Archive of SID

دکتر زهرا حجازی‌زاده، دانشگاه تربیت معلم تهران
Z. Hejazizade, Ph.D
محمدحسین ناصرزاده، دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه تربیت معلم تهران
M. H. Nasserzade
شماره مقاله: ۶۴۲

# محاسبه و تجزیه و تحلیل ساعت‌های تداوم یخبندان با استفاده از برنامه‌نویسی به زبان دلفی« مطالعه موردی؛ استان لرستان»

## چکیده

یکی از پدیده‌های مهم اقلیمی، بروز یخبندان‌ها می‌باشد که برحسب شدت، تداوم و گسترش آنها بر فعالیت‌های انسانی اعم از کشاورزی، حمل و نقل، انرژی و مسایل زیست محیطی، فعالیت‌های بیولوژیکی گیاهان و حیوانات تأثیرات بسزایی دارد. یخبندان دارای ویژگی‌های متعددی مثل آغاز، خاتمه، فصل یخبندان، تداوم و ... می‌باشد. منظور از تداوم مدت زمانی است که دمای صفر و یا کمتر از آن بر یک منطقه حاکم باشد. رخداد این پدیده در کشاورزی حائز اهمیت است. زیرا هر نوع گیاهی دارای آستانه دمایی مشخصی است که بالاتر یا پایین‌تر از آن آستانه دمایی، ممکن است گیاه از بین برود. لذا برای جلوگیری از آسیب رسیدن به آنها مطالعه ساعت‌های تداوم یخبندان ضروری و لازم می‌باشد. همچنین در زمینه کارهای عمرانی (مثل سدسازی) برای بالا بردن ضریب اطمینان مطالعه، ساعت‌های تداوم یخبندان امری اجتناب‌ناپذیر است. هدف مقاله حاضر محاسبه ساعت‌های تداوم یخبندان با استفاده از برنامه‌نویسی به زبان دلفی (Delphi) است. برای این کار داده‌های حداقل ساعتی روزانه دما در ۴ ایستگاه هواشناسی استان لرستان یعنی، خرم‌آباد، بروجرد، ناصرالدین و الیگودرز که دارای آمار ۱۰ ساله از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹ بودند از بانک اطلاعات سازمان هواشناسی کل کشور اخذ گردید. پس از استخراج روزهای یخبندان در آستانه مورد نظر (صفر و کمتر از آن) طی دوره آماری با استفاده از الگوریتم برنامه موردنظر به محاسبه و استخراج ساعت‌های تداوم یخبندان در هر یک از ایستگاه‌ها اقدام شد سپس ساعت‌های تداوم یخبندان به ۸ طبقه (۳ ساعتی) انتخابی تقسیم شدند و نمودار درصد فراوانی آنها رسم شدند. کلیه ایستگاه‌ها در سه طبقه انتخابی صفر تا

www.SID.ir

Archive of SID



۳ ساعته، ۹ تا ۱۲ ساعته و ۲۱ تا ۲۴ ساعته با هم مقایسه شدند. مشخص شد که بالاترین ساعت‌های تداوم یخبندان مربوط به ایستگاه بروجرد است، در نتیجه خسارات به محصولات در این ایستگاه بیشتر از دیگر ایستگاه‌ها می‌باشد. همچنین مهمترین عامل تأثیرگذار در ساعت‌های تداوم یخبندان منطقه پوشش سطح زمین است و عامل ارتفاع تأثیری در ساعات تداوم یخبندان ندارد.

**کلید واژه‌ها:** یخبندان، دمای حداقل ساعتی روزانه، تداوم یخبندان، برنامه دلفی، لرستان، ایران.

**مقدمه**

یخبندان یکی از پدیده‌های مهم اقلیم‌شناسی است که عبارت از تغییر درجه حرارت به صفر و یا کمتر از آن است. از نظر علمی برای کشاورزی عبارت است از رویداد تشکیل کریستال‌های نازک یخ بر روی سطوحی که درجه حرارت آنها زیر صفر بوده است، و درجه حرارت لایه هوای بالای سطوح به نقطه شبنم رسیده باشد. یخبندان ممکن است تقریباً هر فعالیتی را به طور مستقیم یا غیرمستقیم تحت تأثیر قرار دهد. اما بیشترین اثرات چشمگیر را در سه ناحیه اقتصادی: انرژی، حمل و نقل و کشاورزی دارد. از میان سه مورد فوق، تغییرات دماهای یخبندان بیشترین اثر را در بخش کشاورزی دارند (*Vega. et al, 1994*). به عنوان مثال، خسارت‌های یخبندان به محصولات کشاورزی استان خوزستان در اسفند ۱۳۷۵ بالغ بر ۳۰ میلیارد تومان و خسارت‌های وارده به محصولات پسته استان کرمان در فروردین ۱۳۷۶ متجاوز از ۲۰۰ میلیارد تومان بوده است (*کریمی؛ درزی، ۱۳۷۹*). وقتی که حداقل دما صفر یا کمتر از آن باشد، آن دما برای بررسی یخبندان مورد استفاده قرار گرفته است. با این وجود، اهمیت و تداوم دماهای صفر درجه با توجه به اثرات محیطی‌شان مهمترین هستند. یخبندان ممکن است به عنوان یخبندان ضعیف، ملایم و یا شدید تعریف شود (*قلی‌زاده، ۱۳۷۸*). زمانی که دما بین صفر درجه و ۲- درجه باشد، یخبندان ضعیف نامیده می‌شود. دماهای داخل این دامنه، رستنی‌های حساس، انواع مختلف و معینی از درختان میوه‌ای و تعدادی گونه‌های حاره‌ای را از بین می‌برد. وقتی که دما بین ۲- و ۴- درجه سانتی‌گراد باشد، به عنوان یخبندان ملایم تعریف شده است. دماهای داخل این محدوده به گیاهان حساس و ظریف، به ویژه گیاهان نیمه چوبی، آسیب وارد می‌کند. بنابراین اکثر گیاهان تحت تأثیر یخبندان ملایم قرار می‌گیرند. یخبندان‌های شدید (گاهگاهی به عنوان یخبندان سخت محسوب می‌شوند) زمانی رخ می‌دهند

