فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۳، شماره پیاپی ۱۱۴

کمال امیدوار، استاد آب و هوا شناسی، دانشگاه یزد
اقدس اصلانی، کارشناسی ارشد آب و هوا شناسی، دانشگاه یزد

K. Omidvar
A. Aslani

E-mail: komidvar@yazd.ac.ir

شماره مقاله: ۹۷۳ **صص: ۱۶۴-۱۴۷**
وصول: ۹۲/۱/۱۴ **پذیرش: ۹۲/۸/۸**

بررسی و تحلیل تغییرات زمانی- مکانی یخبندان در حوضه زاینده‌رود

چکیده

حوضه زاینده رود به علت تنوع آب و هوایی و آب حیات بخش رودخانه زاینده رود، یکی از مناطق مهم کشاورزی در سطح کشور است. از آنجایی که پدیده یخبندان؛ به ویژه یخبندان دیررس بهاره به درختان میوه و محصولات کشاورزی این منطقه خسارت زیادی وارد می کند؛ بررسی یخبندان در این حوضه ضروری است. در این پژوهش، شدّت یخبندان دوره سرد سال و فصل بهار در حوضه زاینده رود در پنج آستانهٔ ضعیف (۰ تا ۵- درجه)، متوسط (۵/۱- تا ۱۰- درجه)، شدید (۱۰/۱- تا ۱۵- درجه)، بسیار شدید (۱۵/۱- تا ۲۰- درجه) و فوق‌العاده شدید (کمتر از ۲۰- درجه سلسیوس) با استفاده از آمار دمای کمینه شبانه روز ۱۳ ایستگاه هواشناسی طی دوره آماری ۱۶ ساله (۷۲-۱۳۷۱ تا ۸۷-۱۳۸۶) بررسی گردید. نقشه پهنه‌بندی فراوانی شدّت‌های مختلف یخبندان نیز در محیط Arc Map ترسیم شد. نتایج پژوهش نشان می دهد که تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه حوضه زاینده رود در دوره سرد سال یخبندان ضعیف تا بسیار شدید را تجربه می‌کنند؛ امّا یخبندان فوق‌العاده شدید تنها در مناطق مرتفع (بالای ۲۰۰۰ متر) اتفاق می‌افتد. در فصل بهار، یخبندان ضعیف تا آخر فروردین و در ایستگاه های مرتفع تا دهه سوم اردیبهشت و یخبندان متوسط تنها در ایستگاه‌های ۲۰۰۰ متر به بالا در فروردین ماه رخ می‌دهد. یخبندان شدید نیز تنها در شمال‌غرب منطقه مورد مطالعه اتفاق می‌افتد. با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی، شمال‌غرب حوضه زاینده‌رود از نظر فراوانی وقوع شدّت‌های مختلف یخبندان منطقه پرخطر است.

واژه‌های کلیدی: تغییرات زمانی- مکانی یخبندان، حوضه زاینده رود، دمای کمینه، پهنه‌بندی

مقدمه

رویداد یخبندان که بر اثر افت درجه حرارت هوا تا نقطه انجماد و کمتر از آن به وقوع می‌پیوندد، یکی از پدیده‌های مخرب آب و هوایی است که هر ساله به طور مستقیم یا غیرمستقیم خسارات زیادی به بخش‌های مختلف اقتصادی؛ از جمله حمل و نقل، صنعت، توریسم، عمران و به‌ویژه کشاورزی وارد می‌سازد. روز یخبندان به روزی گفته می شود که دمای کمینه آن زیر صفر باشد. از نظر منشأ، یخبندان‌ها را می‌توان به دو گروه تابشی و وزشی تقسیم کرد. در نوع اول طی شرایط پایداری جوی و حاکمیت هوای ساکن در نزدیکی سطح زمین؛ به ویژه هنگام شب، دما به زیر نقطه انجماد

رفته؛ سبب بروز یخبندان می شود. در ایران همبستگی بسیار قوی و معکوس بین دما و تعداد روزهای یخبندان دیده می-شود. در یخبندان های وزشی نقش سامانه های پرفشار همسایه برجسته است. از این میان، پرفشار سیبری و پرفشارهای مهاجر از اهمیت زیادی برخوردارند. هر دو یخبندان در دوره سرد سال دیده می شوند. از میان انواع پرفشارها، جابه جایی پرفشارهای مهاجر طی دوره وقوع یخبندان به مراتب مشخص‌تر و دامنه دارتر از پرفشار سرد آسیایی است (براتی، ۱۳۷۸: ۱۴۴-۱۴۵). عوامل و عناصری مثل باد، ابرناکی، رطوبت نسبی، ویژگی‌های مکانی و طبیعی زمین(توپوگرافی، وضعیت خاک، پوشش زمین، دوری و نزدیکی به منابع آب، عرض جغرافیایی)، عوامل زمانی و رابطه گیاهان و درجه حرارت بر وقوع یخبندان ها مؤثرند (امیدوار، ۱۳۹۰: ۲۱۱-۲۲۰). تعداد روزهای یخبندان در ایران به طور متوسط حدود ۵۶ روز است که بیشترین فراوانی آن در دی و پس از آن در بهمن و آذر دیده می شود (مسعودیان، ۱۳۹۰: ۹۷-۹۸). با وقوع این پدیده، محصولات حساس به سرما آسیب دیده، تولیدات کشاورزی با محدودیت و خسارت همراه می‌شوند. بنابراین، اوّلین اقدام برای ارائه راهکارهای مناسب جهت کاهش خسارات ناشی از این پدیده، مطالعه و بررسی جنبه‌های مختلف آن، از جمله زمان شروع و خاتمه، شدّت، تداوم و طول دوره بدون یخبندان است.

حوضه زاینده رود به عنوان یکی از مناطق عمده تولید محصولات کشاورزی در سطح کشور، هر ساله خسارات زیادی بر اثر وقوع یخبندان متحمل شده است. بنابراین، در این پژوهش شدّت یخبندان‌های حوضه زاینده رود بررسی و نقشه های پهنه‌بندی فراوانی شدّت‌های تعیین شده نیز ترسیم شده است.

تاکنون محققان زیادی جنبه‌های مختلف یخبندان را بررسی کرده‌اند که در این قسمت به برخی از مطالعات انجام شده در رابطه با این پدیده اشاره می‌شود:

خوشحال دستجردی(۱۳۷۰) ضمن بیان انواع روش های پیش بینی یخبندان، متوسط روزهای یخبندان ماهانه و سالانه را برای استان اصفهان معین کرد و احتمال حداکثر روزهای یخبندان ماهانه و سالانه و نیز وقوع اولین و آخرین روزهای یخبندان را بررسی و نقشه‌های آن را تهیه کرد. سازمان هواشناسی کشور (۱۳۷۷) در پروژه " اطلس بلایای طبیعی و آب و هوایی استان اصفهان" کمترین، بیشترین و میانگین تعداد روزهای یخبندان، تاریخ شروع و خاتمه یخبندان شهرهای مختلف استان اصفهان را طی دوره آماری ۱۹۷۶-۱۹۹۵ بررسی کردند. خلجی (۱۳۸۰) حداقل مطلق دما، آخرین و اولین دمای زیر صفر بهار و پاییز ایستگاه های شهرکرد، پل زمانخان، بروجن، لردگان و کوهرنگ را بر اساس توزیع های آماری مختلف بررسی کرد و با توجه به مناسب ترین توزیع آماری، احتمال وقوع دوره‌های سرما و یخبندان را برای نقاط مختلف استان چهار محال و بختیاری به دست آورد. توکّلی و حسینی(۱۳۸۵) یخبندان‌های رخ داده در ایستگاه اکباتان(همدان) را به سه دسته (ملایم، متوسط و شدید) تقسیم بندی و محدوده تغییرات زمانی وقوع این یخبندان‌ها و فراوانی وقوع آنها را نیز محاسبه نمودند. ابراهیمی(۱۳۸۷) در پایان نامه خود پهنه بندی شدّت یخبندان در استان یزد را طی یک دوره ۱۶ ساله(۱۳۸۶-۱۳۷۱) انجام داد. او برای این کار تعداد روزهای یخبندان استان را در سه آستانه ضعیف(۰ تا ۳- درجه سلسیوس)، متوسط(۴- تا ۹- درجه سلسیوس) و شدید(۱۰- درجه سلسیوس و کمتر) مشخّص و نقشه‌های آنها را ترسیم کرد و در آخر نیز به تحلیل سینوپتیکی شدیدترین یخبندان منطقه طی دوره آماری مورد نظر پرداخت و به این نتیجه رسید که این یخبندان از نوع فرارفتی بوده است. خسروی و همکاران(۱۳۸۷) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی منحنی‌های زمانی- مکانی وقوع سرمازدگی بهاره را در دو آستانه ملایم (یک تا صفر) و شدید (دمای زیر

