

Analysis of frost-related agro climatic indices in Maragheh synoptic station

Marziyeh Esmaeilpour   ¹ | Majid Rezaei Banafsheh  ² | Hajar Ersali  ³

1. Assistant Professor, Maragheh, Mother Square, University of Maragheh, Faculty of Human Sciences, Department of Geography and Urban Planning.
2. Professor, University of Tabriz, Faculty of Geography and Planning, Department of Physical Geography.
3. Graduated in Climatology from University of Tabriz

Article Info:

Article type:
Research Article

history:
Received:

2022/10/26

Received:

2023/1/6

Accepted:

2023/2/8

Published:

2023/1/5

Keywords:

frost, agro climatic index, probability distribution, return period, Maragheh.

Abstract: One of the research subject in climate is study and identification of frost and its temporal and spatial distribution in each geographic region which threaten agricultural products in different parts of the world. Maragheh is located at a mountainous area of the country and it has high altitude. So, frost damages crops and horticultural plants heavily each year. The economic reliance of the people of this region upon agriculture requires the careful study of features of this phenomenon. In this research, five agro climatic indices, i.e. first fall frost date, last spring frost date, growing season (frost free season), early fall frost date, late spring frost date were considered. First, using minimum temperature data in daily scale (1984-2015), frost indices were extracted. Then, using Matlab software, among 17 probability distribution, best distribution for each frost index was determined. Results showed that Logistic, Inverse Gaussian, Extreme Value, Log Logistic distribution were identified as the best fitted distributions for first frost, last frost, early fall frost and late spring frost, respectively. Weibull was selected as appropriate distribution for growing season. Afterwards, using selected distributions in different probability levels, probable dates of the studied indices in different probability levels and return period was calculated in Matlab. It was found that every 5 year, the date of first frost and last frost will be on 7 November and 28 March. Early fall frost and late spring frost will occur on 5 November and 17 April. The length of growing season will be 201 days.

Cite this article: Esmaeilpour, M, Rezaei Banafsheh, M, Ersali, H (2023). Analysis of frost-related agro climatic indices in Maragheh synoptic station. *Climat Chenge and Climat Disasters*, 2(3), 245-273.

© The Author(s).

Homepage: cccd.znu.ac.ir

Publisher: University of Zanjan





دانشگاه زنجان

تحلیل شاخص‌های اقلیم کشاورزی یخبندان در ایستگاه سینوپتیک مراغه

مرضیه اسمعیل پور ^۱ | مجید رضایی بنفشه ^۲ | هاجر ارسالی ^۳

۱. استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه مراغه
۲. استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز
۳. کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۱/۸/۴

بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۱۶

پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۹

انتشار: ۱۴۰۲/۳/۱۵

واژگان کلیدی:

یخبندان، شاخص‌های اقلیم کشاورزی، توزیع احتمالاتی، دوره بازگشت، مراغه.

چکیده: یکی از موضوعات پژوهشی در اقلیم، مطالعه و شناسایی یخبندان و توزیع زمانی و مکانی آن در هر منطقه جغرافیایی است که هر ساله محصولات کشاورزی را در نقاط مختلف دنیا تهدید می‌کند. به دلیل موقعیت کوهستانی و ارتفاع زیاد شهرستان مراغه، سرمازدگی و یخبندان هر ساله خساراتی را به باغ‌های این منطقه وارد می‌کند. به دلیل اتکا اقتصادی مردم این منطقه به کشاورزی و تولیدات باغی مطالعه ویژگی‌های یخبندان اهمیت زیادی دارد. در این پژوهش ۵ شاخص اقلیم کشاورزی شامل تاریخ اولین یخبندان پاییزه، تاریخ آخرین یخبندان بهار، تاریخ یخبندان زودرس پاییزه، تاریخ یخبندان دیررس بهار و فصل عاری از یخبندان مطالعه شد. با استفاده از داده‌های حداقل دمای روزانه ایستگاه سینوپتیک مراغه طی دوره‌ی آماری ۳۲ ساله (۲۰۱۵-۱۹۸۴)، شاخص‌های مورد نظر استخراج شدند. با استفاده از نرم افزار **Matlab** از میان ۱۷ توزیع احتمالاتی، مناسب‌ترین توزیع احتمالاتی برای هر یک از شاخص‌های یخبندان مشخص گردید. طبق نتایج، برای شاخص آغاز یخبندان توزیع لجستیک، برای خاتمه یخبندان توزیع نرمال معکوس، برای یخبندان زودرس پاییزه توزیع مقادیر حدی، برای یخبندان دیررس بهار توزیع لوگ لجستیک و برای شاخص طول فصل رشد نیز توزیع ویبول مناسب‌ترین توزیع تشخیص داده شد. سپس با استفاده از توزیع‌های منتخب، تاریخ‌های احتمالی وقوع شاخص‌های مورد مطالعه در سطوح احتمالاتی مختلف و همچنین دوره‌های بازگشت یخبندان محاسبه شد. نتایج نشان داد که هر ۵ سال یک بار تاریخ آغاز یخبندان ۱۶ آبان، تاریخ خاتمه ۸ فروردین، تاریخ یخبندان زودرس پاییزه ۱۴ آبان، یخبندان دیررس بهار ۲۸ فروردین و طول فصل رشد ۲۰۱ روز خواهد بود.

استناد: اسمعیل پور، مرضیه، رضایی بنفشه، مجید. ارسالی، هاجر (۱۴۰۲). تحلیل شاخص‌های اقلیم کشاورزی یخبندان در ایستگاه سینوپتیک مراغه. دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی، (۳)۲، ۲۳۴-۲۷۳.

© نویسندگان .

Homepage: cccd.znu.ac.ir

ناشر: دانشگاه زنجان.



مقدمه

یکی از مسائلی که تولیدات کشاورزی را در نقاط مختلف دنیا تهدید می کند، سرمازدگی و یخبندان است. سرما و یخبندان یکی از پدیده های آب و هوایی است که در دوره سرد سال در بیشتر مناطق کشور اتفاق می افتد. یخبندان با کاهش دما و نزول آن به آستانه بحرانی مشخص آغاز می شود و با تأییراتی که بر سطح زمین می گذارد، زندگی انسان ها و همچنین فعالیت های عمرانی و رشد بازدهی محصولات زراعی را تحت تأثیر قرار می دهد (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲).

گیاهان در معرض تنش های زنده و غیرزنده متعددی قرار دارند که سبب کاهش عملکرد محصول گیاهان مختلف زراعی و باغی می شود. اگرچه بخشی از کاهش محصول ناشی از تنش های زنده نظیر آفات، بیماریها و علفهای هرز است، ولیکن عمده آن ناشی از تنش های غیرزنده و به طور عمده خشکی و سرما است (جنتی زاده، ۱۳۹۳: ۳۵).

اصطلاح یخبندان در بخش کشاورزی همانند سایر بخش ها کاربرد نسبتاً زیادی دارد. هنگامی که دمای هوا به زیر نقطه انجماد (صفر درجه سانتیگراد) نزول می کند کریستال های یخ بر روی سطح زمین و دیگر سطوح موجود در

معرض هوا تشکیل می شود و یخبندان به وقوع می پیوندد. مبدا توده هوای عبوری، خصوصیات گرمایی و رطوبتی آنها، ویژگی مناطق مسیر عبور توده هوا، خصوصیات محلی شامل وجود آسمان صاف، نبود باد یا هوای آرام، کمبود بخار آب در لایه های هوای فوقانی سطح زمین و بافت جغرافیایی از عوامل موثر در پیدایش سرما و یخ زدگی هستند (ترکش اصفهانی و میرمحمدی میبدی، ۱۳۸۳: ۱۴).

با توجه به وضعیت جغرافیایی کشور، ارتفاع نسبتاً بالای بیشتر مناطق آن از سطح دریا و ورود جبهه های متفاوت به ایران، وقوع سرما و یخبندان هر ساله بیشتر نقاط کشور را در بر می گیرد و خسارات زیادی را به بار می آورد. برای نمونه می توان به یخبندان بهاره اردیبهشت ماه ۱۳۶۸ اشاره کرد که نزدیک به یک هفته بر قسمت هایی از شمال و غرب کشور حکم فرما بود و حدود یک میلیارد و چهار صد میلیون تومان خسارت به بار آورد (خالدی، ۱۳، ۹۱، ۲). همچنین در سال ۱۳۸۴ یک میلیون تن انواع محصولات باغی به دنبال تغییرات ناگهانی هوا و افت دما در اثر سرمازدگی از بین رفت. خسارات

ناشی از یخبندان در اغلب سال‌ها در سطح کشور حدود ۴۰٪ از محصولات کشاورزی ایران را متاثر می‌سازد و در بعضی از مناطق حدود ۱۰۰٪ سردرختی‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (سلمان پور و جلالی، ۱۳۸۹: ۳۲).

بیشترین آسیب‌های یخبندان منحصر به فصل زمستان نیست، بلکه یخبندان‌های زودرس پاییزه و همچنین یخبندان‌های دیررس بهاره، که معمولاً پس از یک دوره هوای گرم رخ می‌دهند، آسیب‌های شدیدتری به گیاهان وارد می‌کنند. در ایران، در دهه اخیر با بروز پدیده یخبندان در اغلب نقاط، به ویژه در مناطق کوهستانی شمال غرب کشور، بسیاری از دانشمندان علوم کشاورزی و آب و هواشناسی پژوهش‌های خود را در این زمینه متمرکز کرده‌اند و سعی در شناخت ویژگی‌ها، چگونگی و تأثیرات این پدیده نموده‌اند (سلمان پور، ۱۳۸۶: ۲).

خطرهای ناشی از وقوع یخ‌بندان بیشتر در فصول پاییز و اوایل بهار می‌تواند برای محصولات کشاورزی زیان بار باشد، زیرا محصولات کشاورزی پاییزه و بهاره در این فصول در مراحل اولیه رشد خود هستند و حساسیت آن‌ها

نسبت به سرما و یخ‌بندان بیشتر است. برای بهره‌برداری بهینه از اراضی، افزایش تولید، و کاهش خسارات ناشی از پدیده افت شدید درجه حرارت و یخبندان در مناطق مختلف به دانش کامل و کافی از نحوه توزیع زمانی و مکانی وقوع این پدیده نیازمندیم (سبحانی و همکاران ۱۳۹۶).

