جغرافیا و توسعه شماره ۳۹ تابستان ۱۳۹۴
وصول مقاله : ۱۳۹۰/۰۸/۱۷
تأیید نهایی : ۱۳۹۱/۰۳/۲۱
صفحات : ۶۰- ۴۹

بررسی روند تعداد روزهای یخبندان ایران

دکتر سید ابوالفضل مسعودیان[۱]، دکتر محمد دارند[۲]

چکیده

در این پژوهش به کمک داده‌های میانیابی شده‌ی دمای کمینه‌ی ایران طیّ بازه‌ی زمانی ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۲/۱۲/۲۹روند تعداد روزهای یخبندان بررسی شد. یک آرایه‌ی با ابعاد۷۱۸۷×۱۵۷۰۵ حاصل شد که بر روی سطرها روز و بر روی ستون‌ها یاخته‌ها قرار داشت[۳]. برای همه‌ی ماه‌های سال، تعداد روزهای همراه با یخبندان بر روی هر یاخته شمارش شد. برای شناسایی روند از آزمون ناپارامتری من- کندال و برای محاسبه‌ی شیب روند از آزمون خطی رگرسیون به روش حداقل مربعات استفاده شد. بطور کلی نتایج پژوهش نشان داد که در بیشتر گستره‌ی ایران، روند تعداد روزهای یخبندان رو به کاهش است. این مناطق بر روی شمال غرب و مناطق پست و هموار نواحی جنوبی، مرکزی و شرق ایران قرار دارد. تنها بر روی درصد بسیار کوچکی از گستره‌ی ایران روند مثبت است که بر روی رشته کوههای زاگرس و البرز دیده می‌شود. در ماه دی بیشترین گستره‌ی روند منفی و در ماه اسفند بیشترین گستره‌ی روند مثبت تعداد روزهای یخبندان وجود دارد. تعداد روزهای یخبندان ایران در فصل تابستان و ماه خرداد ایستا و بدون روند است.

کلیدواژه‌ها: یخبندان، تحلیل روند، آزمون من-کندال، رگرسیون، ایران.

۱- استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان porcista@geog.ui.ac.ir
۲- استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه‌کردستان (نویسنده مسؤول) m.darand@uok.ac.ir

۳- داده‌های کمینه‌ی دما در این پژوهش از پایگاه داده اسفزاری که توسط مسعودیان تهیه شده است، استخراج شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

در سال‌های اخیرگرمایش جهانی و تغییر اقلیم نظر بسیاری از دانشمندان را به خود جلب کرده است. باور بیشتر مجامع علمی بر این است که دمای کره‌ی زمین در سده‌ی گذشته افزایش یافته است و در آینده نیز روبه افزایش است. در گزارش سوم کمیته‌ی بین دول تغییر اقلیم آمده است که طیّ قرن بیستم میانگین دمای کره‌ی‌زمین حدود ۰/۶درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش یافته است (*Houghton et al, 2001:3*).

مدل‌سازی‌ها و پژوهش‌های علمی نشان می‌دهد که گرمایش جهانی در نقاط مختلف کره‌ی زمین نه تنها به یک اندازه نیست بلکه همزمان با هم نیز رخ نداده است (*Folland et al, 2001: 99-182; McAvaney et al, 2001: 471-524*). یخبندان تأثیر بسیار زیادی بر روی فعالیّت‌های کشاورزی از جمله تغییرات الگوهای کشت در اثر تغییر تاریخ کشت و برداشت، خسارت به محصولات، حمل و نقل، عمران و بسیاری دیگر از فعالیت‌های انسانی دارد. واکاوی تغییرات اخیر روزهای یخبندان و فصل بدون یخبندان در ایالات متحده امریکا نشان داد که گرمایش مشاهده شده‌ی اخیر در ایالات متحده منجر به کاهش تعداد روزهای یخبندان شده است (*Easterling, 2000: 1327 - 1332*).

برازش رگرسیون خطی ساده بر روی سری زمانی ۲۰ نمایه‌ی فرین بارشی و دمایی ۲۸ ایستگاه همدید در ایالت یوتای امریکا بیانگر افزایش معنادار دما و کاهش قابل توجه روزهای بخنبندان است. این در حالی است که فرین‌های بارشی وردایی معناداری را طیّ قرن اخیر تجربه نکرده‌اند (*Santos et al, 2011: 1813-1822*). مدل‌های اقلیمی و سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای بیانگر کاهش بسامد روزهای همراه با یخبندان بر روی هنگ‌کنگ و شمال چین است (*Lee et al,2010:1-20; Lee et al, 2011:147-157*). برازش آزمون‌های آماری بر روی سری زمانی دمای بیشینه و کمینه در شمال اروپا نشان داد که نرخ وردایی دمای کمینه به نسبت دمای بیشینه بیشتر است و این منجر کاهش دامنه‌ی دمای شبانه‌روزی و بسامد رخداد یخبندان‌ها شده است (*Heino et al, 1999: 151-181*).

تحلیل وردایی رخنمود فرین‌های دما در مناطق خشک و قاره‌ای کشور پرتغال بیانگر کاهش معنادار روزهای سرد و یخبندان است (*Lucio et al, 2010: 404-418*). نتایجی مشابه بر روی ۳۷ ایستگاه همدید کاتولینای اسپانیا به‌دست‌آمد (*Martinez et al,2010:267-290*). در یک‌پژوهش‌جامع بر روی فرین‌های‌دمایی تابستانه‌ی نیمکره‌ی شمالی یافته‌ها نشان داد که طیّ دوره‌ی ۲۰۰۶-۱۹۴۸ بسامد رخداد فرین‌های سرد (از جمله روزهای یخی و روزهای همراه با یخبندان) کاهش معناداری را طیّ دوره‌ی واکاوی تجربه کرده‌اند (*Fang et al, 2008:67-78*).

در رویکردی مشابه ولی با مطالعه بر روی فرین‌های دمای تابستانی و زمستانی در بلگراد یافته‌های مشابهی حاصل شد (*Unkasevice & Tosic, 2009: 27-38*).

