

فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۳۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴، شماره پیاپی ۱۱۶

M. Darand, Ph.D
S. A. Masoodian, Ph.D

محمد دارند، استادیار آب و هواشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان
سید ابوالفضل مسعودیان، استاد آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان

E-mail: darand_mohammad@yahoo.com

شماره مقاله: ۱۰۰۲ صص: ۹۴-۸۱
وصول: ۹۳/۱/۱۷ پذیرش: ۹۳/۸/۱۴

مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در ایران

چکیده

هدف این پژوهش برآورد مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در ایران زمین است. بدین منظور از داده‌های دمای کمینه روزانه ۶۶۳ پیمونگاه همدید و اقلیمی طی بازه زمانی ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ استفاده شد. داده‌ها به کمک روش کریگینگ در ابعاد ۱۵*۱۵ کیلومتر بر روی پهنه ایران میان‌یابی شدند. پایگاه داده‌ای با ابعاد ۷۱۸۷*۱۵۹۹۲ حاصل شد که بر روی سطرها روز و بر روی ستون‌ها یاخته‌ها قرار گرفت^۱. به کمک آزمون t در سطح اطمینان ۹۵ درصد میانگین فاصله‌ای مدت زمان انتظار رخداد یخبندان برای تک تک یاخته‌ها در برج‌های مختلف و سالانه برآورد شد. یافته‌ها نشان داد که مدت زمان انتظار رخداد یخبندان بر روی پهنه ایران در برج‌های مختلف سال با هم متفاوت است. در برج دی مدت زمان انتظار بسیار کوتاه است. در این برج از سال بر روی ارتفاعات زاگرس و شمال شرق کشور مدت زمان انتظار ۱ الی ۳ روز است. در برج‌های دیگر سال مدت زمان انتظار افزایش می‌یابد. باریکه سواحل جنوبی کشور در تمام برج‌های سال بدون یخبندان است و مدت انتظار بی‌معنی است. تغییرات مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در مناطقی که مدت زمان انتظار طولانی بوده، بسیار زیاد است. بر روی اردبیل، مناطق بین سنندج-همدان، تهران-سمنان و شهرکرد نسبت به سایر مناطق کشور فاصله زمانی بین رخداد دو یخبندان متوالی بسیار کوتاه است.

واژه‌های کلیدی: یخبندان، مدت زمان انتظار، ایران.

مقدمه

اگرچه برای دو واژه *Frost* و *Freeze* معادل فارسی یخبندان به کار می‌رود؛ ولی تفاوت اساسی بین این دو پدیده وجود دارد. هنگامی که دمای هوا در ارتفاع بین ۱/۲۵ و ۲ متری بالای سطح زمین به صفر یا زیر صفر درجه برسد، پدیده *Frost* رخ می‌دهد. در چنین شرایطی آب داخل بافت گیاهان ممکن است یخ بزند و یا ممکن است یخ نزند؛ ولی پدیده *Freeze* هنگامی اتفاق می‌افتد که آب داخل بافت گیاه یخ می‌زند (اشنایدر و میلو-آلبرئو^۲، ۲۰۰۵ و لیندسی و همکاران، ۲۰۰۵). از نگاه هواشناسی کشاورزی هنگامی یخبندان *Freeze* رخ می‌دهد که افت دما به آسیب در بافتهای گیاهی منجر

۱- داده‌های این پژوهش از پایگاه داده اسفزاری برداشت شد. این پایگاه داده توسط مسعودیان در دانشگاه اصفهان آماده شده است.

^۲ Snyder, Melo-Albreu

شود (دینگ و کریشنامورتی^۱، ۱۹۸۹). پژوهش‌های فراوانی در مورد یخبندان در ایران و خارج از ایران انجام شده است. سمیعی و همکاران (۱۳۷۶) به کمک دمای روزانه پیمونگاه‌های هواشناسی کشور و با کاربرد معکوس توابع توزیع مدل-های ترکیبی، تاریخ وقوع و خاتمه یخبندان‌های پاییزه و بهاره در سطوح احتمالات انتخابی و در ۱۲ آستانه بحرانی دما محاسبه

نموده اند. کمالی (۱۳۸۱) تحولات زمانی پارامتر دمای کمیته هوا و سرماهای زیان‌آور تهران را پیش‌بینی کرد. نتایج وی نشان داد که تغییرات تاریخ رخداد اولین سرماهای پاییزه و آخرین سرماهای بهاره نسبت به احتمالات مختلف خطی است و خطوط احتمالاتی مختلف برای هر آستانه حرارتی در یک صفحه احتمالات تقریباً موازی یکدیگر است و در صورت تلاقی خطوط باهم، عملاً عبور یک زمان افت دما از چند آستانه حرارتی است. عزیز و حبیبی (۱۳۸۴) به مطالعه توزیع زمانی و مکانی یخبندان و لغزندگی در جاده‌های هراز و فیروزکوه با استفاده از تکنیک سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. ضیایی و همکاران (۱۳۸۵) اطلس احتمال رخداد حداقل دمای استان فارس را تعیین کردند. ایشان از داده‌های روزانه ۲۰ پیمونگاه تبخیرسنجی سازمان آب منطقه‌ای و ۵ پیمونگاه همدید سازمان هواشناسی استفاده کردند. نتایج نشان داد که تنها ۶ پیمونگاه در فصل بهار دارای دمای زیر صفر درجه بودند. همچنین، تاریخ رخداد یخبندان از هیچ قاعده و قانون خاصی پیروی نمی‌کند. هرچه عرض جغرافیایی پیمونگاه یا منطقه‌ای کمتر شود، اولین یخبندان‌ها دیرتر و آخرین یخبندان‌ها زودتر اتفاق می‌افتد. طاوسی و درخشی (۱۳۸۹) احتمال رخداد و دوره‌های برگشت یخبندان-های زودرس و دیررس زاهدان را طی بازه زمانی ۱۳۸۶-۱۳۶۰ از نگاه آماری تحلیل کردند. نتایج آنها نشان داد که یخبندان‌های زودرس و دیررس از هر دو طرف به سمت فصل زمستان در حال عقب نشینی هستند؛ یعنی دوره یخبندان کوتاه‌تر شده است. سیاری و همکاران (۱۳۸۹) زمان رخداد یخبندان را به کمک تشخیص الگوها بررسی کردند. نتایج نشان داد که چنانچه دسترسی به داده‌های ساعتی به صورت ناقص و کمیاب باشد روش سینوسی نمایی با دقت بالا قادر به شبیه‌سازی داده‌های ساعتی حداقل دماست. برای پیشگویی حداقل دمایی که در شبانه روز ممکن است رخ دهد، نتایج نشان داد که هر چه فاصله زمانی تا روز مورد نظر برای پیش‌بینی کمتر باشد، دقت پیشگویی روش تشخیص الگوها بالاتر خواهد بود. پروانه (۱۳۸۹) به روش چپ بی شرف یخبندان‌های ملایر بررسی شد. نتایج نشان داد که طول دوره یخبندان در برج دی و بهمن ماه بلند بوده و شدت آن زیاد است. طی برج‌های آبان و فروردین یخبندان ملایمی بر منطقه حاکم است که رخداد آن غیرمنتظره و بسیار خطرناک است. در برج‌های آذر و اسفند شرایط یخبندان متوسطی بر منطقه حاکم است. در سایر ماه‌های سال ملایر بدون یخبندان است. منتظری (۱۳۸۹) یخبندان‌های کشاورزی شهرستان نجف‌آباد را از نگاه آماری تحلیل و بررسی کرد. نتایج نشان داد که هرچند تعداد روزهای یخبندان کاهش نیافته؛ اما رخداد یخبندان‌های شدید رو به کاهش بوده و از سوی دیگر، فراوانی رخداد دماهای صفر درجه به‌شدت رو به افزایش است. طول دوره یخبندان حدود چهار ماه است که از اواخر آبان آغاز می‌شود و تا اواخر اسفند به طول می‌انجامد. میرموسوی و حسین بابایی (۱۳۹۰) توزیع زمانی- مکانی احتمال رخداد یخبندان در استان زنجان را مطالعه کردند. نتایج نشان داد که به طور متوسط اولین یخبندان‌های منطقه در فصل پاییز بین ۷ مهر تا ۲۴ آبان رخ می‌دهد و میانگین تاریخ