با توجه به اهمیت یخبندان در بین پدیده‌های اقلیمی و تاثیر آن بر جنبه‌های مختلف زندگی بشر، اقلیم‌شناسان همواره نگاهی ویژه نسبت به این پدیده داشته‌اند که در ادامه به نمونه‌هایی از این پژوهش‌ها در خارج و داخل ایران اشاره می‌شود. مولر و همکاران (۲۰۰۰)، رابطه بین چرخه‌های انسو و فراوانی یخبندان را در ناحیه مرکزی آرژانتین مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور داده‌های حداقل درجه حرارت از ۴۱ ایستگاه هواشناسی از سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ مورد مطالعه قرار گرفت. آنها دریافتند که بخشی از تغییرپذیری فراوانی یخبندان را می‌توان به وسیله این چرخه تشریح کرد. شفینگر و همکاران (۲۰۰۳) روند زمان وقوع یخبندان بهاره و تاریخ‌های فنولوژیکی را در اروپای مرکزی مورد بررسی قرار

دادند. یافته‌های ایشان نشان داد که در ۵۰ ایستگاه در اروپای مرکزی رویدادهای یخبندان بر اساس آخرین وقوع دماهای حداقل پایین‌تر از آستانه خاص در حال حرکت سریع به سمت تاریخ‌های زودتر از مراحل فنولوژیکی گیاهان بوده است. مقادیر روند سری-های زمانی یخبندان $0/2-$ و سری زمانی فنولوژیکی بین $0/2-$ و 0 روز در سال بوده است. مدلین و بلتراندو (۲۰۰۵)، پهنه‌بندی خطر یخبندان بهاره را در باغات انگور در فرانسه انجام داده‌اند. آنها از داده‌های هواشناسی ۲۰ ایستگاه در طول دوره آماری (۲۰۰۳-۱۹۹۸) استفاده کردند. آنها با کمک رگرسیون چند متغیره و بر اساس مدل رقومی زمین، توزیع دمای حداقل را در منطقه مورد مطالعه به دست آورده و براساس این نقشه، توزیع میزان خطر یخبندان را نیز برای کل منطقه ترسیم نمودند. رحیمی و همکاران (۲۰۰۷) در ۶ ایستگاه سینوپتیک در البرز مرکزی تاریخ‌های اولین و آخرین یخبندان و دوره‌های بدون یخبندان را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. توزیع پیرسون تیپ ۳ به عنوان توزیع مناسب برای سری-های مورد مطالعه یخبندان تعیین شد.

نتایج همبستگی بین تاریخ‌های وقوع یخبندان و حداکثر طول دوره بدون یخبندان با ارتفاع نشان دهنده همبستگی مثبت بین فراوانی یخبندان و ارتفاع و همبستگی منفی بین طول دوره بدون یخبندان و ارتفاع می‌باشد. فرج‌زاده و همکاران (۲۰۰۹) زمان جهش جوانه در درخت سیب و خطر یخبندان را در دو ایستگاه هواشناسی کشاورزی در شمال غرب و شمال شرق ایران مدل‌سازی کردند. ایشان احتمال تاریخ آخرین یخبندان را با استفاده از توزیع‌های آماری برآورد کردند. با مقایسه احتمال وقوع یخبندان با تاریخ پیش‌بینی شده جهش جوانه، خطر یخبندان بر جهش جوانه درخت سیب برآورد شد. رحیمی و همکاران (۲۰۱۷) تاریخ‌های آخرین یخبندان بهاره را در ایران با استفاده از آمار حداقل دمای روزانه ۵۰ ایستگاه در شرایط اقلیمی فعلی و تحت سناریوهای مختلف مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحلیل روند تاریخ‌های آخرین یخبندان بهاره روند کاهشی معنی‌داری $1/4$ روز در هر دهه نشان داد. ایشان همچنین از آزمون‌های آماری جهت مقایسه میانگین و واریانس تاریخ‌های آخرین یخبندان بهاره

در قسمت غربی منطقه مورد مطالعه، روند تعداد روزهای یخبندان افزایشی و در قسمت شرقی، روند تعداد روزهای یخبندان کاهش می‌باشد. در حالت کلی، روند تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه در قسمت‌های غربی و شرقی منطقه مورد مطالعه متفاوت می‌باشد. خالدی (۱۳۸۲)، به بررسی پدیده یخبندان و اثرات آن در باغداری شهرستان مرند پرداخت. ایشان یخبندان‌های بهاری را به صورت کاربردی و روش‌های آماری و سینوپتیکی، مورد مطالعه قرار داد. نتایج پژوهش نشان داد از جمله درختانی که در برابر یخبندان از خود حساسیت نشان می‌دهد زردآلو و بادام است که در مرند هر دو یا سه سال یک بار خسارت می‌بیند. خسروی و همکاران (۱۳۸۷)، پهنه‌بندی اثر خطر سرمازدگی دیررس را بر روی باغات شهرستان مه‌ولات انجام دادند. در این تحقیق با استفاده از امکانات سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، منحنی‌های زمانی مکانی وقوع سرمازدگی بهاره در دو آستانه‌ی سرمازدگی ملایم (دمای یک تا صفر درجه) و سرمازدگی شدید (دماهای زیر صفر درجه) و در سطوح

استفاده کردند و نتایج نشان داد که عملکرد دو تکنیک ریزمقیاس نمایی برای شبیه‌سازی میانگین، نسبت به واریانس بهتر است. همچنین نتایج پیش‌بینی نشان می‌دهد که روش SDSM نسبت به شبکه عصبی مصنوعی تابستان‌های گرمتر و زمستان‌های خنک‌تر شبیه‌سازی می‌کند. آقا شریعتمداری و همکاران (۲۰۱۶) در چهار ایستگاه منتخب در غرب ایران، یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره را تحت شرایط تغییر اقلیم با استفاده از SDSM پیش‌بینی کردند. تاریخ‌های اولین و آخرین یخبندان در ۳ آستانه دمایی استخراج شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که تاریخ یخبندان پاییزه در ایستگاه قزوین در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها دیرتر و در ایستگاه سقز زودتر اتفاق خواهد افتاد. در حالت کلی، نتایج نشان می‌دهد که خروجی SDSM تحت هر دو سناریو تفاوت معنی‌داری در پیش‌بینی تاریخ‌های اولین و آخرین یخبندان ندارد. بی‌آزار و فردوسی (۲۰۲۰) روند زمانی و مکانی پنج شاخص یخبندان را در ۱۲ ایستگاه سینوپتیک شمال ایران مورد بررسی قرار دادند. براساس یافته‌های پژوهش

احتمالی ۵۰،۹۹،۹۵،۷۵ درصد با توجه به ایستگاه‌های مجاور و اعمال ضریب همبستگی بین ارتفاع منطقه و آستانه-های مورد نظر ترسیم شد از انطباق این منحنی‌ها با تاریخ خارج شدن از رکود زمستانی در نقشه گونه‌های غالب باغی، پهنه‌بندی خطر سرمازدگی باغات انجام شد و از نتایج همپوشانی این نقشه‌ها، سه منطقه‌ی پرخطر، خطر و کم خطر در شهرستان شناسایی شد. میان‌آبادی و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از GIS به بررسی و پهنه‌بندی یخبندان‌های زود هنگام پاییزه، دیر هنگام بهاره و زمستانه در استان خراسان رضوی پرداختند. برای یخبندان‌های بهاره و پاییزه مبنای صفر درجه و برای یخبندان‌های زمستانه مبنای ۱۰- و ۱۵- در نظر گرفته شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که وقوع یخبندان‌های پاییزه از شمال استان آغاز می‌شود. همچنین یخبندان‌های بهاره در جنوب استان خراسان رضوی زودتر به پایان می‌رسد. ساری‌صراف و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی رابطه‌ی زمان وقوع یخبندان سالانه و کاهش طول دوره‌ی رشد محصولات کشاورزی اردبیل پرداختند. نتایج نشان داد که تاریخ وقوع یخبندان‌ها، بیشتر به سمت

یخبندان‌های زودرس پاییزه (به طرف اوایل فصل پاییز) و دیررس بهاره (از اوایل فصل بهار به سوی اواسط آن) گرایش داشته و طول فصل رشد در اغلب سال‌های انتخاب شده فراتر از حد میانگین آن بوده است و در نهایت، طول فصل رشد کاهش پیدا کرده است. بازگیر و همکاران (۱۳۹۵) یخبندان و سرمازدگی محصولات باغی را در استان آذربایجان غربی طی دوره ۲۰۱۲-۲۰۰۳ مورد بررسی قرار دادند. ایشان بهترین توزیع احتمال را به داده‌ها برازش دادند. یافته‌های پژوهش نشان داد که بیشترین خسارت برای محصولات سیب، انگور و گردو در شهرستان‌های مورد بررسی به دلیل تداوم یخبندان در ماه‌های آبان، اسفند و فروردین اتفاق افتاده است. همچنین براساس نتایج پژوهش، اولین یخبندان-های پاییزه و آخرین یخبندان‌های بهاره از نوع تابشی بوده است. ایشان همچنین آستانه دمایی خسارت را برای محصولات مورد مطالعه معرفی کردند. محمودی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از نقشه‌های سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین یخبندان‌های فراگیر ۳۷ روزه ایران را از ۲۶ دسامبر ۱۹۶۳ تا ۲

