

تحلیل و پهنه‌بندی زمانی - مکانی یخبندان در ایران

منوچهر فرج‌زاده (دانشیار اقلیم‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس تهران)

farajzam@modares.ac.ir

سید امیر حسینی (کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس تهران؛ نویسنده مسؤل)

hezarrah.19@gmail.com

چکیده

در این پژوهش، به منظور تحلیل و منطقه‌بندی توزیع زمانی و مکانی یخبندان در ایران، دماهای صفر و زیر صفر، پنجاه و چهار ایستگاه هواشناسی کشور با دوره مشترک سی و یک ساله استخراج و نقشه‌ی پراکندگی مکانی یخبندان در ایران تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد که میانگین سالانه‌ی روزهای یخبندان ایران، و میانگین دمای آن به ترتیب شصت و دو روز و ۳- درجه بوده است. دی‌ماه با میانگین بیست و هشت روز، بیشترین روزها و سردترین دماها را داشته است. میانگین کمینه‌های مطلق کشور ۱۶/۵- درجه بوده و پایین‌ترین کمینه‌های مطلق در غرب و شمال‌غرب کشور رخ داده است. در پهنه‌بندی یخبندان، منطقه‌ی غرب، شمال‌غرب و البرز، یخبندان‌های بسیار شدید، شمال، یخبندان کم را تجربه می‌کنند. در تمامی دوره‌ها، غرب، شمال‌غرب و دامنه‌های جنوبی البرز بیشترین میانگین‌ها و سردترین دماها، و مناطق شمالی و جنوبی، کمترین میانگین روزها و دماها را دارا بوده‌اند.

کلیدواژه‌ها: ایران، پهنه‌بندی، تحلیل زمانی، تحلیل مکانی، یخبندان.

درآمد

در ایران در فصل سرد سال با ورود توده‌های هوای سرد شمالی، شمال‌غربی و غربی، مناطق مختلف ایران به ویژه شمال‌غرب، غرب، البرز و شمال‌شرق، دماهای پایینی را تجربه می‌کنند. ارتفاع زیاد، عرض جغرافیایی بالا، قرار گیری در محل ورود سامانه‌های سرد و توپوگرافی محل، زمینه ساز یخبندان‌های شدیدی در این مناطق است.

مطالعات نشان می‌دهد که دما در هر هزار متر افزایش ارتفاع، شش تا پنج درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش پیدا می‌کند (علیجانی و کاویانی، ۱۳۷۱). این کاهش در مناطق مسکونی، باغات، جاده‌ها و که در ارتفاعات بالایی قرار دارند، موجب کاهش دما به درجه‌حرارت‌های بسیار پایین شده و خسارات زیادی را در بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، حمل و نقل، آب، نیرو و به بار می‌آورد. از جمله، سرمای شدید در خلخال در تأسیسات آب حدود یک میلیارد ریال (URL1)، بر محصولات کشاورزی آمریکا در سال ۱۹۷۱، ۱/۱ میلیارد دلار (محمدی، ۱۳۸۵)، در باغ‌های پسته کرمان در فروردین ۱۳۷۶ بیش از دویست میلیارد تومان، به تأسیسات شرکت آب و فاضلاب استان زنجان در چهارم بهمن ۱۳۸۶ بیش از شش میلیارد و پانصد و شانزده میلیون ریال (URL2) و بسیاری موارد دیگر، خسارت به بار آورده است. این حجم از خسارات در ابعاد گوناگون اهمیت شناخت و برنامه ریزی جهت مقابله با این پدیده‌ی اقلیمی را بیش از پیش نمایان می‌کند.

روزنبرگ و مایر، مشخص نموده‌اند که دلایل تغییرات ناگهانی دما در سطح زمین، به ویژه در فصل بهار، به طور مستقیم با تغییرات الگوهای فشار و فرایندهای دینامیکی جو ارتباط دارد و اضافه می‌کنند که در بررسی‌ها باید تابش را نیز همراه با الگوی فشار دخالت داد (Rosenberg and Myers 1962). کاجفر، تاریخ وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه را در نه مکان در منطقه‌ی گورنجسکا در اسلوونی در سال‌های ۱۹۸۷ و ۱۹۴۷ مورد بررسی قرار داده است. وی تاریخ‌های اولین یخبندان را به دست آورده و همچنین رابطه‌ی تاریخ وقوع اولین یخبندان و ارتفاع محل را نیز، مورد بررسی قرار داده است (Kajfcz, 1989). واتکینز، برای شناخت تغییرات بلند مدت فصل یخبندان، با بررسی دماهای روزانه، شروع و پایان یخبندان‌ها

در انگلستان مرکزی، به این نتیجه رسیده است که طول مدت فصل یخبندان حدود دو روز در هر ده سال کاهش می‌یابد و این کاهش را در ارتباط با افزایش درجه حرارت می‌داند (Watkins, 1991). بوئر و همکاران بر مبنای پنج ویژگی یخبندان، منطقه‌ای گندم خیز از استرالیا را به چهار بخش همگن تقسیم نمودند و به این نتیجه دست یافتند که ارتفاع مهمترین عامل پیش‌بینی‌کننده‌ی ویژگی‌های یخبندان است و عرض جغرافیایی و سایر عوامل در درجه‌ی بعدی اهمیت قرار دارند (Boer et al., 1993).

مطالعات زیادی در خصوص یخبندان در کشور صورت گرفته است. در همین زمینه هاشمی (۱۳۵۳) تاریخ وقوع زودترین و دیرترین یخبندان‌های پاییزه و بهاره را در کویر، البرز و زاگرس زودتر از مناطق دیگر ایران تشخیص داده است، اما در این تحقیق این تاریخ‌ها ابتدا در شمال غرب و غرب سپس در البرز روی می‌دهد. گرجی و ثابت (۱۳۷۱) در بررسی سرمای دیررس بهاره معتقد اند که دمای کمینه‌ی روزانه طی بیست و پنج سال روند صعودی داشته است که با نتیجه‌ای که این تحقیق به آن دست یافته، هم‌سو است، به گونه‌ای که از ابتدای دوره (۱۹۷۴) تا انتهای دوره (۲۰۰۴) کاهش دما از $4/2 -$ به $3/8 -$ و کاهش یازده درصدی از میانگین روزهای یخبندان، بیانگر این موضوع است که دلیل آن را می‌توان در تغییرات عمومی آب و هوا و تغییر اقلیم کره‌ی زمین دانست. روشنی و عبدالهی (۱۳۸۵) در تحلیل آماری یخبندان ایستگاه اراک (۹۲-۱۹۷۰) با استفاده از روش‌های آماری، مهمترین عامل در یخبندان‌های اراک را عامل ارتفاع (۱۷۸۰ متر) دانسته و هجوم هوای سرد را در تشدید یخبندان‌ها در درجه دوم تشخیص داده‌اند. همچنین برآورد کرده‌اند که دامنه‌ی یخبندان بین ماه‌های مهر تا فروردین در نوسان است و با تقویم ژولیوسی یخبندان‌های بهاره را با دوره‌های بازگشت ۹۳ تا ۱۲۳ روز به دست داده‌اند. کمالی و صحرائیان (۱۳۸۴) در بررسی آماری وقوع سرما و یخبندان‌های بهاره و پاییزه آذربایجان شرقی نشان داده‌اند که اولین سرما و یخبندان پاییزه با احتمال ۲۵ درصد در مهر ماه و آبان ماه اتفاق می‌افتد و وقوع سرما و یخبندان در این استان از شمال به جنوب به تأخیر می‌افتد. آخرین یخبندان بهاره نیز با احتمال ۲۵ درصد در فروردین و اردیبهشت اتفاق می‌افتد. آنها دریافتند که در شرق و شمال شرق استان سرماهای شدید و یخبندان زود هنگام بیشتر از سایر مناطق است. حقیقی و همکاران (۱۳۸۵) اطلس احتمال وقوع کمینه‌ی دمای استان فارس را تعیین نموده‌اند

و در آن با تعیین دو معیار زمانی اول فروردین و اول مهرماه، سه محدوده‌ی دمایی (صفر الی ۱/۵-، ۱/۵ الی ۳- و کمتر از ۳-) به ترتیب به عنوان یخبندان‌های ملایم، متوسط و شدید به دست می‌دهند. نوحی و همکاران (۱۳۸۶) در تحلیل تاریخ آغاز و پایان یخبندان‌های تابشی - فرارفتی و فرارفتی در آذربایجان‌های غربی و شرقی دریافته‌اند که سری‌های زمانی اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهار از نوع تابشی - فرارفتی بوده و این سریها تصادفی بوده و از تابع توزیع نرمال پیروی می‌کنند. همچنین یخبندان‌های فرارفتی از شش تا چهل روز دیرتر از یخبندان‌های تابشی - فرارفتی در پاییز آغاز و یک تا بیست و پنج روز زودتر در بهار پایان می‌یابند. فتاحی و صالحی پاک (۱۳۸۸) با بررسی الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه‌ی ایران، با استفاده از تحلیل عاملی و خوشه‌بندی به این نتیجه رسیده‌اند که تیپ‌های هوای پرفشار مرکزی، پرفشار اروپای شرقی، پرفشار اروپای شمالی و پرفشار سیبری الگوهایی هستند که منجر به یخبندان‌های شدید و فراگیر در ایران می‌شوند. مجرد قره باغ (۱۳۷۶) در تحلیل آماری یخبندان ایستگاه‌های مورد مطالعه، ارتفاع و عرض جغرافیایی را در ایجاد یخبندان دخیل دانسته‌اند. همچنین حیدری گندمان (۱۳۷۴)، فتاحی و صالحی (۱۳۸۸) عوامل سینوپتیکی را عامل اصلی یخبندان دانسته‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که برای هر یک از مناطق ایران یکی از عوامل اقلیمی تأثیرگذار است، برای مثال در شمال غرب، غرب و شمال کشور عامل سینوپتیک و ارتفاع، در مناطق جنوبی عامل عرض جغرافیایی و در مناطق مرکزی عامل ارتفاع بیشترین تأثیر را در ایجاد یخبندان بر عهده دارند.