صفر) و در سطوح احتمالی مختلف برای شهرستان مه ولات (خراسان رضوی) ترسیم کردند. در نهایت، با همپوشانی نقشه‌های به دست آمده سه منطقه پرخطر، خطر و کم خطر در شهرستان مورد مطالعه شناسایی کردند. میان آبادی (۱۳۸۸) با تعیین آستانه‌های دمایی، یخبندان‌های پاییزه، بهاره و زمستانه استان خراسان رضوی را طی دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۹۳ بررسی کرد و احتمال وقوع آنها را به دست آورد. معلّمی(۱۳۸۸) در بررسی آب و هوای کشاورزی استان اصفهان طی دوره آماری ۷۱ -۱۳۷۰ تا ۸۴-۱۳۸۳، تاریخ آغاز و خاتمه یخبندان ۲۰ ایستگاه هواشناسی واقع در این استان را استخراج و در سطوح احتمالی ۲۰ و ۸۰ درصد محاسبه نمود. همچنین، شدّت یخبندان را در سه آستانه ضعیف(۰ تا ۲- درجه سلسیوس)، متوسط(۲/۱- تا ۵- درجه سلسیوس) و شدید(۵/۱- درجه سلسیوس و کمتر) بررسی کرد. امیدوار و ابراهیمی (۱۳۸۸) برای مطالعه شدت یخبندان ها و پهنه بندی آنها در استان یزد، از دمای کمینه روزانه به عنوان مهم ترین معیاری که نشان دهنده رخداد یخبندن است، استفاده کرده اند. رحیمی (۲۰۰۷) خطر احتمالی اوّلین و آخرین یخبندان را در البرز مرکزی تجزیه و تحلیل کرد. وی برای این کار از دمای حداقل روزانه ۶ ایستگاه طی دوره آماری ۳۴ ساله استفاده کرد و تاریخ‌های وقوع یخبندان را در سه آستانه ملایم(۰ تا ۱/۱- درجه سلسیوس)، متوسط(۱/۲- تا ۲/۲- درجه سلسیوس) و شدید(کمتر از ۲/۲- درجه سلسیوس) برای هر سال تعیین نمود.

لافلین و کالما[1](۱۹۹۰) حداقل دمای هوای فصل زمستان سه سال را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تغییر حداقل دما بر اثر تغییر ارتفاع را می‌توان از روی سرعت باد شبانگاهی و کل تابش خالص تلف شده در شب و حداقل دمای بالای ارتفاعات پیش بینی کرد. همچنین، آنها روشی را برای پهنه بندی خطر احتمالی یخبندان براساس داده‌های آب و هوای منطقه‌ای و تجزیه و تحلیل‌های محلی ارائه نمودند و آب و هوای منطقه‌ای و اثرهای ناحیه‌ای آن را نیز به وسیله نمودار سه بعدی شرح دادند. آرون و گات[2] با ترسیم منحنی های ریسک سرمازدگی، احتمال وقوع آن را با توجه به توپوگرافی در فلسطین اشغالی بررسی نمودند. رودریگو[3](۲۰۰۰) در مورد تأثیر یخبندان‌های دیررس بهاره بر روی اندام‌های زاینده درختان میوه خزاندار مناطق معتدله بررسی‌هایی را انجام داد. همچنین، او یخزدگی سلولی و اهمّیت مورفولوژیک و آناتومی تشکیل یخ در سلول گیاهان و میوه‌ها را بررسی کرد. رسی[4](۲۰۰۲) ویژگی‌های میکرو اقلیم را که به یخبندان دره پو(شمال ایتالیا) وابسته هستند، بررسی کرد. همچنین، خصوصیات فیزیکی جو را در طول شکل‌گیری یخبندان برای فهمیدن تکرار و نوع ویژگی‌های مهم جوّی مشخص نمود. شفینگر[5](۲۰۰۳) روند یخبندان‌های بهاره و تاریخ‌های فنولوژی در اروپای مرکزی را طی دوره آماری ۱۹۹۷-۱۹۵۱ بررسی‌کرد. وی در بررسی‌های خود مشاهده کرد که در دهه‌های اخیر دوره مورد مطالعه در ۵۰ ایستگاه هواشناسی واقع در اروپای مرکزی، یخبندان‌های بهاره زودتر از مراحل فنولوژیک اتفاق افتاده است؛ به طوری که روند سری‌های زمانی یخبندان بهاره و مراحل فنولوژی به ترتیب ۲- و صفر تا ۲- روز در سال بوده است. رامیا[6](۲۰۰۴) شبکه‌های عصبی مصنوعی را برای پیش بینی یخبندان‌هایی که در آینده نزدیک رخ می‌دهند، بررسی کرد. همچنین، او این سیستم را برای پیش بینی یخبندان ایستگاه‌های معین ایالت

1 -Laughlin and Kalma
2-Aron & Gat
3 -Rodrigo
4- Rossi
5 -Scheifinger
6 -Ramyaa

جورجیا به کار برد و استفاده از آن را برای ایستگاه‌های دیگر ارزیابی کرد. لاری و کارلوس[۷] (۲۰۰۵) اثر سرمازدگی بر محصول هلو و شلیل را تحت شرایط اقلیمی مختلف بررسی نمودند. چانگ[۸](۲۰۰۶) دمای هوای درون یک باغ میوه در منطقه‌ای کوهستانی واقع در جنوب کشور کره را با فاصله زمانی ۱۰ دقیقه، اندازه‌گیری و نقشه‌های میانیابی حاصل از این داده‌ها را همراه با مجموعه‌ای از داده‌های مستقل برای توسعه سیستم هشدار یخبندان برای مناطق کوهستانی ترسیم کرد. سامیشما[۹] (۲۰۰۷) خطر ریسک یخبندان در مورد محصول سویا در ژاپن را بررسی کرد و با استفاده از یک شبکه توری یک کیلومتری آن را به صورت نقشه بر اساس احتمال وقوع خطر سرمازدگی نشان داد. خوخر[۱۰] و همکاران(۲۰۰۷) اثرهای طول مدت یخبندان های بهاره را بر روی محصول دهی پیاز مطالعه کردند. اوزتکین[۱۱](۲۰۰۸) برای تجزیه و تحلیل خسارت وارده به باغ‌های هلوی اطراف شهر توکات در ترکیه[۱۲] بر اثر یخبندان‌های دیررس بهاره یک مدل ارائه داد.

با توجه به اینکه پدیده یخبندان و سرمازدگی، یکی از مشکلات اساسی به ویژه در امر کشاورزی است و تاکنون خسارات فراوانی را به این بخش وارد کرده است؛ همچنین، به علّت اینکه در زمینه بررسی شدّت یخبندان و پهنهبندی آن در سطح حوضه زاینده رود مطالعه‌ای صورت نگرفته، با استفاده از این پژوهش و با شناخت بیشتر این پدیده می‌توان از شدّت خسارات وارده کاست. همچنین، این پژوهش می‌تواند مکمّل مطالعات گذشته در زمینهٔ یخبندان باشد.