www.SID.ir

Archive of SID


که دما پایین‌تر از ۴- درجه سانتی‌گراد باشد که اغلب به بخش اعظم گیاهان منطقه آسیب می‌رساند. یخبندان نابودکننده یخبندانی است که انواع گیاهان را در مقیاس گسترده از بین می‌برد. فصل رشد به عنوان دوره‌ای، میان یخبندان بهار گذشته و اوایل یخبندان پاییز می‌باشد، یعنی دوره‌ای که همه رستنی‌ها رشد خواهند کرد، تعریف شده است (*Michaels, 1991*).

از نظر هواشناسی کشاورزی نیز وقوع یخبندان، رویداد درجه حرارت‌های پایین می‌باشد که باعث آسیب به بافت‌های گیاهی می‌شود. یخبندان‌ها را برمبنای شدت، تداوم و زمان وقوع نیز می‌توان تقسیم‌بندی نمود. منظور از تقسیم برمبنای شدت، قدرت مؤلفه‌های توزیع انرژی می‌باشد که معمولاً براساس دمای میانگین، حداقل میانگین صفر و زیر صفر و پایین‌ترین دمای حداقل‌ها اندازه‌گیری می‌شود. منظور از تداوم یخبندان‌ها مدت زمانی است که دمای صفر یا کمتر از آن در یک منطقه حاکم باشد. براساس زمان وقوع، یخبندان‌هایی که زمان اوج آنها نسبت به تاریخ شاخص کمتر یا بیشتر باشد، زودرس یا دیررس تلقی می‌شوند.

## پیشینه تحقیق

در رابطه با روش‌های پیش‌بینی یخبندان و درجه حرارت حداقل، تحقیقاتی انجام شده است. براساس تحلیل‌های احتمالی ویژگی‌های یخبندان‌ها، تاریخ آغاز و خاتمه آنها، سردترین دما و ریسک وقوع دوره‌های سرد در فلوریدای مرکزی بررسی و توزیع احتمالی آن پیش‌بینی شده است. تحلیل رگرسیون سری‌های متوسط دمای حداقل روزانه و واریانس‌های سالانه آنها نشان داده است که با افزایش واریانس، احتمال وقوع یخبندان نیز افزایش می‌یابد. از این نظر خطر وقوع یخبندان در یک محل با چهار عامل متوسط تعداد یخبندان‌های سالانه، شدت متوسط آنها، میانگین و واریانس تاریخ‌های وقوع قابل شناسایی است (*Waylen, 1988*).

وقوع یخبندان‌ها در برنامه‌ریزی کشاورزی مهم‌تر از میانگین تاریخ وقوع یک دمای خاص است. بنابرین توصیه می‌شود که آمار اقلیمی براساس تاریخ وقوع اولین و آخرین یخبندان به تفکیک نوع یخبندان، تابشی یا فرارفتی، بررسی شود. ولی از آنجایی که تفکیک دو نوع یخبندان از همدیگر مشکل می‌باشد لذا بررسی آمار به این صورت، به سختی امکان‌پذیر خواهد بود (*Rozenberg & Myers, 1962*). احتمال وقوع اولین وآخرین یخبندان‌ها که به ترتیب در پاییز و بهار اتفاق می‌افتند، براساس آستانه‌های مورد نظر در ایالت‌های ساحلی و جنوب شرقی اقیانوس اطلس بررسی شده است. یک روش احتمالی

www.SID.ir

Archive of SID


برای ایجاد سری‌های اولین و آخرین آستانه‌های دمایی پایین به کار گرفته شده است که برای تعیین احتمالات وقوع اولین و آخرین یخبندان‌ها با آستانه معلوم مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از یک مثال عددی برازندگی تاریخ‌های وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره با توزیع نرمال را مطالعه کرده است(*Vestal, 1971*).

