

تجزیه و تحلیل یخبندان در استان لرستان

دکتر زهرا حجازی زاده

دانشیار گروه جغرافیای دانشگاه تربیت معلم تهران

محمدحسین ناصرزاده

دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه تربیت معلم تهران

چکیده:

شناخت شرایط وقوع آغاز و خاتمه یخبندان ها به دلیل اهمیت آنها در زمینه کشاورزی و حمل و نقل جهت کاهش خسارات ضروری است. از آنجایی که استان لرستان جزء مناطق کوهستانی در منطقه زاگرس می باشد، این کوهستانی بودن در شدت وقوع یخبندان های آن اثرگذار بوده، لذا وقوع یخبندان به ویژه بروز آن در دوره سرد سال تاثیرات بسزایی درمسایل کشاورزی و حمل و نقل استان ایجاد می کند. با توجه به موضوع مقاله که هدف آن تجزیه و تحلیل یخبندان ها در استان لرستان است، بنابراین شناخت شرایط وقوع یخبندان ها، تعیین دقیق شروع و خاتمه و نیزشدت و تداوم آنها ازجمله مسایلی است که باید مورد توجه واقع گردد، تا از وارد شدن خسارات شدید به کشاورزان و همچنین فراهم نکردن امکانات لازم در جهت تسریع رفت و آمدها و کاهش اتلاف انرژی در هنگام بروز یخبندان ها جلوگیری شود. بررسی فراوانی وقوع یخبندان ها در منطقه مورد مطالعه روش رسیدن به هدف این مقاله است. برای این کار داده های حداقل روزانه دما در ۴ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک خرم آباد، بروجرد، ناصرالدین و الیگودرز از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹، مورد بررسی قرار گرفتند. تاریخ وقوع یخبندان های زودرس پاییزه و دیررس بهاره در آستانه مورد نظر (صفر و کمتر از آن) استخراج و دوره بدون یخبندان و یخبندان آنها محاسبه گردید. برای تعیین اولین و آخرین روز یخبندان، روزها بر طبق روش مرسوم، به روزهای ژولیوسی تبدیل و روی آنها تجزیه و تحلیل آماری صورت گرفت. براساس روشهای آماری معتبر ران تست و کلیموگروف - اسمیرونوف مشخص شد که توزیع نرمال نسبت به بقیه توزیع ها با سریهای موجود تناسب بیشتری دارد. لذا با به کارگیری این توزیع، تاریخ وقوع یخبندان های زودرس پاییزه و دیررس بهاره با استفاده از دوره های برگشت مختلف تعیین و

محاسبه شد و منحنی آنها با استفاده از نرم افزار مطلب ترسیم شد. همچنین منحنی طول فصل رشد و فصل یخبندان در سطوح احتمالی در کلیه ایستگاه ها ترسیم شد.

واژه های کلیدی: یخبندان، لرستان، احتمال توزیع نرمال، دمای حداقل روزانه، تحلیل آماری

مقدمه

یخبندان یکی از پدیده های مهم اقلیمی ناشی از تغییرات دما در طول زمان می باشد که به صورت های مختلف در عرض های خاص جغرافیایی بر حسب منطقه بندی و طبقه بندی اقلیمی، مناطق مختلف را تحت شعاع قرار می دهد و سالانه خسارات زیان باری را در بخشهای مختلف به طور مستقیم یا غیرمستقیم وارد می سازد. تقریباً هر بخشی از اقتصاد ممکن است تحت تاثیر یخبندان های غیر منتظره قرار بگیرد و در بیشتر موارد، رخداد یخبندان ها اثر منفی دارند (Rozenberg and Myers, ۱۹۶۲). یخبندان عبارت است از دماهای صفر و یا کمتر از آن. همچنین از نظر فنی برای کشاورزی، رویداد تشکیل کریستال های نازک یخ بر روی سطوحی که درجه حرارت آنها زیر صفر، و درجه حرارت لایه هوای بالای سطوح آن به نقطه شبنم رسیده باشد یخبندان نام دارد. از نظر هواشناسی کشاورزی نیز وقوع یخبندان، تغییر درجه حرارت های پایین می باشد که باعث آسیب به بافتهای گیاهی می شود. یخبندان ها را بر مبنای شدت، تداوم و زمان وقوع نیز می توان تقسیم بندی نمود. منظور از تقسیم بر مبنای شدت، قدرت مؤلفه های توزیع انرژی می باشد که معمولاً بر اساس دمای میانگین، حداقل میانگین صفر و زیر صفر و پایین ترین دمای حداقل ها اندازه گیری می شود.

