آشکارسازی تغییر اقلیم با استفاده از شاخص‌های حدی بارش در خراسان بزرگ

محمود احمدی*[۱]، حسن لشکری[۲]، مجید آزادی[۳]، قاسم کیخسروی [۴]

۱- استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۲- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۳- دانشیار گروه هواشناسی، پژوهشکده هواشناسی، سازمان هواشناسی

۴- دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۲۰

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۴/۵/۲۰

چکیده:

تغییرات آب و هوایی با تغییر الگوهای اقلیمی و به هم ریختن نظم اکوسیستم ها، عواقب جدی بر محیط زیست وارد می‌کند. تغییر در الگوهای آب و هوایی می‌تواند به وقوع سیل‌های شدید، گرما و سرماهای شدید، تکرار بیشتر خشکسالی‌ها، بالا آمدن سطح آب دریا، گرم شدن جهانی هوا و ذوب شدن یخ‌های دائمی منجر شود. در این پژوهش جهت آشکارسازی تغییر اقلیم در خراسان بزرگ از ۲۵ سال آمار هواشناسی روزانه ایستگاههای سینوپتیک (۱۴ ایستگاه) از سال ۱۹۸۷/۱/۱ تا ۲۰۱۱/۱۲/۳۱ استفاده گردید. از ۱۱ شاخص محاسبه شده حدی بارش (RX1day، CDD، CWD، SDII، RX5day، R25، R99P، R95P، R20، R10، PRCPTOT)، نتایج بیانگر آن است که ایستگاههای محدودی از جمله قوچان (۱۰ شاخص)، بجنورد (۷شاخص)، گلمکان (۵ شاخص)، سبزوار (۳ شاخص) در تعدادی از نمایه‌های حدی بارش روند افزایشی را نشان می‌دهند. ایستگاههای فردوس، تربت حیدریه، قائن و نهبندان ۱۰۰ درصد و ایستگاههای بیرجند، طبس، گناباد، مشهد و کاشمر بیش از ۹۰ درصد دچار تغییرات بارشی شده‌اند. در بین شاخص‌ها، شاخص روزهای مرطوب متوالی با ۹۲/۹درصد، شاخص مجموع سالانه بارش روزهای مرطوب با ۸۵/۷ درصد، بیشترین درصد کاهشی را نشان می‌دهند. لذا در شمال شرق و شرق کشور به غیر از منطقه قوچان و تا حدی بجنورد، دیگر مناطق تغییرات شدید بارشی را در طی ۲۵ سال اخیر تجربه کرده‌اند. بنابراین با توجه به روندهای کاهشی و افزایشی شاخص‌ها و ویژگیهای ایستگاهها (توپوگرافی، ارتفاع، فاصله از منابع رطوبتی و ...) می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که عامل عرض جغرافیایی نسبت به عامل ارتفاع در تغییر اقلیم منطقه بارزتر می‌باشد. چرا که ایستگاههایی که در عرض‌های جغرافیائی بالاتر واقع شده‌اند (بجنورد، قوچان، گلمکان) در تعدادی از نمایه‌های حدی بارش روند افزایشی را از خود نشان می‌دهند. این در حالیست که ارتفاع زیاد ایستگاههایی که در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر نسبت به ایستگاههایی که در عرض‌های بالاتر گسترش یافته‌اند (فردوس، قائن، تربت‌حیدریه، بیرجند، کاشمر، گناباد) نتوانسته است روندهای افزایشی، در میان شاخص‌های حدی بارش را به نمایش بگذارد.

واژه‌های کلیدی: خراسان بزرگ، شاخص‌های حدی بارش، تغییر اقلیم، سطح معنی‌داری.