بررسی روندهای روزانه یخبندان در شمال شرق ایالات متحده آمریکا نشان می‌دهد که اکوسیستم‌های جنگل تحت تأثیر زمان سالیانه یخبندان‌های شدید دیررس بهاره هستند. این بررسی یک روند خطی معنادار قابل ملاحظه آغاز زودتر یخبندان آزاد (شیب منفی) برای دوره (۹۰-۱۹۶۱) را نیز مشخص کرده است. درضمن روندهای موجود در زمان، ارتباط موقعیت جغرافیایی را نشان نداده است، در مقابل، روندهای مستقیم (مثبت یا منفی) ارتباط منطقی جغرافیایی که قابل ارتباط با بعضی متغیرهای اقلیمی نظیر ساعات آفتابی و پوشش ابری نشان داده شده است (*Ellen & Leduc, 1995, 65-75*).

در تحقیق دیگری در زمینه اصول و روش‌های تحلیل و پیش‌بینی کمی یخبندان در منطقه آذربایجان، علاوه بر ارایه تعریف جدیدی از یخبندان، ویژگی‌های آنها به صورت نظام‌وار تحلیل و برمبنای شانزده شاخص، استخراج شده است. این تحقیق نشان داده است که وجود همبستگی‌های خطی معتبر و معکوس بین سری‌های زمانی آغاز و خاتمه یخبندان باعث می‌شود که هرقدر آغاز یخبندان در منطقه زودتر از میانگین کل آغازها رخ دهد خاتمه آن نیز در بهار دیرتر از میانگین کل پایان‌ها رخ خواهد داد. این تحقیق کاهش طول دوره بدون یخبندان در محدوده زمانی بین سال‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۹۰ در منطقه مورد مطالعه را نیز نشان داده است (*مجرد قره‌باغ، ۱۳۷۶*). تأثیر پدیده یخبندان بر گیاه سیب‌زمینی در غرب استان اصفهان با استفاده از ۴ ایستگاه نیز مطالعه شده و این نتیجه حاصل شده است که زمان یخبندان زودرس در اوایل مهر آغاز می‌شود. این زمانی است که محصول منطقه هنوز برداشت نشده است، زیرا برداشت تا آبان ماه ادامه دارد. این پدیده در منطقه، محصول سیب‌زمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ممکن است خساراتی به این محصول نیز وارد کند. البته راه‌های مبارزه با این پدیده نیز در این تحقیق بررسی شده است (*یار احمدی، ۱۳۸۰*).

تحقیق دیگری تحت عنوان بررسی و پیش‌بینی تاریخ‌های آغاز و خاتمه یخبندان و اثرات آن بر روی جوانه‌زنی گندم در غرب ایران صورت گرفته است. نتایج آن نشان داده است که در بخش غربی منطقه، یخبندان‌ها دیرتر آغاز شده و زودتر هم خاتمه

www.SID.ir

Archive of SID


می‌پذیرند و طول فصل رشد بیشتر و شدت یخبندان‌ها کمتر است. درحالی‌که در بخش‌های شرقی منطقه عکس این حالت مشاهده شده است و بین سری‌های آغاز و خاتمه یخبندان‌ها به استثنای ۴ مورد رابطه معنی‌داری وجود نداشته است. به عبارت دیگر تاریخ‌های آغاز و خاتمه یخبندان‌ها مستقل از هم هستند و برازش سری‌های زمانی منتخب تاریخ‌های آغاز و خاتمه یخبندان با سه توزیع آماری نرمال، گامبل و پیرسون نوع سه، نشان داده است که این سری‌ها بدون استثنا از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند (*قبادی دارابخانی، ۱۳۸۰*).

هدف مقاله حاضر محاسبه ساعت‌های تداوم یخبندان با استفاده از برنامه‌نویسی به زبان دلفی در استان لرستان به منظور کاهش خسارات شدید به کشاورزان و همچنین فراهم کردن امکانات لازم در جهت تسریع، رفت و آمدها و کاهش اتلاف انرژی در هنگام بروز یخبندان می‌باشد.

## داده‌ها و روش کار

به منظور محاسبه ساعت‌های تداوم یخبندان داده‌های دمای حداقل ساعتی روزانه دمای ۴ ایستگاه هواشناسی خرم‌آباد، بروجرد، ناصرالدین و الیگودرز از سازمان هواشناسی کل کشور تهیه گردید (*بانک اطلاعات و خدمات ماشینی، ۱۳۸۰*). برای محاسبه ساعت‌های تداوم یخبندان نیاز به اندازه‌گیری داده‌های حداقل ساعتی روزانه دما است که پردازش و خلاصه‌سازی آن با ماشین حساب به خاطر وقت‌گیر بودن قابل اجرا نمی‌باشد. مرور مقالات در ایران در رابطه با ساعت‌های تداوم یخبندان، نشان می‌دهد که به خاطر مورد بالا و همچنین عدم تسلط و آشنایی دانشجویان اقلیم‌شناسی و هواشناسی به برنامه‌نویسی برای محاسبه ساعت‌های تداوم یخبندان، این کار صورت نگرفته است. لذا در این مقاله برای اولین بار با استفاده از برنامه‌نویسی به زبان دلفی (۱)، ساعت‌های تداوم یخبندان برای هریک از ایستگاه‌ها طی سال‌های آماری مورد مطالعه (۱۹۹۹-۱۹۸۹) محاسبه شده است. روش محاسبه ساعت‌های تداوم یخبندان به شرح زیر می‌باشد (الگوریتم برنامه مورد نظر).

