Archive of SID

پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۳، پاییز ۱۳۸۹
صص. ۸۲-۶۹

ارزیابی تغییرات طول دوره رشد و یخبندان ناشی از نوسانات اقلیمی

مطالعه موردی: خراسان رضوی

رضا اسماعیلی* ـ دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف‌آباد
مجید حبیبی نوخندان ـ استادیار پژوهشکده اقلیم‌شناسی
غلامعباس فلاح قالهری ـ دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان

پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۴/۲۳ تأیید مقاله: ۱۳۸۹/۲/۷

چکیده

استفاده از مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری در مطالعات برآورد نوسانات اقلیمی این امکان را فراهم ساخته است که بتوان داده‌های آب و هوایی را در مقیاس مکانی و زمانی مناسب تولید کرد. چنین قابلیتی کمک شایانی به مطالعه نوسانات اقلیمی در مقیاس محلی ـ منطقه‌ای است. تشدید پدیده‌های حدی را می‌بایست به عنوان شاخصه‌های اصلی تغییرات اقلیمی دانست که درک و فهم چنین پدیده‌هایی نسبت به میانگین‌ها که هیچ معنای فیزیولوژیکی و روانی ندارند برای افکار عمومی راحت‌تر است. در این تحقیق طول دوره رشد و طول دوره یخبندان به عنوان شاخصه نوسانات اقلیمی مورد بررسی قرار گرفته است. برحسب تعریف ارائه شده، اولین دوره ۶ روزه با میانگین دمای بالای ۵ درجه سانتیگراد بعد از آخرین یخبندان بهاره به عنوان آغاز دوره و آخرین دوره ۶ روزه با میانگین دمای زیر ۵ درجه سانتیگراد به عنوان خاتمه طول دوره رشد در نظر گرفته شده است و طول دوره یخبندان به فاصله زمانی بین بروز اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره اطلاق می‌شود. ارزیابی تغییرات این شاخص‌ها، بین دو دوره اقلیمی گذشته (۱۳۸۴-۱۳۵۵) و دوره اقلیمی برآورد شده یا آینده (۱۴۱۸-۱۳۸۹) در سه ایستگاه همدید مشهد، تربت حیدریه و سبزوار در خراسان رضوی صورت گرفته است. نتایج حاکی از افزایش طول دوره رشد در ایستگاه‌های مشهد و سبزوار، و کاهش در ایستگاه تربت حیدریه در دوره اقلیمی آینده است. این تغییرات در شاخص حدی طول دوره یخبندان نیز مشاهده می‌شود، به‌طوری‌که در هر سه ایستگاه بررسی شده کاهشی بین ۱۵ الی ۱۶ روز رخ خواهد نمود، که نتیجه‌ای منطقی از پدیده گرمایش جهانی است. نتایج آزمون فرض مطرح شده، فقدان همبستگی بین طول دوره رشد دیده‌بانی شده و برآورد شده و همچنین طول دوره یخبندان دیدبانی شده و برآورد شده را، که به‌وسیله ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن در سطح معنی‌داری ۵ درصد صورت گرفته است اثبات می‌کند و نشان‌دهنده فقدان تغییرات معنی‌دار در دوره گذشته و آینده است.

کلیدواژه‌ها: نوسانات اقلیمی، طول دوره رشد، طول دوره یخبندان، ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن.

نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۵۳۳۱۹۲۷۸
* E- mail:esmaili_1384@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

رشد گستردهٔ جمعیت و فعالیت‌های مختلف انسان عمدتاً منجر به افزایش میزان گازکربنیک و سایر گازهای گلخانه‌ای شده است که یکی از عمده‌ترین پیامدهای آن بالا رفتن دمای کره زمین در طی قرن بیستم به میزان ۰/۶ درجه سانتیگراد است (Bonsal et al., 2001, 10). محققان عقیده دارند که پدیده‌های حدی را می‌بایست به عنوان شاخصه‌های اصلی تغییرات اقلیمی برشمرد که مطالعه بر روی آنها می‌تواند نتایج ملموس‌تری از تغییرات را نشان دهد. پدیده‌های حدی به اتفاقات نادری اطلاق می‌شوند که از دیدگاه آماری در ناحیه بالا و پایین توزیع آماری قرار گیرند، به‌طوری‌که احتمال وقوع آن خیلی کم باشد (Cayan, 2001, 8).

در بستر مطالعات اقلیمی، طوفان‌های بزرگ، خشکسالی‌ها و یخبندان‌های شدید، تغییر فاحش و معنی‌دار در طول دوره یخبندان و طول دوره رشد گیاهان و بروز امواج گرمایی زودرس و دیررس و نظایر اینها. از آن جمله‌اند که درک و فهم چنین پدیده‌هایی نسبت به میانگین‌ها که هیچ معنای فیزیولوژیکی ندارد، حتی برای عموم مردم نیز ساده است. در این میان شاخص‌های حدی طول دوره رشد و یخبندان به‌دلیل تأثیرپذیری مستقیم و نمود سریع تأثیرات گرمایش جهانی، بیشتر مورد توجه بوده‌اند.

نتایج بررسی تغییرات این شاخص‌ها که بر روی داده‌های دیده‌بانی شده و در قالب آشکارسازی نوسانات اقلیمی صورت گرفته، حاکی از آن است که طول دوره رشد در مقیاس جهانی به طور متوسط ۷ روز (Easterling, 2001, 421 & Plummer, 1999, 12) و در شمال شرق امریکا ۱۱ روز (Easterling, 2000, 420) افزایش یافته است. همچنین طول دوره یخبندان در اروپای مرکزی و شمالی (Robinson, 2002, 230)، کانادا (Bonsal et al., 2001, 1966)، شمال ایالات متحد (Schwarts, 2000, 931) و منطقه خاورمیانه (Zhang, 2005, 15) به‌طور عمده‌ای کاهش یافته است. نتایج به‌دست آمده از تحقیقاتی که در آذربایجان (مجرد قره‌باغ، ۱۳۷۶، ۹۵، پدرام و همکاران، ۱۳۸۶، ۸۲)، شمال غرب کشور (پژوهشکده هواشناسی، ۱۳۸۵، ۷۳)، نیمه غربی کشور (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۷، ۱۹) و همچنین ۱۶ ایستگاه در سطح کشور (صداقت کردار و همکاران، ۱۳۸۶، ۱۶) صورت گرفته است، نشان از روند افزایشی طول دوره رشد و کوتاه‌تر شدن طول دوره یخبندان در ایران دارد.