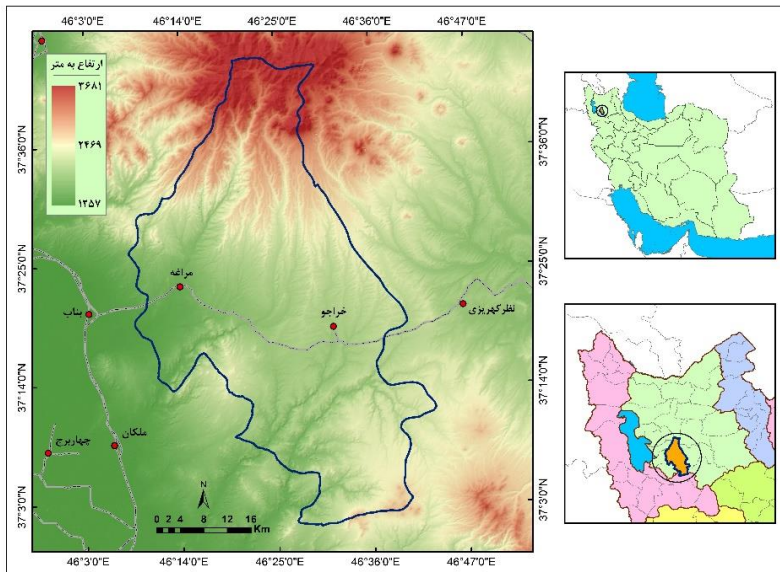
مطالعه شناسایی کردند. بر اساس نتایج پژوهش، شکل‌گیری کم‌فشارها و ناوه‌های حاصل از آنها نقش مهمی در یخبندان‌های بهاره منطقه داشته است. شهرستان مراغه نیز به دلیل واقع شدن در منطقه کوهستانی کشور و برخورداری از اقلیم سرد، در غالب سال-ها شاهد وقوع یخبندان و وارد آمدن خسارت سنگین به محصولات زراعی و باغی است. اتکای اقتصادی مردم این منطقه به کشاورزی، لزوم مطالعه دقیق ویژگی‌های این پدیده را ایجاب می‌نماید. سطح زیر کشت باغات این شهرستان ۲۰۰۰۰ هکتار است که عمده تولیدات باغی آن را سیب، انگور، آلوچه، گردو، بادام و زردآلو تشکیل می‌دهد. از کل تولیدات باغی شهرستان مراغه ۳۰ درصد آن در داخل شهرستان به مصرف می‌رسد و بیش از ۷۰ درصد به خارج از کشور و استان‌های دیگر صادر می‌گردد. بیشترین قسمت سیب تولیدی این شهرستان در حاشیه رودخانه مردق-چای و مغانجق و سراجو به عمل می‌آید و گردو و بادام و گوجه سبز و انگور در حاشیه رودخانه صوفی‌چای و چکان و چوان تولید می‌شود. بر اساس آمار در دسترس میزان خسارت ناشی از

فوریه ۱۹۶۴ تحلیل کردند و به این نتیجه رسیدند که در طول این ۳۷ روز در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی اروپا سیستمی پرارتفاع حاکمیت داشته است که مهمترین عامل ایجاد یخبندان‌های فراگیر بوده است. رستمیان و حلبیان (۱۳۹۷) یخبندان‌های روزانه استان خراسان جنوبی را در مقیاس ماهانه و فصلی در دوره زمانی ۲۰۱۴-۱۹۸۸ مورد بررسی قرار دادند. یافته‌ها نشان داد که ایستگاه همدید فائن در شمال و پس از آن ایستگاه بیرجند در مرکز استان با بیشینه رخداد یخبندان و در نتیجه بیشینه تداوم آن و ایستگاه نهبندان با کمینه احتمال رخداد یخبندان در استان خراسان جنوبی همراه بوده است. نتایج این پژوهش تایید کننده نقش نواحی کوهستانی و مرتفع در تواتر و تداوم یخبندان در این گستره جغرافیایی است. حسن زاده و همکاران (۱۳۹۸) یخبندان‌های استان کرمانشاه را به صورت آماری-همدید مورد بررسی قرار دادند. ایشان با استفاده از تکنیک تحلیل مولفه‌های اصلی و روش خوشه بندی سلسله مراتبی وارد، ۱۰ الگوی همدید حاکم بر سرماهای دیررس بهاره در منطقه مورد

۲. مواد و روش‌ها

شهرستان مراغه با ارتفاع ۱۴۷۷/۷ متر و عرض جغرافیایی ۴° و ۳۷° و طول جغرافیایی ۱۶° و ۴۶° در قسمت جنوب غربی استان آذربایجان شرقی و در شمال غرب کشور در دامنه جنوبی کوه سهند واقع شده است (شکل ۱) و دارای وسعتی معادل ۲۲۱۸ کیلومتر مربع است و ۴/۷۸ درصد از کل مساحت استان آذربایجان شرقی را به خود اختصاص داده است (همان، ۱۳۹۵: ۴).

یخبندان (سرمای دیررس بهاره) به باغ‌های مراغه هر ساله حدود ۵ تا ۱۵ درصد برآورد می‌شود (سیمای کشاورزی شهرستان مراغه، ۱۳۹۵: ۲). هدف اصلی پژوهش حاضر تعیین بهترین توزیع احتمالاتی جهت بررسی شاخص‌های یخبندان، مطالعه احتمال وقوع این شاخص‌ها و دوره‌های بازگشت آن‌ها در ایستگاه سینوپتیک شهر مراغه می‌باشد. بنابراین ۵ شاخص اقلیم کشاورزی یخبندان در این مطالعه به صورت کاربردی و با استفاده از روش‌های آماری مورد مطالعه قرار می‌گیرند.



شکل ۱: موقعیت شهرستان مراغه در شمال غرب ایران

برای تعیین یخبندان‌های ایستگاه مراغه ابتدا آمار دمای حداقل روزانه از اداره کل هواشناسی کشور در بازه زمانی ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۵ اخذ شد و با مبنا قرار دادن دماهای صفر و زیر صفر درجه سلسیوس (حجازی‌زاده و ناصرزاده، ۱۳۸۶)، به عنوان آستانه دماهای بحرانی برای رشد گیاهان، تاریخ وقوع یخبندان‌های ایستگاه مراغه استخراج شد. برای اینکه آزمون‌ها و توزیع‌های آماری مختلف بر روی داده‌ها قابل انجام باشند تاریخ‌های تقویمی استخراج شده بر مبنای روز، سال و ماه بر مبنای روز اول ژانویه به تاریخ‌های ژولیوسی تبدیل شدند. به طور قراردادی به روز اول ژانویه عدد ۱ و به روز آخر دسامبر در سال‌های معمولی عدد ۳۶۵ اختصاص داده می‌شود. با استخراج تعداد روزهای یخبندان در طول سال و تشخیص اولین رخداد یخبندان در پائیز و آخرین رخداد یخبندان در بهار تجزیه و تحلیل صورت گرفت و از شاخص‌های آگروکلیمایی زیر جهت بررسی ویژگی‌های یخبندان استفاده شد:

- ۱- تاریخ اولین یخبندان پاییزه
- ۲- تاریخ آخرین یخبندان بهاره
- ۳- تاریخ یخبندان زودرس پاییزه

۴- تاریخ یخبندان دیررس بهاره
 ۵- فصل عاری از یخبندان

در بسیاری از مطالعات تاریخ اولین یخبندان پاییزه یا به عبارت دیگر تاریخ آغاز یخبندان معادل یخبندان زودرس در نظر گرفته شده است (محمدی و گزل خو، ۱۳۸۹؛ حجازی‌زاده و ناصرزاده، ۱۳۸۶). در حالی که باید با استفاده از شاخص‌های آماری از بین سری زمانی تاریخ آغاز یخبندان، یخبندان‌های زودرس استخراج شوند و "یخبندان زودرس" و "تاریخ آغاز یخبندان" دو شاخص متفاوت می‌باشند. یخبندان زودرس و دیررس تعریف خود را دارد و به یخبندانی که زودتر یا دیرتر از حد معمول در هر ایستگاه رخ دهد گفته می‌شود. در این مطالعه از شاخص نمرات استاندارد (z-score) برای محاسبه یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره استفاده شد. برای محاسبه یخبندان‌های زودرس پاییزه، پس از اختصاص دادن شماره روز ژولیوسی به تاریخ آغاز یخبندان در فصل پاییز و تاریخ خاتمه یخبندان در بهار نمرات استاندارد این شاخص‌ها محاسبه شد. در بین نمرات استاندارد محاسبه شده، نمرات منفی به عنوان یخبندان‌های

دهد. با بهره‌گیری از برازش داده‌های مورد نظر به بعضی از توزیع‌ها اعم از گسسته و پیوسته، امکان دستیابی مقادیر به ازاء احتمالات مختلف نیز امکان‌پذیر است (رحیم‌زاده، ۱۳۹۰: ۱۱۷).

با توجه به اینکه نرم افزار متلب در زمینه ریاضی و آمار دارای توانمندی بسیار زیادی است و شامل انواع بسیار زیادی از توزیع‌های پیوسته و گسسته می‌شود لذا برای اینکه نتایج برازش از دقت و اطمینان بالایی برخوردار باشد از این نرم افزار در ۳ مرحله استفاده شد.

ابتدا از تابع FBD در نرم افزار متلب استفاده شد که ۱۷ توزیع پیوسته و ۳ توزیع گسسته را بر داده‌های وارد شده برازش می‌دهد و از بین آنها ۴ توزیع که بهترین برازش را با داده‌ها دارد معرفی می‌کند که عبارتند از: بتا، نمایی، نرمال، لوگ نرمال، گاما، لجستیک، لوگ لجستیک، نرمال معکوس، ریله، ویبول، مقادیر حدی، مقادیر حدی تعمیم یافته، ناکاگامی، پارتو، رایسین، بیرن‌بام ساندرز، توزیع t.

آگاهی از زمان وقوع شروع یخبندان در پاییز و زمان پایان آن در بهار مورد علاقه اکثر مردم، بسیاری از صنایع و بالاخص

زودرس پاییزه و نمرات مثبت به عنوان یخبندان‌های دیررس بهاره انتخاب شدند. پس از استخراج ارقام مربوط به تاریخ وقوع یخبندان‌ها و شاخص‌های مورد مطالعه، باید برای اطمینان از نتایج بعدی و کافی بودن تعداد سال‌های آماری آزمون‌هایی انجام گیرد که یکی از آنها آزمون تصادفی بودن و همگنی داده‌ها است. در این پژوهش از آزمون ران تست جهت آزمون همگنی داده‌ها استفاده شد (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۹۱: ۶۰). این آزمون با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب انجام شد.