۱) $x = \frac{\Delta d}{\Delta t}$

x: تغییرات درجه حرارت در واحد زمان.

$\Delta d$: اختلاف دما ($d_2 - d_1$). $\Delta t$: اختلاف زمان($t_2 - t_1$).

۲) $t = \frac{\Delta d'}{x}$

$t$: زمان یخبندان.

$\Delta d'$: اختلاف دما از منفی تا صفر. x: تغییرات درجه حرارت در واحد زمان.

www.SID.ir

Archive of SID



برای محاسبه ساعت‌هایی که یخبندان نبوده است از فرمول زیر استفاده شده است:

$t'$: زمانی که یخبندان نبوده است.

$$t' = \frac{\Delta d''}{x} \quad (۳)$$

X: تغییرات درجه حرارت در واحد زمان. $\Delta d''$: اختلاف دما از صفر تا مثبت.

موارد بالا برای حالت‌هایی است که دما از منفی به صفر یا بیشتر و یا بالعکس تغییر کند. چون عدد به دست آمده در واحد زمان است و برای واحد زمان اعداد منفی مفهومی ندارد، بدیهی است که عدد به صورت قدر مطلق منظور شده است. درصورتی‌که $d_2 \leq 0$ و $d_1 \leq 0$ باشد، کل زمان، زمان یخبندان است یعنی؛ $t' = \Delta t = t_2 - t_1$

در مواردی که $d_2 > 0$ و $d_1 \geq 0$ باشد، زمان یخبندان صفر می‌باشد. وقتی که $d_2 = d_1$ حالات زیر رخ می‌دهد:

۱- اگر $d_1 > 0$ باشد، زمان یخبندان صفر می باشد یعنی؛ $t' = 0$

۲- اگر $d_1 \leq 0$ باشد، زمان یخبندان برابر با $\Delta t$ است، یعنی؛ $t' = \Delta t = t_2 - t_1$

به منظور ارزیابی و اطمینان یافتن از صحت نتایجی که از طریق برنامه‌نویسی به دست آمده بود، در هر یک از ایستگاه‌ها برای تعدادی از روزها در سال‌ها و ماه‌های مختلف، محاسبه با ماشین حساب انجام گرفت که نتایج این محاسبه قابل قبول و رضایت‌بخش بود. بعد از محاسبه، ساعت‌های تداوم یخبندان به ۸ طبقه سه ساعته تقسیم شد و فراوانی و درصد فراوانی برای هریک از ایستگاه‌ها محاسبه گردید. در نهایت نمودار آنها رسم، و در قسمت نتایج این نمودارها تجزیه و تحلیل شده است.

## بحث و نتایج

از خصوصیاتی که در زمینه مطالعات مربوط به یخبندان صورت می‌گیرد، ساعت‌های تداوم یخبندان و فراوانی آنها است. تداوم یخبندان‌ها در واقع، مدت زمانی است که دمای صفر و کمتر از آن در یک ناحیه به وقوع می‌پیوندد. همان‌طوری‌که قبلا گفته شد برای محاسبه ساعت‌های تدوام یخبندان، بعد از استخراج داده‌های دمای حداقل روزانه با استفاده از برنامه کامپیوتری به زبان دلفی ساعت‌های تداوم یخبندان محاسبه و استخراج شد. بعد از استخراج ساعت‌های تداوم با استفاده از نرم‌افزار SPSS، آنها را به هشت طبقه ۳ ساعته تقسیم و برای هر طبقه فراوانی و درصد فراوانی حساب شد. در نهایت نمودار تمامی ایستگاه‌ها رسم گردید. در پایان، سه طبقه، صفر تا ۳ ساعته، ۹ تا ۱۲ ساعته و ۲۱ تا ۲۴ ساعته از نظر فراوانی تمامی ایستگاه‌ها با هم مقایسه گردیدند (جدول ۵). در ذیل به شرح و نتایج هریک از ایستگاه‌ها پرداخته می‌شود.