* نویسنده مسئول: ۰۲۱۲۹۹۰۲۱۸۰ Email:ahmadi@gmail.com

مقدمه

تغییرات آب و هوایی با تغییر الگوهای اقلیمی و به هم ریختن نظم اکوسیستم‌ها، عواقب جدی بر محیط زیست وارد می‌کند. تغییر در الگوهای آب و هوایی می‌تواند به وقوع سیل‌های شدید، گرما و سرماهای شدید، تکرار بیشتر خشکسالی‌ها، بالا آمدن سطح آب دریا، گرم شدن جهانی هوا و ذوب شدن یخ‌های دائمی منجر شود. حتی هر یک از این پدیده‌ها می‌تواند ذخایر غذایی یک منطقه را نیز در معرض خطر قرار دهد. تغییر اقلیم امروز یک مسئله جهانی است که مورد توجه سیاست مداران، اقتصاددانان، دانشمندان، محققان، کشاورزان و دامداران می‌باشد، چرا که تغییر اقلیم بر بسیاری از پدیده‌ها، عناصر و محیط زیست اطراف ما همچون اقتصاد، انرژی، کشاورزی، منابع آب، زندگی شهری، حمل‌ونقل، بهداشت و سلامت موثراست. به منظور بررسی پدیده تغییر اقلیم و عواقب مرتبط به آن در سال ۱۹۸۸ هیات بین الدول (IPCC) برای تغییر اقلیم به وسیله سازمان جهانی هواشناسی(WMO) و برنامه محیط زیست سازمان ملل(UNEP) پایه‌گذاری شد. اغلب عوامل تاثیرگذار اقلیمی مربوط به رخدادهای حدی هواشناسی است و طولانی شدن وقوع آنها باعث تغییر اقلیم در یک منطقه می‌شود. رخدادهای حدی زمانی پتانسیل یک خطر بزرگ را دارند که بصورت ناگهانی، غیرقابل پیش بینی و با شدت زیاد رخ دهند، تاثیرات تغییرات اقلیمی غالباً در یک منطقه بزرگ خود را نشان می‌دهد و معمولاً فشار زیادی بر اکوسیستم‌های طبیعی و انسانی مناطق مختلف وارد می‌کند. یافته‌های پژوهشگران علوم جوی نشان می‌دهد که تغییرات شدید رفتار سنجه‌های جوی به ویژه طی قرن بیست و بیست و یکم نشانه‌هایی از رخداد تغییر اقلیم است. علاوه بر تغییرات در مقادیر میانگین، مقادیر فرین نیز دست‌خوش تغییرات شده‌اند. نرخ تغییرات در مقادیر فرین شدیدتر و آشکارتر است. بر اساس گزارش سال ۲۰۰۱ هیات بین دول تغییر اقلیم، مناطق آسیایی در مقابل تغییر اقلیم آسیب پذیرترند (مهسافر و همکاران،۲۰۱۱). به دنبال طرح جدی مساله تغییر اقلیم ناشی از فعالیت‌های بشر در چند دهه اخیر ضرورت مطالعاتی در این زمینه پیش از پیش احساس می‌شود. از آنجائیکه فعالیت اصلی اقتصادی خراسان، کشاورزی و فعالیت‌های مرتبط به آن می‌باشد که بشدت به شرایط آب و هوایی منطقه بالاخص به بارش وابسته است و برنامه‌ریزی‌های کلان، طرح‌های اقتصادی و عمرانی بر مبنای الگوهای بارشی، در مدیریت منابع آب و طرح های کشاورزی مورد توجه قرار می‌گیرد، ضرورت چنین مطالعاتی را در منطقه برای کاهش آسیب پذیری در برابر فعالیت‌های مذکور را دو چندان می‌کند. به دنبال طرح جدی مساله تغییر اقلیم ناشی از فعالیت‌های بشر ضرورت مطالعاتی در این زمینه در کشور بیش از پیش احساس گردید. در این راستا در اواسط دهه ۷۰ میلادی مطالعاتی به منظور آشنایی با مفاهیم اصلی تغییر اقلیم انجام شده است. خورشید دوست و همکاران در سال۱۳۹۲، روند شاخص‌های حدی دما و بارش بر اساس سری‌های زمانی روزانه ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه در دوره آماری ۴۸ ساله (۲۰۰۹-۱۹۶۱) با استفاده از نرم افزار R CLIMDEX و MINITAB14 مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که شاخص‌های حدی سرد روند کاهشی و شاخص‌های حدی گرم روند افزایشی محسوسی دارند. شاخص‌های حدی بارش شدید و بلند مدت نیز روند کاهشی با شیب بسیار کمی را نشان می‌دهند و شاخص حدی بارش کم نیز روند افزایشی ضعیفی را نشان می‌دهد (خورشید دوست و همکاران،۱۳۹۲). شکیبا و پیشداد در سال ۱۳۸۹ در تحلیل روند تغییرات شاخص‌های حدی دمای روزانه در سمنان به این نتیجه رسیده‌اند که رژیم حرارتی در منطقه مطالعاتی در طی دوره آماری با روندی افزایشی همراه است. این روند برای شاخص‌های حدی