دسترسی به دانسته‌هایی از اوضاع آینده که از آن می‌توان به عنوان پیش‌بینی نام برد، در تمامی علوم دارای اهمیت و مقبولیت ویژه‌ای است. در زمینه پیش‌بینی عناصر آب و هوایی اغلب از دو روش عمده استفاده می‌شود: یکی براساس رفتار گذشته داده‌های دیدبانی شده، و دومی براساس ترکیب رفتار گذشته داده‌های دیدبانی شده با داده‌های مدل عمومی گردش جو[1] GCM که تحت عنوان مدل‌های اقلیمی تکمیل و توسعه یافته‌اند. این مدل‌ها در دو گروه دینامیکی و آماری جای می‌گیرند که در حقیقت مدل‌های آماری در جهت رفع نقیصه تفکیک زمانی مکانی نامناسب مدل‌های دینامیکی به‌کار گرفته می‌شوند. هدف از این تحقیق ارزیابی تغییرات طول دوره رشد و تغییرات طول دوره یخبندان به عنوان

1. General Circulation Model

www.SID.ir

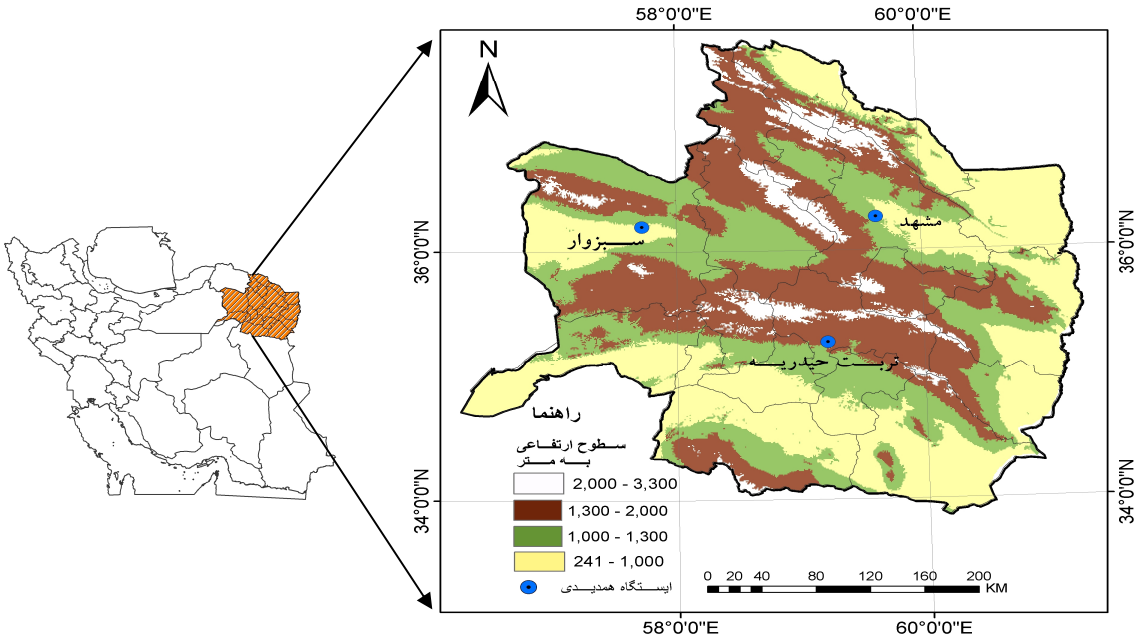
Archive of SID

شاخصه تغییر اقلیم در سه ایستگاه خراسان رضوی در دوره آماری ۱۳۸۴–۱۳۵۵ بـه عنـوان دوره گذشـته، و دوره آمـاری ۱۴۱۸–۱۳۸۵ به عنوان دوره برآورد شده، با استفاده از مدل GCM ECHO-G و سناریوی A1[1] است. با آگاهی از کمیت و کیفیت این تغییرات، می‌توان به مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی دقیق در جهت کـاهش تأثیرهـای نوسـانات اقلیمـی بـر بخش‌های مختلف پرداخت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

به‌دلیل دارا بودن و وجود دوره نرمال اقلیمی (۳۰ سال)، کیفیت مطلوب داده‌ها، توزیع مکـانی مناسـب و همچنـین وجـود اقلیم‌های متفاوت در سطح استان خراسان رضوی، سه ایستگاه همدیدی مشهد با ارتفاع ۹۹۲ متر از سطح دریا به عنـوان نماینده منطقه دشتی با آب و هوای نیمه‌خشک، تربت حیدریه با ارتفاع ۱۴۵۰ متر به عنوان نماینده منطقه کوهـستانی بـا اقلیم سرد و خشک و سبزوار با ارتفاع ۹۷۷ متر از سطح دریا به عنوان نماینده منطقه بیابانی که دارای اقلیم گرم و خشک است، برای مطالعه و بررسی شاخص‌های مدنظر انتخاب شدند. شکل ۱ موقعیت ایـستگاه‌هـای مـورد مطالعـه در اسـتان خراسان رضوی را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان خراسان رضوی

1. Scenario

www.SID.ir

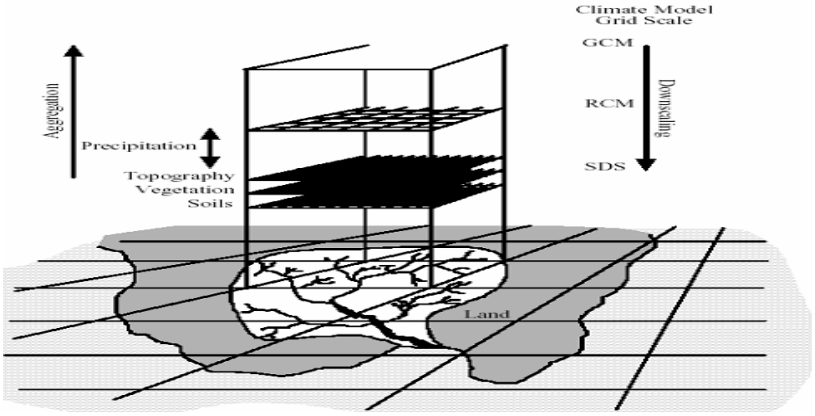
Archive of SID

داده‌های مورد نیاز

آمار روزانه مورد نیاز ایستگاه‌های مورد بررسی در دوره گذشته (۱۳۸۴-۱۳۵۵) و آینده (۱۴۱۸-۱۳۸۹) از اداره کل هواشناسی خراسان رضوی دریافت گردید. برای دوره اقلیمی آینده از داده‌های برآورد شده مدل GCM ECHO-G سناریوی A1 که با استفاده از مدل آماری LARS-WG در مقیاس ایستگاهی و روزانه ریزمقیاس شده‌اند، استفاده گردید.