با توجه به انواع مختلف داده و متغیرهای تصادفی، دو نوع مختلف گسسته و پیوسته از توزیع‌های نظری وجود دارد. توزیع‌های گسسته رفتار متغیرهای با مقادیر تصادفی محدود یا نامحدود شمارش پذیر را شرح می‌دهد. برای مثال یک متغیر تصادفی گسسته می‌تواند به وسیله مقادیر عددی صفر یا یک، یا سه عدد صحیح نامنفی که در علم هواشناسی می‌توانند به صورت یکی از حالات ابری، نیمه ابری و صاف باشد تعریف شود. متغیر تصادفی پیوسته می‌تواند هر مقداری در داخل بازه تعیین شده از اعداد حقیقی به خود اختصاص

و کشاورزان می‌باشد و تاثیر جدی بر عملیات تجاری، صنعتی و کشاورزی به ویژه عملیاتی که قسمت اصلی آن در محیط باز خارجی انجام می‌شود دارد (میرمحمدی میبیدی، ۱۳۸۳: ۷۹). با توجه به اهمیت این مسئله در این پژوهش نیز جهت تعیین احتمال وقوع ۵ شاخص مورد بررسی از نرم افزار متلب بهره گرفته شد و در سطوح احتمالاتی مختلف وقوع شاخص‌های آگروکلیمایی مورد بررسی محاسبه شد. در مواردی بعضی از توزیع‌ها در نرم‌افزار متلب وجود نداشتند. در چنین مواردی از نرم‌افزار Minitab برای محاسبه احتمال وقوع شاخص‌های مورد بررسی استفاده شد.

محاسبه دوره‌ی بازگشت: در بسیاری از زمینه‌های پژوهشی، دوره‌های بازگشت

و سطوح بازگشت جهت توصیف و کمی کردن ریسک‌ها و مخاطرات به کار می‌روند. دوره‌ی بازگشت عکس احتمال است و آن تعداد سال‌هایی است که به طور متوسط بین وقوع دو حادثه مشابه وجود دارد. اگر دوره‌ی بازگشت T (سال) و احتمال وقوع P باشد خواهیم داشت:

$$T = \frac{1}{P} \quad (\text{علیزاده، ۱۳۸۲: ۶۳۹}).$$

۳. نتایج و بحث

بعضی از ویژگی‌های مربوط به آمار توصیفی شاخص‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است. لازم به ذکر است که در این جدول واحد طول فصل رشد تعداد روز می‌باشد. در حالی که سایر شاخص‌ها براساس روزهای ژولیوسی به دست آمده‌اند.

جدول ۱: ویژگی‌های آماری یخبندان ایستگاه مراغه (بر حسب روزهای ژولیوسی)

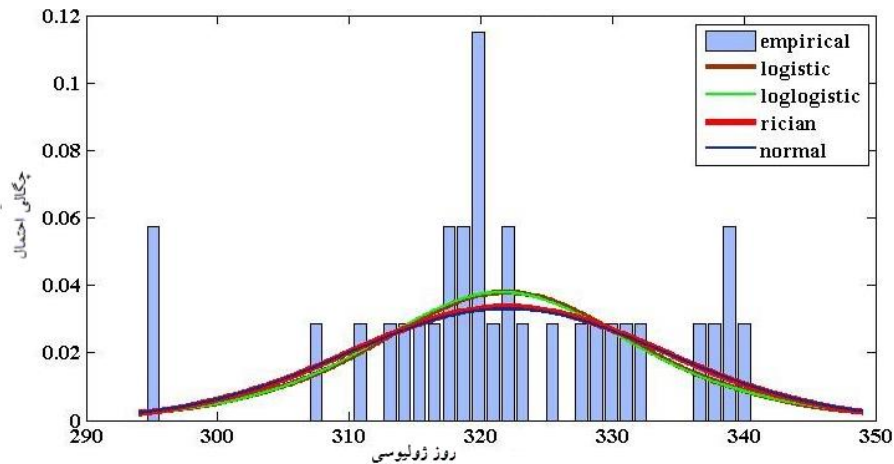
شاخص	میانگین	میانه	انحراف معیار	دیرترین	زودترین	دامنه
آغاز یخبندان	۳۲۲	۳۱۹/۵	۱۲/۰	۳۴۹	۲۹۴	۵۶
خاتمه یخبندان	۱۰۳	۹۷/۵	۱۹/۶	۱۵۵	۷۲	۸۴
یخبندان زودرس پاییزه	۳۱۴	۳۱۷	۷/۹	۳۲۱	۲۹۴	۲۸
یخبندان دیررس بهاره	۱۲۰	۱۱۸/۵	۱۳	۱۵۵	۱۲۱	۵۲
طول فصل رشد	۲۲۱	۲۲۳	۲۵	-	-	۱۰۱

که مطابق با ۲۶ آبان می‌باشد. به طور میانگین نیز روزی از سال که یخبندان

با توجه به جدول فوق، به طور متوسط روز ژولیوسی آغاز یخبندان روز ۳۲۲ سال است

قرار گرفته است طول فصل رشد می‌باشد که بر خلاف ۴ شاخص قبلی بر مبنای روز ژولیبوسی بیان نشده است. بنابراین واحد آن تعداد روزهای هر سال می‌باشد که میانگین آن برابر با ۲۲۱ روز در هر سال است. با استفاده از تابع FBD در نرم‌افزار متلب چهار توزیعی که بهترین برازش را با شاخص‌های مورد بررسی دارند استخراج شدند. در بین این ۴ توزیع برتر نیز می‌توان اولویت بندی کرد. به دلیل اینکه از نظر معیارهای مقایسه، اختلافات اندکی بین این توزیع‌ها مشاهده می‌شود. نتایج حاصل از این تابع در نمودارهای ۲ تا ۶ و جداول ۲ تا ۶ آورده شده است.

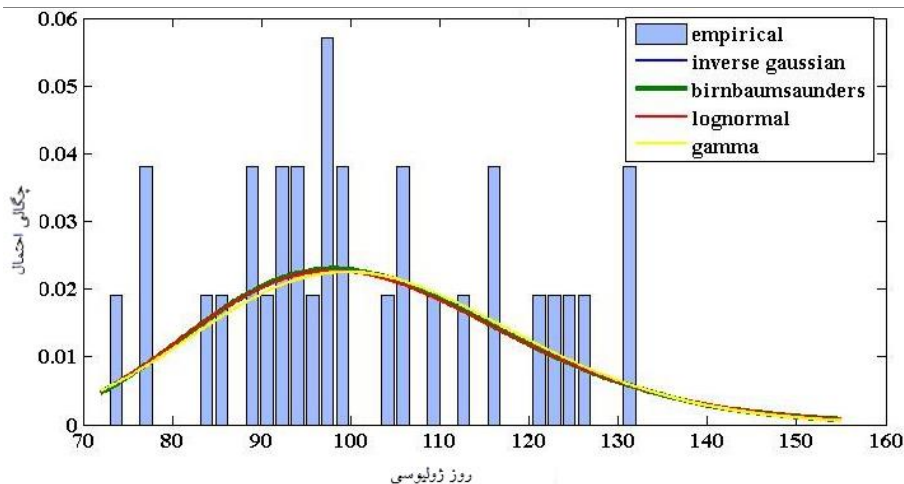
خاتمه می‌یابد ۱۰۳ امین روز از سال است که با ۲۳ فروردین مطابق است. تاریخ یخبندان زودرس پاییزه به طور متوسط طبق روز ژولیبوسی روز ۳۱۴ ام سال است که مصادف با ۱۸ آبان است. شاخص مورد مطالعه دیگر در این پژوهش یخبندان دیررس بهار است که در دهه اول اردیبهشت ماه (۹ اردیبهشت) اتفاق می‌افتد. براساس جدول فوق، دیرترین تاریخ آغاز یخبندان ۲۳ آبان می‌باشد. زودترین تاریخ آغاز یخبندان و یخبندان زودرس پاییزه نیز ۲۸ مهرماه می‌باشد. با توجه به جدول فوق، زودترین تاریخ خاتمه یخبندان نیز ۲۲ اسفند اتفاق می‌افتد. آخرین شاخص که در این پژوهش مورد بررسی



شکل ۲: چهار توزیع دارای بهترین برازش بر سری آغاز یخبندان در ایستگاه مراغه

جدول ۲: مشخصات چهار توزیع دارای بهترین برازش با سری آغاز یخبندان

توزیع ۴	توزیع ۳	توزیع ۲	توزیع ۱	نام توزیع
نرمال	رایسین	لوگ لجستیک	لجستیک	لگاریتم درست نمایی منفی
۱۲۴.۶۳۶۷	۱۲۴.۶۲۸۷	۱۲۴.۴۵۰۴	۱۲۴.۴۲۴۸	معیار اطلاعاتی
۲۵۶.۲۰۴۸	۲۵۶.۱۸۸۹	۲۵۵.۸۳۲۲	۲۲۵.۷۸۱	بیزی
۲۵۳.۲۷۳۳	۲۵۳.۲۵۷۵	۲۵۲.۹۰۰۷	۲۵۲.۸۴۹۵	معیار اطلاعاتی
۲۵۳.۶۸۷۱	۲۵۳.۶۷۱۲	۲۵۳.۳۱۴۵	۲۵۳.۲۶۳۳	آکائیکه
				معیار اطلاعاتی
				آکائیکه تصحیح شده
۳۲۲	۳۲۱.۷۸۰۱	۵.۷۷۴۱	۳۲۱.۹۲۲۷	مقادیر پارامترها
۱۲.۰۸۰۳۸	۱۱.۸۹۴۱۹	۰.۰۲۰۴۷۹	۶.۵۹۴۲۲۲	

