بررسی روند رخدادهای حدی بارشی در استان خراسان رضوی (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷)

جمیله قلی پور[۱]، سید محمد موسوی بایگی[۲]*، آذر زرین[۳]، مهدی جباری نوقابی[۴]

[۱] دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، j.gholipour67@yahoo.com
[۲] استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، mousavib@um.ac.ir
[۳] استادیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیای دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، zarrin@um.ac.ir
[۴] استادیار آمار، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، jabbarinm@um.ac.ir

چکیده

روند افزایشی دمای کره زمین و تاثیر مستقیمی که بر رخدادهای حدی بارشی و دمایی دارد، باعث تغییراتی در فرکانس و شدت وقوع آن ها خصوصا رخدادهای حدی بارشی شده است. در این مطالعه داده های روزانه بارش ۷ ایستگاه سینوپتیک فعال استان خراسان رضوی که دارای دوره زمانی بلند مدت هستند برای سال های ۱۹۸۷-۲۰۱۷ مورد استفاده قرار گرفت. سری های زمانی از نظر همگنی و یافتن نقاط شکست احتمالی، مورد آزمون قرار گرفت. در ادامه ۱۲ شاخص حدی بارش شامل ۶ شاخص شدتی و ۶ شاخص مدتی برای هریک از این ایستگاه ها محاسبه شد. سپس روندهای مشاهده شده در رخدادهای حدی بارشی تعیین شد و نهایتا معناداری روند در شاخص ها به کمک آزمون آماری ناپارامتری من-کندال سنجیده شد. در اکثر شاخص ها روند کاهشی اندکی مشاهده شد اما بیشترین کاهش ها در شاخص های CWD، R1mm، R10mm و PRCPTOT مشاهده شد که تنها در تربت حیدریه، سبزوار و کاشمر از لحاظ آماری معنادار است. رفتار روند در شاخص های RX1day، RX5day و SDII در عمده مناطق از نوع افزایشی است و این افزایش به ترتیب فقط در گلمکان، قوچان و سرخس معنادار است. در مجموع ایستگاه های مرکز استان خراسان رضوی عمدتا با کاهش چشمگیری در روند شاخص های حدی مواجه است و حال آنکه شمال استان در برخی شاخص ها روند افزایشی و در برخی دیگر روند کاهشی در اثر تغییر اقلیم مشاهده می کند.

واژه‌های کلیدی: آزمون آماری ناپارامتری من-کندال، تغییر اقلیم، شاخص حدی بارش، رخدادهای حدی بارشی.

Study of the trend of extreme precipitation events and the impact of climate change on them in Khorasan Razavi province (Case study: 1987-2017)

Jamile Gholipour [1], Mohammad Mousavi Baygi [2], Azar Zarrin[3], Mehdi Jabbari Nooghabi[4]

[1,2] *Ph.D Student and Professor of Agrometeorology, Water Engineeing Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad*
[3] *Assistant Professor, Geography Department, Ferdowsi University of Mashhad*
[4] *Assistant Professor, Department of Statistics, Faculty of Mathematics, Ferdowsi University of Mashhad.*

Abstract

In recent decades, understanding the changing behavior of extreme events has become one of the major concerns of climate researchers. This is due to the impact that affects the various aspects of ecosystems and human life. An increasing trend in global warming and the direct effect on extreme precipitation and temperature events have caused changes in the frequency and severity of their occurrence. For this study, we used the long-term daily precipitation data in 7 synoptic stations (Mashhad, Torbat Heydariye, Sabzevar, Sarakhs, Quchan, Golmakan and Kashmar) between the years 1987-2017. Determination of the homogeneity/non homogeneity, finding the change points and adjusting the rainfall data time series were performed by using "RHtests-dlyPrcp" package, determination of trends observed in the extreme precipitation indices was done by using "RClimDex1.1" package and significancy test of the indices also was performed by Mann-Kendall nonparametric test and using the "trend" package in R software. In this study, 12 extreme precipitation indicators were calculated and studied for selected stations in Khorasan Razavi. These indicators were approved by the World Meteorological Organization. Due to the

* نویسنده مسئول: ۰۵۱۵۳۸۸۰۵۷۱۵

effect of climate changes, global warming and uneven spatial and temporal distribution of rainfall, extreme precipitation indices showed different changes and inconsistency in Khorasan Razavi stations. Some stations showed decreasing trends in each index and others showed decreasing or increasing trend. Some indicators had significant trends in a station and the others didn't have. The central stations of Khorasan Razavi province have mainly experienced a significant reduction in the trend indicators, while the northern stations of the province have been increasing in some of the indicators and in others, the decline has been observed due to climate change.

