Archive of SID

در
زراعت و باغبانی شماره ۷۵، تابستان ۱۳۸۶
پژوهش و سازندگی

تغییرات طول دوره رشد گیاهی در نیمه دوم قرن بیستم در کشور

• **عبدا.. صداقت کردار**
عضو هیأت علمی پژوهشکده هواشناسی
• **فاطمه رحیم‌زاده**
عضو هیأت علمی پژوهشکده هواشناسی
تاریخ دریافت: فروردین‌ماه ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۵
Email: aseda@irimet.net

چکیده

تغییرات طول دوره رشد گیاهان و محصولات زراعی یکی از اثرات پدیدهٔ گرمایش جهانی است. بهار زودرس و تأخیر در آغاز شرایط پائیز این وضعیت را تشـدید نموده است. بر اساس مطالعاتی که در دهه‌های اخیر انجام شـده، طول دوره رویش گیاهی در مناطق زیادی از عرض‌های جغرافیایی میانی و بالای نیمکره شمالی، به همراه افزایش دمای کره زمین افزایش یافته است. به دلیل گوناگونی و تنوع در طول دوره رویش گیاهان مختلف، تعاریف متعددی در این زمینه وجود دارد، لکن برای برخی از کاربردها از جمله مدل‌های اقلیمی و تغییرات آن که به منظور تفسـیر گرمایش جهانی، توصیف جنگل و مناطق کشـاورزی به کار گرفته می‌شود، ارائه یک شاخص عمومی مستقل از گونه گیاه، مناسب بنظر می‌رسد. یکی از این تعاریف شاخص حدی طول دوره رویش[1] می‌باشد که توسط گروه تغییر پذیری کمیسیون اقلیم شناسی[2] تعریف شده است. بر اساس این تعریف، در نیمکره شمالی فاصله زمانی بین اولین دوره بعد از اول جولای (دهم تیر)، که حداقل ۶ روز متوالی، دمای میانگین روزانه بیشتر از ۵ درجه‌سانتی‌گراد باشد و اولین دوره ۶ روزه با دمای میانگین روزانه کمتر از ۵ درجه‌سانتی‌گراد طول دوره رویش محسوب می‌شود. در نیمکره جنوبی این فاصله زمانی از اول ماه ژانویه در نظر گرفته می‌شود. در این مقاله سعی شده است شاخص حدی طول دوره رویش مذکور به همراه تعداد روزهای یخبندان[3] و تعداد روزهای یخی[4]، براساس داده‌های روزانه ۱۶ ایستگاه سینوپتیک کشور که دارای داده‌های مناسب و همگن می‌باشند در دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۱ میلادی مطابق با ۸۲-۱۳۳۰ شمسی محاسبه و ارائه شود. با توجه به آنکه داده‌های ایستگاههای سینوپتیک کشور به سال میلادی ثبت می‌گردد و به منظور مقایسه نتایج این مطالعه با آنچه که در سطح جهانی بدست آمده، انجام این کار نیز در مبنای سـال میلادی صورت پذیرفته اسـت. به دلیل تنوع اقلیمی موجود در کشور و گستردگی آن در عرض‌های جغرافیایی بالا و پائین مشاهده می‌شود که این شاخص در عرض‌های جغرافیایی بالاتر در مقایسه با عرض‌های پایئن جغرافیایی معنی‌دار است و یا به عبارت دیگر در ایستگاه‌های جنوبی کشور نظیر بوشهر و آبادان با توجه به دامنه تغییرات دمائی شان، کارائی چندانی ندارد. اما در دیگر ایستگاه‌های کشور مانند بندرانزلی، بابلسر، اصفهان، کرمانشاه، مشهد، رشت، شهرکرد، شیراز، تبریز، تهران و زابل که در دوره مورد مطالعه از کیفیت مطلوب آماری برخوردار هستند، روندهای طول دوره رشد افزایشی است که بیشترین آن‌ها مربوط به ایستگاه‌های کرمانشاه، مشهد و تهران به ترتیب با میانگین تقریبی ۱۲، ۹ و ۷ روز بر دهه می‌باشد. همراه با این افزایش تعداد روزهای یخبندان روند کاهشی داشته اند، به طوری که به طور متوسط در تهران ۷، اصفهان و مشهد و شیراز ۴ روز بر دهه کاهش مشاهده شده است.

کلمات کلیدی: گرمایش جهانی، تغییرات اقلیمی، شاخص حدی، طول دوره رویش، همگنی

www.SID.ir

Archive of SID

Pajouhesh & Sazandegi No:75 pp: 182-193

Variation of growing season length (GSL) over second half of 20th in Irna

By: A. Sedaghat Kerdar, Atmospheric Science and Meteorological Research Center (ASMERC), Iran
F. Rahimzadeh, Atmospheric Science and Meteorological Research Center (ASMERC), Iran

The variation of the growing season length during the last decades is one of the important impacts of global warming. It has been intensified by occurrence of early Spring and late Autumn freezing. The length of growing season has been increased in mid and higher latitudes of the northern hemisphere in association with the global warming. For this purpose, there are varieties of indices, but it is necessary to introduce a plant-free definition for applications, such as climate models and it's changes for interpretation of global warming, appropriate description of forest and farm land. One of the definition is growing season length (GSL) indices was defined by commission for climatology\ climate variability(CLIVAR). It is found by counting the number of days between first span of at least 6 days with daily mean temperature greater than 5°c after July 1st (Jan 1st in southern hemisphere) and first span of 6 days with daily mean temperature less than 5°. igh quality and homogenous daily temperature data sets from 16 Iranian synoptic stations for period of 1951-2003 were used for the study of variation of GSL accompanied by number of frost days and icing days. It was found that these indices are not appropriate for stations like Bushehr and Abadan where located in southern part of the country. It was determined that there are positive trends for GSL in most of the stations where located in the central and northern parts of the country. The highest values of these trends, 7 to 12 days per decades belongs to Kermanshah, Mashhad and Tehran respectively. The number of frost days has decreased in most of the stations too.

Key words: Global warming, Climate change, Indices, Growing season length, Homogeneity

مقدمه

مطالعات انجام شـده در رابطـه با گرمایش جهانی نشـان می‌دهد که مقادیر حدی و شرایط آب و هوایی نامطلوب، نوسانات دمای روزانه، فراوانی و تعداد رویدادهای حدی اقلیمی افزایش یافته اسـت(۱۸). آب و کشاورزی از مهمترین بخش‌های اقتصادی هستند که به طور مستقیم متأثر از حوادث حدی بوده و انحراف و تغییرات آنها از مقادیر نرمال‌های گذشـته، می‌تواند بـر روی تعداد قابل ملاحظه‌ای از نیازهای بشـر، از جمله کمیت و کیفیت محصولات زراعی و دامی تولید شده تأثیر به سزایی داشته باشد. آثار مثبت گرمایش جهانی هوا در مسائل مربوط به آب و کشاورزی، در مقایسه با آثار منفی آن بسـیار ناچیز می‌باشـد که از جمله موارد قابل ذکر این آثار مثبت می‌توان به افزایش دوره کشـت در مناطق سردسـیر و یا تاثیر مثبت آن در حاصلخیزی خاک و افزایش میزان محصول در مناطقی خاص اشاره نمود.

مطالعه تأثیر رویدادهای حدی اقلیمی از جمله ریزش سـنگین برف و باران، توفان، شـبنم شبانه، خشکسـالی، امواج گرمایی و سرمایی و بالاخره تغییر در دوره رشـد محصولات کشاورزی در برنامه‌ریزی و سیاست گذاری بخش‌های مختلف از جمله اقتصادی، زیسـت محیطی، آبیاری و زهکشـی اراضی کشـاورزی، حمل و نقل جاده‌ای و ریلی، طراحی سـازه‌ها و غیره از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در سـال‌های اخیر بررسی و مطالعه مقادیر حـدی اقلیمی از جملـه افزایش طول دوره رویش، مـورد توجه خاص قرار گرفته اسـت. تحقیقات انجام شـده حاکی از افزایش طول دوره رویش در اغلب مناطق دنیا به خصوص در سرتاسـر نیمکره شـمالی می‌باشدکه یکی از شـواهد آشـکار آن جوانه زدن زود هنگام درختان بوده است که از برخی رسانه‌های کشورهای دنیا و از جمله ایران شنیده شده است و در گزارشات ماهیانه و فصلی تهیه شـده در سـازمان هواشناسی کشـور نیز این موضوع اشاره شده است. اطلاعات و داده‌های جایگزین[۵] از قبیل داده‌های ماهواره‌ای و پوشش گیاهی نیز این تغییرات را تأیید می‌نماید(۱۵).

طول دوره رویش غالباً برای تمام گیاهان زراعی مشـخص بوده و به زمان وقوع آستانه‌های دمایی بهاره و پائیزه بستگی دارد. اصولا گیاهان از نظر زمانی، دارای مراحل مختلف رشـد بوده و نیازهای گرمایی و سـرمای متفاوتی دارند. فاصله روزهای بین آخرین آسـتانه دمایی بهاری و اولین آستانه دمایی پائیزی، طول دوره رشد انواع گیاهان را بدست می‌دهد. برای مثال می‌توان دوره رویش را بـه عنوان دوره بین اولین و آخرین روزی که در آن، دمای میانگین یا دمای حداقل روزانه از آسـتانه مشخص گیاه مورد نظر تجاوز می‌کند، را یک شاخص در نظر گرفت. با توجه به رقابت و سازگاری گیاهان، تعاریف متعدد دیگری برای این شاخص بیان می‌شود که از جمله می‌توان تعداد روزهای یخبندان و روزهای یخی را نام برد که مطا لعات وسیعی در این زمینه نیز در دنیا انجام شده است. برای مثال در یک پژوهش در رابطه با بررسـی روند تعداد روزهای یخبندان در دوره ۹۸-۱۹۱۰میلادی در ایالات متحده آمریکا مشـخص گردیدکه در تعداد روزهایی با دمای کمتر از صفر درجه سانتیگراد (نقطه یخبندان) کاهش معنی‌دار وجود دارد و همچنین شروع دوره بدون یخبندان در شمال شرق ایالات متحده آمریکا در سـال‌های اخیر نسبت به دهه ۱۹۵۰ معادل ۱۱ روز جلوتر آمده که بدین ترتیب نتیجه گیری شـد که طول دوره رویش افزایش یافته است (۱۱). در اروپای مرکزی و شـمالی، آمریکا و کانادا، در طول زمسـتان، بهار و تابستان روزهـای کمتری با دماهای حدی پائین و در طول زمسـتان و بهـار روزهای بیشتری با دماهای حدی بالاتر رخ داده و این مطلب کاهش سطح معنی‌داری را در دوره یخبندان نشان می‌دهد(۱۳، ۱۷). روند یخبندان‌های بهاری زودرس در زمان وقوع پدیده النینو (۹۷-۱۹۰۶میلادی) نیزگزارش شـده(۱۷)، اما هیچ روند مداومی در یخبندان‌های پائیزی گزارش نشده است. در دهه اخیر در آلمان، استرالیا و زلاندنو فراوانی روزهای با دمای زیر صفر درجه سانتیگراد، یا به عبارتی تعداد روزهای یخبندان، کاهش یافته اسـت(۱۰، ۱۶). به طور کلی در مقیاس جهانی مطالعات نشـان داده اسـت که در پایان قرن بیستم، دوره زمانی رویش گیاهان به مدت یک هفته طولانی‌تر شده است(۱۵).

www.SID.ir

Archive of SID

در ایران نیـز مطالعاتی در رابطه با تعداد روزهای یخبندان و همچنین طول دوره رویش انجام شده است. سمیعی و همکاران(۵) به تجزیه و تحلیل اقلیمی اطلاعات و احتمالات تاریخ شـروع و خاتمـه یخبندان‌های پائیزه و بهـاره در آسـتانه‌های بحرانی دما و طول دوره رویش در ایـران پرداختند. بررسـی تاریخ وقوع اولین یخبندان‌های پائیزه و آخرین یخبندان‌های بهاره در خراسـان توسـط علیزاده و همکاران(۷) نشان داده است که دوره بدون یخبندان در آن افزایش داشـته است. نتایج بررسی تغییرات تعداد روزهای یخبندان در اسـتان خراسـان توسـط شـهابفر و همکاران(۶) نیز حاکی از کاهش تعداد روزهای یخبندان در این اسـتان بوده اسـت. تاریخ‌های آغاز و پایان یخبندان در چند اسـتان سردسیر، در شمال غرب و غرب کشور در قالب پروژه کاهش ضایعات سرمازدگی برمحصولات کشاورزی از نظر آماری و همدیدی (سـینوپتیکی) مورد مطالعه و بررسـی قرار گرفت که نتایج آن تغییرات قابل ملاحظه‌ای را در تاریخ‌های مذکور و طول دوره رویش نشـان نمی دهد(۲).

به منظور بررسـی تغییرات طول دوره رویش یا ارائه یک تعریف واحد در مدل‌های تغییر اقلیم، تعریف مشـخص از یک شـاخص عمومی مستقل از گیاه، ضروری به نظر می‌رسـد. این شـاخص توسـط گروه تغییرپذیری کمیسیون اقلیم شناسی تغییرات اقلیمی سازمان هواشناسی جهانی تعریف شـده است. بر اساس این تعریف، در نیمکره شمالی فاصله زمانی بین اولین دوره بعد از اول جولای (دهم تیر)، که حداقل ۶ روز متوالی، دمای میانگین روزانه بیشتر از ۵؛ C باشد و اولین دوره ۶ روزه با دمای میانگین روزانه کمتر از ۵؛ C، طول دوره رویش محسـوب می‌شود. در نیمکره جنوبی این فاصله زمانی از اول ماه ژانویه در نظر گرفته می‌شـود. بدین ترتب مـ توان دمای میانگین روزانه در روز j ام و در سال i ام را به صورت TG_{ij} نشان داد و تعداد روزهای بین اولین وقوع حداقل ۶ روز متوالی با رابطه -۱

رابطه- (۱) $TG_{ij} > 5°C$

و اولین وقوع حداقل ۶ روز متوالی با رابطه - ۲

رابطه - (۲) $TG_{ij} < 5°C$

را محاسبه نمود. هدف از این کار ارائه شاخص GSL و بررسی تغییرات آن در کشور می‌باشد که توسط گروه تغییر پذیری کمیسیون اقلیم شناسی ارائه شده است(۲۰) شایان ذکر است که یکی از نتایج حاشیه‌ای حاصل از این فعالیت آن اسـت که ما نیز بتوانیم در مطالعات جهانی(۹) و منطقه‌ای (۲۱) که تاکنون تعداد ۲۷ شـاخص حدی، شا مل GSL بررسی شده است، مشارکت قابل قبولی داشته باشیم.

مواد و روش‌ها

داده‌ها

بررسـی تغییرات طول دوره رویش که بر اسـاس تعاریف یاد شـده جزء مقادیر حدی اقلیمی محسـوب می‌شـود کار بیشـتری را نسـبت به مقادیر میانگین می‌طلبد، زیرا در چنین موردی باید مشـاهدات روزانه مناسـبی در اختیار داشـت. دسترسی به یک سـری از داده‌های روزانه با کیفیت مناسب آماری به سـهولت امکان پذیر نیست و این در حالی است که داده‌های روزانه بلند مدت هسـتند که می‌توانند تحلیل گسـترده‌ای را از مقادیر حدی نظیر طول دوره رویش (GSL) و شـاخص‌های حدی دیگـری را از جمله روزهای یخبنـدان (FD) و روزهای یخـی (IC) را ارائه دهند. به دلیل اهمیت کیفیت داده‌های روزانه در این بررسی‌ها باید سعی شود که از ایستگاه‌هایی با داده‌های روزانه دما که کیفیت مطلوبی داشته باشند، استفاده شود، اما سری‌های زمانی داده‌های اقلیمی از بسیاری عوامل غیر طبیعی از قبیل جابجایی ایستگاه‌های هواشناسی، تغییر ادوات اندازه‌گیری، تغییر در محیط اطراف ایستگاه‌ها، تغییر در روش‌های دیدبانی و تغییر روابط ریاضی برای محاسبه میانگین‌ها و غیره تأثیر می‌پذیرند که این تغییرات باعث ناپیوستگی‌های شدیدی در سری زمانی داده‌های اقلیمی و به عبارتی دیگر سـبب ناهمگنی داده‌ها می‌شـود. واضح است که همگن نبودن سری‌های زمانی دما منجر به تفسیرهای غیر واقعی و گمراه کننده، از مطالعات اقلیمی می‌گردند. بنابراین بایستی ناهمگنی‌ها را از بیـن برده و یا خطاهایی را که منجر به ایجاد چنین ناهمگنی هایی می‌گردد را به حداقل رسـاند. نکته مهمی که ذکر آن ضروری بنظر می‌رسـد آنستکه روش‌های همگنی توصیه شـده توسـط سازمان هواشناسـی جهانی و دیگر نهادهای مسـؤل، اغلب مربوط به داده‌های ماهانه، فصلی و سـالانه می‌باشد و روش‌های بررسـی همگنی داده‌های روزانه مسئله حل نشـده‌ای است(۸) کـه متخصصان کمـاکان در حال بررسـی و حل آن می‌باشـند. بنابراین در هنگام اسـتفاده از داده‌های روزانه یک ایسـتگاه باید مطمئن بـود که علاوه بر اینکه ایسـتگاه تغییر مکانی و محیطی جدی نداشـته باشد، آمار آن نیز از کیفیت مناسـب برخوردار باشد. از این رو سعی شده است که در این بررسی از داده‌های ایستگاههای سینوپتیک کشور که دارای آمار بلند مدت بوده و در پروژه آشکارسـازی تغییر اقلیم در ایران (۱، ۳، ۴) مورد تأیید قرار گرفته اند، استفاده شـود. داده‌های مذکور مربوط به ۱۱۶ ایستگاه سینوپتیک در سطح کشـور می‌باشند که به دلیل اهمیت تداوم در داده‌ها و دوره آماری آنها تعداد محدودتری از آنها مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. در پروژه مذکور کیفیت داده‌ها از طریق چندین آزمون همگنی بررسی گردیده و نتایج آن با استفاده از تاریخچه ایستگاههای سینوپتیک به طور کامل مورد بحث قرار گرفته است. در بررسی فوق که در سـطح ایسـتگاههای سـینوپتیک در دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۱ میلادی مطابق با ۸۲-۱۳۳۰ شمسـی انجام گردید سـعی شده است مسائل مرتبط با شناسه داده‌ها ۶ مدنظر قرار گیرد. شایان ذکر است منظور از شناسه داده ها، اطلاعات اضافی مربوط به نحوه بدست آوردن اطلاعات، از جمله نوع ایستگاه، سال‌های تغییر مکان آن، سال‌های تغییر ادوات و غیره می‌باشـد.

بـه منظور مقایسـه نتایج حاصـل از این تحقیق با آنچه که در سـطح جهانی بدسـت آمده است محاسـبات انجام شده بر مبنای سـال میلادی صورت پذیرفته است.

جدول شـماره ۱ مشـخصات مکانی ایسـتگاه هایی را که داده‌های روزانـه آنها از کیفیت مناسـبی برخوردار بودند را به همـراه دوره آماری شان نمایش می‌دهد.

شاخص‌های حدی مرتبط با دوره رویش گیاهی و روش‌های آماری

یـک حادثه حدی عبارتسـت از یک پدیده نادر که از دیـدگاه آماری در ناحیه‌های بـالا و پائین توزیع آماری قرار گیرد، به طـوری که احتمال وقوع آن حادثه خیلی کم باشـد. شایان ذکر اسـت کلمه نادر در بر گیرنده معانی مختلفی است، برای مثال می‌تواند مقادیر پائین و بالای صدک‌های (۹۵و ۵)

www.SID.ir

Archive of SID

و (۹۰ و ۱۰)، به صورت مقادیر بالاتر از یک آستانه و یا تداوم یک شرایط ویژه تعریف شود. انتخاب شاخص‌های حدی جهت بررسی پدیده‌های حدی در رابطه با تغییرات اقلیمی و اثرات آن، از جمله بررسی دوره رویش گیاهی از نکات بسیار مهمی است که باید مورد توجه محققان قرار گیرد. این شاخص‌ها باید مشخص وشفاف بوده و از داده‌های بلند مدت و همگن بدست آیند(۱۲). شبکه پشتیبانی اقلیم اروپا [۷] پشتیبان بزرگترین پروژه در ارزیابی اقلیمی اروپا درسال ۲۰۰۰ بوده که اغلب این شاخص‌ها را معرفی نموده است.

علاوه بر شاخص طول دوره رویش که تداوم یک شرایط ویژه می‌باشد و در کشاورزی دارای اهمیت است و انتظار می‌رود به طور مستقیم به دلیل افزایش دما و به طور غیر مستقیم به دلیل کاهش میزان برف، افزایش یابد، شاخص‌های حدی مرتبط دیگری نیز وجود دارد. برای مثال می‌توان به روزهای یخی(ID) و روزهای یخبندان(FD) که به عنوان معیار اندازه‌گیری سردی هوا در همه مناطق مخصوصاً در شروع و پایان فصل سرما، در اقلیم‌های عرض‌های جغرافیایی بالا مطرح می‌باشند، اشاره نمود. تعداد روزهای یخبندان و یخی از نوع شاخص‌های حدی بزرگتر از یک آستانه هستند که توسط افکار عمومی راحت درک می‌شوند و بر کشاورزی، باغبانی و گردشگری به خصوص در مناطق فرا حاره‌ای تأثیر می‌گذارند. انتظار می‌رود روند بلند مدت این شاخص‌ها بر اثر افزایش دمای منطقه‌ای و جهانی تغییر یافته و میانگین و واریانس آنها کاهش و یا افزایش یابند.

بررسی معنی داری روند، یکی از راهها و روش‌های موجود در تشخیص تغییرات بلند مدت است. از این رو در این مطالعه، پس از محاسبه شاخص‌های حدی به منظور بررسی وجود روند و معنی‌داری آن از آزمون‌های ناپارامتریک من‌کندال و اسپیرمن [۱۹] استفاده شده است. در آزمون اسپیرمن ضریب همبستگی اسپیرمن (r_s) از رابطه -۳ بدست می‌آید:

$$r_s = 1 - \frac{6}{n(n^2-1)} \sum (y_i - i)^2$$ رابطه- (۳)

که در این بررسی y_i ها رتبه‌های مشاهدات سری اصلی طول دوره رویش، تعداد روزهای یخبندان و روزهای یخی می‌باشند و مقادیر بزرگ $|r_s|$ نشان دهنده روند افزایشی یا کاهشی در این سری‌ها می‌باشند. در آزمون من‌کندال نیز که برای بررسی وجود روند خطی یا غیر خطی بکار برده می‌شود،

جدول شماره ۱: مشخصات ایستگاه‌های منتخب سینوپتیک کشور

نام ایستگاه	دوره آماری	شماره ایستگاه	مشخصات جغرافیایی		ارتفاع (متر)
			طول جغرافیایی (E)	عرض جغرافیایی (N)	
آبادان	۱۹۵۱-۰۳	۴۰۸۳۱	۴۸° ۱۵'	۳۰° ۲۲'	۶/۶
ارومیه	۱۹۵۱-۰۳	۴۰۷۱۲	۴۵ °۵'	۳۷ ° ۳۳'	۱۳۱۲/۵
اصفهان	۱۹۵۱-۰۳	۴۰۸۰۰	۵۱ °۵۲'	۳۲ ° ۴۰ '	۱۶۰۰/۷
بابلسر	۱۹۵۱-۰۳	۴۰۷۳۶	۵۲ ° ۳۹ '	۳۶ ° ۴۳ '	-۲۱/۰
بندر انزلی	۱۹۵۱-۰۳	۴۰۷۱۸	۴۹ ° ۲۸'	۳۷ ° ۲۸ '	-۲۶/۲
بوشهر	۱۹۵۱-۰۳	۴۰۸۵۸	۵۰ °۵۰ '	۲۸ ° ۵۹ '	۱۹/۶
بیرجند	۱۹۵۵-۰۳	۴۰۸۰۹	۵۹ ° ۱۲ '	۳۲ ° ۵۲ '	۱۴۹۱/۰
تبریز	۱۹۵۱-۰۳	۴۰۷۰۶	۴۶ ° ۱۷ '	۳۸ °۵ '	۱۳۶۱/۰
تهران مهرآباد	۱۹۵۱-۰۳	۴۰۷۵۴	۵۱ ° ۱۹'	۳۵ ° ۴۱ '	۱۱۹۰/۸
رشت	۱۹۵۶-۰۳	۴۰۷۱۹	۴۹ ° ۳۹ '	۳۷ ° ۱۲ '	۳۶/۷
زابل	۱۹۶۲-۰۳	۴۰۸۲۹	۶۱ ° ۲۹ '	۳۱ ° ۱۳ '	۴۸۹/۲
زاهدان	۱۹۵۱-۰۳	۴۰۸۵۶	۶۰ ° ۵۳'	۲۹ ° ۲۸ '	۱۳۶۹/۹
شهرکرد	۱۹۵۵-۰۳	۴۰۷۹۸	۵۰ °۵۱ '	۳۲ ° ۲۰ '	۲۰۶۱/۴
شیراز	۱۹۵۱-۰۳	۴۰۸۴۸	۵۲ ° ۳۶ '	۲۹ ° ۳۳ '	۱۴۸۸/۰
کرمانشاه	۱۹۵۱-۰۳	۴۰۷۶۶	۴۷ ° ۷ '	۳۴ ° ۱۹ '	۱۳۲۲/۰
مشهد	۱۹۵۱-۰۳	۴۰۷۴۵	۵۹ ° ۳۸ '	۳۶ ° ۱۶ '	۹۹۰/۰

www.SID.ir

Archive of SID

در صورتیکه برای هر سری X_i، رتبه‌های آنها در نظر گرفته شوند و سپس در مقایسه‌های هر رتبه با سایر رتبه‌ها در صورتیکه $i > j$ و $y_i > y_j$، به مقدار 1 یک واحد اضافه گردد، آنگاه مقادیر بزرگ $|r| - |\sum n|$ نشان دهنده روند افزایشی یا کاهشی در سری می‌باشند که البته با استفاده از قضیه حد مرکزی می‌توان آماره مورد نظر را طبق شرایط خاص با $z_{\alpha/2}-$ و $z_{\alpha/2}+$ که از جدول توزیع نرمال استاندارد بدست می‌آید، مقایسه نمود. هر چند امکان تحلیل‌های آماری دیگری نیز وجود دارد، لکن ما ما برای بررسی معنی داری وجود روند و عدم آن، به همین دو روش بسنده نموده ایم(۱۹). پس از تعیین معنی داری روند، معادله خطوط روند $\alpha_0 + \alpha_1 t$ با استفاده از روش حداقل مربعات برآورد شده است. البته امکان آشکارسازی روند خطی با استفاده از آزمون فرض $\alpha_1 = 0$ به وسیله آماره T (۱۴) نیز وجود دارد(رابطه- ۴).

$$T_r = \left| \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}} \right| > T_{1-\alpha/2} \qquad \text{رابطه- (۴)}$$

آماره T_r دارای توزیع تی-استیودنت با $\upsilon = N-2$ درجه آزادی است وکافیست مقدار T_r مربوط به مشاهدات را تعیین و با مقدار $T_{1-\alpha/2}$ که از جدول تی- استیودنت مربوط به سطح معنی داری α استخراج می‌شود، مقایسه کرد.

بحث و نتیجه گیری

نتایج بررسی حاصل از روند سه شاخص حدی روزهای یخبندان (FD)، روزهای یخی (ID) و طول دوره رشد (GSL) در ۱۶ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی (جدول شماره ۲) حاکی از کاهش تعداد روزهای یخبندان، روزهای یخی و افزایش طول دوره رویش در کشور است که نتیجه منطقی از گرمایش جهانی و مطابق با نتایج بدست آمده در سایر مناطق دنیا می‌باشد(۱۳). البته الگوی تغییرات این شاخص‌ها در کشور مانند سایر نقاط دنیا کاملاً یکسان نمی باشد. در جدول شماره ۲ نرخ روند خطی سه شاخص منتخب که بر اساس روش حداقل مربعات بدست آمده، به همراه بررسی معنی داری آنها، با استفاده از آماره‌های اسپیرمن و من کندال، در دوره ۲۰۰۳- ۱۹۵۱ میلادی برای ۱۶ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی ارائه شده است. به منظور ارائه کاربردی نتایج نرخ افزایش یا کاهش به واحد تعداد روز بر دهه داده شده است. در اکثر ایستگاه‌ها نتایج دو آزمون اسپیرمن و من کندال یکسان بوده، بنابراین نتیجه دو آزمون با توجه به مقدار آماره آنها به طور کلی به پنج دسته روند منفی معنی‌دار (آماره کوچکتر یا مساوی ۱/۹۶-)، روند منفی (آماره بین صفر و۱/۹۶-)، ایستا (آماره مساوی صفر)، روند مثبت (آماره بین صفر و۱/۹۶)، روند مثبت معنی‌دار (آماره بزرگتر یا مساوی ۱/۹۶) تقسیم شده است. مقادیر ۱/۹۶- و ۱/۹۶ از جدول توزیع نرمال با توجه به سطح معنی داری ۰/۰۵ بد ست آمده‌اند . به منظور درک بهتر از نحوه تغییرات این سه شاخص روند خطی شاخص‌های مذکور در شکل‌های شماره ۱، ۲ و۳ برای ایستگاههای سینوپتیک تهران- مهرآباد، مشهد و شیراز به عنوان نمونه نمایش داده شده است. در هر شکل روند خطی روزهای یخی، روزهای یخبندان و دوره رویش گیاهی ایستگاه مذکور ارائه شده است.

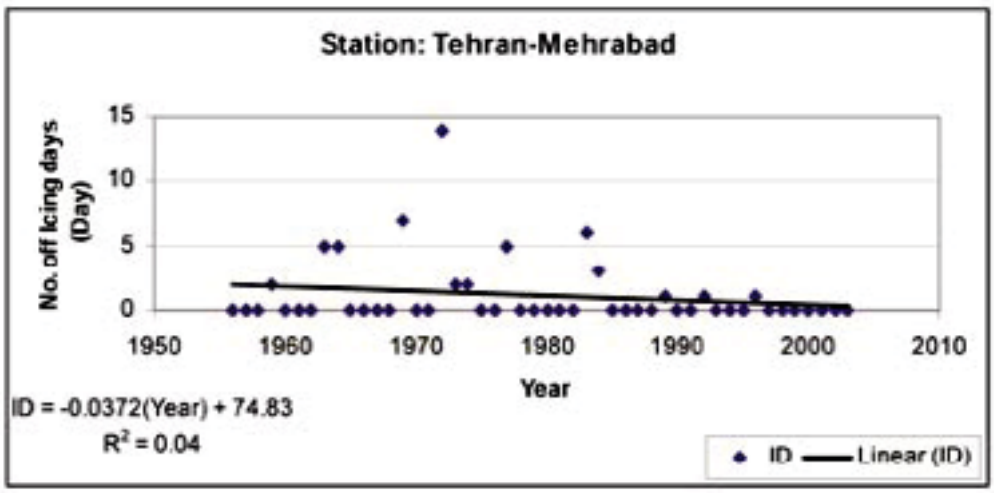
نتایج حاصل از آزمون‌های آماری نشان می‌دهند که در بین ایستگاه‌های مذکور تعداد روزهای یخبندان (FD) در ایستگاههای اصفهان، کرمانشاه، تبریز، زابل و زاهدان روند منفی، بندرانزلی، بابلسر، رشت، مشهد (شکل شماره ۲- ب)، شیراز (شکل شماره ۳- ب) و تهران (شکل شماره۱ - ب) روند منفی معنی‌دار و در شهرهای بیرجند، ارومیه و شهرکرد روند مثبت مشاهده شده است. روند مثبت در تعداد روزهای یخبندان در ایستگاه‌های سینوپتیک ارومیه، شهرکرد و بیرجند بر خلاف الگوی گرمایش جهانی است، این نتیجه که اولین بار از تحلیل آمار ماهانه و فصلی این ایستگاهها در پروژه آشکارسازی تغییر اقلیم در ایران(۱)، با توجه به بررسی دمای کمینه ماهانه در دوره ۹۹-۱۹۵۷(۴) و وجود روند منفی در سه ایستگاه بدست آمده بود وهمین امر سبب گردید شناسه داده‌ای این ایستگاهها را با دقت بیشتری از طریق ارسال مجدد پرسشنامه و بحث با دیدبان‌های محلی برای اطلاع بیشتر از تغییر در مشخصات مکانی و زمانی پی گیری نماییم، هنگا می‌که از این طریق به عدم تغییر مکان این ایستگاه‌ها و کیفیت مناسب داده‌های آنها اطمینان یافتیم نتایج حاصل را پذیرفتیم. از طرف دیگر، با توجه به آنکه نتایج بررسی دوره‌های یخبندان در استان‌های آذربایجان شرقی و غربی که شامل ارومیه و ۶ ایستگاه دیگر استان در پروژه کاهش ضایعات سرمازدگی برمحصولات کشاورزی، ۱۳۸۳(۲) حاکی از عدم وجود روند خاصی در روزهای یخبندان در منطقه را مشاهده نمودیم، این نتیجه را نیز غیر طبیعی ندانستیم. هرچند این شاخص برای شهرهای جنوبی کشور شامل آبادان، بوشهر محاسبه شده، لکن بررسی روند آن نمی تواند ارزشمند باشد زیرا بر اساس تعاریف فوق در این شهرها از شروع دوره مورد مطالعه احتمال وقوع یخبندان به خصوص در بوشهر بسیار کم بوده است.. نتایج کاهش روزهای یخبندان در ۱۳ ایستگاه دیگر با نتایج بررسی روزهای یخبندان در ایستگاه مشهد(۶) و بررسی دمای کمینه ماهانه در کشور(۴) کاملاً انطباق دارد. بیشترین کاهش نرخ تعداد روزهای یخبندان در دهه برابر با ۶/۸۶ روز مربوط به شهر تهران، پس از آن به اصفهان (۴/۴۲ روز) ، مشهد (۴/۱۳روز) و شیراز (۴/۱ روز) می‌باشند. شایان ذکر است که این ایستگاه‌ها در مجاورت شهرهایی قرار دارند که با مسا یل کلان شهرها و شهرنشینی امروزه روبرو می‌باشند.

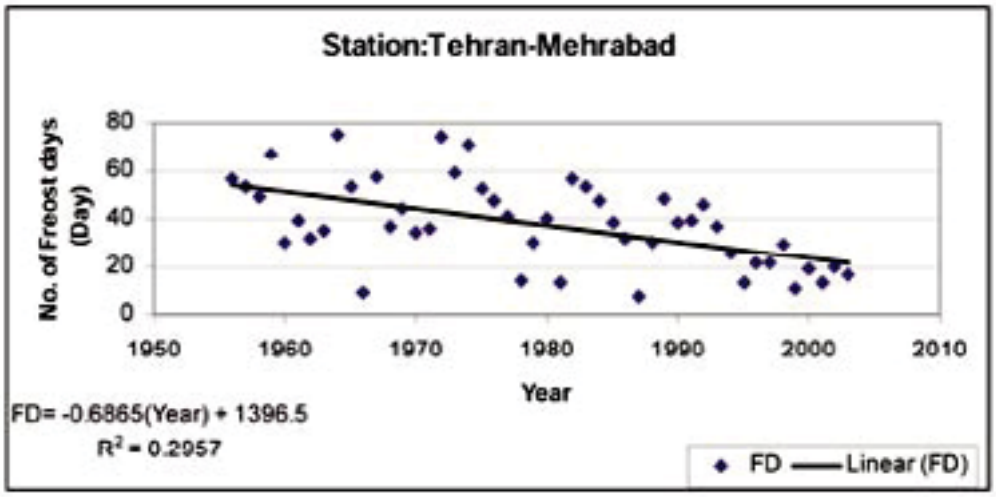
تغییرات تعداد روزهای یخی (ID) یعنی تعداد روزهایی که دمای بیشینه روزانه آنها کمتر از صفر درجه سانتیگراد است با تعداد روزهای یخبندان متفاوت است و آن بدین گونه است که در ایستگاههای شمالی کشور، شیراز (شکل شماره ۳ - الف)، زابل و زاهدان احتمال وقوع روز یخی بسیار نامحتمل است و در موارد کمی از سال‌ها در طول دوره مورد مطالعه یک روز یخی مشاهده شده است. بنابر ین تفسیر آن منطقی بنظر نمی رسد. اما روند کاهشی در سایر ایستگاه‌ها نظیر، اصفهان،، تهران (شکل شماره ۱ - الف)، کرمانشاه، مشهد (شکل شماره ۲- الف)، ارومیه، شهرکرد و تبریز روند منفی مشاهده شده است. این نتیجه حاکی از آن است که احتمال وقوع روزهائی که در آن دما به زیر صفر درجه سانتیگراد برسد در این شهرها رو به کاهش است. شایان ذکر است احتمال وقوع روزهای یخی و یخبندان در شهرهای آبادان، بوشهر تقریباً صفر می‌باشد.

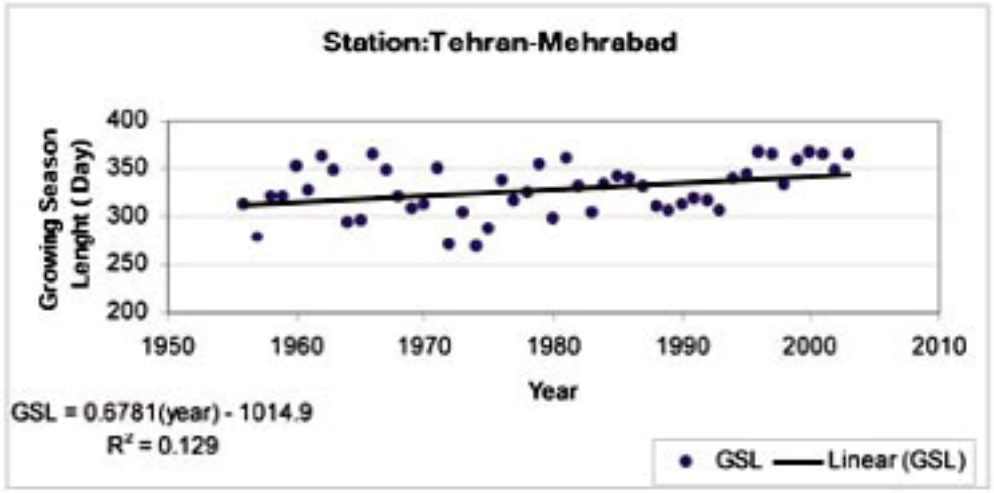
نتایج بررسی طول دوره رویش در کشور که هدف اصلی این مقاله بوده و توسط شاخص GSL بیان شده، حاکی از آن است که طول دوره رویش براساس تعریف انجام شده در اکثر ایستگاه ها، طی دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۱ افزایش یافته است. در بین ایستگاه‌های منتخب، ایستگاه مشهد(شکل شماره ۲-ج) و کرمانشاه دارای روند مثبت معنی‌دار و ایستگاه‌های زابل، تهران (شکل شماره ۱-ج)، تبریز، شیراز (شکل شماره ۳- ج) و اصفهان دارای روند مثبت بوده‌اند.در ایستگاه مشهد (نمودار روند GSL در شکل شماره ۲- ج) ملاحظه شدکه طول دوره رویش در دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۱ بیش از ۲۰ روز افزایش یافته است. چنین افزایشی در ایستگاه کرمانشاه نیز دیده شده است. سایر ایستگاه‌ها نظیر اصفهان، شیراز و تهران شاهد

www.SID.ir

Archive of SID



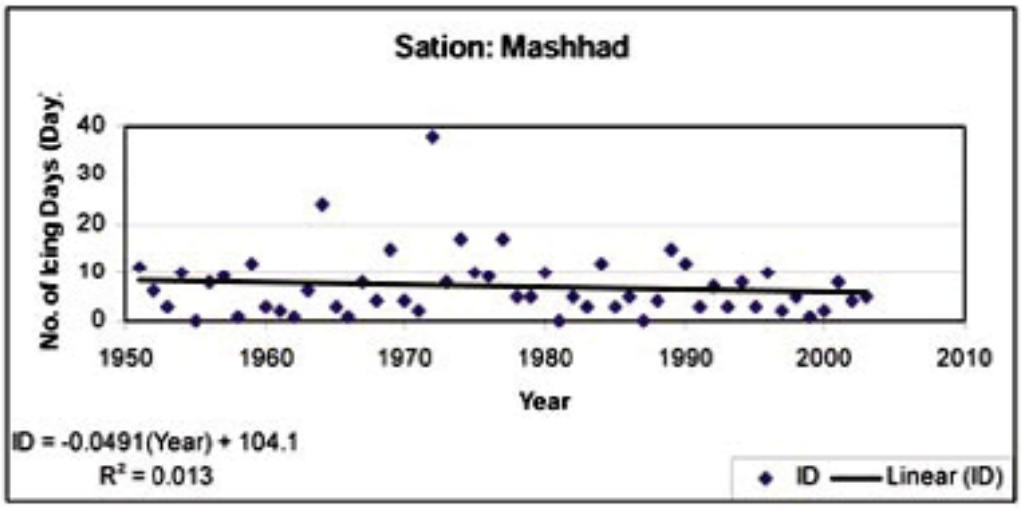


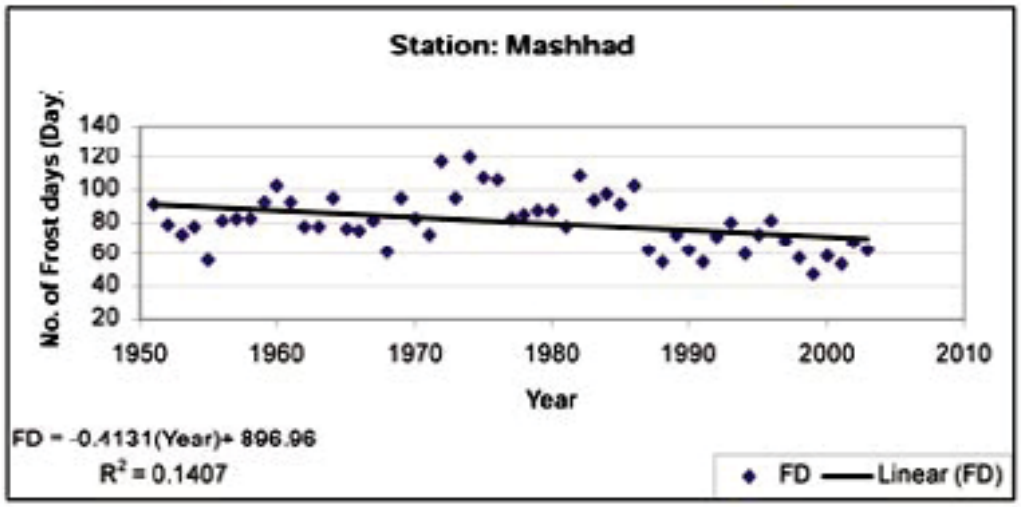


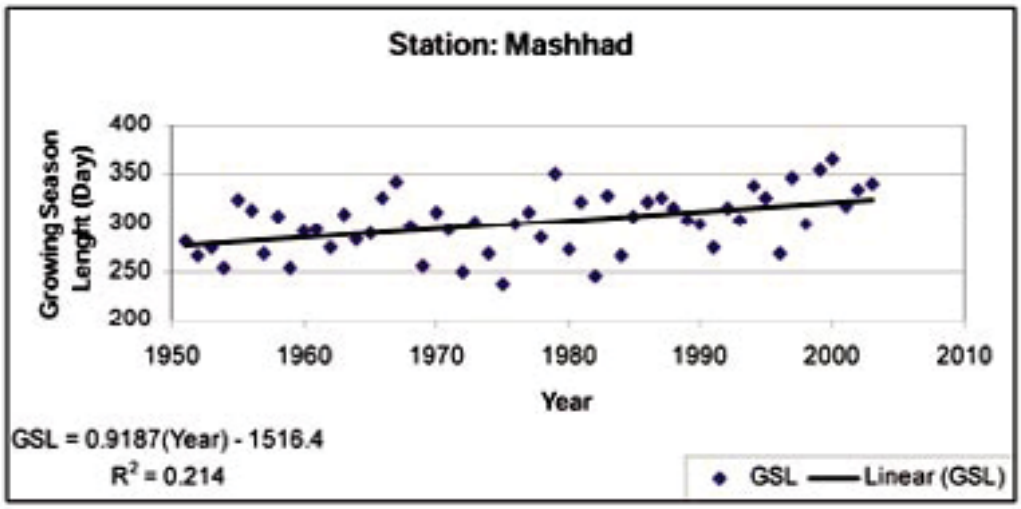
شکل شماره ۱: الف) روند خطی شاخص روزهای یخی(ID) در ایستگاه تهران - مهرآباد، ب) روند خطی شاخص روزهای یخبندان(FD) در ایستگاه تهران - مهرآباد ج) روند خطی شاخص دوره رویش "گیاهی"(GSL) در ایستگاه تهران - مهرآباد.

www.SID.ir

Archive of SID







شکل شماره ۲: الف) روند خطی شاخص روزهای یخی(ID) در ایستگاه مشهد، ب) روند خطی شاخص روزهای یخبندان(FD) در ایستگاه مشهد، ج) روند خطی شاخص دوره رویش "گیاهی((GSL در ایستگاه مشهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره ۲: نتایج نرخ روند دوره رویش گیاهی، روزهای یخی و روزهای یخبندان به واحد تعداد روز بر دهه در دوره ۱۹۵۱-۲۰۰۳ به همراه نتایج آزمون‌های اسپیرمن و من کندال برای ایستگاه‌های منتخب

ایستگاه	روش آماری	دوره رویش GSL (روز) گیاهی	روزهای یخی ID (روز)	روزهای یخبندان FD (روز)
آبادان	نرخ روند	******	******	******
	من کندال و اسپیرمن	******	******	******
ارومیه	نرخ روند	-۲/۳٤	-۲/۸۵	۱/۷۹
	من کندال و اسپیرمن	روند منفی	روند منفی	روند مثبت
اصفهان	نرخ روند	٤/۲۰	-۰/۷	-٤/٤۲
	من کندال و اسپیرمن	روند مثبت	روند منفی	روند منفی
بابلسر	نرخ روند	/۸۸	-۰/۱	-۰/۷۲
	من کندال و اسپیرمن	روند مثبت	******	روند منفی معنی دار
بندر انزلی	نرخ روند	۳/۱۷	-۰/۳	-۱/۸٤
	من کندال و اسپیرمن	روند مثبت	******	روند منفی معنی دار
بوشهر	نرخ روند	******	******	******
	من کندال و اسپیرمن	******	******	******
بیرجند	نرخ روند	۰/۵۸	۰/۷۰	۳/۳۸
	من کندال و اسپیرمن	روند مثبت	روند مثبت	روند مثبت
تبریز	نرخ روند	۲/۷۵	-۱/۲۷	-۲/۰۵
	من کندال و اسپیرمن	روند مثبت	روند منفی	روند منفی
تهران	نرخ روند	٦/۷۸	-۰/۳۷	-٦/۸٦
	من کندال و اسپیرمن	روند مثبت	روند منفی معنی دار	روند منفی معنی دار
خرم آباد	نرخ روند	-٤/۵۷	-۱/۷۵	۳/٤۷
	من کندال و اسپیرمن	روند منفی	روند منفی	روند مثبت معنی دار
شیراز	نرخ روند	۲/٤۷	-۰/۱	-٤/۱
	من کندال و اسپیرمن	روند مثبت	******	روند منفی معنی دار
رشت	نرخ روند	۱/۷۹	-۰/۳	-۲/۸
	من کندال و اسپیرمن	روند مثبت	******	روند منفی معنی دار
زابل	نرخ روند	۲/۵۲	۰/۲	-۲/۲
	من کندال و اسپیرمن	روند مثبت	******	روند منفی
زاهدان	نرخ روند	۰/۳٦	۰/۰۱	-۰/٤۹
	من کندال و اسپیرمن	روند مثبت	******	روند منفی
کرمانشاه	نرخ روند	۱۲/۱۸	-۰/۹٤	-۲/۷٦
	من کندال و اسپیرمن	روند مثبت معنی دار	روند منفی	روند منفی
مشهد	نرخ روند	۹/۱۹	-۰/٤۹	-٤/۱۳
	من کندال و اسپیرمن	روند مثبت معنی دار	روند منفی	روند منفی معنی دار

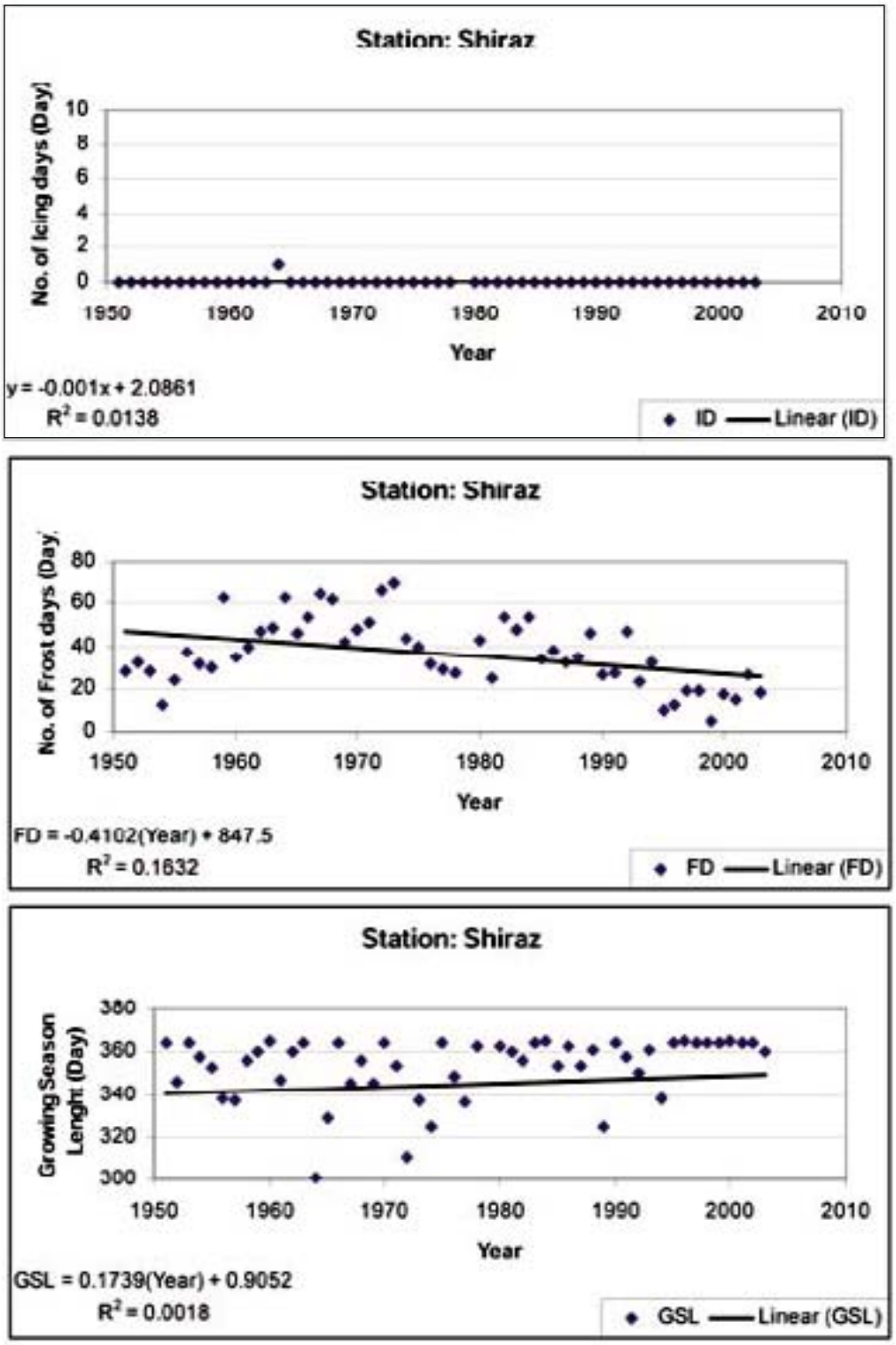
*****: بررسی روند بی اعتبار است.

افزایشی در حدود ۲۰ روز در طول ۵۰ سال گذشته بوده‌اند.گرچه در ایستگاه زابل ۳۶۵ روز طول دوره رویش در اوائل دوره آماری مورد نظر نیز دیده شده است، اما از دهه ۹۰ به بعد این شاخص به مرز تعداد روزهای سال نزدیک شده است (شکل شماره ۴-ج). روند طول دوره رویش در ایستگاه بیرجند علیرغم وجود روند مثبت در تعداد روزهای یخبندان آن دارای حالتی کم و بیش ایستا می‌باشد(شکل شماره ۴-ب). تفسیر این شاخص در ایستگاه‌های انزلی، بابلسر و رشت با سایر ایستگاه‌ها متفاوت است زیرا با توجه به تعریف GSL، مشاهده ۳۶۵ روز طول دوره رویش در طول دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۱ امکان پذیر بوده است، با این تفاوت که امکان وقوع طول روزهای کمتر از ۳۶۵ روز نیز در طی ۲۵ سال اول دوره محتمل بوده است (شکل شماره ۴- الف).

بر اساس این شاخص ایستگاه آبادان و بوشهر به جزء یک مورد در سال ۱۹۹۲ که طول دوره رویش آن ۳۶۲ روز می‌باشد، دارای ۳۶۵ روز طول دوره رشد بوده اند، از اینرو نمی توان تغییرات واقعی طول دوره رویش گیاهان این منطقه را با این شاخص بیان نمود. تنها ایستگاه هایی که دارای روند منفی در

www.SID.ir

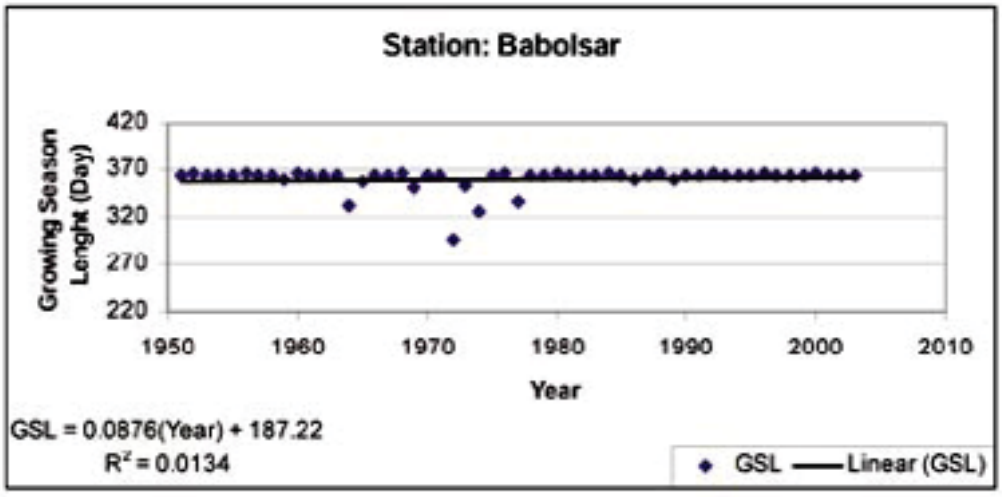
Archive of SID

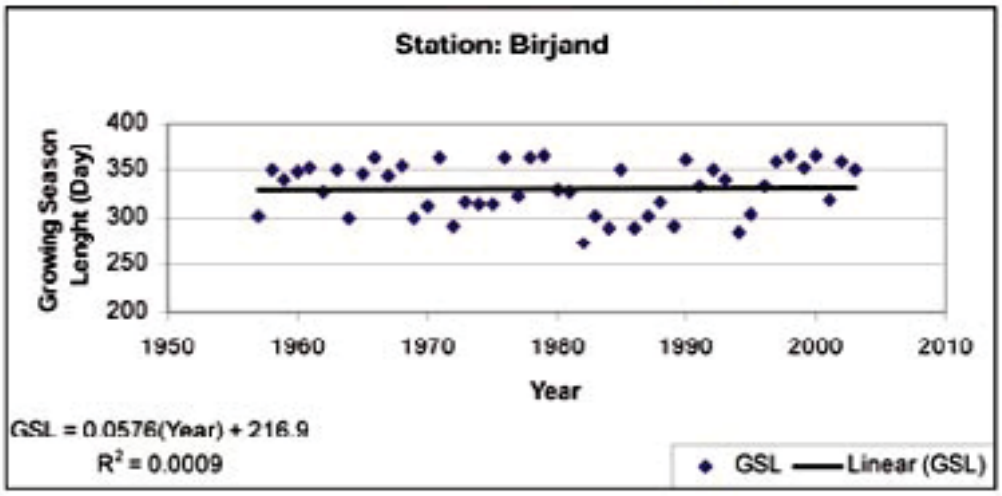


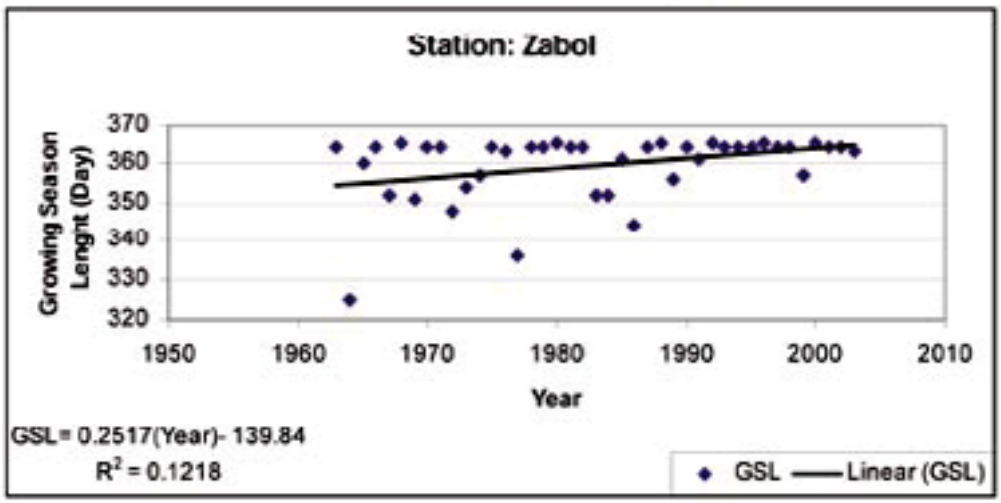
شکل شماره ۳: الف) روند خطی شاخص روزهای یخی(ID) در ایستگاه شیراز، ب) روند خطی شاخص روزهای یخبندان(FD) در ایستگاه شیراز، ج) روند خطی شاخص دوره رویش "گیاهی"(GSL) در ایستگاه شیراز.

www.SID.ir

Archive of SID







شکل شماره ۴: الف روند خطی شاخص دوره رویش "گیاهی((GSL در ایستگاه بابلسر، ب)) روند خطی شاخص دوره رویش "گیاهی((GSL در ایستگاه بیرجند، ج)) روند خطی شاخص دوره رویش "گیاهی((GSL در ایستگاه زابل

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد روزهای یخبندان می‌باشند، ایستگاه ارومیه و شهرکرد می‌باشند.

هـر چند افزایش طـول دوره رویش از آثار مثبت گرمایش جهانی بشـمار می‌آید ولی بدیهی است پیامدهای گرم‌شدن و طولانی‌ترشدن فصل رویش عواقب وخیم تری از جمله افزایش نیاز آبی به علت طولانی‌ترشدن فصل گرم و افزایش تبخیر و تعرق و انطباق با دوره رشد محصولات و گاهی ایجاد تنش آبی پوشش گیاهی، تغییر تاریخ کشت، ایجاد و اختلال در سازگاری در نواحی پیشین، تغییرات سـاختمان و بافت خـاک و تغییر در جمعیت و توزیع آفـات، تغییر در عملکرد محصولات کشاورزی در سر زمین‌های جدید و کاهش تولید روستائی و مهاجرت روستائیان را بدنبال خواهد داشت. از آنجا که کشاورزی تنها ابزار اساسی برای تغذیه انسان به شمار می‌رود مسئولین و برنامه ریزان باید این مهم را در برنامه‌ریزی‌های کوتاه و بلند مدت امنیت غذایی کشور در نظر داشته باشند.

پاورقی‌ها

1- GSL: Growing Season Length

2- CCL/CLIVAR: Commission for Climatology\ CLImate VARiabilty

3- FD: Number of Frost Days

4- ID: Number of Icing Days

5- Proxy

6- Metadata

7- ECSN: European Climate Support Network

منابع مورد استفاده

۱ - پروژه آشکارسـازی تغییر اقلیم در ایران. ۱۳۸۱؛ پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو. سازمان هواشناسی کشور، ایران. تهران.

۲ - پروژه کاهش ضایعات سـرمازدگی بر محصولات کشاورزی. ۱۳۸۳؛ پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو. سازمان هواشناسی کشور. ایرا ن. تهران.

۳ - جهانگیری، زهره و فاطمه رحیم‌زاده. ۱۳۸۲؛ نقش قابلیت داده‌ها در مطالعات تغییرات اقلیمی. سومین کنفرانس تغییر اقلیم. اصفهان.

۴ - رحیم‌زاده، فاطمه و احمد عسـگری. ۱۳۸۳؛ نگرشـی بر تفـاوت نرخ افزایش دمای حداقل و حداکثر و کاهش دامنه شبانه‌روزی دما در کشور. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۳، ص ۱۷۲-۱۵۳.

۵ - سمیعی، محمود، مهدی عسگری و خداداد باستانی. خرداد ۱۳۶۷؛ تجزیه و تحلیل اقلیمی اطلاعات و احتمالات تاریخ شروع و خاتمه یخبندان پائیزه و بهاره در آستانه‌های بحرانی دما و طول دوره رویش در ایران. سازمان هواشناسی کشور. تهران.

۶ - شـهاب فر، علیرضا، سـهراب محمد نیاء قرائی و محمد معتمدی. پائیز ۱۳۸۳؛ آشکارسـازی تغییر اقلیم محلی به کمک بررسی نوسانات زمانی روزهای یخبندان. مطالعه موردی مشهد. فصلنامه جغرافیایی سرزمین دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات سال اول، شماره ۳.

۷ - علیزاده، امین، محمد موسـوی بایگی و غلامعلی کمالی. زمستان ۱۳۷۳؛ تاریخ وقـوع اولین یخبندان‌هـای پائیزه و آخرین یخبندان‌های بهاره در خراسـان. نیوار. شماره ۲۴، ۵۶-۳۸.

8- Aguilar E., I. Auer, M. Brunet, T. C. Peterson, and Wieringe, 2003;Gridlines on climate metadata and homogenization, WCDMP-N. 53, WMO-TD NO. 1186. World Meteorological Organization. Geneva, 55pp.

9- Alexander, L., X, Zhang, T.C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, F. Rahimzadeh, A. Tagipour, P. Ambenje, K. Rupa Kumar, J. Revadekar, G. Griffiths, L. Vincent, D. Stephenson, J. Burn, E. Aguilar, M. Brunet, M. Taylor, M. New, P. Zhai, M. Rusticucci and J.L. Vazquez-Aguirre, 2005; Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. J. Geophys. Res., D05109,doi:10.1029/2005JD006290.

10- Collins, D.A., P.M. Della-Marta,., N. Plummer, B.C. Ttrwin,. 2000; Trends in the frequencies of extreme temperature events in Australia. Australian Meteorological Magazine, 49, 277-292.

11- Easterling, D.R., J.L. Evans, P.Ya. Groisman, T.R. Karl, K.E. Kunkel, and P. Ambenje, 2000; Observed variability and trends in extreme climate events: A brief review. Bulletin of the American Meteorological Society, 81(3), 417-425.

12- Frich, P.L. and L. Alexander, P. M. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A. Klein Tank, T. Peterson. 2002; Observed coherent changes the second half of the twentieth century. Clim Reseach, 19: 193-212.

13- Heino R, R. Brazdil, E. Foland, H. Tuomenvirta, H. Alexandersson, M. Beniston C. Pfister, M. Rebetez, G. Rosenhagen, S. Rosner, J. Wibig. 1999; Progress in the study of climate extreme in northern and central Europe. Climate Change 42: 151-181.

14- Maidment, David R., 1993; Handbook of Hydrology Mc-Grawhill..

15- Menzel A. 2003; Plant phonological anomalies in Germany and their relation to air temperature and NAO. Climate Change 57: 243-263.

16- Plummer, N. 1999; Marine climate-metadata and standards. In: International Workshop for Port Meteorological Officers from RAs II and V, Melbourne, Australia, 8-12 November 1999.

17- Robeson SM. 2002; Increasing growing-season length in Illinois during the 20th century. Climate Change 52: 219-238.

18-. Shen, S., 2003; Global sarming science and policy: Progress 2002-2003. Proceeding of 14th Global Warming international conference & expo (27-30 May Boston. USA).

19- Sneyers, R., 1990; On the statistical analysis of series of observations, WMO Publ. No. 415, Geneva.

20- URL1 – http://cccma.seos.univ.ca/ETCCDMI/list_27_indices.html

21- Zhang, X., E. Aguilar, S. Sensoy, H. Melkonyan, U. Tagiyeva, N. Ahmed, N. Kutaladze, F. Rahimzadeh, 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 Khelet, S. Hammond, M. Demircan, M.Eken, M. Adiguzel, L. Alexander, T. C. Peterson adnd T. Wallis, .2005; Trends in middle east climate extremes indices during 1930-2003. J. Geophys. Res., D22104, doi:10.1029/2005JD006181

www.SID.ir