مدل LARS-WG

به‌طور کلی مدل‌هایی که در ارزیابی تغییر اقلیم مورد استفاده قرار می‌گیرند، بر دو نوع‌اند: ۱- مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی[1] دینامیکی؛ و ۲- مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری. استفاده از مدل‌های دینامیکی برای ریزمقیاس‌نمایی خروجی مدل‌های گردش عمومی جو با محدودیت زمانی اجرای مدل مواجه است. اما مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری کاربران را قادر می‌سازد تا خروجی مدل‌های گردش عمومی جو را به گونه‌ای ریزمقیاس کنند که داده‌های تولیدی شباهت زیادی با مقیادیر داده‌های ثبت شده در یک ایستگاه داشته باشند. این فرایند از طریق همبستگی آماری بین خروجی مدل‌های گردش عمومی جو در گذشته با داده‌های دوره آماری در ایستگاه هواشناسی واقع در یک شبکه مدل اقلیمی به‌دست می‌آید، و سپس این همبستگی به دوره مورد مطالعه در آینده عمومیت داده می‌شود. در این مدل‌ها شرایط طبیعی مانند توپوگرافی، پوشش گیاهی و جز اینها که در اقلیم ناحیه مؤثر است، مدنظر قرار می‌گیرد (شکل ۲). برای بررسی قدرت مدل‌های مولد آب و هوا[2]، داده‌های آب و هوایی تولید شده به‌وسیله آن با داده‌های دوره آماری ثبت شده در ایستگاه هواشناسی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در صورتی که نتایج پذیرفتنی باشد، از مدل مورد نظر برای تولید سناریوهای آینده استفاده می‌گردد. از مهم‌ترین مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری می‌توان به مدل LARS-WG اشاره کرد که مولد مصنوعی داده‌های آب و هواشناسی است.



شکل ۲. ساختار ریزمقیاس‌نمایی

1. Down scaling
2. Weather Generator

www.SID.ir

Archive of SID

این مدل می‌تواند برای شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی در مکان واحد، تحت شرایط اقلیم حال و آینده به‌کار رود. نسخه اولیه LARS-WG در بوداپست طی سال ۱۹۹۰ به عنوان بخشی از پروژه ارزیابی ریسک‌های کشاورزی در کشور مجارستان ابداع شد (Roscoe, 1991, 27). کارایی مدل LARS-WG به‌وسیله زمنف در سال ۱۹۹۰ در ۱۸ ایستگاه هواشناسی واقع در امریکا و اروپا و آسیا مورد ارزیابی قرار گرفت (Semenov, 1998, 10). امروزه به‌کاریگری مدل‌های اقلیمی در مطالعات ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بسیار مورد توجه و رو به گسترش است و محققانی همچون سیروتکنو[1] (۲۰۰۱)، ویزای[2] و همکاران (۲۰۰۳)، جونز[3] و همکاران (۲۰۰۳)، فینگ‌میاو[4] و همکاران (۲۰۰۷)، برزگر و همکاران (۱۳۸۶) و جعفری‌مقدم و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از مدل‌های اقلیمی به ارزیابی نوسانات اقلیمی و تأثیرات آن در آینده پرداخته‌اند.

طول دوره رشد و یخبندان

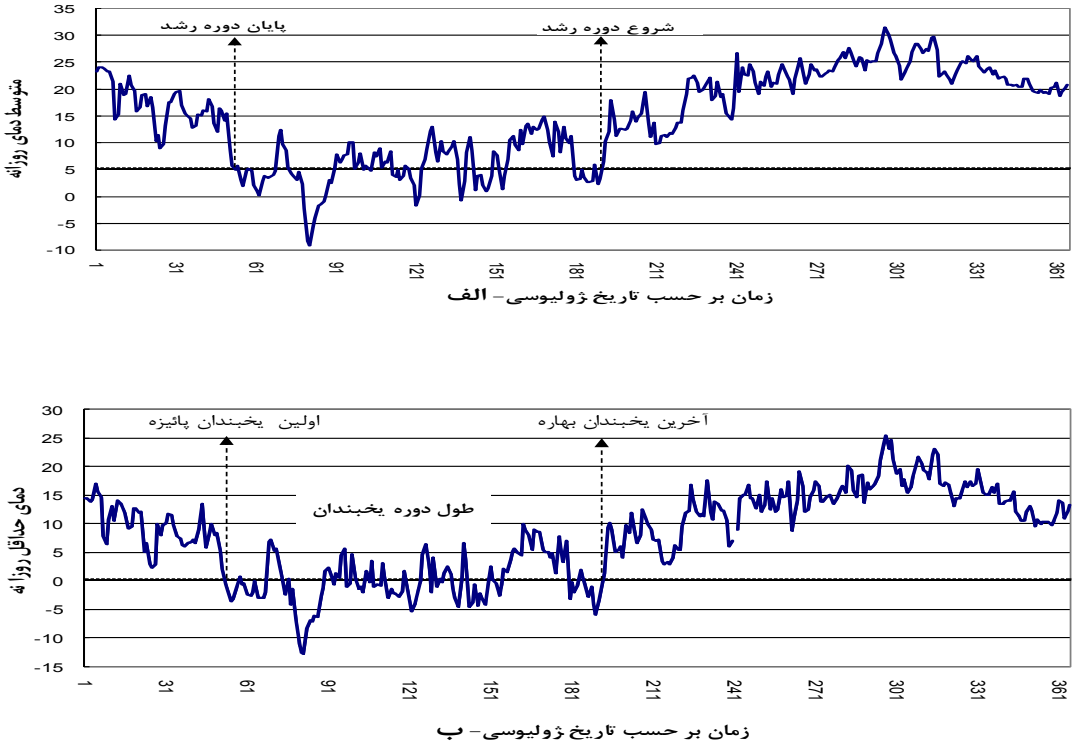
در بسیاری از منابع، فاصله زمانی بین آخرین رخداد دمای صفر درجه در بهار و اولین رخداد دمای صفر درجه در پاییز را دوره رشد تلقی کرده‌اند؛ هر چند این فاصله زمانی با دوره بدون یخبندان مصداق بیشتری دارد. از طرفی چون الزاماً شروع رشد گیاهان به وقوع دماهای صفر درجه بستگی ندارد، مناسب‌تر است که از شاخصی استفاده شود که طول این دوره را به گونه‌ای تشریح کند که بیشترین مطابقت را با شرایط واقعی داشته باشد. برطبق تعریف ارائه شده از سوی گروه تغییرپذیری کمیسیون اقلیم‌شناسی سازمان هواشناسی جهانی، در نیمکره شمالی فاصله زمانی بین اولین دوره بعد از ژوییه (دهم تیر) که حداقل ۶ روز متوالی، دمای میانگین روزانه بیشتر از ۵ درجه سانتیگراد و اولین دوره ۶ روزه با میانگین دمای روزانه کمتر از ۵ درجه سانتیگراد، طول دوره رشد محسوب می‌شود (صداقت کردار، ۱۳۸۶). اما به‌دلیل شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه و به وقوع پیوستن چنین شرایطی قبل از تاریخ ذکر شده در این تحقیق، شروع دوره رشد بعد از میانگین وقوع آخرین یخبندان بهاره که حداقل ۶ روز متوالی، دمای میانگین روزانه بیشتر از ۵ درجه سانتیگراد باشد، به عنوان آغاز دوره رشد محاسبه گردیده، و اولین دوره ۶ روزه با میانگین دمای روزانه کمتر از ۵ درجه سانتیگراد، به عنوان خاتمه دوره در نظر گرفته شده است.