Keywords: change points, extreme precipitation events, global warming, Mann-Kendall nonparametric test, significant trend.

۱ - مقدمه

در یکصد سال گذشته، تغییرات اقلیم جهانی توجه و تمرکز تعداد زیادی از مطالعات مربوط به تغییر اقلیم را به سمت خود معطوف کرده است و باعث شده تا بررسی چگونگی و علت تغییر رفتار رخدادهای حدی آب و هوایی به طور ویژه ای در حال افزایش باشد(چونگ و همکاران، ۲۰۱۵). در حال حاضر، تمرکز اصلی بر روی پیش بینی تغییرات مکانی و زمانی، علل و تغییرات احتمالی روندهای آتی فاکتورهای اقلیمی و نیز تأثیرات آن بر سیستم های طبیعی و اجتماعی اقتصادی است (میکائیل و همکاران، ۲۰۰۶؛ جورجی و همکاران، ۲۰۰۶). یک رخداد حدی یعنی رخ دادن پدیده ای که از دیدگاه آماری احتمال وقوع آن خیلی کم بوده و دوره بازگشتی طولانی دارد. به عبارت دیگر رخدادهای حدی پدیده هایی هستند که از نظر فراوانی، تعداد وقوع کمی دارند اما شدت رخداد آن زیاد است و معمولا در هنگام وقوع اکوسیستم ها و زندگی انسان ها را با تغییرات و مشکلات جدی رو به رو می کند (عرفانیان و همکاران،۱۳۹۳) و به طور متوسط احتمال وقوع این رویداد ها کمتر از ۵ ٪ است (ژوو و توس ، ۲۰۰۱).

تغییر اقلیم بی ثباتی سیستم هر اقلیم را افزایش می دهد و فرکانس وقوع رخدادهای حدی آب و هوایی افزایش می یابد(کتز و براون، ۱۹۹۲). داده های مشاهداتی تاریخی نشان می دهد در صد سال گذشته فرکانس وقوع سیل، خشکسالی، موج گرماو سرما روند رو به رشدی را نشان داده و دامنه اثر آن را رو به افزایش است. در سناریوی های شبیه سازی اقلیم آینده توسط مدل گردش کلی جو (GCM) نشان داده شده است که فرکانس وقوع رخدادهای حدی در بعضی مناطق بیشتر خواهد شد و باعث آثار فاجعه بار آب و هوایی در آینده ای نه چندان دور می شود (IPCC، ۲۰۰۷، ۲۰۱۲). به دلیل اهمیت بسیار زیاد تاثیر تغییر اقلیم بر رفتار رخدادهای حدی، امروزه در بسیاری از مناطق دنیا مطالعات زیادی انجام شده و نیز در حال انجام است. مثلا مطالعه کیگنهاف و همکاران(۲۰۱۴) در گرجستان روی ۲۴ شاخص حدی دمایی و بارشی که توسط WMO توصیه شده، نشان داد اکثر شاخص های حدی دمایی روند افزایشی معنادار و شاخص های بارشی روندهای افزایشی یا کاهشی دارند. جیانگ و همکاران(۲۰۱۵) شاخص های حدی دمایی در شمال و جنوب منطقه کوهستانی کیونلینگ کشور چین با استفاده از روند خطی و آنالیز همبستگی محاسبه و تحلیل کردند. نتایج آنها نشان داد که شاخص های دمایی سرد مثل TX10، TN10، ID، FD و CSDI روند کاهشی و نیز شاخص های دمایی گرم مثل TN90، TX90، SU، TR و WSDI روند افزایشی تحت تاثیر تغییر اقلیم دارند. سان و همکاران(۲۰۱۶) نیز مطالعه جامعی روی تغییرات رخدادهای حدی بارشی و دمایی لوئس پلاتیو چین برای ۱۹۶۰-۲۰۱۳ انجام دادند و تاثیر گرمایش جهانی و تغییر اقلیم را بر روند و معناداری روند برای ۱۲شاخص دما و ۱۰شاخص بارشی مورد مطالعه قرار دادند.

