

بررسی تغییرات مقادیر حدی دما و بارش ایران در ۶۰ سال گذشته

شراره ملبوسی^{۱*}، فاطمه زابل عباسی^۲، مرتضی پاکدامن^۳، زهره جوانشیری^۴

۱ و ۲- کارشناس ارشد پژوهشی، پژوهشکده اقلیم‌شناسی مشهد

۳ و ۴- عضو هیات علمی پژوهشکده اقلیم‌شناسی مشهد

چکیده

گرمایش جهانی، باعث احتمال بیشتر رخداد دماهای حدی می‌شود که تأثیرات اجتماعی و زیست-محیطی آنها در مقیاس محلی زیاد است. بیشتر مطالعات انجام شده در این زمینه، حاکی از کاهش دماهای حدی پایین و افزایش دماهای حدی بالاست. به منظور بررسی این تغییرات در کشور، از داده‌های دما و بارش روزانه ۲۷ ایستگاه همدیدی (سینوپتیک) استفاده گردید. نمایه‌های حدی دما نیز در پنج دسته، شامل نمایه‌های حدی مبتنی بر صدک‌ها، مطلق، آستانه‌ای، دوره‌ای و سایر طی دوره ۱۹۵۸-۲۰۱۷ میلادی محاسبه شد. نمایه‌های حدی مربوط به بارش و دما که توسط گروه کارشناسی ETCCDMI معرفی شده، با نرم افزار Rclimdex برآورد شد. به کمک آزمون ناپارامتری من کندال معناداری روند هر کدام از ایستگاه‌ها در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۰ درصد مورد آزمون قرار گرفت و به کمک رگرسیون خطی و شیب سن مقادیر شیب و نرخ تغییرات بدست آمد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که به طور کلی شاخص‌های حدی بارش کشور فاقد روند و شاخص‌های حدی گرم مانند روزهای تابستانی، تعداد شب‌های حاره‌ای، روزها و شب‌های گرم کشور دارای روند افزایشی معنادار بودند. در حالیکه شاخص‌های حدی سرد در دوره مورد مطالعه روند کاهشی دارند که نشان دهنده کاهش شدت و فراوانی رویدادها و روزها و شب‌های سرد است. در ایران هیچ روند زمانی معنی‌داری در میانگین فراوانی روزهای یخی وجود ندارد. ولی روزهای یخبندان روند کاهشی معنی‌داری را تجربه کرده است. شاخص طول دوره رشد GSL نیز روند افزایشی معنی‌دار دارد. چهار شاخص بیشینه ماهانه دمای حداکثر روزانه (TXx)، کمینه ماهانه دمای حداکثر روزانه (TXn)، بیشینه ماهانه دمای حداقل روزانه (TNx) و شاخص کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه (TNn) بر روی ایران دارای روند افزایشی شدید می‌باشند که بیشترین افزایش را شاخص کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه TNn به میزان (۰/۳، ۳/۲) (۰/۳، ۰/۸) درجه بر دهه داشته است.

کلید واژه‌ها: پارامترهای اقلیمی، نمایه‌های بارش، نمایه‌های دما، روند.

مقدمه

یافته‌های پژوهشگران علوم جوی نشان می‌دهد که تغییرات شدید رفتار سنج‌های جوی به ویژه طی قرن بیستم و بیست و یکم بیانگر نشانه‌هایی از رخداد تغییر اقلیم است (مهاجر، ۲۰۱۱). در تحقیقات گذشته در خصوص تغییر اقلیم، توجه محققان بیشتر به سمت بررسی میانگین دما و بارش دوره معطوف بوده است، اما در سال‌های اخیر توجه ایشان بیشتر به سمت بررسی وقایع فرین جلب شده است. دلیل این امر نیز مربوط به خسارت‌های زیاد اقتصادی، انسانی و اجتماعی این پدیده‌ها می‌باشد (Kattenberg, Fillippo, 2001). طبق تعریف هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، حادثه فرین (حدی) به رویدادی گویند که احتمال وقوع آن در یک مکان و زمان مشخصی بسیار نادر باشد (گزارش هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۷). از جمله رویدادهای فرین میتوان به موجهای گرمایی و سرمای، سیل، خشکسالی، یخبندان، توفانهای شدید، گردبادها و ... اشاره کرد.

در ارتباط با تغییرپذیری میانگین عناصر اقلیمی مطالعات زیادی انجام گرفته است، اما توجه کمی به تغییرپذیری رویدادهای حدی شده است. مطالعات نشان داده‌اند که روند رویدادهای حدی متفاوت از روند متوسطها می‌باشد (Ryden, 2011). از اوایل دهه ۹۰، بررسی تغییرات مقادیر حدی منطقه‌ای و جهانی، بویژه دما و بارش با نگرشی نو به آن، در مناطق مختلف دنیا مانند آمریکا (داگاتنو، ۱۹۹۶)، کانادا (بونسال، ۲۰۰۱)، استرالیا، زلاندنو (پلومر، ۱۹۹۹) و چین (ژای، ۱۹۹۹) آغاز گردید. این مسئله از زمانی بیشتر مورد توجه قرار گرفت که برخی مدل‌های اقلیمی نشان دادند که تغییرات اقلیمی در قرن بیست و یکم سبب افزایش چشمگیر در فراوانی رویدادهای فرین میشود (Karl \$ Knight, 1998:22).

همچنین مطالعه صلاح‌الدین و کورتیس (۲۰۱۱) در مالزی و مناطق جنوبی استوایی دریای چین بر روی شاخص‌های حدی از دیگر مطالعات انجام شده به شمار می‌رود. وارفی و همکاران (۲۰۰۹)، ویژگی‌های روزهای حدی گرم و سرد را در یونان بررسی کردند. ایشان به کمک داده‌های کمینه و بیشینه بر روی ۱۷ پیمونگه همدیدی و برپایه ی یک سری آستانه‌های صدکی نسبت به دوره پایه هواشناسی ۲۰۰۰-

۱۹۶۱ روزهای حدی سرد و گرم را شناسایی کردند. نتایج آنها نشان داد که روزهای حدی سرد روند نزولی و روزهای حدی گرم روبه افزایش است.

ژائو و همکاران (۲۰۱۲)، به تحلیل منطقه‌ای نمایه‌های حدی دمای حوضه رودخانه‌های چین طی دوره ۲۰۰۹-۱۹۶۰ پرداختند. نتایج نشان داد که در سراسر حوضه نمایه‌های حدی سرد روزهای یخبندان (FD)، روزهای یخی (ID)، شب‌های سرد (TN10p)، روزهای سرد (TX10p)، دوام امواج سرما (CSDI) و دامنه دمای شبانه روزی (DTR) روند منفی معناداری را نشان می‌دهند در حالی که شاخص‌های گرم حدی از جمله روزهای تابستانی (SU25)، طول دوره رشد (GSL)، میانگین دمای بیشینه (TMAX_{mean})، میانگین دمای کمینه (TMIN_{mean})، شب‌های گرم (TN90p)، روزهای گرم (TX90P) و امواج گرما (WSDI)، روند مثبت و معناداری را نشان می‌دهند. نرخ افزایش دمای کمینه بیش تر از دمای بیشینه است.

سنسوی و همکاران (۲۰۱۳)، به بررسی روند شاخص‌های اقلیمی در ترکیه در سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۰ پرداختند. آن‌ها دریافته‌اند که روزهای تابستان، روزها و شب‌های گرم و شب‌های حاره‌ای در کل ترکیه در حال افزایش است. درحالی که روزهای یخبندان، روزها و شب‌های سرد کاهش یافته‌اند. روند بارندگی سالانه در مناطق شمالی افزایشی و در مناطقی از جنوب کاهش یافته است. بارش‌های سنگین در اغلب ایستگاه‌ها افزایش داشته که باعث وقوع سیل شده است. نتایج بسیاری از تحقیقات بیانگر این است که اقلیم قرن بیست و یکم بسیار متفاوت تر از اقلیم قرن بیستم خواهد بود و این مسئله نقش فعالیت‌های انسانی را در تغییر اقلیم متذکر می‌شوند.

سهرابی و همکاران (۲۰۱۳)، در مطالعه‌ای به بررسی شاخص‌های حدی اقلیمی و ارتباط آن با خشکسالی منطقه ایداهو، آمریکا، پرداخته‌اند. آن‌ها روند کاهش بارش و روند افزایشی دما را نتیجه گرفتند. هم چنین دریافته‌اند که شب‌های حاره‌ای و روزهای تابستان افزایش و روزهای یخبندان کاهش یافته است.

عرفانیان و همکاران (۱۳۹۳)، شاخص‌های حدی هواشناسی در استان خراسان رضوی را در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ بررسی کرد. نتایج نشان داد که تعداد روزهای یخبندان،

روزهای یخی و وقوع دوره‌های سرد کاهش یافته و بالعکس تعداد روزهای آفتابی، شب‌های حاره ای و نیز طول دوره گرم افزایش یافته است.