¹ Ding and Krishnamurti

خاتمه یخبندان‌ها از ۲۰ فروردین تا ۳۰ اردیبهشت است و بیشترین میانگین تعداد روزهای رخداد یخبندان مربوط به پیمونگه خیرآباد و کمترین میانگین در پیمونگه فیله خاص زنجان رخ می‌دهد. پژوهش‌های دیگری نیز با نگاه همدیدی و آماری در ایران انجام شده است که برای نمونه می‌توان به فتاحی و صالحی‌پاک (۱۳۸۸)، رضایی و عابد (۱۳۸۹)، عساکره (۱۳۸۹)، علیجانی و همکاران (۱۳۸۹)، محمودی و همکاران (۱۳۹۱) و پروین و عطایی (۱۳۹۲) اشاره کرد. استرلینگ (۲۰۰۲) تغییرات روزهای یخبندان و دوره بدون یخبندان ایالات متحده آمریکا را بررسی کرد. نتایج وی نشان داد که طی دوره ۱۹۴۸-۱۹۹۹ تعداد روزهای یخبندان رو به کاهش بوده و طول دوره بدون یخبندان افزایش یافته است. کیویان و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای بر روی نمایه‌های آب و هوایی کشاورزی در کانادا نشان دادند که روزهای یخبندان، روزهای همراه با یخبندان کشنده و روزهای سرد در طول فصل رشد روند کاهشی از خود نشان می‌دهند و این به معنی آن است که محصولات از استرس‌های سرمازدگی در طول فصل رشد کمتر آسیب می‌بینند. اسکاگس و اراماک (۲۰۱۲) در نبراسکا نشان دادند که شروع و خاتمه یخبندان‌ها دچار تغییرات معناداری شده و آخرین یخبندان‌های بهار ۶/۶ روز به ازای هر قرن زودتر و اولین یخبندان‌های پاییزه ۲/۷ روزه به ازای هر قرن دیرتر اتفاق می‌افتند. براون و همکاران (۲۰۱۰) برپایه نتایج پژوهشی بر روی نمایه‌های فرین آب و هوایی در شمال شرق ایالات متحده طی بازه زمانی ۱۸۷۰ تا ۲۰۰۵ و تیراندو و استرلینگ (۲۰۱۲) در مدل‌سازی الگوهای مکانی زمانی نمایه‌های آب و هوایی کشاورزی قرن بیستم آمریکای شمالی به نتایجی مشابه دست یافتند. ژو و همکاران (۲۰۱۳) نمایی از آب و هوایی آینده فلات تبت را به یاری مدل آماری آب و هوایی منطقه‌ای ارائه کردند. یافته‌ها بیانگر کاهش بسامد رخداد روزهای یخی و یخبندان است. وُو و همکاران (۲۰۱۳) به پیش‌بینی فصلی فراوانی یخبندان‌های کشنده طی فصل رشد محصولات زمستانی بخش‌های مرکزی و جنوبی کانادا پرداختند. نتایج نشان داد که دو الگوی نوسان دهه‌ای اقیانوس آرام (*PDO*) و نوسان جنوبی-النینو (*ENSO*) نقش کلیدی در وردایی یخبندان‌های کشنده دارند. علاوه بر پژوهش‌های یاد شده، مطالعات بسیار زیاد دیگری نیز در ایران و خارج از ایران بر روی یخبندان انجام شده است. به نظر می‌رسد که در مورد مدت زمان انتظار رخداد یخبندان تاکنون پژوهشی در ایران انجام نشده است. هدف این پژوهش شناسایی مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در ایران زمین است.

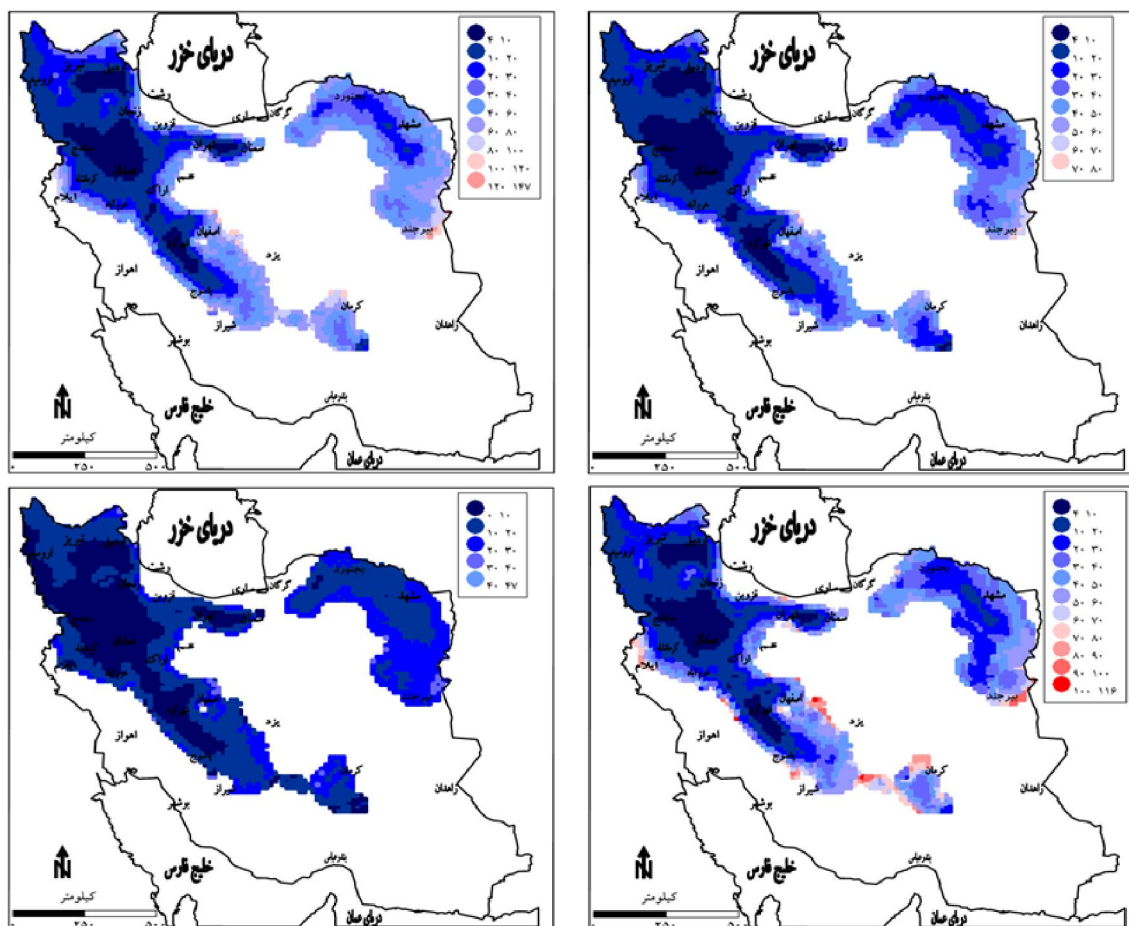
داده‌ها و روش پژوهش

در این پژوهش از داده‌های دمای کمینه (شبانه) ۶۶۳ پیمونگه همدیدی و آب و هوایی بر روی ایران طی بازه زمانی ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ استفاده شده است. داده‌های نقطه‌ای یا پیمونگاهی به کمک روش زمین آماری کریجینگ بر روی پهنه ایران درون‌یابی شدند و پایگاه داده‌ای از دمای کمینه با ابعاد $7187 * 15992$ ایجاد شد که بر روی سطرها روز (۱۵۹۹۲) و بر روی ستون‌ها یاخته‌ها (۷۱۸۷) قرار گرفت. این پایگاه داده همراه با سایر پارامترهای آب و هوایی دیگر در پایگاه داده اسفزاری نمایه شده است. هدف این پژوهش، برآورد مدت زمان انتظار رخداد یخبندان بر روی ایران است. به بیانی دیگر، اگر به فرض بر روی یک نقطه بر روی ایران ایستاده باشیم، چه مدت زمانی باید صبر کنیم تا یخبندان صورت گیرد؟ در ابتدا لازم است یخبندان را تعریف کنیم. در این پژوهش روز یخبندان روزی در نظر گرفته شد که دمای کمینه (شبانه) زیر صفر درجه سلسیوس باشد ($T_{min} < 0$). در برخی مناطق از جمله نوار باریک جنوب کشور به دلیل عرض جغرافیایی پایین و مجاورت با پهنه بزرگ آب ممکن است که طی سال‌های متمادی دمای