منظور از تداوم یخبندان ها مدت زمانی است که دمای صفر یا کمتر از آن در یک منطقه حاکم باشد. بر اساس زمان وقوع، یخبندان هایی که زمان اوج آنها نسبت به تاریخ شاخص کمتر یا بیشتر باشد، زودرس یا دیررس تلقی می شوند (حجاری زاده و مقیمی، ۱۳۸۱).

یخبندان و سرما به دو شکل می تواند ایجاد شود که عبارتند از (سمیعی و همکاران، ۱۳۶۷):

۱- یخبندان جبهه ای یا انتقالی (Advection frost)؛

۲- یخبندان تشعشعی (Radiation frost).

برخی از محققین نوع سومی از یخبندان ها را نیز به نام یخبندان های مختلط معتقدند. در این نوع، عوامل تابشی و فرا رفتی توأمآ مشاهده می شوند (براتی، ۱۳۷۵).

در این تحقیق اصطلاح یخبندان به روزی گفته شده است که در آن حداقل دمای روزانه به صفر و یا زیر صفر کاهش داشته و از اول اکتبر تا سی ام ژوئن (۱۰ مهر تا ۳۱ خرداد) تداوم داشته است.

پیشینه تحقیق

دما یکی از عمده ترین و اساسی ترین عوامل در تعیین نقش و پراکندگی بقیه عناصر اقلیمی و یکی از شاخص های اصلی در پهنه بندی و طبقه بندی اقلیمی به شمار می رود. علاوه بر آن، دما اثرات انکارناپذیری بر فعالیت های انسانی و همچنین فرایندهای طبیعی همچون چرخه آب به جامی گذارد. به این جهت و همچنین اثرهای محیطی و اقتصادی- اجتماعی، دما و تغییرات گاه و بی گاه آن از موضوعات مورد توجه محافل علمی و حتی عامه مردم طی چند دهه ی

اخیر بوده، و تحقیقات گسترده ای درمقیاس جهانی، ناحیه ای و محلی انجام گرفته است (گیور و عساکره، ۱۳۸۱).

تاریخ وقوع یخبندان های زودرس پاییزه در ۹ مکان در منطقه گورنچسکا در اسلوونی در طول سال های ۱۹۴۷ و ۱۹۸۷ مورد مطالعه قرار گرفته است. با این تحقیق تاریخ متوسط اولین یخبندان به دست آمده است. در این مطالعه رابطه تاریخ وقوع اولین یخبندان با ارتفاع محل نیز مورد بررسی قرار گرفته است (Kajfez, ۱۹۸۹).

احتمال وقوع اولین و آخرین یخبندان ها که به ترتیب در پاییز و بهار اتفاق می افتند، بر اساس آستانه های مورد نظر در ایالت های ساحلی و جنوب شرقی اقیانوس اطلس مورد بررسی قرار گرفته است. یک روش احتمالی برای ایجاد سری های اولین و آخرین آستانه های دمایی پایین به کار گرفته شده است که برای تعیین احتمالات وقوع اولین و آخرین یخبندان ها با آستانه معلوم مورد استفاده قرار می گیرد. با استفاده از یک مثال عددی برازش تاریخ های وقوع یخبندان های زودرس پاییزه و دیررس بهاره با توزیع نرمال مورد مطالعه قرار گرفته است (Waylen, ۱۹۸۸).

تجزیه و تحلیل یخبندان ها در نواحی اقلیمی جنوب ایالات متحده با استفاده از دوره آماری ۳۰ ساله در ۳۴۲ ایستگاه یخبندان های زودرس پاییزه و دیررس بهاره برای ۱۰ درصد، ۳۰ درصد، ۵۰ درصد، ۷۰ درصد و در سطح ۹۰ درصد برای هریستگاه محاسبه شده است. هر سطحی در چهار آستانه درجه حرارت، ۳۶ درجه، ۳۲ درجه، ۲۸ درجه و ۲۶ درجه فارنهایت محاسبه و بررسی شده است. نقشه های نواحی اقلیمی جنوب ایالات متحده گسترش الگوهای یخبندان در هر آستانه درجه حرارت برای ۱۰ درصد، ۵۰ درصد و سطح های ۹۰ درصد را نشان می

دهند. در پاییز، نمودار زمان وقوع بیانگر احتمال رخداد یخبندان بعد از زمان وقوع است. همچنین در بهار، نمودار زمان وقوع نشان دهنده احتمال رخداد یخبندان قبل از زمان وقوع است (Vega et al, ۱۹۹۴).