همچون روزهای سرد، شب‌های سرد، روزهای یخبندان و DTR منفی بوده در حالیکه افزایش قابل توجهی در روند حدهای گرم منطقه همچون شب‌های گرم، روزهای داغ و روزهای تابستانی به دست آمده است. بر این اساس روند شرایط اقلیمی سمنان به ویژه در دهه‌های اخیر، هم جهت با روند عمومی گرم شدگی جهانی می‌باشد (شکیبا و پیشداد، ۱۳۸۹). شکیبا و همکاران (۱۳۸۸)، اثبات کرده‌اند شرایط اقلیمی اهواز نسبت به گذشته گرمتر شده است و تغییرات شاخص‌های سرد و روزهای سرد روند کاهشی چشمگیری را نشان می‌دهد و شاخص‌های روزهای گرم، شب‌های گرم و روزهای تابستان روند افزایشی داشته‌اند (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۸). دارند (۱۳۹۳) در پژوهشی تغییرات حدی بارش و دما در ارومیه را مورد بررسی قرار داد. در نهایت به این نتیجه رسید که نمایه‌های بارش فرین طی دوره آماری مورد مطالعه روند نزولی معناداری را نشان می‌دهند. در طی چند سال اخیر از بسامد رخداد بارش‌های سنگین، ابر سنگین و میزان کل بارش سالانه ارومیه بشدت کاسته شده است (دارند، ۱۳۹۳). کایانو، برهماندا، مورا (۱۹۸۸) خشکی شدیدی را که در طول سال ۱۹۸۳ در منطقه وسیعی از سرزمین‌های حاره‌ای ایجاد شده بود در ارتباط با ال نینو -83-1982 می‌دانند در مقابل، بارندگی در این مناطق در سال ۱۹۸۴ بالای حد نرمال بود. در این تحقیق گردش‌های حاره‌ای این دو سال مورد بررسی قرار گرفته و ملاحظه شد که تراکم و محل وقوع حرکات نزولی و صعودی، با ناهنجاری‌های بارندگی همچنین ناهنجاری-های تشعشع موج بلند خروجی ارتباط داشته است و بر تغییرات فصلی که در تضعیف ال نینوی ۸۳-۸۲ دخالت داشته‌اند، اشاره دارد (کایانو و همکاران، ۱۹۸۸). در مطالعه‌ای که توسط کریشنامورتی و شوکلا (۱۹۹۹) در مورد خشکسالی صورت گرفته است، تغییر پذیری فصلی و سالانه بارندگی هند مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق داده‌های ۳۷۰۰ ایستگاه مطالعاتی مورد استفاده و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و مشخص گردیده که سال‌های با خشکی شدید همراه با آنومالی بارندگی منفی در مقیاس بزرگ، برای کل هند در تمام فصل موسمی دوام داشته و تغییرپذیری فصلی بارندگی نیز در طول فصل موسمی با وقوع دوره‌های برگشتی مشخص می‌شود (کریشنامورتی و شوکلا، ۱۹۹۹). در تحقیق دیگری که توسط اسمیت (۲۰۰۲) در مورد خشکسالی صورت پذیرفته است با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، این پدیده در جنوب فلوریدای ایلات متحده آمریکا بررسی شده است. در طول زمستان و بهار سال ۲۰۰۱ میلادی در جنوب فلوریدا یکی از بدترین و شدیدترین خشکسالی‌ها در تاریخ ثبت شده است. در این مطالعه سعی شده از داده‌ها و اطلاعات به صورتی مداوم در سراسر دوره‌های خشکسالی جهت مدیریت منابع آبی و کاهش اثرات اکولوژیکی خشکسالی استفاده شود (اسمیت، ۲۰۰۲). روستیسیوسی و رینوم در سال ۲۰۰۸ تغییرات و روند شاخص دماهای فرین روزانه را در اروگوئه بررسی کردند. و شاخص‌های دمای فرین را به ۴ گروه دسته بندی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که شب‌های سرد طی دوره مورد مطالعه دارای روند منفی است. بیش ترین روند منفی مربوط به شب‌های سرد می‌باشد. در حالی که روزهای گرم و شب‌های گرم روند مثبتی را نشان می‌دهند (روستیسیوسی و رینوم، ۲۰۰۸). چانگ چان و همکاران در سال ۲۰۰۷ با بررسی اثر تغییر اقلیم بر دما، بارش و سطح پوشش برف و روند تغییرات آنها در حوضه رودخانه تاریم چین پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش جهشی در دما و بارش در اواسط دهه ۱۹۸۰ با استفاده از روش‌های تعیین روند ناپارامتریک مشاهده می‌شود ولی تغییر سطح پوشش برف قابل توجه نیست (چانگ چان و همکاران، ۲۰۰۷). کیلی در سال ۱۹۹۹ تغییر اقلیم را در ایرلند با استفاده از داده‌های بارش و

دبی مورد بررسی قرار داد و نتیجه‌گیری نمود که افزایش در بارش و دبی رودخانه‌های ایرلند در چند دهه اخیر با نوسانات فشار هوا در سطح اقیانوس اطلس شمالی مرتبط می‌باشد (کیلی، ۱۹۹۹). مطالعات انجام شده در سودان توسط علاجیب و مان سل در سال ۲۰۰۰ نشان می‌دهد، در تمام مناطق به جزء منطقه شمالی، متوسط درجه حرارت سالانه روند افزایشی معنی‌داری داشته است. به نحوی که از دهه ۱۹۴۰ تا ۲۰۰۰ متوسط درجه حرار ت سالانه، افزایشی بین ۰/۰۸ تا ۰/۲ درجه سانتیگراد را در هر دهه دارا بوده است (علاجیب و مان سل، ۲۰۰۰). استوارت و همکاران در سال ۲۰۰۴ زمان جریان رواناب ناشی از ذوب برف در شمال غربی آمریکا را در شرایط تغییر اقلیم پیش‌بینی کردند. بر اساس این پیش بینی با استفاده از مدل‌های اقلیمی با توجه به تغییر دما و بارش در قرن ۲۱ در مناطق مورد بررسی، رواناب ناشی از ذوب برف حدود ۳۰ تا ۴۰ روز زودتر جاری می‌شود (استوارت و همکاران،۲۰۰۴). نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که در میانگین دمای منطقه تغییری مشاهده نشده و عموماً مقدار کل بارش در نیمه گرم سال، کاهش پیدا کرده است. برنز و همکاران در سال ۲۰۰۷ روندهای اقلیمی و اثرات آنها را بر منابع آب در حوضه کوهستان کاتس کیل در نیویورک آمریکا مورد بررسی قرار دادند. آنها در تحقیق خود از آزمون ناپارمتریک من – کندال برای محاسبه روندهای سالانه، ماهانه و چند ماهه، در دما، میزان بارش، رواناب حدی و تبخیر تعرق پتانسیل در ناحیه مورد مطالعه در طول سال های ۲۰۰۵-۱۹۵۲ بر مبنای داده‌های نه ایستگاه دماسنجی، ۱۲ ایستگاه باراسنجی و هشت ایستگاه اندازه گیر سیلاب استفاده کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که یک الگوی افزایشی دما، بارش، رواناب، تبخیر و تعرق پتانسیل در ناحیه وجود دارد. همچنین متوسط دمای هوای سالانه منطقه‌ای با اندازه ۰/۶ درجه در طول ۵۰ سال از دوره مورد بررسی افزایش یافته است که بزرگترین افزایش‌ها و بیشترین تعداد روندهای صعودی مهم در حداقل دمای هوای روزانه وجود دارد (برنز و همکاران، ۲۰۰۷). در سال ۲۰۰۸ تودیسکو و ورنی در بررسی تغییر اقلیم مرکز ایتالیا، روند افزایش کمینه دما در سه منطقه پروچا، ترنی و اسپولتو روند افزایش بیشینه دما در اسپرلتو و روند افزایش متوسط دما در پروچا و اسپولتو در نیم قرن گذشته ثبت شده است (تودیسکو و ورنی، ۲۰۰۸).