داده‌ها و روش پژوهش

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش حوضه زاینده رود است. این حوضه با مختصات جغرافیایی ′۱۱، °۳۳ تا ′۴۲، °۳۳ عرض شمالی و ′۲، °۵۰ تا ′۲۴، °۵۳ طول شرقی درمنطقه مرکزی ایران قرار گرفته است(خداقلی، ۱۳۸۴: ۴۷). موقعیت ایستگاه‌های منطقه و حوضه زاینده رود در شکل (۱) نشان داده شده است.

انجام هر پژوهش علمی مبتنی بر آمار و اطلاعات، نیازمند جمع‌آوری داده‌های صحیح و به‌کارگیری روش‌های تحلیلی مناسب است. در این پژوهش، برای بررسی شدّت یخبندان حوضه زاینده رود از داده‌های دمای کمینه شبانه روز ۱۳ ایستگاه داخل حوضه استفاده شده است. همچنین، برای اینکه نقشه‌های پهنه بندی با دقّت بیشتری ترسیم شوند؛ از ۵ ایستگاه همجوار منطقه مورد مطالعه نیز استفاده شده است. جدول(۱) مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. داده‌های مورد نیاز از بخش خدمات ماشینی و سایت سازمان هواشناسی کشور و شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان تأمین شده است. دوره آماری مشترک ۱۶ ساله(سال زراعی ۷۲-۱۳۷۱ تا ۸۷-۱۳۸۶) برای ایستگاه‌های مورد بررسی در نظر گرفته شد و نقشه‌های پهنه بندی و شدت یخبندان در محیط Arc Map با استفاده از روش میان یابی کریجینگ ترسیم گردید.

7-Lurie & Carlos
8- Chung
9 -Sameshima
10 -Khokhar
11 -Oztekin
12 -Tokat

شکل۱) موقعیت حوضه زاینده رود و ایستگاه های مورد مطالعه

جدول۱) مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	سال تأسیس	ارتفاع(متر)	عرض جغرافیایی		طول جغرافیایی	
					دقیقه	درجه	دقیقه	درجه
۱	فریدونشهر	همدیدی	۱۳۵۶	۲۴۹۰	۵۶	۳۲	۶	۵۰
۲	داران	همدیدی	۱۳۶۷	۲۲۹۰	۵۸	۳۲	۲۲	۵۰
۳	کوهرنگ(چلگرد)	همدیدی	۱۳۶۵	۲۲۸۵	۲۶	۳۲	۷	۵۰
۴	ایزدخواست	تبخیرسنجی	۱۳۵۶	۲۲۱۷	۳۱	۳۱	۸	۵۲
۵	همگین	آب و هواشناسی	۱۳۴۲	۲۱۵۰	۵۵	۳۱	۲۷	۵۱
۶	چادگان	آب و هواشناسی	۱۳۵۲	۲۱۰۰	۴۶	۳۲	۳۸	۵۰
۷	وزوان	تبخیرسنجی	۱۳۴۵	۲۰۱۳	۲۴	۳۳	۱۱	۵۱
۸	پل زمانخان	تبخیرسنجی	۱۳۴۵	۱۸۸۰	۲۹	۳۲	۵۳	۵۰
۹	شهرضا	همدیدی	۱۳۷۱	۱۸۴۵/۲	۵۹	۳۱	۵۰	۵۱
۱۰	مهیار	تبخیرسنجی	۱۳۴۶	۱۶۸۶	۱۶	۳۲	۴۸	۵۱
۱۱	اصفهان	همدیدی	۱۳۲۹	۱۵۵۰/۴	۳۷	۳۲	۴۰	۵۱
۱۲	کبوترآباد	همدیدی	۱۳۶۵	۱۵۴۵	۳۱	۳۲	۵۱	۵۱
۱۳	ورزنه	همدیدی	۱۳۳۹	۱۴۵۰	۲۴	۳۲	۳۷	۵۲
۱۴	خوانسار	همدیدی	۱۳۴۶	۲۳۰۰	۱۴	۳۳	۱۹	۵۰
۱۵	آباده	همدیدی	۱۳۵۵	۲۰۳۰	۱۱	۳۱	۴۰	۵۲
۱۶	نطنز	همدیدی	۱۳۷۰	۱۶۸۴/۹	۳۲	۳۳	۵۴	۵۱
۱۷	نایین	همدیدی	۱۳۷۰	۱۵۴۹	۵۱	۳۲	۵	۵۳
۱۸	اردستان	همدیدی	۱۳۷۰	۱۲۵۲/۴	۲۳	۳۳	۲۳	۵۲

سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۸

تعیین شدّت یخبندان

شدّت یکی از ویژگی‌های یخبندان است که محققان در مطالعه این پدیده گاه به بررسی آن می‌پردازند. تعیین شدّت یخبندان به صورت قراردادی و براساس هدف پژوهش و بر مبنای درجات زیر نقطه انجماد است(ابراهیمی، ۱۳۸۷: ۲۰).

در این پژوهش، برای طبقه بندی شدّت یخبندان از حداکثر مقاومت درختان بالغ خزاندار در برابر یخبندان زمستانه و حداکثر مقاومت مراحل مختلف رشد عمده‌ترین محصولات باغی و زراعی حوضه زاینده رود(بادام و گندم) در برابر یخبندان استفاده شده است. مقاومت درختان مختلف در برابر یخبندان زمستانه متفاوت است که در جدول(۲) به نمونه-هایی از آن اشاره شده است.

با توجه به این که بیشترین مقاومت مراحل رشد و نمو درخت بادام و گندم در برابر یخبندان، مربوط به مرحله جوانه-زنی است که به ترتیب ۵ – و ۱۰– درجه سلسیوس است؛ بنابراین، پنج آستانه برای بررسی شدّت یخبندان حوضه زاینده-رود در نظر گرفته شد که عبارتند از: یخبندان ضعیف(صفر تا ۵– درجه سلسیوس)، یخبندان متوسط(۵/۱– تا ۱۰– درجه سلسیوس)، یخبندان شدید(۱۰/۱– تا ۱۵– درجه سلسیوس)، یخبندان بسیار شدید(۱۵/۱– تا ۲۰– درجه سلسیوس) و یخبندان فوق العاده شدید(۲۰/۱– درجه سلسیوس و کمتر). برای تقسیم بندی شدّت یخبندان و تجزیه و تحلیل آن، ابتدا داده‌ها براساس روز، ماه و سال شمسی در محیط اکسل[13] مرتب شد و سپس به محیط SPSS منتقل و محاسبات آماری از جمله تعیین تعداد روزهای یخبندان بر اساس شدّت‌های تعیین شده استخراج گردید.