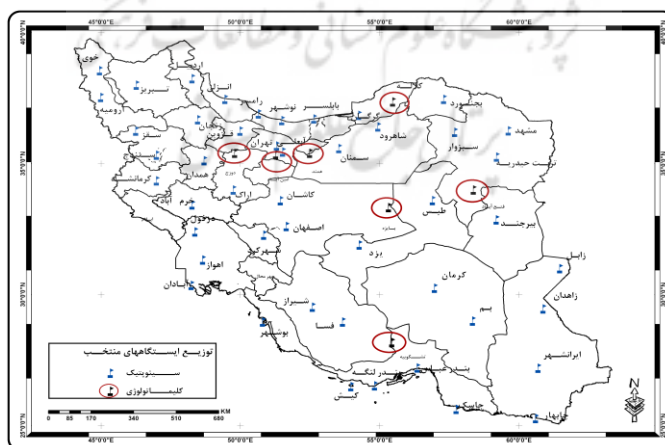
بررسی پیشینه‌ی تحقیقاتی: می‌توان گفت که در این زمینه، مطالعه‌ی یکپارچه در کشور صورت نگرفته است. تمامی پژوهش‌های قبلی، یخبندان‌های ایران را یا به صورت پهنه‌ای محدود به یک یا چند استان یا به یکی از جنبه‌های آن مورد بررسی قرار داده‌اند و یا یخبندان و خسارات ناشی از آن را در یکی از بخش‌های اقتصادی مورد ارزشیابی قرار داده‌اند. همچنین برخی از پژوهش‌ها نیز در بازه‌ی زمانی محدودی به تحلیل یخبندان همت گماشته‌اند و تا کنون یخبندان به صورت تحلیل روزانه دماهای زیر صفر درجه با نگاهی یکپارچه و سراسری به کل کشور مورد بررسی قرار نگرفته است. به همین دلیل هدف مقاله‌ی حاضر، بررسی آمار روزانه و تحلیل مکانی و زمانی یخبندان و ویژگی‌های آن در کشور است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، برای بررسی یخبندان در ایران، داده‌های روزانه‌ی دمای کمینه‌ی ۲۳۵ ایستگاه سینوپتیک و ۴۲۷ ایستگاه کلیماتولوژی کشور از سازمان هواشناسی اخذ گردید. پس از بررسی، ایستگاه‌های با آمار سی و یک سال جدا شدند و آمار مفقوده‌ی آنها استخراج و بازسازی شده در نهایت چهل و هفت ایستگاه سینوپتیک و هفت ایستگاه کلیماتولوژی با دوره‌ی مشترک سی و یک ساله (۲۰۰۴ - ۱۹۷۴) برای تحلیل و پهنه‌بندی یخبندان در ایران انتخاب شد. اساس این تحقیق روی داده‌های صفر و زیر صفر درجه‌ی سانتی‌گراد استوار است. شکل (۱) و جدول (۱) توزیع ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

برای اطمینان از کافی بودن سال‌های آماری مورد مطالعه یا همان طول دوره‌ی آماری، از آزمون موکوس $Y = (4.30t \log 10R)^2 + 6$ استفاده شد (علیزاده و همکاران، ۱۳۷۴). نتیجه‌ی آزمون نشان داد که داده‌ها با دوره آماری سی و یک ساله برای انجام تحقیق مناسب است. همچنین برای اطمینان از یکنواختی و همگن بودن داده‌های مورد استفاده از آزمون *RUN TEST* استفاده شد، که در تمام موارد عدد به دست آمده زیر ۰/۰۵، نشان از همگنی مناسب داده‌ها دارد. در فرایند بازسازی داده‌ها به دلیل حجم بالای داده‌های مفقوده و استفاده از داده‌های روزانه، از روش هم‌بستگی استفاده شد، که در تمام موارد هم‌بستگی بین ایستگاه بازسازی شده و ایستگاه مبنا بالای ۰/۹۰ درصد معنا دار بود.

شکل (۱) توزیع مکانی ایستگاه‌های مختلف



جدول (۱) ایستگاه‌های منتخب سینوپتیک و کليما تولوژی در دوره‌ی آماری (۱۹۷۴-۲۰۰۴)

ردیف	ایستگاه	ارتفاع	طول	عرض	ردیف	ایستگاه	ارتفاع	طول	عرض
۱	آبادان	۶/۶	۴۸/۱۵	۳۰/۲۲	۲۸	رامسر	-۲۰	۵۰/۴	۳۶/۵۴
۲	ابعلی	۲۴۶۵	۵۱/۵۳	۳۵/۴۵	۲۹	زابل	۴۸۹/۲	۶۱/۲۹	۳۱/۰۲
۳	اراک	۱۷۰۸	۴۹/۴۶	۳۴/۰۶	۳۰	زاهدان	۱۳۷۰	۶۰/۵۳	۲۹/۲۸
۴	اردبیل	۱۳۳۲	۴۸/۱۷	۳۸/۱۵	۳۱	زنجان	۱۶۶۳	۴۸/۲۹	۳۶/۴۱
۵	ارومیه	۱۳۱۶	۴۵/۵	۳۷/۳۲	۳۲	سبزوار	۹۷۷/۶	۵۷/۴۳	۳۶/۱۲
۶	اصفهان	۱۵۵۰/۴	۵۱/۴	۳۲/۳۷	۳۳	سبز	۱۵۲۲/۸	۴۶/۱۶	۳۶/۱۵
۷	امین آباد*	۱۰۰۰	۵۱/۲۸	۳۵/۳۵	۳۴	سمنان	۱۱۳۰/۸	۵۳/۳۳	۳۵/۳۵
۸	انزلی	-۲۶/۲	۴۹/۲۸	۳۷/۲۸	۳۵	سنندج	۱۳۷۳/۴	۴۷	۳۵/۲
۹	اهواز	۲۲/۵	۴۸/۴	۳۱/۲	۳۶	شاهرود	۱۳۵۴/۳	۵۴/۵۷	۳۶/۲۵
۱۰	ایرانشهر	۵۹۱/۱	۶۰/۴۲	۲۷/۱۲	۳۷	شهرکرد	۲۰۴۸/۹	۵۰/۵۱	۳۲/۱۷
۱۱	بایلسر	-۲۱	۵۲/۳۹	۳۶/۴۳	۳۸	شیراز	۱۴۸۴	۵۲/۳۶	۲۹/۳۲
۱۲	بایزه *	۱۴۵۰	۵۵/۲۰	۳۳/۲۰	۳۹	طیس	۷۱۱	۵۶/۵۵	۳۳/۳۶
۱۳	بجنورد	۱۰۹۱	۵۷/۱۹	۳۷/۲۸	۴۰	فتح‌آباد *	۱۸۴۰	۵۸/۲۳	۳۴/۰۷
۱۴	بم	۱۰۶۶/۹	۵۸/۲۱	۲۹/۶	۴۱	فسا	۱۲۸۸/۳	۵۳/۴۱	۲۸/۵۸
۱۵	بندر عباس	۹۸	۵۶/۲۲	۲۷/۱۳	۴۲	قزوین	۱۲۷۹/۲	۵۰/۰۳	۳۶/۱۵
۱۶	بندرلنگه	۲۲/۷	۵۴/۵	۲۶/۳۲	۴۳	کاشان	۹۸۲	۵۱/۲۷	۳۳/۵۹
۱۷	بوشهر	۱۹/۶	۵۰/۵	۲۸/۵۹	۴۴	کرمان	۱۷۵۳/۸	۵۶/۵۸	۳۰/۱۵
۱۸	بیرجند	۱۴۹۱	۵۹/۱۲	۳۲/۵۲	۴۵	کرمانشاه	۱۳۱۸/۶	۴۷/۰۹	۳۴/۲۱
۱۹	تبریز	۱۳۶۱	۴۶/۱۷	۳۸/۰۵	۴۶	کلان *	۱۵۷	۵۵/۲۹	۳۷/۲۲
۲۰	تربت	۱۴۵۰/۸	۵۹/۱۳	۳۵/۱۶	۴۷	کیش	۳۰	۵۳/۵۹	۲۶/۳۰
۲۱	تشکویه *	۷۵۰	۵۵/۲۷	۲۸/۱۱	۴۸	گرگان	۱۳/۳	۵۴/۱۶	۳۶/۵۱
۲۲	تهران	۱۱۹۰/۸	۵۱/۱۹	۳۵/۴۱	۴۹	مشهد	۹۹۹/۲	۵۹/۳۸	۳۶/۱۶
۲۳	جاسک	۵/۲	۵۷/۴۶	۲۵/۳۸	۵۰	نوشهر	-۲۰/۹	۵۱/۳۰	۳۶/۳۹
۲۴	چابهار	۸	۶۰/۳۷	۲۵/۱۷	۵۱	همدان	۱۶۷۹/۷	۴۸/۴۳	۳۵/۱۲
۲۵	خرم‌آباد	۱۱۴۷/۸	۴۸/۱۷	۳۳/۲۶	۵۲	یزد	۱۲۳۷/۲	۵۴/۱۷	۳۱/۵۴
۲۶	خوی	۱۱۰۳	۴۴/۵۸	۳۸/۳۳	۵۳	هومن‌آبسر *	۱۸۰۰	۵۲/۵	۳۵/۴
۲۷	دزفول	۸۲/۹	۴۸/۲۵	۳۲/۱۶					

پس از آماده سازی داده‌ها در محیط اکسل، با استفاده از نرم افزار *SPSS* فراوانی مطلق، نسبی و تجمعی داده‌ها استخراج و داده‌های روز، ماه، سال و ایستگاه با هم مقایسه شد. در این تحقیق برای نشان دادن تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال، از ضریب چولگی استفاده شد. ضریب

۱. * ایستگاه‌های کليما تولوژی

چولگی به دست آمده‌ی دادها با رقم $0/256$ ، نشان از چولگی به سمت چپ دارد. برای دسته‌بندی ایستگاهها از لحاظ فراوانی روزهای یخبندان و میانگین دمایی ایستگاهها، با تحلیل خوشه‌ای، نمودار شاخه‌ی درختی آنها ترسیم شد.