علل، ویژگی ها و پیش بینی یخبندان های بهاره ایران با روش سینوپتیک مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش ۶۲ مورد یخبندان بهاره، طی ۲۰ سال (۶۶-۱۳۴۷) با استفاده از آمار روزانه تعداد ۶۰ ایستگاه هواشناسی کشور، از نظر شدت، تداوم و گسترش مکانی مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق با استفاده از نقشه های روزانه هوادرسطح زمین و سطح هم فشار ۵۰۰ هکتوپاسکال و نقشه های ضخامت، منشأ و مسیر سیستم های فشاری عامل یخبندان مورد مطالعه واقع شده است. نتایج این بررسی نشان داده است که اکثر یخبندان ها از نوع انتقالی می باشند و تقریباً در تمام موارد، جابجایی محورهای فرود در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و پرفشارهای مهاجر در سطح زمین از غرب مدیترانه به سوی ایران و سپس ادغام آنها با فرود و پرفشار معمول و شدید سیبری به وقوع یخبندان های بهاره می انجامد (براتی، ۱۳۷۵).

تحقیق دیگری تحت عنوان بررسی و پیش بینی تاریخ های آغاز و خاتمه یخبندان و اثرات آن بر روی جوانه زنی گندم در غرب ایران صورت گرفته است و نتایج آن نشان داده که در بخش غربی منطقه، یخبندان ها دیرتر آغاز شده و زود تر هم خاتمه می پذیرند و طول فصل رشد بیشتر و شدت یخبندان ها کمتر است. در حالیکه در بخش های شرقی منطقه عکس این حالات مشاهده شده، و بین سری های آغاز و خاتمه یخبندان ها به استثنای ۴ مورد رابطه معنی داری وجود نداشته است. به عبارت دیگر تاریخ های آغاز و خاتمه یخبندان ها مستقل از هم هستند و برازش سریهای زمانی منتخب تاریخ های آغاز و خاتمه یخبندان با سه

توزیع آماری نرمال، گامبل و پیرسون نوع سه، نشان داده است که این سری ها بدون استثنا از توزیع نرمال تبعیت می کنند (قبادی داریخانی، ۱۳۸۰).

داده ها و روش تحقیق

برای تحلیل فراوانی وقوع یخبندان ها نیاز بود که برای هر سال، تاریخ اولین روز یخبندان پاییزه و آخرین روز یخبندان بهاره به دست آید. آستانه مورد نظر در این تحقیق دمای حداقل صفر و کمتر از آن است. بنابراین برای هر سال آماری در آستانه مورد نظر تاریخ اولین و آخرین روز یخبندان استخراج گردید. آمار مورد نیاز شامل، دمای حداقل روزانه برای تمام روزهای سال و برای کل سال های آماری موجود (۱۰ سال) از ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹ برای هر چهار ایستگاه سینوپتیک خرم آباد، بروجرد، الیگودرز و ایستگاه کلیماتولوژی ناصرالدین از بانک اطلاعات سازمان هواشناسی کل کشور تهیه گردید (۱). براساس آستانه مورد نظر (صفر و کمتر از آن) تاریخ وقوع اولین و آخرین روز یخبندان برای هر سال از آمار دمای حداقل استخراج شد. روش استخراج داده ها به این ترتیب بود که از اول ماه اکتبر برابر با ۱۰ مهر شروع به کنترل دمای حداقل گردید و اولین روزی که دمای حداقل معادل آستانه مورد نظر و یا کمتر از آن بود به عنوان تاریخ شروع وقوع یخبندان در نظر گرفته شد. برای استخراج آخرین روز یخبندان به همان شیوه عمل شد.

بعد از اینکه تاریخ های اولین و آخرین روز یخبندان به دست آمد، نیاز بود که این تاریخ ها به صورتی در آیند که تجزیه و تحلیل آنها با روش های آماری امکان پذیر شود. برای این کار طبق روش مرسوم، تاریخ ها به روز شمار تبدیل شدند. روز شمار کردن تاریخ ها به این صورت انجام شد که اولین روز ماه اکتبر