مواد و روش‌ها

اساس و مبنای تراز و تعدیل آماری، آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی می‌باشد که در مطالعات پتانسیل یابی بصورت شبکه‌ای انجام می‌شود. هر چه تراکم ایستگاه‌ها بیشتر باشد نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات دقیق تر می‌باشد.

مبنای انتخاب ایستگاه‌های هواشناسی طول دوره آماری قرار گرفته است. یعنی ایستگاه‌های که دارای دوره آماری طولانی‌تر باشند به عنوان ایستگاه‌های مورد مطالعه انتخاب می‌شوند. جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مشخصات ایستگاههای هواشناسی در شمال شرق ایران

ایستگاه	طول جغرافیائی	عرض جغرافیائی	ارتفاع به متر
بجنورد	۱۸/۵۷	۳۷/۲۹	۱۱۱۲
قوچان	۴۵/۵۸	۳۷/۱۱	۱۲۸۷
گلمکان	۱۷/۵۹	۳۶/۲۹	۱۱۷۶
مشهد	۳۸/۵۹	۳۶/۱۶	۲/۹۹۹
سبزوار	۳۹/۵۷	۳۶/۱	۹۷۲
تربت حیدریه	۳۹/۵۹	۳۵/۱۶	۸/۱۴۵۰
کاشمر	۲۸/۵۸	۳۵/۱۲	۷/۱۱۰۹
گناباد	۴۱/۵۸	۳۴/۲۱	۱۰۵۶
فردوس	۱۱/۵۸	۳۴/۰۱	۱۲۹۳
طبس	۵۷/۵۶	۳۳/۳۶	۷۱۱
بیرجند	۱۷/۵۹	۳۲/۵۳	۱۴۹۱
سرخس	۰۸/۶۱	۳۲/۳۶	۲۳۵
نهبندان	۰۲/۶۰	۳۱/۳۲	۱۲۱۱
قائن	۱۱/۵۹	۳۳/۳۴	۱۴۳۲

لذا ایستگاه‌های که دارای آمار حداقل ۲۵ سال می‌باشند بر اساس جدول ۱ با طول دوره آماری ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۱ تعیین شد. سپس جهت اطمینان از صحت داده‌ها آزمون همگنی داده‌ها انجام شد. برای همگنی داده‌ها از روش گردشی حول میانگین یا ران – تست استفاده شده است. سنجه بارش یکی از مهم‌ترین عناصر جوی هست که برای شناسایی تغییر اقلیم توسط مراکز پژوهشی شناسایی تغییر اقلیم و پژوهشگران مختلف استفاده شده است. برای انجام این پژوهش از داده‌های روزانه بارش۱۴ ایستگاه مورد مطالعه در منطقه، طی بازه زمانی ۱۹۸۷/۱/۱ تا ۲۰۱۱/۱۲/۳۱ استفاده شد. بر اساس جدول ۲ با بررسی هر شاخص دو نمونه از روند شاخص-های صعودی و نزولی بر هر فرین حدی ذکر شده است.