جدول۲) حداکثر مقاومت درختان بالغ خزاندار در برابر یخبندان زمستانه

نام درخت	حداکثر مقاومت در برابر یخبندان زمستانه	نام درخت	حداکثر مقاومت در برابر یخبندان زمستانه
بادام	۲۵–	پسته	۲۰–
گردو	۲۵– تا ۳۰–	انار	۱۵–
انگور	۱۶– تا ۲۰–	زیتون	۱۰– تا ۱۲–
گلابی	۲۰– تا ۲۵–	گیلاس	۲۹–
سیب	۳۰– تا ۴۰–	زرد آلو	۳۳–

محمودی و وکیلی، ۱۳۸۵ : ۸۳-۸۴؛ وبستر، ۲۰۷،۱۳۸۷

یخبندان دوره سرد سال

نتایج حاصل از شمارش تعداد روزهای یخبندان ایستگاه‌های مورد بررسی حوضه زاینده‌رود در پنج آستانه ضعیف، متوسط، شدید، بسیار شدید و فوق‌العاده شدید طی دوره سرد سال(مهر تا اسفند) در جدول(۳) آورده شده است. این جدول نشان می‌دهد که تمامی ایستگاه‌ها، یخبندان ضعیف تا بسیار شدید در این دوره از سال را تجربه کرده اند؛ امّا یخبندان فوق‌العاده شدید تنها در ایستگاه‌های واقع در ارتفاع بالای ۲۰۰۰ متر رخ داده است. البته، طی دوره مورد مطالعه، استثنائاتی نیز وجود داشته؛ به طوری که فریدونشهر به عنوان مرتفع‌ترین ایستگاه حوضه و ایزدخواست که در

13 -EXCEL

ارتفاع ۲۲۱۷ متر و بالاتر از ایستگاه‌هایی مانند چادگان، همگین و وزوان قرار دارند، یخبندان فوق‌العاده شدید نداشته‌اند؛ امّا ایستگاه ورزنه که کمترین ارتفاع را در بین ایستگاه‌های مورد بررسی دارد، طی این مدت یک مورد یخبندان فوق-العاده شدید داشته که در دیماه ۱۳۷۴ اتفاق افتاده است.

جدول ۳) میانگین تعداد روزهای یخبندان ایستگاه های منطقه در دوره سرد سال برحسب شدّت

ردیف	ایستگاه	ارتفاع (متر)	ضعیف	متوسط	شدید	بسیار شدید	فوق‌العاده شدید	تعداد کل یخبندان
			۰ °c تا -۵	-۵/۱ °c تا -۱۰	-۱۰/۱ °c تا -۱۵	-۱۵/۱ °c تا -۲۰	< -۲۰/۱ °c	
۱	فریدونشهر	۲۴۹۰	۶۳	۳۸	۱۳	۲	–	۱۱۶
۲	داران	۲۲۹۰	۵۹	۳۲	۱۴	۵	۱	۱۱۱
۳	کوهرنگ(چلگرد)	۲۲۸۵	۵۰	۲۹	۱۹	۱۰	۷	۱۱۵
۴	ایزدخواست	۲۲۱۷	۶۲	۱۸	۳	۱	–	۸۴
۵	همگین	۲۱۵۰	۷۰	۴۲	۸	۴	۱	۱۲۵
۶	چادگان	۲۱۰۰	۵۶	۴۲	۱۶	۱۱	۴	۱۲۹
۷	وزوان	۲۰۱۳	۶۸	۴۰	۸	۲	۱	۱۱۹
۸	پل زمانخان	۱۸۸۰	۶۴	۲۴	۴	۱	–	۹۳
۹	شهرضا	۱۸۴۵/۲	۵۵	۲۵	۳	۱	–	۸۴
۱۰	مهیار	۱۶۸۶	۵۸	۸	۱	۱	–	۶۸
۱۱	اصفهان	۱۵۵۰/۴	۵۸	۱۲	۱	۱	–	۷۲
۱۲	کبوترآباد	۱۵۴۵	۷۰	۲۰	۱	۱	–	۹۲
۱۳	ورزنه	۱۴۵۰	۶۱	۲۴	۲	۱	–	۸۸

بررسی رابطه بین ارتفاع و فراوانی شدّت یخبندان دوره سرد سال

همان‌طور که در جدول(۴) مشاهده می‌شود؛ در دوره سرد سال تعداد روزهای یخبندان ضعیف رابطه عکس با ارتفاع دارد که علّت آن وقوع یخبندان‌هایی با شدّت زیاد در ایستگاه‌های مرتفع حوضه زاینده رود است. با افزایش شدّت یخبندان، میزان همبستگی آنها نیز بیشتر شده است؛ به طوری که یخبندان متوسط در سطح ۹۵ درصد و یخبندان شدید در سطح ۹۹ درصد با ارتفاع رابطه مستقیم و معنی‌دار دارد. یخبندان بسیار شدید و فوق‌العاده شدید همبستگی مستقیم با ارتفاع دارند؛ امّا معنی‌دار نیست. بنابراین، در وقوع یخبندان بسیار شدید و فوق‌العاده شدید منطقه مورد مطالعه، عامل یا عوامل دیگری بیش از ارتفاع نقش دارند.

همان‌طور که در جدول(۴) ملاحظه می‌شود، ایستگاه کوهرنگ و چادگان در یخبندان شدید، بسیار شدید و فوق-العاده شدید بیشترین فراوانی را دارند. بنابراین، بدون در نظر گرفتن این دو ایستگاه یک بار دیگر همبستگی بین ارتفاع و میانگین فراوانی شدّت‌های مختلف یخبندان محاسبه شد(جدول‌های ۴و ۵). بررسی نشان می‌دهد که یخبندان بسیار شدید

با ارتفاع در سطح ۹۵ درصد همبستگی معنی‌داری دارد. همچنین، مقدار همبستگی یخبندان های متوسط و شدید در دوره سرد سال افزایش و مقدار همبستگی یخبندان فوق‌العاده شدید کاهش پیدا می کند.

جدول۴) میزان همبستگی ارتفاع و میانگین تعداد روزهای یخبندان دورهٔ سرد

		ضعیف	متوسط	شدید	خیلی شدید	فوق العاده شدید	کل
ارتفاع	معنی داری تعداد	-۰/۱۰۵ ۰/۷۳۴ ۱۳	*۰/۶۱۶ ۰/۰۲۵ ۱۳	**۰/۷۷۳ ۰/۰۰۲ ۱۳	۰/۵۲۱ ۰/۰۶۸ ۱۳	۰/۴۴۶ ۰/۲۲۶ ۱۳	**۰/۷۰۹ ۰/۰۱۱ ۱۳

*همبستگی معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد ** همبستگی معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

جدول ۵) میزان همبستگی ارتفاع و میانگین تعداد روزهای یخبندان دوره سرد سال بدون در نظرگرفتن ایستگاه کوهرنگ و چادگان

		ضعیف	متوسط	شدید	خیلی شدید	فوق العاده شدید	کل
ارتفاع	معنی داری تعداد	۰/۱۴۰ ۰/۶۸۲ ۱۱	*۰/۶۳۰ ۰/۰۳۸ ۱۱	**۰/۸۲۹ ۰/۰۰۲ ۱۱	**۰/۶۵۵ ۰/۰۲۹ ۱۱	۰/۵۱۳ ۰/۳۴۶ ۱۱	*۰/۷۰۰ ۰/۰۲۷ ۱۱

*همبستگی معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد **همبستگی معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

بنابراین، با توجه به جدول‌های ۴ و۵ می‌توان چنین نتیجه گرفت که مقدار همبستگی یخبندان فوق‌العاده شدید با ارتفاع، افزایش داشته است.

با این که مجاورت در نزدیکی منابع آب، باعث تعدیل دمای هوا و کاهش شدّت یخبندان می‌شود؛ امّا این نکته در مورد شهر چادگان که در ۳ کیلومتری شمال دریاچه سدّ زاینده رود واقع شده، صدق نمی‌کند؛ به طوری که براساس جدول(۳) فراوانی یخبندان‌های متوسط، بسیار شدید و کل یخبندان‌های دوره سرد این ایستگاه، بیشتر از سایر ایستگاه‌های مورد بررسی حوضه زاینده رود است. همچنین، این ایستگاه بیشترین فراوانی یخبندان شدید و فوق‌العاده شدید را دارد.

بررسی عنصر باد طی دوره سرد سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۶ در ایستگاه چادگان نشان داد که در طول روز جهت باد جنوب‌غربی است؛ یعنی باد با عبور از روی دریاچه به سمت این ایستگاه می‌وزد؛ امّا در صبح(ساعت ۶/۵) جهت باد شمالی است و از ارتفاعات شمال منطقه که دالانکوه نیز در بین آنهاست، به سمت شهر و ایستگاه چادگان می‌وزد و با توجه به این که در جنوب دریاچه ارتفاعات بلندی وجود ندارد؛ رطوبت را از منطقه دور می‌کند. بنابراین، این عامل می‌تواند در تشدید یخبندان‌های منطقه تأثیر داشته باشد.