مصادف با ۱۰ مهر به عنوان مبدأ شمارش روز انتخاب شد. مثلاً، برای روز اول ماه اکتبر، شماره یک و برای سایر روزهای این ماه شماره های بعدی ملحوظ شده است. برای ماه بعدی که نوامبر می باشد از شماره ۳۲ تا ۶۱ در نظر گرفته شده است. و به همین ترتیب برای بقیه روزهای سال در ماههای مختلف عمل شد. به این ترتیب سری داده های تاریخ اولین و آخرین روز وقوع یخبندان ها قابل تجزیه و تحلیل آماری شدند. پس از تجزیه و تحلیل آماری و محاسبه احتمالات وقوع یخبندان های زودرس پاییزه و دیررس بهاره، روز شمارها (Lable) تبدیل به ماههای میلادی و سپس تمامی این گزارشات برای سهل الوصول بودن به روزهای خورشیدی متناظر تبدیل گردید. فاصله بین اولین و آخرین رخداد دمای حداقل آستانه به عنوان فصل یخبندان در نظر گرفته شد و فاصله بین آخرین و اولین رخداد دمای آستانه (صفر و کمتر از آن) به عنوان طول دوره رشد در نظر گرفته شد. شواهد امر نشان می دهد که توزیع اصل این نوع داده ها، توزیع نرمال است. به این ترتیب برای این سری آماری با استفاده از توزیع نرمال تاریخ های اولین و آخرین رخدادها در سطوح احتمال مختلف محاسبه گردید. با توجه به هدف این مقاله که به تجزیه و تحلیل وقوع یخبندان ها می پردازد، روش استفاده شده برای تحلیل موضوع، توزیع های احتمالی می باشد. توزیع های احتمالی در واقع میزان احتمال وقوع پدیده ها را در سطوح معناداری مختلف و یا دوره های بازگشت تعیین می کنند. این توزیع ها در اشکال مختلف می باشند که از جمله آنها می توان به توزیع های احتمالی نرمال، لوگ نرمال، پیرسون تیپ سه و گامبل اشاره کرد. از بررسی توزیع های آماری مختلف جهت تعیین روش مناسب برای تحلیل میزان احتمال وقوع یخبندان ها به دلایل ذیل نتیجه گرفتیم که توزیع داده ها از روش توزیع احتمالی نرمال تبعیت می کند:

- ۱- داده های پیوسته معمولاً از توزیع نرمال تبعیت می کنند، بنابراین دما نیز داده ای پیوسته است.
- ۲- براساس نظر سازمان هواشناسی جهانی داده های دما از توزیع نرمال پیروی می کنند.
- ۳- آزمون کلیموگروف- اسمیرونوف نشان داد که داده های دما نرمال هستند.

توزیع نرمال یکی از اساسی ترین و مهمترین توزیع ها در آمار و نظریه احتمال است. بسیاری از توزیع های مربوط به نمونه ای معین، با این توزیع، مقایسه و توجیه می شوند. در تخمین، آزمون و همچنین تحلیل میزان همبستگی بین متغیرها غالباً از توزیع بهنجار استفاده می شود. معادله این توزیع که در تحلیل مسایل جغرافیایی و اقلیمی هم کاربردهای اساسی دارد، به شرح زیر است:

$$Y = \frac{N}{\delta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}}$$

در این فرمول؛ Y ، ارتفاع یا بلندی منحنی برای مقدار بخصوصی از متغیر X ، I ، عدد ثابت (پی) $= 3.1416$ ، e ، پایه لگاریتم ناپیر $= 2.7183$ ، N ، تعداد موارد یا موضوعات (که برابر با کل مساحت زیر منحنی است)، μ ، میانگین حسابی و δ ، انحراف معیار است. بنابراین، اگر N ، μ و δ معلوم باشند، می توان با گذاردن مقادیر مختلف X در فرمول بالا، مقادیر Y مربوط به منحنی پارامترهای معلوم یادشده را به دست آورد. اگر مقادیر X و Y را رسم کنیم، منحنی بهنجاری تشکیل می شود که میانگین آن با μ و انحراف معیار آن δ و مساحت آن با N برابر است (علیجانی و کاویانی، ۱۳۸۰).

بحث و نتایج

با توجه به موضوع مورد مطالعه، برای این کار دمای حداقل روزانه صفر و کمتر از آن در ۴ ایستگاه هواشناسی استان طی یک دوره آماری ۱۰ ساله استخراج شد، و با استفاده از نرم افزارهای **Excel, MATLAB** و **SPSS** تجزیه و تحلیل گردید.

در این مقاله تاریخ های شروع و خاتمه یخبندان ها طی یک دوره آماری ۱۰ ساله استخراج و از طریق رسم نمودارها، احتمال وقوع و دوره بازگشت یخبندان ها در هر ایستگاه محاسبه شده است (نمودار های ۱ تا ۴). نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می دهد که اولین ایستگاهی که دمای آن طی دوره آماری مورد مطالعه به آستانه مورد نظر می رسد به ترتیب ایستگاه ناصرالدین و الیگودرز است. روز شروع نزول دما به آستانه مورد نظر (صفر و کمتر از آن) برابر با روز ۳۲ و ۳۳ روز شمار سال های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۶ (برابر با ۱۲ و ۱۳ آبان ماه) می باشد. در صورتیکه دیرترین روز شروع، مربوط به ایستگاه خرم آباد با روز شمار ۷۳ سال ۱۹۹۷ (برابر با ۲۲ آذرماه) رخ داده است که تفاوت زمانی در حدود ۳۹ روز را نشان می دهد و این امر نشان می دهد که استان از تنوع توپوگرافی و آب و هوایی متفاوتی برخوردار است. در مورد خاتمه یخبندان نیز زودترین ایستگاهی که یخبندان آن به پایان می رسد، مربوط به ایستگاه خرم آباد با ۱۳۷ روز شمار سال ۱۹۹۵ (برابر با ۲۵ بهمن ماه) می باشد. و دیرترین ایستگاهی که یخبندان آن خاتمه می یابد، ایستگاه الیگودرز با ۲۱۲ روز شمار سال ۱۹۹۲ (برابر با ۱۰ اردیبهشت) می باشد که اختلاف زمانی بین سرد ترین و گرم ترین ایستگاه در آستانه دمایی مورد نظر در حدود ۷۵ روز مشاهده شد. همچنین مقایسه بین ایستگاه ها نشان داد که بین آغاز و خاتمه یخبندان ها روابط معنی داری وجود دارد، یعنی؛ هرچه یخبندان زودتر شروع