شبان به زیر صفر درجه افت پیدا نکند. بنابراین، برای آنکه از انجام محاسبات بر روی این گونه مناطق صرفنظر کنیم، این شرط گذاشته شد که در مکان مورد نظر به طور میانگین دست کم یک روز طی دوره مورد نظر یخبندان صورت گرفته باشد. بنابراین، مناطقی که عاری از یخبندان هستند، از محاسبات حذف می شوند. برای سایر مناطق میانگین، میانگین فاصله‌ای (حدّ بالا و پایین) و انحراف معیار مدت زمان انتظار رخداد یخبندان سالانه و برج‌های مختلف سال جداگانه به کمک آزمون t در سطح اطمینان ۹۵ درصد برآورد شد.

یافته‌های پژوهش

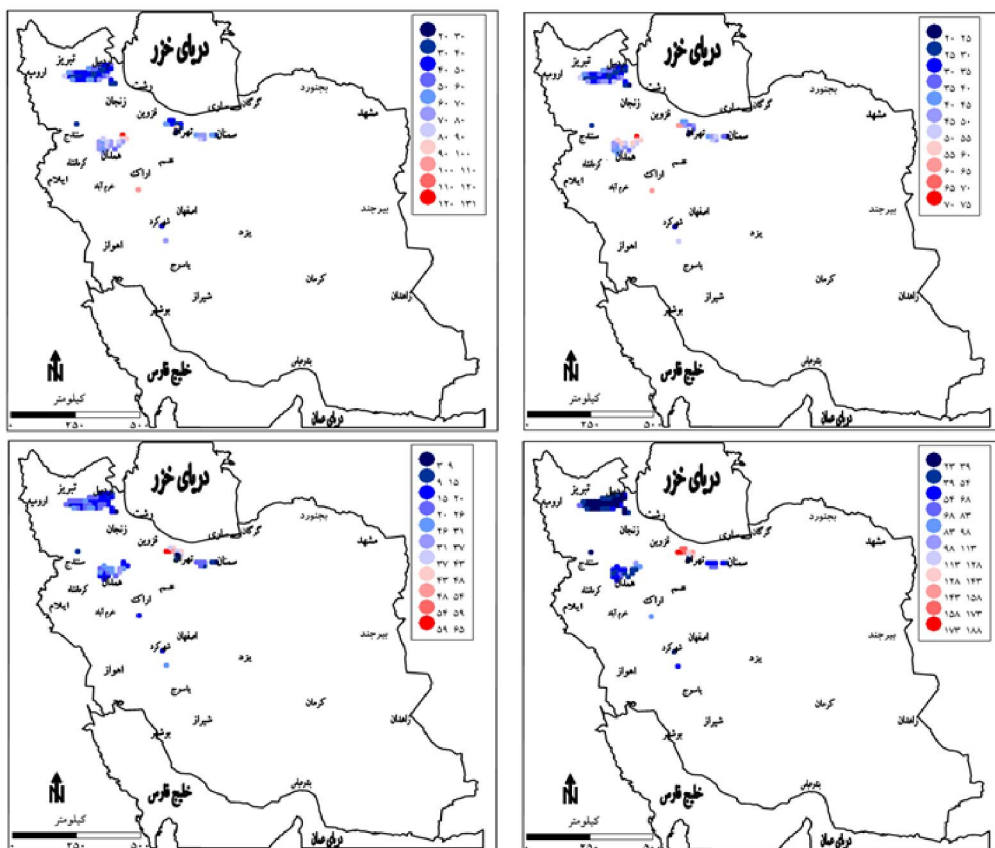
نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ارتفاع نقش بسیار مهمی در رخداد یخبندان و مدت زمان انتظار رخداد یخبندان ایران زمین دارند. بر روی ارتفاعات بلند، مدت زمان انتظار رخداد یخبندان یا فاصله بین رخداد دو یخبندان کاهش می‌یابد؛ در حالی که بر روی مناطق پست و کم‌ارتفاع مدت زمان رخداد یخبندان افزایش می‌یابد. عرض جغرافیایی و دوری و نزدیکی به پهنه‌های بزرگ آب نیز از دیگر عوامل مؤثر بر مدت زمان رخداد یخبندان هستند که در مقایسه با ارتفاعات و ناهمواری‌ها از نقش کم‌رنگ‌تری برخوردارند. به طور متوسط در برج‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور بر روی پهنه ایران یخبندان رخ نمی‌دهد. ممکن است که بر روی برخی نقاط که در ارتفاعات بالا قرار دارند یخبندان صورت گیرد؛ ولی رخداد یخبندان در این گونه مناطق در برج‌های گرم سال تصادفی بوده و به طور متوسط طی بازه زمانی مورد نظر (ماه یا سال) کمتر از یک روز در ماه است. در برج اردیبهشت و مهر نیز تنها گستره بسیار کمی از ایران که بر روی ارتفاعات قرار دارند، یخبندان را تجربه می‌کنند.



شکل ۱) میانگین و انحراف معیار (سمت راست) و حد بالا و پایین (سمت چپ) مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در برج فروردین