تقوی (۲۰۱۰) به منظور یافتن ارتباط بین تغییر اقلیم و رویدادهای حدی، داده‌های دما و بارش ۱۶ ایستگاه همدیدی کشور در دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۱ را مورد بررسی قرار داده است و به این نتایج دست یافتند که افزایش قابل توجهی در تعداد روزها و شب‌های خیلی گرم و کاهش در دامنه دمایی حدی‌های سالانه است. فراوانی رویدادهای حدی اقلیمی مانند خشکسالی و طولانی شدن امواج گرم در اکثر نواحی اقلیمی ایران را تایید می‌کند. به طور کلی براساس نتایج، تغییر در روند شاخصهای حدی در ایران بارز است و نشانه‌های روشنی از تغییر اقلیم وجود دارد. در مطالعه‌ای مسعودیان و دارند (۱۳۹۱)، به تحلیل زمانی- مکانی روند روزهای حدی سرد ایران با استفاده از داده‌های ۶۶۳ ایستگاه اقلیمی و همدیدی طی دوره آماری ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۲ پرداختند. ایشان نتیجه گرفتند که گستره روند منفی رخداد تعداد روزهای حدی سرد در دوره مورد مطالعه بیشتر از گستره روند مثبت است. روند مثبت تعداد روزهای حدی سرد بر روی ناهمواریهای مرتفع شهرکرد، سنندج، زنجان تا اردبیل و به صورت نوار باریکی بر روی رشته کوه‌های البرز قرار گرفته- اند، در حالی که روند منفی رخداد تعداد روزهای حدی سرد، نیمه مرکزی و جنوبی کشور را در بر دارد. رحیمی و همکاران (۲۰۱۹) تعدادی از شاخص‌های بارش را برای یک دوره ۵۸ ساله (۲۰۱۷-۱۹۶۰) برای ۳۳ ایستگاه سینوپتیک در سراسر کشور بررسی کردند. نتایج بارش سالانه در روزهای تر نشان داد که در اهواز و تهران روند مثبت معنی‌دار ولی در بقیه مناطق کشور فاقد روند معنی‌داری بوده است. مسعودیان و دارند (۱۳۹۰)، در تحقیقی به کمک داده‌های روزانه بارش ۱۴۳۷ ایستگاه اقلیمی، همدید و باران سنجی شاخص‌های حدی بارش ایران را در بازه ۲۰۰۴-۱۹۶۲ میلادی بررسی کردند. نتایج حاصل از تحلیل روند بر روی نمایه‌های بارش فرین نشان داد که در مناطق جنوب غرب و غرب کشور روند مثبت و بر روی نوار باریکی در شمال ایران روند منفی است. نمایه‌ها در نیمه شرقی کشور روندی از خود نشان نمی‌دهند. فتحیان و همکاران (۲۰۲۰)، داده‌های دما و بارش روزانه ۷۶ ایستگاه سینوپتیک ایران را در طی دوره زمانی ۱۹۸۱-۲۰۱۰

انتخاب کردند و با آزمون روند ناپارامتری من-کندال و برآوردگر شیب سن برای بررسی روندها به این نتایج دست یافتند که به طور کلی، شاخص‌های گرم روند افزایشی داشتند در حالی که روند شاخص‌های سرد کاهش یافته است. در مورد شاخص‌های بارش، روند میزان بارش کاهش و تعداد روزهای خشک افزایش یافته است. در نهایت به این نتیجه رسیدند که مناطق غربی، شمالی و شمال غربی ایران بیشترین تأثیر را از خطر تغییرات اقلیمی داشته‌اند. دارند (۲۰۲۰)، با اجرا مدل CMIP5 تغییرات شاخص‌های دما را در دوره ۲۱۰۰-۲۰۰۶ را پیش‌بینی کرد و پس از اعتبارسنجی عملکرد آن، برای ارزیابی روند شاخص‌ها، از آزمون من کندال اصلاح شده و آزمون شیب سن به ترتیب در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده کرد. نتایج نشان داد که گرمایش در سراسر کشور یکنواخت نیست و در بخش‌های غربی و جنوبی به میزان قابل توجهی گرم‌تر می‌شود. از نظر فراوانی روزهای یخبندان، کاهش می‌یابد. بیشترین کاهش برای رشته کوه زاگرس در غرب و منطقه کوهستانی در شمال شرق کشور پیش‌بینی شده است.

رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از داده‌های ایستگاه همدیدی استان هرمزگان، میانگین‌های فصلی و سالانه دما و بارش به همراه مقادیر حدی آن‌ها را مورد بررسی قرار دادند. ایشان نتیجه گرفتند که در این منطقه افزایش دما و کاهش بارش به همراه افزایش نوسانات شدید بارش و مقادیر حدی دما رخ داده است.

کوزه‌گران و موسوی بایگی (۱۳۹۴)، به منظور بررسی روند رویدادهای حدی اقلیمی در شمال شرق ایران از داده‌های روزانه بارش، دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعت آفتابی تعدادی از ایستگاه‌های خراسان رضوی و جنوبی در دوره آماری ۲۰۱۲-۱۹۹۲ استفاده نمودند. نتایج نشان داد که شاخص‌های حدی گرم روند افزایشی دارند و این روند برای شاخصهایی مانند روزهای تابستانی، تعداد شب‌های حاره‌ای، روزها و شب‌های گرم معنادار بود. در حالیکه شاخص‌های حدی سرد در دوره مورد مطالعه روند کاهشی نشان دادند.

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) و رویدادهای حدی دما (امواج گرمایی و سرمای) و... بوده

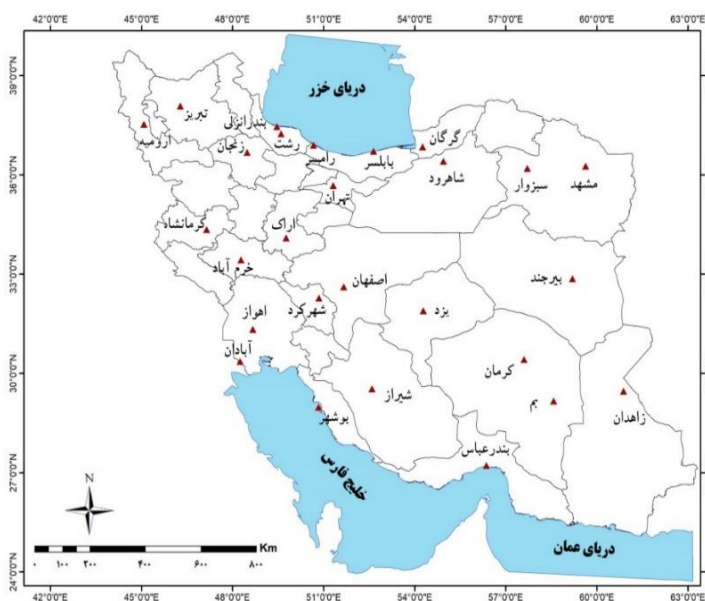
آماري نرمال استاندارد ۱۹۹۰-۱۹۶۱ و اینکه برخی شاخص-های اقلیمی بر استفاده از این دوره مبتنی هستند، سعی شده از آن دسته از ایستگاه‌های سینوپتیک که دوره آماری آنها این دوره ۳۰ ساله را پوشش می‌دهد، استفاده شود. در نهایت ۲۷ ایستگاه همدیدی در دوره ۲۰۱۷-۱۹۵۸ میلادی انتخاب گردیدند. شکل (۱) پراکنندگی و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. سپس جهت اطمینان از صحت داده‌ها آزمون همگنی داده‌ها انجام شد. برای انجام کنترل کیفیت داده‌ها و چنین تشخیص ناهمگنی و مشخص کردن نقاط جهش و تغییر در داده‌ها و سپس همگن‌سازی داده‌ها از الگوریتم کلایماتول (Guijarro, 2016)، استفاده شده است (عباسی و همکاران ۱۳۹۷).

است. از این رو ضرورت دارد که علاوه بر شناخت کافی از مقادیر بارش و دما و توزیع آماری آن‌ها در کشور، مقادیر حدی آنها نیز مورد تحلیل قرار گیرد. هدف این پژوهش ارزیابی تغییرات نمایه‌های فرین دما و بارش کشور، طی دهه‌های اخیر است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش به منظور تحلیل روند میانگین دما و بارش حدی ایران، داده‌های دما و بارش ایستگاه‌های همدیدی کشور که دارای طول دوره آماری مناسب (حداقل ۶۰ ساله) بوده و داده‌های آنها از کیفیت مطلوبی برخوردار می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفتند و از طرفی نظر به اهمیت دوره



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب همدیدی کشور در دوره ۱۹۵۸-۲۰۱۷ میلادی

کیفی شده و اطلاعات نادرست مانند بارندگی منفی و یا بزرگتر یا مساوی بودن دمای حداقل از حداکثر چک شده و داده‌های پرت بررسی می‌شود. سپس شاخص‌های اقلیمی از داده‌های روزانه توسط نرم افزار RclimDex محاسبه می-شود. ۱۱ شاخص بارندگی و ۱۶ شاخص درجه حرارت توسط این نرم افزار در مقیاس‌های سالانه و ماهانه محاسبه می‌شود (جدول ۱ و ۲)، که این شاخص‌های حدی در ۵ دسته شامل شاخص‌های حدی مبتنی بر صدک‌ها،

در این پژوهش برای بررسی روند نمایه‌های حدی اقلیمی، ۲۷ شاخص دما و بارش که توسط تیم کارشناسی ETCCDMI تعریف شده، استفاده شد. این شاخص‌ها توسط نرم افزار RclimDex ها برآورد می‌شود. نرم افزار RclimDex توسط بخش تحقیقات اقلیمی هواشناسی کانادا در محیط R 1.84 تهیه شده که منوط به نصب و راه اندازی زبان برنامه‌نویسی R می‌باشد در این نرم افزار قبل از محاسبه شاخص‌ها، داده‌ها توسط نرم افزار کنترل

شاخص‌های حدی مطلق، شاخص‌های حدی مبتنی بر صدک ها، شاخص‌های حدی مطلق، شاخص‌های حدی آستانه‌ای، شاخص‌های حدی دوره‌ای و سایر شاخص مانند دامنه تغییرات می‌باشند (Alexander et al, 2006). در این مطالعه علاوه بر آزمون پارامتریک رگرسیون خطی از آزمون من کندال که از متداول‌ترین و پر کاربردترین روش‌های ناپارامتریک سری‌های زمانی به شمار می‌آید، استفاده گردید.