در ایران مطالعات کمی در این زمینه صورت گرفته که برخی از آنها عبارتند از مطالعه محمدی و تقوی(۱۳۸۴) برای شاخص های حدی دما و بارش ایستگاه تهران، که نتایج آنها حکایت از افزایش روند دمای حداکثر، حداقل و متوسط روزانه و نیز کاهش روند شاخص های حدی بارش با شیب بسیار کم بوده است. تغییر در شاخص های حدی دمایی و بارشی استان خراسان رضوی در مطالعه ای توسط عرفانیان و همکاران(۱۳۹۳) صورت گرفت. در این مطالعه آمار روزانه پارامترهای دمایی و بارشی سه ایستگاه مشهد، تربت حیدریه و سبزوار که دارای دوره زمانی بلند مدت هستند برای دوره ۱۹۶۱-۲۰۱۰ مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این مطالعه برای شاخص های بارشی نشان دهنده نوسانات زیاد و عمدتا شیب کاهشی کم در شاخص های این ایستگاه ها بود. در مطالعه دیگری توسط ورشاویان و همکاران (۱۳۸۸)، روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل و حداکثر و نیز میانگین روزانه بارش در چند نمونه اقلیمی ایران (بوشهر، تبریز،

تهران، مهرآباد، زاهدان، شیراز، کرمان، کرمانشاه و مشهد)؛ برای دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۴ مورد مطالعه قرار گرفت. ایستگاه های مذکور بر اساس طبقه بندی اقلیمی کوپن معرف مناطق اقلیمی بیابانی، استپی و معتدل مرطوب هستند. بررسی نرمال بودن داده ها به کمک آزمون کولموگروف-اسمیرنوف اصلاح شده(لی لی فورس) و تحلیل روند داده ها به کمک آزمون های پارامتری و ناپارامتری رگرسیون خطی کمترین توان های دوم، ضریب همبستگی خطی پیرسون، اسپیرمن و من-کندال صورت گرفت. نتایج روند در شاخص ها برای تمامی ایستگاه ها محاسبه شد و نهایتا مشخص شد به طورکل اغلب ایستگاه ها روند معنی دار افزایشی در مقادیر حدی دما به خصوص دمای حداقل از خود نشان می دهند.

آنچه از مطالعه منابع انجام شده در دنیا و کشور ایران برمی آید، اهمیت زیاد مطالعه و بررسی روند و تغییر رفتار در شاخص های حدی برای تمام مناطق دنیاست. هدف اصلی مطالعه حال حاضر بررسی روند تغییرات رخدادهای حدی بارش و تاثیر تغییر اقلیم بر آنها در استان خراسان رضوی است. نتیجه این مطالعه در بخش های مختلف مرتبط با تغییرات اقلیمی خصوصا منابع آب و کشاورزی که مستقیما متأثر از این پدیده ها و تغییرات آن هستند بسیار ضروری می نماید.

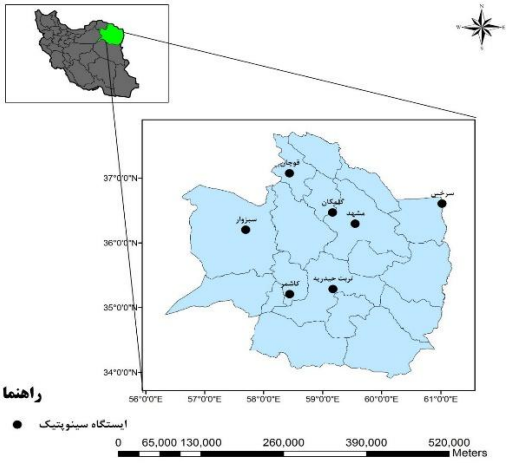
۲- داده ها و روش تحقیق

۲-۱. داده ها و محدوده مورد مطالعه

برای انجام این مطالعه از داده های روزانه بارش۷ ایستگاه سینوپتیک فعال در استان خراسان رضوی؛ که دارای دوره زمانی بلند مدت بودند برای سال های ۱۹۷۸-۲۰۱۷ استفاده شد. شکل شماره ۱ موقعیت ایستگاه های مورد مطالعه و جدول شماره ۱ مشخصات جغرافیایی این ایستگاه ها را نشان می دهد.