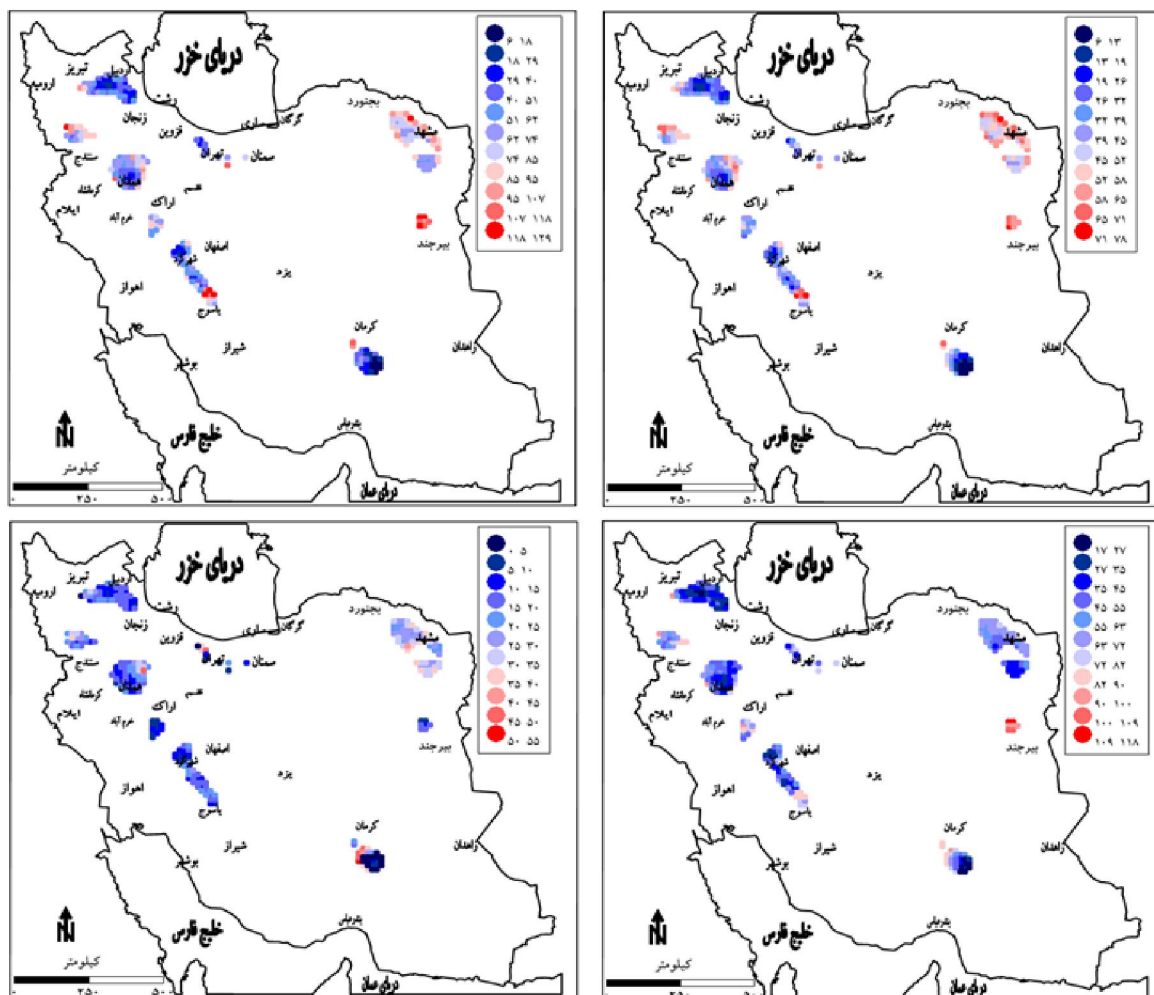
شکل ۱) میانگین فاصله‌ای و انحراف معیار مدت زمان انتظار رخداد یخبندان را در برج فروردین نشان می‌دهد. چنانکه ملاحظه می‌شود، در این برج از سال بر روی مناطق مرکزی، نوار باریک ساحلی شمال و جنوب و جنوب شرق کشور به‌طور میانگین یخبندان کمتر از یک روز در ماه بوده و یا اصولاً یخبندانی صورت نمی‌گیرد. بر روی ارتفاعات رشته کوه زاگرس، البرز، کرمان و خراسان در این برج از سال یخبندان رخ می‌دهد و مدت زمان انتظار رخداد یخبندان از ۴ الی ۱۰ روز تا ۷۰ الی ۸۰ روز تغییر می‌کند. مدت زمان انتظار رخداد یخبندان بر روی حدود ۷ درصد از پهنه ایران (مناطق بین سندرچ-همدان، سمنان-تهران، شهرکرد و اردبیل) به حداقل خود؛ یعنی ۴ تا ۱۰ روز می‌رسد. با فاصله گرفتن از ارتفاعات مدت زمان انتظار افزایش می‌یابد. بر روی ارتفاعات و بلندی‌ها انحراف معیار مدت زمان انتظار نیز به حداقل می‌رسد؛ به بیانی دیگر، تغییرات مدت زمان انتظار کاهش می‌یابد.

در حالی که بر روی پایکوه‌ها انحراف معیار مدت زمان انتظار افزایش می‌یابد و بیانگر تغییرات بسیار شدید مدت زمان انتظار در این گونه مناطق است. شکل مربوط به حد بالا و پایین میانگین مدت زمان انتظار رخداد یخبندان نیز این مطلب را به خوبی نشان می‌دهد. برای نمونه، بر روی شرق اصفهان مدت زمان انتظار رخداد یخبندان از ۱ ماه (۳۰ روز) تا ۴ ماه (۱۲۰ روز) متغیر است. با افزایش دما و گرم شدن هوا در برج اردیبهشت گستره رخداد یخبندان نیز بر روی ایران زمین کاهش می‌یابد. در این برج از سال تنها بر روی حدود ۱ درصد از گستره ایران زمین یخبندان مشاهده می‌شود (شکل ۲).



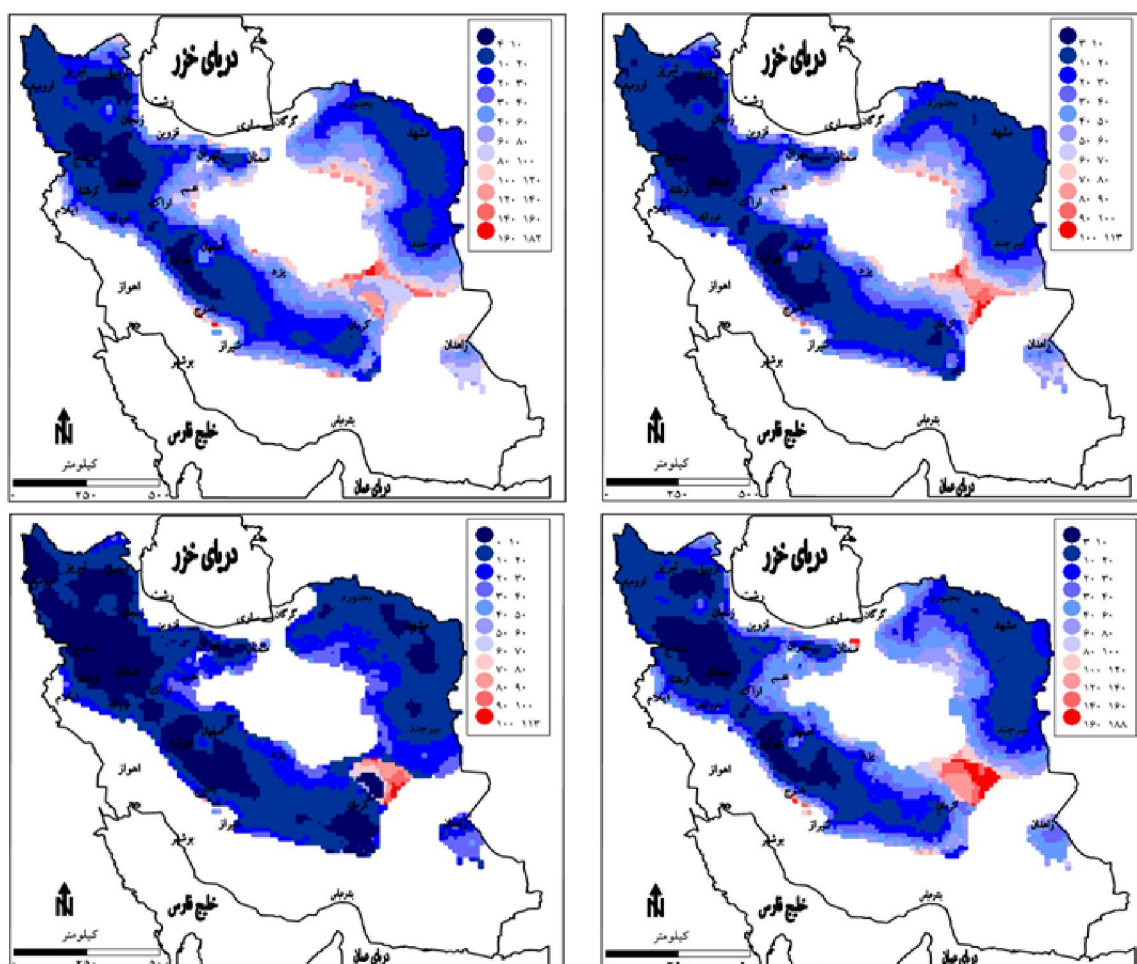
شکل ۲) میانگین و انحراف معیار (سمت راست) و حدّ بالا و پایین (سمت چپ) مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در برج اردیبهشت

این مناطق نیز بر روی ارتفاعات اردبیل، همدان، تهران، سمنان و شهرکرد قرار دارند. با افزایش دمای هوا مدت زمان انتظار رخداد یخبندان نیز افزایش می‌یابد. بر روی تهران میانگین مدت زمان انتظار رخداد یخبندان بسیار متغیر است درحالی که بر روی اردبیل تغییرات کمتر است. بر روی اردبیل میانگین مدت زمان انتظار رخداد یخبندان ۲۰ الی ۲۵ روز است؛ درحالی که بر روی شمال غرب همدان بیشتر از ۶۰ روز است. در برج مهر نیز همانند برج اردیبهشت یخبندان بر روی گستره بسیار کمی از پهنه ایران زمین مشاهده می‌شود. بر روی ارتفاعات کرمان، همدان، اردبیل و شهرکرد مدت زمان انتظار رخداد یخبندان بین ۶ الی ۱۹ روز متغیر است. بر روی ارتفاعات مشهد مدت زمان انتظار رخداد بیشتر از ۶۵ روز است. بر روی بیرجند تغییرات مدت زمان انتظار رخداد یخبندان بسیار متغیر است.