جدول ۲: ویژگیهای شاخص‌های حدی بارش

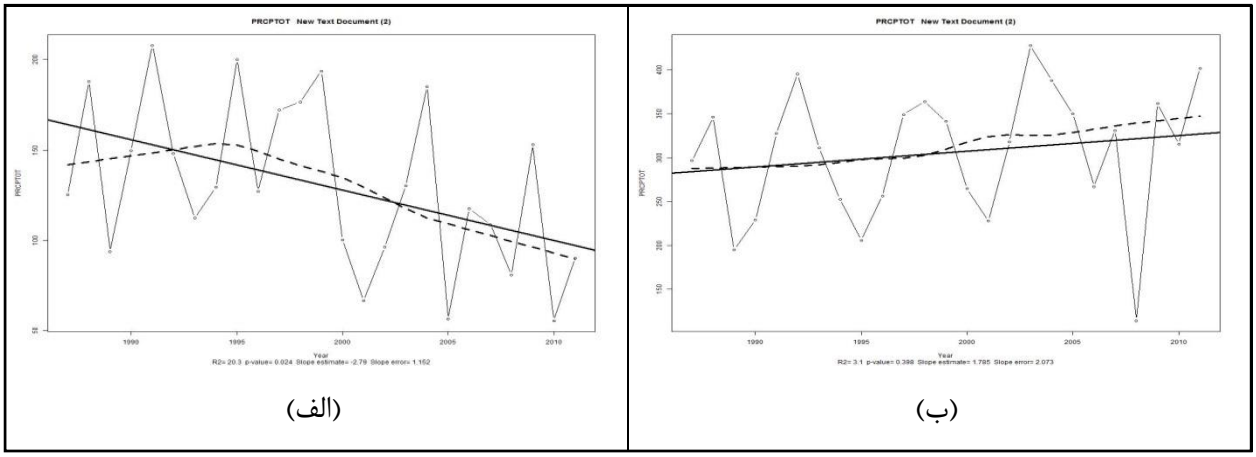
شناسه	نام شاخص	تعاریف
PRCPTOT	مجموع سالانه بارش روزهای مرطوب	مجموع سالانه بارش در روزهای مرطوب (بارش۱میلیمتر و بیشتر
R10	تعداد روزهای دارای بارش سنگین	تعداد روزهای دارای بارش ۱۰ میلیمتر و بیشتر در سال
R20	تعداد روزهای دارای بارش خیلی سنگین	تعداد روزهای دارایی بارش ۲۰ میلیمتر و بیشتر در سال
R95P	روزهای خیلی مرطوب	بیش از ۹۵ درصد از مجموع بارش سالانه
R99P	روزهای بی نهایت مرطوب	بیش از ۹۹ درصد ازمجموع بارش سالانه
R25	تعداد روزهای دارای بارش بیش از ۲۵ میلیمتر	روزهای دارای بارش بیش از ۲۵ میلیمتر
RX1day	حداکثر بارش روزانه	حداکثر بارش روزانه در ماه
RX5day	مقدار حداکثر بارش ۵روز متوالی	حداکثر بارش ۵روز متوالی در ماه
SDII	شاخص ساده شدت بارش روزانه	مجموع بارش ماهانه تقسیم بر روزهای مرطوب دارای بارش ۱ میلیمتر و بیشتر
CWD	روزهای مرطوب متوالی	تعداد روزهای متوالی دارای بارش ۱ میلیمتر و بیشتر
CDD	روزهای خشک متوالی	تعداد روزهای متوالی دارای بارش کمتر از ۱ میلیمتر

نتایج و بحث

۱- شاخص مجموع سالانه بارش روزهای مرطوب (PRCPTOT)

پارامترهای مختلف اقلیمی از جمله بارش در یک محل، جزء عواملی می‌باشد که بر اقلیم آن منطقه تاثیرگذار می‌باشد. با توجه به محدودیت منابع آبی، ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر میزان بارندگی می‌تواند مبنای در جهت پیشگیری از شرایط بحرانی در مدیریت آتی منابع آب باشد. بیشترین میزان شاخص مجموع سالانه بارش روزهای مرطوب در طی دوره آماری مورد مطالعه در ایستگاه‌های نهبندان (۳۰۲,۳ میلیمتر)، بیرجند (۲۵۰,۶ میلیمتر)، طبس (۱۸۸,۴ میلیمتر)، فردوس (۲۰۷,۸ میلیمتر)، گلمکان (۳۰۸,۵ میلیمتر) و گناباد (۲۱۸,۳ میلیمتر) در سال ۱۹۹۱، در ایستگاه‌های کاشمر (۲۸۷,۲ میلیمتر)، مشهد (۳۷۴,۹ میلیمتر) در سال ۱۹۹۲، ایستگاه تربت حیدریه (۳۷۱ میلیمتر) در سال ۱۹۹۶، ایستگاه سرخس (۲۵۶,۳ میلیمتر) در سال ۱۹۹۸، ایستگاه بجنورد (۳۶۳ میلیمتر) و قوچان (۴۲۷,۶ میلیمتر) در سال ۲۰۰۳ و ایستگاه سبزوار (۲۸۴,۷ میلیمتر) در سال ۲۰۱۱ مشاهده می‌شوند. بطور کلی بیشترین میزان شاخص را ایستگاه‌های قوچان و بجنورد و کمترین را ایستگاه طبس دارا می‌باشند. بر اساس جدول ۳ مقدار شاخص مجموع سالانه بارش روزهای مرطوب در ایستگاه‌های قوچان با شیب ۱,۷۸۵ و ایستگاه بجنورد با شیب ۰,۴۱۴ روند افزایشی داشته در الباقی ایستگاه‌ها مقدار این شاخص کاهش یافته است. بیشترین کاهش در ایستگاه‌های تربت حیدریه (شیب ۳,۸۲-)،

ایستگاه گناباد (شیب ۳,۳۶۳-) و ایستگاه‌های قائن و فردوس (شیب ۲,۷۹-) مشاهده می‌شود (شکل ۱).