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه های سینوپتیک منتخب در استان خراسان رضوی

نام و کد ایستگاه	عرض جغرافیایی (N°)	طول جغرافیایی (E°)	ارتفاع (m)
مشهد (۴۰۷۴۵)	36.16	59.38	999.2
تربت حیدریه (۴۰۷۶۲)	35.16	59.13	1450.8
سبزوار (۴۰۷۴۳)	36.12	57.39	972
سرخس (۴۰۷۴۱)	36.32	61.10	235
کاشمر (۴۰۷۶۳)	35.12	58.28	1109.7
قوچان (۴۰۷۴۰)	37.4	58.3	1287
گلمکان (۴۰۷۴۴)	36.29	59.17	1176



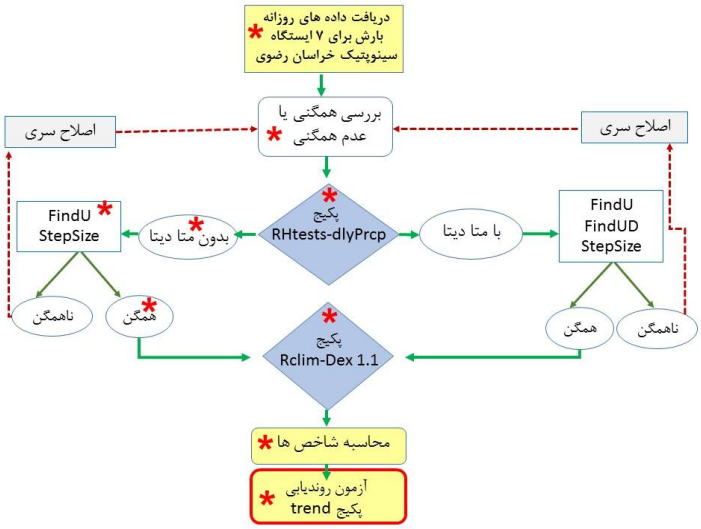
شکل ۱- موقعیت مکانی ایستگاه های سینوپتیک منتخب در استان خراسان رضوی.

۲-۲. بررسی همگنی داده های ایستگاه ها

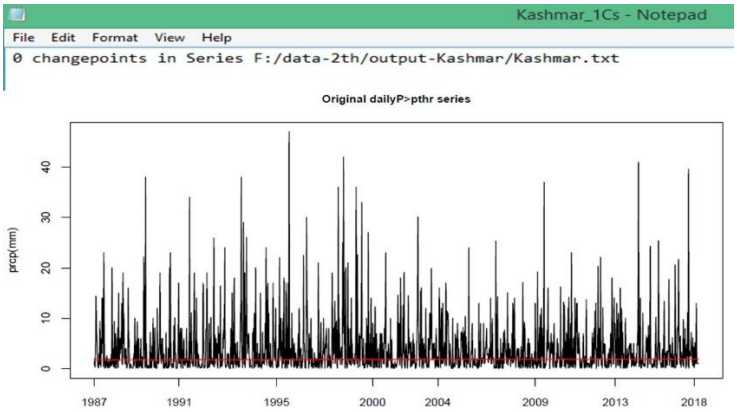
قبل از هر گونه تحلیل و نتیجه گیری در مورد روند/عدم روند و نیز معناداری/عدم معناداری روند در شاخص ها، باید همگنی و یکنواختی سری های زمانی بلند مدت داده های بارش ایستگاه های منتخب مورد بررسی قرار گیرند. بررسی همگنی/عدم همگنی و نیز همگن سازی سری های زمانی ناهمگن، توسط بسته آماری RHtests-dlyPrcp صورت

گرفت. این بسته که به طور خاص برای همگن کردن سری های زمانی بارشی مورد استفاده قرار می گیرد، در ۱۴ آگوست ۲۰۱۳ بصورت آنلاین در اختیار عموم قرار گرفت و به کمک الگوریتمی موسوم به trans-PMFred و با استفاده از داده های حاصل از تبدیل باکس-کاکس ، به طور ویژه برای داده های بدون سری مرجع مورد استفاده قرار می گیرد. از آنجایی که داده های بارش دارای توزیع نرمال نیستند، استفاده از تبدیل باکس-کاکس ضروری می باشد (وانگ و فنگ ،۲۰۱۳).