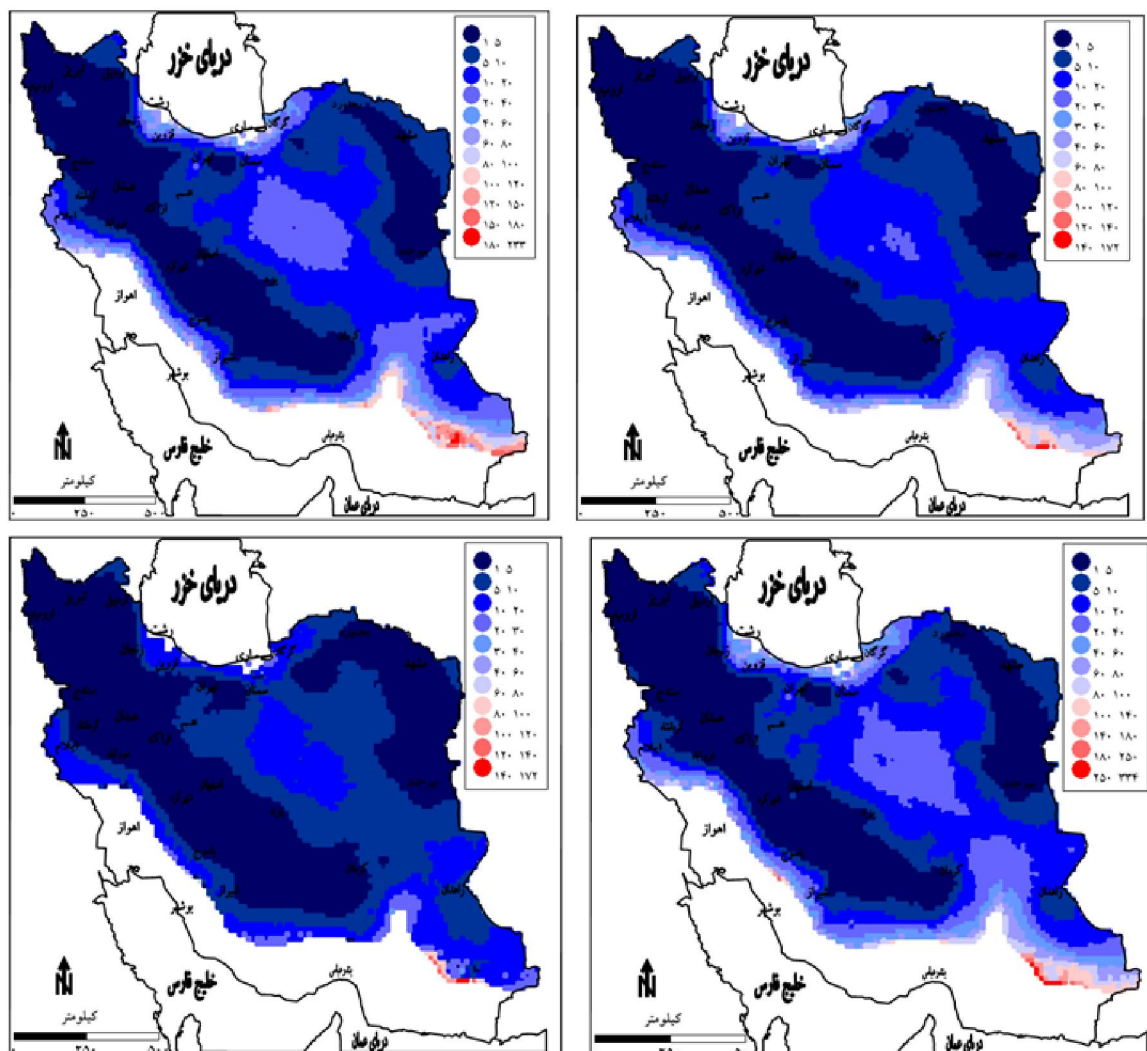
شکل ۳) میانگین و انحراف معیار (سمت راست) و حد بالا و پایین (سمت چپ) مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در برج مهر

با کاهش دما و سرد شدن هوا در برج آبان رخداد یخبندان بر روی گستره وسیعی از ایران زمین مشاهده می‌شود. میانگین مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در این برج از سال بر روی مناطق بین همدان-سنندج، اردبیل و شهرکرد ۳ الی ۱۰ روز است. به بیانی دیگر، هر ۳ الی ۱۰ روز در این مناطق یک بار یخبندان مشاهده می‌شود. بر روی مناطق بین کرمان- بیرجند میانگین مدت زمان انتظار به بیش از ۹۰ روز می‌رسد. انحراف معیار نیز در این مناطق به بیش از ۱۴۰ روز می‌رسد و این بیانگر تغییرات شدید مدت زمان انتظار در این مناطق است.



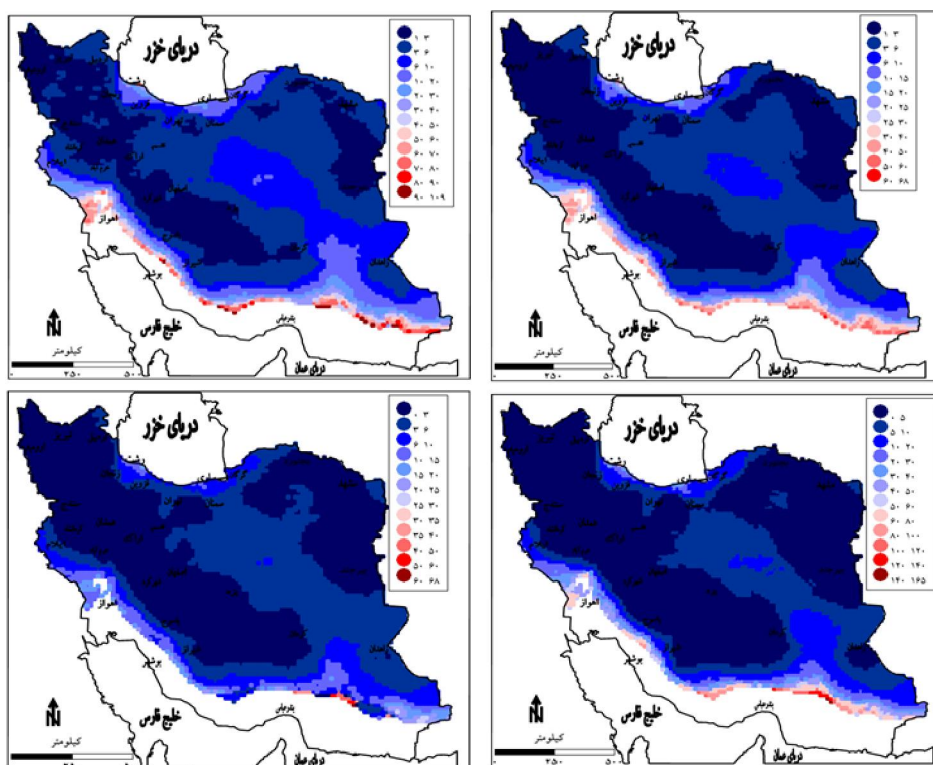
شکل ۴) میانگین و انحراف معیار (سمت راست) و حدّ بالا و پایین (سمت چپ) مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در برج آبان