شود، دیرتر هم خاتمه می یابد، و هر چه یخبندان دیرتر شروع شود، زودتر هم خاتمه می یابد. با توجه به اینکه احتمال ۷۵ درصد در کشاورزی مطرح است، یعنی ۴ سال، ۳ سال اتفاق بیفتد و یک سال اتفاق نیفتد، لذا تاریخ های شروع، خاتمه و طول دوره رشد در این سطح احتمال در جدول (۱) برای هر یک از ایستگاه ها مشخص شده است. بر اساس مقادیر جدول (۱) می توان برای ایستگاه های موجود برنامه های زراعی و مدیریت مزرعه را تنظیم نمود. به این ترتیب که ستون تاریخ شروع، در واقع تاریخی است که با احتمال ۷۵ درصد، یخبندان های پاییزه شروع می شوند و از این تاریخ به بعد نباید محصول در مزرعه باقی بماند. زیرا باعث خسارت به محصولات کشاورزی می شوند. ستون تاریخ خاتمه یخبندان نیز تاریخی است که به احتمال ۷۵ درصد، یخبندان های بهاره تمام می شوند و از آن تاریخ به بعد می توان نسبت به کاشت محصولات حساس به یخبندان اقدام نمود. طول فصل رشد عمدتاً برای تطبیق علمی محصول کشت شده در منطقه با وضعیت یخبندان، مورد استفاده قرار می گیرد. فصل رشد باید به صورتی باشد که محصول دوره رشد کامل خود را در آن طی کند تا به حداکثر رشد رویشی خود برسد و از خسارات ناشی از یخبندان به دور باشد. به طور خلاصه نتایج زیر از این تحقیق به دست آمد:

۱- مقایسه بین ایستگاه ها نشان داد که بین آغاز و خاتمه یخبندان ها روابط معنی داری وجود دارد، یعنی؛ هر چه یخبندان زودتر شروع شود، دیرتر هم خاتمه می یابد، و هر چه یخبندان دیرتر شروع شود، زودتر هم خاتمه می یابد.

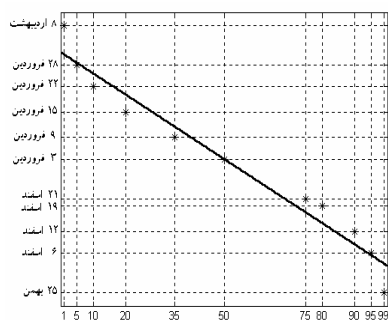
۲- هرچند که کلیه ایستگاه تقریباً در یک عرض جغرافیایی قرار دارند اما تعداد فراوانی یخبندان ایستگاه ها با هم متفاوت است. بنابراین نتیجه گرفته می

شود که عرض جغرافیایی تأثیری در تعداد فراوانی یخبندان ایستگاه‌ها ندارد، بلکه مهمترین عامل در تعیین تعداد فراوانی یخبندان در استان ارتفاع می باشد. طبق آزمون آماری همبستگی پیرسون محاسبه شده (۰/۳) بین ارتفاع و فراوانی یخبندان رابطه معنی داری در سطح (۰/۵) وجود دارد زیرا به تناسب افزایش ارتفاع، تعداد فراوانی یخبندان نیز افزایش می یابد. به عنوان مثال، ایستگاه الیگودرز با بیشترین ارتفاع (۲۰۳۴ متر) ۱۰۳۱ فراوانی یخبندان طی دوره آماری مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است، و ایستگاه خرم آباد با کمترین ارتفاع (۱۱۲۵ متر) ۵۸۷ فراوانی یخبندان طی دوره آماری مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است.