بارش روزانه هم از لحاظ زمان و هم مکان بسیار متغیر است به طوری که مثلا در یک طرف خیابان می تواند بارش وجود داشته باشد و در طرف دیگر نباشد. از طرفی سری مرجع مناسبی برای داده های بارش روزانه در اکثر نقاط دنیا و خصوصا منطقه مورد مطالعه این تحقیق وجود ندارد زیرا اندازه گیری های موازی و به فواصل برابر انجام نمی شود. بنابراین با توجه به اینکه بارش روزانه فرایندی پیوسته نیست و بعبارتی یک سری زمانی در حوزه زمان است، اگر گام های زمانی اندازه گیری را کوچک کنیم مقادیر آن می تواند قابل توجه نباشد و یا کلا صفر باشد و تغییرات چشمگیری را شاهد نباشد بنابراین اصطلاحا گفته می شود بارش پیوسته نیست. در اینگونه موارد در اولین برخورد با یک سری زمانی بارش روزانه باید نقاط شکست در این سری را از بین برد. بنابراین باید بررسی کنیم که آیا سری های زمانی همگن هستند و نقطه شکستی دارند یا خیر. در میان داده های مورد مطالعه، تمامی ایستگاه ها از همان ابتدا همگن بودند و نقطه شکستی نداشتند. شکل ۲ روش شناسی تکمیلی مراحل انجام آزمون همگنی و رفع نقاط شکست احتمالی موجود در یک سری زمانی را نشان می دهد. لازم به ذکر است که بسته RHtests-dlyPrcp سه تابع را برای تشخیص و رفع نقاط شکست غیر طبیعی موجود در سری های بارش روزانه استفاده می کند، بدون اینکه از سری مرجعی استفاده کند (وانگ و فنگ، ۲۰۱۳). شکل ۳ پیغام عدم وجود نقطه شکست و نمودار سری زمانی همگن ایستگاه کاشمر را نشان می دهد.



شکل ۲- روش شناسی مورد استفاده در مطالعه حال حاضر (ستاره های قرمز بیانگر مسیر پیش رو در مطالعه حال حاضر است).



شکل ۳- سری زمانی همگن ایستگاه کاشمر و پیغام حاصل از اعمال توابع توسط بسته RHtests-dlyPrcp

۲-۳. محاسبه شاخص های حدی بارش روزانه

محاسبه شاخص های حدی بارش بکمک بسته RClimDex 1.1 صورت گرفت. در این بسته لیستی از شاخص های حدی بارشی و دمایی وجود دارد که محقق بسته به هدف خود می تواند هر کدام از آن ها را انتخاب کند. در این مطالعه تعداد۱۲ شاخص حدی بارشی مورد تایید سازمان جهانی هواشناسی، برای ایستگاه های منتخب خراسان رضوی مورد محاسبه و مطالعه قرار گرفت. به طور کل شاخص های بارشی در دو دسته طبقه بندی می شوند. یک عده شاخص های مبتنی بر شدت بارش بر حسب واحد mm یا mm/days هستند و عده دیگر مبتنی بر مدت بارش یا تعداد روز بارشی و برحسب واحد days هستند. جدول شماره ۲ لیست کاملی از شاخص ها و معرفی هر یک ارائه می کند.

جدول ۲- شاخص های بارشی مورد محاسبه در این مطالعه و مشخصات آنها.