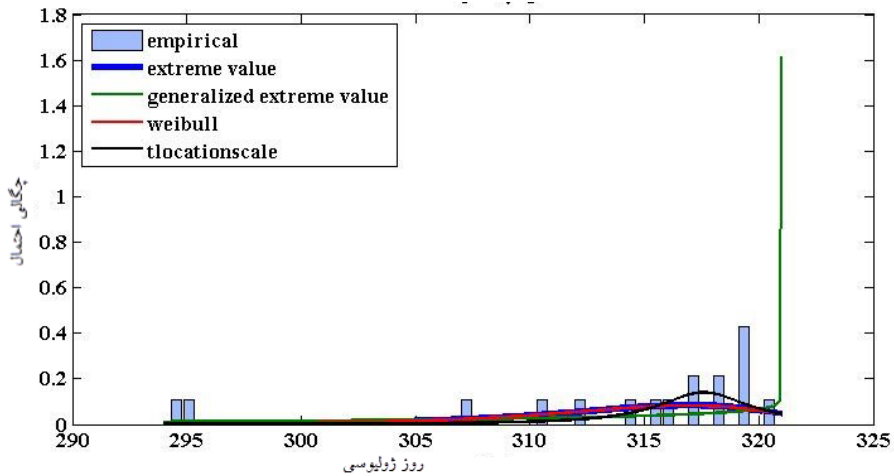


شکل ۳: برازش ۴ توزیع بر سری یخبندان بهاره

جدول ۳: مشخصات چهار توزیع دارای بهترین برازش با سری خاتمه یخبندان

توزیع ۴	توزیع ۳	توزیع ۲	توزیع ۱	نام توزیع
گاما	لوگ نرمال	بیرنباوم ساندرز	نرمال معکوس	لگاریتم درست نمایی منفی
۱۳۷.۴۵۱۱	۱۳۷.۱۵۰۳	۱۳۷.۱۳۰۲	۱۳۷.۱۲۶۷	معیار اطلاعاتی
۲۸۱.۸۳۳۶	۲۸۱.۲۳۲۱	۲۸۱.۱۹۱۸	۲۸۱.۱۸۴۸	بیزی

۲۷۸.۹۰۲۱	۲۷۸.۳۰۰۶	۲۷۸.۲۶۰۴	۲۷۸.۲۵۳۳	معیار اطلاعاتی آکائیکه
۲۷۹.۳۱۵۹	۲۷۸.۷۱۴۴	۲۷۸۶۷۴۱	۲۷۸.۶۶۷۱	معیار اطلاعاتی آکائیکه تصحیح شده
۳۲.۷۸۸۵	۴.۶۱۶۴	۱۰۱.۱۴۹	۱۰۲.۶۸۷۵	مقادیر پارامترها
۳.۱۳۱۸۱	۰.۱۷۶۶۲	۰.۱۷۴۴۳۲۲	۳۳۴۹.۴۴۴۸	

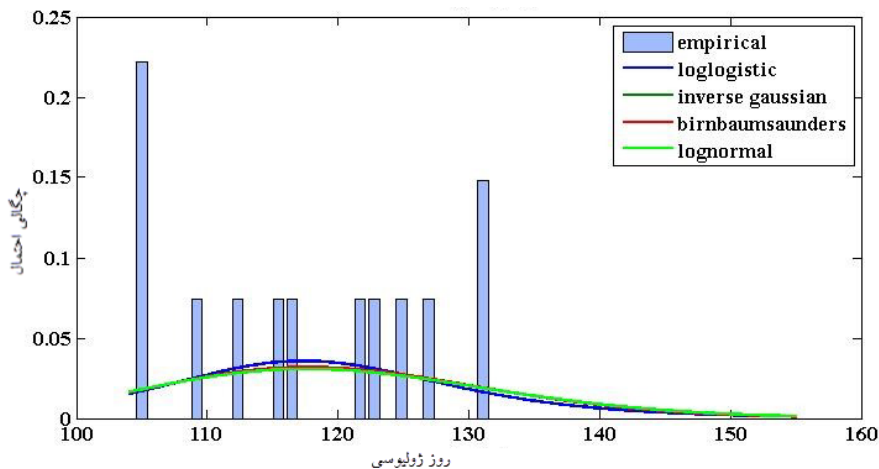


شکل ۴: برازش ۴ توزیع بر سری یخبندان زودرس پاییزه در ایستگاه مراغه

جدول ۴: مشخصات چهار توزیعی که بهترین برازش را با سری یخبندان زودرس پاییزه دارند

نام توزیع	توزیع ۱	توزیع ۲	توزیع ۳	توزیع ۴
لگاریتم درست نمایی منفی	مقادیر حدی	مقدار حدی تعمیم یافته	ویبول	تی مقیاس- موقعیت
معیار اطلاعاتی بیزی	۵۷.۲۴۴۲	۵۵.۸۸۹۲	۵۷.۴۷۶	۵۸.۰۹۶۲
معیار اطلاعاتی آکائیکه	۱۲۰.۲۶۹۲	۱۲۰.۴۴۹۵	۱۲۰.۷۳۲۷	۱۲۴.۸۶۳۵
معیار اطلاعاتی آکائیکه تصحیح شده	۱۱۸.۴۸۸۴	۱۱۷.۷۷۸۴	۱۱۸.۹۵۲	۱۲۲.۱۹۲۴
	۱۱۹.۲۸۸۴	۱۱۹.۴۹۲۶	۱۱۹.۷۵۲	۱۲۳.۹۰۶۷

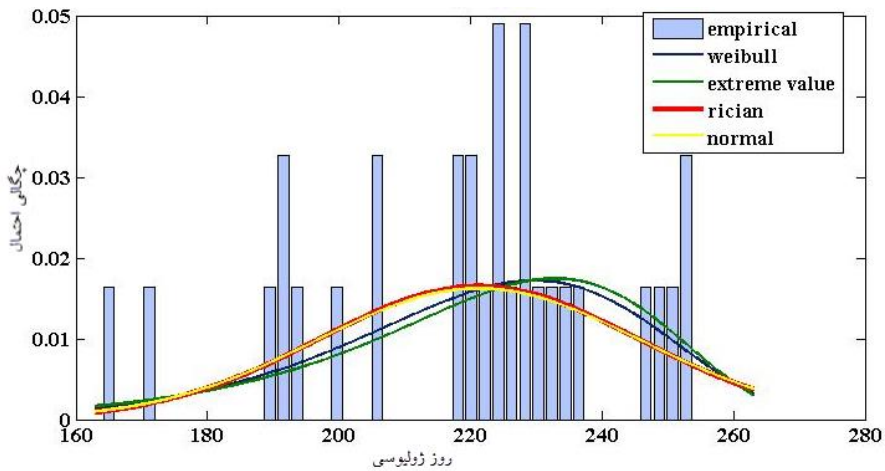
۳۱۷.۵۹۶۸	۳۱۶.۹۲۵۶	-۱.۱۷۶۴۲۲	۳۱۶.۹۶۲۲	مقادیر پارامترها
۲.۳۴۸۶۸۴	۷۰.۶۵۱۳۲	۲۱.۵۳۲	۴.۴۰۲۳۲۸	



شکل ۵: برازش ۴ توزیع بر سری یخبندان دیررس بهاره در ایستگاه مراغه

جدول ۵: مشخصات چهار توزیعی که بهترین برازش را با سری یخبندان دیررس بهاره دارند

توزیع ۴	توزیع ۳	توزیع ۲	توزیع ۱	نام توزیع
لوگ نرمال	بیرنهام ساندرز	نرمال معکوس	لوگ لجستیک	لگاریتم درست
۵۵.۳۵۴۵	۵۵.۳۳۸۳	۵۵.۳۳۷۲	۵۵.۲۹۶۱	نمایی منفی
۱۱۵.۹۸۷۲	۱۱۵.۹۵۴۷	۱۱۵.۹۵۲۵	۱۱۵.۸۷۰۳	معیار اطلاعاتی
				بیزی
۱۱۴.۷۰۹	۱۱۴.۶۷۶۶	۱۱۴.۶۷۴۴	۱۱۴.۵۹۲۲	معیار اطلاعاتی
				آکائیکه
۱۱۵.۷۹۹۹	۱۱۵.۷۶۷۵	۱۱۵.۷۶۵۳	۱۱۵.۶۸۳۱	معیار اطلاعاتی
				آکائیکه تصحیح شده
۴.۷۷۹۳	۱۱۹.۰۴۵۳	۱۱۹.۷۱۴۲۸۶	۴.۷۷۲۳	مقادیر پارامترها
۰.۱۰۹۸۵	۰.۱۰۶۰۱۷۳	۱۰۶۲۱	۰.۰۵۹۴۸۱	



شکل ۶: برازش ۴ توزیع بر سری فصل رشد در ایستگاه مراغه
 جدول ۶: مشخصات چهار توزیعی که بهترین برازش را با سری فصل رشد دارند