به تعداد روزهای بین میانگین اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره اطلاق می‌شود که دوره اصلی سرماست. به عبارت دیگر، حد فاصل آخرین روز غیریخبندان در پاییز یا اوایل زمستان و آخرین روز یخبندان در اوایل بهار یا اواخر زمستان، دوره یخبندان اطلاق می‌شود (میرمحمدی میبدی، ۱۳۸۲). اما بیان این دوره برحسب تعداد روز، به این معنی نیست که یخبندان هر روز افتاق می‌افتد؛ و در حقیقت در طول فصل یخبندان احتمال وقوع دماهای زیر صفر درجه وجود دارد. شکل ۳–الف، نمودار فرضی طول دوره رشد طی یک سال زراعی و نحوه محاسبه شروع و خاتمه آن و شکل ۳–ب نمودار فرضی طول دوره یخبندان و نحوه محاسبه آن را برحسب تاریخ ژولیوسی، نشان می‌دهد.

1. Sirotekno
2. Weiss A
3. Jones PD
4. fengmei Yao

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. نمودار فرضی الف: طول دوره رشد، و ب: طول دوره یخبندان

ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن

برای اندازه‌گیری خطی بین دو متغیر در مواقعی که x_i و y_i داده‌های کمی باشند، از ضریب همبستگی (r_{xy}) پیرسون استفاده می‌شود. اما در بسیاری از مواقع که داده‌های اسمی یا رتبه‌ای در میان هستند، ضریب همبستگی معمولی کاربرد ندارد و به جای آن می‌توان از روش‌های ضریب همبستگی کندال[1] یا ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن[2] استفاده کرد. در این روش‌ها، جامعه آماری به جای اینکه برحسب مقادیرشان گروه‌بندی گردند، براساس ترتیب و مرتبه آنها گروه‌بندی می‌گردد که مرتبه هر کدام مرتبط با ارزش‌گذاری‌هایی است که برای یک صفت بارز به عمل می‌آید (مهدوی، ۱۳۸۳). اغلب ضریب همبستگی من ـ کندال برای جامعه آماری کوچک (حجم کوچک‌تر از ۲۰) کاربرد دارد و با توجه به دوره ۳۰ ساله آماری مورد بررسی در این تحقیق از روش همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن استفاده شده است. مراحل محاسبه ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن بدین شرح است:

۱. مقادیر x_i از x و y_i از y رتبه‌بندی می‌گردد. سپس مقادیر $d_i = x_i - y_i$ محاسبه می‌شود.

۲. ضریب همبستگی از رابطه (۱) به‌دست می‌آید.

1. Kendall
2. Spearman

www.SID.ir

Archive of SID

$$r_s = ۱ - \frac{۶\sum d_i^۲}{n(n^۲ - ۱)}$$ رابطه (۱)

ناحیه رد عبارت از مقدار بحرانی $\geq |r_s|$ است که مقدار بحرانی از جدول ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن به دست می‌آید (شیرازی، ۱۳۸۳).

مواد و روش‌ها

با استفاده از داده‌های آماری ذکر شده در بخش قبل، برای هر ایستگاه بانک داده‌های روزانه شامل دمای کمینه و بیشینه، در محیط نرم‌افزار Microsoft access 2007 تشکیل شد. سپس داده‌های مورد نظر در سال‌های مختلف برحسب طول دوره رشد و یخبندان در دوره آماری گذشته و آینده (خروجی مدل LARS WG) استخراج و رتبه‌بندی گردید. در مرحله بعد، از روش همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن برای آزمون فرض فقدان همبستگی معنی‌دار بین طول دوره رشد گذشته و آینده، همچنین طول دوره یخبندان گذشته و آینده (برآورد شده) استفاده گردید. لازم به ذکر است که این ضریب در مورد جوامع آماری‌ای که دارای داده‌های آماری اسمی یا رتبه‌ای هستند، کاربرد دارد. آزمون‌های فرض مطرح شده در این تحقیق عبارت‌اند از:

برای طول دوره رشد

$\begin{cases} H_۰ : r_s = ۰ & \text{بین طول دوره رشد گذشته با طول دوره رشد آینده همبستگی وجود ندارد} \\ H_۱ : r_s \neq ۰ & \text{بین طول دوره رشد گذشته با طول دوره رشد آینده همبستگی وجود دارد} \end{cases}$

برای طول دوره یخبندان

$\begin{cases} H_۰ : r_s = ۰ & \text{بین طول دوره یخبندان گذشته با طول دوره یخبندان آینده همبستگی وجود ندارد} \\ H_۱ : r_s \neq ۰ & \text{بین طول دوره یخبندان گذشته با طول دوره یخبندان آینده همبستگی وجود ندارد} \end{cases}$