در برج آذر دمای شبانه در بیشتر گستره ایران به زیر صفر درجه سلسیوس افت پیدا می کند. تنها نوار باریک ساحلی جنوب (اهواز، بوشهر و بندرعباس) و بخش هایی از ساحل جنوبی دریای خزر (رشت و ساری) عاری از یخبندان است. مدت زمان انتظار رخداد یخبندان بر روی ارتفاعات زاگرس به صورت نوار ممتدی از شمال غرب تا بلندی های کرمان و ارتفاعات شمال شرق در امتداد شمال- جنوب و به صورت پراکنده بر روی البرز بین ۱ تا ۵ روز است. بر روی نواحی مرکزی ایران و پایکوه های بخش های شرقی و غربی بلندی های زاگرس، البرز و شمال شرق کشور فاصله بین دو یخبندان متوالی افزایش می یابد. در نواحی جنوبی زاهدان میانگین مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در این برج از سال به بیش از ۱۲۰ روز می رسد. بیشترین انحراف معیار نیز مربوط به این مناطق است. در برج دی بیش از ۸۶ درصد از گستره ایران زمین زیر یخبندان قرار می گیرد. میانگین مدت زمان انتظار رخداد یخبندان بر روی ارتفاعات زاگرس، البرز و شمال شرق کشور به ۱ الی ۳ روز می رسد.



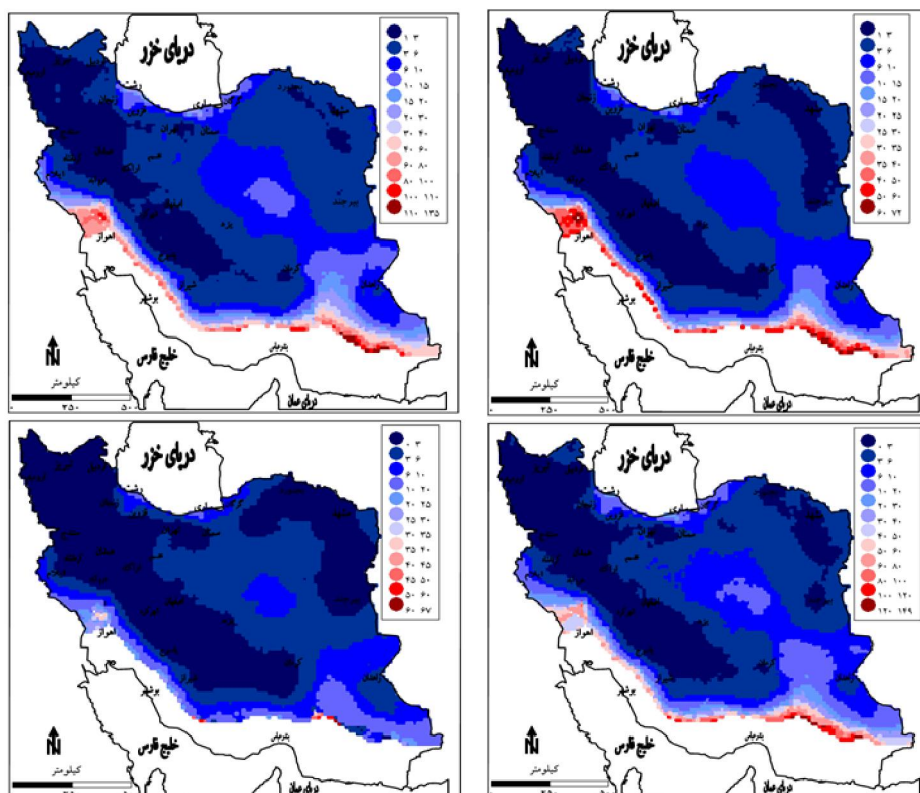
شکل ۵) میانگین و انحراف معیار (سمت راست) و حد بالا و پایین (سمت چپ) مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در برج آذر

میانگین فاصله زمانی بین رخداد دو یخبندان متوالی بر روی مناطق غرب و جنوب کوه‌های زاگرس و جنوب زاهدان بیش از ۳۰ روز است. میزان انحراف معیار مدت زمان انتظار رخداد یخبندان بر روی ارتفاعات بین ۵ تا ۵۰ روز است. با فاصله گرفتن از ارتفاعات میزان انحراف معیار افزایش می‌یابد. بیشترین انحراف معیار مربوط به مناطق جنوبی زاهدان است. در برج بهمن نیز بیشتر گستره ایران زمین (حدود ۹۵ درصد) زیر یخبندان قرار می‌گیرد. همانند برج دی بر روی ارتفاعات بلند زاگرس و کرمان، شمال شرق و ارتفاعات بین سمنان- تهران بر روی البرز میانگین مدت زمان انتظار رخداد یخبندان بین ۱ الی ۳ روز است. فاصله زمانی بین رخداد دو یخبندان بر روی شمال اهواز، غرب زاگرس و جنوب زاهدان نسبت به برج دی افزایش یافته است. میانگین مدت زمان انتظار در این مناطق بیش از ۵۰ روز است. همانند سایر برج‌های سال بر روی مناطق یاد شده میزان انحراف معیار بیش از سایر مناطق است. به بیانی دیگر، تغییرات مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در این مناطق زیاد است.



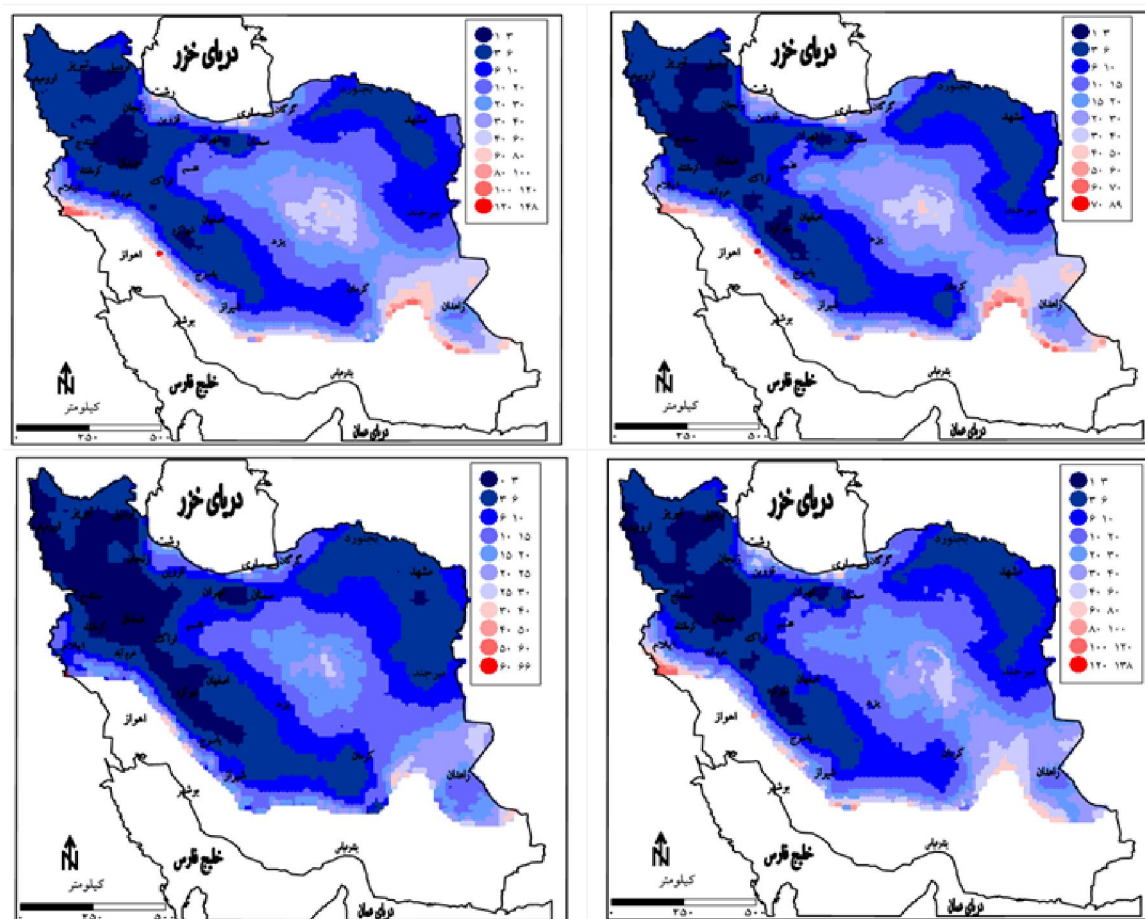
شکل ۶) میانگین و انحراف معیار (سمت راست) و حدّ بالا و پایین (سمت چپ)

مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در برج دی



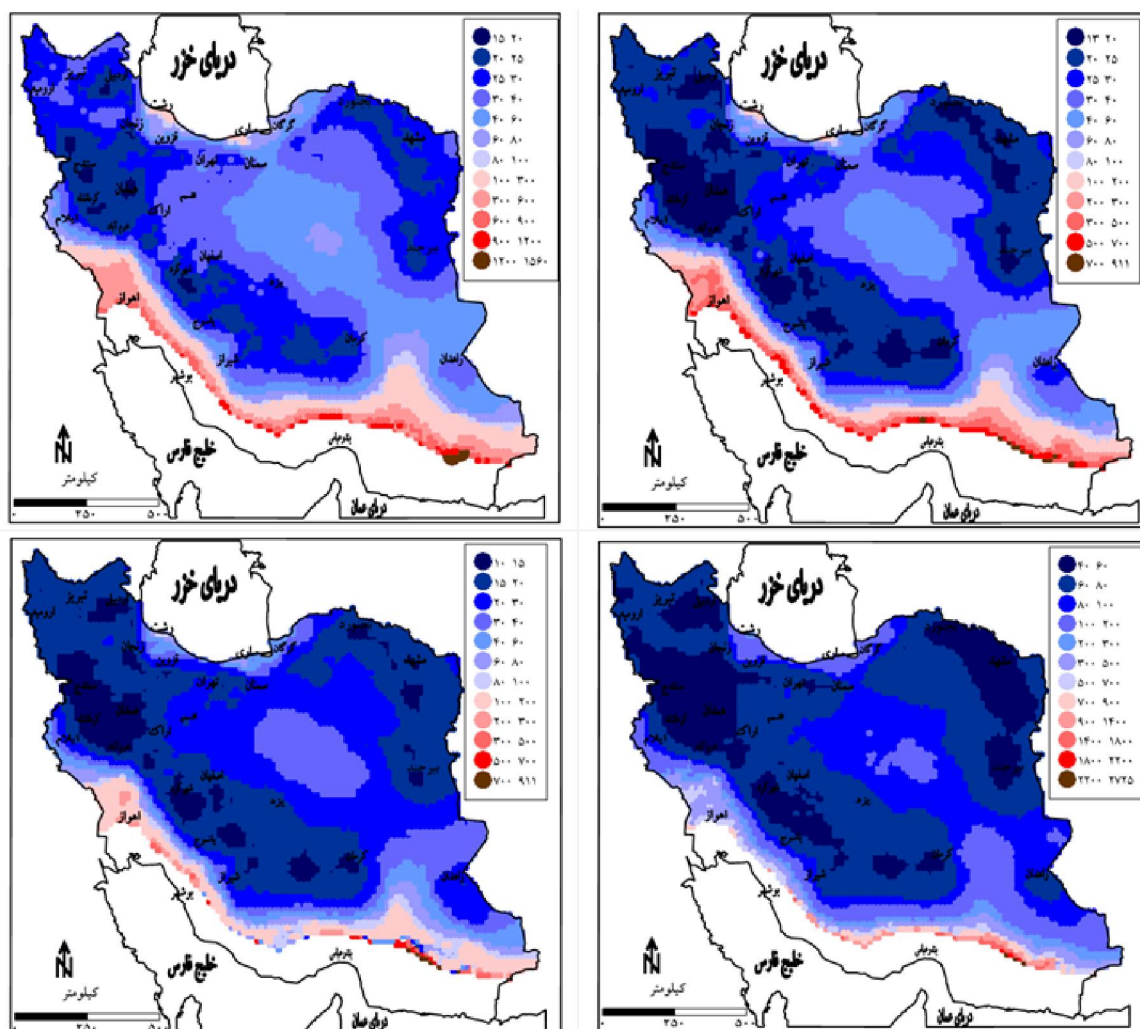
شکل ۷) میانگین و انحراف معیار (سمت راست) و حدّ بالا و پایین (سمت چپ) مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در برج بهمین

در برج اسفند میزان گستره یخبندان بر روی ایران زمین نسبت به دو برج دی و بهمن کاهش یافته است. گستره یخبندان در این برج از سال حدود ۷۵ درصد است. میانگین مدت زمان انتظار رخداد یخبندان نسبت به دو برج دیگر فصل زمستان بیش از ۳ روز افزایش یافته است. بر روی ارتفاعات کرمان مدت زمان انتظار بین ۶ الی ۱۰ روز است. فاصله زمانی بین رخداد دو یخبندان بر روی ارتفاعات بین همدان- سنندج، شهرکرد، اردبیل و تبریز بین ۱ الی ۳ روز است. در جنوب ایلام، غرب شهرکرد و یاسوج، مناطق بین کرمان و زاهدان و جنوب زاهدان مدت زمان انتظار بیش از ۶۰ روز است. مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در طول سال در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۸) میانگین و انحراف معیار (سمت راست) و حدّ بالا و پایین (سمت چپ) مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در برج اسفند

مدت زمان انتظار بر روی سنندج، همدان، کرمانشاه، خرم آباد، شهرکرد، بجنورد، مشهد، کرمان و اردبیل بین ۱۳ الی ۲۰ روز است. بر روی مناطق ساحلی دریای خزر (ساری و رشت) ۱۰۰ الی ۲۰۰ روز و بر روی اهواز، غرب رشته کوه- های زاگرس و جنوب زاهدان به بیش از ۵۰۰ روز می رسد. بیشترین مدت زمان انتظار مربوط به مناطق جنوبی زاهدان است که بین ۷۰۰ الی ۹۱۱ روز است. مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در مناطق مرکزی ایران به دلیل ارتفاع پایین و محصور بودن توسط رشته کوههای زاگرس در غرب و البرز در شمال و رشته کوههای شمالی- جنوبی شمال شرق کشور نسبت به مناطق کوهستانی بیشتر است. تغییرات مدت زمان انتظار بر روی مناطق کوهستانی و ارتفاعات بسیار کم است.



شکل ۹) میانگین و انحراف معیار (سمت راست) و حد بالا و پایین (سمت چپ) مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در طول سال

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که مدت زمان انتظار رخداد یخبندان در برج‌های مختلف سال با همدیگر متفاوت است. ارتفاع نقش کلیدی در کوتاه و بلندی مدت زمان انتظار رخداد یخبندان دارد. از لحاظ زمانی کمترین مدت زمان انتظار رخداد یخبندان مربوط به برج دی است. در این برج از سال بر روی ارتفاعات و بلندی‌های زاگرس، البرز، شمال شرق و کرمان مدت زمان انتظار ۱ الی ۳ روز است. در برج فروردین، اردیبهشت، مهر و آبان مدت زمان انتظار بر روی ارتفاعات زاگرس کوتاه‌تر از ارتفاعات شمال شرق کشور (خراسان) است. از برج آذر تا برج اسفند مدت زمان انتظار بر روی ارتفاعات زاگرس، شمال شرق کشور و بخش‌هایی از البرز تقریباً یک‌دست و از ۵ روز بالاتر نمی‌رود. در سنندج، همدان، اردبیل، شهر کرد، شمال شرق کشور و ارتفاعات بین تهران-سمنان مدت زمان انتظار رخداد یخبندان نسبت به سایر مناطق دیگر کشور بسیار کوتاه است. همان‌طور که گفته شد، معیار رخداد یخبندان بر روی یک یاخته این بود که طی بازه زمانی مورد نظر به‌طور میانگین دست کم یک روز یخبندان بوده باشد. با توجه به این معیار در برج‌های خرداد، تیر،

مرداد و شهریور بر روی پهنه ایران یخبندان دیده نمی‌شود. در برج اردیبهشت و مهر نیز تنها درصد بسیار کوچکی از گستره ایران زیر یخبندان است. با فاصله گرفتن از ارتفاعات و گرم شدن هوا مدت زمان انتظار رخداد یخبندان افزایش می‌یابد. به طور کلی، می‌توان گفت که هرچه مدت زمان انتظار رخداد یخبندان افزایش یابد، میزان انحراف معیار آن نیز افزایش می‌یابد. بر روی بلندی‌ها و ارتفاعات زاگرس، البرز و شمال شرق کشور، میزان انحراف معیار مدت زمان انتظار رخداد یخبندان به حداقل خود می‌رسد.