جدول ۱- شاخص‌های حدی دما (CCL /CLIVAR)

شاخص	معرفی شاخص	یکا
FD	تعداد روزهای یخبندان (0°C < دمای حداقل روزانه)	روز
SU25	تعداد روزهای تابستانی (25°C > دمای حداکثر روزانه)	روز
ID	تعداد روزهای یخی (0°C < دمای حداکثر روزانه)	روز
TR20	تعداد شب‌های حاره‌ای (20°C > دمای حداقل روزانه)	شب
TXx	بیشینه ماهانه دمای حداکثر روزانه	درجه سانتیگراد
TNx	بیشینه ماهانه دمای حداقل روزانه	درجه سانتیگراد
TXn	کمینه ماهانه دمای حداکثر روزانه	درجه سانتیگراد
TNn	کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه	درجه سانتیگراد
GSL	طول فصل رویش	روز
TN10p	درصد روزهایی که دمای کمینه کمتر از صدک دهم باشد (شب‌های سرد)	روز
TX10p	درصد روزهایی که دمای بیشینه کمتر از صدک دهم باشد (روزهای سرد)	روز
TN90p	درصد روزهایی که دمای کمینه بیشتر از صدک نودم باشد (شب‌های گرم)	روز
TX90p	درصد روزهایی که دمای بیشینه بیشتر از صدک نودم باشد (روزهای گرم)	روز
WSDI	تعداد روزهایی که حداقل شش روز متوالی دمای بیشینه آنها بیشتر از صدک نودم باشد (شاخص طول مدت گرما)	روز
CSDI	تعداد روزهایی که حداقل شش روز متوالی دمای کمینه کمتر از صدک دهم باشد (شاخص طول مدت سرما)	روز
DTR	دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما	درجه سانتیگراد

جدول ۲- شاخص‌های حدی بارش (CCL /CLIVAR)

شاخص	معرفی شاخص	یکا
Rx1day	حداکثر بارش یک روزه	میلیمتر
Rx5day	حداکثر بارش ۵ روزه، میزان بارش ماهانه پنج روز متوالی	میلیمتر
R10mm	روزهای با بارش سنگین یعنی تعداد روزهای با مقدار بارش روزانه مساوی یا بیشتر از ده میلیمتر $RR_{ij} \geq 10\text{mm}$	روز
R20mm	روزهای با بارش خیلی سنگین یعنی تعداد روزهای با مقدار بارش روزانه مساوی یا بیشتر از 20 میلیمتر $RR_{ij} \geq 20\text{mm}$	روز
R25mm	تعداد روزهای با بارش خیلی سنگین، تعداد روزهای با مقدار بارش روزانه مساوی یا بیشتر از ۲۵ میلیمتر عبارتست از تعداد روزهایی که $RR_{ij} \geq 25\text{mm}$	روز
CDD	روزهای خشک متوالی، بیشترین تعداد روزهای خشک متوالی که $RR_{ij} < 1\text{mm}$	روز
PRCPTOT	مقدار سالانه بارش در روزهای تر $PRCPTOT_j = \sum_{i=1}^j RR_{ij}$	میلیمتر
CWD	روزهای تر، بیشترین تعداد روزهای متوالی که $RR_{ij} \geq 1\text{mm}$	روز
R95p	بارندگی کل سالانه بیشتر از صدک نود و پنجم $RR > 95^{\text{th}} \text{percentile}$	میلیمتر
R99p	روزهای بیش از اندازه تر، بارندگی کل سالانه بیشتر از صدک نود و نهم $RR > 99^{\text{th}} \text{percentile}$	میلیمتر
SDII	نمایه ساده شدت روزانه، بارندگی کل سالانه تقسیم بر تعداد روزهای مرطوب ($PRCP \geq 1.0\text{mm}$) در سال	میلیمتر بر روز

رگرسیون خطی

یکی از روش‌های پارامتری بررسی معنی داری روند، رگرسیون خطی است. در رگرسیون خطی رابطه بین دو متغیر مستقل و وابسته سنجیده می‌شود. به عبارت دیگر با استفاده از رگرسیون می‌توانیم تعیین کنیم که آیا تغییرات متغیر مستقل بر تغییرات متغیر وابسته موثر است و در صورت موثر بودن این میزان را برآورد کنیم. حال اگر سری زمانی Y_t برای $t = 1, 2, \dots, n$ را در نظر بگیریم، متغیر مستقل زمان می‌باشد و می‌خواهیم بدانیم که آیا تغییر زمان باعث تغییر پارامتر مورد نظرمان شده است یا خیر. به طور دقیق تر برای معادله $Y_t = a_0 + a_1 t$ فرضیه

$$\begin{cases} H_0: a_1 = 0 \\ H_1: a_1 \neq 0 \end{cases}$$
 را آزمون می‌کنیم و در صورتی که فرض صفر رد شود، نتیجه می‌گیریم که روند معنی‌دار است. فرض صفر در سطح اطمینان $1 - \alpha$ درصد رد می‌شود اگر

$$T_c = \left| \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}} \right| > T_{1-\alpha/2}$$

که در آن r ضریب همبستگی بین سری y_1, \dots, y_N و زمان متناظر با آنها می‌باشد. آماره T_c دارای توزیع استودنت با $n - 2$ درجه آزادی است و کفایت مقدار T_c مربوط به مشاهدات را تعیین و با مقدار $T_{1-\alpha/2}$ که از جدول استودنت مربوط به سطح معنی‌داری α استخراج می‌شود، مقایسه کرد. همینطور می‌توان از $1 - p$ مقدار برای رد یا قبول فرض صفر استفاده کرد. در صورتی که p -مقدار کمتر یا مساوی α باشد، فرض صفر رد می‌شود. سپس برای تعیین میزان روند به روش حداقل مربعات a_1 به صورت زیر برآورد می‌شود.

$$\hat{a}_1 = r \frac{S_y}{S_t} \quad (1)$$

که در فرمول فوق r ضریب همبستگی بین سری زمانی و زمان‌های متناظر با آن می‌باشد و S_y ، S_t به ترتیب انحراف معیار مقادیر سری زمانی و زمان‌های متناظرشان می‌باشد.

آزمون ناپارامتری من - کندال

در آزمون ناپارامتری من-کندال فرض صفر و مقابل به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\begin{cases} H_0: \text{روند وجود دارد} \\ H_1: \text{روند وجود ندارد} \end{cases}$$

آماره من - کندال از فرمول زیر محاسبه می‌شود

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (6)$$

که sgn در فرمول فوق تابع علامت است. میانگین آماره S برابر صفر و واریانس آن از فرمول زیر به دست می‌آید

$$\text{var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - t_k(t_k-1)(2t_k+5)}{18}$$

یافته های پژوهش

پس از انجام کنترل کیفیت بر روی داده‌های روزانه ۲۷ ایستگاه سینوپتیک وارد شده در نرم افزار، شاخصهای حدی برآورد می‌شود. تعیین روند نمایه‌ها و معنی‌داری آن نیز توسط روش ناپارامتری من کندال و آزمون پارامتریک رگرسیون خطی به روش حداقل مربعات در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد مورد آزمون قرار گرفت که نتایج حاصل از برآورد شاخصهای حدی و تحلیل روند آن‌ها طی بازه زمانی ۲۰۱۷-۱۹۵۸ میلادی در ذیل ارائه شده است.

تحلیل شاخص‌های حدی کشور

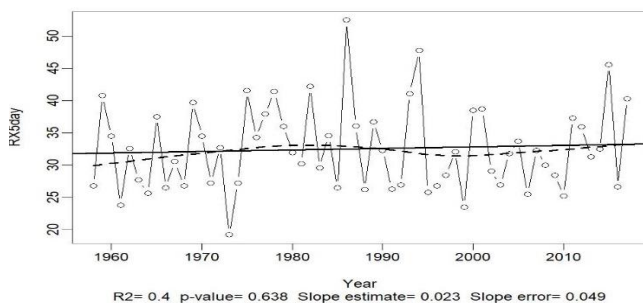
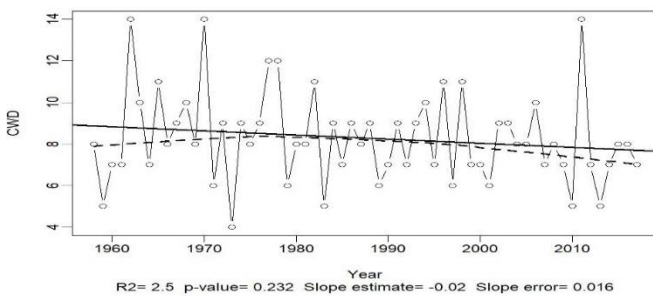
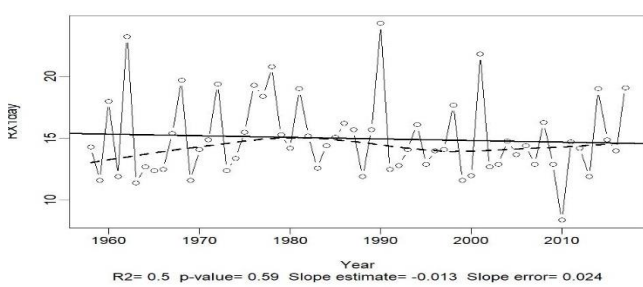
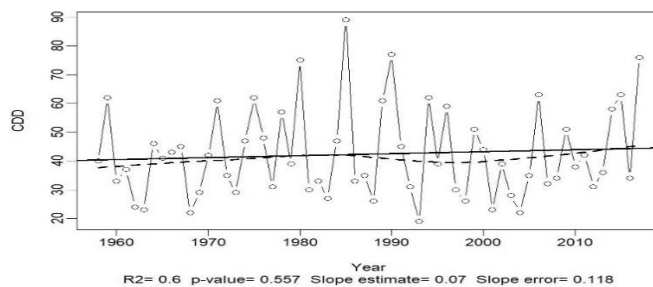
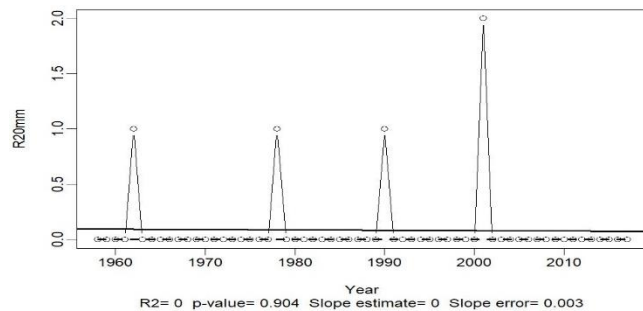
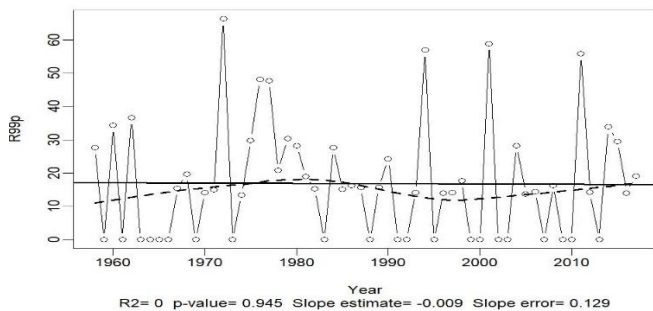
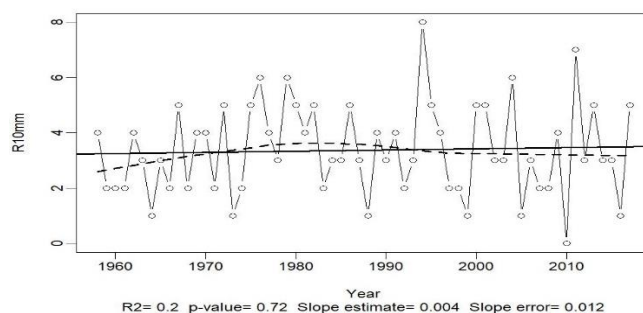
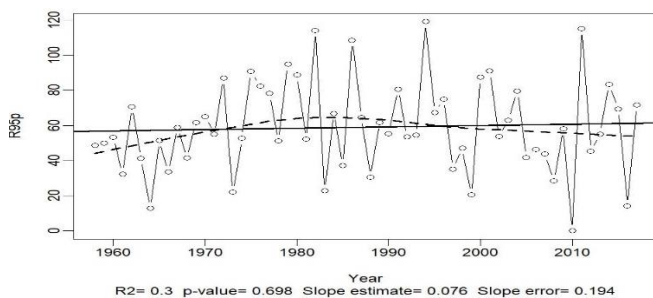
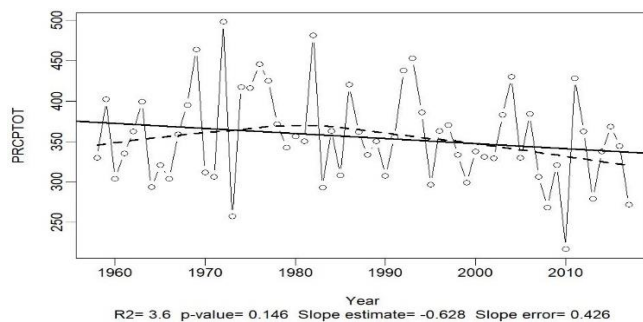
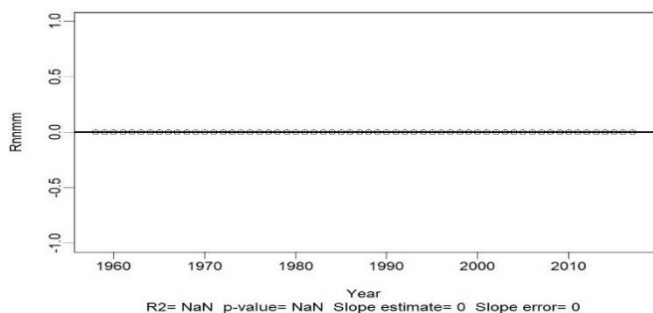
بارش