یافته‌های تحقیق

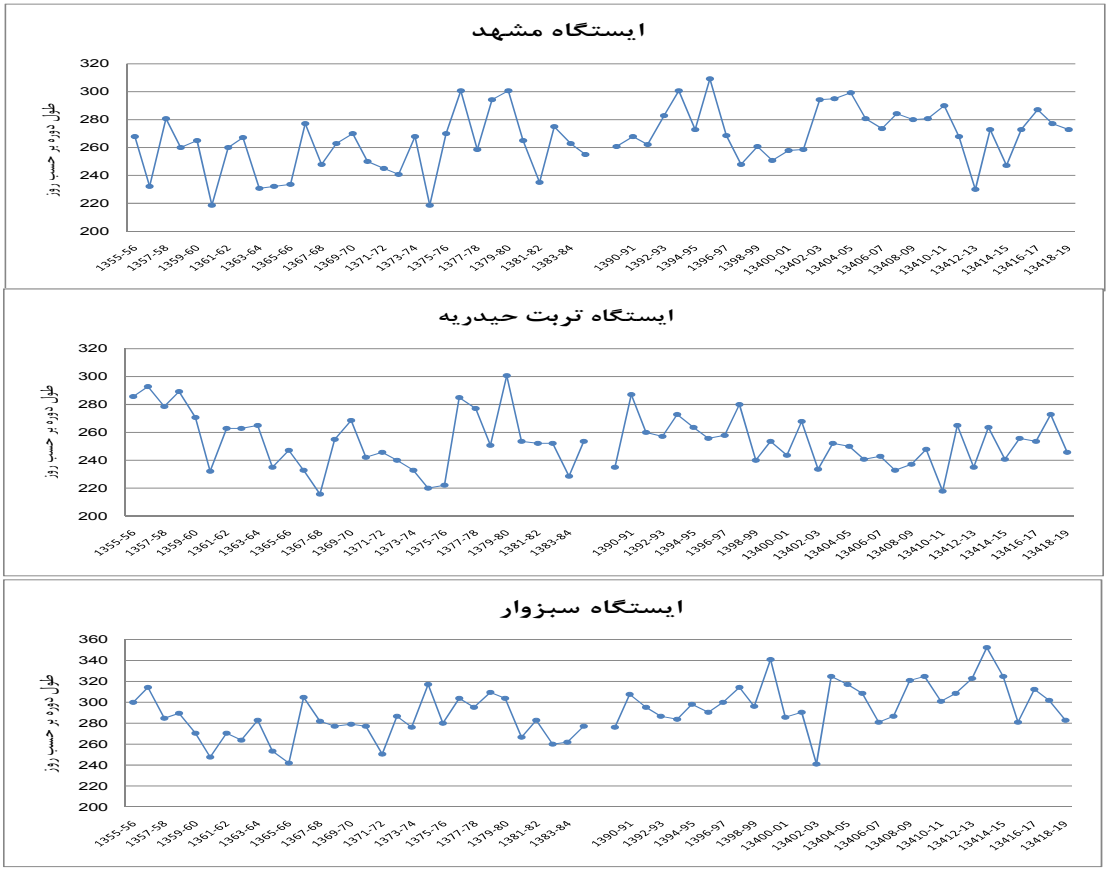
شکل ۴ و جدول ۲ به ترتیب تغییرات طول دوره رشد و میانگین تغییرات در دو دوره آماری را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که در دو ایستگاه مشهد و سبزوار افزایش و در ایستگاه تربت حیدریه کاهش ۳ روزه طول دوره رشد را در دوره اقلیمی آینده شاهد خواهیم بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. نتایج محاسبات طول دوره رشد در طی دو دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۵۵ و ۱۴۱۸-۱۳۸۹

ایستگاه	دوره آماری ۱۳۸۴- ۱۳۵۵			دوره آماری ۱۴۱۸-۱۳۸۹			تغییرات	
	تاریخ شروع	تاریخ خاتمه	طول دوره بر حسب روز	تاریخ شروع	تاریخ خاتمه	طول دوره بر حسب روز	کاهش (روز)	افزایش (روز)
مشهد	۸ فروردین	۲۱ آذر	۲۵۸	۲۹ اسفند	۲۸ آذر	۲۷۳	–	۱۵
تربت‌حیدریه	۹ فروردین	۱۷ آذر	۲۵۵	۹ فروردین	۱۵ آذر	۲۵۲	۳	–
سبزوار	۲۷ اسفند	۲ دی	۲۸۰	۱۳ اسفند	۱۰ دی	۳۰۲	–	۲۲



شکل ۴. تغییرات طول دوره رشد در طی دوره گذشته و آینده در ایستگاه‌های مورد مطالعه

میزان ضریب همبستگی اسپیرمن r_s، برای داده‌های رتبه‌بندی شده طول دوره رشد گذشته و آینده با استفاده از فرمول ذکر شده در بخش قبل، به‌وسیله نرم‌افزار SPSS محاسبه گردید. بعد از محاسبه ضرب همبستگی اسپیرمن، این مقدار با مقادیر بحرانی این ضریب در سطح معنی‌داری ۵ درصد مورد مقایسه و بررسی آماری قرار گرفته و فرض صفر

www.SID.ir

Archive of SID

مبنی بر فقدان همبستگی بین طول دوره رشد گذشته و آینده برای هر سه ایستگاه مورد بررسی، آزمون گردید. نتایج این بررسی‌ها در جدول ۳ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، چون مقادیر ضریب همبستگی محاسبه شده برای هر سه ایستگاه مورد بررسی، کوچک‌تر از مقدار بحرانی در جدول است؛ بدین ترتیب نمی‌توان فرض صفر را رد کرد و بنابراین فرض صفر مبنی بر فقدان همبستگی بین طول دوره رشد گذشته و آینده در سطح معنی‌دار ۵ درصد پذیرفته می‌شود.

جدول ۳. نتایج حاصل از محاسبه ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن و آزمون فرضیات

ایستگاه	ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن به دست آمده	مقادیر بحرانی ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن	آزمون فرض H0 : rs =0
مشهد	۰/۱۲۹	۰/۳۰۵	تایید
تربت حیدریه	۰/۰۶۱	۰/۳۰۵	تایید
سبزوار	۰/۲۲۴	۰/۳۰۵	تایید