با افزایش دما طول دوره‌ی بدون یخبندان و طول دوره‌ی رشد بر روی اغلب گستره‌ی کانادا افزایش یافته است (*Bonsal et al, 2001: 1959-1976*). کاهش رخنمود فراوانی روزهای همراه با یخبندان تنها مختص نیمکره‌ی شمالی نیست چرا که یافته‌های برخی از پژوهش‌ها در نیمکره‌ی‌جنوبی نیز هماهنگ با نیمکره‌ی شمالی است و تأییدی بر افزایش گرمایش جهانی هواست (*Alexander & Arblaster, 2009: 417-435*). هماهنگ با یافته‌های سایر پژوهشگران بر روی مناطق مختلف‌جهان در ایران نیز نتایجی‌مشابه بر روی مطالعه بر روی ایستگاههای هواسنجی و داده‌های نقطه‌ای مشاهده‌شده است *(شهابفر و همکاران، ۱۳۸۲: ۷۴؛ کمالی و صحراییان، ۱۳۸۴: ۲۰۹- ۱۹۷؛ حجازی‌زاده و ناصرزاده، ۱۳۸۵: ۳۱؛ نوحی و همکاران ،۱۳۸۶: ۷۹؛ ربانی و کرمی، ۱۳۸۸: ۸۵؛ عساکره، ۱۳۸۹: ۱؛ رضایی و عابد، ۱۳۸۹: ۳۹؛*

Archive of SID

www.SID.ir

منتظری، ۱۳۸۹: ۲۷؛ طاووسی و درخشی، ۱۳۸۹: ۸۹؛ اسماعیلی و همکاران، ۱۳۸۹: ۶۹؛ Rahimzadeh et al, 2009:329-343) هدف این پژوهش شناسایی روند تعداد روزهای یخبندان ایران به کمک پایگاه داده‌ی یاخته‌ای است.

داده و روش‌شناسی

یکی از نمایه‌های شناسایی تغییر اقلیم، شناسایی روند تعداد روزهای یخبندان است. روز یخبندان روزی است که دمای کمینه به زیر صفر درجه‌ی سانتی‌گراد (۳۲ درجه‌ی‌فارنهایت) برسد *(AMSGlossary,2000:6)*. اقلیم دارای سه وجه مختلف است. مکان، زمان و عنصر اقلیمی. عناصر اقلیمی در زمان‌ها و مکان‌های مختلف تغییر می‌کنند. اندازه‌گیری این عناصر توسط ایستگاه‌های هواشناسی انجام می‌شود که در فضا به صورت منظم و یکنواخت پراکنده نشده‌اند. بنابراین جهت آگاهی دقیق و کامل این عناصر بر روی یک پهنه نیازمند روش‌های مختلف زمین آماری برای درون‌یابی عناصر اقلیمی خواهیم شد *(مسعودیان، ۱۳۹۰: ۱۹۳)*. در این صورت عناصر اقلیمی بر روی هر نقطه (مکان) در هر زمان خاصی قابل دسترس خواهد بود. برای شناسایی روند تعداد روزهای یخبندان ایران از داده‌های درون‌یابی شده دمای کمینه‌ی ایران پایگاه داده اسفزاری در بازه‌ی زمانی ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۲/۱۲/۲۹ استفاده شده است. داده‌های دمای کمینه‌ی ۶۶۳ ایستگاه همدید و اقلیمی به کمک روش زمین آمار کریگینگ بر روی پهنه‌ی ایران زمین درون‌یابی شدند. شکل ۱ موقعیت ایستگاهها و موقعیت یاخته‌ها را نشان می‌دهد. در هر ماه برای هر کدام از یاخته‌ها تعداد روزهای همراه با یخبندان شمارش شد. جهت شناسایی روند از آزمون ناپارامتری من- کندال و برای برآورد میزان شیب از رگرسیون به روش حداقل مربعات استفاده شده است. محاسبه آزمون ناپارامتری من- کندال شامل چندگام است:

الف- در گام اول ابتدا یک ماتریس با ابعاد ۷۱۸۷×۴۳ داریم که بر روی سطرها سری زمانی تعداد روزهای یخبندان ماه فروردین (۴۳ فروردین مربوط به ۴۳ سال) و بر روی ستون‌ها یاخته‌های ایران که برابر با ۷۱۸۷ یاخته است قرار گرفته است. به‌کمک آماره‌ی S اختلاف بین تک‌تک مشاهدات (تعداد روزهای یخبندان ماه فروردین در سال‌های مختلف) را با همدیگر حساب می‌کنیم

رابطه‌ی ۱:
$$S=\sum_{k=1}^{n-1}\sum_{j=k+1}^{n}\operatorname{sgn}\left(x_j-x_k\right)$$

که n تعداد مشاهدات سری و x_j و x_k به‌ترتیب داده‌های jام و kام سری هستند. خروجی تابع بالا علامت هرکدام از سری را به‌صورت زیر روشن می‌سازد.

رابطه‌ی ۲:
$$\operatorname{sgn}(x)=\begin{cases}+1 & if \quad (x_j-x_k)>0\\ 0 & if \quad (x_j-x_k)=0\\ -1 & if \quad (x_j-x_k)<0\end{cases}$$

ب- گام دوم، پراش هرکدام از مشاهدات را به کمک رابطه‌ی زیر حساب می‌کنیم (تعداد مشاهدات باید بزرگتر از ۱۰ باشد).

رابطه‌ی ۳:
$$Var(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)-\sum_{i=1}^{m}t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18}$$

که n تعداد داده‌های مشاهده‌ای، m معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t نشان‌دهنده‌ی فراوانی داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد.

ج- گام سوم آماره‌ی Z را به دست می‌آوریم.

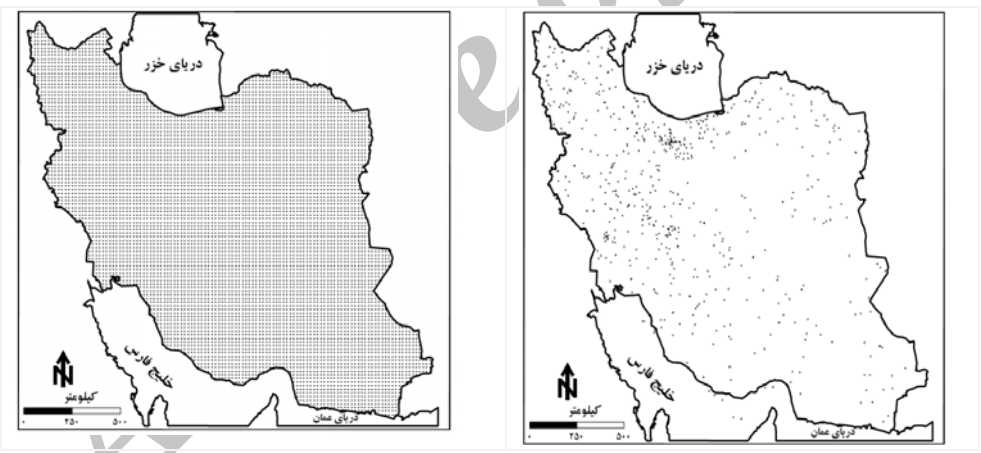
Archive of SID

www.SID.ir

رابطه‌ی ۴:

$$Z=\begin{cases}\dfrac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & if \quad S>0\\ 0 & if \quad S=0\\ \dfrac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & if \quad S<0\end{cases}$$