www.SID.ir

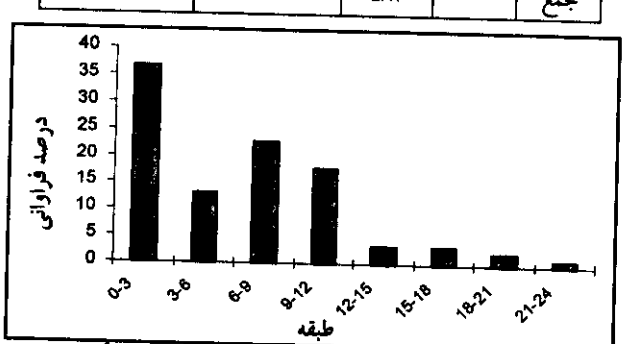
Archive of SID


## ۱. ایستگاه خرم‌آباد

این ایستگاه در ارتفاع ۱۱۲۵ متری از سطح دریا و در مرکز استان لرستان واقع شده است. جدول ۱ فراوانی و درصد فراوانی ساعت‌های تداوم یخبندان در این ایستگاه را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول تعداد کل روزهای یخبندان ۵۸۷ روز می‌باشد. طبقه‌بندی سه ساعته این روزها نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی مربوط به طبقه صفر تا ۳ ساعته با تعداد فراوانی ۲۱۵ که درصد فراوانی آن نیز ۳۶/۶ درصد است. بعد از این طبقه بیشترین فراوانی مربوط به طبقه ۶ تا ۹ ساعته با درصد فراوانی ۲۲/۸ می‌باشد. کمترین تعداد فراوانی مربوط به طبقه ۲۱ تا ۲۴ ساعته با تعداد فراوانی ۶ است که درصد فراوانی آن ۱/۰۲ می‌باشد. بعد از این طبقه کمترین فراوانی مربوط به طبقه ۱۸ تا ۲۱ ساعته با ۱۳ فراوانی و ۲/۲۱ درصد می‌باشد. در مجموع ۹۰ درصد از تعداد کل روزهای یخبندان زیر ۱۲ ساعت، یخبندان داشته‌اند. شکل ۱ نمودار درصد فراوانی طبقات مختلف ساعت‌های تداوم یخبندان ایستگاه خرم‌آباد طی دوره آماری ۱۹۹۹-۱۹۸۹ را نشان می‌دهد.

جدول ۱ فراوانی و درصد فراوانی طبقات مختلف ساعت‌های تداوم یخبندان در ایستگاه خرم‌آباد طی دوره آماری ۱۹۹۹-۱۹۸۹

| طبقات | طبقه | فراوانی | درصد فراوانی | فراوانی تجمعی |
|---|---|---|---|---|
| اول | ۳-۰ | ۲۱۵ | ۳۶/۶ | ۳۶/۶ |
| دوم | ۶-۳ | ۷۶ | ۱۲/۹ | ۴۹/۶ |
| سوم | ۹-۶ | ۱۳۴ | ۲۲/۸ | ۷۲/۴ |
| چهارم | ۱۲-۹ | ۱۰۴ | ۱۷/۷ | ۹۰/۱ |
| پنجم | ۱۵-۱۲ | ۲۰ | ۳/۴۱ | ۹۳/۵ |
| ششم | ۱۸-۱۵ | ۱۹ | ۳/۲۴ | ۹۶/۸ |
| هفتم | ۲۱-۱۸ | ۱۳ | ۲/۲۱ | ۹۹ |
| هشتم | ۲۴-۲۱ | ۶ | ۱/۰۱ | ۱۰۰ |
| جمع | | ۵۸۷ | ۱۰۰ | - |




شکل ۱ نمودار درصد فراوانی طبقات مختلف ساعت‌های تداوم یخبندان ایستگاه خرم‌آباد طی دوره آماری ۱۹۹۹-۱۹۸۹

www.SID.ir

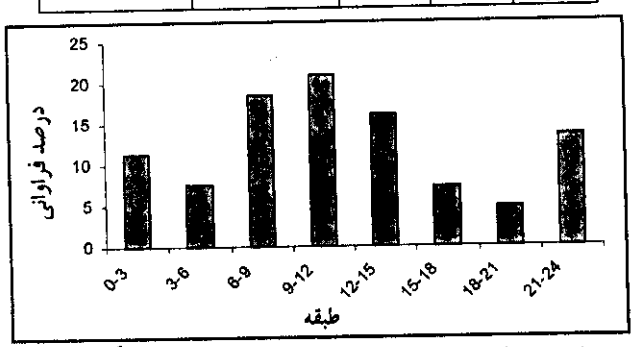
Archive of SID


## ۲. ایستگاه بروجرد

این ایستگاه در ارتفاع ۱۶۳۲ متری از سطح دریا و در شمال استان لرستان قرار دارد. جدول ۲ فراوانی و درصد فراوانی ساعت‌های تداوم یخبندان را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول تعداد کل روزهای یخبندان ۶۹۴ روز است بیشترین فراوانی این ایستگاه مربوط به طبقه ۹ تا ۱۲ ساعته است. تعداد فراوانی این طبقه ۱۴۵ و درصد فراوانی آن نیز ۲۰/۸ می‌باشد. بعد از این طبقه، طبقه ۶ تا ۹ ساعته بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده است. کمترین تعداد فراوانی یخبندان، طبقه ۱۸ تا ۲۱ ساعته با فراوانی ۳۳ و درصد فراوانی ۴/۷ می‌باشد. کمترین تعداد فراوانی بعد از این طبقه با درصد فراوانی ۷/۲ به طبقه ۱۵ تا ۱۸ ساعته اختصاص دارد. در مجموع بیشترین تعداد فراوانی یخبندان از طبقه ۶ تا ۹ ساعته تا ۱۲ تا ۱۵ ساعته که مجموعاً ۵۵/۴ درصد، مجموع کل فراوانی‌های یخبندان را به خود اختصاص داده‌اند. شکل ۲ نمودار درصد فراوانی طبقات مختلف ساعت‌های تداوم یخبندان ایستگاه بروجرد طی دوره آماری ۱۹۹۹-۱۹۸۹ را نشان می‌دهد.