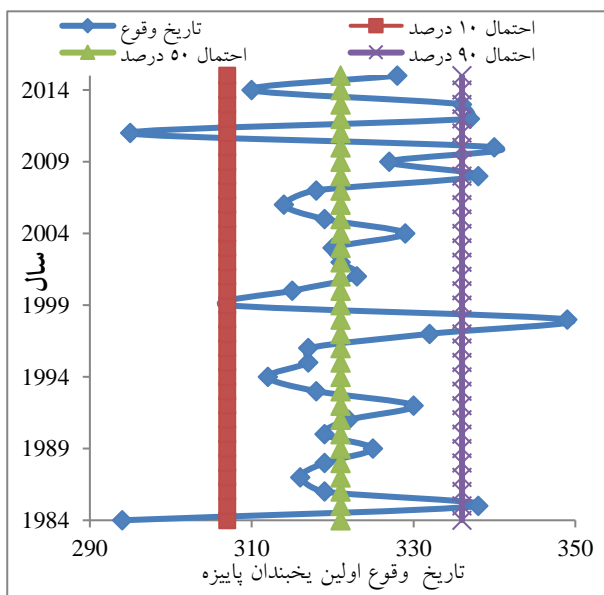
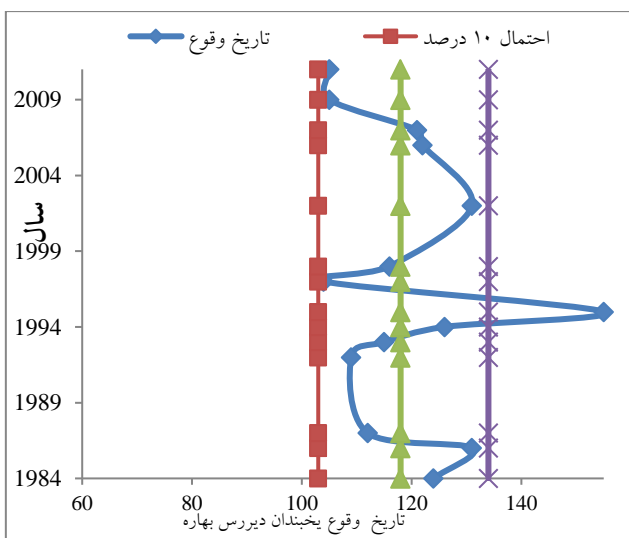
توزیع ۴	توزیع ۳	توزیع ۲	توزیع ۱	نام توزیع
۱۴۷.۴۰۰۸	۱۴۷.۳۹۵۸	۱۴۷.۱۶۱۵	۱۴۶.۷۲۸۹	لگاریتم درست نمایی منفی
۳۰۱.۷۳۳	۳۰۱.۷۲۳۱	۳۰۱.۲۵۴۵	۳۰۰.۳۸۹۲	معیار اطلاعاتی بیزی
۲۹۸.۸۰۱۵	۲۹۸.۷۹۱۷	۲۹۸.۳۲۳۱	۲۹۷.۴۵۷۷	معیار اطلاعاتی آکائیکه
۲۹۹.۲۱۵۳	۲۹۹.۲۰۵۵	۲۹۸.۷۳۶۹	۲۹۷.۸۷۱۵	معیار اطلاعاتی آکائیکه تصحیح شده
۲۲۱.۲۵	۲۱۹.۹۰۴	۲۳۲.۸۵۵۴	۲۳۱.۸۰۱۳	مقادیر پارامترها
۲۴.۶۰۵۲۷	۲۴.۲۹۲۸۲	۲۱.۰۷۶۸۲	۱۰.۷۸۲۴۱	

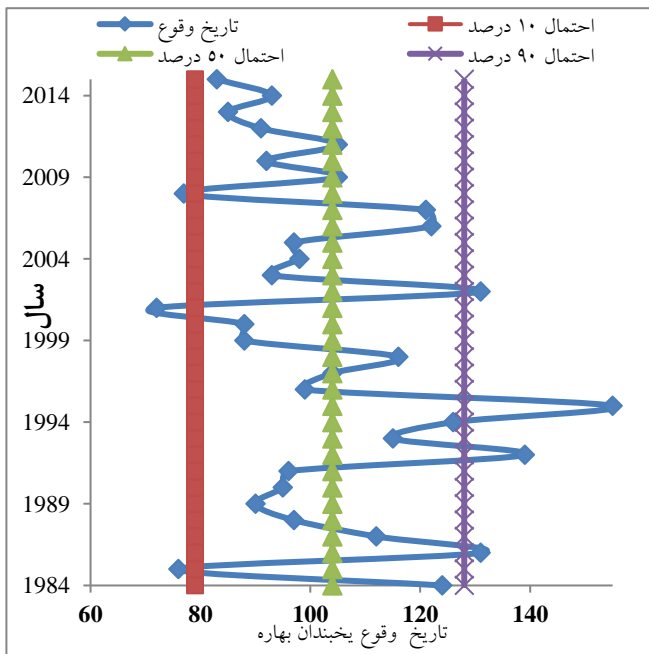
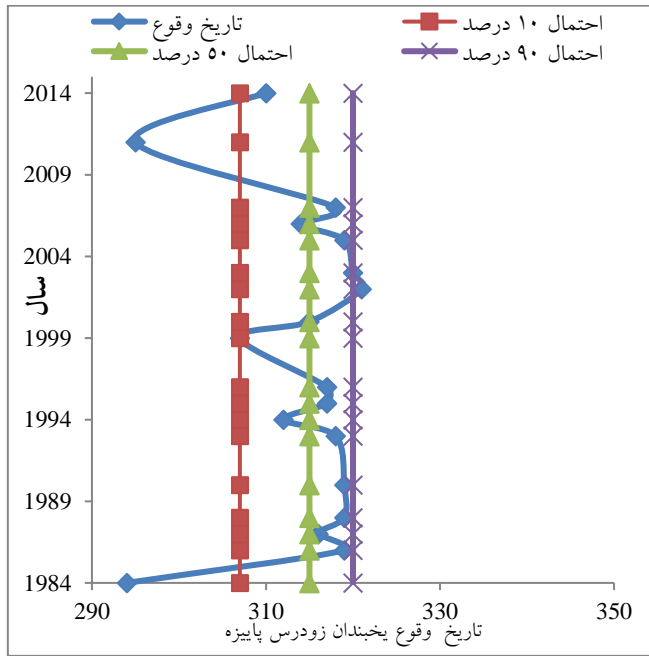
نرمال معکوس، برای یخبندان زودرس پاییزه توزیع مقادیر حدی، برای یخبندان دیررس بهاره توزیع لوگ لجستیک می‌باشد. برای شاخص فصل

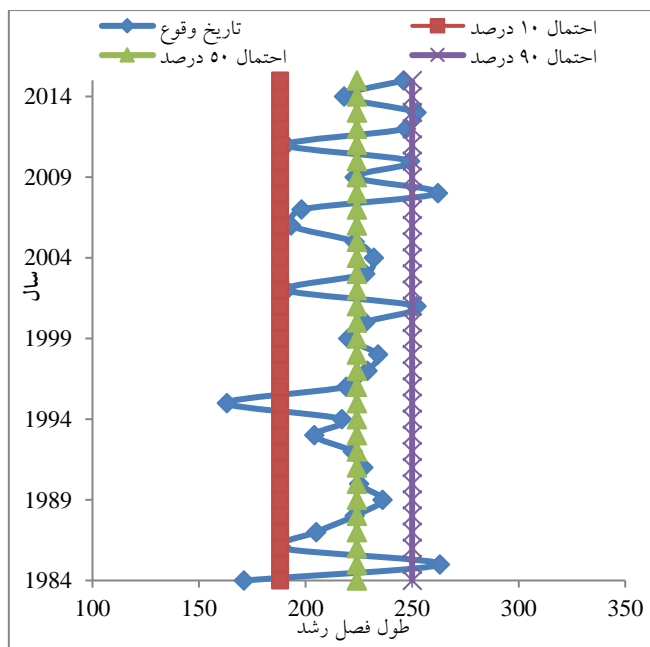
به این ترتیب، بر اساس نتایج حاصل از برازش توزیع های مختلف بر روی شاخص های مورد مطالعه، بهترین توزیع برای شاخص آغاز یخبندان توزیع لجستیک، برای خاتمه یخبندان توزیع

برتر برای هر شاخص در ایستگاه سینوپتیک مراغه، تاریخ وقوع هر یک از شاخص‌های مورد مطالعه با احتمال‌های مختلف قابل محاسبه است. نتایج مربوط در شکل ۷ آورده شده است.

عاری از یخبندان نیز توزیع ویبول مناسب تشخیص داده شد. انتخاب مناسب‌ترین توزیع آماری برای هر یک از سری‌های یخبندان مورد مطالعه اهمیت زیادی دارد. به دلیل این که، پس از برآزش اولیه توزیع‌ها و انتخاب توزیع‌های







شکل ۷: تاریخ وقوع شاخص‌های یخبندان با احتمالات مختلف

یخبندان زودرس پاییزه در تاریخ‌های مختلف بین مهر و آبان ماه روی می‌دهد. با توجه به اینکه دوره آماری مورد مطالعه ۳۲ ساله است. با احتمال ۲۰٪ یخبندان زودرس پاییزه ۱۴ آبان خواهد بود بدین معنی که از ۳۲ سال دوره‌ی آماری، ۶ سال یخبندان زودرس پاییزه در ۱۴ آبان یا قبل از آن رخ داده است. با احتمال ۸۰٪ نیز یخبندان زودرس ۲۳ آبان رخ می‌دهد یعنی ۲۵ سال یخبندان زودرس در ۲۳ آبان رخ داده است. بنابراین احتمال وقوع یخبندان بعد از ۲۳ آبان ۲۰ درصد است.

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان تاریخ عبور از دمای صفر درجه سانتیگراد را با احتمال مورد نظر تعیین نمود. یخبندان در مراغه معمولاً از دهه دوم آبان ماه شروع می‌شود. با احتمال ۲۰٪ تاریخ آغاز یخبندان قبل از ۱۶ آبان ماه خواهد بود بدین معنی که از ۳۲ سال دوره‌ی آماری، ۶ سال آغاز یخبندان در ۱۶ آبان رخ داده است. بنابراین با احتمال ۸۰ درصد برابر با ۵ آذر یا قبل از آن می‌باشد و احتمال وقوع یخبندان بعد از این تاریخ فقط ۲۰ درصد است.

اردیبهشت رخ می‌دهد بدین معنی که از ۳۲ سال دوره آماری ۲۵ سال یخبندان دیررس بهاره در ۱۷ اردیبهشت یا قبل از این تاریخ رخ داده است. با احتمال ۲۰٪ طول فصل رشد ۲۰۱ روز و با احتمال ۸۰٪ طول فصل رشد ۲۴۲ روز خواهد بود.

پس از اینکه با احتمالات مختلف تاریخ وقوع شاخص‌های یخبندان مورد مطالعه به دست آمد می‌توان دوره بازگشت هر تاریخ را نیز محاسبه کرد. نتیجه دوره بازگشت تاریخ‌های به دست آمده با احتمالات مربوط در جدول ۷ آورده شده است.