علّت یخبندان‌های بسیار شدید طی دوره سرد سال ایستگاه کوهرنگ را که در ارتفاع پایین‌تری نسبت به ایستگاه داران و فریدونشهر قرار دارد؛ می‌توان به مجاورت این ایستگاه با کوه مرتفع زردکوه و بارش زیاد برف در این منطقه نسبت داد.

مسیر اصلی سیکلون‌هایی که وارد ایران می‌شوند(سیکلون‌های کامل)؛ مسیر شهرکرد تا تربت حیدریه است. همچنین بعد از شمال کشور، این مسیر بیشترین تعداد جبهه‌های سرد را دارد(علیجانی، ۱۳۸۵: ۳۸-۳۳). با توجه به موقعیت سه ایستگاه کوهرنگ، چادگان و شهرکرد که تقریباً در یک راستا قرار گرفته‌اند؛ می‌توان قرار داشتن ایستگاه چادگان و کوهرنگ در این مسیر را عامل دیگری در شدّت زیاد یخبندان‌های آنها دانست؛ اگرچه تأیید این مطلب بررسی‌های بیشتری را می‌طلبد.

یخبندان فصل بهار

از آنجایی که فصل بهار، فصل تجدید رویش درختان و شروع کشت محصولات زراعی است، بنابراین، وقوع یخبندان در این فصل اهمیّت بیشتری دارد؛ زیرا درختان با افزایش دما در اواخر دوره سرد سال از خواب زمستانی یا دوره رکود خارج می‌شوند که در این شرایط درختان مقاومت خود را در برابر سرما و یخبندان از دست می‌دهند؛ به طوری که در این دوره با وقوع یخبندان حتی با شدّت کم دچار سرمازدگی می‌شوند (براتی، ۱۳۷۵: ۲۰-۳۸). در حوضه زاینده-رود نیز یخبندان‌های فصل بهار بیشترین خسارت را به محصولات باغی و زراعی وارد کرده است(جدول ۶). بنابراین شدّت یخبندان در این فصل به طور مجزا بررسی شده است.

همان‌طور که در جدول(۷) مشاهده می‌شود؛ یخبندان فصل بهار منطقه مورد مطالعه تنها در سه آستانه ضعیف، متوسط و شدید رخ داده است؛ به طوری که تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی در این فصل یخبندان ضعیف را تا اواخر فروردین و ایستگاه‌های مرتفع تا دهه سوّم اردیبهشت تجربه کرده اند. یخبندان متوسط تنها در ایستگاه‌های ۲۰۰۰ متر به بالا و در فروردین ماه رخ می‌دهد. البته، ایستگاه کبوترآباد طی دوره مورد مطالعه یک مورد یخبندان متوسط داشته که به فروردین سال ۱۳۷۲ مربوط است. ایستگاه داران، مهیار، کوهرنگ و ایستگاه‌های واقع در شرق حوضه زاینده‌رود(نطنز، اردستان، نایین) و ایستگاه آباده واقع در جنوب حوضه زاینده‌رود شدیدترین یخبندان فصل بهار را طی دوره مورد بررسی طی روزهای سوّم و چهارم فروردین ۱۳۷۲ داشته‌اند.

جدول ۶) خسارات وارده به تعدادی از محصولات باغی حوضه زاینده رود بر اثر سرمای بهاره طی سال‌های اخیر به تفکیک شهرستان

شهرستان	عامل خسارت‌زا	تاریخ وقوع	سطح خسارت دیده(هکتار)		درصد خسارت	
			حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل
خسارات وارده به باغ‌های آلو						
اصفهان	تگرگ	۸۲/۱/۳۱	۳۰	–	۱۰۰	–
تیران و کرون	سرمای دیررس بهاره	۸۲/۱/۳۱ ۸۲/۲/۱۹ ۸۳/۲/۱۵	۲۵	–	۸۰	–
خمینی شهر	سرمای دیررس بهاره تگرگ	۱۹و ۸۴/۱/۱۶ ۸۲/۱/۳۱	۲۰۵	۱۲۰	۳۰	۲۰
شهرضا	سرمای دیررس بهاره	۷۷ -۸۳/۱/۳۰	۶۰	۲۰	۵۰	۴۰
فریدن(داران)	سرمای دیررس بهاره	سال ۷۶	۱	–	۱۵	–
خسارات وارده به باغ‌های زردآلو						
اصفهان	سرمای دیررس بهاره تگرگ	۷۶ -۸۲/۱/۳۱ ۸۴/۱/۱۶،۱۵،۱۴ ۸۲/۱۲/۲۵	۴۰	۲۵	۹۰	۵۰
تیران و کرون	سرمای دیررس بهاره	۸۲/۱۲/۲۵ ۸۳/۲/۱۵	۲۵	–	۱۰۰	–
خمینی شهر	سرمای دیررس بهاره تگرگ	۸۴/۱/۱۹،۱۶،۷،۶،۳،۲ ۸۲/۱۲/۲۶،۲۵	۱۲۰	۲۰	۸۰	۵۰

استانداری اصفهان، ۱۳۸۷

یخبندان شدید نیز تنها در ایستگاه‌های بسیار مرتفع منطقه مورد مطالعه(ارتفاع بالای ۲۲۵۰ متر) و در نیمه اوّل فروردین اتفاق می‌افتد. البته، در این مورد نیز استثنا وجود دارد؛ زیرا ایستگاه چادگان که در ارتفاع ۲۱۰۰ متر و پایین‌تر از ایستگاه ایزدخواست و همگین قرار دارد، به طور میانگین در سال حدود یک روز یخبندان شدید در آن اتفاق می‌افتد که نشان می‌دهد در وقوع یخبندان‌های شدید فصل بهار حوضه زاینده رود، ارتفاع به تنهایی دخالت ندارد.

بررسی رابطه بین ارتفاع و فراوانی شدّت یخبندان فصل بهار

در فصل بهار، نقش ارتفاع در وقوع شدت یخبندان نسبت به دوره سرد سال بیشتر است؛ به طوری که بر خلاف دوره مذکور بیشترین میزان همبستگی مربوط به یخبندان ضعیف و ارتفاع است. در این فصل نیز با افزایش شدّت یخبندان نقش ارتفاع کمتر می‌شود؛ امّا رابطه این شاخص با یخبندان متوسط و شدید به ترتیب در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد معنی‌دار است؛ در صورتی که در دوره سرد سال رابطه بین ارتفاع و شدّت‌های بالای یخبندان معنی‌دار نیست (جدول ۸).