در تعیین رژیم دمایی کشور، دماهای یخبندان بر اساس ایستگاه، سال و ماه به چهار گروه دمایی $(-40, -30)$ ، $(-30, -20)$ ، $(-20, -10)$ و $(-10, 0)$ تقسیم شدند و سپس با نرم‌افزار جی. آی. اس و با استفاده از روش آماری IDW^1 پهنه‌بندی هر گروه دمایی به صورت جداگانه انجام و مورد تحلیل قرار گرفت. همچنین برای تعیین تغییرات دوره‌ای یخبندان و تعیین مناطق دارای یخبندان، سال‌های آماری $(1975-2004)$ به پنج دوره‌ی شش ساله تقسیم شدند. سال‌هایی که از لحاظ: الف) فراوانی روزهای یخبندان، ب) میانگین دمای سالانه یخبندان، دارای مشابهت بودند در یک طبقه قرار گرفتند. درصد، میانگین دما و مساحت تحت پوشش هر طبقه اندازه‌گیری شد. سپس باتوجه به نمودار شاخه درختی، فراوانی روزهای یخبندان در چهار طبقه و میانگین دمای سالانه‌ی یخبندان در پنج دسته رتبه‌بندی شدند.

جهت ایجاد پایگاه اطلاعاتی برای ایستگاهها در محیط GIS ، نقشه‌ها اسکن و سپس رقومی شدند. سپس اطلاعات پنجاه و چهار ایستگاه مطالعاتی وارد محیط GIS شده و جدول توصیفی شکل گرفت. برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های سطحی و تعمیم ایستگاهها به کل کشور در محیط GIS روش IDW^1 استفاده شد.

نتایج

۱. تأثیر متغیرهای طبیعی بر بروز و شدت یخبندانهای کشور

میزان شیب، نوع شیب، جهت کوه‌ها دره و ارتفاع، از جمله عواملی‌اند که در ایران در ایجاد یخبندان دخیل هستند. با بررسی عامل توپوگرافی نقش همه‌ی عوامل، به ویژه ارتفاع، در ایجاد یخبندان کاملاً مشهود است. در طبقه بندی شدت یخبندانها بر اساس عامل توپوگرافی که شیب آنها پشت به آفتاب بوده‌اند، بیست و یک ایستگاه با ارتفاع زیر هزار متر دارای میانگین

1. Inverse Distance Weighted

۱/۵- درجه و سی و یک ایستگاه با میانگین ۴/۵- درجه‌ی سانتی‌گراد در ارتفاع بالای هزار متر قرار داشته‌اند (کمترین ارتفاع انزلی با ۲۶- متر و بیشترین ارتفاع ابعلی با ۲۴۶۵ متر) که دسته‌ی اول جزو یخبندان‌های ضعیف و دسته‌ی دوم جزو یخبندان‌های شدید تلقی شده‌اند (جدول ۱).

با افزایش عرض جغرافیایی از ایستگاه‌های بدون یخبندان در جنوب کشور به سمت عرض‌های میانی و بالاتر بر تعداد روزها و شدت یخبندان افزوده می‌شود، اما کاهش دما و به دنبال آن کاهش یخبندان در سواحل شمالی این روند را بر هم می‌زند، که دلیل آن را می‌توان دریای خزر دانست که به عنوان یک پهنه‌ی آبی بزرگ، در فصل سرد سال، نقش یک تعدیل کننده را بر عهده دارد، ولی از سمت شمال تحت تأثیر پرفشار سیبری قرار گرفته و بخشی از یخبندان‌های کشور را ایجاد می‌کند. این اختلاف در مقایسه‌ی ایستگاه‌های ابعلی با ۶- درجه و انزلی و رامسر با میانگین کمتر از ۱- درجه مشهود است. در طول دوره از جنوب کشور به ازای هر چهار درجه افزایش عرض جغرافیایی یک درجه کاهش دمای هوا رخ داده است، به گونه‌ای که در عرض‌های ۲۴ تا ۳۰ درجه دمای ۱/۸- عرض‌های ۳۰ تا ۳۴ ۲/۴- درجه و ۳۴ تا ۳۸ میانگین ۳/۳- درجه کاهش دما صورت گرفته است.

از جمله عواملی که یخبندان‌های ایران به شدت تحت تأثیر آنها قرار دارند، عوامل سینوپتیکی هستند. با ورود سامانه‌های بارش‌زا در فصل سرد سال از سمت شمال غرب، غرب، جنوب غرب و همچنین پرفشارهای سرد شمال و شمال غرب، مناطق محل ورود این امواج به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند. وجود بیشترین روزهای یخبندان و سردترین دماهای زیر صفر در ایستگاه‌های محل ورود این امواج گواهی بر این ادعاست. با ورود این جبهه‌های سرد به این مناطق بر تعداد روزها و شدت یخبندان افزوده و به تدریج به سمت مرکز و شرق و جنوب کشور از تعداد و شدت یخبندان کاسته می‌شود. به عبارتی تجمع عوامل سینوپتیکی، توپوگرافی، عرض جغرافیایی و دیگر عوامل محلی در مناطق شمال غرب و غرب کشور، موجبات بیشترین فراوانی روزها و سردترین دماها را فراهم آورده است.

جدول (۲) طبقه‌بندی دمایی ایستگاه‌ها بر اساس ارتفاع

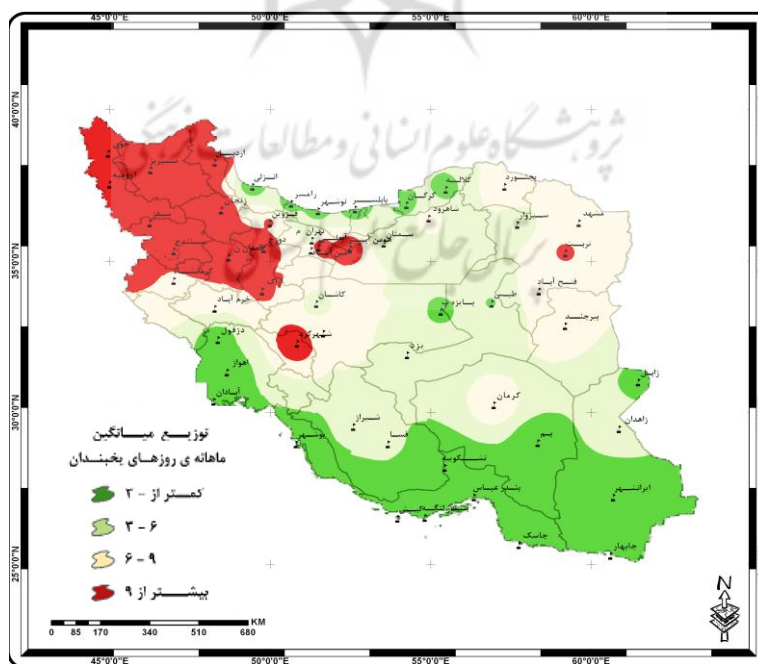
ارتفاع	تعداد ایستگاه	درصد ایستگاه‌ها در طبقه	میانگین دمای طبقه در دوره
کمتر از ۵۰۰	۱۷	۳۱/۵	-۰/۷
۵۰۰ - ۱۰۰۰	۶	۱۱/۱	-۲/۵
۱۰۰۰ - ۱۵۰۰	۲۱	۳۸/۹	-۳/۴
۱۵۰۰ - ۲۰۰۰	۷	۱۳	-۴/۹
بیشتر از ۲۰۰۰	۳	۵/۶	-۵/۵
مجموع	۵۴	۱۰۰	

۲. تحلیل تعداد روزهای یخبندان

از تعداد پنجاه و چهار ایستگاه منتخب، ایستگاه‌های بندرعباس، بندرلنگه، بوشهر، جاسک، چابهار و کیش در کل دوره آماری (۲۰۰۴-۱۹۷۴)، فاقد یخبندان بوده‌اند. میانگین سالانه یخبندان هر ایستگاه، در طول دوره، شصت و دو روز بوده است. همدان با میانگین ۱۴۳ روز، ۳۹/۱ درصد، و اهواز با میانگین ۱ روز، ۰/۲ درصد، بالاترین و پایین‌ترین میانگین روزهای یخبندان را به خود اختصاص داده‌اند. همان‌گونه که از شکل (۲) برمی‌آید، توزیع پراکندگی ایستگاه‌ها بدین صورت است که ایستگاه‌های بالای میانگین شصت روز یخبندان در غرب، شمال‌غرب، دامنه‌های جنوبی البرز و شمال شرق واقع شده‌اند، ایستگاه‌های با میانگین ۶۰-۳۰ روز به صورت پراکنده در شرق، غرب و مرکز ایران مشخص هستند. همچنین ایستگاه‌های با کمتر از میانگین ۳۰ روز یخبندان در شمال، جنوب غرب، جنوب شرق و مرکز کشور دیده می‌شوند. نزدیک به نیمی از ایستگاه‌های دارای یخبندان با بیشترین میانگین و تعداد روزهای یخبندان در غرب، شمال غرب، دامنه‌های جنوبی البرز و شمال شرق ایران واقع شده‌اند. شکل (۲) درصد میانگین روزهای یخبندان را در پهنه‌ی کشور نشان می‌دهد.