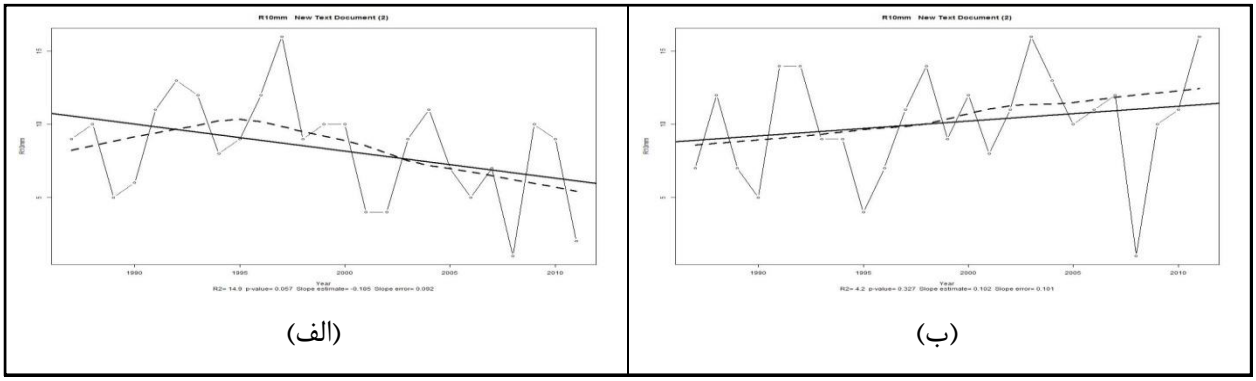


(الف) (ب)

شکل ۱: نمودار شاخص PRCPTOT برای ایستگاه‌های فردوس (الف) و قوچان (ب)

۲- شاخص تعداد روزهای دارای بارش سنگین (R10)

در دوره آماری ۲۵ ساله، سال‌های ۱۹۹۱، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۳ به ترتیب با ۱۰۸، ۱۲۸ و ۱۰۱ روز دارای بیشترین فراوانی، می‌باشند. در میان ایستگاه‌ها هم ایستگاه قوچان با ۲۵۳ روز و ایستگاه تربت حیدریه ۲۰۹ روز مرطوبترین ایستگاه‌ها هستند بر اساس جدول ۲ مقدار شاخص تعداد روزهای دارای بارش سنگین ۱۰ میلیمتر و بیشتر در ایستگاه‌های قوچان با شیب ۰,۱۰۲، ایستگاه بجنورد با شیب ۰,۰۳۸ و ایستگاه سرخس با شیب ۰,۰۱۷ روند افزایشی داشته در الباقی ایستگاه‌های مقدار این شاخص کاهش یافته است. بیشترین کاهش در ایستگاه‌های تربت حیدریه (شیب ۰,۱۸۵-) و ایستگاه مشهد (شیب ۰,۱۴۲-) مشاهده می‌شود (شکل ۲). در طی ۲۵ سال اخیر شاخص تعداد روزهای دارای بارش سنگین بر اساس شکل ۲ (ب) در مناطق شمالی منطقه، روند افزایشی و دیگر نقاط روند کاهشی، مشاهده می‌شود.

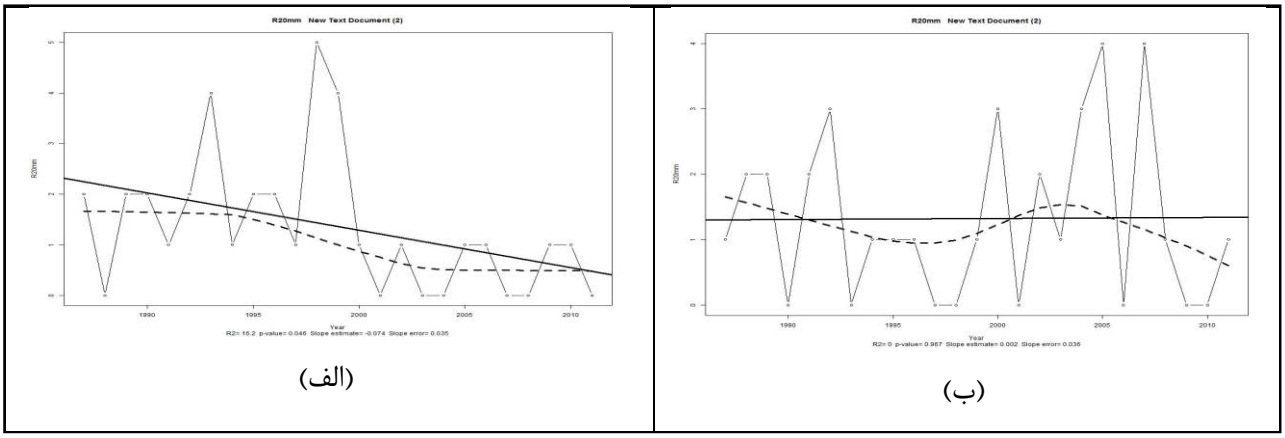


(الف) (ب)

شکل ۲: نمودار شاخص R10 ایستگاههای تربت حیدریه (الف) و قوچان (ب)

۳- شاخص تعداد روزهای دارای بارش خیلی سنگین (R20)

این نمایه که فراوانی روزهای با بارش خیلی سنگین را نشان می‌دهد و افزایش آن غالباً در جهت پیامدهای افزایش گازهای گلخانه‌ای است (فریچ و همکاران ،۲۰۰۲)، در قسمت اعظم منطقه با روند شیب کاهشی همراه می‌باشد. در طی دوره آماری ایستگاه تربت حیدریه ۵۸ روز و ایستگاه قوچان با ۴۶ روز بارش ابر سنگین، بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند. بالا بودن بارش‌های ابر سنگین در تربت‌حیدریه به دلیل محل عبور سیکلون‌های مدیترانه‌ای در این قسمت می‌باشد و ایستگاه قوچان هم به علت عرض جغرافیائی بالا، ارتفاع زیاد و وجود رطوبت کافی در بیشتر ایام سال موجب ایجاد ناپایداری های محلی می‌شود. (شکل ۳)کمترین میزان بارش‌های ابر سنگین در ایستگاه طبس با ۶ و فردوس با ۱۷ روز مشاهده می‌شود. بر اساس شکل ۵ (ج) روند افزایشی بارش‌های ابر سنگین در منطقه به دو قسمت تقسیم می‌شود ۱) جنوب منطقه در این قسمت فقط ایستگاه بیرجند روند افزایشی دارد ۲) شمال منطقه در این قسمت ایستگاه‌های سبزوار، قوچان، بجنورد و گلمکان دارای روند افزایشی هستند.