د- گام چهارم آزمون فرض است. فرض صفر بر عدم وجود روند و تصادفی بودن آن دلالت دارد. به بیانی دیگر Z به لحاظ آماری معنی‌دار نیست (تعداد روزهای یخبندان از خود روندی نشان نمی‌دهند). زمانی این فرض تأیید می‌شود که $-Z_{\alpha/2} \prec |Z| \prec Z_{\alpha/2}$ باشد. مقدار $Z_{\alpha/2}$ انحراف نرمال استاندارد (Z جدول) است. فرض مقابل یا فرض یک بر وجود روند دلالت دارد و بدین معنی است که Z به لحاظ آماری معنی‌دار است. زمانی این فرض تأیید می‌شود که $Z \prec -Z_{\alpha/2}$ یا $Z \succ Z_{\alpha/2}$ باشد *(Gan, 1998:3009-3015)*. اگر Z کوچکتر از صفر باشد، روند منفی تعداد روزهای یخبندان را تأیید می‌کنیم و در صورتی که Z بزرگتر از صفر باشد، روند مثبت تعداد روزهای یخبندان را رد نمی‌کنیم. در برخی از یاخته‌ها روند تعداد روزهای یخبندان مثبت و در برخی دیگر از آنها روند منفی است. بنابراین فرضیه‌ها در چنین مواردی دو طرفه انتخاب می‌شوند. سطح معنی‌داری در این پژوهش $a=0.05$ در نظر گرفته شده است. بنابراین با توجه به دو طرفه بودن آزمون میزان Z جدول برابر با ۱/۹۶ خواهد بود. همانطور که گفته شد بعد از شناسایی روند، میزان شیب آن نیز به کمک مدل رگرسیون به روش حداقل مربعات حساب شد.



شکل ۱: موقعیت ایستگاههای همدید و اقلیمی و شبکه‌بندی منظم ایران بعد از انجام میانیابی (۷۱۸۷ یاخته با اندازه‌ی تقریباً ۲۳۰ کیلومتر مربع)

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

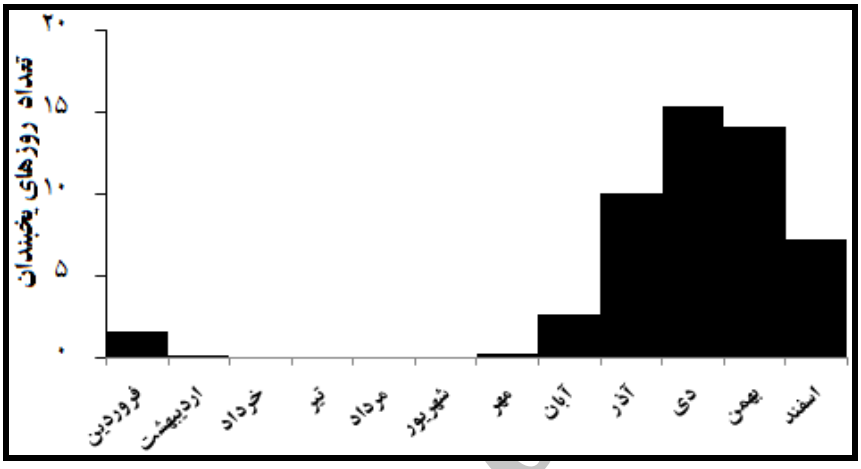
بحث

میانگین تعداد روزهای یخبندان ایران نشان می‌دهد که ماه‌های خرداد تا شهریور ایران عاری از یخبندان است. بیشترین تعداد روزهای یخبندان به ترتیب در ماه دی، بهمن و آذر رخ می‌دهد (شکل ۲). در ماه دی تعداد روزهای یخبندان ایران بطور متوسط به ۱۵ روز می‌رسد.تعداد روزهای یخبندان درنقاط مختلف پهنه‌ی ایران با هم بسیار متفاوت است. بیشترین یخبندان‌ها در محور کوهستانی شمال غرب- جنوب شرق رخ می‌دهد که عمدتاً از نوع یخبندان‌های تابشی است و در مرتبه دوم در شمال‌شرق اتفاق می‌افتد که نتیجه پرفشار سیبری است و عمدتاً از نوع یخبندان‌های ورزشی است *(مسعودیان، ۱۳۹۰: ۹۹)*. نوار باریکی در سواحل‌جنوب ایران از بوشهر تا پسابندر در جنوب‌شرق

Archive of SID

www.SID.ir

ایران در طول سال بدون یخبندان است. دلیل این امر نزدیکی به پهنه‌های بزرگ آب جنوب و تعدیل دمای هوا در اثر رطوبت جوی و عرض جغرافیایی پایین است. تعداد روزهای یخبندان در این نوار باریک جنوبی طیّ دوره‌ی مورد مطالعه روندی از خود نشان نمی‌دهد. به بیانی دیگر روز یخبندان طیّ دوره‌ی مورد بررسی در این ناحیه دیده نشده و همچنان بدون تغییر است.



شکل۲: تعداد روزهای یخبندان در ماه‌های مختلف سال

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

در ماه فروردین روند تعداد روزهای یخبندان به صورت نوار باریکی بر روی کوههای زاگرس (شهرکرد، خرم‌آباد) و بر رشته‌کوههای البرز به صورت پراکنده بر روی سمنان و جنوب گرگان مثبت است. بطور کلی ۴/۲ درصد از گستره‌ی ایران روند مثبت و ۲/۹ درصد از آن روند منفی و ۹۲/۹ درصد بدون روند است. در ۱/۲ درصد از مناطقی که دارای روند منفی است شیب روند تعداد روزهای یخبندان ۴تا۶ روز در دهه کاهشی است و در ۹/۲ درصد از مناطقی که دارای روند مثبت است، شیب‌روند ۲تا ۴ روز در دهه افزایشی است. روند تعداد روزهای یخبندان در ماه اردیبهشت تقریباً در تمام گستره‌ی ایران (۹۸/۳) بدون روند است و در ۰/۶ درصد از گستره‌ی ایران روند منفی و در ۰/۷ درصد از آن روند مثبت است. مناطقی که روند از خود نشان می‌دهند شیب روند بسیار کوچک است. در ماه خرداد روند تعداد روزهای‌یخبندان در تمام ایران‌زمین بدون روند است. در فصل تابستان تعداد روزهای یخبندان بدون روند است. در ماه مهر همانند ماه اردیبهشت روند تعداد روزهای یخبندان تقریباً در بیشتر مناطق ایران (۹۹/۳ درصد از پهنه‌ی ایران) بدون روند است. در ماه آبان ۱۰/۴ درصد از گستره‌ی ایران روند منفی تعداد روزهای یخبندان را نشان می‌دهد. مناطقی که روند منفی نشان می‌دهند در کرمان، یاسوج، ارومیه و مشهد دیده می‌شود. تنها ۲/۴ درصد از پهنه‌ی ایران روند مثبت تعداد روزهای یخبندان را نشان می‌دهد که به‌صورت بسیار پراکنده بر روی رشته‌کوههای زاگرس و البرز دیده می‌شود. بر روی مناطقی که تعداد روزهای یخبندان روند دیده می‌شود، در ۲۳ درصد از آن شیب روند کاهشی آن ۲ تا ۴ روز در هر دهه است و حدود ۳ درصد از آن شیب روند افزایشی ۲ تا ۴ روز در دهه است. در ماه آذر روند تعداد روزهای یخبندان در حدود ۳۸ درصد از گستره‌ی ایران منفی است. این مناطق بر روی شمال غرب ایران، نواحی مرکزی و شرق ایران قرار دارد. تنها بر روی حدود ۲ درصد ایران روند تعداد