روزهای یخبندان در ژانویه با $0/2$ روز متعلق به ایستگاه اهواز است. دسامبر (آذر) با میانگین بیست و سه روز و با اختلاف اندکی در تعداد روزها از ماه فوریه (بهمن) دومین ماه است در این ماه بیشترین رخداد یخبندان با میانگین بیست و هشت روز در ایستگاه‌های همدان، ابعلی و کمترین آن با میانگین $0/2$ روز در اهواز و آبادان به وقوع پیوسته است. فوریه (بهمن‌ماه) با میانگین بیست و سه روز پس از دسامبر بیشترین میانگین روزهای یخبندان را به خود اختصاص داده است. در این ماه ایستگاه همدان و همدان‌آب‌سرد با میانگین بیست و هفت روز دارای بیشترین میانگین بوده‌اند. در تمامی ماهها، بیشترین میانگین روزهای یخبندان در مناطق مرتفع شمال‌غرب، غرب، جنوب البرز و شمال‌شرق واقع شده که دلیل آن ناشی از زمان نفوذ و عقب‌نشینی سامانه‌های سرد به این مناطق در طول فصل سرد سال و ارتفاع زیاد این مناطق به نظر می‌رسد. ایستگاه همدان از ماه اکتبر تا آوریل بیشترین میانگین روزهای یخبندان را دارا بوده است. ماه‌های مارس (اسفند) با سیزده روز، نوامبر (آبان) با ده روز، آوریل (فروردین) با دو روز، اکتبر (مهر) کمتر از دو روز و می (اردیبهشت) با میانگین نزدیک به صفر روز، رتبه‌هایی را دارا بوده‌اند.

شکل (۳) توزیع میانگین ماهانه‌ی روزهای یخبندان در ایستگاه‌ها در طول دوره (۱۹۷۴-۲۰۰۴)



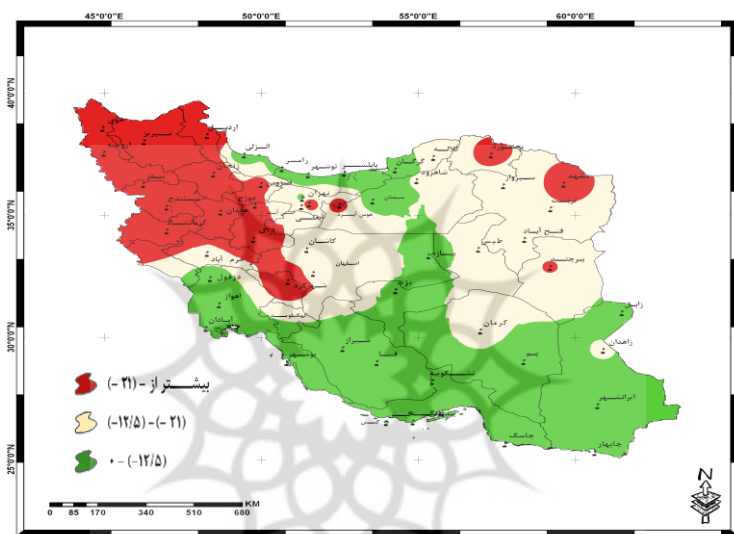
۴. تحلیل کمینه‌های مطلق دما

شکل (۴) توزیع دماهای کمینه‌ی مطلق را در کشور نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است بررسی مقادیر کمینه‌ی مطلق دما، نشان می‌دهد که تفاوت‌های زیادی از این نقطه نظر در بین ایستگاهها وجود دارد. ایستگاه اردبیل با $33/8$ - درجه زیر صفر سردترین و ایستگاه اهواز 1 - درجه‌ی سانتی‌گراد دمای کمینه‌ی مطلق را داشته‌اند، که نشان دهنده‌ی تفاوت آشکار شمال و جنوب است. پس از اردبیل، ایستگاه‌های سقز و همدان با 33 -، شهرکرد با $32/4$ -، سنندج 31 - و اراک با $30/5$ - درجه‌ی سانتی‌گراد دارای سردترین دمای کمینه است. سردترین دماهای زیر صفر (بیشتر از 21 - درجه) از مناطق شمال غربی و غرب تا ایستگاه شهرکرد (شمال کهگیلویه)، دامنه‌های جنوبی البرز و همچنین مناطقی از شمال شرق مانند ایستگاه‌های مشهد، بجنورد و بیرجند را در بر گرفته است. دماهای کمینه‌ی مطلق بین 21 - تا $12/5$ - در امتداد مناطق شمال غرب و شمال شرق به طرف مرکز ایران را در بر می‌گیرند. این محدوده شامل یازده ایستگاه است. بیشترین مناطق در محدوده‌ی دمایی بیشتر از 21 -، غرب و شمال‌غرب کشور است. پس از آن محدوده‌ی دمایی کمینه‌های مطلق صفر تا $12/5$ - درجه است که مناطق شمالی، مرکزی و جنوبی کشور را در بر می‌گیرند. این گستره همچون حدواسطی بین مناطق شمال‌غرب و غرب با شمال شرق به نظر می‌رسد. در کل می‌توان شمال‌غرب و غرب را مناطق بسیار شدید، دامنه‌های جنوبی البرز را با دو ایستگاه، شدید، شمال شرق را متوسط و شمال، مرکز و تا حدودی جنوب را جزو مناطق ضعیف قلمداد کرد. مناطق جنوبی کشور در خط ساحلی فاقد یخبندان‌اند.

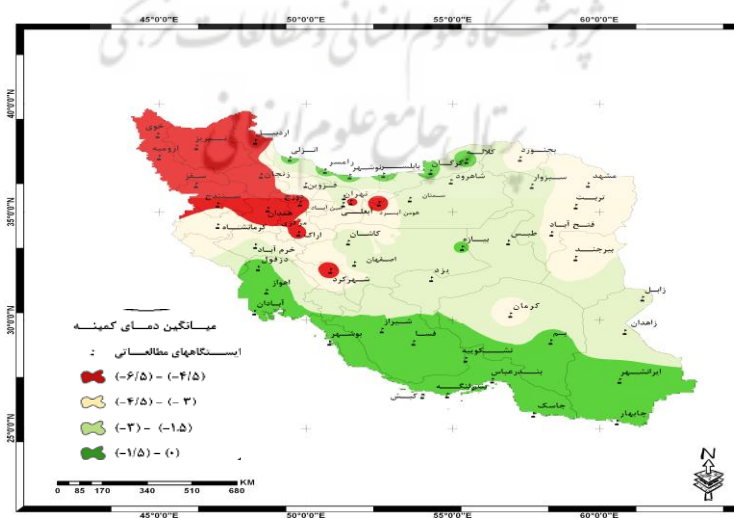
در شکل (۵) میانگین‌های دمایی از (۰) تا ($6/5$ -) درجه‌ی سانتی‌گراد تقسیم‌بندی و توزیع شده‌اند. در طول دوره‌ی آماری، بیشترین میانگین را ایستگاه همدان با $6/5$ - درجه زیر صفر و پس از آن سقز با 6 -، اردبیل $5/9$ -، آبعلی $5/8$ -، زنجان و هومن‌آب سرد $5/7$ - درجه‌ی سانتی‌گراد زیر صفر بیشترین میانگین‌های زیر صفر و کمترین آنها نیز در ایستگاه اهواز با $0/2$ - درجه بوده‌است. بیشترین میانگین دمای سالانه‌ی زیر صفر با $10/9$ - درجه در سال 1989 به ایستگاه سقز و سپس ایستگاه همدان با $10/4$ - درجه تعلق دارد. ابتدای دوره، سال‌های (84 - 1382)، سال 1989 ، سال‌های 1990 و 1992 و سال 2002 سال‌های اوج یخبندان بوده‌اند، که سال 1989 نقطه‌ی اوج

این سال‌هاست. در برخی از ایستگاهها مانند سقز و همدان از ابتدای دوره تا پایان آن با کاهش پنجاه درصدی در میانگین دمای خود روبرو بوده‌اند که به نوعی بیانگر کاهش عمومی دمای یخبندان در ایران است. در توزیع مکانی میانگین‌ها نیز سردترین دماهای زیر صفر در مناطق غرب، شمال غرب و دامنه‌های جنوبی البرز قرار دارند.

