همدیدی
۵	سبزوار	۱۹۵۴	۹۷۸	۵۷°۴۳'	۳۶°۱۲'	همدیدی
۶	گناباد	۱۹۸۶	۱۰۵۶	۵۸°۴۱'	۳۴°۲۱'	همدیدی
۷	قوچان	۱۹۸۳	۱۲۸۷	۵۸°۳۰'	۳۷°۰۴'	همدیدی
۸	سرخس	۱۹۸۴	۲۳۵	۶۱°۱۰'	۳۶°۳۲'	همدیدی
۹	کاشمر	۱۹۸۵	۱۱۱۰	۵۸°۲۸'	۳۵°۱۲'	همدیدی
۱۰	گلمکان	۱۹۸۴	۱۱۷۶	۵۹°۱۷'	۳۶°۲۹'	تحقیقات کشاورزی
۱۱	بشرویه	۱۹۷۳	۸۸۵	۵۷°۲۷'	۳۳°۵۴'	همدیدی تکمیلی
۱۲	ترت جام	۱۹۹۲	۹۵۰/۴	۶۰°۳۵'	۳۵°۱۵'	همدیدی

## نتایج

در جدول‌های ۲ و ۳ به‌عنوان نمونه نتایج به‌دست آمده برای ایستگاه قوچان درج شده است. نتایج حاصل از محاسبه احتمالات مختلف فراسنج‌های یخبندان در جدول‌های ۴ تا ۷ ملاحظه می‌شود. بر اساس جدول‌های مذکور، زودترین تاریخ آغاز یخبندان بدون در نظر گرفتن نوع آن در منطقه با احتمال ۷۵ درصد ۳ نوامبر (۱۲ آبان) در ایستگاه گلمکان و دیرترین تاریخ با همین احتمال ۱۵ دسامبر (۲۴ آذر) در ایستگاه سبزوار به وقوع پیوسته است. زودترین و دیرترین تاریخ آغاز یخبندان بدون در نظر گرفتن نوع آن در دوره شاخص با احتمال ۵۰ درصد در منطقه ۲۴ اکتبر (۲ آبان) الی ۲۹ نوامبر

(۸ آذر) و با احتمال ۲۵ درصد ۳ اکتبر (۲۱ مهر) الی ۱۳ نوامبر (۲۲ آبان) می‌باشد. هم‌چنین با توجه به جدول ۶ می‌توان دریافت که زودترین تاریخ آغاز یخبندان فرارفتی در منطقه با احتمال ۷۵ درصد، ۱ دسامبر (۱۰ آذر) در ایستگاه قوچان و دیرترین تاریخ آغاز یخبندان فرارفتی با همین احتمال ۶ ژانویه (۱۶ دی) در ایستگاه سبزوار رخ داده است. این بازه زمانی با احتمال ۵۰ درصد از تاریخ ۲۰ نوامبر (۲۹ آبان) الی ۲۲ دسامبر (۱ دی) و با احتمال ۲۵ درصد ۹ نوامبر (۱۸ آبان) الی ۷ دسامبر (۱۶ آذر) می‌باشد.

جدول ۲: تاریخ آغاز یخبندان تابشی و فرارفتی در ایستگاه همدیدی قوچان (روز و ماه میلادی)