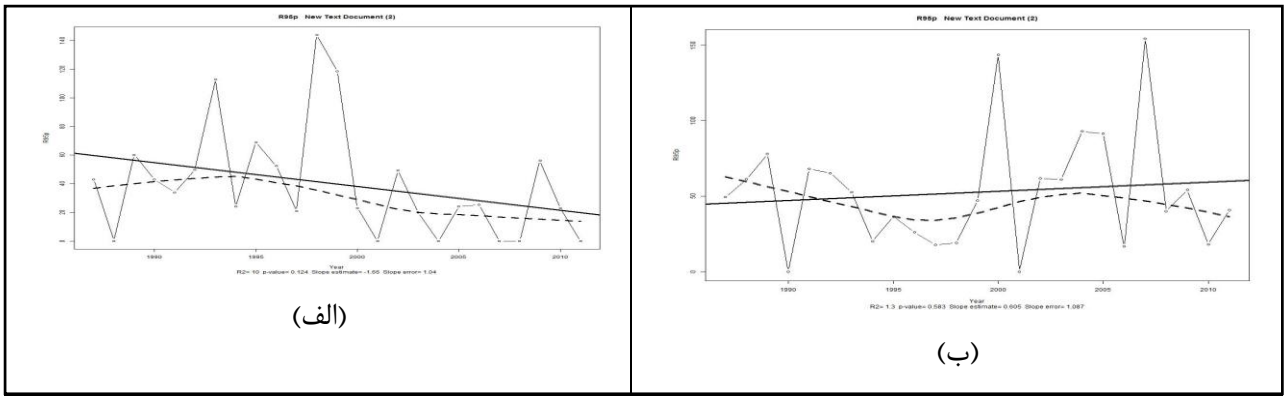


(الف) (ب)

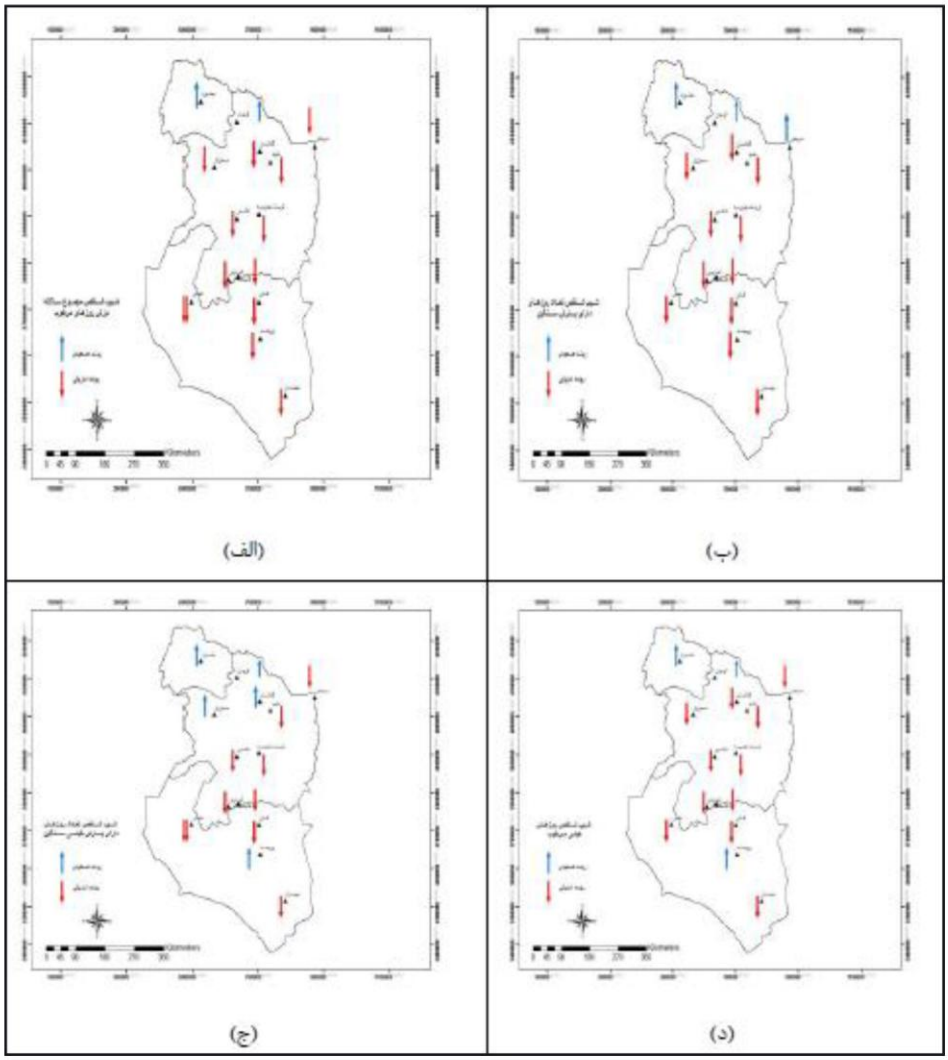
شکل ۳: نمودار شاخص R20 ایستگاههای کاشمر(الف) و بجنورد (ب)