جدول ۷) میانگین تعداد روزهای یخبندان فصل بهار در منطقه

ردیف	ایستگاه	ارتفاع (متر)	ضعیف	متوسط	شدید	تعداد کل یخبندان
			۰°c تا ۵-	۵/۱°c- تا ۱۰-	۱۰/۱°c- تا ۱۵-	
۱	فریدونشهر	۲۴۹۰	۱۴	۲	۱	۱۶
۲	داران	۲۲۹۰	۸	۱	۱	۹
۳	کوهرنگ	۲۲۸۵	۱۱	۲	۱	۱۳
۴	ایزدخواست	۲۲۱۷	۲	۱	–	۲
۵	همگین	۲۱۵۰	۱۱	۱	–	۱۲
۶	چادگان	۲۱۰۰	۱۲	۲	۱	۱۴
۷	وزوان	۲۰۱۳	۸	۱	–	۸
۸	پل زمانخان	۱۸۸۰	۴	–	–	۴
۹	شهرضا	۱۸۴۵/۲	۳	–	–	۳
۱۰	مهیار	۱۶۸۶	۱	–	–	۱
۱۱	اصفهان	۱۵۵۰/۴	۱	–	–	۱
۱۲	کبوترآباد	۱۵۴۵	۲	۱	–	۲
۱۳	ورزنه	۱۴۵۰	۲	–	–	۲

جدول ۸) میزان همبستگی ارتفاع و میانگین تعداد روزهای یخبندان فصل بهار

		ضعیف	متوسط	شدید	کل
ارتفاع	معنی داری تعداد	**۰/۷۸۷ ۰/۰۰۱ ۱۳	۰/۵۶۴ ۰/۰۰۶ ۱۳	۰/۴۱۱ ۰/۰۲۷ ۱۳	**۰/۷۸۸ ۰/۰۰۱ ۱۳

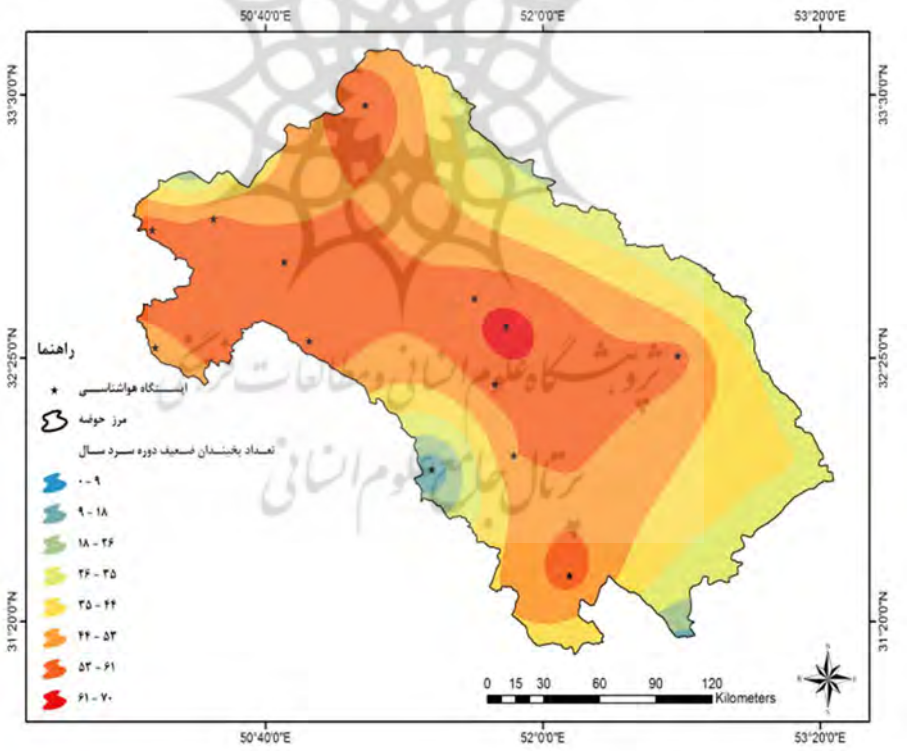
* همبستگی معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد ** همبستگی معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

پهنه‌بندی شدّت یخبندان

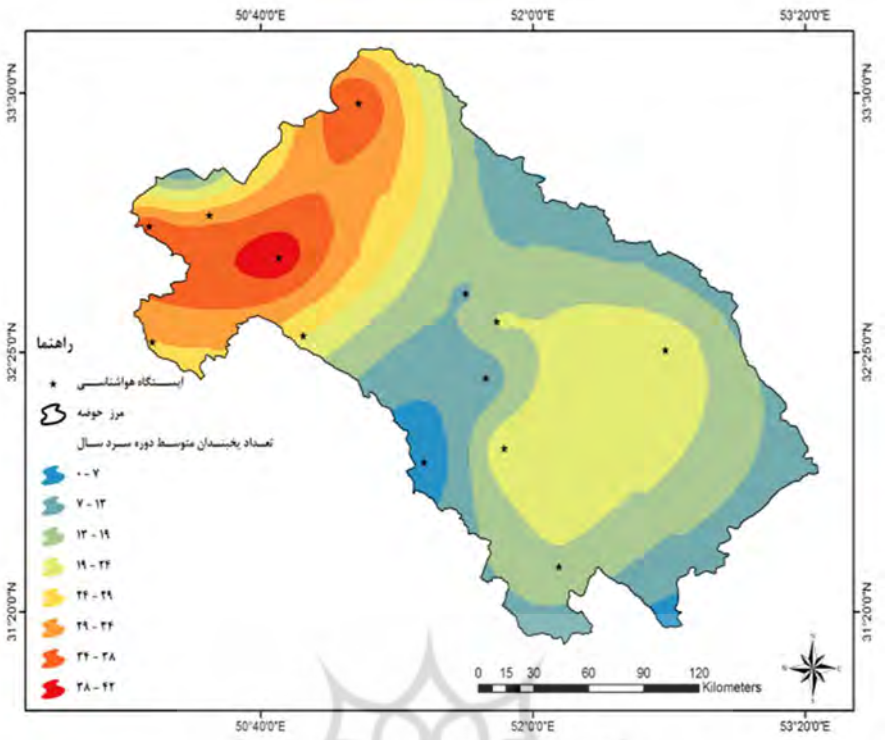
مکان‌گزینی صحیح در کشت محصولات زراعی و احداث باغ‌های جدید به عنوان راهکاری بنیادی در مبارزه با سرمازدگی از دیرباز مطرح بوده است. این امر مستلزم شناخت دقیق از زمان و محدوده گسترش وقوع یخبندان‌هاست تا در قالب پهنه بندی‌های خطر سرمازدگی در انتخاب ارقام و گونه‌های مناسب در جهت کاهش خسارات ناشی از این مخاطره طبیعی لحاظ شوند. در این قسمت برای تعیین محدوده گسترش مناطقی که از نظر وقوع شدّت‌های مختلف به ویژه یخبندان‌های شدید بیشترین فراوانی را دارند؛ نقشه های پهنه‌بندی براساس جدول (۳) برای دوره سرد سال ترسیم شده است.

براساس نقشه‌های پهنه بندی فراوانی شدّت یخبندان‌های دوره سرد سال(شکل های۲، ۳، ۴و ۵) یخبندان ضعیف(۰ تا ۵- درجه سلسیوس) علاوه بر شمال و غرب، مرکز حوضه‌زاینده رود نیز بیشترین فراوانی را داشته است. یخبندان متوسط(۵/۱- تا ۱۰- درجه سلسیوس) در شمال و شمال‌غرب منطقه(ایستگاه وزوان، چادگان، فریدونشهر) و غرب حوضه(ایستگاه همگین) بیشتر رخ داده است. یخبندان‌های شدید، بسیار شدید و فوق‌العاده شدید در محدوده شمال‌غرب حوضه بیشترین فراوانی را داشته است؛ به طوری که یخبندان شدید(۱۰/۱- تا ۱۵- درجه سلسیوس) در ایستگاه‌های داران، چادگان و کوهرنگ، یخبندان بسیار شدید(۱۵/۱- تا ۲۰- درجه سلسیوس) در ایستگاه‌های چادگان و کوهرنگ، یخبندان فوق‌العاده شدید(کمتر از ۲۰- درجه سلسیوس) در ایستگاه کوهرنگ بیشتر رخ داده است.