شکل (۴) توزیع دماهای کمینه مطلق ایستگاه‌ها در طول دوره (۱۹۷۴-۲۰۰۴)



شکل (۵) توزیع میانگین دماهای زیر صفر ایستگاه‌ها در طول دوره (۱۹۷۴-۲۰۰۴)

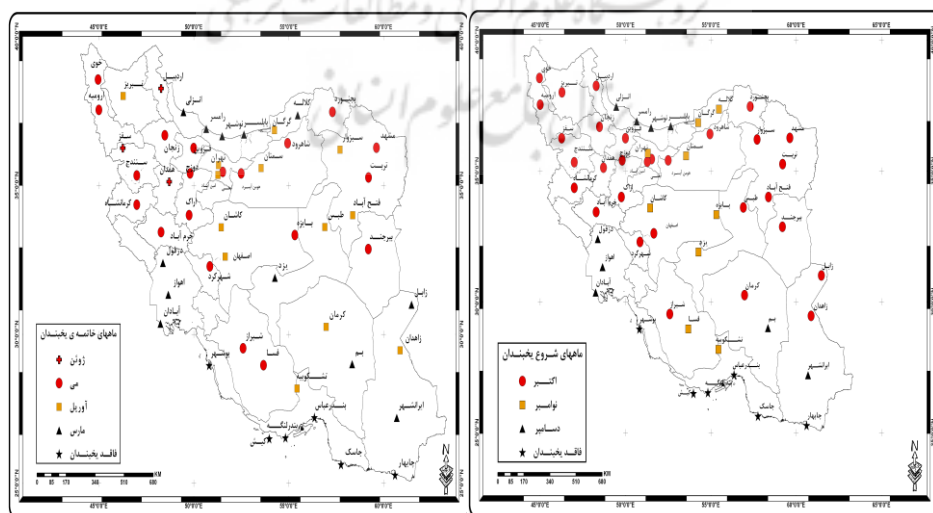


۵. تحلیل شروع، پایان و طول دوره‌ی یخبندان

شکل‌های (۷ و ۶) ماه‌های شروع و پایان یخبندان را در کشور نشان می‌دهند. زودترین شروع سالانه، روز یکم اکتبر بوده و دیرترین شروع یخبندان سالانه در روز ۲۳ اکتبر سال ۲۰۰۳ در ایستگاه زنجان با دمای ۲- درجه‌ی سانتی‌گراد رخ داده‌است. سردترین دمای شروع یخبندان ۵- درجه در سال ۱۹۹۹ در ایستگاه سقز بوده و سردترین دمای پایانی یخبندان، با ۴- درجه در سال در ایستگاه اردبیل بوده‌است. بیشترین شروع‌های یخبندان در ایران در ماه اکتبر رخ داده‌اند شکل (۶). دیرترین پایانی یخبندان بهاره در ماه ژوئن، در غرب و زودترین پایانی نیز در ماه مارس در ایستگاه‌های شمال، جنوب و مرکزی کشور اتفاق افتاده‌است (شکل ۷).

بیشترین روزهای آغاز یخبندان اکتبر، به ایستگاه‌های همدان با ۲۰۹ روز، سقز با ۱۶۲ روز و شهرکرد با ۱۵۳ روز مربوط است. باتوجه به تعداد روزهای یخبندان ماه ژوئن (۵ روز) در سه ایستگاه غربی، نمی‌توان این ماه را به عنوان ماه پایانی یخبندان به کل ایران تعمیم داد. اما ماه می (اردیبهشت) با صد روز از مجموع ۴۹۱ روز پایانی یخبندان در طول دوره، نقش پررنگ‌تری را به عنوان ماه پایانی ایفا می‌کند. هرچه یخبندان‌های پاییزه به تأخیر افتاده‌اند، پایان یخبندان‌های بهاره زودتر فرارسیده و طول دوره‌ی یخبندان کوتاه‌تر بوده‌است و بالعکس. ایستگاه‌هایی که ماه شروع آنها اکتبر بوده در شمال‌غرب، غرب تا شهرکرد، دامنه‌های جنوبی البرز، شمال شرق و چند ایستگاه در جنوب شرق واقع شده‌اند. همچنین ایستگاه‌هایی که شروع یخبندان در آنها به ماه نوامبر کشیده شده، به صورت دیواری از جنوب کوه‌های البرز تا شمال استان هرمزگان را احاطه کرده‌اند (شکل ۶). به نظر می‌رسد که ایستگاه‌های شمالی به دلیل وجود دریای خزر، ایستگاه‌های استان خوزستان به خاطر ارتفاع کم و عامل تأثیرگذار از طرف عربستان و جنوب شرق نیز شاید عوامل مؤثر اقیانوس هند در تعدیل و کاهش طول دوره‌ی یخبندان تأثیر گذار بوده‌است. پایان یخبندان‌ها در بهار از پراگندگی و آشفتگی بیشتری برخوردارند.

طول دوره یخبندان در ایستگاه‌های مطالعاتی نیز به نوعی از زمان شروع و پایان پیروی کرده‌است. ایستگاه سقز با ۲۴۷ روز بیشترین طول دوره یخبندان و کمترین طول دوره یخبندان را اهواز با ۶۵ روز به خود دیده‌اند. ایستگاه‌هایی که از صفر روز تا ۱۱۰ روز یخبندان داشته‌اند، سراسر مناطق جنوبی کشور از جنوب غرب تا جنوب شرق را در بر گرفته‌اند، که مجموعاً دوازده ایستگاه را شامل می‌شود. ایستگاه‌های بین صد و هشتاد تا صد و ده روز مناطقی از جنوب غرب، جنوب شرق، مرکز و شمال ایران را در بر گرفته‌اند. این دسته، پانزده ایستگاه را شامل می‌شود. دسته سوم از صد و هشتاد روز به بالا با بیست و هفت ایستگاه، مناطق شمال غرب، غرب تا شهرکرد، دامنه‌های جنوب البرز و شمال شرق و شرق را دربر می‌گیرد. می‌توان چنین نتیجه گرفت که بیشترین طول دوره یخبندان در غرب، شمال غرب، دامنه‌های جنوبی البرز و شمال شرق ایران رخ می‌دهد. کمترین طول دوره در مناطق ساحلی جنوب و شمال کشور واقع‌اند، جایی که عرض جغرافیایی، عامل دریا، امواج گرمایی زیاد و دمای بالای هوا عامل کاهش و تعدیل یخبندان‌های به حساب می‌آیند. شکل (۸) توزیع طول دوره یخبندان را در ایستگاه‌های کشور نشان می‌دهد همچنین جدول (۳) به ترتیب ماه، سال، روز شروع، تعداد روز دارای یخبندان در ماه و طول دوره یخبندان را در ایستگاه‌ها نشان می‌دهد.