با توجه به دوره آماری ۳۲ ساله از سال ۱۹۸۴ تا سال ۲۰۱۵ یخبندان معمولاً اردیبهشت پایان می‌یابد. با احتمال ۲۰٪ تاریخ خاتمه یخبندان ۷ فروردین خواهد بود بدین معنی که از ۳۲ سال، ۶ سال، یخبندان در ۷ فروردین خاتمه یافته است. در مراغه یخبندان دیررس بهاره در تاریخ‌های مختلف بین فروردین تا اردیبهشت ماه روی می‌دهد. با توجه به دوره آماری ۳۲ ساله، با احتمال ۲۰٪ تاریخ یخبندان دیررس بهاره اول اردیبهشت خواهد بود یعنی ۶ سال، یخبندان دیررس بهاره در اول اردیبهشت رخ داده است. با احتمال ۸۰٪ تاریخ یخبندان دیررس بهاره ۱۷

جدول ۷: دوره بازگشت و تاریخ احتمالی وقوع شاخص‌های مورد مطالعه

احتمال	دوره بازگشت (سال)	تاریخ وقوع آغاز یخبندان	تاریخ وقوع خاتمه یخبندان	تاریخ وقوع یخبندان زودرس	تاریخ وقوع یخبندان دیررس بهاره	طول فصل رشد
۰/۱	۱۰	۱۱) ۳۰۷ (آبان)	۲۹) ۷۹ (اسفند)	۱۱) ۳۰۷ (آبان)	۲۳) ۱۰۳ (فروردین)	۱۸۸
۰/۲	۵	۱۶) ۳۱۲ (آبان)	۸) ۸۸ (فروردین)	۱۴) ۳۱۰ (آبان)	۲۸) ۱۰۸ (فروردین)	۲۰۱
۰/۳	۳۳۳	۲۰) ۳۱۶ (آبان)	۱۴) ۹۴ (فروردین)	۱۶) ۳۱۲ (آبان)	۱) ۱۱۲ (اردیبهشت)	۲۱۰
۰/۴	۲۵۰	۲۳) ۳۱۹ (آبان)	۱۹) ۹۹ (فروردین)	۱۸) ۳۱۴ (آبان)	۴) ۱۱۵ (اردیبهشت)	۲۱۷

۲۲۴	۷) ۱۱۸	۱۹) ۳۱۵	۲۴) ۱۰۴	۲۵) ۳۲۱	۲۰۰	۰/۵
	(اردیبهشت)	(آبان)	(فروردین)	(آبان)		
۲۲۹	۱۰) ۱۲۱	۲۰) ۳۱۶	۲۸) ۱۰۸	۲۸) ۳۲۴	۱۶۷	۰/۶
	(اردیبهشت)	(آبان)	(فروردین)	(آبان)		
۲۳۵	۱۳) ۱۲۴	۲۱) ۳۱۷	۳) ۱۱۴	۳) ۳۲۷ (آذر)	۱۴۳	۰/۷
	(اردیبهشت)	(آبان)	(اردیبهشت)			
۲۴۲	۱۷) ۱۲۸	۲۳) ۳۱۹	۹) ۱۲۰	۹) ۳۳۱ (آذر)	۱۲۵	۰/۸
	(اردیبهشت)	(آبان)	(اردیبهشت)			
۲۵۰	۲۳) ۱۳۴	۲۴) ۳۲۰	۱۷) ۱۲۸	۱۰) ۳۳۶	۱۱۱	۰/۹
	(اردیبهشت)	(آبان)	(اردیبهشت)	(آذر)		

دلیل اینکه بعضی از درختان میوه فعالیت خود را زودتر آغاز می‌کنند و در نتیجه در برابر یخبندان از حساسیت بیشتری برخوردار هستند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، ۵ شاخص اقلیم کشاورزی یخبندان با استفاده از روش-های آماری در ایستگاه سینوپتیک مراغه مورد تحلیل قرار گرفت. ابتدا پس از آماده کردن داده‌های حداقل دما در مقیاس روزانه تاریخ‌های وقوع دمای صفر و زیر صفر درجه و استخراج شد و سپس این تاریخ‌ها به روز ژولیوسی تبدیل شد. جهت برآورد تاریخ‌های احتمال وقوع یخبندان، ابتدا باید توزیع آماری که بهترین برازش را با داده‌ها دارد مشخص گردد. با در دست داشتن اطلاعاتی از احتمال وقوع یخبندان در

با توجه به جدول فوق، احتمال اینکه تاریخ وقوع یخبندان روز ژولیوسی ۳۰۷ یا به عبارت دیگر ۱۱ آبان باشد برابر با ۱۰ درصد (۰/۱) است. لذا دوره بازگشت آن ۱۰ سال است یعنی چنین حالتی به طور متوسط هر ۱۰ سال یک بار اتفاق می‌افتد. در جدول فوق احتمال ۰/۹ یا ۹۰ درصد به معنای دوره بازگشت ۱/۱۱ سال است. یعنی در هر ۱۱۱ سال ۱۰۰ بار تاریخ آغاز یخبندان ۱۰ آذرماه خواهد بود. چنین برآوردهایی در مورد سایر شاخص‌های یخبندان در جدول فوق نیز صدق می‌کند. بر اساس نتایج به دست آمده به صورت متوسط هر ۲۰۰ سال یکبار تاریخی که یخبندان در فصل بهار خاتمه می‌یابد برابر با ۲۴ فروردین است. در حالی که هر ۵ سال یک بار تاریخی که خاتمه یخبندان است در ۸ فروردین اتفاق می‌افتد. برآورد تاریخ خاتمه یخبندان در فصل بهار و یخبندان دیررس بهار از نظر کشاورزی دارای اهمیت زیادی است به

هر منطقه جغرافیایی می‌توان خسارات ناشی از وقوع یخبندان را به حداقل رساند. نرم‌افزار متلب دارای توابعی است که از میان انواع توزیع‌های پیوسته، ۱۷ نوع آن را بر داده‌های تجربی و مشاهداتی برازش می‌دهد و چهار توزیع غالب را معرفی می‌کند. طبق نتایج به دست آمده در این مطالعه، پس از برازش توزیع‌های مختلف بهترین توزیع برای شاخص آغاز یخبندان توزیع لجستیک، برای خاتمه یخبندان توزیع نرمال معکوس، برای یخبندان زودرس پاییزه توزیع مقادیر حدی، برای یخبندان دیررس بهاره توزیع لوگ لجستیک به عنوان توزیع برتر انتخاب شد. چنانچه توزیع‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرند و نتایج برازش آن‌ها با یکدیگر مقایسه شوند، در این صورت با دقت بیشتری می‌توان ویژگی‌های آماری شاخص‌های مختلف اقلیم کشاورزی مربوط به یخبندان را استخراج کرد و نتایج به دست آمده و تحلیل‌ها از اعتبار بیشتری برخوردار هستند.

در مرحله بعدی پژوهش، در سطوح احتمالاتی مختلف، تاریخ وقوع شاخص‌های یخبندان مورد مطالعه محاسبه

شد. در این مطالعه دو شاخص تاریخ آغاز و خاتمه یخبندان و تاریخ یخبندان زودرس پاییزه و دیررس بهاره از همدیگر تفکیک شده است. طبق نتایج به دست آمده تاریخ خاتمه یخبندان از ۲۹ اسفند (با احتمال ۱۰ درصد) تا تاریخ ۱۷ اردیبهشت در تغییر می‌باشد. احتمال وقوع آخرین یخبندان بهاره در این تاریخ ۹۰ درصد می‌باشد. یخبندان دیررس بهاره نیز با احتمالات مختلف از ۲۳ فروردین تا ۲۳ اردیبهشت ماه در نوسان است. همچنین با استفاده از نتایج به دست آمده می‌توان با دوره‌های بازگشت مختلف نیز تاریخ خاتمه یخبندان را تعیین و محاسبه کرد. به صورت میانگین در مراغه یعنی در سطح احتمال ۵۰ درصد (۱۶ بار در ۳۲ سال دوره آماری مورد مطالعه) آغاز یخبندان ۲۵ آبان، خاتمه یخبندان ۲۱ فروردین، یخبندان زودرس پاییزه ۱۹ آبان و یخبندان دیررس بهاره ۷ اردیبهشت اتفاق می‌افتد. طبق نتایج به دست آمده طول فصل رشد نیز ۲۲۴ روز خواهد بود. حصاری و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی احتمال وقوع یخبندان در شهر ماکو به این نتیجه رسیدند که احتمال وقوع سرمای نادر با احتمال ۱۰ درصد،

مطالعه در استان خراسان شمالی برای دوره‌های بازگشت مختلف محاسبه کردند و به این نتیجه رسیدند که ایستگاه‌هایی که طولانی‌ترین دوره یخبندان اتفاق می‌افتد در دوره بازگشت‌های مختلف متفاوت هستند. دارائی و همکاران (۱۳۹۷) برای تاریخ-های آغاز و پایان یخبندان ایران، از بین ۱۱ توزیع مورد بررسی، بهترین توزیع-های احتمالاتی را برازش دادند و به این نتیجه رسیدند که توزیع منتخب برای بیشتر ایستگاه‌ها توزیع ویکبی است. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که در سطح احتمالاتی ۵۰ درصد، میانگین رخداد اولین روز یخبندان در ارتفاعات شمال غربی، شمال شرقی و زاگرس مرکزی اتفاق می‌افتد. پیشنهاد می‌شود توزیع‌های احتمالاتی مورد استفاده در این پژوهش، برای کل استان آذربایجان شرقی یا سایر مناطق نیز مورد استفاده قرار گیرند. در این صورت می‌توان نتایج به دست آمده برای ایستگاه‌های مختلف را در یک استان با یکدیگر مورد مقایسه قرار داد. با توجه به این که شهرستان مراغه از قطب‌های تولید سیب در کشور به شمار می‌آید و یخبندان هر ساله خسارت‌های فراوانی به تولیدات باغی

قبل از آبان روی داده و شانس وقوع سرما پس از ۱۵ آبان افزایش می‌یابد. محمدی و گزل خو (۱۳۸۹) نیز از بین ۶ تابع احتمال، برای داده‌های پاییز، توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ و برای داده-های بهار توزیع ۲ پارامتری گاما را مناسب تشخیص دادند و براساس نتایج پژوهش ایشان، احتمال وقوع آخرین یخبندان دیررس بهاره بعد از ۲۲ فروردین و قبل از ۲۶ اسفند، ۲۰ درصد می‌باشد. مولی‌نژاد (۱۳۹۳) احتمال وقوع آستانه‌های دمایی بین صفر تا ۱۵- درجه سانتیگراد را برای ایستگاه سقز محاسبه کردند و یافته‌های پژوهش نشان داد که بیشترین احتمال اینکه حداقل دمای این ایستگاه به محدوده صفر تا ۵- برسد در ماه‌های نوامبر، دسامبر و آخر مارس است. سیدنژاد گل خطمی و رضایی پژند (۱۳۹۴) تاریخ یخبندان دیررس را با استفاده از ۸ توزیع احتمالاتی مورد بررسی قرار دادند و نتایج پژوهش ایشان نشان داد که بهترین تابع برازشی در ایستگاه‌های مورد مطالعه عمدتاً شامل پارتوی تعمیم یافته، پیرسون نوع ۳ و لوگ نرمال ۳ پارامتری است. ایشان طول دوره یخبندان را برای ایستگاه‌های مورد

وارد می‌کند، نتایج حاصل از این پژوهش و اطلاع از تاریخ‌های احتمالی یخبندان می‌تواند برای برنامه‌ریزی در باغداری و کشاورزی به منظور کاهش آسیب‌های ناشی از یخبندان مفید باشد.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: این پژوهش هیچ کمک مالی از سازمان های تأمین مالی دریافت نکرده است.
تعارض منافع: طبق اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.
برگرفته از پایان نامه/رساله: این مقاله برگرفته از پایان نامه/رساله نبوده است.