شاخص‌های بارش طراحی شده، الگوهای متفاوتی از شدت، مدت و فراوانی بارش را ارائه می‌دهند. شاخص PRCP/TOT مقدار سالانه بارش در روزهای تر، می‌باشد. شکل (۲) شاخص‌های حدی بارش در کشور را (به روش میانگین حسابی) طی دوره آماری ۲۰۱۷-۱۹۵۸ میلادی نشان می‌دهد. شاخص ساده شدت روزانه بارش (SDII) در کشور بدون تغییر بوده است، بالاترین مقدار این شاخص ۴/۱ میلی‌متر در روز متعلق به سال ۱۹۸۹ می‌باشد. در طی دوره آماری مورد مطالعه در کشور، تغییرات روزهای خشک متوالی (CDD افزایش) و روزهای تر متوالی (CWD دارای کاهش معنی‌دار نمی‌باشد و بدون تغییر ماندند. بطور کلی بررسی شاخص‌ها حدی بارش نشان داد که تمامی آنها به لحاظ آماری فاقد روند می‌باشد ($p\text{-value} > 0.05$).

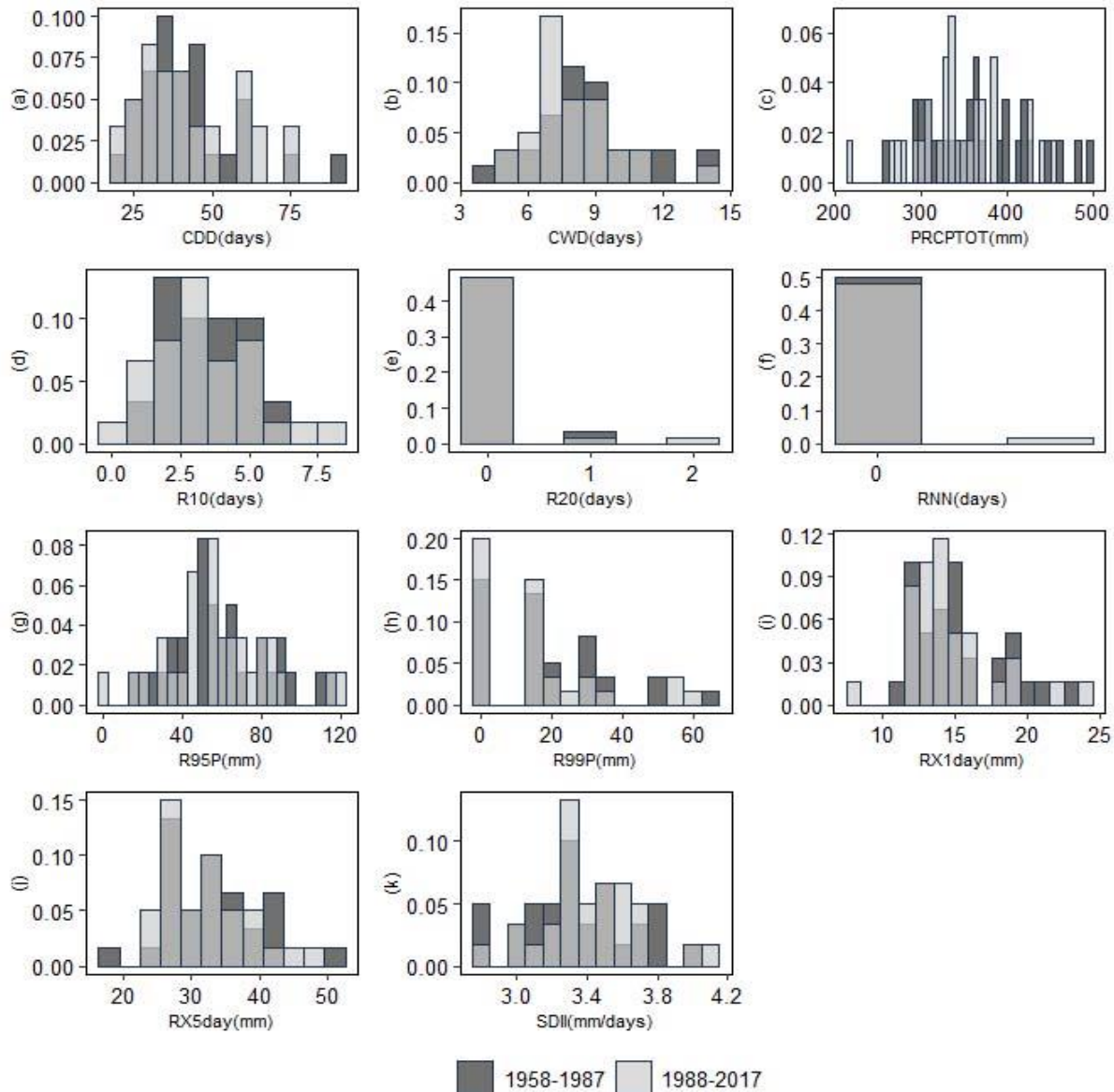
شکل (۳) مقایسه فراوانی سالانه شاخص‌های حدی بارش برای ۲۷ ایستگاه همدیدی در سراسر ایران برای ۳۰ سال اول ۱۹۸۷-۱۹۵۸ میلادی و ۳۰ سال آخر ۲۰۱۷-۱۹۸۸ میلادی را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار ثبت شده برای مجموع بارش سالانه کشور حدود ۴۹۸/۲ میلی‌متر می‌باشد که

است گرچه این کاهش به لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

در سال ۱۹۷۲ رخ داده است. طی دوره ۶۰ ساله مورد مطالعه بارش کشور به میزان ۶/۳ میلیمتر بر دهه کاهش یافته



شکل ۲- روند سالانه شاخص‌های حدی بارش در ایران طی دوره ۱۹۵۸-۲۰۱۷ میلادی



شکل ۳- مقایسه فراوانی سالانه شاخص های حدی بارش برای ۲۷ ایستگاه همدیدی در سراسر ایران برای ۳۰ سال اول ۱۹۵۸-۱۹۸۷ و ۳۰ سال آخر ۲۰۱۷-۱۹۸۸ میلادی (سفید).
 میلادی(خاکستری) و ۳۰ سال آخر ۲۰۱۷-۱۹۸۸ میلادی (سفید).