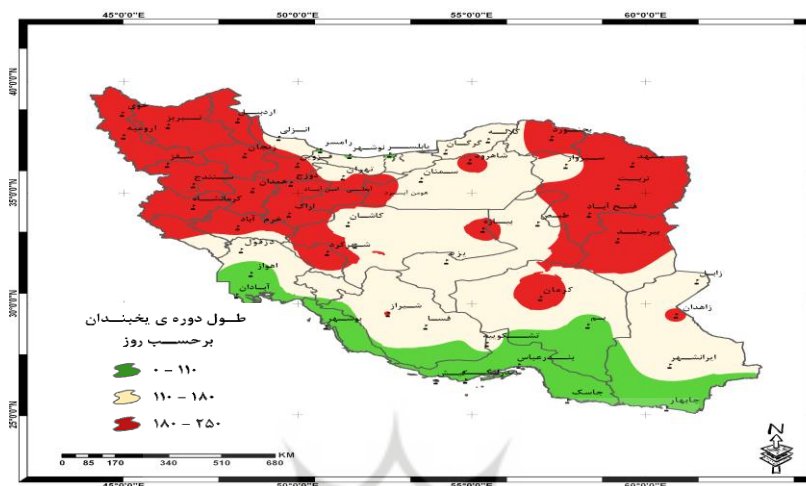


شکل (۶) ماه‌های شروع یخبندان

شکل (۷) ماه‌های خاتمه یخبندان

۱۹۷	۱	۱۹۸۴	می	۲	۴	۱۹۸۳	اکتبر	۱۸	خرم آباد
۲۱۲	۱	۱۹۹۲	می	۵	۵۲	۱۹۷۷	اکتبر	۶	خوی
۱۲۷	۱۱	۱۹۸۵	مارس	۹	۱۵	۱۹۸۲	دسامبر	۳	دزفول
۲۱۹	۹	۱۹۹۳	می	۹	۶۷	۱۹۷۴	اکتبر	۳	دوزج
۱۰۵	۳۴	۱۹۹۰	مارس	۲۱	۴۷	۱۹۹۴	دسامبر	۷	رامسر
۱۴۳	۲۱	۱۹۹۲	مارس	۱۴	۱	۱۹۷۵	اکتبر	۲۳	زابل
۱۸۵	۲	۱۹۹۴	آوریل	۶	۳۰	۱۹۹۶	اکتبر	۴	زاهدان
۲۳۳	۱۲	۱۹۹۱	می	۲۵	۶۵	۱۹۷۵	اکتبر	۵	زنجان
۱۶۷	۲	۱۹۸۱	آوریل	۳	۳	۱۹۹۵	اکتبر	۱۹	سبزوار
۲۴۷	۲	۲۰۰۲	ژوئن	۴	۱۶۲	۱۹۹۲	اکتبر	۱	سقز
۱۴۰	۲	۱۹۸۱	آوریل	۳	۴۱	۱۹۷۵.۷۶۸۸	نوامبر	۱۵	سمنان
۲۲۶	۵	۱۹۸۱	می	۱۷	۶۹	۱۹۸۳	اکتبر	۴	سنندج
۲۰۰	۱	۱۹۷۹	می	۱	۱۲	۱۹۷۴	اکتبر	۱۴	شاهرود
۲۳۳	۱۵	۲۰۰۴	می	۲۴	۱۵۳	۱۹۹۰	اکتبر	۳	شهرکرد
۱۸۱	۱	۱۹۸۵	می	۱	۵۰	۱۹۸۳	نوامبر	۲	شیراز
۱۵۹	۱	۱۹۸۱	آوریل	۳	۳	۱۹۸۱	اکتبر	۲۷	طبرس
۲۰۵	۱۵	۱۹۷۹	آوریل	۳۰	۸	۱۹۸۷	اکتبر	۱۲	فتح آباد
۱۶۸	۱	۱۹۸۷	می	۱	۴۳	۱۹۸۶	نوامبر	۱۵	فسا
۲۰۷	۱	۱۹۹۲	می	۵	۱۳	۱۹۷۴	اکتبر	۱۱	قزوین
۱۵۸	۴	۱۹۹۷	آوریل	۱۲	۵۹	۱۹۷۸	نوامبر	۶	کاشان
۲۱۲	۱۴	۱۹۷۹	آوریل	۳۰	۷۸	۱۹۸۴	اکتبر	۱	کرمان
۲۰۵	۳	۲۰۰۳	می	۹	۲۰	۱۹۷۵	اکتبر	۱۷	کرمانشاه
۱۴۱	۸۸	۱۹۸۶	مارس	۲۹	۶	۱۹۷۵	نوامبر	۹	کلاله
									کیش
۱۳۹	۱	۱۹۸۷	آوریل	۲	۱	۱۹۷۵	نوامبر	۱۵	گرگان
۲۱۳	۱	۱۹۸۹	می	۳	۸۳	۱۹۹۶	اکتبر	۳	مشهد
۱۰۳	۲۳	۱۹۹۰	مارس	۱۹	۴۶	۱۹۷۵	دسامبر	۷	نوشهر
۲۴۵	۱	۱۹۷۸	ژوئن	۴	۲۰۹	۱۹۹۰.۹۲	اکتبر	۳	همدان
۲۰۷	۱۳	۱۹۹۲.۱۹۸۵	می	۲	۶۲	۱۹۹۳	اکتبر	۸	هومن‌آب‌سرد
۱۴۶	۶۱	۱۹۹۲	مارس	۲۶	۸۸	۱۹۸۱	نوامبر	۱	یزد

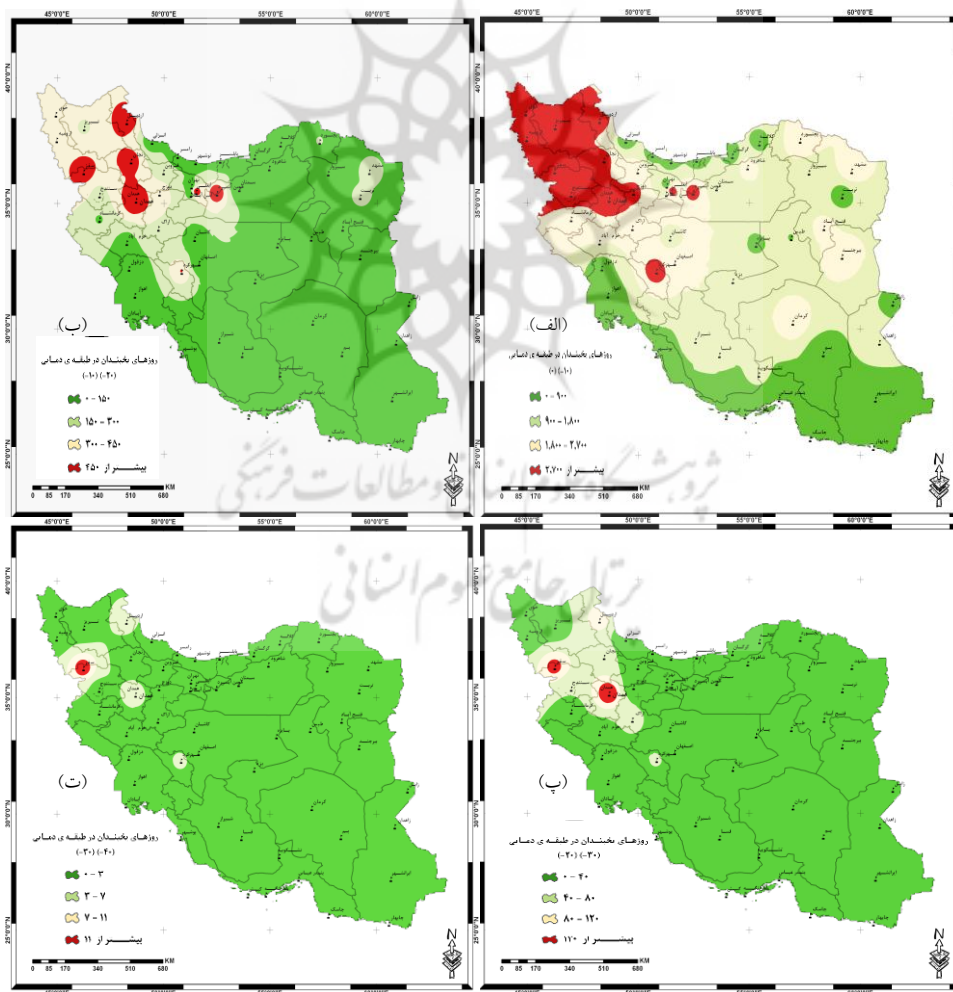
شکل (۸) طول دوره‌ی یخبندان بر حسب روز در ایستگاه‌ها در طول دوره (۱۹۷۴-۲۰۰۴)



۶. تحلیل شدت یخبندان‌ها در ایران

در طبقه‌بندی دمایی به چهار گروه (۱۰- تا ۰)، (۲۰- تا ۱۰-)، (۳۰- تا ۲۰-) و (۴۰- تا ۳۰-)، به ترتیب (شکل ۹ الف، ب، ج، د) مناطق، سال‌ها و ماههای دارای بیشترین و شدیدترین یخبندان‌ها مشخص و تعداد روزهای هر طبقه‌ی دمایی درج شده است. بر این اساس بیشترین تعداد روزهای یخبندان در تمامی ایستگاه‌ها در طول دوره، ۹۱/۲ درصد کل روزها، در طبقه‌ی دمایی (۱۰- تا ۰) قرار گرفته، سپس طبقه‌ی دوم (۲۰- تا ۱۰-)، با هشت درصد کل روزها، قرارداد. طبقه‌ی سوم (۳۰- تا ۲۰-) نیز ۰/۷۷ درصد از کل روزها را به خود اختصاص داده است و در پایان کمترین روزهای یخبندان با ۰/۰۳ درصد، متعلق به طبقه‌ی چهارم (۴۰- تا ۳۰-) است که شدیدترین دماها را در بر گرفته است. طبقه‌ی دمایی (۱۰- تا ۰) (شکل ۹ الف) ایستگاه‌هایی که از صفر روز (شش ایستگاه جنوبی در کل دوره بدون یخبندان بوده‌اند) تا نهمصد روز یخبندان را تجربه کرده‌اند، بیشتر در مناطق شمالی، جنوبی و چند ایستگاه در شرق، شمال شرق و مرکز کشور پراکنده‌اند. بیشترین مساحت کشور را که بیشتر مناطق مرکزی را پوشش می‌دهد از نهمصد تا هزار و هشتصد روز (شکل ۹ ب) یخبندان را داشته‌اند و شامل بیشترین تعداد ایستگاه‌ها نیز هستند. از هزار و هشتصد روز تا دوهزار و هفتصد روز (شکل ۹ ج) یخبندان را

ایستگاه‌هایی دارا بوده‌اند که در قسمت‌های غربی تا جنوب شهرکرد، دامنه‌های جنوبی البرز، مرز شمال‌شرق همچنین دو ایستگاه در شرق و یک ایستگاه در مرکز را در بر گرفته‌اند. ایستگاه‌هایی که بالای ۲۷۰۰ روز (شکل ۹ د) یخبندان را داشته‌اند، در شمال غرب دامنه‌های جنوبی البرز و غرب قرار دارند که شهرکرد را نیز در بر می‌گیرند. با توجه به تقسیم‌بندی‌های مختلفی که برای دماهای یخبندان انجام می‌شود، این نکته مسلم شده است که ایستگاه‌هایی که دارای بیشترین و شدیدترین روزهای یخبندان هستند، در غرب، شمال‌غرب، دامنه‌های جنوبی البرز و بعضاً در شمال شرق دیده می‌شوند و کمترین آنها در مناطق شمالی و جنوبی کشور واقع‌اند و ایستگاه‌های مابین آنها در مناطق مرکزی قراردارند.



شکل ۹ (الف) توزیع روزهای یخبندان در طبقه‌ی دمایی (۰ تا ۱۰-)، (ب) توزیع روزهای یخبندان در طبقه‌ی دمایی (۱۰- تا ۲۰-)، (پ) توزیع روزهای یخبندان در طبقه‌ی دمایی (۲۰- تا ۳۰-)، (ت) توزیع روزهای یخبندان در طبقه‌ی دمایی (۳۰- تا ۴۰-) درجه‌ی سانتی‌گراد.