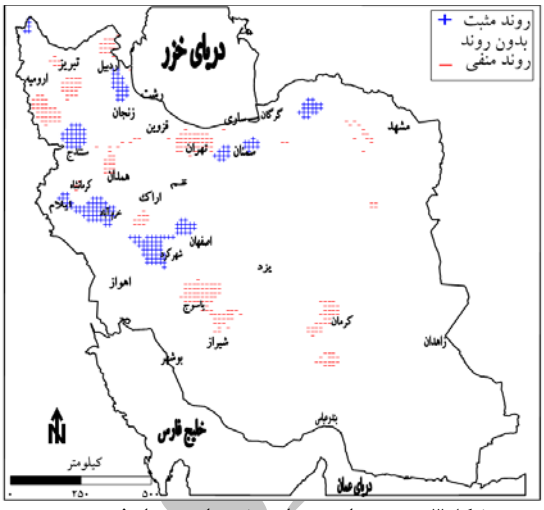
Archive of SID

www.SID.ir

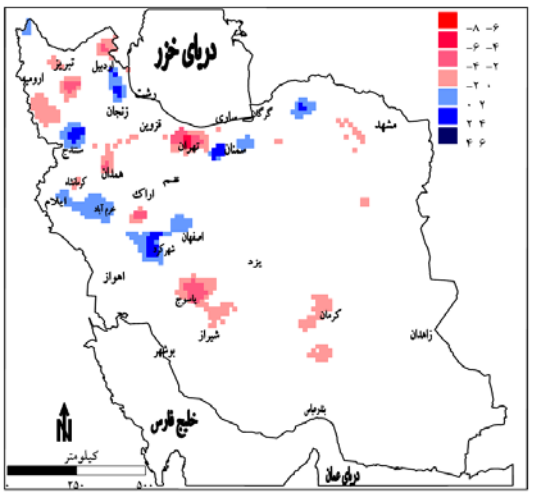
روزهای یخبندان مثبت است که بر روی سمنان و جنوب گرگان دیده می‌شود. شیب روند نیز در مناطقی که دارای روند هستند زیاد است. حدود ۵۵ درصد از گستره‌ی دارای روند دارای شیب روند منفی ۲ تا ۴ روز در دهه است و در ۱/۵ درصد از آن شیب روند مثبت ۲تا ۴ و در ۰/۵ درصد آن ۴ تا ۶ روز در دهه است. روند تعداد رزوهای یخبندان در دی ماه تقریباً در نصف گستره‌ی ایران (۴۹/۴ درصد) منفی است. بیشترین گستره‌ی ایران که روند منفی از خود نشان می‌دهد مربوط به این ماه از سال است. این مناطق بیشتر در نیمه‌ی شرقی ایران، جنوب غرب و شمال غرب ایران قرار دارد. تنها در ۰/۸ درصد پهنه‌ی ایران روند مثبت است که بر روی سمنان قرار دارد. در ۵ درصد از مناطقی که تعداد روزهای یخبندان دارای روند است، شیب روند ۴ تا ۶ روز در دهه نزولی است. در ماه بهمن روند تعداد روزهای یخبندان در ۱۸ درصد از گستره‌ی ایران منفی است. این مناطق به‌صورت پراکنده در نواحی مرکزی، شمال غرب و استان فارس قرار دارد. در ۳/۴ درصد از ایران روند تعداد روزهای یخبندان مثبت است که به‌صورت بسیار پراکنده بر روی بیرجند و جنوب استان فارس دیده می‌شود. حدود ۲۲ درصد از مناطقی که دارای روند است، شیب روند آن ۲ تا ۴ روز در دهه نزولی و حدود ۹ درصد آن شیب روند ۲ تا ۴ روز در دهه مثبت است. در بین ماه‌های سال، بیشترین گستره‌ی از ایران که روند تعداد روزهای یخبندان مثبت است مربوط به ماه اسفند است. در این ماه از سال گستره‌ی روند مثبت تعداد روزهای یخبندان بیشتر از گستره‌ی روند منفی است. مناطقی که دارای روند منفی تعداد روزهای یخبندان است در نیمه‌ی مرکزی ایران قرار دارد. در حالی‌که مناطقی که دارای روند مثبت تعداد روزهای یخبندان است بر روی رشته‌کوههای زاگرس و البرز، بیرجند و زنجان دیده می‌شود. شیب روند در این ماه از سال بر روی مناطقی که دارای روند است، بسیار شدید است. حدود ۲۰ درصد از مناطق دارای روند دارای شیب مثبت ۲ تا ۴ روز و در ۱ درصد آن ۴ تا ۶ روز در دهه است. روند سالانه‌ی تعداد روزهای یخبندان در ۴۷/۳ درصد از گستره‌ی ایران منفی است که بر روی مناطق پست و هموار نیمه‌ی مرکزی ایران، جنوب و شمال غرب ایران قرار دارد. در حدود ۵ درصد از ایران روند تعداد روزهای یخبندان مثبت است که بر روی رشته‌کوههای زاگرس و البرز و بیرجند قرار دارد. حدود ۳۹ درصد مناطقی که دارای روند است، شیب روند ۷ تا ۱۴ روز در سال نزولی است. در ۳/۵درصد از مناطقی که دارای روند است، شیب روند ۷ تا ۱۴ روز در سال صعودی است. با توجه به نتایج این پژوهش بطور کلی می‌توان گفت که روند تعداد روزهای یخبندان ایران روبه کاهش است. تنها در گستره‌ی بسیار کوچکی از ایران روند تعداد روزهای یخبندان مثبت است که بر روی بلندی‌های زاگرس و البرز دیده می‌شود. در مناطق پست و هموار ایران روند منفی است.