سال	یخبندان (به هر دلیل)	روز شمار	تابشی	روزشمار	فرارفتی	روزشمار
۱۹۸۵-۱۹۸۶	۲۴ اکتبر	۵۴	۲۴ اکتبر	۵۴	۲۴ نوامبر	۸۵
۱۹۸۶-۱۹۸۷	۱۷ اکتبر	۴۷	۱۷ اکتبر	۴۷	۱۳ نوامبر	۷۴
۱۹۸۷-۱۹۸۸	۱۳ اکتبر	۴۳	۱۳ اکتبر	۴۳	۲۷ اکتبر	۵۷
۱۹۸۸-۱۹۸۹	۱۵ نوامبر	۷۶	۰	۰	۱۵ نوامبر	۷۶
۱۹۸۹-۱۹۹۰	۸ نوامبر	۶۹	۸ نوامبر	۶۹	۲۲ نوامبر	۸۳
۱۹۹۰-۱۹۹۱	۱۷ اکتبر	۴۷	۱۷ اکتبر	۴۷	۸ دسامبر	۹۹
۱۹۹۱-۱۹۹۲	۹ نوامبر	۷۰	۹ نوامبر	۷۰	۲۰ نوامبر	۸۱
۱۹۹۲-۱۹۹۳	۱۷ اکتبر	۴۷	۱۷ اکتبر	۴۷	۱۸ نوامبر	۷۹
۱۹۹۳-۱۹۹۴	۸ اکتبر	۳۸	۸ اکتبر	۳۸	۱۴ نوامبر	۷۵
۱۹۹۴-۱۹۹۵	۲۷ اکتبر	۵۷	۲۷ اکتبر	۵۷	۵ دسامبر	۹۶
۱۹۹۵-۱۹۹۶	۱۸ اکتبر	۴۸	۰	۰	۱۸ اکتبر	۴۸
۱۹۹۶-۱۹۹۷	۳ اکتبر	۳۳	۳ اکتبر	۳۳	۱۲ نوامبر	۷۳
۱۹۹۷-۱۹۹۸	۸ نوامبر	۶۹	۸ نوامبر	۶۹	۲۴ نوامبر	۸۵
۱۹۹۸-۱۹۹۹	۱۰ اکتبر	۴۰	۱۰ اکتبر	۴۰	۲۲ دسامبر	۱۱۳
۱۹۹۹-۲۰۰۰	۲ نوامبر	۶۳	۲ نوامبر	۶۳	۱۱ نوامبر	۷۲
۲۰۰۰-۲۰۰۱	۸ نوامبر	۶۹	۸ نوامبر	۶۹	۱۱ نوامبر	۷۲
۲۰۰۱-۲۰۰۲	۳ نوامبر	۶۴	۳ نوامبر	۶۴	۱۹ نوامبر	۸۰
۲۰۰۲-۲۰۰۳	۱۸ نوامبر	۷۹	۱۸ نوامبر	۷۹	۲ دسامبر	۹۳
۲۰۰۳-۲۰۰۴	۶ نوامبر	۶۷	۶ نوامبر	۶۷	۱۵ نوامبر	۷۶
۲۰۰۴-۲۰۰۵	۹ اکتبر	۳۹	۹ اکتبر	۳۹	۲۵ نوامبر	۸۶
میانگین	۲۶ اکتبر	۵۶	۲۵ اکتبر	۵۵	۱۹ نوامبر	۸۰

جدول ۳: تاریخ خاتمه یخبندان تابشی و فرارفتی در ایستگاه همدیدی قوچان (روز و ماه میلادی)