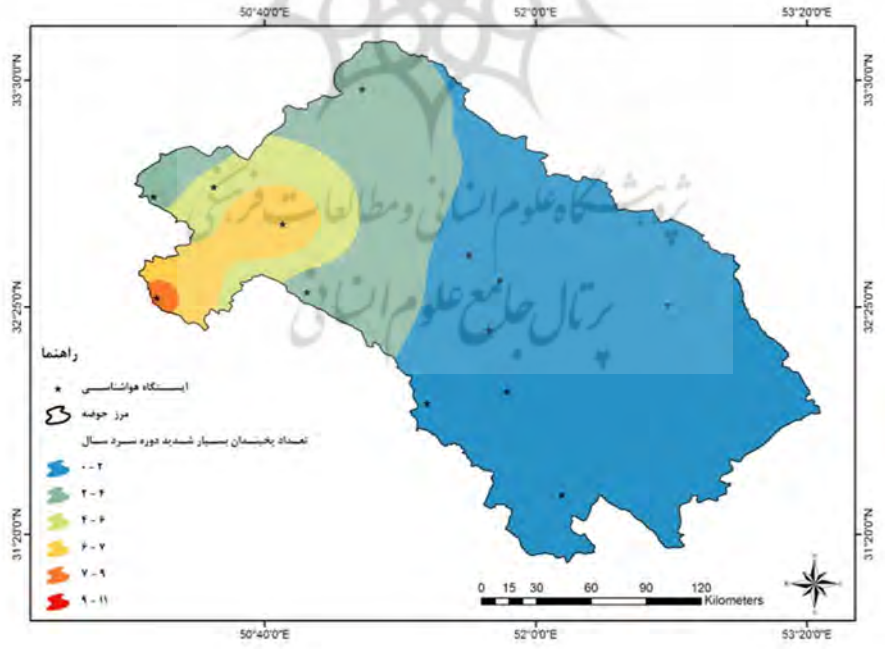
با بررسی شدّت یخبندان‌های فصل بهار(جدول ۷) مشخص می‌شود که منطقه شمال‌غرب حوضه زاینده‌رود شامل شهرستان‌های فریدونشهر، کوهرنگ، چادگان و داران تقریبا در هر سه آستانه شدّت یخبندان(ضعیف، متوسط و شدید) بیشترین فراوانی را دارند؛ به طوری که یخبندان شدید تنها در این بخش از حوضه زاینده‌رود رخ داده و قسمت‌های دیگر منطقه طی دوره مورد مطالعه فاقد یخبندان شدید بوده‌اند. بنابراین، شمال‌غرب حوضه زاینده رود از نظر وقوع شدّت‌های مختلف؛ به ویژه یخبندان شدید، منطقه پرخطری برای فعالیت‌های کشاورزی به خصوص محصولات باغی است.



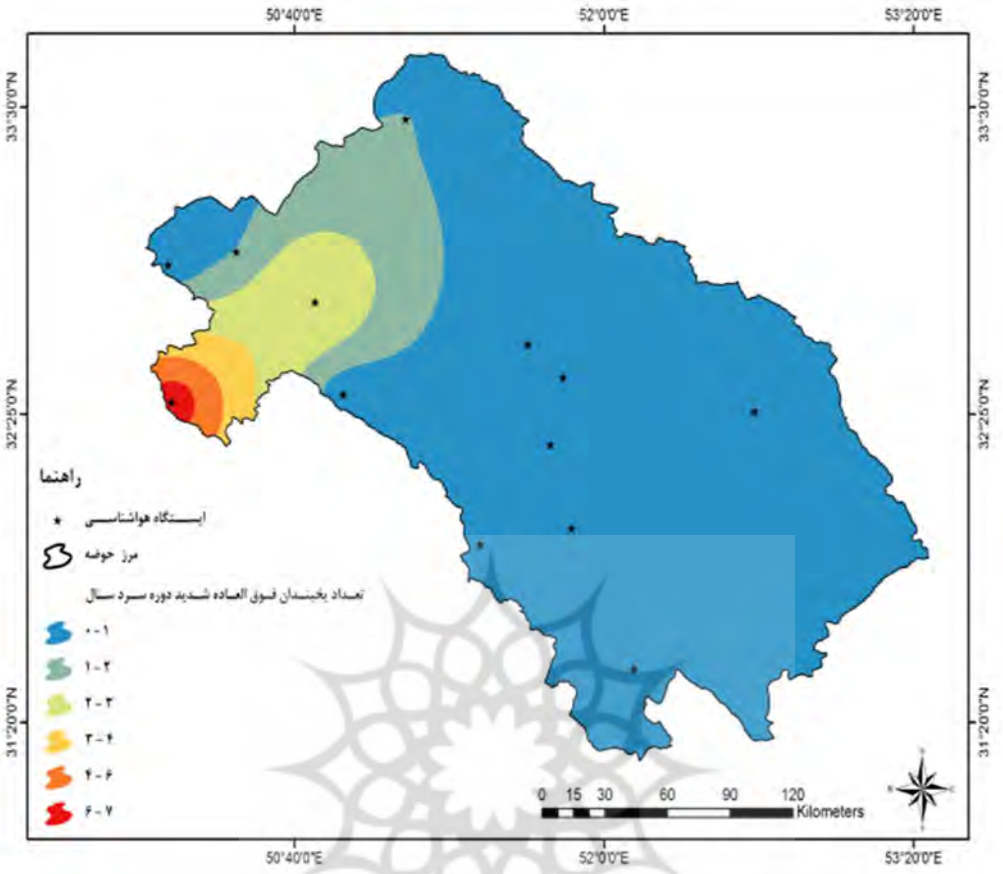
شکل۲) میانگین تعداد یخبندان ضعیف دوره سرد سال



شکل۳) میانگین تعداد یخبندان متوسط دوره سرد سال



شکل ۴) میانگین تعداد یخبندان شدید دوره سرد سال



شکل ۵) میانگین تعداد یخبندان بسیار شدید دوره سرد سال

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی شدت یخبندان حوضه زاینده رود نشان داد که:

- در دوره سرد سال منطقه مورد مطالعه یخبندان ضعیف تا بسیار شدید را تجربه می‌کند.
- یخبندان فوق‌العاده شدید در مناطقی با ارتفاع بیشتر از ۲۰۰۰ متر رخ می‌دهد.
- در فصل بهار یخبندان ضعیف، متوسط و شدید در حوضه زاینده رود رخ می‌دهد؛ به طوری که یخبندان ضعیف در تمامی ایستگاه‌ها و تا اواخر فروردین اتفاق می‌افتد؛ اما مناطق مرتفع شمال و شمال‌غرب حوضه در نیمه دوم اردیبهشت نیز یخبندان ضعیف را تجربه می‌کنند.

- بررسی رابطه بین ارتفاع و فراوانی شدت‌های مختلف یخبندان طی دوره سرد سال نشان می‌دهد که شدت یخبندان در این دوره با ارتفاع رابطه مستقیم و معنی‌داری دارد و یخبندان شدید در سطح ۹۹ درصد و یخبندان متوسط در سطح ۹۵ درصد با ارتفاع رابطه معنی‌داری دارد؛ اما در فصل بهار هیچ کدام از آستانه‌های یخبندان ارتباط معنی‌داری با ارتفاع ندارد.

- وجود دریاچه سدّ زاینده رود در کنار ایستگاه چادگان باعث کاهش شدت یخبندان آن نشده است، به طوری که تعداد یخبندان شدید، بسیار شدید و فوق‌العاده شدید این ایستگاه نسبت به ایستگاه‌های مرتفع حوضه زاینده رود(فریدونشهر و داران) بیشتر است. شایان ذکر است دمای کمینه شبانه روز این ایستگاه در فصل تابستان نیز در بیشتر موارد کمتر از ایستگاه‌های مذکور است.

- بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی و جدول (۷)، شمال‌غرب حوضه زاینده رود از نظر وقوع بیشترین تعداد یخبندان‌های بسیار شدید زمستانه و بهاره منطقه پر خطری برای فعالیت‌های کشاورزی است.