Archive of SID

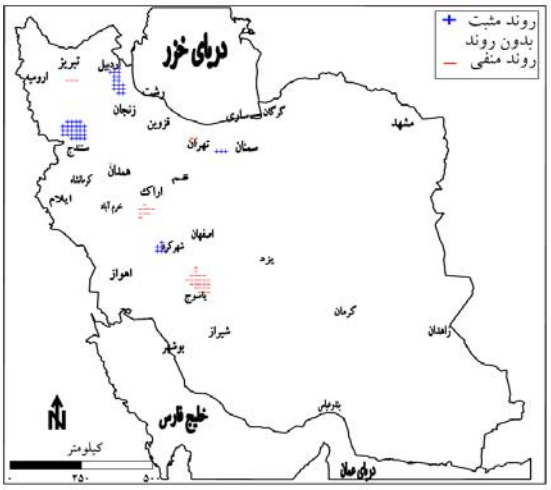
www.SID.ir



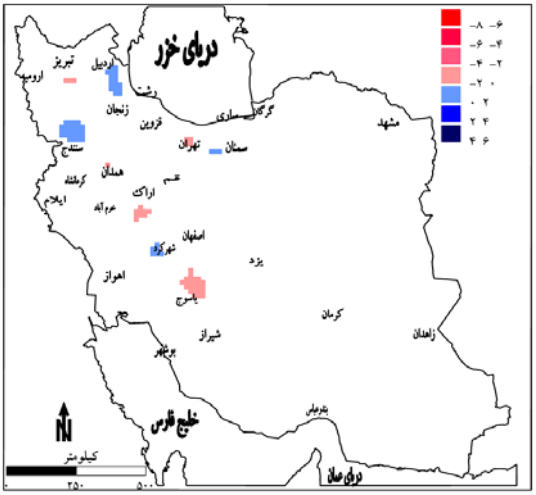
شکل۳:روند تعداد روزهای یخبندان در ماه فروردین



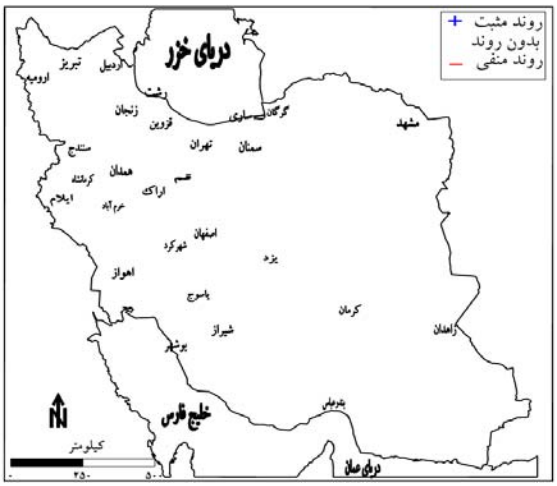
شکل۴: شیب روند در ماه فروردین (روز در دهه)



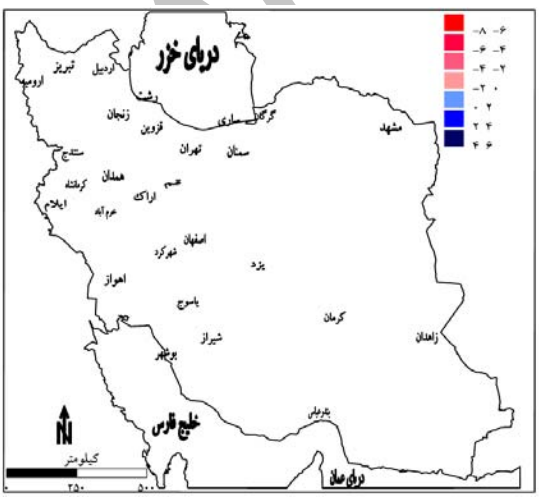
شکل۵:روند تعداد روزهای یخبندان در ماه اردیبهشت



شکل۶: شیب روند در ماه اردیبهشت (روز در دهه)

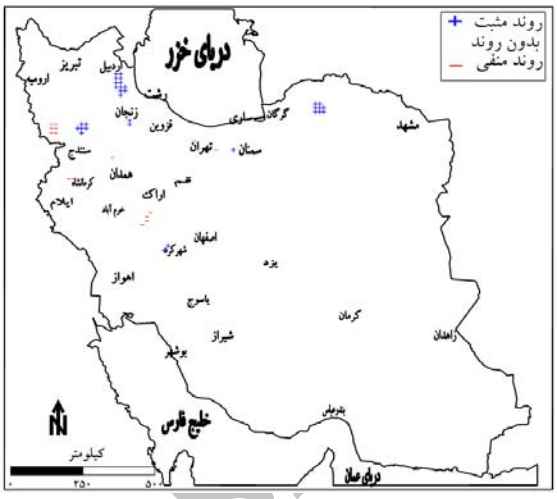


شکل۷:روند تعداد روزهای یخبندان در ماه خرداد

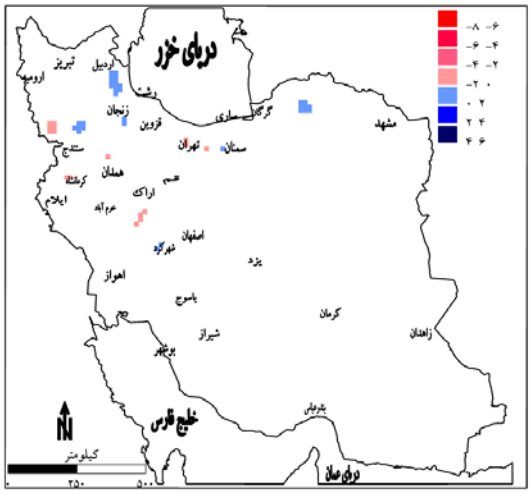


شکل۸: شیب روند در ماه خرداد (روز در دهه)

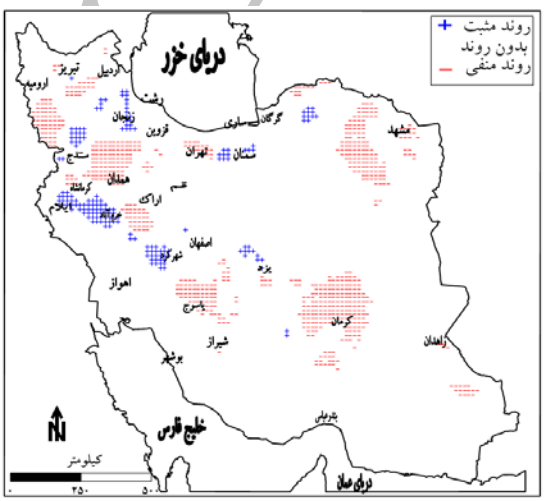
www.SID.ir



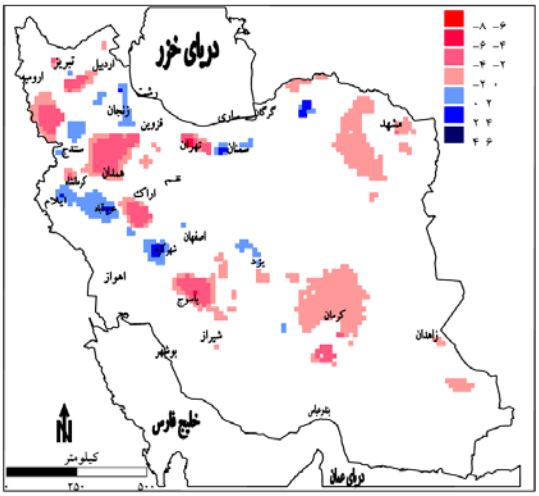
شکل۹:روند تعداد روزهای یخبندان در ماه مهر