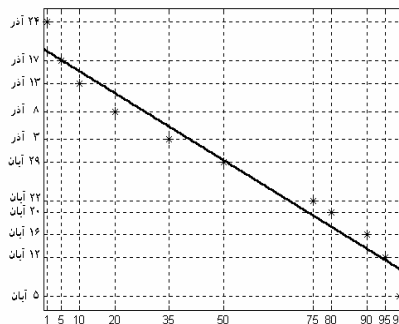
جدول (۱) تاریخ‌های شروع، خاتمه و طول دوره یخبندان در ایستگاه‌های استان با احتمال وقوع ۷۵ درصد

ایستگاه‌ها	آغاز	خاتمه	طول دوره بدون یخبندان
خرم آباد	۴۴	۱۶۲	۲۴۵
بروجرد	۵۰	۱۷۴	۲۳۸
ناصرالدین	۳۳	۱۷۰	۲۲۶
الیگودرز	۳۹	۱۹۳	۲۱۰

تاریخ آغاز



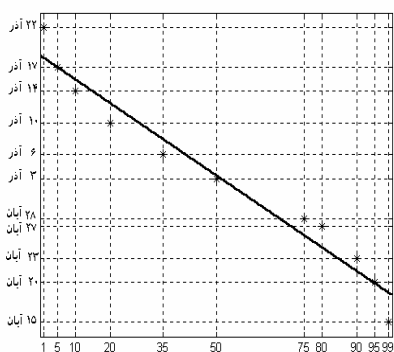
تاریخ خاتمه



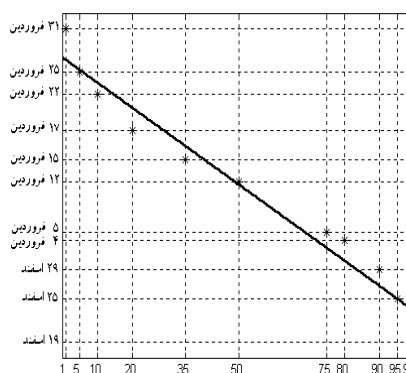
(الف)

احتمال

تاریخ آغاز



تاریخ خاتمه

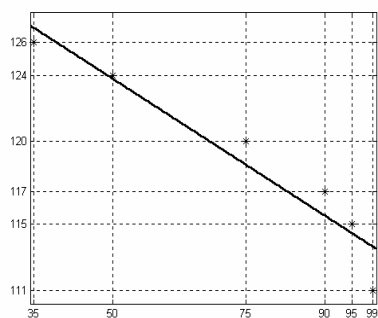


(ب)

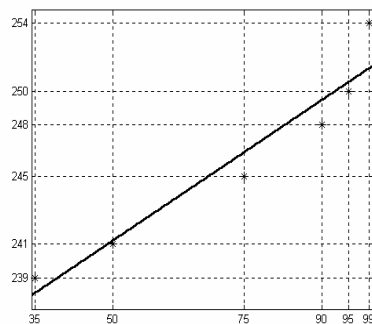
احتمال

شکل (۱) نمودار توزیع احتمال تاریخ وقوع یخبندان های زودرس پاییزه و دیررس بهاره در سطوح احتمالی مختلف در ایستگاه خرم آباد (الف) و بروجرد (ب)

فصل یخبندان
(تعداد روز)

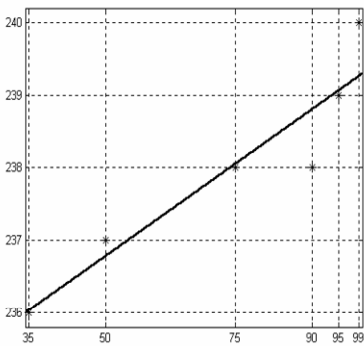


فصل رشد
(تعداد روز)

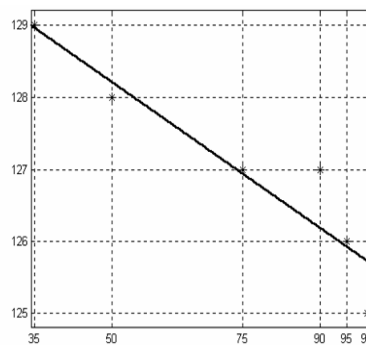


احتمال (الف)

فصل یخبندان
(تعداد روز)