دما

شدن کره زمین، انتظار می رود دمای سردترین و گرمترین روزها و شبها افزایش یابد (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۵). شاخص (TXx) بعنوان معیاری از داغترین روزها می باشد که این شاخص در ایران با نرخ ۰/۲ با حد بالا و پایین (۰/۳، ۰/۱) درجه بر دهه افزایش معنی دار یافته است ($P < 0.05$). بررسی شاخص بزرگترین دمای بیشینه (TXx) نشان داد که این روند افزایشی در ۳۰ سال آخر دوره (۱۹۸۸-۲۰۱۷) نسبت به ۳۰ سال اول (۱۹۵۸-۱۹۸۷) شدیدتر می باشد. در

شکل (۴) سری زمانی میانگین تغییرات سالانه شاخص های حدی دما در ایران و روند سالانه این ۱۶ شاخص را نشان می دهد. در شکل (۵) نیز هیستوگرام سالانه شاخص های دمای حدی کشور برای ۳۰ سال اول ۱۹۵۸-۱۹۸۷ میلادی و آخر ۲۰۱۷-۱۹۸۸ میلادی ارائه شده است. چهار شاخص TXx، TXn، TNx و TNn شدت شاخص های حدی را نشان می دهند. با توجه به تأثیرات گرم

است که به سمت تعداد روزهای گرم بیشتر گره خورده است.

شاخص TX10p تعداد روزهای سرد را نشان می‌دهد که تغییرات این شاخص (-۱/۵، -۳، -۲/۳) درصد بر دهه است که این شاخص روند کاهشی معنی‌دار بر روی ایران داشته است و در هیستوگرام آن (شکل (۵) (L)) میانگین و واریانس در ۳۰ سال دوم کمتر از ۳۰ سال اول دوره می‌باشد.

شاخص TN90p (فراوانی شب‌های گرم) بر روی ایران افزایش معنی‌داری به میزان (۳/۲، ۴/۷) ۳/۹ روز بر دهه داشته است. و در هیستوگرام آن (شکل (۵) (h)) افزایش معنی‌دار در میانگین و واریانس آن مشاهده می‌شود.

TN10p که شب‌های سرد را نشان می‌دهد (شکل (۴)) دارای روند کاهشی معنی‌دار (-۳/۸، -۲/۳) -۳ روز بر دهه می‌باشد که میانگین و واریانس ۳۰ سال آخر در مقایسه با ۳۰ سال اول دوره کمتر است و این نتیجه با مطالعات سلطانی ۲۰۱۵ و رحیمی ۲۰۱۸ مطابقت دارد.

به طور کلی روزها و شب‌های گرم (TX90P, TN90P) در ایران روند افزایشی و سردترین روزها و شب‌ها (TX10P, TN10P) روند کاهشی معنی‌دار داشته است.

شاخصهای FD, ID, SU و TR فراوانی روزهای یخبندان، روزهای یخی، روزهای تابستان و شب‌های حاره‌ای را نشان می‌دهند. با توجه به نتایج در ایران هیچ روند زمانی معنی‌داری در میانگین فراوانی روزهای یخی وجود ندارد. ولی روزهای یخبندان روند کاهشی معنی‌داری به میزان (-۲/۲) -۶/۲، -۴/۲ روز بر دهه را تجربه کرده است. در هیستوگرام روزهای یخی تفاوت معنی‌داری بین ۳۰ سال اول و آخر دوره مورد بررسی وجود ندارد در حالیکه در مورد شاخص روزهای یخبندان روند کاهشی معنی‌داری در میانگین ۳۰ سال دوم نسبت به میانگین ۳۰ سال اول است.

روزهای تابستانی نیز افزایش معنی‌داری طی دوره مورد مطالعه در ایران داشته که نرخ آن (۳/۴، ۰/۷) ۲ روز بر دهه می‌باشد که با یافته‌های رحیمی (۲۰۱۸) مطابقت دارد.

در هیستوگرام این شاخص جهشی به سمت مقادیر بیشتر مشاهده می‌شود. بر اساس شکل (۴) برای ایران میانگین مقدار TR شب‌های حاره‌ای دارای روند افزایشی قابل

شکل (۴) مشاهده می‌شود که این شاخص به سمت دماهای گرمتر تمایل یافته است.

شاخص کوچکترین دمای بیشینه (TXn) کشور نیز دارای روند افزایشی معنی‌دار (۱/۴، ۰/۲، ۰/۸) درجه بر دهه می‌باشد. هیستوگرام آن نشان دهنده واریانس و فراوانی کمتر دوره اول نسبت به دوره ۳۰ سال دوم است.

همانطور که مشاهده می‌شود مقدار شاخص TNx بزرگترین دمای کمینه برای ایران نیز دارای روند افزایشی معنی‌دار می‌باشد و نرخ روند آن (۰/۴، ۰/۲، ۰/۳) درجه بر دهه می‌باشد و هیستوگرام آن افزایش معنی‌داری شب‌های گرم نشان می‌دهد.

شاخص TNn که به عنوان معیاری از شب‌های سرد عمل می‌کند بر روی ایران دارای روند افزایشی معنی‌دار است و مقدار این افزایش (۱/۲، ۰/۳، ۰/۸) درجه بر دهه می‌باشد و در نمودار هیستوگرام واریانس این شاخص در دوره ۳۰ سال دوم کمتر از دوره اول می‌باشد. این نتیجه با یافته‌های دونات و الکساندر (۲۰۱۲) مطابقت دارد. توابع توزیع احتمال (PDF) دماهای حداقل و حداکثر به سمت دماهای گرمتر تغییر یافته است به گونه‌ای که تعداد رخدادهای حدی در دهه‌های اخیر افزایش یافته است.

بطور کلی چهار شاخص بزرگترین دمای بیشینه (TXx)، کوچکترین دمای بیشینه (TXn)، بزرگترین دمای کمینه (TNx) و شاخص کوچکترین دمای کمینه (TNn) بر روی ایران دارای روند افزایشی شدید می‌باشند که بیشترین افزایش را شاخص کمینه دمای حداقل روزانه TNn به میزان (۱/۲، ۰/۳، ۰/۸) درجه بر دهه داشته است.

شاخصهای TX90p, TN10p, TX10p و TN90p فراوانی دماهای حدی را نشان می‌دهند. شاخص TX90p روزهای گرم است که مقدار آن برای ایران (۳/۴، ۱/۷) ۲/۵ روز بر دهه در زمان مورد مطالعه افزایش معنی‌دار داشته است.

شکل (۴) (m) تغییرات هیستوگرام این شاخص را نشان می‌دهد، بطورکلی، میانگین و واریانس روزهای گرم در دوره ۳۰ ساله اخیر و معنی‌داری آن بیشتر از دوره ۳۰ ساله اول است. این نتیجه با یافته‌های سلطانی و همکاران (۲۰۱۵) سازگار است. عدم تقارن به گونه‌ای کاهش یافته

همین حال ، هیستوگرام شکل(۵) (b) کاهش میانگین و واریانس این شاخص را در دوره ۳۰ ساله اخیر نسبت به سه دهه اول نشان می‌دهد.

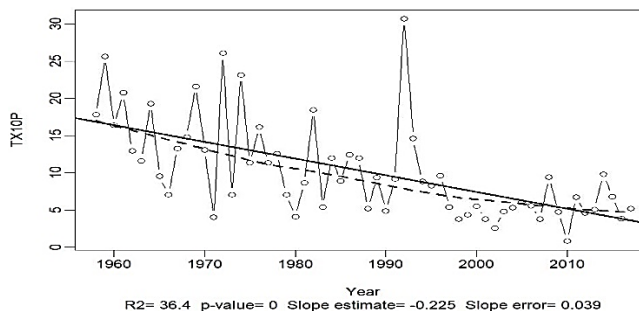
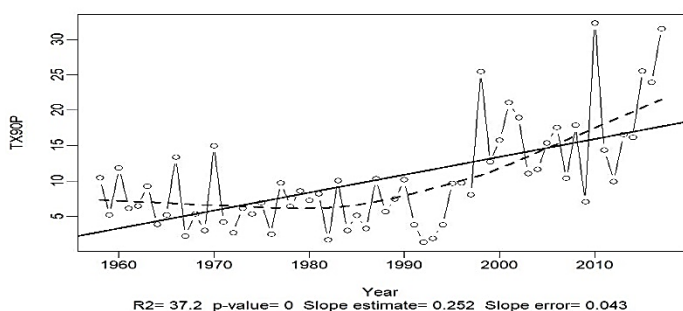
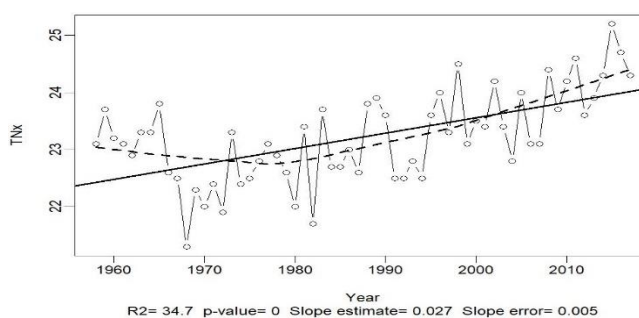
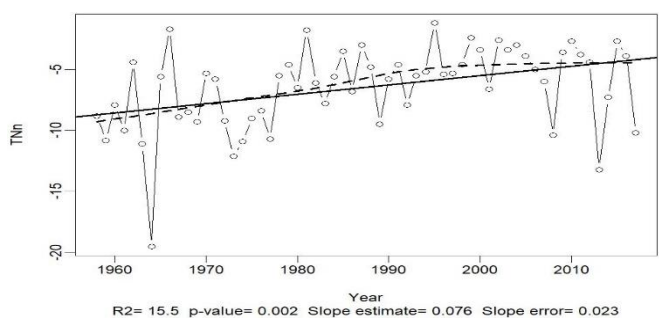
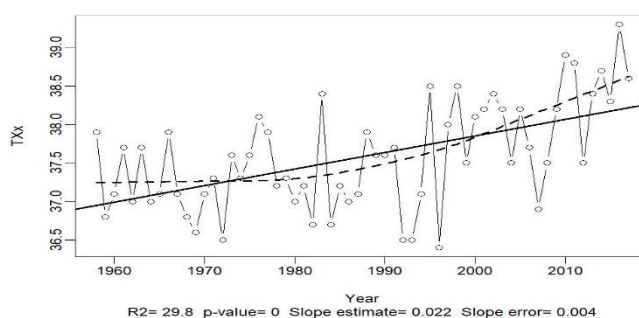
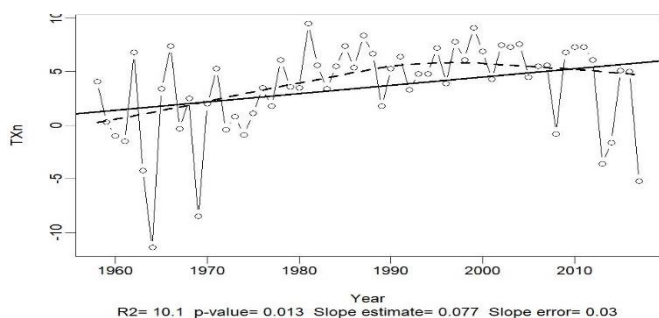
شاخص‌های WSDI، CSDI که طول دوره گرم و سرد را نشان می‌دهد. مطابق با شکل (۴) ، طول دوره گرم روند افزایشی معنی‌دار قابل توجهی به میزان (۶/۴، ۲/۴، ۴/۴) روز بر دهه نشان می‌دهد که این افزایش در ۳۰ سال دوم بیشتر از ۳۰ سال اول است.