۷. تحلیل زمانی و مکانی روند یخبندان

برای به دست آوردن روند تغییرات یخبندان، از تقسیم بندی سال‌های مورد مطالعه به پنج دوره‌ی آماری شش ساله از ۲۰۰۴ تا ۱۹۷۵ استفاده شده است. (جدول ۳) این روند بدین گونه است که در گذار از دوره‌ی اول به دوره‌ی دوم با دو روز افزایش در میانگین روزها، دوره‌ی دوم به سوم سه روز کاهش، دوره‌ی سوم به چهارم پنج روز و از دوره‌ی چهارم به پنجم با پنج روز کاهش در میانگین روزها روبرو بوده‌ایم. بیشترین میانگین روزهای یخبندان در دوره‌ی دوم (۸۶-۱۹۸۱) با میانگین پنجاه و هفت روز رخ داده است و کمترین آن در دوره‌ی پنجم (۲۰۰۴-۱۹۹۹) با میانگین چهل و چهار روز بوده است. با این توضیح می‌توان گفت که از دوره‌ی اول به دوم با افزایش محدودی در میانگین روزهای یخبندان روبرو بوده، اما از این دوره به بعد کاهش نسبتاً محسوس‌ی به چشم می‌خورد. به این صورت که از دوره‌ی دوم به بعد با کاهش مشابهی در میانگین روزهای یخبندان روبرو هستیم. این کاهش در دوره‌ی پنجم نسبت به دوره‌ی اوج یخبندان، میانگین یازده روز تفاوت دارد. از لحاظ دمای میانگین دوره، دوره‌ی (۹۲-۱۹۸۷) با $4/8-$ درجه‌ی سانتی‌گراد، سردترین دوره بوده و پس از آن دوره دوم با $4/5-$ درجه قرار دارد. از دوره‌ی اول تا سوم که نقطه‌ی اوج از نظر دمای میانگین به حساب می‌آید با کاهش دما همراه است و پس از آن افزایش نامحسوس دما مشاهده می‌شود. اختلاف بین دمای میانگین دوره‌ها زیاد به نظر نمی‌رسد.

بیشترین میانگین روزهای یخبندان و بالاترین دماهای زیر صفر را در طول دوره، ایستگاه‌های شمال غرب، غرب و دامنه‌های جنوبی البرز مانند اردبیل، سقز، زنجان، همدان، آبعلی، همدان‌آب سرد و شهرکرد دارا بوده‌اند. کمترین آن در مناطق شمالی و جنوبی کشور رخ داده است و مناطق مرکزی نیز در حد وسط قرار دارند. با توجه به کاهش عمومی یخبندان و

عدم کاهش ارتفاع در ایستگاهها، علل را باید ناشی از شرایط سینوپتیکی، تغییرات در اقلیم جهانی از جمله گرم شدن زمین و کاهش نفوذ توده‌های هوای سرد دانست. بنابراین تحلیل و تفسیر شرایط سینوپتیکی یخبندان های ایران باید بیش از پیش مورد توجه قرارگیرد.

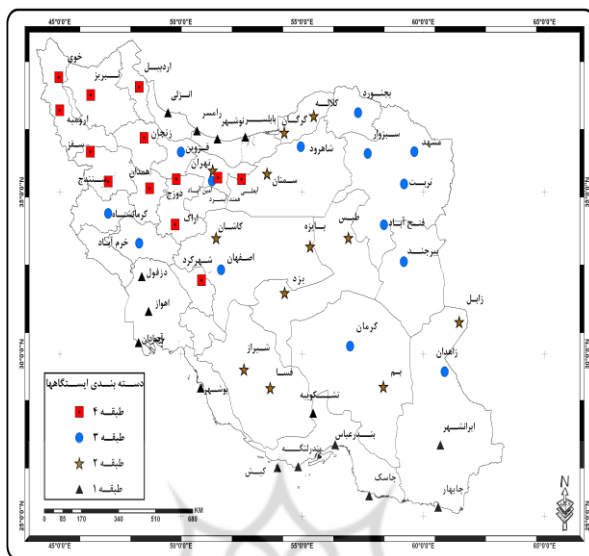
جدول (۴) توزیع فراوانی روزهای یخبندان در دوره‌های مطالعاتی

میانگین دما	میانگین روز	درصد روز	فراوانی روز	بیشتر از ۱۰۰ km ²	۷۰-۱۰۰ km ²	۳۰-۷۰ km ²	کمتر از ۳۰ km ²	طبقات (میانگین روز)
								دوره‌ها
-۴/۲	۵۵/۲	۲۱	۱۸۹۷۱	۱۹۱۸۴۴	۲۹۰۳۵۸	۶۶۴۷۱۵	۵۰۱۲۷۸	۱۹۷۵ - ۱۹۸۰
-۴/۵	۵۷	۲۲	۱۹۴۵۷	۲۰۷۶۳۴	۳۱۹۶۱۰	۶۴۵۷۴۰	۴۷۵۲۱۱	۱۹۸۱ - ۱۹۸۶
-۴/۸	۵۴/۳	۲۱	۱۸۶۹۸	۲۰۳۶۹۴	۱۹۹۰۷۴	۷۶۱۲۸۵	۴۸۴۱۴۳	۱۹۸۷ - ۱۹۹۲
-۴	۴۹/۲	۱۹	۱۶۸۳۲	۱۵۲۰۰۳	۲۳۰۷۳۰	۶۶۵۰۵۴	۶۰۰۴۰۸	۱۹۹۳ - ۱۹۹۸
-۳/۸	۴۴	۱۷	۱۵۱۴۸	۶۹۲۳۲	۲۲۶۱۱۵	۶۵۵۹۱۵	۶۹۶۹۳۳	۱۹۹۹ - ۲۰۰۴

۸. منطقه‌بندی یخبندان در ایران

برای تعیین مناطق مشابه و متفاوت کشور از نظر توزیع دمایی به مناطق ضعیف، متوسط، شدید و بسیار شدید با روش تحلیل سلسله مراتبی و استفاده از نمودار شاخه درختی، منطقه‌بندی دمای یخبندان در ایران بر اساس فراوانی روزهای یخبندان، متوسط دمای سالانه و شاخص‌های پراکندگی از جمله انحراف معیار، واریانس و ضریب چولگی دسته‌بندی شدند. دقیق‌ترین منطقه‌بندی دمای یخبندان نزدیک به واقعیت اقلیمی ایران، دسته‌بندی بر اساس دمای متوسط سالانه بوده است. در گروه یخبندان‌های ضعیف شش ایستگاه جنوبی بدون یخبندان بوده و سایر ایستگاه‌ها میانگین دمایی کمتر از ۱- را داشته‌اند. در این گروه به نظر می‌رسد دلیل کم بودن میانگین دمایی ایستگاه‌های جنوبی، ارتفاع پایین، نزدیکی به دریا و منبع رطوبتی آن،

عرض جغرافیایی پایین و نزدیکی به خط استوا، ایستگاه‌های جنوب غرب نیز به همان دلایل و احتمالاً اثرپذیری از ورود جبهه‌ی گرم عربستان باشد. اما ایستگاه‌های شمالی، ارتفاع پایین‌تر از سطح دریا (میانگین ارتفاعی ۲۰-) و دوم عامل رطوبتی و تعدیل‌کنندگی دریای خزر تأثیر گذار است. گروه یخبندان‌های متوسط شامل دوازده ایستگاه بوده که در مرکز ایران پراکنده‌اند و بیشتر آنها با ارتفاع بین ۷۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا (بجز ایستگاه زابل با ۴۸۹ متر ارتفاع) و میانگین دمای ۲- تا ۱- درجه‌ی سانتی‌گراد، جزو این گروه قرار گرفته‌اند. در گروه یخبندان‌های شدید، ایستگاه‌ها، بین ارتفاع دوهزار تا نهصد متر و میانگین دمای ۲/۲- تا ۲/۵- درجه‌ی سانتی‌گراد قرار دارند. در این گروه از ایستگاه‌ها به نظر می‌رسد عامل ارتفاع در توزیع دماها تعیین‌کننده است. گروه یخبندان‌های بسیار شدید شامل سیزده ایستگاه بوده که یازده ایستگاه آن در غرب و شمال غرب و دو ایستگاه در دامنه‌های جنوبی البرز جای گرفته‌اند که نشان از رخداد دماهای شدید یخبندان در این مناطق دارد. ارتفاع در این گروه بین دو هزار و پانصد تا هزار و صد متر و میانگین دمای ایستگاه‌ها بین ۶/۵- تا ۴/۵- درجه‌ی سانتی‌گراد متغیر بوده است. در افزایش و کاهش فراوانی روزهای همراه با یخبندان، شرایط سینوپتیکی و عوامل بیرونی و در شدت و ضعف دماهای یخبندان غیر از شرایط سینوپتیکی عامل ارتفاع و عرض جغرافیایی نیز بسیار مؤثر به نظر می‌رسد. در دماهای شدید و بسیار شدید یخبندان عامل ارتفاع و در دماهای ضعیف عوامل دوری و نزدیکی به دریا و عرض جغرافیایی بیشترین نقش را داشته‌اند. تمامی ایستگاه‌هایی که در گروه یخبندان‌های بسیار شدید جای گرفته‌اند در غرب، شمال‌غرب و ارتفاعات البرز قرار دارند. ایستگاه‌های با دمای یخبندان شدید در شمال‌شرق و غرب، ایستگاه‌های با دمای یخبندان متوسط در مرکز ایران و ایستگاه‌های با دمای یخبندان کم یا ضعیف در مناطق جنوبی و شمالی کشور توزیع شده‌اند. شکل (۱۰) توزیع مکانی ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل (۱۰) طبقه‌بندی ایستگاه‌ها بر اساس میانگین دمای سالانه با استفاده از نمودار شاخه درختی