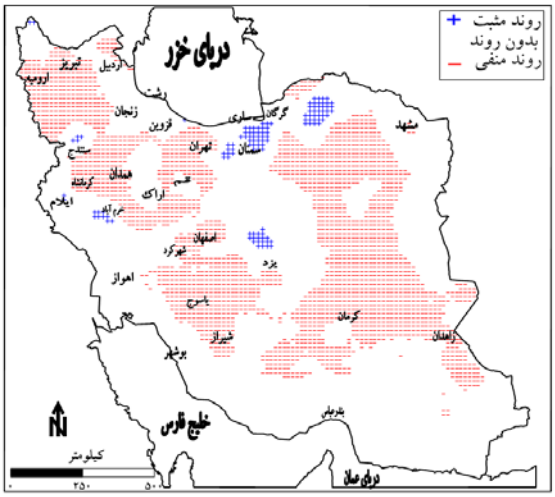
شکل۱۰: شیب روند در ماه مهر(روز در دهه)



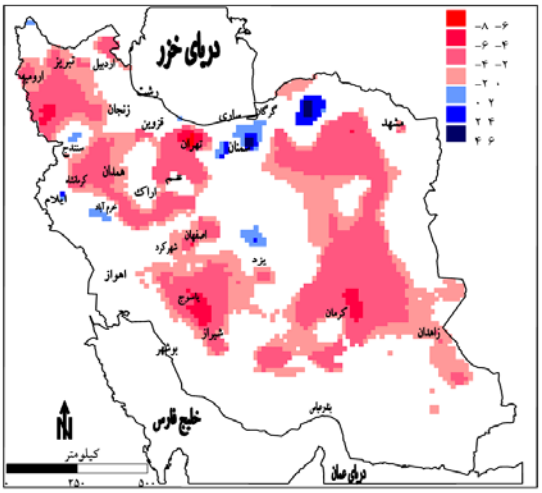
شکل۱۱:روند تعداد روزهای یخبندان در ماه آبان



شکل۱۲: شیب روند در ماه آبان (روز در دهه)

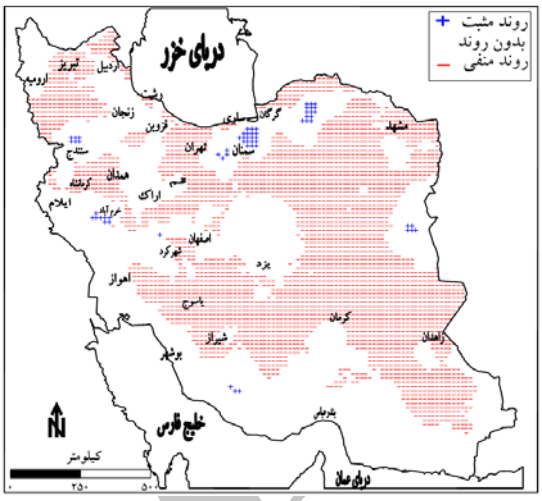


شکل۱۳: روند تعداد روزهای یخبندان در ماه آذر

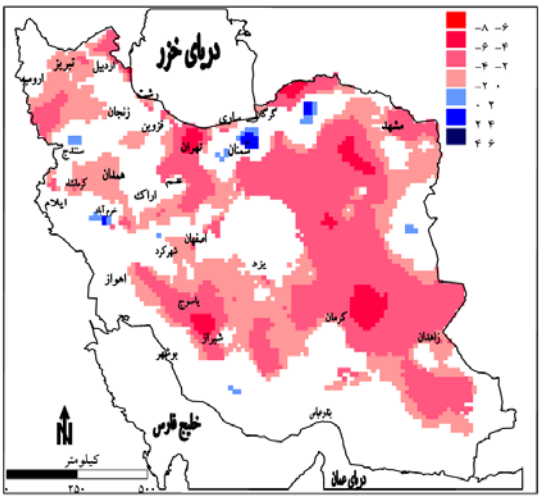


شکل۱۴: شیب روند در ماه آذر(روز در دهه)

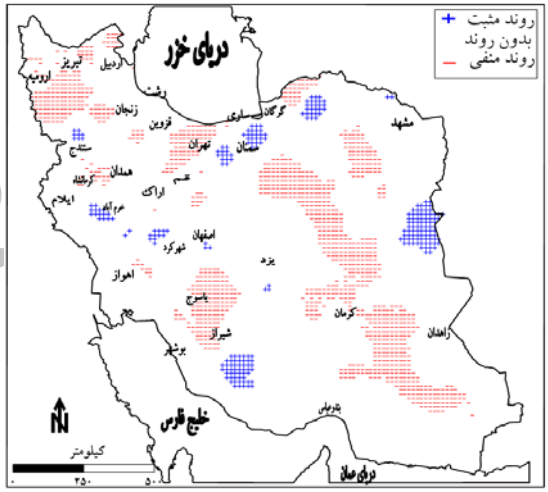
www.SID.ir



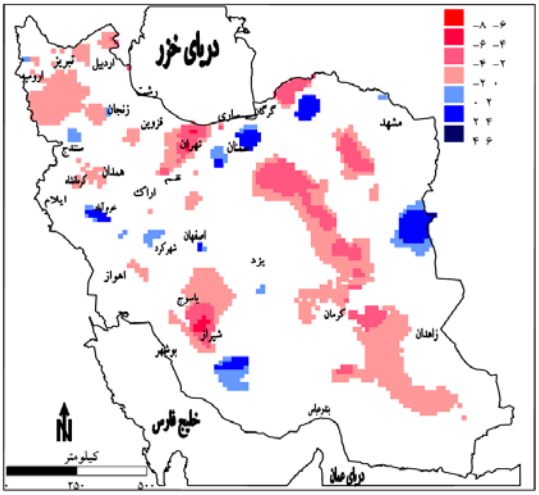
شکل۱۵:روند تعداد روزهای یخبندان در ماه دی



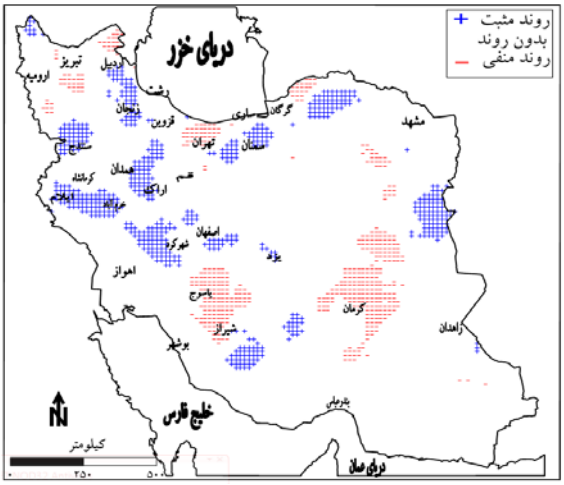
شکل۱۶: شیب روند در ماه دی (روز در دهه)