و شاخص طول مدت سرما CSDI کشور در ۶۰ سال مورد مطالعه دارای روند کاهشی معنی‌داری می‌باشد که نرخ آن به میزان (۲/۴، -۵/۷، -۴) روز بر دهه است. هیستوگرام شکل (۵)(a) این کاهش را نشان می‌دهد که با مطالعات رحیمی، ۲۰۱۸، رحیم زاده، ۲۰۰۹ و سلطانی ۲۰۱۵ مطابقت دارد.

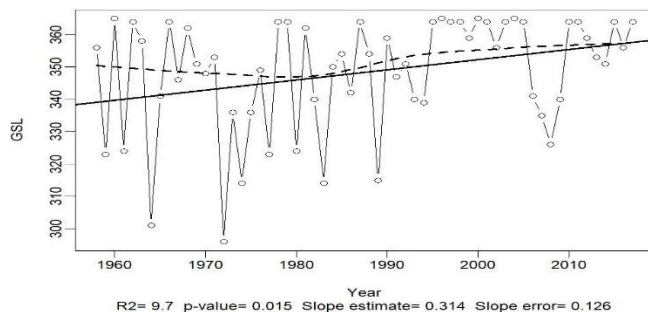
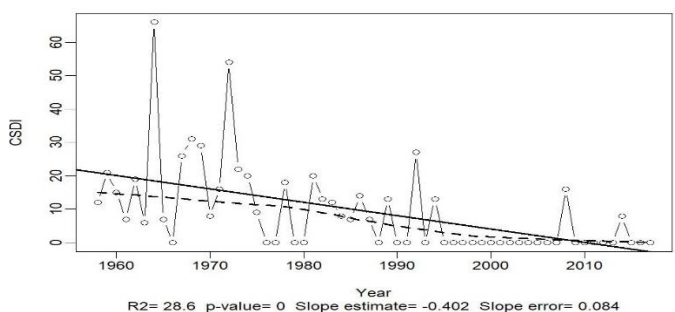
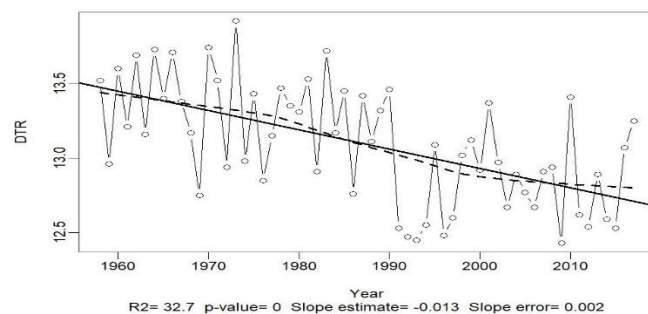
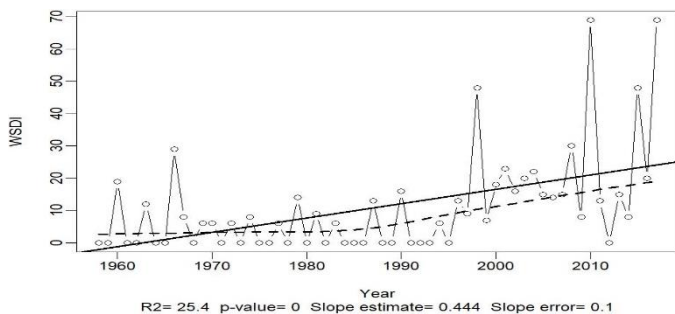
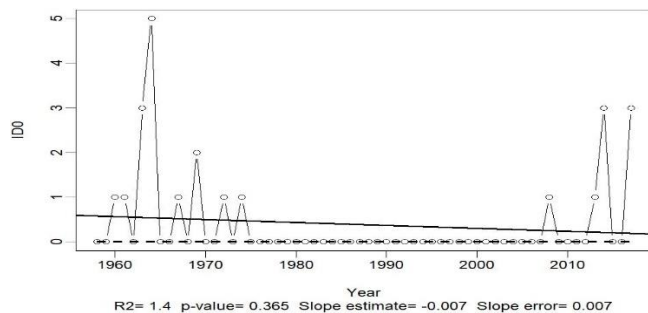
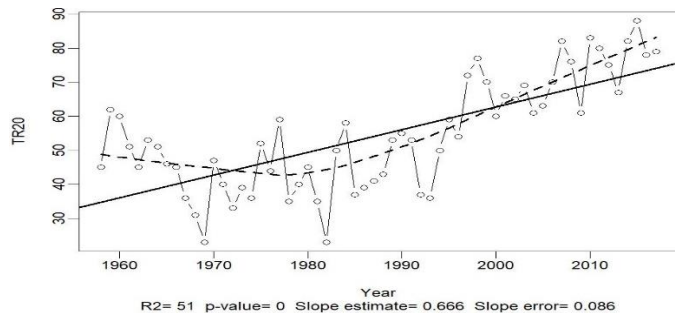
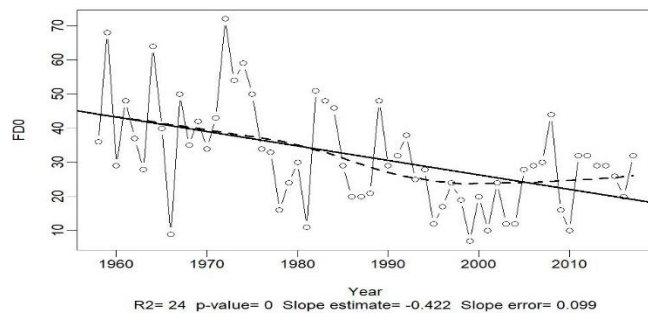
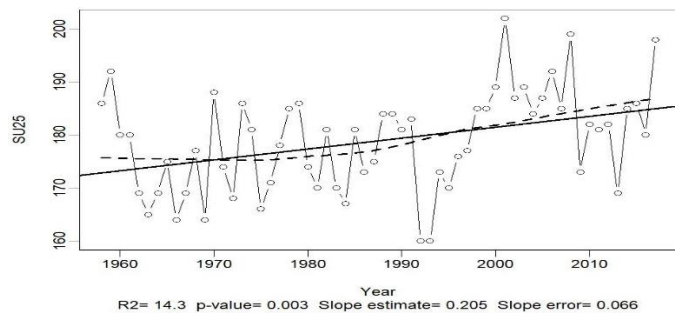
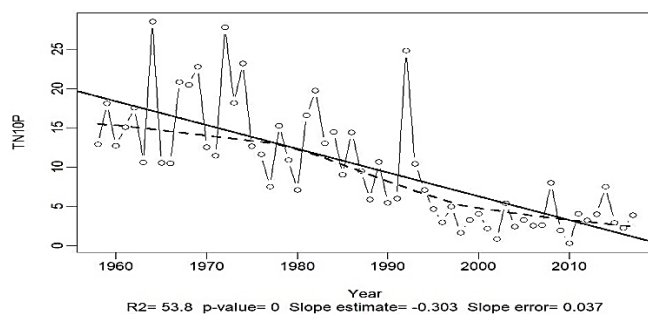
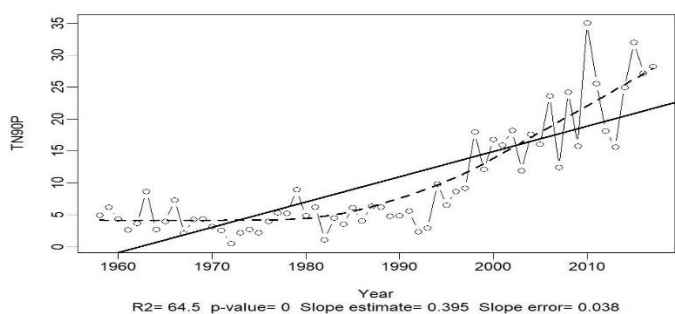
توجهی است که مقدار آن (۶/۷(۴/۸۸/۴) روز بر دهه است در هیستوگرام آن (شکل (۵) (K)) این افزایش مشخص است میانگین آن در ۳۰ سال دوم دوره مورد مطالعه بیشتر است و روند افزایشی در دوره ۲۰۱۷-۱۹۸۸ میلادی بیشتر است.

شاخص GSL طول دوره رشد است. مطابق شکل (۴) این شاخص نیز روند افزایشی معنی‌دار دارد. مقدار این افزایش (۵/۷، ۳/۱(۰/۶، ۳/۱) روز بردهه است. در شکل هیستوگرام (۵) (d) افزایش این شاخص در کشور مشاهده می‌شود.