**جدول ۲** فراوانی و درصد فراوانی طبقات مختلف ساعت‌های تداوم یخبندان در ایستگاه بروجرد طی دوره آماری ۱۹۹۹-۱۹۸۹

| طبقات | طبقه | فراوانی | درصد فراوانی | فراوانی تجمعی |
|---|---|---|---|---|
| اول | ۳-۰ | ۷۸ | ۱۱/۲ | ۱۱/۲ |
| دوم | ۶-۳ | ۵۳ | ۷/۶ | ۱۸/۸ |
| سوم | ۹-۶ | ۱۲۹ | ۱۸/۵ | ۳۷/۴ |
| چهارم | ۱۲-۹ | ۱۴۵ | ۲۰/۸ | ۵۸/۳ |
| پنجم | ۱۵-۱۲ | ۱۱۲ | ۱۶/۱ | ۷۴/۴ |
| ششم | ۱۸-۱۵ | ۵۰ | ۷/۲ | ۸۱/۷ |
| هفتم | ۲۱-۱۸ | ۳۳ | ۴/۷ | ۸۶/۴ |
| هشتم | ۲۴-۲۱ | ۹۴ | ۱۳/۵ | ۱۰۰ |
| جمع | | ۶۹۴ | ۱۰۰ | - |




**شکل ۲** نمودار درصد فراوانی طبقات مختلف ساعت‌های تداوم یخبندان ایستگاه بروجرد طی دوره آماری ۱۹۹۹-۱۹۸۹

www.SID.ir

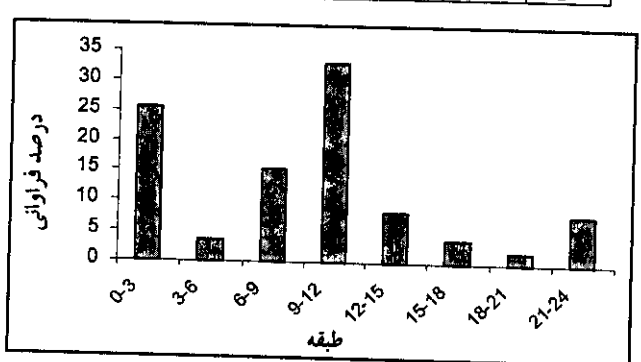
Archive of SID


### ۳. ایستگاه ناصرالدین

این ایستگاه در ارتفاع ۱۱۸۲ متری از سطح دریا در شمال شرق استان لرستان قرار گرفته است. جدول ۳ فراوانی و درصد فراوانی ساعت‌های تداوم یخبندان را نشان می‌دهد.

جدول ۳ فراوانی و درصد فراوانی طبقات مختلف ساعت‌های تداوم یخبندان در ایستگاه ناصرالدین طی دوره آماری ۱۹۹۹-۱۹۸۹

| طبقات | طبقه | فراوانی | درصد فراوانی | فراوانی تجمعی |
|---|---|---|---|---|
| اول | ۰-۳ | ۱۶۰ | ۲۵/۵ | ۲۵/۵ |
| دوم | ۳-۶ | ۲۳ | ۳/۶ | ۲۹/۱ |
| سوم | ۶-۹ | ۹۶ | ۱۵/۳ | ۴۴/۴ |
| چهارم | ۹-۱۲ | ۲۰۸ | ۳۳/۱ | ۷۷/۶ |
| پنجم | ۱۲-۱۵ | ۵۲ | ۸/۲ | ۸۵/۹ |
| ششم | ۱۵-۱۸ | ۲۴ | ۳/۸ | ۸۹/۷ |
| هفتم | ۱۸-۲۱ | ۱۳ | ۲/۰۷ | ۹۱/۸ |
| هشتم | ۲۱-۲۴ | ۵۱ | ۸/۱ | ۱۰۰ |
| جمع | | ۶۲۷ | ۱۰۰ | - |




شکل ۳ نمودار درصد فراوانی طبقات مختلف ساعت‌های تداوم یخبندان ایستگاه ناصرالدین طی دوره آماری ۱۹۹۹-۱۹۸۹

با توجه به جدول ۳ تعداد کل روزهای یخبندان ۶۲۷ روز است، که بیشترین فراوانی این ایستگاه مربوط به طبقه ۹ تا ۱۲ ساعته است. تعداد فراوانی این طبقه ۲۰۸ و درصد فراوانی آن نیز ۳۳/۱ می‌باشد. بعد از این طبقه، طبقه صفر تا ۳ ساعته بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده است. کمترین تعداد فراوانی یخبندان طبقه ۱۸ تا ۲۱ ساعته با فراوانی ۱۳ و درصد فراوانی ۲/۰۷ می‌باشد. کمترین تعداد فراوانی بعد از این طبقه با درصد فراوانی ۳/۶ به طبقه ۳ تا ۶ ساعته اختصاص دارد. در مجموع بیشترین تعداد

www.SID.ir

Archive of SID


فراوانی‌های یخبندان از طبقه ۰ تا ۳ ساعته تا ۹ تا ۱۲ ساعته که مجموعا ۷۷/۵ درصد، مجموع کل تعداد فراوانی‌های یخبندان را به خود اختصاص داده‌اند. شکل ۳ نمودار درصد فراوانی طبقات مختلف ساعت‌های تداوم یخبندان ایستگاه ناصرالدین طی دوره آماری ۱۹۹۹-۱۹۸۹ را نشان می‌دهد.

## ۴. ایستگاه الیگودرز

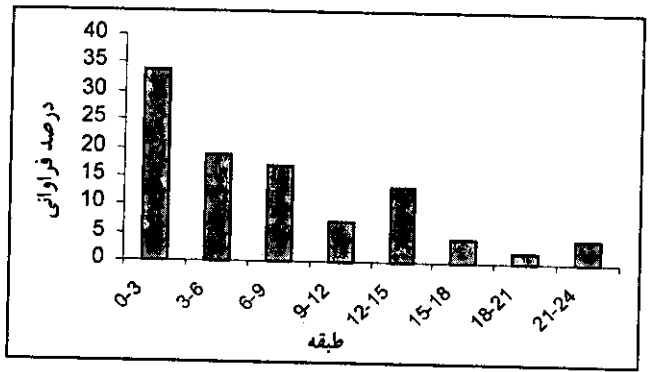
ایستگاه الیگودرز در ارتفاع ۲۰۳۴ متری از سطح دریا در جنوب شرقی استان لرستان قرار گرفته است. جدول ۴ فراوانی و درصد فراوانی ساعت‌های یخبندان در این ایستگاه را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول تعداد کل روزهای یخبندان ۱۰۳۱ روز می‌باشد. طبقه‌بندی سه ساعته این روزها نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی مربوط به طبقه ۰ تا ۳ ساعته با تعداد فراوانی ۳۴۹ که درصد فراوانی آن نیز ۳۳/۹ درصد است. بعد از این طبقه بیشترین فراوانی مربوط به طبقه ۳ تا ۶ ساعته با فراوانی ۱۹۳ و درصد فراوانی ۱۸/۷ می‌باشد. کمترین تعداد فراوانی مربوط به طبقه ۱۸ تا ۲۱ ساعته با تعداد فراوانی ۲۰ است که درصد فراوانی آن ۱/۹۴ می‌باشد. بعد از این طبقه کمترین فراوانی مربوط به طبقه ۱۵ تا ۱۸ ساعته و ۲۱ تا ۲۴ ساعته با ۴۲ فراوانی و ۴/۰۷ درصد یخبندان می‌باشد. در مجموع ۶۹/۴ درصد فراوانی تعداد فراوانی‌های یخنبدان زیر ۹ ساعت، یخبندان داشته‌اند که مجموع فراوانی آنها ۷۱۵ می‌باشد. شکل ۴ نمودار درصد فراوانی طبقات مختلف ساعت‌های تداوم یخبندان ایستگاه الیگودرز طی دوره آماری مورد مطالعه ۱۹۹۹-۱۹۸۹ را نشان می‌دهد.

**جدول ۴** فراوانی و درصد فراوانی طبقات مختلف ساعت‌های تداوم یخبندان در ایستگاه الیگودرز طی دوره آماری ۱۹۹۹-۱۹۸۹

| طبقات | طبقه | فراوانی | درصد فراوانی | فراوانی تجمعی |
|---|---|---|---|---|
| اول | ۳- ۰ | ۳۴۹ | ۳۳/۹ | ۳۳/۹ |
| دوم | ۶-۳ | ۱۹۳ | ۱۸/۷ | ۵۲/۶ |
| سوم | ۹-۶ | ۱۷۳ | ۱۶/۸ | ۶۹/۴ |
| چهارم | ۱۲-۹ | ۷۵ | ۷/۲۷ | ۷۶/۶ |
| پنجم | ۱۵-۱۲ | ۱۳۷ | ۱۳/۳ | ۸۹/۹ |
| ششم | ۱۸-۱۵ | ۴۲ | ۴/۰۷ | ۹۴ |
| هفتم | ۲۱-۱۸ | ۲۰ | ۱/۹۴ | ۹۵/۹ |
| هشتم | ۲۴-۲۱ | ۴۲ | ۴/۰۷ | ۱۰۰ |
| جمع | | ۱۰۳۱ | ۱۰۰ | - |

www.SID.ir

Archive of SID


**شکل ۴** نمودار درصد فراوانی طبقات مختلف ساعت‌های تداوم یخبندان ایستگاه الیگودرز طی دوره آماری ۱۹۹۹-۱۹۸۹

## مقایسه ساعت‌های تداوم یخبندان ایستگاه‌ها

برای مقایسه ساعت‌های تداوم یخبندان ایستگاه سه طبقه ۰ تا ۳ ساعته، ۹ تا ۱۲ ساعته و ۲۱ تا ۲۴ ساعته درنظر گرفته شد. با توجه به جدول ۵ بیشترین فراوانی طبقه ۰ تا ۳ ساعته در بین ایستگاه‌ها مربوط به ایستگاه الیگودرز با ۳۴۹ فراوانی و کمترین آن با ۷۸ فراوانی به ایستگاه بروجرد اختصاص دارد. بیشترین فراوانی طبقه ۹ تا ۱۲ ساعته با ۲۰۸ فراوانی به ایستگاه ناصرالدین اختصاص دارد و کمترین آن با ۷۵ فراوانی مربوط به ایستگاه الیگودرز می‌باشد. تعداد فراوانی‌های طبقه ۲۱ تا ۲۴ ساعته در کلیه ایستگاه‌ها کم است، که بیشترین آن با ۹۴ فراوانی مربوط به ایستگاه بروجرد می‌باشد و کمترین آن با تعداد ۶ فراوانی به ایستگاه خرم‌آباد مربوط می‌شود.