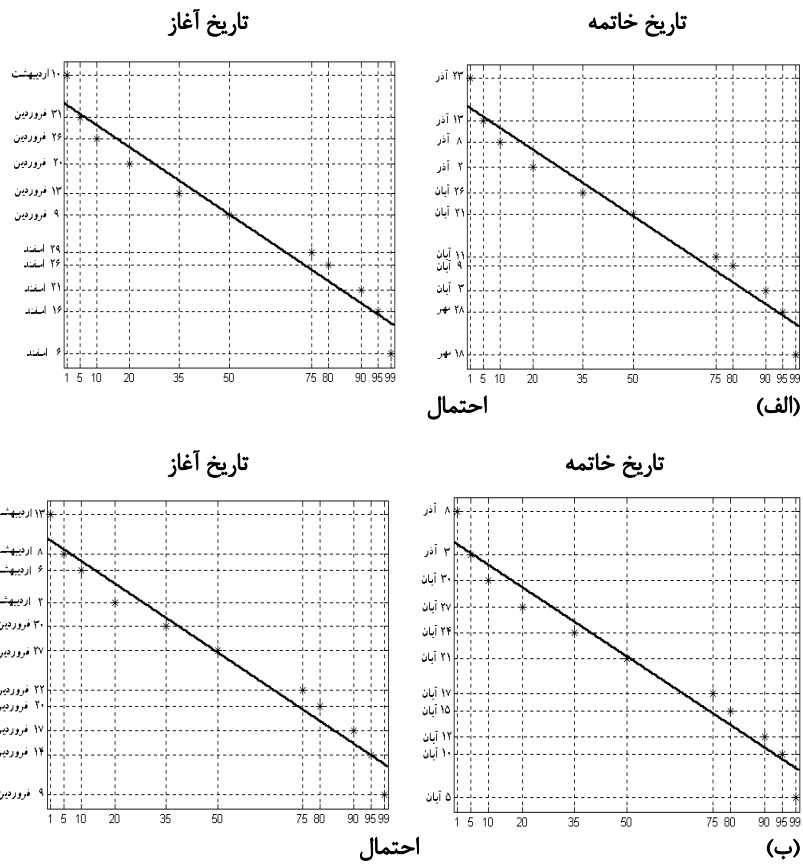


فصل رشد
(تعداد روز)

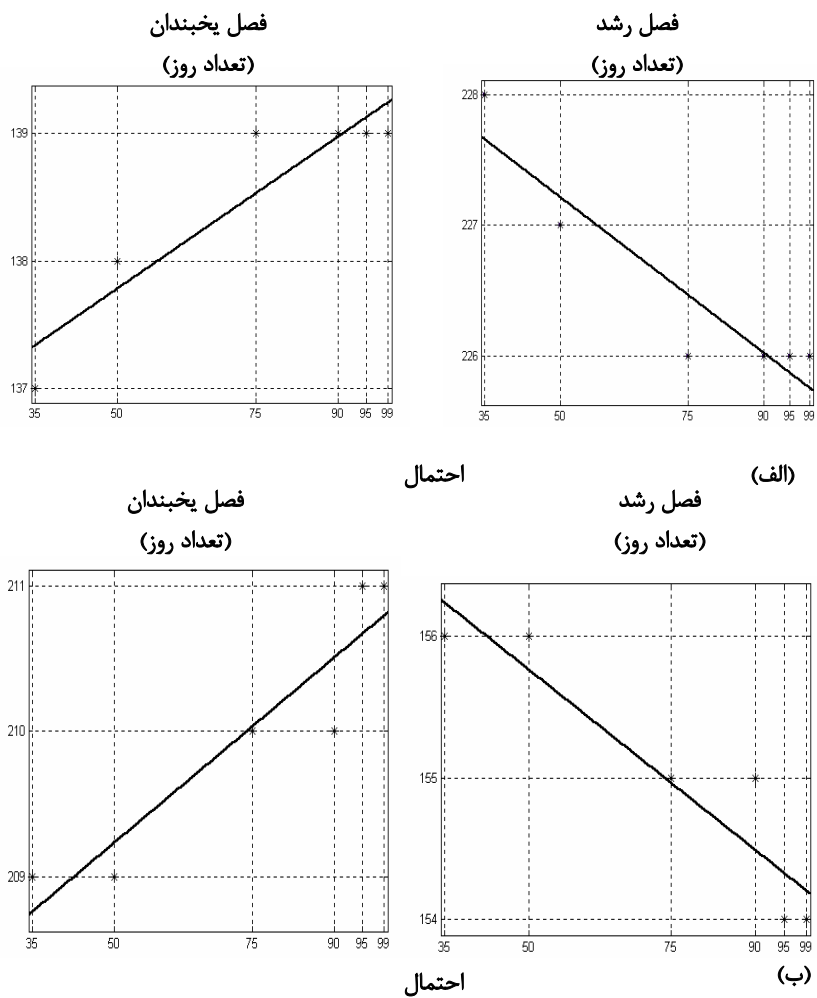


احتمال (ب)

شکل (۲) نمودار توزیع احتمال طول دوره یخبندان و فصل رشد در سطوح احتمالی مختلف ایستگاه خرم آباد (الف) و بروجرد (ب)



شکل (۳) نمودار توزیع احتمال تاریخ یخبندان های زودرس پاییزه و دیررس بهاره در سطوح احتمالی مختلف در ایستگاه ناصرالدین (الف) و الیگودرز (ب)



شکل (۴) نمودار توزیع احتمال طول دوره یخبندان و فصل رشد در سطوح احتمالی مختلف ایستگاه ناصرالدین (الف) و الیگودرز (ب)