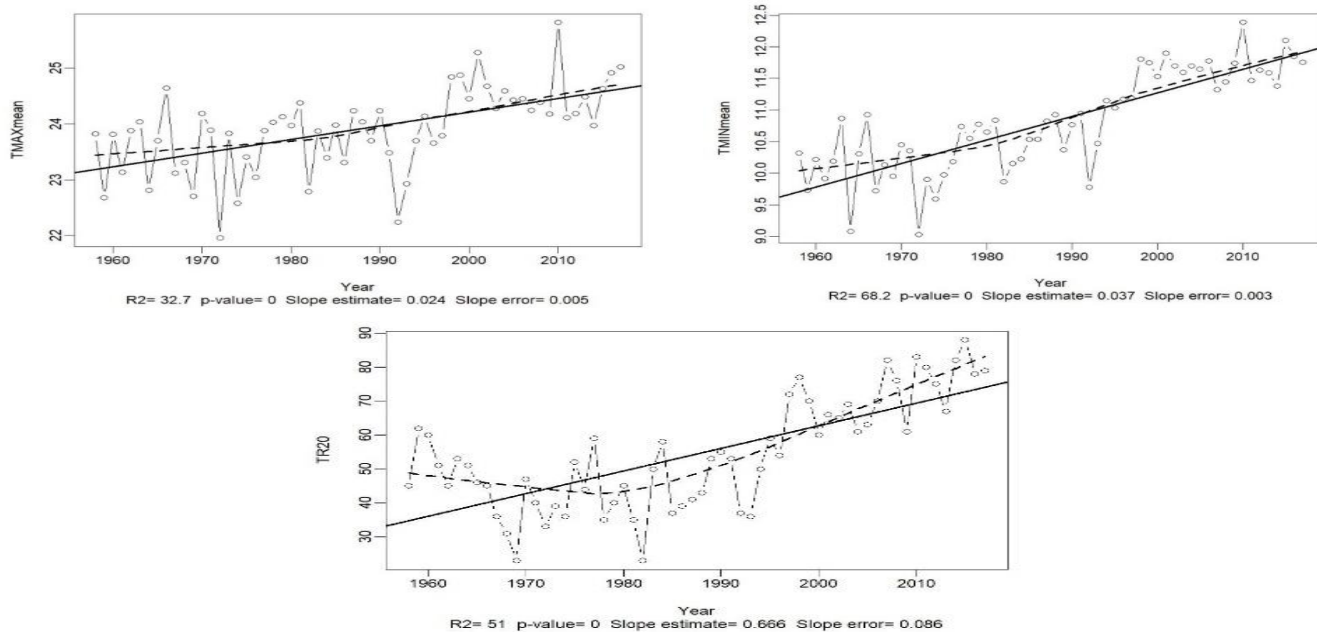
بررسی شاخص DTR در کشور نیز نشان داد که دامنه تغییرات شبانه‌روزی دارای روند کاهشی معنی‌دار است که این کاهش (۰/۱، -۰/۲، -۰/۱) درجه سانتیگراد بر دهه می‌باشد و بسامد رخداد آن نزولی است که با نرخ افزایشی بیشتر دمای حداقل نسبت به دمای حداکثر سازگار است. در



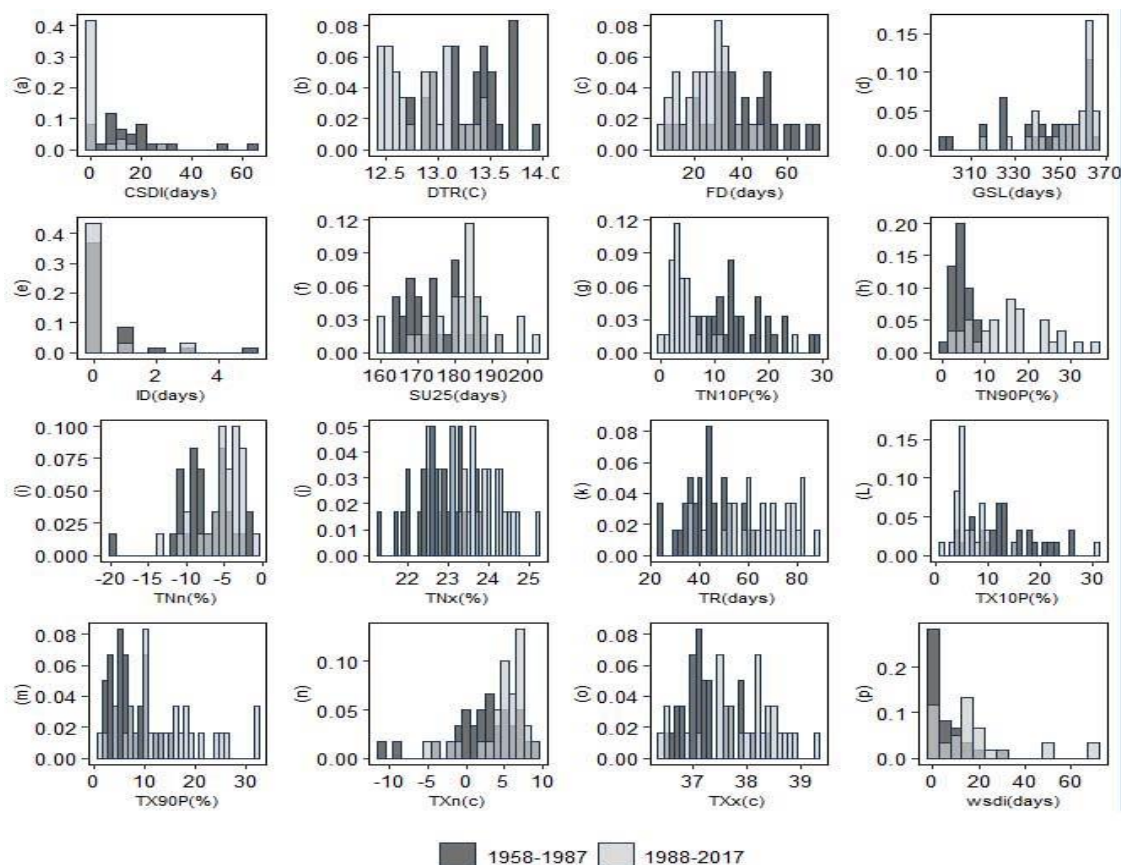
شکل ۴- روند سالانه شاخص‌های حدی دما در ایران طی دوره ۱۹۵۸-۲۰۱۷ میلادی



ادامه شکل ۴- روند سالانه شاخصهای حدی دما در ایران طی دوره ۱۹۵۸-۲۰۱۷ میلادی



شکل ۴- روند سالانه شاخص‌های حدی بارش در ایران طی دوره ۱۹۵۸-۲۰۱۷ میلادی



شکل ۵- مقایسه فراوانی سالانه شاخص‌های دمای حدی برای ۲۷ ایستگاه همدیدی در سراسر ایران برای ۳۰ سال اول ۱۹۵۸-۱۹۸۷ میلادی و ۳۰ سال آخر ۲۰۱۷-۱۹۸۸ میلادی (سفید).

- نتایج تجزیه و تحلیل شاخص دمایی حاکی از گرم شدن کشور می‌باشد بطوری که شاخص‌های حدی گرم مانند شاخص تعداد روزهای تابستانی (در ۷۰٪ ایستگاهها)، تعداد شب‌های حاره‌ای (۸۱ درصد از ایستگاهها)، روزهای گرم (۵۲ درصد) و شب‌های گرم (در تمامی ایستگاهها) روند افزایشی دارند و شاخص‌های حدی سرد دارای روند کاهشی هستند که از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد. روزهای تابستانی و شبهای گرمسیری در کل کشور افزایش معنی‌داری تجربه کرده است که نرخ آن به ترتیب (۳/۴، ۰/۷) ۲ و (۸/۴، ۴/۹) ۶/۷ روز بر دهه می‌باشد.
- همچنین درصد روزهایی که دمای حداکثر و حداقل کمتر از صدک دهم باشد تغییر یافته است که نشان دهنده کاهش روزها و شب‌های سرد می‌باشد. در مورد شاخص روزهای سرد (TX10P) برای ۸۱ درصد ایستگاه‌ها روند معناداری منفی و برای شاخص شب‌های سرد (TN10P) در ۹۶ درصد از ایستگاهها روند کاهشی مشاهده می‌شود.
- تعداد روزهای یخبندان (۸۸ درصد) و شاخص طول مدت سرما نیز در ۷۰ درصد از ایستگاهها دارای روند معنی‌دار منفی است.
- چهار شاخص بیشینه ماهانه دمای حداکثر روزانه (TXx)، کمینه ماهانه دمای حداکثر روزانه (TXn)، بیشینه ماهانه دمای حداقل روزانه (TNx) و شاخص کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه (TNn) بر روی ایران دارای روند افزایشی شدید می‌باشند که بیشترین افزایش را شاخص کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه TNn به میزان (۳/۲، ۰/۳) ۰/۸ درجه بر دهه داشته است.
- گرمترین روزها و شب‌ها (TX90P, TN90P) در ایران نیز روند افزایشی و سردترین روزها و شب‌ها (TX10P, TN10P) روند کاهشی معنی‌دار داشته است.
- بررسی شاخص DTR نشان داد که دامنه تغییرات شبانه روزی دارای روند کاهشی معنی‌دار در کشور می‌باشد که با نرخ افزایشی بیشتر دمای حداقل نسبت به دمای حداکثر سازگار است.
- تعداد ایستگاه‌هایی که دارای روند منفی معنی‌دار، روند ناچیز و روند مثبت معنی‌دار شاخص‌های حدی سالانه دما و بارش می‌باشند در جدول (۱) آورده شده است. بر اساس این جدول، برای TXx روند افزایش معنی‌دار/کاهشی به مقدار ۰/۱۰ بوده است. در حالیکه برای TNx تعداد ۱۷/۰ ایستگاه روند افزایشی / کاهشی مشاهده شده است. در همین حال، برای TNn تعداد ایستگاه‌های ۱۹/۰ روند افزایشی قابل توجهی مشاهده می‌شود، برای TXn و ID هیچ روند قابل توجهی وجود ندارد برای TX10p و TN10p، روند کاهشی قابل توجه ۲۲/۰ و ۲۶/۰ ایستگاه مشاهده می‌شود، در حالی که برای TX90p و TN90p، روند افزایش/کاهش، به ترتیب در ۱۴/۷ و ۲۶/۰ ایستگاه مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که در دوره ۱۹۵۸-۲۰۱۷ میلادی، بیشتر ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی در تعداد روزها و شب‌های سرد و شاهد روند افزایشی در تعداد روزها و شب‌های سرد بوده‌اند که این نتایج می‌تواند ناشی از گرمایش جهانی باشد. شاخصهای FD، SU و TR به ترتیب روند کاهشی، افزایشی و افزایشی معنی‌داری را نشان دادند که به ترتیب، ۱۹/۰، ۲۴/۰ و ۲۲/۰ تعداد ایستگاه‌ها روند افزایشی/کاهشی داشتند. در بیشتر ایستگاه‌ها، شاخص GSL فاقد روند بوده است. برای DTR، WSDI و CSDI، به ترتیب افزایش/کاهش چشمگیر در ایستگاه‌ها، به ترتیب، ۲۲/۰، ۱/۱۰ و ۱۹/۰ ایستگاه بوده است.