بررسی هایی که سازمان هواشناسی کشور(۱۳۷۷) در مورد یخبندان شهر های مختلف استان اصفهان داشته است، نشان می دهد که در طی دوره مورد بررسی (۱۹۷۶-۱۹۹۵) زودترین تاریخ وقوع یخبندان پاییزه در ایستگاه پل زمانخان (۱۷ شهریور) و با فاصله یک روز در شهرستان چادگان (۱۸ شهریور) و دیرترین تاریخ آن در شهر خور (۶ دی) رخ داده است. زودترین تاریخ یخبندان بهاره در شهر نایین (۹ بهمن) و دیرترین تاریخ آن در شهرهای چادگان و سینگرد (۳ خرداد) واقع در غرب استان به وقوع پیوسته است.

منابع

۱- ابراهیمی، عاطفه.(۱۳۸۷). *پهنه‌بندی شدت یخبندان در استان یزد*، پایان نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی کمال امیدوار، دانشگاه یزد، گروه جغرافیا.

۲- استانداری اصفهان. (۱۳۸۷). *ستاد حوادث غیر مترقبه*، گزارش سال ۱۳۸۷.

۳- امیدوار، کمال .(۱۳۹۰). *مخاطرات طبیعی*، انتشارات دانشگاه یزد، صص ۲۱۱-۲۲۰.

۴- امیدوار، کمال و عاطفه ابراهیمی.(۱۳۸۸). پهنه بندی شدت یخبندان در استان یزد، *مجله جغرافیا*، انجمن جغرافیایی ایران، سال هفتم، ش ۲۰و۲۱، صص۱۱۳ – ۱۲۷.

۵- براتی، غلامرضا.(۱۳۷۵). *طراحی و پیش بینی الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های بهاره ایران*، رساله دکتری اقلیم شناسی به راهنمایی بهلول علیجانی، دانشگاه تربیت مدرس، صص ۲۰-۳۸.

۶- براتی، غلامرضا .(۱۳۷۸). روابط سیستمی پرفشار مهاجر و یخبندان های بهاره ایران، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ش ۵۴ و۵۵، صص۱۴۴- ۱۴۵.

۷- توکلی محسن و مهرداد حسینی.(۱۳۸۵). ارزیابی شاخص‌های یخبندان و شروع پاییزه آن در ایران(مطالعه موردی:ایستگاه اکباتان همدان)، مجله نیوار، ش ۶۱-۶۰، صص ۳۱-۴۱.

۸- خسروی، محمود؛ حبیبی، مجید و رضا اسماعیلی.(۱۳۸۷). پهنه‌بندی اثر خطر سرمازدگی دیررس بر روی باغات(مطالعه موردی:شهرستان مه ولات)، *مجله جغرافیا و توسعه*، سال ششم، شماره پیاپی ۱۲، صص۱۴۵-۱۶۲.

۹- خداقلی، مرتضی.(۱۳۸۴). *بررسی زیست اقلیم گیاهی حوضه آبخیز زاینده‌رود*، رساله دکتری، دانشگاه اصفهان، به راهنمایی: سید ابوالفضل مسعودیان، صص۴۷-۴۹.

۱۰- خلجی، مهدی .(۱۳۷۷). پیش بینی سرمای دیررس بهاره و زود رس پاییزه برای تعدادی از گیاهان زراعی و باغی در استان چهار محال و بختیاری، *نشریه تحقیقات نهال و بذر*، ش ۲، صص ۴۷-۴۹.

۱۱-خوشحال دستجردی، جواد .(۱۳۷۰). *ارتباط یخبندان با محصولات کشاورزی استان اصفهان*، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی محمدرضا کاویانی، دانشگاه اصفهان، ص۱.

۱۲- سازمان هواشناسی کشور، واحد خدمات ماشینی.(۱۳۸۸). *آمار و اطلاعات هواشناسی مورد نیاز در طول دوره آماری مورد نظر*.

۱۳- سازمان هواشناسی کشور، شرکت نیوار .(۱۳۷۷). طرح اطلس بلایای طبیعی اقلیمی استان اصفهان، صص ۲۰-۲۷.

۱۴- شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان، واحد طرح و مطالعه.(۱۳۸۸).*داده‌های اقلیمی مورد نیاز طی دوره آماری*.

۱۵- علیجانی، بهلول. (۱۳۸۵).*آب و هوای ایران*، انتشارات پیام نور، چاپ هفتم، صص۳۳-۳۸.

۱۶- محمدی، حسین و دانش وکیلی.(۱۳۸۵). *زیتون(کاشت، داشت، برداشت و فرآوری)*، انتشارات ندای سبز شمال، صص۸۳ -۸۴.

۱۷- مسعودیان، سید ابوالفضل .(۱۳۹۰). *آب و هوای ایران*، مشهد: انتشارات شریعه توس، صص۹۷-۹۸.

۱۸- معلمی، مونا .(۱۳۸۸).*پهنه بندی اقلیم کشاورزی استان اصفهان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی*، پایان نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی : غلامعلی مظفری، دانشگاه یزد، گروه جغرافیا، صص۹۸-۱۱۶.

۱۹- میان آبادی آمنه.(۱۳۸۸). بررسی و پهنه بندی یخبندان‌های زودهنگام پائیزه و دیر هنگام بهاره و زمستانه با استفاده از GIS در استان خراسان رضوی، مجله آب و خاک(علوم و صنایع کشاورزی)، ج ۲۳، ش۱، صص۷۹-۹۰.

۲۰- میر محمد صادقی، محمد.(۱۳۸۷). *آموزش عملی سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS*، ج۲، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد اصفهان، صص۱۲۱-۱۷۴.

۲۱- وبستر، ا. د و ن. ی. لونی، ترجمه حسین نعمتی و امیر عبدالله زاده.(۱۳۸۷).*گیلاس، آلبالو(فیزیولوژی، تولید و مصرف)*، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۲۰۷.

22-Aron, R.Gat,Z(1991),Estimating Chilling duration from daily temperature extremes and elevation in Israel. Climate Research. April 1991.Vol 11, p: 32.

23- Chung, U., (2006). Minimum temperature mapping over complex terrain by estimating cold air accumulation potential. *Agricultural forest meteorology*, 137, 15-24

24. Khokhar,K,Mahmud ,P.Hadley,S,Pearson.(2007).Effect of cold temperature duration of onion sets in store on the incidence of bolting, bulbing and seed yield. Scientia Horticulture, 112, pp: 16-22.

25- Laughlin, G. P., & Kalma, J. D. (1990). Frost risk mapping for landscape planning: a ۱۶۲lassificat. *Theoretical and applied climatology*, 42, pp: 41-51.

26-Lurie, S,Carlos, H. (2005), Chilling injury in peach and nectarine**.** Post-harvest Biology and Technology. 37, pp: 195-208.

27- Oztekin, T. (2008). Analysis of frost damage risks in Peach Orchards around Tokat: Turke**y**. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 2, pp: 45-51.

28- Rahimi, M., (2007). Risk analysis of first and last frost occurrences in the Central Alborz Region**,** Iran. *International Journal of Climatology*, 27, pp: 349-356.

29- Ramyaa. (2004). Frost prediction using Artificial Neural Networks: A classification approach. University of Georgia, Thesis for the degree master of science.
30- Rodrigo, J. (2000). Spring frosts in deciduous fruit trees-mophological damage and flower hardiness. *Scientia horticulture*, 85, pp: 155-173.
31- Rossi,F, (2002). Meteorological and micrometeorological applications to frost monitoring in northern Italy orchards. *Physics and Chemistry of the Earth*, 27, pp: 1077-1089.
32- Scheifinger, H.. (2003). Trends of spring time frost events and phonological dates in Centeral Europe. *Theoretical and Applied Climatology*, 74, pp: 41-51.
33-Sameshima,R (2007), Mapping of first –frost-day and risk of frost damage on soybeams. Journal of Agriculture Meteorology. 63(1), p: 25.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی