Archive of SID

تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال سوم، شماره ۳، زمستان ۱۳۸۶
Volume 3, No. 3, Winter 2008 (IR-WRR)
۴۲-۵۵

تحلیل روند نمایه‌های بارش‌های حدی در ایران

احمد عسگری [۱]، فاطمه رحیم‌زاده [۱]،
نوشین محمدیان [۲] و ابراهیم فتاحی [۱]

چکیده

مطالعه مقادیر حدی بارش و رویدادهای حدی ناشی از آن از اهمیت ویژه‌ای در سیاست گذاری‌ها و برنامه ریزی‌های بخش‌های مختلف مانند کشاورزی، مدیریت آب، شهرسازی و ساختمان و راه و ترابری برخوردار است به نحوی که در سال‌های اخیر توجه زیادی به روشهای مختلف تحلیل آن، معطوف شده است. در این تحقیق به منظور بررسی مقادیر حدی بارش، با استفاده از داده‌های روزانه بارش ۲۷ ایستگاه سینوپتیک با داده‌های مطمئن و قابل پوشش دوره نرمال استاندارد ۱۹۹۰-۱۹۶۱، نمایه‌های حداکثر بارش یک روزه ($Rx1day$)، حداکثر بارش ۵ روز متوالی ($Rx5day$)، نمایه ساده شدت بارش ($SDII$)، تعداد روزهای با بارش مساوی و یا بیشتر از ۱۰، ۲۰ و ۲۵ میلی متر ($R10mm$, $R20mm$, $R25mm$)، تعداد روزهای خشک متوالی (CDD)، تعداد روزهای تر متوالی (CWD)، جمع سالانه بارش روزهای خیلی تر ($R95p$)، جمع سالانه بارش روزهای فوق العاده تر ($R99p$) و جمع سالانه بارش روزهای تر ($PRCPTOT$) محاسبه و روند تغییرات آن‌ها در دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۱ بررسی شده است.

به طور کلی هر سه حالت ایستا، روند مثبت و منفی از نمایه‌های فوق در سطح کشور مشاهده گردید. اما در حالیکه در برخی از مناطق مانند هرمزگان، اصفهان و تهران روند اکثر نمایه‌ها مثبت ودر انطباق با یافته‌های هیات بین الدول تغییر اقلیم (IPCC) حاکی از احتمال تعداد رخدادهای بارش‌های حدی به ویژه در مناطق حاره بوده، در برخی از مناطق مانند آذربایجان و فارس نیز روند اکثر نمایه‌ها منفی و بر خلاف آن تشخیص داده شده است. روند مثبت در ۱۰ نمایه ایستگاه بابلسر و روند منفی در ۱۰ نمایه در ایستگاه‌های بوشهر و تبریز و معنی داری منفی ۷ تای آن در تبریز در سطح معنی‌داری ۰/۰۵، همگی گویای پیچیدگی خاص رفتار حدی بارش در کشور هستند. باید توجه داشت که رخداد برخی از مقادیر بارش خیلی ناهنجار، مانند جمع بارش سالانه ۱ میلیمتر ایستگاه بندرعباس در سال ۱۹۶۲ در شیب روند اکثر نمایه‌ها تاثیر قابل ملاحظه‌ای داشته‌اند.

کلمات کلیدی: نمایه‌های حدی بارش، شدت بارش، روند، ایران

Trend Analysis of Extreme Precipitation Indices Over Iran

A. Asgari [1], F. Rahimzadeh [1], N. Mohammadian [2] and E. Fattahi [1]

Abstract

Study of extreme precipitations and related extreme events is of great importance in policy making and planning in variety of sectors including agriculture, water management, urbanization and building, and road and transportation. Hence, much attention has been paid to different methods of analysis of extreme precipitations during recent years.

To study extreme precipitations over Iran, we used extreme precipitation indices like Maximum 1-day precipitation ($Rx1day$), Maximum consecutive 5-day precipitation ($Rx5day$), Simple precipitation intensity index ($SDII$), Number of days with precipitation equal to or greater than 10, 20, and 25 mm ($R10mm$, $R20mm$, and $R25mm$), Maximum number of consecutive dry and wet days (CDD and CWD), Total precipitation when daily amounts are greater than 95th and 99th percentile of wet days($R95p$ and $R99p$), and Total precipitation in wet days ($PRCPTOT$).

Our used data were limited to daily precipitation data from only 27 of Iranian synoptic stations that have reliable data and covering standard normal period 1961-1990.

We found all three behaviors of stationarity, positive and negative trends over the country. As trends for majority of the indices were positive in regions like Hormozgan, Esfahan, and Tehran, but on the contrary, they were negative for majority of the indices in regions like Azerbaijan and Fars. Former results correspond well with findings of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) that expects higher number of occurrences of extreme precipitation events beyond of tropical region. Positive trends for 10 indices in Babolsar and negative trends for 10 indices in Bushehr and Tabriz (7 out of 10 are significant at 0.05 level) indicate complex behaviors of extreme precipitation over the country

Occurrence of very abnormal values like total precipitation of 1 mm in Bandar abbas in 1962 have significantly affected slopes of trends in most of the extreme precipitation indices.

Keywords: Extreme precipitation indices, Intensity of precipitation, Iran, Trend

۱- عضو هیات علمی پژوهشکده هواشناسی
۲- کارشناس سازمان هواشناسی کشور

1- Faculty member of Atmospheric Science and Meteorological Research Center (ASMERC)
2- Expert of Islamic Republic of Iran Meteorological Organization (IRIMO)

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

افزایش غلظت گازهای گلخانه ای سبب تسریع چرخه آب شناسی و افزایش منابع آبی قابل دسترس در جو شده که آشفتگی‌های اقلیمی را با افزایش تعداد روزهای با بارش‌های سنگین به همراه خواهد داشت (IPCC, 2007).

بسیاری از کشورهای واقع در مناطق حاره‌ای و عرض‌های میانی به ویژه در قاره‌های آسیا و آفریقا، بلایای خشکسالی و سیل را در دهه‌های اخیر تجربه کرده‌اند. درآینده نیز، احتمال بروز سیل‌های ناگهانی در خیلی از مناطق حاره‌ای و معتدله دنیا به ویژه آسیا وجود دارد. روند تخریب جنگل در بسیاری از مناطق جهانی سبب رخداد و یا تشدید رخداد سیل نیز شده است که از آن جمله می توان به رخداد سیل در فاصله ۱۸ تا ۲۰ مرداد ۱۳۸۱شمسی در ناحیه کلاله استان گلستان در شمال شرق ایران اشاره کرد که تداوم آن در طی ۳ روز باعث مرگ ۴۳ نفر شد .

بنابراین در یک نگاه منطقی به اقلیم و تغییرات آن علاوه بر مقادیر میانگین، باید مقادیر حدی و تغییرپذیری عناصر مهم آن مثل بارش مورد توجه قرار گیرد، به ویژه در بخش‌های آب و کشاورزی که از مهم‌ترین بخش‌هائی هستند که از رویدادهای جوی اقلیمی و تغییرات در این رویدادها تاثیر می‌پذیرند. ادامه روند تغییر اقلیم و افزایش تغییرپذیری آن می‌تواند سبب افزایش این‌گونه آسیب‌پذیری‌ها نیز گردد. (Watson et al., 1997).

کارهای متعدد و گسترده‌ای در رابطه با بارش و مقادیر حدی آن در سطح جهان صورت گرفته است. یکی از فعالیت‌های جالب و گسترده، مربوط به هیات بین الدول تغییر اقلیم[1] (IPCC) است که در سومین گزارش خود (IPCC, 2001)، احتمال بیشتر وقوع بارش‌های حدی را به ویژه در عرض‌های جغرافیایی متوسط و بالا در اثر پدیده گرمایش جهانی ذکر می‌کند. گرچه مطالعات نشان می دهند که یک روند مثبت قابل ملاحظه برای بارش جهانی وجود دارد ولیکن رفتارهای متفاوتی از نقطه نظر جمع بارش و مقادیر حدی آن در مقیاس‌های منطقه‌ای مشاهده شده است.

نتایج برخی از مطالعات بیانگر وجود روند افزایشی قابل ملاحظه در مقیاس‌های منطقه ای است. تعداد کمی از مطالعات نیز بیانگر وجود روند منفی و یا عدم وجود آن بوده که استنتایج فوق الذکر، کم و بیش در هماهنگی با نتایج بدست آمده از اجرای مدل‌های اقلیمی با در نظر گرفتن افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌باشد (IPCC, 2001).

مطالعه مقادیر حدی بارش در مقایسه با مقادیر میانگین آن کاری پیچیده تر و مستلزم استفاده از داده‌های روزانه است. در مقیاس جهانی، مطالعاتی در زمینه کمیت و کیفیت داده‌های روزانه و کوتاهتر از آن جهت بررسی مقادیر و رویدادهای حدی صورت گرفته است (Frich et al., 2002 & Alexander et al., 2006). در سطح ملی نیز، تعدادی از کشورها به آماده‌سازی، بررسی و استفاده از داده‌های روزانه بارش خود پرداخته‌اند. برای مثال در منطقه آسیا می توان به مطالعه انجام شده در خاورمیانه (Zhang et al., 2005)، کشور چین (Zhai, et al., 2005) و ایران Rahimzadeh and Asgari, (2003) اشاره نمود. نتایج این فعالیت‌ها بیانگر اهمیت داده‌های روزانه و مشکلات موجود هم چون همگنی آنها در تحلیل‌های آماری می‌باشد.

کشور ما عمدتاً یک کشور خشک و نیمه خشک است و شاهد اثرات نامطلوب رویدادهای حدی بارش کم (خشکسالی) و رویدادهای حدی بارش زیاد (سیل) نیز بوده است. از این رو ضرورت دارد که علاوه بر شناخت کافی از نوع بارش، مقادیر بارش‌های ماهانه، فصلی و سالانه و توزیع آماری آن‌ها در کشور، مقادیر برگشت در دوره‌های زمانی مختلف و مقادیر حدی بارش نیز دقیقاً مورد تحلیل قرار گیرد. قبلا مطالعه جامعی بر روی تغییرات میانگین عناصر اقلیمی مهم مانند بارش از دیدگاه آشکار سازی آماری تغییر اقلیم در سطح کشور صورت گرفته است. لکن هدف ما در این مقاله نگاه اجمالی به روند مقادیر حدی عنصر اقلیمی بارش است که شدیداً از گرمایش جهانی متاثر شده و در الگوی تغییرات اقلیم منطقه تاثیر بسزایی دارند.

۲- داده‌ها و روش‌ها

در هنگام استفاده از داده‌های روزانه بارش یک ایستگاه باید مطمئن بود که علاوه بر اینکه ایستگاه به طور غیرطبیعی ناهمگن نباشد (تغییر مکانی ومحیطی جدی نداشته باشد) (Auglier et al., 2003)، آمار آن نیز از کیفیت مناسب برخوردار باشد. در این کار پس از بررسی شناسه داده‌ای ایستگاه‌های سینوپتیک، فقط آن دسته از ایستگاه‌ها (۳۳ ایستگاه) که ناهمگنی داده‌های آنها از بدو تاسیس تا سال ۲۰۰۳ به دلایل طبیعی تشخیص داده شد، مورد استفاده قرار گرفت. ایستگاه اصفهان به دلایل ناملایمات آماری در اواخر دوره، که به علت تغییر مکان از داخل شهر به خارج آن ایجاد شده بود، در دوره کوتاهتر آماری انتخاب گردید. نظر به اهمیت دوره آماری نرمال استاندارد ۱۹۹۰-۱۹۶۱ و اینکه هنوز تعدادی از فعالیت‌ها و تعیین برخی از نمایه‌های حدی بارش مبتنی بر استفاده از داده‌های این

www.SID.ir

Archive of SID

دوره هستند (Alexander et al., 2006)، ۲۷ ایستگاه از ایستگاه‌های سینوپتیک فوق که دوره آماری آن‌ها دوره نرمال استاندارد را پوشش می‌دهد، مورد توجه قرار گرفت. دوره‌های استاندارد نرمال، دوره‌های ۳۰ ساله‌ای هستند که با یک سری مشخصات توسط سازمان هواشناسی جهانی تعریف و در بررسیهای اقلیمی مورد استفاده می‌گیرد. دراین مطالعه، نرمال استاندارد ۱۹۹۰-۱۹۶۱ از ۱ ژانویه ۱۹۶۱ تا ۳۱ دسامبر ۱۹۹۰ را پوشش می‌دهد. داده‌های گمشده در فایل‌های داده‌ای با عدد ۹۹/۹- مشخص گردیده‌اند که آنها را از عدد صفر کاملا متمایز می‌کند و در مورد پرکردن آنها باید گفت که گزینه‌هایی که تعداد داده‌های گمشده روزانه منفرد و یا متوالی آن برای محاسبه مشخصه‌های آماری از استاندارد سازمان هواشناسی جهانی کمتر بوده، مورد استفاده قرار گرفتند. جدول شماره ۱ نام و مشخصات ایستگاه‌هایی که دارای خصوصیات فوق الذکر بوده و دوره آماری بلندمدت آن‌ها پوشش بر دوره نرمال استاندارد ۱۹۹۰-۱۹۶۱ را دارد، ارائه می‌دهد. علاوه بر این موقعیت جغرافیایی این ایستگاهها همراه با نتایج در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

یک حادثه حدی عبارتست از یک پدیده نادر که از دیدگاه آماری احتمال وقوع آن حادثه خیلی کم می باشد، در بر گیرنده معانی مختلفی است، برای مثال می‌تواند مقادیر پائین و بالای صدک‌های (۹۵و۵) ، (۹۰ و ۱۰)، و یا بصورت مقادیر بالاتر از یک آستانه و یا تداوم یک شرایط ویژه تعریف شود. انتخاب نمایه‌های حدی جهت بررسی پدیده‌های حدی در رابطه با تغییرات اقلیمی و اثرات آن از نکات بسیار مهمی است که باید مورد توجه پژوهشگران قرار گیرد. Frich et al., (2002) نمایه‌هایی را مورد استفاده قرار دادند که جنبه‌هایی از تغییر اقلیم و یا جنبه‌هایی از بروز و یا ادامه برخی از پدیده‌های مهم در کشاورزی مانند خشکسالی را به سادگی نشان دهد. برای مثال نمایه حداکثر بارش ۵ روزه، به نوعی شدت بارش‌های کوتاه مدت را بیان نموده و به نظر می‌رسد نمایه مناسبی برای نمایش پتانسیل سیل باشد.

به طور کلی نمایه‌های حدی تعریف شده در ۵ دسته رده بندی شده‌اند که در جدول شماره ۲، علاوه بر بیان این دسته‌بندی، تعریف و نحوه محاسبه نمایه‌ها نیز ارائه شده است (Alexander et al., 2006). برای محاسبه این نمایه‌ها، نرم افزار Rclimdex که توسط تیم کارشناسی[۲] ETCCDM تهیه شده، مورد استفاده قرار گرفته است (Zhang, 2007). مبنای محاسبه نمایه‌های آستانه‌ای یک مقدار مشخص است، اما برای محاسبه نمایه‌های حدی درصدی باید از نظریه آماری چندک‌ها بهره گرفت. شایان ذکر است در این مقاله چندک‌های ۱۰، ۹۵ و ۹۹ ام به کار گرفته شده اند.

در این کار برای برآورد آستانه یک عنصر اقلیمی، روش ۵ روز متوالی (5CD[۳]) انتخاب شده است. در این روش برای محاسبه آستانه روز nام یک ماه خاص داده‌های مربوط به روزهای $n-2, n=-1, n=0, n+1, n+2$ آن ماه را در ۳۰ سال دوره پایه یعنی ۱۵۰ ×۵ داده، استفاده شده است.

از آنجا که نقاط مرزی محاسبه شده در دوره مبنا از خطای نمونه تاثیر می پذیرد و بطور متوسط این خطاها منجر به برآورد زیادتر از حد خود در دوره‌های پایه می شود. برای برآورد چندک‌های دوره پایه، فرآیند خود راه انداز که اثرات ناهمگنی را از بین می برد نیز به کار گرفته شده است.

روش خود راه انداز در چند مرحله زیر، مبنای مقایسه را فراهم می‌کند.

الف- دوره مبنای ۳۰ ساله به دو دوره یک ساله و یک دوره ۲۹ ساله تقسیم می‌شود و دوره یک ساله، خارج از آن گذاشته می‌شود. ب- در این مرحله با استفاده از روش ساده خود راه انداز، داده‌های یکی از ۲۹ سال باقیمانده و یا میانگین ۲۹ ساله موجود، تکرار و در نتیجه دوره به یک دوره ۳۰ ساله تبدیل می‌شود و سپس با استفاده از این مجموعه چندک موردنظر به عنوان مثال صدک نود و پنجم محاسبه می‌گردد. ج- عدد خارج شده با این مرزها (چندک‌ها) مقایسه شده و تفاوت آن برای سال موردنظر که در مرحله اول به طور مصنوعی عدد آن کنار گذاشته شد، محاسبه می‌گردد. د- مراحل ب و ج می‌تواند ۲۸ بار برای تکرار سال‌های سوم تا سی ام انجام شود و این در حالی است که کماکان سال اول خارج از مبناء قرار دارد. ه - نمایه نهایی برای سال اول با میانگین گیری ۲۹ عدد بدست آمده حاصل می‌شود.

در بررسی روند بارش یعنی گرایش دراز مدت سری زمانی با استفاده از روش حداقل مربعات، معادله خط روند به شکل $\alpha_0 + \alpha_1 t$، تعیین شده است (Maidment, 1993).

از آزمون ناپارامتریک من‌کندال برای بررسی وجود روند خطی استفاده شده است (Sneyers, 1990 و رحیم زاده و عسگری، ۱۳۸۳). در این آزمون در صورتیکه سری زمانی مرتب شده y_i جای خود را به رتبه‌های متعلق به خود یعنی i دهند آنگاه در مقایسه

www.SID.ir

Archive of SID

هر رتبه با سایر رتبه‌های سری مورد نظر در صورتیکه به ازای $i > j$ ، $y_i > y_j$ باشد یک واحد به مقدار اولیه t اضافه می‌گردد، این کار از مقایسه رتبه داده اول با رتبه سایر داده‌ها آغاز و تا مقایسه رتبه‌های دو مقدار انتهایی ادامه می یابد. در پایان مقادیر بزرگ $|t| = |\sum n|$ نشان دهنده روند افزایشی یا کاهشی در سری خواهند بود. با استفاده از قضییه حد مرکزی آماره فوق به Z با توزیع نرمال تبدیل می شود و در این حالت کافیست مقدار آن با مقدار $Z_{a/2}$ که از جدول نرمال مربوط به سطح معنی داری α استخراج می‌شود، مقایسه شود. مبنای مقایسه برای سطح ۰/۰۵ برابر ۱/۹۶ $\pm$ است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های منتخب همدیدی (سینوپتیک) کشور

نام ایستگاه	دوره آماری	مشخصات جغرافیائی		ارتفاع (m)
		طول جغرافیائی (E)	عرض جغرافیائی (N)	
آبادان	۱۹۵۱-۰۳	۴۸ ° ۱۵'	۳۰ ° ۲۲'	۷
اراک	۱۹۵۵-۰۳	۴۹ ° ۴۶'	۳۴ ° ۶'	۱۷۰۸
ارومیه	۱۹۵۱-۰۳	۴۵ ° ۵'	۳۷ ° ۳۲'	۱۳۱۳
اصفهان	۱۹۵۱-۰۳	۵۱ ° ۵۲'	۳۲ ° ۴۰'	۱۶۰۱
بابلسر	۱۹۵۱-۰۳	۵۲ ° ۳۹'	۳۶ ° ۴۳'	-۲۱
بم	۱۹۵۶-۰۳	۵۸ ° ۲۱'	۲۶ ° ۹'	۱۰۶۷
بندرانزلی	۱۹۵۱-۰۳	۴۹ ° ۲۸'	۳۷ ° ۲۸'	-۲۶
بندرعباس	۱۹۵۷-۰۳	۵۶ ° ۲۲'	۲۷ ° ۱۳'	۱۰
بوشهر	۱۹۵۱-۰۳	۵۰ ° ۵۰'	۲۸ ° ۵۹'	۲۰
بیرجند	۱۹۵۵-۰۳	۵۹ ° ۱۲'	۳۲ ° ۵۲'	۱۴۹۱
تبریز	۱۹۵۱-۰۳	۴۶ ° ۱۷'	۳۸ ° ۵'	۱۳۶۱
تهران- مهرآباد	۱۹۵۱-۰۳	۵۱ ° ۱۹'	۳۵ ° ۴۱'	۱۱۹۱
رامسر	۱۹۵۵-۰۳	۵۰ ° ۴۰'	۳۶ ° ۵۴'	-۲۰
رشت	۱۹۵۶-۰۳	۴۹ ° ۳۹'	۳۷ ° ۱۲'	۳۷
زابل	۱۹۶۲-۰۳	۶۱ ° ۲۹'	۳۱ ° ۱۳'	۴۸۹
زاهدان	۱۹۵۱-۰۳	۶۰ ° ۵۳'	۲۹ ° ۲۸'	۱۳۷۰
زنجان	۱۹۵۵-۰۳	۴۸ ° ۴۱'	۳۶ ° ۴۱'	۱۶۶۳
سبزوار	۱۹۵۴-۰۳	۵۷ ° ۴۳'	۳۶ ° ۱۲'	۹۷۸
سنندج	۱۹۵۹-۰۳	۴۷ ° ۰'	۳۵ ° ۲۰'	۱۳۷۳
شهرکرد	۱۹۵۵-۰۳	۵۰ ° ۵۱'	۳۲ ° ۲۰'	۲۰۶۱
شیراز	۱۹۵۱-۰۳	۵۲ ° ۳۶'	۲۹ ° ۳۳'	۱۴۸۸
قزوین	۱۹۵۹-۰۳	۵۰ ° ۰'	۳۶ ° ۱۵'	۱۲۷۸
کرمان	۱۹۵۱-۰۳	۵۶ ° ۵۸'	۳۰ ° ۱۵'	۱۷۵۴
کرمانشاه	۱۹۵۱-۰۳	۴۷ ° ۷'	۳۴ ° ۱۹'	۱۳۲۲
گرگان	۱۹۵۲-۰۳	۵۴ ° ۱۶'	۳۶ ° ۵۱'	۱۳
مشهد	۱۹۵۱-۰۳	۵۹ ° ۳۸'	۳۶ ° ۱۶'	۹۹۰
یزد	۱۹۵۲-۰۳	۵۴ ° ۲۴'	۳۱ ° ۵۴'	۱۲۳۰

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تعریف نمایه‌های حدی بارش

ردیف	نام نمایه	معرفی نمایه	نوع	یکا
۱	*Rx1day* حداکثر بارش یک روزه Max 1-day precipitation amount	اگر RR_{ij} میزان بارش روز i در دوره j باشد، آنگاه حداکثر بارش روزانه برای دوره j عبارتست از $Rx1day_i = \max(RR_{ij})$	حدی مطلق	میلی‌متر
۲	*Rx5day* حداکثر بارش ۵ روزه Max 5-day precipitation amount	اگر RR_{ij} میزان بارش ماهانه ۵ روزه در دوره j باشد، آنگاه حداکثر بارش ۵ روزه برای دوره j عبارتست از $Rx5day_i = \max(RR_{kj})$	حدی مطلق	میلی‌متر
۳	*SDII* نمایه ساده شدت روزانه Simple daily intensity index	اگر RR_{wj} میزان بارش در یک روز بارانی $(RR \geq 1mm)$ در دوره j و w عبارت باشد از روزهای تر در دوره j ، آنگاه $SDII_j = \frac{\sum_{w=1}^{W} RR_{wj}}{W}$	نسبت	میلی‌متر بر روز
۴	*R10mm* روزهای با بارش سنگین Number of heavy precipitation days	اگر RR_{ij} میزان بارش روزانه در روز i در دوره j باشد، آنگاه روزهای با بارش سنگین یعنی تعداد روزهایی با مقدار بارش روزانه مساوی یا بیشتر از ۱۰ میلی‌متر عبارتست از تعداد روزهایی که $RR_{ij} \geq 10\ mm$	آستانه‌ای مطلق	روز
۵	*R20mm* روزهای با بارش خیلی سنگین Number of very heavy precipitation days	اگر RR_{ij} میزان بارش روزانه در روز i در دوره j باشد، آنگاه تعداد روزهای با بارش خیلی سنگین یعنی تعداد روزهایی با مقدار بارش روزانه مساوی یا بیشتر از ۲۰ میلی‌متر عبارتست از تعداد روزهایی که $RR_{ij} \geq 20\ mm$	آستانه‌ای مطلق	روز
۶	*R25mm* روزهای با بارش بیشتر از ۲۵ میلیمتر Number of days $\geq 25\ mm$	اگر RR_{ij} میزان بارش روزانه در روز i در دوره j باشد، آنگاه روزهای با بارش سنگین عبارتست از تعداد روزهایی که $RR_{ij} \geq 25\ mm$	آستانه‌ای مطلق	روز
۷	*CDD* روزهای خشک متوالی Consecutive dry days	اگر RR_{ij} میزان بارش در روز i در دوره j باشد، آنگاه بیشترین تعداد روزهای خشک متوالی که $RR_{ij} < 1\ mm$ شمارش می‌شود.	حدی دوره‌ای	روز
۸	*CWD* روزهای تر متوالی Consecutive wet days	اگر RR_{ij} میزان بارش در روز i در دوره j باشد، آنگاه بیشترین تعداد روزهای تر متوالی که $RR_{ij} \geq 1\ mm$ تعداد می‌شود.	حدی دوره‌ای	روز
۹	$R95p$ جمع بارش روزهای خیلی تر Very wet days	اگر RR_{wj} میزان بارش روزانه دوره j در یک روز تر یعنی روزی که بارش آن مساوی یا بیشتر از یک میلیمتر باشد $(RR \geq 1.0\ mm)$ و $RR_{wn}95$ صدک ۹۵ ام بارش در روزهای تر دوره ۹۰-۱۹۶۱ و w نماینده روزهای تر در دوره باشد، آنگاه $R95_{pj} = \sum_{w=1}^{w} RR_{wj}$ که در آن $RR_{wj} > RR_{wn}95$	مبتنی بر صدک‌ها	میلی‌متر
۱۰	$R99p$ جمع بارش روزهای بیش از اندازه تر Extremely wet days	اگر RR_{wj} میزان بارش روزانه در دوره j در یک روز تر یعنی روزی که بارش آن مساوی یا بیشتر از یک میلیمتر باشد $(RR \geq 1.0\ mm)$ و $RR_{wn}99$ صدک ۹۹ام بارش در روزهای تر دوره ۹۰-۱۹۶۱ و w نماینده روزهای تر در دوره باشد آنگاه، $R99_{pj} = \sum_{w=1}^{w} RR_{wj}$ که در آن $RR_{wj} > RR_{wn}99$	مبتنی بر صدک‌ها	میلی‌متر
۱۱	*PRCPTOT* مقدار سالانه بارش در روزهای تر Annual total wet days precipitation	اگر RR_{ij} میزان بارش روزانه در روز i ام در دوره j و i نماینده تعداد روزهای در j باشد، آنگاه $PRCPTOT_j = \sum_{i=1}^{I} RR_{ij}$	مطلق	میلی‌متر

www.SID.ir

Archive of SID

۳- نتایج

تعیین خطوط روند نمایه‌ها و انجام آزمون‌های معنی داری آنها برای ۲۷ ایستگاه سینوپتیک کشور صورت گرفته است که نتایج آن به صورت خیلی خلاصه در جدول شماره ۱ ارائه شده است. هر چند نمودارهای روند برای تمامی ۱۱ نمایه در تمام ایستگاه‌ها تهیه گردیده، اما فقط نمایه‌های ایستگاه‌های گرگان، تبریز و تهران به عنوان نمونه در شکل‌های ۲ و ۳ ارایه گردیده است. نوع و شدت روندها در دسته بندی‌های مختلف به صورت نقشه نیز در شکل ۱ نیز ارائه گردیده است.

۳-۱- حداکثر بارش یک روزه (*Rx1day*)

بالاترین حداکثر بارش یک روزه کشور به میزان ۳۵۳ میلی متر در ۱۷ سپتامبر ۱۹۶۲ در بندر انزلی رخ داده است. تفاوت قابل ملاحظه دو منطقه شمال و جنوب کشور فراوانی زیاد بارش‌های ۲۴ ساعته بالای ۱۰۰ میلی متر در شمال و فراوانی کمتر آن‌ها در جنوب کشور است که آنهم به نوعی بیانگر نوسان زیاد آن می باشد. یکی دیگر از نکات قابل توجه آنست که با توجه به تداوم حدود ۶ تا ۷ ساله خشکسالی هواشناختی بسیار شدید در منطقه جنوب شرق کشور بارش حداکثر ۲۴ ساعته ایستگاه‌های این منطقه در طول این دوره خشکسالی صفر یا نزدیک به صفر بوده که بیانگر افت نمایه حداکثر بارش یک روزه (*Rx1day*) در پایان دوره مطالعاتی در این منطقه می باشد. در طول دوره مطالعاتی ،هر دو روند مثبت و منفی برای سریهای حداکثر بارش یک روزه در کشور مشاهده می شود، اما تنها روند منفی معنی دار، در ایستگاه‌های زاهدان و شیراز مشاهده شده است. به طور کلی دامنه روند این نمایه در بخش اعظم کشور بین ۰/۲- تا ۰/۲+ میلی متر در سال (دامنه ۲± میلی متر در دهه) قرار دارد. چند محدوده کوچک واقع در استانهای گیلان، فارس و سیستان و بلوچستان دارای روند منفی قابل ملاحظه با شیب فراتر از ۰/۲- میلی متر در سال (کاهش بیش از ۲ میلی متر در دهه) هستند. دو محدوده کوچک واقع در کناره‌های دریای خزر و استان هرمزگان نیز دارای روند مثبت قابل ملاحظه با شیب بزرگتر از ۰/۲+ میلی متر در سال (افزایش بیش از ۲ میلی متر در دهه) می باشند. پایین ترین و بالاترین نرخ روند به ترتیب متعلق به بندرانزلی و رامسر با میزان تقریبی ۱۰ میلی متر کاهش و ۷ میلی متر افزایش در دهه می‌باشند.

۳-۲- حداکثر بارش ۵ روزه (*Rx5day*)

این نمایه بیانگر تداوم فعالیت سامانه‌های بارانزا و یا ناپایداری در دوره‌های چند روزه است. هرچند بیشترین حداکثر بارش‌های ۵ روزه کشور به ترتیب متعلق به ایستگاههای رامسر(۴۸۷ میلیمتر)، بندر انزلی (۴۷۵ میلیمتر) و رشت (۳۴۰ میلیمتر) هر سه در شمال کشور بوده، اما تاریخ رخداد مقدار فوق با تاریخ رخداد نمایه *Rx1day* در رشت منطبق و در دو ایستگاه دیگر متفاوت است. روند این نمایه در قسمت اعظم کشور منفی بوده و فقط در ایستگاههای زاهدان و تبریز معنی دار می باشد (جدول و نمودار شماره ۱). مناطقی در استان‌های مرکزی، بوشهر و سیستان و بلوچستان دارای روند منفی قابل توجه هستند. مناطقی نیز با روند مثبت قابل ملاحظه در سواحل خزر، شمال شرق کشور و استان هرمزگان به چشم می‌خورد. که در این بین تنها ایستگاه سبزوار دارای روند معنی دار در سطح ۰٪۵ می باشند. ایستگاه اراک با شیب ۰/۶۹- میلیمتر در سال شدیدترین روند کاهشی و ایستگاه رامسر با شیب ۰/۹۴ + میلیمتر در سال شدیدترین روند افزایشی را برای این نمایه نشان می دهد. گرچه در بسیاری از مناطق کشور همسویی بین گرایش حداکثر بارش ۱ روزه و حداکثر بارش ۵ روزه وجود دارد و لیکن در برخی از مناطق مثل نوار ساحلی دریای خزر حالت نسبتاً متفاوتی مشاهده می شود.

۳-۳- نمایه ساده شدت روزانه (*SDII*)

گرچه بالاترین جمع بارش سالانه در دوره مطالعاتی به میزان ۲۶۵۵ میلیمتر متعلق به بندرانزلی در سال ۱۹۸۲و بیشترین تعداد روزهای تر هم به میزان ۱۳۳ میلیمتروز متعلق به همین ایستگاه در سال‌های ۱۹۵۹ و ۱۹۶۹ است، ولی بیشترین نمایه *SDII* کشور مربوط به بندرعباس به میزان ۳۰/۵ میلیمتر در روز در سال ۲۰۰۰ می‌باشد.

روند مثبت این نمایه که می تواند در جهت پیامدهای گرمش جهانی تفسیر شود با افزایش مقادیر بارش سالانه و یا با کاهش تعداد روزهای بارش حاصل می شود. بررسی روند نمایه ساده شدت روزانه در کشور نشان می‌دهد که از ۱۱ ایستگاه دارای روند منفی (چند ایستگاه آن دارای روند منفی ضعیف و تقریباً ایستا) و ۱۶ ایستگاه دارای روند مثبت فقط ۱ روند منفی و ۴ روند مثبت معنی‌دار بوده‌اند (جدول و نمودار شماره ۱). شدیدترین روندهای منفی و مثبت در دوره مورد مطالعه به ترتیب در زاهدان و بندرعباس با شیب ۰/۶۱- و ۰/۷۴+ میلیمتر بر روز در دهه برآورد شده است. نکته جالب در مورد روند این نمایه وجود بالاترین روندهای مثبت در بندرعباس، بابلسر و رامسر یعنی ایستگاههایی با بالاترین روندهای مثبت حداکثر بارش یک روزه و پنج روزه بوده است. گرچه در شهرهایی مانند بوشهر و شیراز روند منفی نمایه ساده شدت روزانه مشاهده می‌شود و لیکن این روندهای منفی صرفاً به خاطر رخداد یک یا دو مورد بارش سنگین در سال‌های اولیه دیدبانی در این ایستگاه‌ها می‌باشد و چنانچه روند از سال ۱۹۶۰ به بعد در نظر گرفته شود، این روند نیز مثبت خواهد شد. روند منفی در جنوب شرق کشور نیز در

www.SID.ir

Archive of SID

صورت عدم لحاظ خشکسالی سال‌های پایان دوره مطالعاتی، تبدیل به یک روند مثبت و یا حالت ایستا خواهد شد.

۳-۴- تعداد روزهای با بارش سنگین ($R10mm$)

در سریهای نمایه $R10mm$ ایستگاه‌های ساحلی شمال کشور، تعداد زیادی روزهایی با مقادیر بیش از ۱۰ میلی متر تا مرز ۶۶ روز درسال ۱۹۸۲ در بندر انزلی، به چشم می خورد، در صورتی که در سایر مناطق تعداد این روزها به ندرت به بالاتر از ۱۰ روز در سال می‌رسد. در برخی از ایستگاه‌های جنوب کشور نیز سال‌هائی یافت می‌شود که از نظر تعداد، صفر روز با بارش سنگین، به دفعات مشاهده شده است.

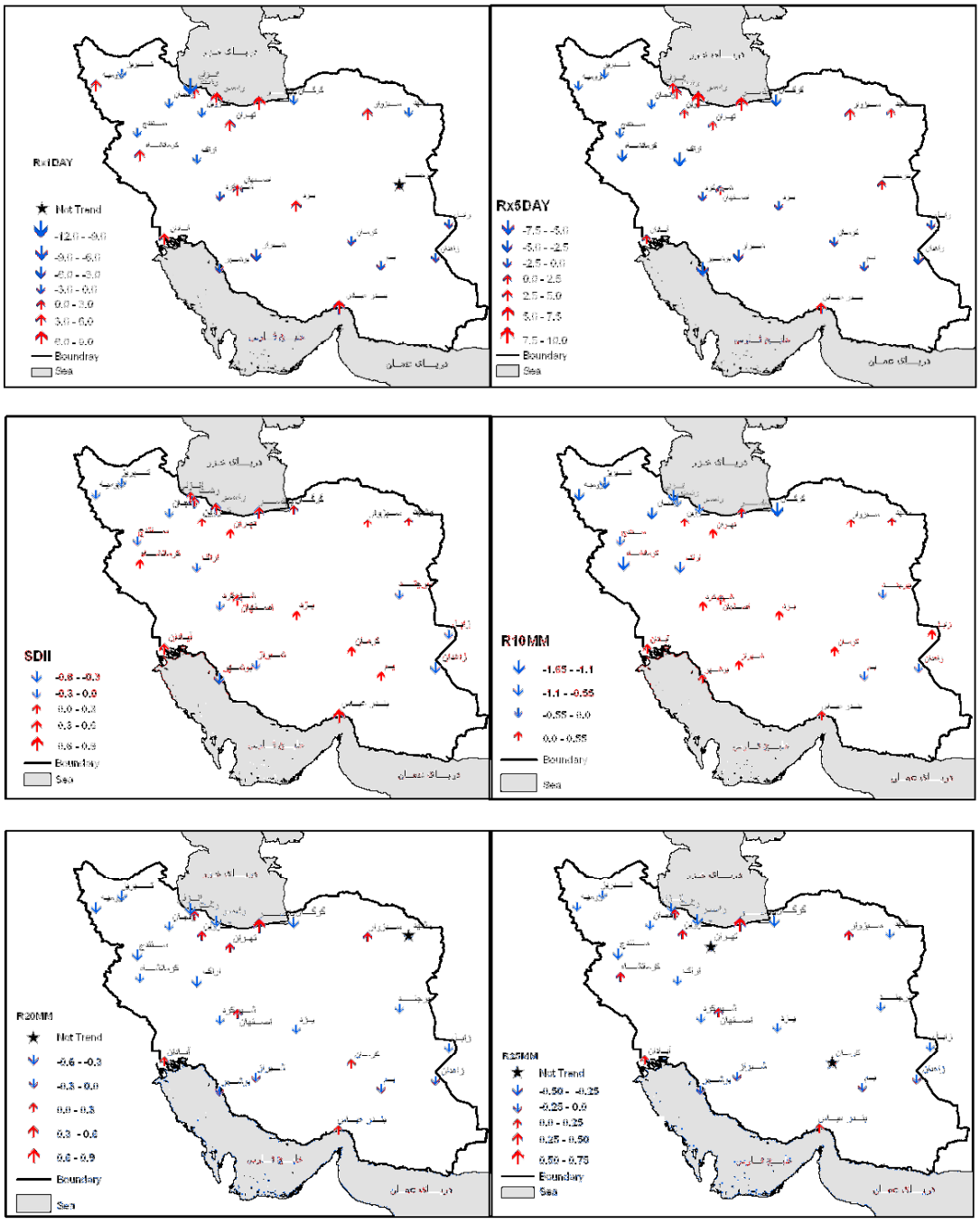
از دیدگاه بررسی روند، ملاحظه می شود که بیش از نیمی از وسعت کشور دارای روند کاهشی در تعداد روزهای همراه با بارش سنگین هستند. گرگان که دارای بالاترین شیب منفی به میزان ۱/۶- روزدر دهه می باشد، یکی از پنج ایستگاه دارای روند منفی معنی دار نمایه $R10mm$ می باشد (جدول و نمودار شماره ۱). نکته جالب وجود دو هسته با روندهای نا هم سو در شمال شرق کشور می باشد که در همین محدوده سبزوار به عنوان تنها ایستگاه دارای روند مثبت معنی‌دار، بالاترین شیب را به میزان ۰/۵۴+ روز در دهه به خود اختصاص داده است. در صورت عدم رخداد خشکسالی سال‌های اخیر، روند مثبت در سبزوار، مشهد و زابل شدیدتر و روند منفی زاهدان و بم ضعیف تر می شد.

جدول ۳- شیب خط روند نمایه‌های حدی بارش در ۲۷ ایستگاه بر حسب میزان آن بر دهه. روندهای قابل قبول در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ به روش من-کندال با * و حالت‌های بدون روند (ایستا) با ** مشخص شده اند.

نمایه / ایستگاه	$Rx1day$	$Rx5day$	$SDII$	$R10mm$	$R20mm$	$R25mm$	CDD	CWD	$R95p$	$R99p$	$PRCPTOT$
آبادان	۲/۲۷	۱/۲۵	۰/۳۲*	۰/۱	۰/۰۹	۰/۰۸	-۰/۶۷	۰**	۵/۴۱	۶/۸۹*	۰/۷۰
اراک	-۱/۲۷	-۶/۹	-۰/۰۱	-۱/۰۵*	-۰/۴۶	-۰/۱۹	-۳/۰۶	-۰/۳	-۷/۶۱	-۲/۳۵	-۲/۵۷*
ارومیه	۰/۸۹	-۲/۳۷	-۰/۰۶	-۰/۹۳	-۰/۳۱	-۰/۰۹	۳/۳۸	-۰/۵*	-۶/۴۵	-۲/۷۳	-۲/۰۲
اصفهان	۱/۱۶	۰/۰۵	۰/۳۸*	۰/۲۹	۰/۱۳	۰/۰۴	۳/۱۳	-۰/۲	۶/۴۱	۱/۴۸	۰/۵۴
بابلسر	۵/۹۹	۵/۹۲	۰/۵۷*	۰/۱۲	۰/۷۷	۰/۷*	-۰/۵۲	۰/۱۲	۳۲/۰۱*	۲۱/۴۳*	۳/۴۱*
بم	-۰/۳۲	-۰/۶۹	۰/۰۸	-۰/۰۸	-۰/۱۲	-۰/۰۶	-۳/۳۳	-۰/۲	۰/۱۴	-۱/۳۸	-۰/۴۴
بندرانزلی	-۱۰/۰۱	۲/۳۴	۰/۱۱	-۰/۸۸	-۰/۵۶	-۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۲۳	-۱۴/۵۷	-۲۴/۹	-۲/۷۳
بندرعباس	۴/۳۹	۴/۲۳	۰/۷۴	۰/۴۳	۰/۱۴	۰/۱۶	-۷/۴۷	۰/۰۱	۸/۳۳	۱/۹۵	۱/۵۹
بوشهر	-۱/۶۱	-۵/۹۱	-۰/۵	۰/۰۹	-۰/۰۹	-۰/۱۴	-۵/۰۹	-۰/۱	-۷/۰۸	-۱۰/۳	-۰/۴۱
بیرجند	۰**	۰/۷۴	-۰/۰۱	-۰/۴	-۰/۰۵	-۰/۰۶	-۱/۱۱	۰/۰۸	-۲/۰۸	-۰/۵۷	-۰/۴۳
تبریز	-۱/۵	-۲/۴۵*	-۰/۰۵	-۰/۶۱	-۰/۳۲*	-۰/۱۶*	۰/۱۶	-۰/۳*	-۹/۹۷*	-۴/۳۹*	-۱/۹۱*
تهران- مهرآباد	۱/۳۶	۱/۶۲	۰/۲۱*	۰/۲	۰/۱۷	۰**	-۱/۷	۰/۱۹	۷/۷۱	-۰/۰۵	۰/۸۳
رامسر	۷/۰۷	۹/۴۱	۰/۴۱	-۰/۵۳	-۰/۴۶	-۰/۳۵	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۱۱	۲۱/۰۷	-۱/۵۷
رشت	۱/۶۶	۲/۵۷	۰/۳۴	-۰/۵۱	۰/۲۳	۰/۰۶	۰/۳۷	-۰/۲	۶/۸۴	۰/۴۴	۰/۱۶
زابل	-۱/۱	-۲/۱۵	-۰/۰۲	۰/۰۳	-۰/۰۳	-۰/۰۷	۴/۵۶	-۰/۱	-۰/۸۵	-۱/۲۴	-۰/۰۸
زاهدان	-۲/۹۲*	-۴/۷*	-۰/۶۱*	-۰/۵۴*	-۰/۲۹*	-۰/۱۳*	-۱/۸۴	-۰/۱	-۸/۰۴*	-۴/۵*	-۱/۳۲*
زنجان	-۰/۶۱	-۲/۰۴	-۰/۰۹	-۰/۹۴*	-۰/۲۴	-۰/۱۱	-۲/۶۱	-۰/۶*	-۱۱/۵۲	-۲/۰۷	-۱/۹۹*
سبزوار	۰/۱۸	۲/۹۳*	۰/۱۸	۰/۵۴*	۰/۰۶	۰/۰۲	-۱/۳۷	۰/۱۲	۳/۷۵	۱/۴۸	۰/۷۵
سنندج	-۰/۵۷	-۰/۹۸	-۰/۰۸	-۰/۵۱	-۰/۳۷	-۰/۲۷	-۲/۳۵	-۰/۲	-۷/۷۲	-۰/۱۱	-۲
شهرکرد	-۱/۰۴	-۱/۲۵	-۰/۰۹	۰/۰۹	-۰/۰۹	-۰/۰۶	-۰/۶۴	۰/۰۹	-۵/۸۸	-۳/۰۵	۰/۲۶
شیراز	-۴/۷۳*	-۳/۷۵	-۰/۰۵	۰/۰۸	-۰/۱۴	-۰/۱	-۱/۴۴	-۰/۳	-۱۴/۰۶	-۱۵/۶*	-۱/۰۶
قزوین	-۰/۰۸	۰/۴۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱	۰/۰۶	۱/۱۵	۰/۱۳	۳/۸	۱/۳۲	۰/۷۸
کرمان	-۰/۱۶	-۲/۴۳	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰**	-۴/۶۲	-۰/۴	۰/۸۱	-۱/۶۹	-۰/۱۹
کرمانشاه	۰/۶	-۳/۴۶	۰/۰۵	-۱/۵۶*	-۰/۲۴	۰/۰۳	-۰/۶۱	-۰/۵	-۰/۸۳	-۳/۳۶	-۲/۷۷
گرگان	-۱/۳۹	-۴/۴	۰/۰۱	-۱/۶۲*	-۰/۳۹	-۰/۴۶*	۰/۵۸	-۰/۵*	-۱۴/۳۷	-۳/۸	-۴/۰۱*
مشهد	-۰/۴۲	۰/۴۸	۰/۱۵	۰/۳۸	۰**	-۰/۰۳	-۲/۱۹	۰**	-۰/۵۳	-۰/۴۵	۰/۲۲
یزد	۰/۱۱	-۰/۲۸	۰/۱	۰/۱۶	-۰/۰۳	-۰/۰۳	۱/۹۹	-۰/۱	۱/۸۶	-۰/۲۷	-۰/۱

www.SID.ir

Archive of SID

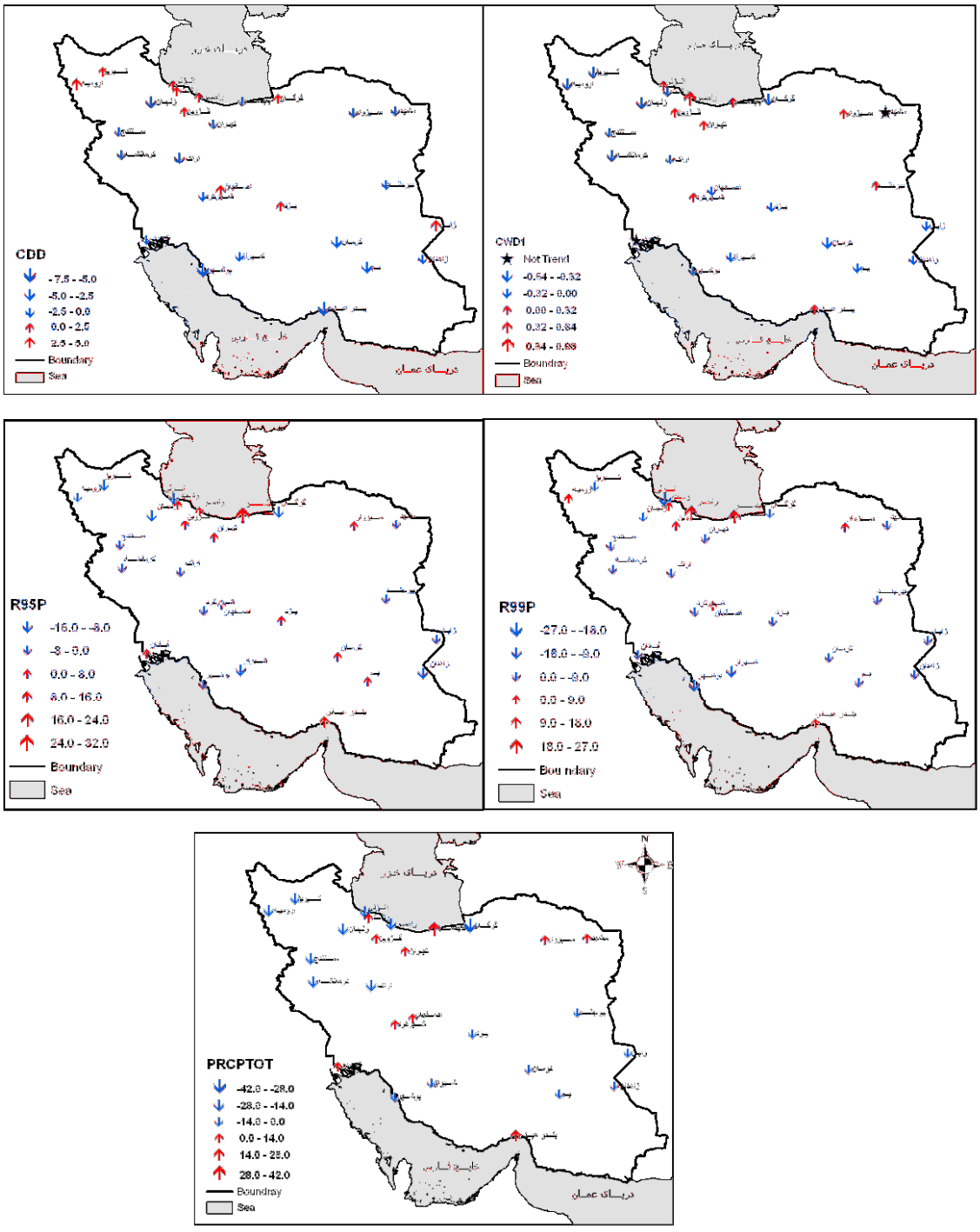


شکل ۱- روندهای خطی نمایه‌های حدی بارش در دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۱ .

فلش‌های رو به بالا و پایین به ترتیب نمایانگر روند مثبت و منفی این نمایه‌ها هسستند. اندازه‌های مختلف مثلث‌ها نشان دهنده اندازه روندها می باشند.

www.SID.ir

Archive of SID



ادامه شکل ۱

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۵- تعداد روزهای با بارش خیلی سنگین ($R20mm$)

بالاترین تعداد روزهای با بارش خیلی سنگین کشور به تعداد۴۶ روز در سال ۱۹۸۲ در بندر انزلی رخ داده است. این نمایه که فراوانی روزهای با بارش خیلی سنگین را نشان می دهد و افزایش آن غالباً در جهت پیامدهای منتظره افزایش گازهای گلخانه‌ای است (Frich et al., 2002)، در بیشتر مناطق کشور با روند کاهشی همراه بوده و فقط در ایستگاه بابلسر، روند افزایشی قابل توجه به چشم می‌خورد. در نیمه غربی کشور هر سه حالت روند منفی، روند مثبت و حالت ایستا مشاهده می‌شود ولی غالباً معنی‌دار نیستند (جدول و نمودار شماره ۱). در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه بندرانزلی و اراک شدیدترین روندهای منفی را به ترتیب با شیب ۰/۵۶- و ۰/۴۶- و بابلسر و رشت شدیدترین روندهای مثبت را به ترتیب با شیب ۰/۷۷+ و ۰/۲۳+ روز در دهه دارا می‌باشند.

۳-۶- تعداد روزهای با بارش مساوی یا بیشتر از ۲۵ میلی متر ($R25mm$)

رفتار این نوع از روزها در کشور تقریباً مشابه رفتار روزهای با بارش مساوی و یا بیشتر از ۲۰ میلی متر است. بررسی روند این نمایه که تفسیری همچون روند تعداد روزهای با بارش خیلی سنگین را دارد، نشان میدهد که در طول دوره مورد مطالعه، بیش از دو سوم وسعت کشور دارای روندهای بسیار ضعیف و با دامنه ای حدود ۰/۰۱ - تا ۰/۰۱ + روز در سال برای شیب خطی می باشند. در سطح کشور، گرگان شدیدترین روند منفی را با شیب ۰/۴۶- و بابلسر شدیدترین روند مثبت را با شیب ۰/۷+ روز در دهه به خود اختصاص داده‌اند.

۳-۷- حداکثر تعداد روزهای متوالی خشک (CDD)

در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه زابل و بندرعباس تنها ایستگاههایی هستند که نمایه CDD بالای ۳۰۰ روز را به ترتیب در ۴و ۳ سال تجربه کرده اند و بندر عباس بالاترین رکورد ۳۴۵ روز را در سال ۱۹۶۷ به خود اختصاص داده است.

Alexander et al., (2006) نشان دادند که این نمایه به طور نسبی در بیشتر ایستگاههای واقع در خشکیهای کره زمین در دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۱ دارای روند منفی بوده، که می‌تواند همسو با انتظارات هیات بین الدول تغییر اقلیم تفسیر شود. روند این نمایه در بخش اعظم کشور ما کاهشی و فقط در محدوده‌هایی در آذربایجان، مناطق مرکزی، شمال و جنوب شرق کشور افزایشی بوده است (جدول و شکل شماره ۱). در برخی از ایستگاه‌ها مانند قزوین و شهرکرد روند موجود بسیار ضعیف بوده به طوری که می‌توان آن را ایستا در نظر گرفت. دو ایستگاه جنوبی بندرعباس و بوشهر به ترتیب با شیب ۷/۵- و ۵/۱- روز در دهه شدیدترین روند منفی را دارا بوده‌اند.

۳-۸- حداکثر تعداد روزهای متوالی تر (CWD)

در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، به طور کلی میزان این نمایه در ایستگاه‌های ساحلی دریای خزر نسبت به سایر قسمت‌های کشور بیشتر بوده به طوری که بیشترین تعداد روزهای متوالی تر در رشت به میزان ۱۵ روز در سال ۱۹۷۴ و در بندرانزلی به میزان ۱۴ روز در سال ۱۹۹۳ بدست آمده است. در بین سایر مناطق، بیشترین مقدار نمایه در شیراز به میزان ۱۴ روز در سال ۱۹۵۴ به ثبت رسیده است. ایستگاه‌هایی مانند زابل، زاهدان و یزد در برخی از سال‌ها فقط یک روز این نمایه را با میزان بالاتر از صفر روز تجربه کرده‌اند.

از لحاظ نوع روند در دنیا ، در درصد کمی از ایستگاه‌ها ، روند معنی دار منفی یا مثبت از این نمایه در دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۱ مشاهده شده است (Alexander et al., 2006)، البته درصد ایستگاههای دارای روند منفی معنی دار کمی بیشتر است. در دو محدوده از شمال و شرق کشور روند مثبت بوده و شدیدترین روند منفی نیز در منطقه غرب و شمال غرب مشاهده می شود. به دلایل فوق الذکر بررسی روند در منطقه جنوب بی‌معنی می‌باشد. شدیدترین روند منفی و مثبت به ترتیب متعلق به ایستگاه زنجان و رامسر با شیب‌های ۰/۶- و شیب ۰/۰۹۶+ روز در دهه می‌باشند.

۳-۹- روزهای خیلی تر ($R95p$)

با توجه به آنکه نمایه‌های $R95p$ و $R99p$ بر اساس مقایسه بارش‌های شدید روزانه با صدک‌های ۹۵ ام و ۹۹ ام همان ایستگاه می باشد، تفسیر آنها در مقایسه با نمایه‌های با آستانه ثابت مانند $R20mm$ ، از اهمیت ویژه ای برخوردار خواهد شد. با توجه به میزان بیشتر بارش در ایستگاه‌های ساحلی خزر، بدیهی است در صورت رخداد بارش‌های بالاتر از صدک‌های ۹۵ ام و ۹۹ ام در یک سال معین جمع مقادیر آن‌ها بالا خواهد بود. بررسی‌های ما نشان دادند که در ایستگاه‌های بندرانزلی، بابلسر، رشت و گرگان در تمام سال‌ها بارش‌های بیشتر از صدک نود و پنجم رخ داده است. ایستگاه رامسر هم فقط یکسال در طول دوره آماری خود بارش روزانه شدیدتر از صدک ۹۵ ام نداشته است، بقیه ایستگاه‌های کشور هم چندین سال نمایه $R95p$ به میزان صفر را تجربه کرده اند که از این میان در برخی ایستگاه‌ها مانند آبادان، بم، بندرعباس، اکثر سال‌ها صفر بوده است. در بندرانزلی در ۳ سال و در رامسر هم در یکسال جمع مقادیر بارش‌های روزانه بالای صدک ۹۵ ام به بیش از ۱۰۰۰ میلی‌متر

www.SID.ir

Archive of SID

رسیده که بالاترین رکورد هم متعلق به بندرانزلی و به میزان ۱۰۹۶ میلی متر در سال ۱۹۷۵ می باشد.

چنانچه کشور را به سه نوار در راستای تقریبی شمالی جنوبی تقسیم کنیم. نوار غربی و نوار شرقی آن تقریبا دارای روند منفی و نوار مرکزی، روند مثبت را نشان می دهد. در صورت عدم لحاظ خشکسالی‌های اواخر دهه ۹۰ و اوایل هزاره جدید روندهای منفی ضعیف تر و روندهای مثبت شدیدتر می گردید. مقایسه نرخ‌های تغییر این نمایه در ایستگاه‌های مورد مطالعه حاکی از آن است که شدیدترین روندهای مثبت را به ترتیب بابلسر و بندرعباس با شیب‌های ۳۲+ و ۸/۳+ میلی متر در دهه و شدیدترین روندهای منفی را به ترتیب بندرانزلی و گرگان با شیب‌های ۱۴/۶- و ۱۴/۴- میلی‌متر در دهه دارا هستند. از این رو ملاحظه می‌شود که بندر بابلسر و بندر انزلی که در فاصله کمی از یکدیگر قرار دارند، دو حالت کاملاً متضاد را نشان می‌دهند.

۳-۱۰- روزهای فوق العاده تر ($R99p$)

روزهای فوق العاده تر با جمع بارش‌های روزانه بالاتر از صدک۹۹ ام بیان می شود و تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در طی یک یا چند سال، میزان صفر را برای این نمایه تجربه کرده‌اند. آستانه صدک ۹۹ام از ایستگاهی به ایستگاه دیگر فرق می کند. برای مثال در بندر انزلی حدود ۱۰۹ و در زابل حدود ۳۱ میلی متر است. بیشترین مقدار این نمایه متعلق به رامسر و به میزان ۷۹۷ میلی متر در سال ۱۹۷۶ است ولی در ایستگاههای دیگر نظیر بندر انزلی به میزان ۶۵۵ میلی متر در سال ۱۹۹۷ و زابل به میزان ۴۵ میلی متر در سال ۱۹۹۴ می باشد. روند این نمایه‌ها برای قسمت اعظم کشور منفی است، فقط در محدوده‌های کوچکی در شمال غرب، جنوب غرب، شمال، جنوب و مرکز کشور روند مثبت مشاهده می‌شود. شدیدترین روند منفی نیز در منطقه فارس و گیلان مشاهده می‌شود.

در میان ایستگاه‌های مورد مطالعه، شدیدترین روندهای مثبت را به ترتیب بابلسر و در رامسر با شیب‌های ۲۱/۴+ و ۲۱/۱+ میلی متر در دهه و شدیدترین روندهای منفی را به ترتیب بندر انزلی و شیراز با شیب‌های ۲۴/۹- و ۱۵/۶- میلی متر در دهه داشته اند. که وجود دو وضعیت متضاد در سواحل دریای خزر قابل توجه است.

۳-۱۱- جمع سالانه بارش روزهای تر) $PRCPTOT$ (

نمایه $PRCPTOT$ در واقع عبارت است از مجموع بارش در روزهای با بارش مساوی و یا بیشتر از ۱ میلی‌متر و اختلاف آن با جمع بارش سالانه زیاد نیست. چنانچه تعداد روزهای همراه با بارش n و تعداد روزهای همراه با بارش مساوی و یا بیشتر از ۱ میلی‌متر را n_1 در نظر بگیریم، حداکثر تفاوت مجموع بارش در روزهای با بارش مساوی یا بیشتر از ۱ میلی‌متر) $PRCPTOT$ (و با جمع بارش سالانه برابر با ۰/۹ $\times$ ($n-n_1$) میلی متر خواهد شد. به عنوان مثال در سال ۱۹۹۳ در بندرانزلی بیشترین تعداد روزهای همراه با بارش و تعداد روزهای تر (مساوی و یا بیشتراز ۱ میلی‌متر) به ترتیب ۱۸۱ و ۱۲۰ روز بوده است. در این سال مجموع‌های بارش روزانه و جمع بارش روزهای تر به ترتیب به میزان ۱۸۰۵/۴ و ۱۷۸۹/۴ میلی‌متر ثبت شده است که تفاوتی در حد ۱۶ میلی متر را نشان می‌دهد و این تفاوت مشخصاً از حداکثر تفاوت مطرح شده در بالا ۰/۹ $\times$ (۱۲۰-۱۸۱) کمتر است. بررسی روند این نمایه در کشور نشان میدهد که کلاً در منطقه شمال غرب و جنوب شرق روند کاهشی، در منطقه شمال شرق و جنوب کشور افزایشی و در بقیه کشور که عمدتاً مناطق مرکزی را در برمی گیرد هر دو روند افزایشی و کاهشی ملاحظه می شود (جدول و نمودار شماره ۱). در منطقه جنوب کشورکه میانگین بارش نیز کم است، روند کاهشی با نوسانات زیاد توام است. در منطقه شمال شرق و جنوب هم روند افزایشی همراه با نوسانات زیاد به چشم می‌خورد. در میان ایستگاه‌های مورد مطالعه شدیدترین روند منفی را ایستگاه‌های گرگان با شیب ۴- و و شدیدترین روند مثبت را نیز ایستگاه‌های بابلسر با شیب ۳/۴+ میلیمتر بر دهه دارا هستند. علیرغم روند منفی شدید این نمایه در ایستگاه گرگان و همراهی آن با روند منفی از نمایه‌های $R95p$ و $R10mm$ و $SDII$ ، منطقه شاهد رخداد دو بار سیل شدید بوده که بیانگر نقش عوامل غیر جوی در رخداد آنها بوده است. در شکل شماره ۳ نیز روند نمایه‌های $PRCPTOT$ ایستگاه‌های تبریز و تهران که به ترتیب دارای روندهای کاهشی و افزایشی هستند به همراه روند بارش‌های سنگین آنها) $R95p$ (ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که گرایش روندهای نمایه $R95p$ آن‌ها هم سو با گرایش نمایه $PRCPTOT$ بوده است.

۴- بحث و نتیجه گیری

تغییر اقلیم ناشی از عوامل متعدد طبیعی و بشری است که در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف عمل می کند. یکی از ابعاد تغییر اقلیم، تغییر در الگوی بارش و مقادیر حدی آن می‌باشد. در این مقاله روند نمایه‌های حدی بارش در کشور مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته شده است. هر سه حالت ایستا، روند مثبت، منفی برای نمایه‌های حدی بارش در سطح کشور به دست آمده است. متاسفانه تقریباً در دو سوم کشور روند منفی نمایه $PRCPTOT$ ملاحظه شده است، که می‌تواند یک بلیه خاموش تلقی شود. علیرغم وجود

www.SID.ir

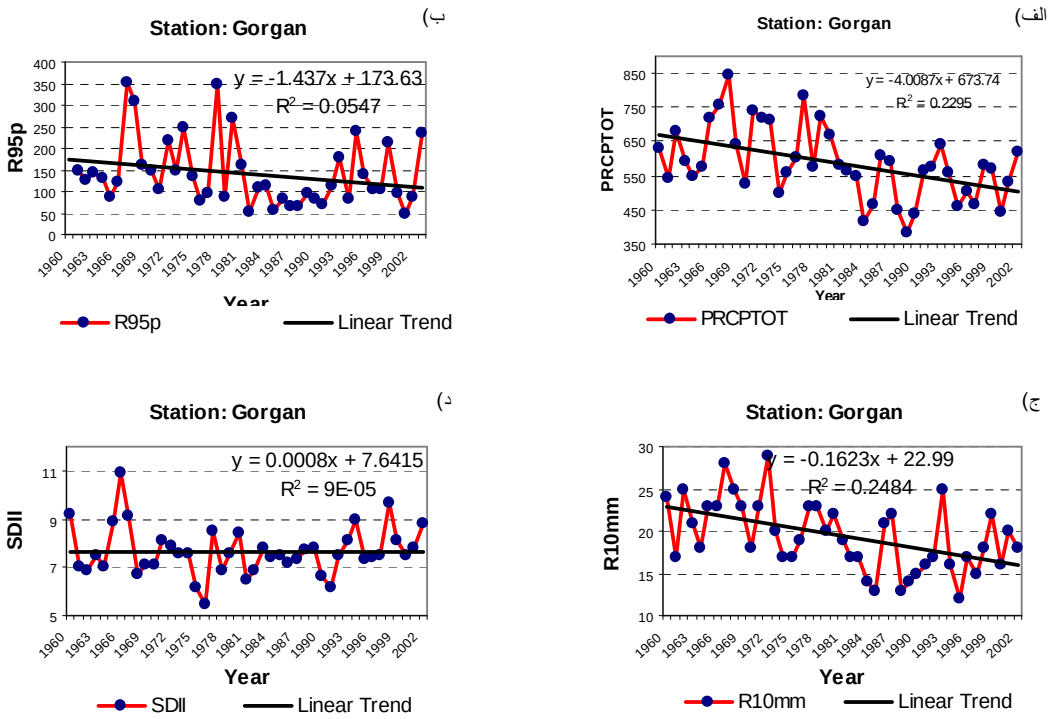
Archive of SID

روند منفی نمایه $PRCPTOT$ در آن بخش، نمایه $R10mm$ به عبارت دیگر تعداد روزهای با بارش سنگین روند مثبت بوده است. گرچه در خیلی از نقاط واقع در نیمه شمالی کشور روند منفی نمایه $PRCPTOT$ مشاهده گردید ولیکن تمام آن نیمه شاهد روند مثبت نمایه $SDII$ بوده است که این امر حکایت از آن دارد که همین بارش کمتر در تعداد روزهای کمتری به وقوع می‌پیوندد. منطقه جنوب شرق کشور، به عنوان منطقه‌ای که یکی از طولانی‌ترین خشکسالی‌ها را در طی ۱۵ سال اخیر تجربه کرده، تنها منطقه وسیعی بوده که روند منفی برای هر دو نمایه حداکثر بارش‌های ۱و ۵ روزه آنها ($Rx1day$ و $Rx5day$) در آن مشاهده شده است. روند منفی CDD در قسمت اعظم کشور منجمله یک سوم جنوبی آن دال بر کاهش تداوم روزهای خشک می‌باشد. در مورد کاهش تداوم روزهای تر (CWD) نیز باید اذعان نمود که این روند منفی تقریباً برای یک سوم جنوبی مصداق دارد. آذربایجان یکی از مناطق وسیعی است که روندهای این دو نمایه در آن غیر همسو است.

روند نمایه‌های $R95p$ و $R99p$ در دوره مورد مطالعه در بیش از نیمـــی از وسعت کشور، عمدتاً در شرق و غرب کشور، منفی بوده که محدوده آن برای نمایه $R99p$ به طور مشخص، وسیع تر است.

عدم رخداد برخی از نمایه‌ها در بیشتر سنوات آماری یک ایستگاه باعث گردیده که نتوان تحلیل مناسبی از روند تغییرات آن را ارائه شود. به عنوان مثال می توان به نمایه $R25mm$ در ایستگاه یزد اشاره کرد که در ۴۷ سال از ۵۲ سال دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۲، شاهد تکرار صفر و به تعبیر دیگر شاهد عدم رخداد این نمایه بوده ایم. در صورت عدم لحاظ رخداد خشکسالی اواخر دهه ۹۰ و اوایل هزاره جدید، روند برخی از نمایه‌ها به ویژه در جنوب شرق کشور به سمت مثبت گرایش پیدا می کردند. وقوع برخی از مقادیر جمع بارش سالانه خیلی ناهنجار مانند بارش ۱ میلیمتر بندرعباس در سال ۱۹۶۲، در روند نمایه‌های مربوطه شان تاثیرگذار بوده اند.

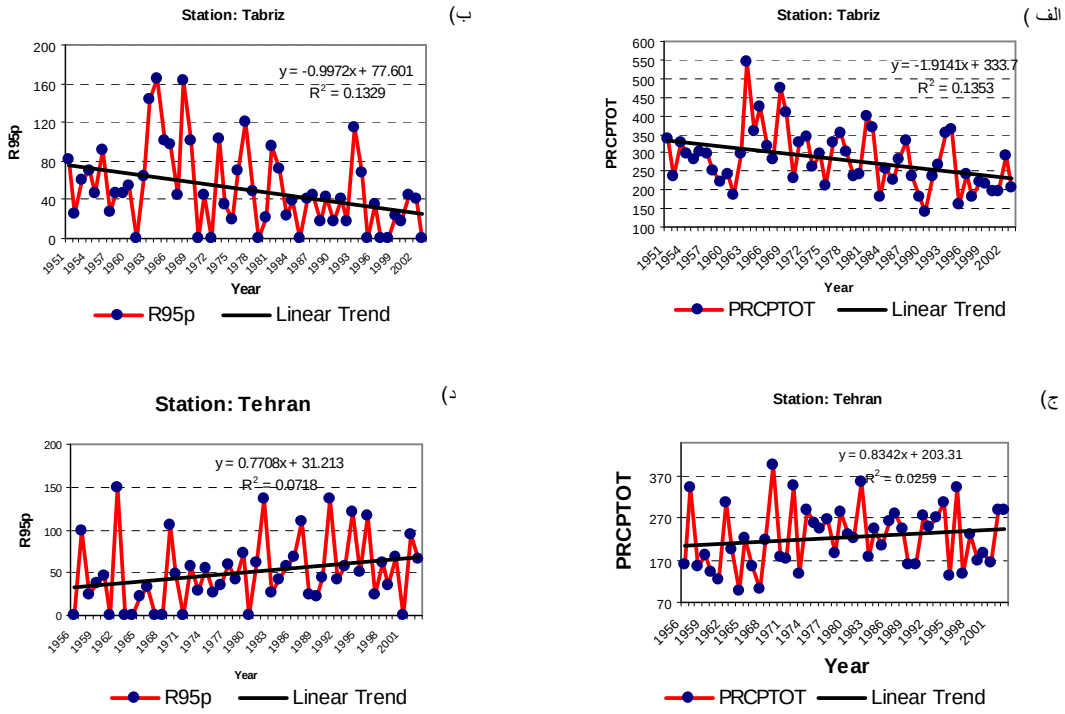
به عنوان یک نتیجه کلی، گرچه بخش قابل ملاحظه ای از نتایج ما عمدتاً سازگار با یافته‌های هیات بین الدول تغییر اقلیم که افزایش شدت بارش را در خارج از منطقه حاره محتمل می‌داند، می‌باشد و لیکن بخشی از نتایج ما به عنوان مثال در منطقه شمال شرق سلسله جبال زاگرس همسویی با یافته‌های فوق نشان نمی‌دهد.



شکل ۲- سری زمانی و روند خطی الف) $PRCPTOT$، ب) $R95p$، ج) $R10mm$ و د) $SDII$ در ایستگاه گرگان در دوره ۲۰۰۳-۱۹۶۰.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- سری زمانی و روند خطی الف) *PRCPTOT*، ب) *R95p*، در ایستگاه تبریز در دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۱ و ج) *PRCPTOT* و د) *R95p* در ایستگاه تهران ۲۰۰۳-۱۹۵۶

پی نوشت‌ها

1-Intergovernmental Panel on Climate Change
2-Expert Team on Climate Change Detection Monitoring
3-Consecutive Days

۵- مراجع

رحیم‌زاده، فاطمه و احمد عسگری. (۱۳۸۳) " نگرشی بر تفاوت نرخ افزایش دمای حداقل و حداکثر و کاهش دامنه شبانه‌روزی دما در کشور" فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۳، ص ۱۷۱-۱۵۳.

Aguilar E., I. Auer, M. Brunet, T. C. Peterson, and Wieringe, (2003) "Guidelines on Climate Metadata and Homogenization". WCDMP-No. 53, WMO-TD No. 1186. World Meteorological Organization. Geneva, 55p.

Alexander, L., X. Zhang, T. C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, F. Rahimzadeh, A. Taghipour, 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, J. L. Vazquez-Aguirre., (2006), "Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation". J. Geophys. Res., D05109, doi: 10.1029/2005JD006290.

Frich, P., L.V. Alexander, P. Della- Marta, B. Gleason, M. Haylock, A.M. G. Klein Tank, T. Peterson, (2002), "Global changes in climatic extremes during the secend half of the 20th century". Climate Res., 19, 193p.

IPCC, 2001. Climate Change (2001), "Synthesis Report, A Contribution of Working Groups. I, II and III to the third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Watson and the Core Writing Team (eds) ". Cambridge University press. Cambridge United Kingdom , and New York, USA.

IPCC, 2007. Climate Change (2007), "The Physical Science Basis, A Contribution of Working Groups. I, to the Forth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon and the Core Writing Team (eds) ". Cambridge University press. Cambridge United Kingdom , and New York, USA.

www.SID.ir

Archive of SID

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. Karam Ali, M. Halal Said Al-Shabibi, Z. Al-Oulan,Taha Zatari, I. Al Dean Khelet, S. Hammoud, M. Demircan, M. Eken, M. Adiguzel, L. Alexander, T. Peterson and Trevor Wallis, 2006: Trends in Middle East Climate Extremes Indices during 1930-2003. J. Geophys. Res., 110, D22104, doi:10.1029/2005JD006181

Zhang, X. (2007), "ETCCDI/CRD climate change indices software", Jan 1, 2007, Climate Research Division of Environment Canada, cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml

Maidment, David R., (1993), Handbook of Hydrology Mc-Graw hill.

Rahimzadeh, F., and Asgari. A, (2003), "A Survey on Recent climate change over IRAN". Proceeding of 14th Global Warming international conference & expo (27-30 May, Boston, USA).

Sneyers, R., (1990), "On the Statistical Analysis of Series of Observations". WMO Publ. No. 415, Geneva.

Watson, R. T., M. C. Zinyowera, and R. H. Moss (1997), " IPCC Summary for Policymakers, The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability", Intergovernmental Panel on Climate Change, WMO and UNEP publication, Geneva.

Zhai, P., X. Zhang, H. Wan, and X. Pan (2005), "Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China". Journal of Climate, 18, pp. 1096-1108.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۸ تیر ۱۳۸۵
تاریخ اصلاح مقاله: ۲۱ بهمن ۱۳۸۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۲۸ اسفند ۱۳۸۶

www.SID.ir