منابع و مأخذ

- ۱- بانک اطلاعات و خدمات ماشینی، ۱۳۸۰؛ آمارحداقل های دمای صفروزیر صفر روزانه، سازمان هواشناسی کشور.
- ۲- براتی، غلامرضا، ۱۳۷۵؛ طراحی و پیش بینی الگوهای سینوپتیک یخبندان های بهاره ایران، رساله دکتری، گروه جغرافیادانشگاه تربیت مدرس.
- ۳- حجازی زاده، زهرا- مقیمی، شوکت، ۱۳۸۱: میکروکلیماتولوژی مقدماتی، جلد اول، انتشارات پیام نور، تهران.
- ۴- جان اف. لونسبری، فرانک تی. آلدریچ؛ ترجمه بهلول علیجانی، ۱۳۷۰، درآمدی بر روش ها و فنون میدانی جغرافیا، انتشارات سمت، تهران.
- ۵- سمعی، محمود-عسگری، مهدی-باستانی، خداداد، ۱۳۶۷؛ تجزیه و تحلیل اقلیمی اطلاعات واحتمالات تاریخ شروع وخاتمه یخبندان پاییزه و بهاره درآستانه های بحرانی دما و طول فصل رویش درایران، انتشارات سازمان هواشناسی کشور.
- ۶- علیجانی، بهلول-کاویانی، محمدرضا، ۱۳۸۰؛ مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت، تهران.
- ۷- علیزاده، امین، ۱۳۷۳؛ بررسی تاریخ اولین وقوع یخبندان های پاییزه و آخرین وقوع یخبندان های بهاره دراستان خراسان، گزارش نهایی طرح پژوهشی حوزه معاونت پژوهشی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۸- علیزاده، امین، ۱۳۸۱؛ هیدرولوژی کاربردی، چاپ چهاردهم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.
- ۹- غیور، حسنعلی-عساکره، حسین، ۱۳۸۱: «مطالعه اثر پیوند از دور بر اقلیم ایران؛ مطالعه موردی: اثرنوسانات اطلس شمالی ونوسانات جنوبی برتغییرات میانگین ماهانه دمای جاسک». فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۴-۶۳، زمستان ۸۰ و بهار ۸۱، صص ۹۵-۹۴.
- ۱۰- قبادی دارابخانی، غلام حسین، ۱۳۸۰؛ بررسی و پیش بینی تاریخ های آغاز و خاتمه یخبندان و اثرات آن بر روی جوانه زنی گندم درغرب ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی کرمانشاه.

- ۱۱- کمالی، غلامعلی، ۱۳۸۱؛ «سرماهای زیان بخش به کشاورزی ایران در قالب معیارهای احتمالاتی مطالعه موردی: تهران». فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۴-۶۳، زمستان ۸۰ و بهار ۸۱، صص ۱۵۳-۱۵۱.
- ۱۲- کریمی، مهدی- درزی، محمدتقی، ۱۳۷۹؛ بررسی اثرات سرما و یخبندان در گیاهان زراعی و باغی و روش های مقابله با آن، دومین همایش سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی و باغی کشور، وزارت جهاد کشاورزی.
- ۱۳- مهدوی، محمد، ۱۳۷۸؛ هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۴- نوحی، کیوان، ۱۳۷۴؛ تعیین تاریخ های عبور دمای حداقل هوا از آستانه های حرارتی صفر، ۵ و ۱۰ درجه سانتیگراد در کرج، مجله نیوار.
- ۱۵- هاشمی، فریدون، ۱۳۴۸؛ تجزیه و تحلیل استاتیستیکی از سرمای تهران، انتشارات تحقیقات و بررسی های علمی هواشناسی کل کشور.
16. Kajfez, B. I. (1989). *Carly Autumn Frost in Upper Carolina Slovenia. Zbornik Biotehniske Univerze (Yugoslavia)*. 53 :19 – 20
17. Michaels, P. J., (1991). *Frost & Freezes. Southeastern Climate Review*. Spring, 2 : 4 : 3 -14.
18. Rozenberg, N. J. & R. E. Myers.(1962). *The Nature of Growing Season Frost in and along the Plate Valley of Nebraska. Monthly Weather Review*. November (1962): 471-478.
19. Thom, H. C. & R. H. Shaw. (1958). *Climatological Analysis of Freeze Data for IOWA. Monthly Weather Review*. 86 : 251 - 257.
20. Vega, A. J; Robbins, K.D; & Grymes, J, M. (1994). *Frost/Freeze Analysis in the Southern Climate Region. Southern Regional Climate Center*.
21. Waylen, P. R.(1988). *Statistical Analysis of Freezing Temperatures in Central and Southern Florida*, 8 (6): 607 - 628.