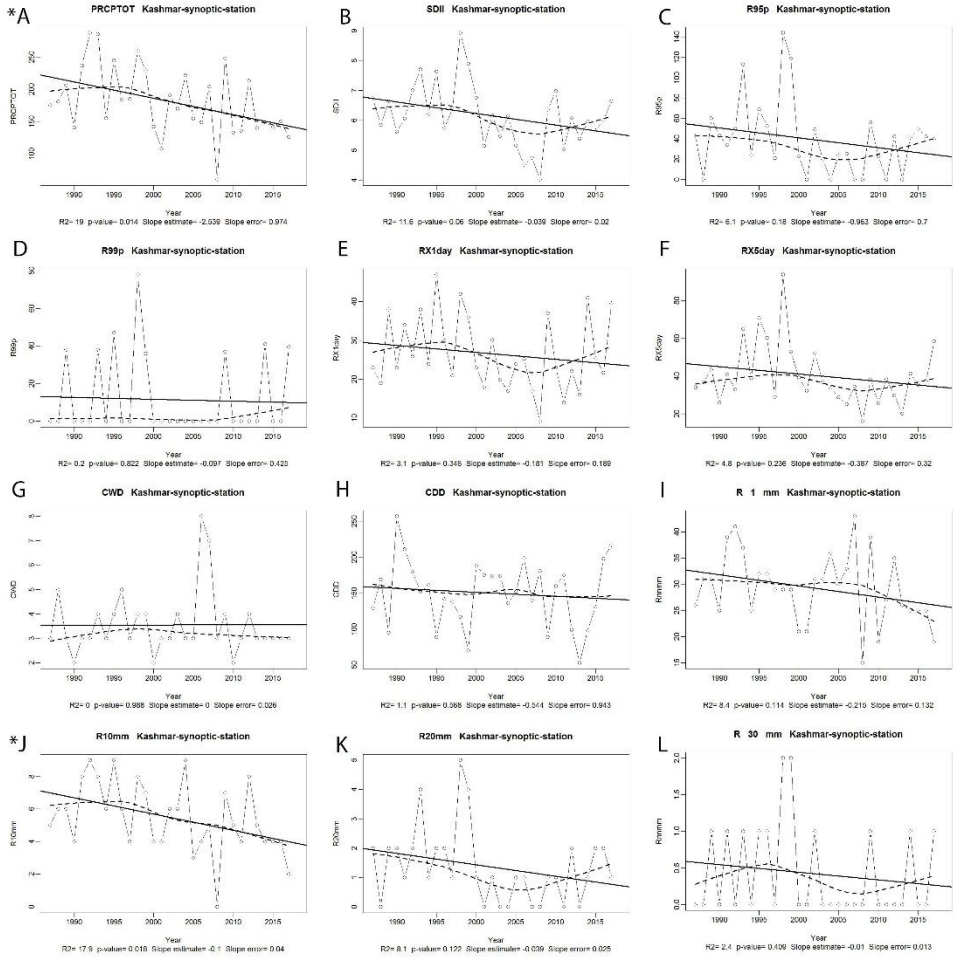
تشریح شاخص	تعریف شاخص	نوع شاخص	نام شاخص
مجموع بارش های روزانه کل سال(بیشتر از ۰,۱ میلیمتر)	مجموع بارش سالانه	شدت بارش	**PRCPTOT**
بارش سالانه تقسیم بر تعداد روزهای مرطوب	شدت ساده بارش روزانه	شدت بارش	**SDII**
مجموع بارش روزهایی با میزان بارش بیشتر از صدک ۹۹ ام (۹۵ام)	روز فوق العاده مرطوب روز خیلی مرطوب	شدت بارش	**R99** **R95**
ماکسیمم مقدار سالانه بارش ۵ روزه(۱ روزه)	بیشترین مقدار بارش ۵ روزه بیشترین مقدار بارش ۱ روزه	شدت بارش	**RX5day** **RX1day**
بیشترین تعداد روزهای تر متوالی	روزهای تر متوالی	**تعداد روز بارش**	**CWD**
بیشترین تعداد روزهای خشک متوالی	روزهای خشک متوالی	**تعداد روز بارش**	**CDD**
تعداد روزهایی در سال با بارش بیشتر از ۱ میلیمتر (۱۰میلیمتر/ ۲۰ میلیمتر/۳۰میلیمتر)	تعداد روزهایی در سال با بارش بیشتر از ۱، ۱۰، ۲۰ و ۳۰میلیمتر	**تعداد روز بارش**	**R1mm** **R10mm** **R20mm** **R30mm**

۲-۴. معناداری روند در شاخص های حدی بارشی

پس از محاسبه شاخص ها و روند در هریک و نیز نمودارهای هر شاخص برای هر ایستگاه در دوره زمانی مورد مطالعه، نیاز به استفاده از یک آزمون آماری جهت تعیین معناداری یا بی معنی بودن مقدار روند در شاخص مورد نظر می باشد. در این مطالعه از آزمون آماری ناپارامتری من-کندال استفاده شده است. برای محاسبه معناداری روند به روش من-کندال، در این مطالعه از بسته trend استفاده شد. با توجه به سطح خطای آزمون ها که برای این مطالعه ۵ درصد در نظر گرفته شده است- فرضیه صفر آزمون رد می شود. در صورت رد نشدن فرض صفر، یعنی آماره آزمون بین ۱/۹۶+ و ۱/۹۶- قرار داشته و روند موجود در شاخص معنادار نیست و وقوع آن در اثر عوامل تصادفی بوده است(شکل ۲).

۳ نتایج و بحث

در این مطالعه همگنی و یکنواختی ۷ ایستگاه سینوپتیک فعال مستقر در استان خراسان رضوی توسط بسته RHtests-dlyPrcp مورد بررسی قرار گرفت. سپس۱۲ شاخص حدی بارشی شامل ۶ شاخص شدتی و۶ شاخص مدتی برای هریک از این ایستگاه ها برای سالهای ۱۹۸۷-۲۰۱۷ محاسبه و نمودارهایی که روند در هر شاخص را نشان دهد، برای هریک از ایستگاه ها ترسیم شد (شکل۴ برای شاخص های حدی بارشی ایستگاه کاشمر). همانند نمودارهای شکل ۴ نمودارها و اشکال دیگری برای سایر ایستگاه ها نیز محاسبه شده است. با توجه به شکل ها، روندهای افزایشی یا کاهشی در هر شاخص بصورت چشمی قابل ملاحظه است اما با انجام آزمون آماری من-کندال مشخص می شود که می توان این روند را به عنوان روندی معنادار پذیرفت یا خیر. جدول شماره ۳ معناداری در روندهای افزایشی یا کاهشی برای کل ایستگاه های مورد مطالعه این تحقیق به همراه آماره عددی من-کندال نشان می دهد.