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سردترین دماها در مناطقی قرار دارند که محل وقوع بیشترین فراوانی‌هاست. از جنوب کشور به طرف شمال هرچه بر تعداد روزهای یخبندان افزوده شده، دما نیز سردتر شده است، به گونه‌ای که بیشترین رخداد‌های یخبندان و شدیدترین دماهای زیر صفر در مناطق غرب، شمال‌غرب، دامنه‌های جنوبی البرز و شمال شرق اتفاق می‌افتد. پس از آن، از جنوب کوه‌های البرز تا مرکز ایران، شرق و شمال کشور قرار دارند و جنوب کشور در خط ساحلی شامل ایستگاه‌های چابهار، جاسک، بندرعباس، بندرلنگه، کیش و بوشهر بدون یخبندان است. ماه شروع یخبندان در مناطقی از جمله غرب، شمال‌غرب، شمال‌شرق و جنوب کوه‌های البرز اکتبر (مهر) بوده است که در ایستگاه‌های شمالی و جنوبی تا ماه دسامبر (آذر) به تأخیر می‌افتد. ماه ژوئن (خرداد) با کمتر از ده روز رخداد یخبندان آن‌هم تنها در ایستگاه‌های همدان، سقز و اردبیل، نمی‌تواند به عنوان ماه پایانی یخبندان ایران تلقی شود. بنابراین، ماه می (اردیبهشت) ماه پایانی یخبندان در نظر گرفته می‌شود. هرچه شروع یخبندان‌های پاییزه به تأخیر افتاده، ماه پایانی آنها در بهار زودتر فرارسیده است. جایی که تعداد

روزها بیشتر بوده، یخبندان شدیدتر و شروع یخبندان پاییزه زودتر اتفاق افتاده و طول دوره یخبندان بیشتر شده است. یعنی ارتفاع زیاد، عرض جغرافیایی بالا با فراوانی روزها، یخبندان شدید، زودترین آغازها و طولانی شدن دوره در ارتباط مستقیم است. در طبقه‌بندی دماهای زیر صفر به چهار دسته، از صفر درجه تا -40 ، (۹۹ درصد) روزهای یخبندان، در گروه دمایی اول یعنی (صفر تا -10 درجه) اتفاق افتاده است و تنها چند ایستگاه در شمال غرب، دو ایستگاه البرز و سه ایستگاه در شمال شرق در طبقات زیر -20 درجه قرار دارند. می‌توان چنین نتیجه گرفت که غرب، البرز و شمال شرق کشور بیشترین و شدیدترین مناطق یخبندان ایران هستند. بین دماهای بسیار پایین و زودترین آغازها و طول دوره ارتباط وجود دارد، به طوری که مناطقی که دارای سردترین دماها بوده‌اند، یخبندان زودتر آغاز شده است و طول دوره‌ی بیشتری داشته‌اند. میانگین دمای ایران طی سی سال آمار (۲۰۰۴-۱۹۷۴) -3 درجه‌ی سانتی‌گراد بوده است. اگر از ایستگاه‌های با بیشترین فراوانی و شدیدترین دماهای یخبندان نام برده شود، می‌توان گفت که پای ثابت یخبندان‌های ایران، ایستگاه‌های همدان، سقز، اردبیل، آبعلی، همدان، آسرد و شهرکرد به ترتیب با دمای میانگین ($-6/5$ درجه)، (-6 درجه)، ($-5/9$ درجه)، ($-5/8$ درجه)، ($-5/7$ درجه)، ($-5/3$ درجه) و میانگین روزهای (۱۴۳)، (۱۲۴)، (۱۲۸)، (۱۳۷)، (۱۲۷)، (۱۲۵) هستند. روند کلی یخبندان در طول دوره، روندی کاهشی بوده است. به نظر می‌رسد که عامل ارتفاع در ایجاد، افزایش و تشدید فراوانی و دمای یخبندان‌ها در ایران نقش زیادی داشته باشد، اما در روند کاهشی یخبندان نمی‌توان ارتفاع کم را دخیل دانست. عدم رخداد یخبندان در جنوب کشور به دلیل عرض جغرافیایی پایین، نزدیکی به خط استوا و عامل رطوبت است. اما در شمال کشور با وجود واقع شدن در عرض‌های بالاتر و قرارگیری در محل ورود سیستم‌های پرفشار سرد شمالی، دلیل کاهش یخبندان را باید در عامل رطوبت دریای خزر جستجو کرد. به نظر می‌رسد که ارتفاع، عرض جغرافیایی و رطوبت در افزایش و یا کاهش یخبندان‌های ایران نقش زیادی را ایفا می‌کنند و ازدیاد روزهای یخبندان، طول دوره‌ی زیاد، سردترین دماها و میانگین‌ها، با ارتفاع، عرض جغرافیایی و عامل سینوپتیکی در ارتباط مستقیم باشند.

منابع و مأخذ:

۱. آمار سازمان هواشناسی کشور (۲۰۰۴ - ۱۹۷۴) در سال (۱۳۷۶).
۲. اسدی بروجنی و همکاران، (۱۳۸۱)، "تعیین احتمال وقوع تجربی و دوره بازگشت حداقل دما در ماههای اسفند، فروردین و اردیبهشت در باغ‌های بادام منطقه سامان"، مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم، شماره سوم: ۵۷ - ۴۹.
۳. حیدری‌گندمان، محمد طالب، (۱۳۷۴)، "بررسی آماری و سینوپتیکی وضعیت یخبندان در غرب کشور"، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، به راهنمایی مهندس حسین اردکانی، دانشگاه تهران.
۴. روشنی، محمود و عبدالهی، علی، (۱۳۸۵)، "تحلیل آماری یخبندان ایستگاه اراک (۱۹۷۰ - ۱۹۹۲)"، مجموعه مقالات اولین همایش جغرافیا و قرن ۲۱، دانشگاه آزاد اسلامی و احد نجف آباد، ۱۶۵ - ۱۵۷.
۵. علیجانی، بهلول، (۱۳۷۵)، آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور: ۲۵۰.
۶. علیزاده، امین، (۱۳۸۵)، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد: ۸۰۷.
۷. فتاحی، ابراهیم و صالحی پاک، ته‌مین، (۱۳۸۸)، "تحلیل الگوی سینوپتیکی یخبندان های زمستانی ایران"، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۳، ۱۳۶ - ۱۲۷.
۸. فرج زاده اصل منوچهر، (۱۳۸۶)، تکنیک‌های اقلیم‌شناسی: ۳۶۰.
۹. کمالی، غلامعلی و صحرایان، فاطمه، (۱۳۸۴)، "بررسی آماری وقوع سرما و یخبندان های بهاره و پاییزه در استان آذربایجان شرقی"، دانش کشاورزی، ۱۵ (۴) ۲۰۹ - ۱۹۷.
۱۰. گرجی، یوسف، ثابت، خسرو، (۱۳۷۱)، اثر سرمای دیررس سال ۱۳۶۶ بر رانشستان‌های منطقه‌ی گل‌بند (نوشهر)، پژوهش و سازندگیف شماره‌ی ۱۵: ۲۱ - ۱۸.
۱۱. مجرد قره باغ، فیروز، (۱۳۷۶)، "تحلیل و پیش‌بینی یخبندان در آذربایجان"، رساله‌ی دوره دکترای اقلیم‌شناسی، به راهنمایی دکتر علی اصغر موحد دانش، دانشگاه تربیت مدرس.
۱۲. محمدی، حسین و محمودی، پیمان، (۱۳۸۵)، "تأثیر پدیده‌های اقلیمی بر تردد و تصادفات در جاده‌ی سنندج - همدان"، مجله‌ی جغرافیا و توسعه ناحیه ای، بهار و تابستان ۸۵، شماره ۶: ۱۲۹.
۱۳. نوحی و همکاران، (۱۳۸۶)، "بررسی و تحلیل تاریخ‌آغاز و خاتمه‌ی یخبندان های تابشی - فرارفتی و فرارفتی در استان‌های آذربایجان غربی و شرقی"، پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره‌ی ۷۵.

۱۴. هاشمی، ف، (۱۳۵۳)، "منطقه بندی ایران از نقطه نظر هواشناسی کشاورزی، سازمان هواشناسی.
15. 15-Boer,R.,Campbell.L.C. and Fletcher, D.J.(1993). "*Characteristics of frost in a major wheat – growing region of Australia*", Aust. J. Agric. Res. 440(8): 1731-1743.
16. Kajfcz.B.I,(1989)."*Early outomn frost in upper Carniola Slovenia*",Zbornik Biotehniske universe (Yogoslavia). 53, 19 – 26.
17. Rosenberg, N. J., Blad. B. and Myers, R. E. (1962). "*The nature of growing season frost*", Mon. Wea. Rev., 10: 471-479.
18. Trought,M.C.T, et all,(1999), "*practical considerations for reducing frost damage in Vineyard*", report to Newzealand Winegrowers
19. Thom, H.C.S. and Shaw, R.H. (1958),"*Climatology analysis of freeze data for Iowa, Mon. Wea. Rev, 86 (7): 251- 257.*
20. URL1: [http:// www.xoy_ir.2008/1/28](http://www.xoy_ir.2008/1/28)
21. URL2: [http:// www.mardomsalari.com](http://www.mardomsalari.com) 2008/1/29
22. Vega ey all,(1994),"*frost/freezes analyses in the Southern Climate Region*" Southern Regional Climate Center Technical Report no 1.
23. Watkins, S. C. (1991), "*The annual period of freezing temperatures in Central Enggland 1850 – 1995*", Inter. J. Climatol., 11(8): 889-896.