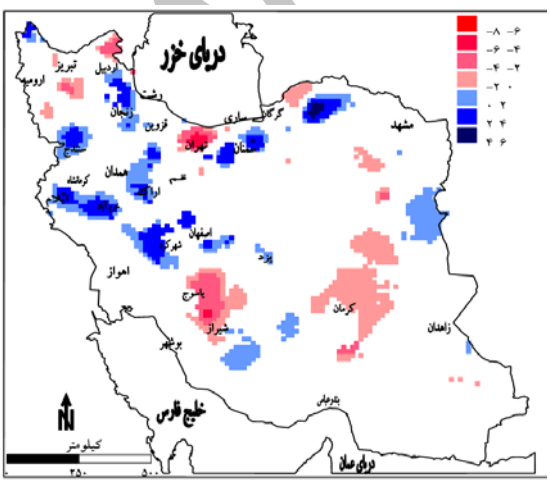
شکل۱۷:روند تعداد روزهای یخبندان در ماه بهمن



شکل۱۸: شیب روند در ماه بهمن (روز در دهه)

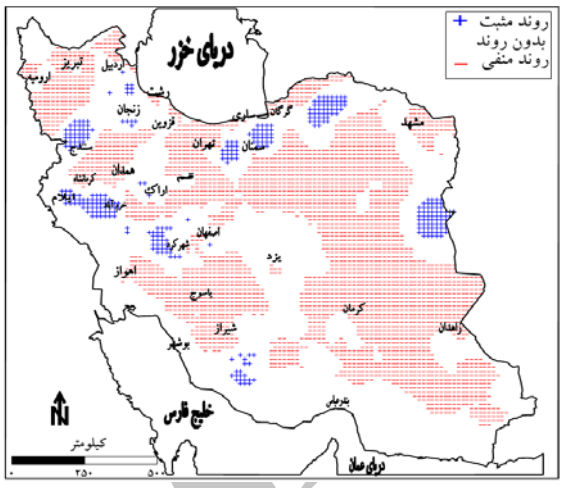


شکل۱۹:روند تعداد روزهای یخبندان در ماه اسفند

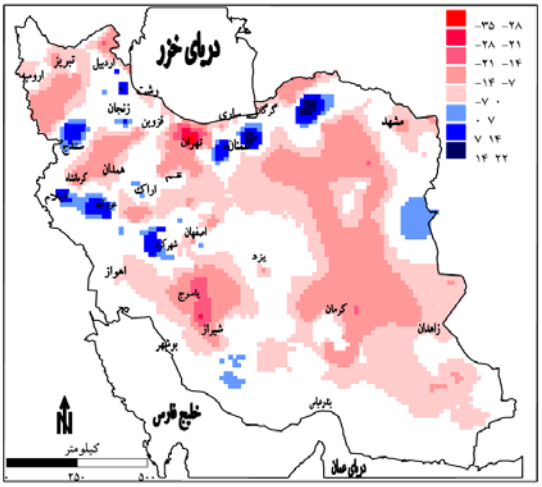


شکل۲۰: شیب روند در ماه اسفند (روز در دهه)

www.SID.ir



شکل۲۱:روند سالانه‌ی تعداد روزهای یخبندان



شکل۲۲: شیب روند سالانه (روز در دهه)

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

جدول ۱: درصد مساحت روند تعداد روزهای یخبندان در ماه‌های مختلف سال (در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

ماه / روند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
منفی	۴/۲	۰/۶	۰	۰	۰	۰	۰/۲	۱۰/۴	۳۷/۶	۴۹/۴	۱۷/۹	۷/۴	۴۷/۳
بدون روند	۹۲/۹	۹۸/۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۹/۳	۸۷/۳	۶۰/۸	۴۹/۸	۷۸/۸	۸۳/۸	۴۸/۱
مثبت	۲/۹	۰/۷	۰	۰	۰	۰	۰/۴	۲/۴	۱/۶	۰/۸	۳/۴	۸/۸	۴/۶

مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۱

جدول ۲: درصد مساحت مقادیر شیب روند تعداد روزهای یخبندان در ماه‌های مختلف سال (در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

ماه / شیب (روز در دهه)	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
-۸ -۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱	۰/۲	۰	۰	۰
-۶ -۴	۱/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۴	۳/۱	۵	۰/۹	۱/۵
-۴ -۲	۱۱/۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۲/۷	۵۴/۳	۵۴/۹	۲۱/۷	۱۰/۲
-۲ ۰	۴۵/۹	۴۴/۱	۰	۰	۰	۰	۳۴	۵۸	۳۸/۳	۳۸/۵	۶۱/۳	۳۳/۹
۰ ۲	۳۲	۵۵/۹	۰	۰	۰	۰	۶۶	۱۶	۲/۳	۱/۱	۷/۴	۳۳/۸
۲ ۴	۹/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۷	۱/۵	۰/۶	۸/۷	۱۹/۵
۴ ۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۴	۰	۰	۱

مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۱

جدول ۳: درصد مساحت مقادیر شیب روند سالانه‌ی تعداد روزهای یخبندان (در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

شیب (روز در دهه)	-۳۵ -۲۸	-۲۸ -۲۱	-۲۱ -۱۴	-۱۴ -۷	-۷ ۰	۰ ۷	۷ ۱۴	۱۴ ۲۲
مساحت	۰/۱	۰/۳	۱/۷	۳۸/۶	۵۰/۴	۴/۸	۳/۵	۰/۶

مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۱

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه

یکی از مهم‌ترین آثار گرمایش جهانی اخیر، کاهش تعداد روزهای یخبندان و افزایش طول دوره‌ی فصل بدون یخبندان است. نتایج این پژوهش نشان داد که روند تعداد روزهای یخبندان ایران در بیشتر گستره‌ی ایران رو به کاهش است. مناطقی که روند منفی تعداد روزهای یخبندان را نشان می‌دهند، بر روی شمال غرب کشور و نواحی پست و هموار مرکزی، جنوبی و شرقی ایران قرار دارد. روند تعداد روزهای یخبندان در گستره‌ی بسیار کوچکی از ایران مثبت است که آن هم بر روی ناهمواری‌های زاگرس و البرز دیده می‌شود. بیشترین درصد از گستره‌ی روند منفی تعداد روزهای یخبندان در بین ماههای سال، مربوط به دی ماه و بیشترین درصد از گستره‌ی ایران که دارای روند مثبت است مربوط به اسفند است. بیشترین شیب روند مناطقی که دارای روند است مربوط به ماه اسفند است. تعداد روزهای یخبندان ایران در فصل تابستان و خرداد بدون روند است. بطور کلی می‌توان گفت که در فصل گرم سال تعداد روزهای یخبندان ایران ایستا و بدون تغییر است درحالی‌که در فصل سرد سال تعداد روزهای یخبندان تغییرات بسیار زیادی را از خود نشان می‌دهد. روند تعداد روزهای یخبندان سالانه نیز کاهشی است.

شمال استان تهران بیشترین شیب روند کاهشی تعداد روزهای یخبندان را دارد. شیب روند تعداد روزهای یخبندان سالانه در شمال استان تهران ۲۸ تا ۳۵ روز در سال به ازای هر دهه رو به کاهش است.