سال	یخبندان (به هر دلیل)	روز شمار	تابشی	روزشمار	فرارفتی	روزشمار
۱۹۸۵-۱۹۸۶	۱ آوریل	۲۱۳	۰	۰	۱ آوریل	۲۱۳
۱۹۸۶-۱۹۸۷	۸ آوریل	۲۲۰	۰	۰	۶ آوریل	۲۲۰
۱۹۸۷-۱۹۸۸	۶ آوریل	۲۱۸	۶ آوریل	۲۱۸	۷ مارس	۱۸۸
۱۹۸۸-۱۹۸۹	۴ می	۲۴۶	۴ می	۲۴۶	۳۱ مارس	۲۱۲
۱۹۸۹-۱۹۹۰	۲۹ مارس	۲۱۰	۲۹ مارس	۲۱۰	۲۳ مارس	۲۰۴
۱۹۹۰-۱۹۹۱	۱۴ آوریل	۲۲۶	۱۴ آوریل	۲۲۶	۱۳ مارس	۱۹۴
۱۹۹۱-۱۹۹۲	۵ می	۲۴۷	۵ می	۲۴۷	۲۸ مارس	۲۰۹
۱۹۹۲-۱۹۹۳	۲۶ مارس	۲۰۷	۰	۰	۲۶ مارس	۲۰۷
۱۹۹۳-۱۹۹۴	۱۰ آوریل	۲۲۲	۱۰ آوریل	۲۲۲	۵ آوریل	۲۱۷
۱۹۹۴-۱۹۹۵	۲۸ مارس	۲۰۹	۲۸ مارس	۲۰۹	۷ مارس	۱۸۸
۱۹۹۵-۱۹۹۶	۱۲ آوریل	۲۲۴	۱۲ آوریل	۲۲۴	۷ آوریل	۲۱۹
۱۹۹۶-۱۹۹۷	۱۴ آوریل	۲۲۶	۱۴ آوریل	۲۲۶	۳۱ مارس	۲۱۲
۱۹۹۷-۱۹۹۸	۲۶ مارس	۲۰۷	۲۶ مارس	۲۰۷	۷ مارس	۱۸۸
۱۹۹۸-۱۹۹۹	۲۴ آوریل	۲۳۶	۲۴ آوریل	۲۳۶	۲۰ مارس	۲۰۱
۱۹۹۹-۲۰۰۰	۲۹ مارس	۲۱۰	۲۹ مارس	۲۱۰	۱۸ مارس	۱۹۹
۲۰۰۰-۲۰۰۱	۱۹ مارس	۲۰۰	۱۹ مارس	۲۰۰	۱۴ مارس	۱۹۵
۲۰۰۱-۲۰۰۲	۲۴ مارس	۲۰۵	۲۴ مارس	۲۰۵	۱۲ مارس	۱۹۳
۲۰۰۲-۲۰۰۳	۲۰ آوریل	۲۳۲	۰	۰	۲۰ آوریل	۲۳۲
۲۰۰۳-۲۰۰۴	۱۸ آوریل	۲۳۰	۱۸ آوریل	۲۳۰	۶ آوریل	۲۱۸
۲۰۰۴-۲۰۰۵	۹ آوریل	۲۲۱	۰	۰	۹ آوریل	۲۲۱
میانگین	۸ آوریل	۲۲۰	۹ آوریل	۲۲۱	۲۶ مارس	۲۰۷

زودترین و دیرترین تاریخ خاتمه یخبندان فرارفتی با احتمال ۷۵ درصد در منطقه به ترتیب ۲۶ فوریه (۷ اسفند) در ایستگاه بشرویه و ۵ آوریل (۱۶ فروردین) در ایستگاه قوچان بوده و یخبندان فرارفتی با احتمال ۵۰ درصد از تاریخ ۱۱ فوریه (۲۲ بهمن) الی ۲۶ مارس (۶ فروردین) و با احتمال ۲۵ درصد از تاریخ ۲۷ ژانویه (۷ بهمن) الی ۱۶ مارس (۲۵ اسفند) در منطقه خاتمه می‌پذیرد.

در رابطه با خاتمه یخبندان بدون در نظر گرفتن نوع آن نیز با احتمال ۷۵ درصد از تاریخ ۲۰ مارس (۲۹ اسفند) در ایستگاه بشرویه الی ۱۵ آوریل (۲۶ فروردین) در ایستگاه‌های قوچان و نیشابور خاتمه می‌یابد. این بازه زمانی با احتمال ۵۰ درصد از تاریخ ۱۱ مارس (۲۰ اسفند) الی ۷ آوریل (۱۸ فروردین) و با احتمال ۲۵ درصد از تاریخ ۲ مارس (۱۱ اسفند) الی ۳۰ مارس (۱۰ فروردین) در دوره شاخص می‌باشد.