شکل ۴- روند در شاخص های شدتی و مدتی محاسبه شده برای ایستگاه سینوپتیک کاشمر.

A: مجموع سالانه بارش(ستاره دار بودن نشان از معناداری روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارد)، B:شدت ساده بارش روزانه، C:روز خیلی مرطوب، D:روز فوق العاده مرطوب، E:بیشترین مقدار بارش ۱ روزه، F:بیشترین مقدار بارش ۵ روزه، G:روزهای تر متوالی، H:روزهای خشک متوالی، I:تعداد روزهایی در سال با بارش بیشتر از ۱ میلیمتر ، J:تعداد روزهایی در سال با بارش بیشتر از ۱۰ میلیمتر(روند معنادار است)، K:تعداد روزهایی در سال با بارش بیشتر از ۲۰ میلیمتر و L: تعداد روزهایی در سال با بارش بیشتر از ۳۰ میلیمتر.

جدول ۳- آماره آزمون من-کندال شاخص های حدی شدتی و مدتی بارش ایستگاه های سینوپتیک منتخب استان خراسان رضوی (خانه های زرد رنگ نشان دهنده معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد است).

واحد:	days						mm or mm/days					
ایستگاه	CDD	CWD	R1mm	R10mm	R20mm	R30mm	PRCPTOT	R95p	R99p	RX1day	RX5day	SDII
مشهد	-0.625	-0.85	-1.75	-0.61	-0.484	0	-0.91	-0.018	-0.6	-0.268	-1.177	0.107
تربت حیدریه	0	-0.886	-2.1	-2.13	-1.77	-1.3	-2.4	-1.88	-1.64	-1.84	-1.46	-1.25
سبزوار	-1.54	-3.56	-2.003	-1.6	-0.23	-0.67	-1.7	-0.68	-0.308	-0.286	-1.34	0.179
سرخس	-1.34	-0.289	-1.484	0.09	0.772	-0.36	-0.39	-0.036	-0.86	-0.179	-0.57	2.3
کاشمر	-0.57	-0.53	-1.88	-2.55	-1.238	-0.974	-2.5	-1.24	-0.23	-1.27	-1.32	-1.55
قوچان	-0.29	1.32	-0.322	0.378	1.307	1.13	0.607	1.91	1.315	1.68	2.32	1.38
گلمکان	-1.196	-0.915	0.197	0.415	1.24	1.05	0.857	1.22	1.284	2.65	1.65	0.88

با توجه به جدول ۳ مشخص می شود شاخص روزهای خشک متوالی (CDD) علی رغم اینکه در تمام ایستگاه ها روندی کاهشی نشان داده اما این کاهش به کندی صورت گرفته و از لحاظ آماری معنادار نیست. شاخص CWD نیز در تمام مناطق روندی کاهشی دارد(بجز در قوچان) اما این روندهای کاهشی فقط در ایستگاه سبزوار از نوع معنادار و شدید بوده است. تعداد روزهایی از سال که بارش هایی بیش تر از ۱ میلیمتر تجربه می کنند در تمام ایستگاه ها(بجز گلمکان) روندی کاهشی داشته و این روند در تربت حیدریه و سبزوار معنادار و شدید است. تعداد روزهایی از سال که بارش هایی بیشتر از ۱۰ میلیمتر را شاهد بوده اند در نیمی از ایستگاه ها روندی کاهشی و در نیمی دیگر افزایشی بوده است اما فقط

تربت حیدریه و کاشمر روندی کاهشی و معنادار در اثر تغییر اقلیم نشان می دهد. روند در شاخص های R20mm و R30mm در هیچیک از ایستگاه ها معنادار نیست. در میان شاخص های مبتنی بر شدت بارش، شاخص مجموع سالانه بارش در ایستگاه های تربت حیدریه و کاشمر روند کاهشی معناداری دارد. شاخص های R95p و R99p در هیچکدام از ایستگاه ها روند معناداری مشاهده نکرده است. شاخص های بیشترین مقدار بارش یک روزه و ۵ روزه به ترتیب در گلمکان و قوچان روند افزایشی معناداری را مشاهده کرده است و شاخص شدت ساده بارش روزانه تنها در سرخس روند افزایشی معناداری دارد.