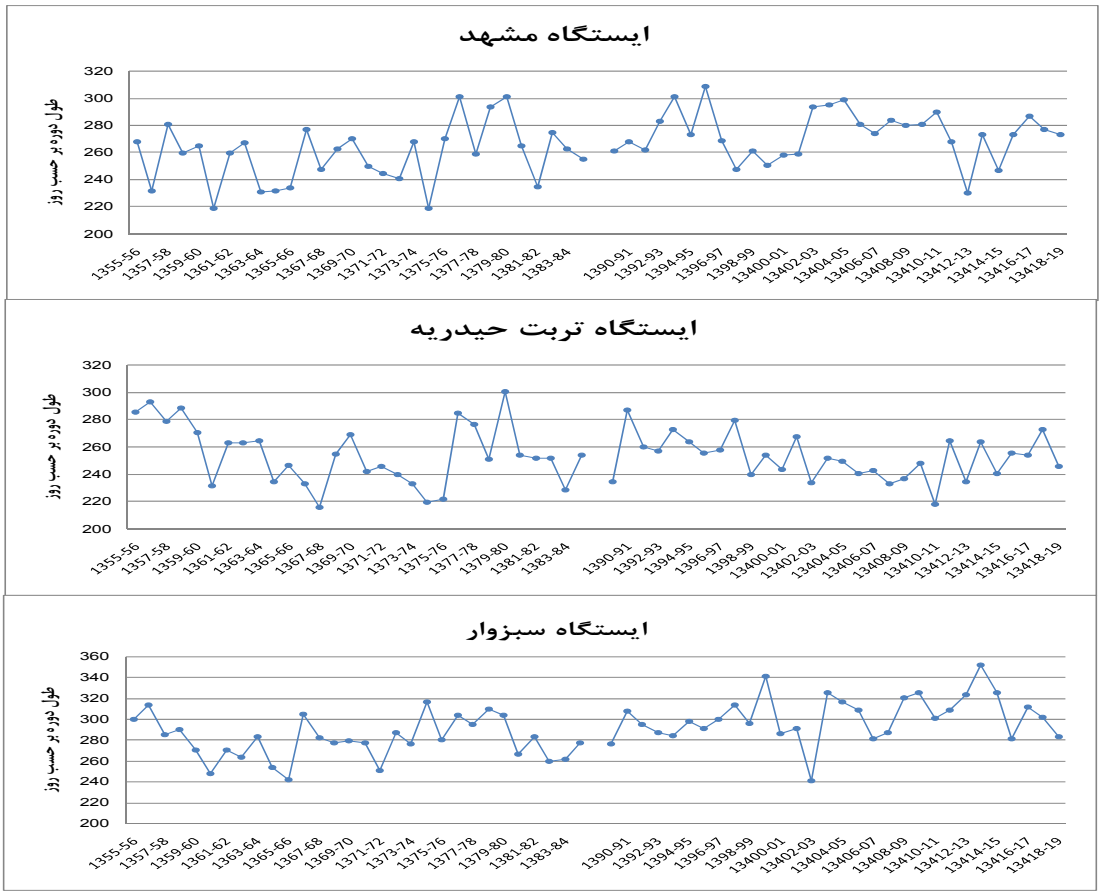
شاخص طول دوره یخبندان به‌خوبی می‌تواند بیانگر وضعیت دمایی باشد زیرا در افکار عمومی درک‌شدنی است و نوسانات آن بسیار ملموس است. کوتاه شدن این دوره را می‌توان از آثار گرمایش جهانی برشمرد که به طور مستقیم در نوع نزولات جوّی، درصد رواناب‌ها و میزان تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، کنترل و انتشار آفات و تأمین نیازهای سرمایی و فیزیولوژیکی گیاهان در کشاورزی و نظایر اینها دارای اهمیت است. با توجه به تعریف ارائه شده و با استفاده از نرم‌افزارهای آماری، تاریخ وقوع اولین و آخرین یخبندان و در هر سال برای ایستگاه‌های مورد بررسی محاسبه و نمودار تغییرات آن در طی دو دوره ترسیم شده است (شکل ۵). در جدول ۴ به‌طور خلاصه افزایش یا کاهش شاخص به صورت میانگین در طی دو دوره آماری ذکر گردیده است. نتایج جدول ۴ نشان‌دهنده کاهش طول دوره یخبندان در هر سه ایستگاه مورد مطالعه است. وقوع همراه با تأخیر یخبندان‌های پاییزه و به اتمام رسیدن زودتر از موعد یخبندان‌های بهاره، حاکی از کوتاه‌تر شدن طول دوره یخبندان و مهم‌تر از آن کاهش خطر سرمازدگی است. البته باید توجه داشت که در این محاسبات، میانگین دوره آماری مورد استفاده قرار گرفته است و در مقوله کاهش خطرهای یخبندان‌ها، بایستی به بروز حدی آنها توجه خاص مبذول گردد.

جدول ۴. نتایج محاسبات طول دوره یخبندان، طی دو دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۵۵ و ۱۴۱۸-۱۳۸۹

ایستگاه	دوره آماری ۱۳۸۴- ۱۳۵۵			دوره آماری ۱۴۱۸-۱۳۸۹			تغییرات	
	اولین یخبندان پاییزه	آخرین یخبندان بهاره	طول دوره یخبندان	اولین یخبندان پاییزه	آخرین یخبندان بهاره	طول دوره یخبندان	کاهش (روز)	افزایش (روز)
مشهد	۱۲ آبان	۸ فروردین	۱۴۶	۱۹ آبان	۲۹ اسفند	۱۳۰	-۱۶	–
سبزوار	۸ آذر	۲۷ اسفند	۱۰۹	۹ آذر	۱۳ اسفند	۹۴	-۱۵	–
تربت	۳ آذر	۹ فروردین	۱۲۶	۱۵ آبان	۸ فروردین	۱۴۲	-۱۶	–

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. تغییرات طول دوره یخبندان، طی دوره گذشته و آینده در ایستگاه‌های مورد مطالعه

نتایج حاصل از مقایسه طول دوره یخبندان گذشته و آینده (برآورد شده)، حاکی از کاهش طول دوره یخبندان در آینده است؛ ولی آیا این تغییرات از لحاظ آماری معنی‌دار است یا خیر؟ نتایج حاصل از محاسبه ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن و همچنین آزمون فرضیات مندرج در جدول ۵، فرض صفر مبنی بر فقدان همبستگی بین طول دوره یخبندان گذشته و آینده در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ را در ایستگاه‌های مورد مطالعه تأیید می‌کند. به عبارت دیگر، چون مقدار p-Value برای آزمون ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن بیش از ۵ درصد است، لذا نمی‌توان فرض صفر را در سطح ۵ درصد رد کرد. بنابراین نتیجه می‌گیریم که بین تغییرات طول دوره گذشته و آینده در سطح ۵ درصد تغییرات معنی‌داری مشاهده نمی‌شود.

جدول ۵. نتایج حاصل از محاسبه ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن و آزمون فرضیات تغییرات طول دوره یخبندان

ایستگاه	ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن به دست آمده	مقادیر بحرانی ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن	آزمون فرض H0 : rs =0
مشهد	۰/۰۲۸	۰/۳۰۵	تأیید
تربت حیدریه	۰/۱۶۱	۰/۳۰۵	تأیید
سبزوار	۰/۱۶۰	۰/۳۰۵	تأیید

www.SID.ir

Archive of SID

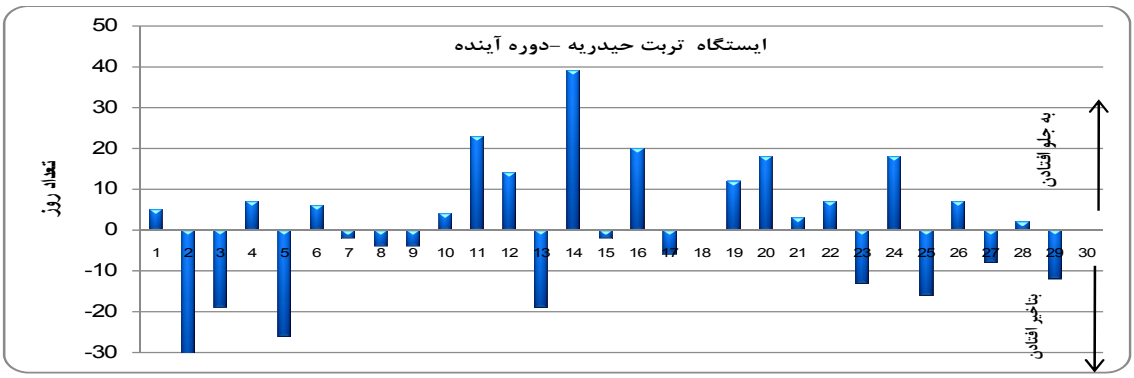
با توجه به نتایج به دست آمده، طول دوره یخبندان در هر سه ایستگاه مورد بررسی کاهش می‌یابد، که این در واقع نتیجه‌ای منطقی از گرمایش جهانی است و منطبق با نتایج به‌دست آمدهٔ دیگر محققان (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۷، ۱۹) و (صداقت کردار و همکاران، ۱۳۸۶، ۱۸۶) است که با هدف آشکارسازی تغییر اقلیم بر روی داده‌های گذشته در کشور انجام پذیرفته است.

نکته درخور توجه در نتایج به‌دست آمده، تأثیر متفاوت نوسانات اقلیمی در شاخص طول دوره رشد در سطح منطقه مورد مطالعه است، به گونه‌ای که طول این دوره در ایستگاه مشهد و سبزوار دارای روندی افزایشی خواهد داشت، اما در ایستگاه تربت‌حیدریه روند آن کاهشی خواهد بود. شاید بتوان این تناقض را به دلیل فراهم نشدن شرایط لازم برای شروع دوره رشد همراه با ضریب تغییرات و نوسانات زیاد درجه حرارت‌های روزانه در این ایستگاه دانست. جدول ۶ ضریب تغییرات درجه حرارت روزانه هر سه ایستگاه را نشان می‌دهد، که خود بیانگر بیشتر بودن ضریب تغییرات درجه حرارت روزانه ایستگاه تربت‌حیدریه نسبت به دو ایستگاه دیگر است.

جدول ۶. ضریب تغییرات درجه حرارت روزانه در سه ایستگاه مورد مطالعه

نام ایستگاه	میانگین درجه حرارت روزانه	انحراف معیار درجه حرارت روزانه	ضریب تغییرات درجه حرارت روزانه
مشهد	۱۴/۹	۸/۳۴	۵۶/۰۱
سبزوار	۱۸/۳	۹/۰۹	۴۹/۶
تربت حیدریه	۱۴/۴	۸/۵	۵۹/۶

همچنین شکل ۶ ناهنجاری‌های تاریخ وقوع آخرین یخبندان بهاره را به‌عنوان عامل مهمی در شروع دوره رشد نشان می‌دهد. نتایج این تحلیل حاکی از آن است که به‌طور متوسط تاریخ وقوع یخبندان بهاره تربت حیدریه در دوره اقلیمی آینده به تأخیر خواهد افتاد، که این به معنای دیرتر شروع شدن طول دوره رشد و کوتاه‌تر شدن این دوره است. نتایج به‌دست آمده در دو ایستگاه دیگر حاکی از عقب‌نشینی تاریخ وقوع یخبندان‌های بهاره است که با نتایج به‌دست آمده از طول دوره رشد مطابقت دارد.



شکل ۶. بروز ناهنجاری در تاریخ وقوع آخرین یخبندان بهاره (نسبت به میانگین دوره گذشته برحسب روز) در ایستگاه تربت حیدریه

www.SID.ir

Archive of SID

اما این‌گونه افت و خیزها و نوسانات دمایی را در عین حال می‌توان در عواملی همچون ماهیت کوهستانی و نیز موقعیت نسبی ایستگاه سینوپتیک این شهر دانست، به گونه‌ای که برخلاف شهرهای مشهد و سبزوار که توسعه فیزیکی شهر باعث در بر گرفتن ایستگاه شده است، به‌نظر می‌رسد که ایستگاه تربت حیدریه ـ که در فاصله ۷ کیلومتری از مرکز شهر قرار دارد ـ از این موضوع کمتر تأثیر پذیرفته باشد. چنین تأثیری می‌تواند در ثبت و روند داده‌های گذشته که در برآورد داده‌های آینده دخالت داده می‌شود، تأثیرگذار باشد. علاوه بر این، ایستگاه تربت حیدریه با ارتفاع ۱۴۵۰ متر از سطح دریا، در مقایسه با ایستگاه‌های مشهد با ۹۹۹ متر و سبزوار با ۹۷۷ متر ارتفاع، دارای ماهیتی نسبتاً کوهستانی است که با توجه به تبعیت دمای روزانه و به‌خصوص وقوع دماهای حداقل از شکل و آرایش ناهمواری‌ها در منطقه، می‌تواند نوسانات زیاد دمایی این ایستگاه را توجیه کند.

در نهایت می‌توان گفت که چنین نتایج متناقض و متفاوتی در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه در مطالعات قبلی هم دیده شده است. به عنوان مثال، عزیزی (۱۳۸۷، ۱۹) در تحقیقی که با هدف آشکارسازی تغییر اقلیم در غرب کشور انجام داد، دریافت که میانگین درجه حرارت روزانه در برخی از ایستگاه‌ها دارای روندی کاهشی و در برخی دیگر دارای روندی افزایشی بوده است. در حقیقت می‌توان گفت که این قبیل تفاوت‌های مکانی جزء ذات اقلیم محسوب می‌شود و توان آشکارسازی این تغییرات جزء مزیت‌ها و قابلیت‌های عمده مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی در مطالعات منطقه‌ای و محلی است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با در نظر گرفتن دو پدیده طول دوره رشد و طول دوره یخبندان و مقایسه آنها در دو دوره دیدبانی شده و دوره برآورد شده، سعی بر آشکارسازی نوسانات اقلیمی و نشان دادن تصویر واضح‌تری از اقلیم آینده بوده است. مقایسه نتایج بین دو دوره گذشته و آینده حاکی از افزایش طول دوره رشد و کاهش عمدهٔ طول دوره یخبندان است، که خود پیامد منطقی گرمایش جهانی است. براساس خروجی‌های مدل به کار گرفته شده، در بین ایستگاه‌های مورد بررسی، مشهد ۱۵ روز و سبزوار ۲۲ روز افزایش و ایستگاه تربت حیدریه ۳ روز کاهش طول دوره رشد در میانگین ۳۰ سال آینده را خواهند داشت (جدول ۲).