جدول ۴: تاریخ‌های آغاز یخبندان پائیزه با احتمالات مختلف در ایستگاه‌های استان خراسان رضوی در دوره شاخص

نام ایستگاه	تاریخ‌های آغاز یخبندان پائیزه (بر حسب ماه و روز میلادی) با احتمالات مختلف		
	%۲۵	%۵۰	%۷۵
قوچان	۱۶ اکتبر (۲۴ مهر)	۲۶ اکتبر (۴ آبان)	۵ نوامبر (۱۴ آبان)
سرخس	۲ نوامبر (۱۱ آبان)	۱۴ نوامبر (۲۳ آبان)	۲۶ نوامبر (۵ آذر)
گلمکان	۱۴ اکتبر (۲۲ مهر)	۲۴ اکتبر (۲ آبان)	۳ نوامبر (۱۲ آبان)
مشهد	۲۰ اکتبر (۲۸ مهر)	۳ نوامبر (۱۲ آبان)	۱۷ نوامبر (۲۶ آبان)
نیشابور	۱۳ اکتبر (۲۱ مهر)	۲۴ نوامبر (۳ آذر)	۴ نوامبر (۱۳ آبان)
سبزوار	۱۳ نوامبر (۲۲ آبان)	۲۹ نوامبر (۸ آذر)	۱۵ دسامبر (۲۴ آذر)
ترت حیدریه	۱۶ اکتبر (۲۴ مهر)	۲۷ اکتبر (۵ آبان)	۷ نوامبر (۱۶ آبان)
ترت جام	۱۶ اکتبر (۲۴ مهر)	۲۶ اکتبر (۴ آبان)	۵ نوامبر (۱۴ آبان)
کاشمر	۱۱ نوامبر (۲۰ آبان)	۲۳ نوامبر (۲ آذر)	۵ دسامبر (۱۴ آذر)
گناباد	۱۰ نوامبر (۱۹ آبان)	۱۹ نوامبر (۲۸ آبان)	۲۸ نوامبر (۷ آذر)
فردوس	۱ نوامبر (۱۰ آبان)	۱۴ نوامبر (۲۳ آبان)	۲۷ نوامبر (۶ آذر)
بشرویه	۱۱ نوامبر (۲۰ آبان)	۲۰ نوامبر (۲۹ آبان)	۲۹ نوامبر (۸ آذر)

جدول ۵: تاریخ‌های خاتمه یخبندان بهاره با احتمالات مختلف در ایستگاه‌های استان خراسان رضوی در دوره شاخص

نام ایستگاه	تاریخ‌های خاتمه یخبندان بهاره (بر حسب ماه و روز میلادی) با احتمالات مختلف		
	%۲۵	%۵۰	%۷۵
قوچان	۳۰ مارس (۱۰ فروردین)	۷ آوریل (۱۸ فروردین)	۱۵ آوریل (۲۶ فروردین)
سرخس	۶ مارس (۱۵ اسفند)	۱۳ مارس (۲۲ اسفند)	۲۰ مارس (۲۹ اسفند)
گلمکان	۲۸ مارس (۸ فروردین)	۵ آوریل (۱۶ فروردین)	۱۳ آوریل (۲۴ فروردین)
مشهد	۱۷ مارس (۲۶ اسفند)	۲۸ مارس (۸ فروردین)	۸ آوریل (۱۹ فروردین)
نیشابور	۳۰ مارس (۱۰ فروردین)	۷ آوریل (۱۸ فروردین)	۱۵ آوریل (۲۶ فروردین)
سبزوار	۸ مارس (۱۷ اسفند)	۱۵ مارس (۲۴ اسفند)	۲۳ مارس (۳ فروردین)
ترت حیدریه	۲۶ مارس (۶ فروردین)	۲ آوریل (۱۳ فروردین)	۹ آوریل (۲۰ فروردین)
ترت جام	۱۷ مارس (۲۶ اسفند)	۲۷ مارس (۷ فروردین)	۶ آوریل (۱۷ فروردین)
کاشمر	۶ مارس (۱۵ اسفند)	۱۵ مارس (۲۴ اسفند)	۲۴ مارس (۴ فروردین)
گناباد	۳ مارس (۱۲ اسفند)	۱۳ مارس (۲۲ اسفند)	۲۳ مارس (۳ فروردین)
فردوس	۱۱ مارس (۲۰ اسفند)	۱۹ مارس (۲۸ اسفند)	۲۷ مارس (۷ فروردین)
بشرویه	۲ مارس (۱۱ اسفند)	۱۱ مارس (۲۰ اسفند)	۲۰ مارس (۲۹ اسفند)