جدول ۱- تعداد ایستگاه های دارای روند مثبت ، بدون روند، منفی معنی دار برای شاخص های حدی سالانه دما و بارش در طی سالهای ۲۰۱۷-۱۹۵۸ میلادی

شاخص	روند			
	منفی	بی معنی	مثبت	
شاخص های بارندگی	CDD	۰	۲۴	۳
	CWD	۴	۲۳	۰
	PRC	۳	۲۴	۰
	R10	۳	۲۳	۱
	R20	۴	۲۱	۲
	RNN	۰	۲۶	۱
	R95p	۱	۲۵	۱
	R99p	۰	۲۷	۰
	RX1day	۰	۲۶	۱
	RX5day	۰	۲۷	۴
	SDII	۰	۲۳	۴
شاخص های درجه حرارت	CSDI	۱۹	۸	۰
	DTR	۲۲	۵	۰
	FD0	۲۴	۳	۰
	GSL	۰	۱۹	۸
	ID0	۱	۲۶	۰
	SU25	۰	۸	۱۹
	TN10P	۲۶	۱	۰
	TN90P	۰	۱	۲۶
	TNn	۰	۸	۱۹
	TNx	۰	۱۰	۱۷
	TR20	۰	۵	۲۲
	TX10P	۲۲	۵	۰
	TX90P	۷	۶	۱۴
	TXn	۰	۲۵	۲
	TXx	۰	۱۷	۱۰
	WSDI	۱	۱۶	۱۰

جدول (۴)

نتیجه گیری

تغییرات در تغییرپذیری و فراوانی رویدادهای حدی می تواند آثار و آسیب های شدیدتری را نسبت به تغییرات در متوسط سنجه های اقلیمی داشته باشد، هم چنین انسان و محیط زیست اغلب به تغییرات حداکثرها و حداقلها بیش از تغییرات شرایط میانگین واکنش نشان می دهند. بنابراین تجزیه و تحلیل تغییرپذیری و بررسی روند مقادیر حدی، حداکثرها و حداقلها، مهم تر از شرایط متوسط اقلیمی می باشد (کوزه گران، ۱۳۹۴).

در این مطالعه به منظور بررسی روند شاخص های حدی اقلیمی در سطح کشور با استفاده از داده های روزانه بارش و دمای ۲۷ ایستگاه همدیدی کشور، شاخص های حدی دما و بارش (۲۷ شاخص) توسط نرم افزار RCLimindex محاسبه و روند تغییرات آنها طی دوره ۱۹۵۸-۲۰۱۷ میلادی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.

• نتایج تجزیه و تحلیل دمایی مطابقت با گرم شدن کشور دارد.

- شاخص های حدی بارش کشور فاقد روند می باشند. که در مقایسه با تحقیق رحیمی و همکاران (۲۰۱۹)، تقریباً نتایج مشابهی را بدست آورده ایم.
- شاخصهای FD ، SU و TR به ترتیب روند کاهش، افزایشی و افزایشی معنی داری را نشان دادند. در شاخص GSL فاقد روند بوده است. برای DTR، WSDI و CSDI، به ترتیب افزایش/ کاهش چشمگیر در ایستگاهها، مشاهده شده است.

به طور کلی نتایج نشاندهنده کاهش شدت و فراوانی رویدادهای سرد بوده در حالی که، در دوره مورد مطالعه رویدادهای گرم به طور قابل توجهی روند افزایشی داشتند، که این نتایج دارای روندی همسو با نتایج هیات بین المللی تغییر اقلیم و مطالعات جهانی است.

منابع

1. Rahimzadeh, F; Hidayat Dezfuli, A; Pourasgharian, A.; 2011, "Evaluation of the trend and change of extreme temperature and rainfall profiles in Hormozgan province,"

13. IPCC, (2007), In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), *Climate Change 2007, The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to The Fourth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom/ New York, USA.
14. IPCC; Watson; Core;, "Synthesis Report, A Contribution of Working Groups. I, II and III to the third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change," *Climate Change 2001*, Cambridge University press., Cambridge United Kingdom , and New York, USA.
15. Karl, T.R. and Knight, R.W., 1998. Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States. *Bulletin of the American Meteorological society*, 79(2), pp.231-242.
16. Kattenberg, A; Filippo G;2001. "The Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change," *The scientific of climate change* , Cambridge University Press, pp. pp.156-159.
17. Mahsifar, H., Maknoon, R. and Saghafian, B., 2010. The impact of climate change on Urmia Lake water level. *Iran-Water Resources Research*, 7(1), pp.47-58.
18. Plummer, N., Salinger, M.J., Nicholls, N., Suppiah, R., Hennessy, K.J., Leighton, R.M., Trewin, B., Page, C.M. and Lough, J.M., 1999. Changes in climate extremes over the Australian region and New Zealand during the twentieth century. *Weather and climate extremes: Changes, variations and a perspective from the insurance industry*, pp.183-202.
19. Plummer, N., Salinger, M.J., Nicholls, N., Suppiah, R., Hennessy, K.J., Leighton, R.M., Trewin, B., Page, C.M. and Lough, J.M., 1999. Changes in climate extremes over the Australian region and New Zealand during the twentieth century. *Weather and climate extremes: Changes, variations and a perspective from the insurance industry*, pp.183-202.
20. Rahimi, M. and Fatemi, S.S., 2019. Mean versus extreme precipitation trends in Iran over the period 1960–2017. *Pure and Applied Geophysics*, 176, pp.3717-3735.
21. Rydén, J., 2011. Statistical analysis of temperature extremes in long-time series from Uppsala. *Theoretical and applied climatology*, 105, pp.193-197.
22. Salahuddin, A. and Curtis, S., 2011. Climate extremes in Malaysia and the equatorial Geography and Development Magazine, Volume 21, pp. 116-97.
2. Abbasi, F; Javanshiri, Z; Malboosi, Sh.; Partners; 2018. "Research plan for detecting and updating climate change in the country's stations (period 1958-2017) ," *National Climatology Center Research Institute, Mashhad*.
3. Erfanian, M.; Ansari, H; Alizadeh; Banayan first, M.; 2014. "Investigation of changes in meteorological limit indices in Razavi Khorasan province," *Iran Irrigation and Drainage Journal*, Volume 8, No. 4, pp. 825-817
4. Kuzegran, S; Mousavi Baighi, M., 2015. "Investigating the trend of climatic extreme events in Northeast Iran," *Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Industries)*, Volume 29, No. 3.
5. Massoudian, S., A. Darend, 2011. "Synonymous Analysis of Extreme Colds of Iran", *Geography and Development Quarterly*, Volume 9, No. 22. pp. 165-185.
6. Masoudian, S. , A. Darend, 2012. "Temporal-spatial analysis of the trend of extreme cold days in Iran," *Geographical Research*, Volume 27, No. 105.
7. Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A.M.G., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F. and Tagipour, A., 2006. "Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical,*" *Research: Atmospheres*, 111(D5).
8. Bonsal, B.R., Zhang, X., Vincent, L.A. and Hogg, W.D., 2001. Characteristics of daily and extreme temperatures over Canada. *Journal of climate*, 14(9), pp.1959-1976.
9. Darand, M., 2020. Future changes in temperature extremes in climate variability over I ran. *Meteorological Applications*, 27(6), p.e1968.
10. DeGaetano, A.T., 1996. Recent trends in maximum and minimum temperature threshold exceedences in the northeastern United States. *Journal of Climate*, 9(7), pp.1646-1660.
11. Fathian, F., Ghadami, M., Haghighi, P., Amini, M., Naderi, S. and Ghaedi, Z., 2020. Assessment of changes in climate extremes of temperature and precipitation over Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 141, pp.1119-1133.
12. Guijarro, J, "Climatol R package," <http://cran.r-project.org/packages/climatol.pdf>, 2016.

26. Varfi, M.S., Karacostas, T.S., Makrogiannis, T.J. and Flocas, A.A., 2009. Characteristics of the extreme warm and cold days over Greece. *Advances in Geosciences*, 20, pp.45-50.
27. World Meteorological organization, The global climate 2001-2010, A decade of climate extremes, summary report, No.1119, 2013 .
28. Zhai, P., Sun, A., Ren, F., Liu, X., Gao, B. and Zhang, Q., 1999. Changes of climate extremes in China. *Weather and Climate Extremes: Changes, Variations and a Perspective from the Insurance Industry*, pp.203-218.
29. Zhao, C., Wang, W. and Xing, W., 2012. Regional analysis of extreme temperature indices for the Haihe river basin from 1960 to 2009. *Procedia Engineering*, 28, pp.604-607.
- South China Sea. *Global and Planetary Change*, 78(3-4), pp.83-91.
23. Sensoy, S., Türkoğlu, N., Akçakaya, A., Ekici, M., Demircan, M., Ulupinar, Y., Atay, H., Tüvan, A. and Demirbaş, H., 2013, April. Trends in Turkey climate indices from 1960 to 2010. In 6th Atmospheric science symposium (Vol. 24, p. 26).
24. Sohrabi, M.M., Ryu, J.H., Abatzoglou, J. and Tracy, J., 2013. Climate extreme and its linkage to regional drought over Idaho, USA. *Natural Hazards*, 65, pp.653-681.
25. Taghavi, F.A.R.A.H.N.A.Z., 2010. Linkage between climate change and extreme events in Iran. *Journal of the Earth & Space Physics*, 36(2), pp.33-43.