منابع

- ۱- پروانه، بهروز. (۱۳۸۹). برآورد فاصله‌ای روزهای یخبندان ملایر با استفاده از قانون چی‌بی‌شف، فصلنامه علمی-پژوهشی جغرافیا، ش ۱۲، صص ۱۲۹-۱۴۵.
- ۲- پروین، نادر و عطایی، هوشمند. (۱۳۹۲). الگوهای هم‌دید تراز میانی جو هنگام وقوع یخبندان های دیررس بهاره استان کرمانشاه، جغرافیا، ش ۱۱، صص ۲۱۵-۲۲۹.
- ۳- حجازی زاده، زهرا و ناصرزاده، محمدحسین. (۱۳۸۶). تجزیه و تحلیل یخبندان در استان لرستان، نشریه علوم جغرافیایی، ش ۸، صص ۳۱-۴۷.
- ۴- سمیعی، محمود و همکاران. (۱۳۷۶). تجزیه و تحلیل اقلیمی اطلاعات و احتمالات تاریخ شروع و خاتمه یخبندان پاییزه و بهاره در آستانه‌های بحرانی دما و طول فصل رویش در ایران، انتشارات سازمان هواشناسی.
- ۵- سیاری، نسرین و همکاران. (۱۳۸۹). بررسی امکان پیش بینی زمان وقوع یخبندان با استفاده از روش تشخیص الگوها، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ش ۱، صص ۱۰۷-۱۱۷.
- ۶- ضیایی، علیرضا و همکاران. (۱۳۸۵). تعیین اطللس احتمال وقوع حداقل دمای استان فارس با استفاده از آمار هواشناسی، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ش ۳، صص ۱۳-۲۶.
- ۷- طاوسی، تقی و درخشی، جعفر. (۱۳۸۹). تحلیل آماری احتمال وقوع و دوره‌های برگشت یخبندان‌های زودرس و دیررس زاهدان در دوره آماری. (۱۳۸۶-۱۳۶۰). مجله علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، ش ۳۰، صص ۸۹-۱۰۴.
- ۸- عزیزی، قاسم و حبیبی نوخندان، مجید. (۱۳۸۴). مطالعه توزیع زمانی و مکانی یخبندان و لغزندگی در جاده‌های هراز و فیروزکوه با استفاده از تکنیک GIS، پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۵۱، صص ۵۱-۶۵.
- ۹- کمالی، غلامعلی. (۱۳۸۱). سرماهای زیان بخش به کشاورزی ایران در قالب معیارهای احتمالاتی، مطالعه موردی، تهران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ش ۶۴-۶۳، صص ۱۴۹-۱۶۵.
- ۱۰- منتظری، مجید. (۱۳۸۹). تحلیل آماری یخبندان‌های کشاورزی در شهرستان نجف آباد، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، ش ۴، صص ۲۷-۳۸.
- ۱۱- میرموسوی، سیدحسین و حسین‌بابایی، مصطفی. (۱۳۹۰). مطالعه توزیع زمانی- مکانی احتمال وقوع یخبندان در استان زنجان، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ش ۴۳، صص ۱۶۷-۱۸۴.
- ۱۲- نوحی، کیوان و همکاران. (۱۳۸۷). تعیین طول دوره بدون یخبندان با استفاده از تاریخ‌های آغاز و خاتمه یخبندان فرارفتی و تابشی در نواحی زنجان، قزوین و تهران، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ش ۴۶، صص ۴۴۹-۴۶۰.

- ۱۳- عساکره، حسین. (۱۳۸۹). احتمال تواتر و تداوم یخبندان‌های زودرس و دیررس در شهر زنجان، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ش ۲۱، صص ۱-۱۶.
- ۱۴- علیجانی، بهلول و همکاران. (۱۳۸۹). بررسی تداوم روزهای یخبندان در ایران، با استفاده از مدل زنجیره مارکف، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ش ۴۲، صص ۱-۲۰.
- ۱۵- محمودی، پیمان و همکاران. (۱۳۹۱). نابهنجاری‌های همدیدی منجر به یخبندان‌های فراگیر ایران، *جغرافیا و مطالعات محیطی*، ش ۱، صص ۱۷-۳۴.
- ۱۶- فتاحی کیاسری، ابراهیم و صالحی پاک، تهمنه. (۱۳۸۸). تحلیل الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه ایران، *جغرافیا و توسعه*، ش ۷، صص ۱۲۷-۱۳۶.
- ۱۷- رضایی، پرویز و عابد، حسین. (۱۳۸۹). بررسی روند تغییرات دمای حداقل در ایستگاه همدیدی شهر رشت با تاکید بر دوره یخبندان، *جغرافیا و مطالعات محیطی*، ش ۲، صص ۳۹-۴۸.
- 18- Ding, Y and Krishnamurti, T.N. (1989), Heat Budget of the Siberian High and Winter Monsoon, *Mon. Weather. Rev*, Vol, 115.
- 19- Easterling, D. R, (2002), recent changes in frost days and the frost-free season in the United States, *American meteorological society, BAMS*, 1327- 1332.
- 20- Lindsay, J.A , Cleugh, H and Davis, C, (2005), Assessment of the frequency and impacts of severe advective frosts in the Canberra Viticulture Region, Final report to the Grape & Wine research & development corporation, Australia.
- 21- Snyder, R.L., Melo-Albreu, J.P, (2005), Frost Protection: fundamentals, practice and economics, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- 22- Skaggs, Kari E., Irmak, S, (2012), Long-Term Trends in Air Temperature Distribution and Extremes, Growing Degree Days, and Spring and Fall Frosts for Climate Impact Assessments on Agricultural Practices in Nebraska. *J. Appl. Meteor. Climatol.* 51, 2060-2073.
- 23- Terando, A, William, E. Easterling, Klaus, K, David, R. Easterling, (2012), Observed and Modeled Twentieth-Century Spatial and Temporal Patterns of Selected Agro-Climate Indices in North America. *J. Climate*, 25, 473-490.
- 24- Qian, B, Zhang, X, Chen, K, Feng, Y, O'Brien, T, (2010), Observed Long-Term Trends for Agroclimatic Conditions in Canada. *J. Appl. Meteor. Climatol.* 49, 604-618.
- 25- Brown, Paula J., Raymond S. Bradley, Frank T, Keimig, (2010), Changes in Extreme Climate Indices for the Northeastern United States, 1870-2005. *J. Climate*, 23, 6555-6572.
- 26- Zhu, X, Wang, W and Fraedrich, K, (2013), Future climate in the Tibetan Plateau from a statistical regional climate model, *J. Climate*, DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00187.1>.
- 27- Wu, Zh, Lin, H, Li, Y, Tang, Y, (2013), Seasonal Prediction of Killing-Frost Frequency in South-Central Canada during the Cool/Overwintering-Crop Growing Season. *J. Appl. Meteor. Climatol.* 52, 102-113.
- 28-