بیشترین افزایش تعداد روزهای یخبندان بر روی رشته‌کوههای البرز در شمال سمنان و جنوب غرب استان خراسان شمالی قرار دارد.

منابع

- اسماعیلی، رضا؛ مجید حبیبی‌نوخندان؛ غلامعباس فلاح قالهری (۱۳۸۹). ارزیابی تغیرات طول دوره رشد و یخبندان ناشی از نوسانات اقلیمی مطالعه موردی: خراسان رضوی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی،شماره ۷۳. صفحات ۸۲-۶۹.
- حجازی‌زاده، زهرا؛ محمدحسین ناصرزاده (۱۳۸۵). تجزیه و تحلیل یخبندان در استان لرستان، علوم جغرافیایی. شماره ۶ (۸). صفحات ۴۷-۳۱.
- ربانی، فاطمه؛ فریبا کرمی (۱۳۸۸). بررسی روند تعداد روزهای یخبندان در استان خراسان شمالی، فصلنامه جغرافیای طبیعی. سال اول. شماره ۴. صفحات ۹۴-۸۵.
- رضایی، پرویز؛ حسین عابد (۱۳۸۹). بررسی روند تغییرات دمای حداقل در ایستگاه همدیدی شهر رشت با تأکید بر دوره یخبندان، جغرافیا و مطالعات محیطی. شماره ۲ (۴). صفحات ۴۸-۳۹.
- شهابفر، علیرضا؛ سهراب محمدنیا؛ ناصر جاودانی خلیفه (۱۳۸۲). بررسی تغییرات زمانی روزهای یخبندان در مشهد، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان.
- طاوسی، تقی؛ جعفر درخشی (۱۳۸۹). تحلیل آماری احتمال وقوع و دوره‌های برگشت یخبندان‌های زودرس و دیررس زاهدان در دوره‌ی آماری (۱۳۸۶-۱۳۶۰T)، فضای جغرافیایی، شماره ۱۰ (۳۰). صفحات ۱۰۴-۸۹.
- عساکره، حسین (۱۳۸۹). احتمال تواتر و تداوم یخبندان‌های زودرس و دیررس در شهر زنجان، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. شماره ۲۱ (پیاپی۳۷). صفحات ۱۶-۱.
- کمالی، غلامعلی؛ فاطمه صحراییان (۱۳۸۴). بررسی آماری وقوع سرما و یخبندان‌های بهاره و پاییزه در استان آذربایجان شرقی، شماره ۱۵(۴). صفحات ۲۰۹-۱۹۷.
- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۹۰). آب و هوای ایران، انتشارات شریعه توس.

Archive of SID

www.SID.ir

- منتظری، مجید (۱۳۸۹). تحلیل آماری یخبندان‌های کشاورزی در شهرستان نجف آباد، جغرافیا و مطالعات محیطی. شماره ۲ (۴). صفحات ۳۸-۲۷.
- نوحی، کیوان؛ مژده پدرام؛ فاطمه صحراییان؛ غلامعلی کمالی (۱۳۸۶). بررسی و تحلیل تاریخ آغاز و خاتمه یخبندان‌های تابشی فرارفتی و فرارفتی در استان‌های آذربایجان غربی و شرقی، پژوهش و سازندگی. شماره ۲۰ (۷۵). صفحات ۸۵-۷۹.
- Alexander, L.V and Arblaster, J. M (2009). Assessing trends in observed and modelled climate extremes over Australia in relation to future projections, International Journal of Climatology, Vol 29, PP: 417-435.
- American Meteorology Society Glossary, Section F, 2000.
- Bonsal BR, Zhang X, Vincent LA, Hogg WD (2001). Characteristics of daily and extreme temperatures over Canada, Journal of Climate, Vol.14.PP:1959–1976.
- Easterling, D.R (2002). Recent changes in frost days and the frost-free season in the United States, American Meteorological Society.Vol 83. PP: 1327–1332.
- Fang, X, Wang, A, Fong, S.K, Lin, W and Liu, J (2008). changes of reanalysis-derived Northern Hemisphere summer warm extreme indices during 1948–2006 and links with climate variability, Global and planetary change, Vol.63 PP: 67-78.
- Folland, C. K., T. R. Karl, J. R. Christy, R. A. Clarke, G. V. Gruza, J. Jouzel, M. E. Mann, J. Oerlemans, M. J. Salinger, and S.-W. Wang (2001). Observed climate variability and change, in IPCC Third Assessment Report-Climate Change 2001: The Scientific Basis, PP: 99- 182, Intergov. Panel on Clim. Change, New York.
- Gan TY. (1998). Hydro climatic trends and possible climatic warming in the Canadian Prairies, Water Resources Research, Vol. 34(11). 3009-3015.
- Heino R et al (1999). Progress in the study of climate extremes in northern and central Europe, Clim Change, Vol.42. PP: 151-181.
- Houghton,J.T.,Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C. A. Johnson (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis, 881 PP: Cambridge Univ. Press, New York.
- Lee, T.C, Chan, H.S, Ginn, E.W.L&Wong, M.C (2011). Long-term trends in extreme temperature in Hong Kong and southern China, Advances in atmospheric sciences, Vol.28. PP: 147-157.
- Lee, T.C, Chan, K.Y and Ginn, E.W.L (2010). projection of extreme temperature in Hong Kong in the 21st century, Acta meterologica sinica, Vol.25.PP:1-20.
- Lucio, PS, Silva, AM and Serrano, AI (2010). Changes in occurrences of temperature extremes in continental Portugal: a stochastic approach, Meterological Application, Vol. 17. Pp. 404-418.
- Martinez, MD, Serra, C, Burgueno, A and Lana, X (2010). Time trends of daily maximum and minimum temperatures in Catalonia (ne Spain) for the period 1975–2004, International Journal of Climatology,Vol.30. PP: 267-290.
- McAvaney, B. J., C. Covey, S. Joussaume, V. Kattsov, A. Kitoh, W. Ogana, A. J. Pitman, A. J. Weaver, R. A. Wood, and Z.-C. Zhao (2001). Model evaluation, in IPCC Third Assessment Report-Climate Change 2001: The Scientific Basis, PP: 471 – 524, Intergov. Panel on Clim. Change,New York.
- Rahimzadeh, F, Asgari, A and Fattahi, E (2008). Variability of extreme temperature and precipitation in Iran during recent decades, International Journal of Climatology, Vol. 29. PP:329-343.
- Santos, C.A.C, Neale, C.M.U, Rao, T.V.R and Silva, B.B (2010). Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation over Utah, USA, International Journal of Climatology, Vol 31. PP: 1813-1822.
- Unkasevice, M, Tosic, I (2009). Changes in extreme daily winter and summer temperatures in Belgrade,Theoretical and applied climatology, Vol. 95. PP: 27-38.

Archive of SID

www.SID.ir