جدول ۶: تاریخ‌های آغاز یخبندان فرارفتی با احتمالات مختلف در ایستگاه‌های استان خراسان رضوی در دوره شاخص

نام ایستگاه	تاریخ‌های آغاز یخبندان فرارفتی (بر حسب ماه و روز میلادی) با احتمالات مختلف		
	%۲۵	%۵۰	%۷۵
قوچان	۹ نوامبر (۱۸ آبان)	۲۰ نوامبر (۲۹ آبان)	۱ دسامبر (۱۰ آذر)
سرخس	۲۳ نوامبر (۱ آبان)	۲ دسامبر (۱۱ آذر)	۱۱ دسامبر (۲۰ آذر)
گلمکان	۱۰ نوامبر (۱۹ آبان)	۲۱ نوامبر (۳۰ آبان)	۲ دسامبر (۱۱ آذر)
مشهد	۱۰ نوامبر (۱۹ آبان)	۲۲ نوامبر (۱ آذر)	۴ دسامبر (۱۳ آذر)
نیشابور	۱۰ نوامبر (۱۹ آبان)	۲۱ نوامبر (۳۰ آبان)	۲ دسامبر (۱۱ آذر)
سبزوار	۷ دسامبر (۱۶ آذر)	۲۲ دسامبر (۱ دی)	۶ ژانویه (۱۶ دی)
ترت حیدریه	۱۰ نوامبر (۱۹ آبان)	۲۲ نوامبر (۱ آذر)	۴ دسامبر (۱۳ آذر)
ترت جام	۱۰ نوامبر (۱۹ آبان)	۲۲ نوامبر (۱ آذر)	۴ دسامبر (۱۳ آذر)
کاشمر	۱ دسامبر (۱۰ آذر)	۱۷ دسامبر (۲۶ آذر)	۳ ژانویه (۱۳ دی)
گناباد	۳۰ نوامبر (۸ آبان)	۱۷ دسامبر (۲۶ آذر)	۳ ژانویه (۱۳ دی)
فردوس	۳۰ نوامبر (۸ آبان)	۱۷ دسامبر (۲۶ آذر)	۳ ژانویه (۱۳ دی)
بشرویه	۳۰ نوامبر (۸ آبان)	۱۷ دسامبر (۲۶ آذر)	۳ ژانویه (۱۳ دی)

جدول ۷: تاریخ‌های خاتمه یخبندان فرارفتی با احتمالات مختلف در ایستگاه‌های استان خراسان رضوی در دوره شاخص