منابع

- آذربایجان غربی. جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال ۴، شماره چهاردهم، ۱۳۵-۱۱۷.
- خالدی، ش.، (۱۳۸۲)، بررسی پدیده یخبندان و اثرات آن در باغداری شهرستان مرند، نشریه علوم جغرافیایی، جلد ۲، شماره ۲، صفحه ۵۰-۲۹.
- خالدی، ب.، (۱۳۹۱)، تحلیل آماری و سینوپتیکی یخبندان‌های فراگیر استان کرمانشاه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی.
- خسروی، م.، حبیبی‌نوخندان، م.، اسماعیلی، ر.، (۱۳۸۷)، پهنه‌بندی اثر خطر سرمازدگی دیررس بر روی باغات مطالعه‌ی موردی: شهرستان مه‌ولات، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، صفحه ۱۶۲-۱۴۵.
- خوش اخلاق، ف.، حنفی، ع.، سلطانی، م.، (۱۳۹۱)، واکاوی ویژگی‌های یخبندان در ایستگاه همدیدی شهر سقز، جغرافیا و مطالعات محیطی، دوره ۱، شماره ۱، ۶۶-۵۹.
- دارائی، م.، محمودی، پ.، ساری صراف، ب.، خورشیددوست، ع.م.، (۱۳۹۷)، تعیین تابع توزیع احتمالاتی یخبندان‌های ایران طی ۲۰۱۰-۱۹۸۱،
- بازگیر، س.، محمدی، ح.، شریفی، ل.، سلیمانی، ن.، (۱۳۹۵)، تحلیل مخاطره یخبندان و سرمازدگی محصولات باغی آذربایجان غربی، مدیریت مخاطرات محیطی، دوره ۳، شماره ۴، ۳۶۵-۳۷۸.
- جنتی‌زاده، ع.، فتاحی مقدم، م. ر.، زمانی، ذ.، بابالار، م.، عباسی، ع. ر.، عابدینی، م.، (۱۳۹۳)، بررسی دماهای سوپرکولینگ در گلهای زردآلو، نشریه علوم باغبانی ایران، دوره ۴۵، شماره ۱، صفحه ۴۳-۳۵.
- حجازی‌زاده، ز.، ناصرزاده، م. ح.، (۱۳۸۶)، تجزیه و تحلیل یخبندان در استان لرستان، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ششم، شماره ۹ و ۸، ۴۷-۳۱.
- حسن زاده، ع.، عطایی، ه.، نادر، پ.، گندمکار، ا.، (۱۳۹۸)، الگوهای سینوپتیکی حاکم بر یخبندانهای بهاره در استان کرمانشاه، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دوره ۶، شماره ۱، ۱۵۶-۱۳۹.
- حصاری، ب.، رضایی، ر.، نیکانفر، ر.، طایفه نسکیلی، ن.، (۱۳۹۴)، بررسی و تهیه نقشه های وقوع سرمازدگی گیاهان زراعی و باغی در استان

- تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال هجدهم، شماره ۵۰، ۱-۱۵.
- رحیم زاده، ف.، ۱۳۹۰، روش‌های آماری در مطالعات هواشناسی و اقلیم‌شناسی. نشر سید باقر حسینی.
- رستیمان، م.، حلییان، ا.ح.، (۱۳۹۷) واکاوی آماری تواتر و تداوم روزهای یخبندان در استان خراسان جنوبی با بهره‌گیری از مدل زنجیره مارکوف، برنامه ریزی فضایی (جغرافیا، دوره ۸، شماره ۲، ۳۹-۶۰.
- ساری‌صراف، ب.، حاجی میرزایی، ب.، ملکیان، ا.، ۱۳۸۹، بررسی رابطه‌ی زمان وقوع یخبندان سالانه در کاهش طول دوره‌ی رشد محصولات کشاورزی اردبیل. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۵، شماره ۳۱، ۲۰۸-۱۸۷.
- سبحانی، ب.، گنجی، م.، گل دوست، ا.، ۱۳۹۵، تعیین و بررسی تاریخ‌های آغاز و پایان یخبندان‌های زودرس و دیررس و احتمال تداوم، شدت و تواتر آن در استان اردبیل در دوره آماری ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۰. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۹، شماره ۱، ۳۹-۵۳.
- سلمان‌پور، ر.، (۱۳۸۶). مطالعات نوسانات یخبندان و کاربرد نتایج آن در بازدهی محصولات باغی اهر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی اهر.
- سلمان‌پور، ر.، جلالی، م.، (۱۳۸۹)، بررسی نوسانات یخبندان و کاربرد نتایج آن در بازدهی محصولات آجیلی شهرستان اهر، فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال ۱۰، شماره ۳۲، صفحه ۵۱-۲۹.
- سیدنژاد گل خطمی، ن.، رضایی‌پژند، ح.، ۱۳۹۴، تحلیل احتمالی یخبندان دیررس و رابطه آن با شاخص‌های دمائی، مطالعه موردی: ایستگاه‌های همدید خراسان رضوی، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۹، شماره ۴، ۸۴۹-۸۳۸.
- سیمای کشاورزی شهرستان مراغه، ۱۳۹۵، جهاد کشاورزی مراغه.
- علیجانی، ب.، محمودی، پ.، ریگی چاهی، ا.، خسروی، پ.، ۱۳۸۹، بررسی تداوم روزهای یخبندان در ایران با استفاده از مدل زنجیره مارکوف. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۲، شماره ۷۳، ۱۹-۱.
- علیزاده، ا.، ۱۳۸۲، اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی.

- باغی. چاپ اول، مرکز انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.
- Aghashariatmadari Z , Bazrafshan J, Safaei E, 2016, Projection of the early fall and late spring frosts under climate change condition with SDSM model in several selected stations in the mid-western Iran, *Agricultural Meteorology*, Vol. 4, Issue 1, 22-31.
 - Biazar S. M, Banan Ferdosi, F, 2020, An investigation on spatial and temporal trends in frost indices in Northern Iran, *Theor Appl Climatol* 141, 907–920.
 - Farajzadeh M, Rahimi M, Kamali G.A, Mavrommatis T, 2010, Modelling apple tree bud burst time and frost risk in Iran, *Meteorol Appl* 17(1):45–52.
 - Madelin M, Beltrando G. 2005, Spatial Interpolation-Based Mapping of the Spring Frost Hazard in the Champagne Vineyards. *Meteorological Application* 12: pp. 51-56.
 - Muller G.V, Nunez, M.N, Seluchi, M.E. 2000, Relationship between ENSO Cycles and Frost Events محمدی، ح.، گزل خو، م.، ۱۳۸۹، تاثیر یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره بر کشت غلات در شهرستان کرج، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال هفتم، شماره ۲۷، ۱۰۹-۹۳.
 - مولی نژاد، م.، ۱۳۹۳، مطالعه آماری ویژگی‌های یخبندان در ایستگاه سینوپتیک سقز، محیط شناسی، دوره ۴۰، شماره ۴، ۸۹۱-۹۰۰.
 - محمودی، پ.، خسروی، م.، مسعودیان، س.ا.، علیجانی، ب.، ۱۳۹۵، بررسی همدید وسیع‌ترین و مستمرترین یخبندان ایران در دوره ۱۹۶۳-۲۰۰۴، پژوهش‌های اقلیم شناسی، سال هفتم، شماره بیست و پنجم و بیست و ششم، ۱-۲۰.
 - میان آبادی، آ.، موسوی بایگی، م.، ثنایی نژاد، ح.، نظامی، ا.، (۱۳۸۸) بررسی و پهنه بندی یخبندان‌های زود هنگام پاییزه، دیرهنگام بهاره و زمستانه با استفاده از GIS در استان خراسان رضوی، مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
 - ترکش اصفهانی، س.، میرمحمدی میبدی، ع. م.، (۱۳۸۳)، مدیریت تنش-های سرما و یخزدگی گیاهان زراعی و

within the Pampa Humeda
Region. International

Journal of Climatology 20:
pp.1619-1637.

- Rahimi M, Hajjam S, Kamali G. A, Stigter C.J , 2007, Risk analysis of first and last frost occurrences in the Central Alborz region, Iran, International Journal of Climatology, doi.org/10.1002/joc.1405
- Rahimi J, Khalili A, Bazrafshan J. 2017, Analysis of late spring frost dates over Iran under current climate and future scenarios, Modeling Earth Systems and Environment volume 3, pages1601–1610.
- Scheifinger, H., Menzel, A., Koch, E., Peter, C. 2003, Trends of spring time frost events and phenological dates in Central Europe, Theoretical and Applied Climatology74, Issue 1–2, pp 41–51.