۴ نتیجه گیری و جمع بندی

تاثیر تغییر اقلیم و روند گرمایش جهانی و نیز ناهماهنگی در توزیع زمانی و مکانی بارندگی ها، باعث ایجاد تغییرات متفاوت و ناهمسانی در شاخص های حدی بارشی ایستگاه های خراسان رضوی در ۳۱ سال اخیر شده است. عمده تغییرات در شاخص ها روند کاهشی اندکی را نشان می دهد اما بیشترین کاهش ها در شاخص های CWD، R1mm، R10mm و PRCPTOT مشاهده می شود که تنها در تربت حیدریه، سبزوار و کاشمر از لحاظ آماری معنادار است. رفتار روند در شاخص های RX1day، RX5day و SDII در عمده مناطق از نوع افزایشی است و این افزایش به ترتیب فقط در گلمکان، قوچان و سرخس معنادار است. اگر دوره زمانی بارشی ۳۱ سال اخیر ایستگاه های تربت حیدریه و کاشمر را به عنوان نماینده مرکز استان خراسان رضوی در نظر بگیریم و ایستگاه های مشهد، گلمکان، قوچان، سرخس و سبزوار را به عنوان مراکز شمال استان در نظر بگیریم، مرکز خراسان رضوی عمدتا با کاهش چشمگیری در روند شاخص های حدی مواجه است و حال آنکه شمال استان در برخی شاخص ها روندی افزایشی و در برخی دیگر روندی کاهشی را تحت تاثیر تغییر اقلیم مشاهده نموده است.

۵- منابع

- عرفانیان،م. انصاری،ح . علیزاده،الف و بنایان اول،م. (۱۳۹۳). بررسی تغییرات شاخصهای حدی هواشناسی در استان خراسان رضوی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۴، صص ۸۱۷-۸۲۵.

- محمّدی،ح و تقوی،ف.(۱۳۸۴). روند شاخص های حدی دما و بارش در تهران. نشریه پژوهش های جغرافیایی. ۵۳، صص ۱۵۱-۱۷۲.

- ورشاویان،و. خلیلی،ع. قهرمان،ن و حجام،س. (۱۳۸۸). بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران. مجله فیزیک زمین و فضا، ۳۷(۱)، صص ۱۶۹-۱۷۹.

- Chong Jiang, Xingmin Mu , Fei Wang , Guangju Zhao., (2015): Analysis of extreme temperature events in the Qinling Mountains and surrounding area during 1960-2012. Elsevier Ltd and INQUA, 1-13: doi: 10.1016/j.quaint.2015.04.018.

- Giorgi, F., Bi, X.Q., Pal, J., (2004): Mean, interannual variability and trends in a regional climate change experiment over Europe. II: climate change scenarios (2071-2100). Climate Dynamics 23: 839-858.

Adaptation and Intergovernmental Panel on Climate Change, (2007): Climate Change 2007: Impacts, Vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge, UK,p. 976.

- Intergovernmental Panel on Climate Change, (2012): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Cambridge University Press, Cambridge, p. 582.

- Jiang,Ch. Mu,X. Wang ,F. Zhao,G. 2015. Analysis of extreme temperature events in the Qinling Mountains and surrounding area during 1960-2012. Quaternary International xxx. 1-13.

- Katz, R., Brown, B., (1992): Extreme events in a changing climate: variability is more important than averages. Climate Change, 21: 289-302.

- Keggenhoff,I. Elizbarashvili,M. Amiri-Farahani,A. King,L. (2014): Trends in daily temperature and precipitation extreme sover Georgia, 1971–2010. Weather and Climate Extremes. 4:75–85.

- McMichael, A.J., Woodruff, R.E., Hales, S., (2006): Climate change and human health: present and future risks. *Lancet* 367, 859-869.

- Sun,W. Mu,X. Song,X. Wu,D. Cheng,F. Qiue,B. (2016): Changes in extreme temperature and precipitation events in the Loess Plateau (China) during 1960–2013 under global warming. Atmospheric Research 168: 33–48.

-Zhu,Y and Toth,Z. (2001): Extreme Weather Events and their Probabilistic Prediction by the NCEP Ensemble Forecast System, Proceedings of the symposium on Precipitation Extremes: Prediction, Impact, and Responses, Albuquerque, USA, 1-38.

- Wang, X. L. and Y. Feng, published online August (2013): RHtests_dlyPrcp User Manual. Climate Research Division, Atmospheric Science and Technology Directorate, Science and Technology Branch, Environment Canada. 17 pp.