نام ایستگاه	تاریخ‌های خاتمه یخبندان فرارفتی (بر حسب ماه و روز میلادی) با احتمالات مختلف		
	%۲۵	%۵۰	%۷۵
قوچان	۱۶ مارس (۲۵ اسفند)	۲۶ مارس (۶ فروردین)	۵ آوریل (۱۶ فروردین)
سرخس	۱ فوریه (۱۲ بهمن)	۱۵ فوریه (۲۶ بهمن)	۱ مارس (۱۰ اسفند)
گلمکان	۱۱ مارس (۲۰ اسفند)	۲۰ مارس (۲۹ اسفند)	۲۹ مارس (۹ فروردین)
مشهد	۱۰ مارس (۱۹ اسفند)	۱۸ مارس (۲۷ اسفند)	۲۷ مارس (۷ فروردین)
نیشابور	۱۳ مارس (۲۲ اسفند)	۲۲ مارس (۲ فروردین)	۳۱ مارس (۱۱ فروردین)
سبزوار	۳۱ ژانویه (۱۱ بهمن)	۱۸ فوریه (۲۹ بهمن)	۹ مارس (۱۸ اسفند)
ترت حیدریه	۱۱ مارس (۲۰ اسفند)	۲۰ مارس (۲۹ اسفند)	۲۹ مارس (۹ فروردین)
ترت جام	۸ مارس (۱۷ اسفند)	۱۷ مارس (۲۶ اسفند)	۲۶ مارس (۶ فروردین)
کاشمر	۱ فوریه (۱۲ بهمن)	۱۵ فوریه (۲۶ بهمن)	۱ مارس (۱۰ اسفند)
گناباد	۱ فوریه (۱۲ بهمن)	۱۴ فوریه (۲۵ بهمن)	۲۸ فوریه (۹ اسفند)
فردوس	۱ فوریه (۱۲ بهمن)	۱۵ فوریه (۲۶ بهمن)	۱ مارس (۱۰ اسفند)
بشرویه	۲۷ ژانویه (۷ بهمن)	۱۱ فوریه (۲۲ بهمن)	۲۶ فوریه (۷ اسفند)



**بحث**

با توجه به نتایج به دست آمده و با توجه به موقعیت ایستگاه‌های منطقه (شکل ۱)، زودترین و دیرترین میانگین تاریخ آغاز یخبندان فرارفتی به ترتیب در ایستگاه‌های قوچان و بشرویه بوده است. با توجه به این که ایستگاه قوچان شمالی‌ترین ایستگاه منطقه است، بنابراین نسبت به سایر ایستگاه‌ها زودتر تحت تاثیر امواج سرد شمالی قرار گرفته و به همین ترتیب سایر ایستگاه‌ها با عرض‌های بالاتر تحت تاثیر این امواج قرار می‌گیرند. زودترین میانگین تاریخ خاتمه یخبندان فرارفتی در ایستگاه بشرویه و دیرترین آن، در ایستگاه قوچان

واقع شده است. معمولاً آخرین یخبندان‌های فرارفتی زمانی اتفاق می‌افتد که دامنه فعالیت سامانه‌های مهاجر شمالی کم شده و کم‌فشار حرارتی فعالیت خود را آغاز می‌کند. به نظر می‌رسد با شروع فعالیت کم‌فشار حرارتی که از بخش‌های جنوبی وارد ایران می‌شود، ابتدا عرض‌های جنوبی را تاثیر قرار داده و به تدریج به عرض‌های شمالی تر می‌رسد. بنابراین با توجه به این مطالب روشن است که یخبندان‌های فرارفتی در ایستگاه بشرویه، که جنوبی‌ترین ایستگاه منطقه مورد مطالعه است، زودتر خاتمه می‌پذیرد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی استان خراسان رضوی