بررسی‌ها نشان می‌دهد گرچه تعداد روزهای یخبندان الیگودرز دو برابر تعداد روزهای یخبندان ایستگاه بروجرد است اما به خاطر تداوم زیاد ساعت‌های یخبندان بروجرد و خسارت‌های وارده، سرماهای بروجرد از معروفیت بیشتری نسبت به الیگودرز برخوردار است.

**جدول ۵** مقایسه ایستگاه‌ها از نظر ساعت‌های تداوم یخبندان در سه طبقه انتخابی

| طبقات / ایستگاه‌ها | خرم‌آباد | بروجرد | ناصرالدین | الیگودرز |
|---|---|---|---|---|
| ۰ -۳ | ۲۱۵ | ۷۸ | ۱۶۰ | ۳۴۹ |
| ۹-۱۲ | ۱۰۴ | ۱۴۵ | ۲۰۸ | ۷۵ |
| ۲۱-۲۴ | ۶ | ۹۴ | ۵۱ | ۴۲ |

www.SID.ir

Archive of SID


## پی‌نوشتها

۱. دلفی نام یک زبان برنامه‌نویسی در کامپیوتر است که دارای قابلیت برنامه‌ریزی و تکنیک‌های برنامه‌نویسی در موضوعات مختلف می‌باشد. با استفاده از این برنامه الگوریتم ذکر شده در مقاله را در آن می‌توانیم پیاده‌سازی کنیم. علت استفاده از این زبان برنامه‌نویسی در مقایسه با سایر برنامه‌ها مثل پاسکال « سی (c)» قابلیت‌های بالای این زبان در تجزیه و تحلیل داده‌ها و نمایش داده‌ها می‌باشد.

## منابع و مآخذ

۱. بانک اطلاعات و خدمات ماشینی (۱۳۸۰)؛ **آمار حداقل‌های دمای صفر و زیر صفر روزانه**، سازمان هواشناسی کل کشور.

۲. رحیمی، محمد (۱۳۷۸)؛ **بررسی احتمال زمانی وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره در البرز مرکزی**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

۳. کمالی، غلامعلی (۱۳۸۱)؛ **سرماهای زیان‌بخش به کشاورزی ایران در قالب معیارهای احتمالاتی، مطالعه موردی: تهران**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۴-۶۳، زمستان ۸۰ و بهار ۸۱

۴. کریمی، مهدی- درزی، محمدتقی (۱۳۷۹)؛ **بررسی اثرات سرما و یخبندان در گیاهان زراعی و باغی و روش‌های مقابله با آن**، دومین همایش سرما و یخزدگی گیاهان زراعی و باغی کشور، وزارت جهاد کشاورزی.

۵. قبادی دارابخانی، غلام‌حسین (۱۳۸۰)؛ **بررسی و پیش‌بینی تاریخ‌های آغاز و خاتمه یخبندان و اثرات آن بر روی جوانه‌زنی گندم در غرب ایران**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی کرمانشاه.

۶. قلی‌زاده، محمدحسین (۱۳۷۸)؛ **بررسی پارامترهای مؤثر در کاشت زیتون در استان لرستان**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا دانشگاه تربیت معلم تهران.

۷. مجرد قره‌باغ، فیروز (۱۳۷۶)؛ **تحلیل و پیش‌بینی یخبندان در آذربایجان**، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.

۸. یار احمدی، ثریا (۱۳۸۰)؛ **تأثیر پدیده یخبندان بر گیاه سیب‌زمینی در غرب استان اصفهان**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

9. Esmaili, M. (2003); **Delphi 7 Programming**, Dibagaran Cultural and Artistic Publication, Tehran.

10. Ellen, J. C. & Leduc, S. K. (1995); **Recent Frost Date Trends in the North-Eastern USA**. Royal Meteorological Society USA .VOL.15, 65-75.

11. Laughlin, J. P. & J. D. Kalma (1987); **Frost Hazard Assessment from Local Weather and Terrain Data**. Agricultural and Forest Meteorol.

12. Michaels, P. J., (1991); **Frost & Freezes. Southeastern Climate Review**. Spring ,2: 4: 3-14.

13. 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.

14. Vega, A. J; Robbins, K.D; & Grymes, J, M. (1994); **Frost/Freeze Analysis in the Southern Climate Region**. Southern Regional Climate Center.

15. Vestal, C. K (1971); **First and Last Occurrences of Low Temperatures during the Cold Season**. Monthly Weather Review. 99: 650-652.

16. Waylen, P. R.(1988). **Statistical Analysis of Freezing Temperatures in Central and Southern Florida**, 8 (6): 607-628.

www.SID.ir