مقایسه آماری طول دوره یخبندان حاکی از کاهش جدّی طول دوره یخبندان در هر سه ایستگاه مشهد به میزان ۱۶ روز، تربت حیدریه ۱۶ روز و سبزوار ۱۵ روز است (جدول ۴). این حالت به معنی به تأخیر افتادن بروز یخبندان‌های پاییزه و بهاره است که مبنای محاسبه این دوره قرار گرفته است. به‌عبارت دیگر، کاهش تأثیرات یخبندان‌های زودرس و دیررس در دوره اقلیمی آینده مشاهده خواهد شد. نتایج آزمون فرضیات مطرح شده، فقدان همبستگی بین طول دوره رشد و طول دوره یخبندان در دوره دیدبانی شده و آینده را که به‌وسیله ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن در سطح معنی‌دار ۵ درصد صورت گرفته است، به اثبات می‌رساند و تغییرات شاخص‌ها در دوره اقلیمی آینده مستقل از دوره گذشته عمل خواهد کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

لازم به یادآوری است که نتایج به دست آمده از این تحقیق، نتایج محققان دیگر مانند صداقت‌کردار و رحیم‌زاده (۱۳۸۵) را مبنی بر افزایش طول دوره رشد و کاهش طول دوره یخبندان در ایستگاه مشهد تأیید می‌کند. همچنین نتایج به‌دست آمده از این تحقیق منطبق بر نتایج به‌دست آمده به‌وسیله محققانی همچون هینو و همکاران (۱۹۹۹) و بونسال (۲۰۰۰)، مبنی بر کاهش طول دوره یخبندان در اروپای شمالی و کاناداست.

سپاس و قدردانی

نگارندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را از مسئولان محترم مرکز ملی اقلیم و پژوهشکده اقلیم‌شناسی به دلیل در اختیار قرار دادن آمار و اطلاعات مورد نیاز ابراز می‌دارند.

منابع

Azizi, Gh., Shamsipoor, A.A., Yarahmadi, D., 2009, **The Climate Change Detection in Iran Half–Westerly by Using Multivariate Statistical Analysis**, Researches in Geography Journal, Tehran University, Issue 66.

Bonsal, B., R.X. Zhang, L.A. Vincent, and W.D. Hogg, 2001, **Characteristics of Daily and Extreme Temperature Canada Climate**, 14, 1959-1979.

Cayan, D.R., S. Kammerdiener , M. Designer, J .Capiro , and D. Peterson, 2001, **Change in the Onset of Spring in the Western United Sate Bull Amer Meteor,** soc. 82, pp. 399-415.

Easterling, D. R., J.L. Evans, P.YA. Groisman, T.R. Karl, K., E. Kunkel and P. Ambenje, 2000, **Observed Variability and Trend in Extreme Climate Events: A Brief Review**, Bulletin of the American Meteorological Society, 81(3), pp. 417-425.

Fengmei Yao,Yinglong Xu, Erda Lin, Masayuki Yokozawa, Jiahua Zhang, 2007, **Assessing the Impacts of Climate Change on Rice Yields in the Main Rice Areas of China**, Climatic Change, 80, pp. 395-409.

Heino, R. and Coauthors , 1999**, Progress in the Study of Climate Extremes in Northern and Central Europe**, Climate change, 42, pp. 151-181.

Jones P.D., Lister D.H., Jaggard K.W., Pidgeon J.D., 2003, **Future Climate Impact on the Productivity of Sugar Beet in Europe**, Clim Change 58, pp. 93–108.

Mahdavi, M., Taherkhani, M., 2005, **Statistics Application in Geography,** Ghoomes Publisher, The first Publication.

Meteorology Research Institute, 2007, The Final Report of a Project: the Study of Climatic Extreme Event in Iran.

Mir Mohammad Meybodi, M.A., Torkesh Esfahani, S., 2004, **The Management of Cold Stresses and Frost of Agricultural and Rebellious Plants**, Jahade Daneshgahi Publishers, Isfahan Industrial Branch.

Mojarad Gharebagh, F., 1989, **The Analysis and Forecast of Frost in Azerbaijan,** Ph.D. thesis, Tarbiat Moaalem University, Tehran.

www.SID.ir

Archive of SID

Pedram, M., 2008, **Investigation of the Changes of Non-Frost Length and Numbers of Frost Days in West and East Azerbaijan Provinces**, Isfahan University Science Journal, issue 3.

Plummer, N., 1999, **Marine Climate-metadata and Standards**, In International Workshop for port Meteorologicla Officers from RAs II and V, Melburne, Australia, pp. 8-12.

Rasco, P. Szeidl, L., and Semenov, M.A., 1991**, A Serial Approach to Local Stochastic Models**, Ecological Modeling 57, pp. 27-41.

Robenson S.M., 2002, **Increasing Growing- season in Illinois during the 20 the Century**, Climate Change 52, pp. 219 -238 .

Schwarts, M. D., and B. Reiter, 2000, **Changes in North American Spring,** int. Climatol, 20, pp. 929-932.

Sedaghat Kerdar, A., Rahimzade, F., 2008, **The Changes of Growth Season Length in Second Half of 20 Century in Iran**, Investigate in Constructiveness Quarterly, isuee 75.

Semenov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M. and Richardson, C.W., 1998, **Comparison of the WGEN and LARS-WG Stochastic Weather Generators for Diverse Climates,** Climate Research 10 pp. 95-107.

Shirazi, M., 2005, **Methods of Applied Statistics with Statistics Approach in Research**, Shokohe Andishe publisher, the first Publication.

Sirotekno, O., 2001, **The Global Greenhouse Effect**, Agro Ecosystems and the Future of Agriculture,WMO, CAGM report, NO 77 b.

Weiss A., Hays J., Won J., 2003, Assessing **Winter Wheat Responses to Climate Change Scenarios: A Simulation Study in the US Great Plans,** Clim Chang 58:119–147.

Zhang, X., E., Aguilar, S., Sensoy, H. Melkonyan, U. Tagiyeva, N. Ahmed, N. Kutaladze, F. Rahemzadeh , A. Taghipour , T. H . Hantosh, P. Albert, M. Semawi, M. Karem Ali, A. Halal Said Al –Shabibi, Z. Al –Oulan, Taha zatari, I, Al Dean Khalet, S. Hammond, M. Demircan M. Eken, M. Adiguzel, l. Alexander m t. C. Peterson and T. Walis, 2005, **Trends in Middle East, Climate Extremes Indices During 1930-2003**, J.Geophys.Res, D22104, DOI: 10.1029/2005JD006181.

www.SID.ir