## منابع

- پژوهشکده هواشناسی. ۱۳۸۳. کاهش ضایعات سرمازدگی بر محصولات کشاورزی در استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، سازمان هواشناسی کشور.
- حجازی‌زاده، ز. و ناصرزاده، م. ۱۳۸۴. محاسبه و تحلیل مدت یخبندان توسط برنامه دلفی در استان لرستان. فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره بهار، ص ۱۳۹-۱۵۰.
- سمیعی، م. و همکاران. ۱۳۷۶. شروع و خاتمه یخبندان در ایران. گزارش نهایی طرح پژوهشی، سازمان هواشناسی کشور.
- صدقی، ح. ۱۳۷۸. نگرشی بر نحوه انجام مطالعات کاهش ضایعات ناشی از سرمازدگی محصولات کشاورزی. مجموعه مقالات کارگاه آموزشی سرما و یخ‌زدگی محصولات کشاورزی، سازمان حفظ نباتات وزارت کشاورزی.
- علیزاده، ا. ۱۳۷۳. تاریخ وقوع اولین یخبندان‌های پائیزه و آخرین یخبندان‌های بهاره در خراسان. مجله نیوار، ۲۴، سازمان هواشناسی کشور.
- کمالی، غ. ۱۳۷۸. پدیده یخبندان و سرمازدگی در کشاورزی. خلاصه مقالات و سخنرانی‌های ارائه شده در گردهمایی مقدماتی کارگاه آموزشی سرما و یخ‌زدگی محصولات کشاورزی، سازمان حفظ نباتات.
- کمالی، غ. ۱۳۸۰. بررسی سرماهای زیان‌بخش به کشاورزی ایران و تهیه اطلس اقلیمی آن. گزارش نهایی طرح پژوهشی، سازمان هواشناسی کشور.
- هژیرپور، ق. و علیجانی، ب. ۱۳۸۶. تحلیل سینوپتیکی روزهای یخبندان در استان اردبیل. مجله توسعه و جغرافیا، شماره پاییز و زمستان، ص ۸۹-۱۰۶.
- Emmanouil, G., Galanis, G. and Kallos, G. 2006. Statistical methods for the prediction of night-cooling and minimum temperature. *Meteorol, Appl*, 13: 1-11.
- Hernandez, A. R. and Martinez, L. R. 2008. The risk of early and late frost behavior in central Mexico under El Nino conditions. *Atmosfera*, 22(1): 111-123.
- Rozenberg, N. J. and Myers, R. E. 1962. The nature of growing season frost in and along the Platte valley of Nebraska. *Monthly Weather Review*, November: 471-478.
- Thom, H. C. S. and Shaw, R. H. 1958. Climatological analysis of freeze data for Iowa. *Monthly Weather Reviews*, 86: 251-257.
- Vithkevich, V. I. 1963. *Agricultural Meteorology* : 183-188.

## The Assessment and Determining of the Type of Frost in Khorasan Razavi

Eghtedari<sup>1</sup>, M., Mousavi<sup>2</sup>, M., Kamali<sup>3</sup>, G. A. and Alizadeh<sup>2</sup>, A.

### Abstract

Based on meteorological conditions and also topography, frost is divided into two types of radiative and advective. Province of Khorasan Razavi in north east of Iran, is one of the places which is affected by advection of cold weather and always its agricultural productions are faced to many losses. So, determining the kind of frost in this province is very important. The aim of this study is to consider and determine the type of the early fall and late spring frost and their probability in province of Khorasan Razavi. The meteorological data of twelve synoptic stations were collected and the date of temperature falling to 0°C (threshold) or lower for the first time in the fall and last time in the spring were determined. Then, the date of frost was given with quantitative values. To determine the type of frost, all atmospheric parameters were considered at observation date, the days before and after the first fall and last spring frost and then the dates were separated based on the kind of the frost. A statistical period of 13 years was selected and then probability of date of occurrence with 25, 50 and 75 percent were calculated. Results show that the earlier and later average of the starting date of advective frost happened in 20 of November and 17 of December in Ghouchan and Boshrouye station, respectively. The results also show that, the advective frost finish in 11<sup>th</sup> of March and 7<sup>th</sup> of April in Boshrouye station (South) earlier and in Ghouchan (North) latest respect to the other stations.

**Keywords:** Frost, Radiative, Advective, Province of Khorasan Razavi, Temperature Threshold

---

1, 2 and 4. M.Sc. Student, Associate Professor and Professor respectively, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3. Associate Professor of Meteorological Organization of Iran, Tehran