۴- شاخص روزهای خیلی مرطوب ($R95_P$)

با توجه به آنکه نمایه‌های $R95_P$ و$R99$ بر اساس مقایسه بارش‌های شدید روزانه با صدک‌های ۹۵ ام و ۹۹ ام همان ایستگاه می‌باشد، تفسیر آنها در مقایسه با نمایه‌های با آستانه ثابت مانند R20mm، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد شد. با توجه به میزان بارش بیشتر در ایستگاه‌های شمالی منطقه، بدیهی است در صورت رخداد بارش‌های بالاتر از صدک‌های ۹۵ ام و ۹۹ ام در یک سال معین جمع مقادیر آنها بالا خواهد بود. بر اساس این نمایه، سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۱ به ترتیب با متوسط بارش ۹,۷، ۶ ، ۶ و ۱۲,۷ میلیمتر خشکترین سالها در بین دوره آماری بوده‌اند. در این میان ایستگاه‌ها، قوچان، بجنورد و بیرجند دارای روزهای خیلی مرطوبی هستند. (شکل ۴) بر اساس جدول ۳ بیشترین روند کاهشی را از نظر شاخص $R95_P$ ایستگاه‌های قائن، کاشمر، سرخس، گناباد و فردوس به ترتیب با شیب ۱,۶۷۵-، ۱,۶۶-، ۱,۲۸۳ -، ۱,۱۵۵- و ۱,۱۴۶- تجربه کرده‌اند. بنابراین خشکترین مناطق از نظر این شاخص، قسمت‌های مرکزی منطقه می‌باشد (شکل ۵ د).



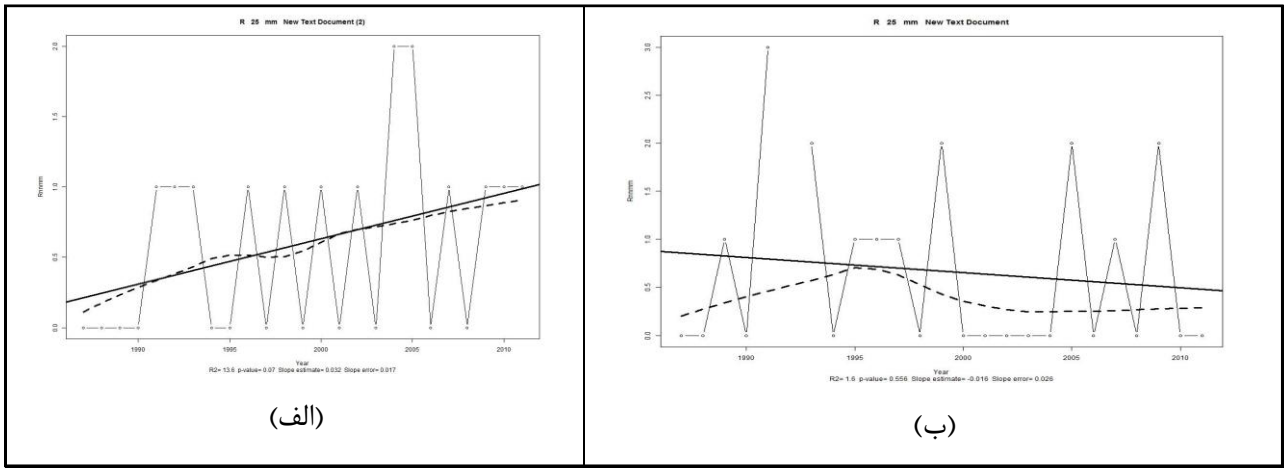
شکل ۴: نمودار شاخص $R95_P$ ایستگاه‌های کاشمر (الف) و بجنورد (ب)



شکل ۵: نقشه‌های شاخص‌های PRCPTOT الف، R10 ب، R20 ج، R95 د

۵- شاخص تعداد روزهای دارای بارش بیش از ۲۵ میلیمتر (R25)

بر خلاف شاخص‌های دیگر که ایستگاه قوچان دارای بیشترین فراوانی بود، در این شاخص بیشترین فراوانی با وجود روند منفی، ایستگاه‌های تربت حیدریه و مشهد با ۲۹ و ۲۰ روز دارا می‌باشند. و کمترین مقدار متعلق به ایستگاه طبس با ۲ روز بارش بیش از ۲۵ میلیمتر می‌باشد. بطور کلی در این شاخص ایستگاه‌های قوچان، گناباد و گلمکان دارای روند مثبت و الباقی ایستگاه‌ها دارای روند منفی هستند (شکل۶). لذا قسمت‌های مرکزی منطقه از روند تغییرات منفی در بارش بیش از ۲۵ میلی متر برخوردار می‌باشند (شکل ۱۰ الف).

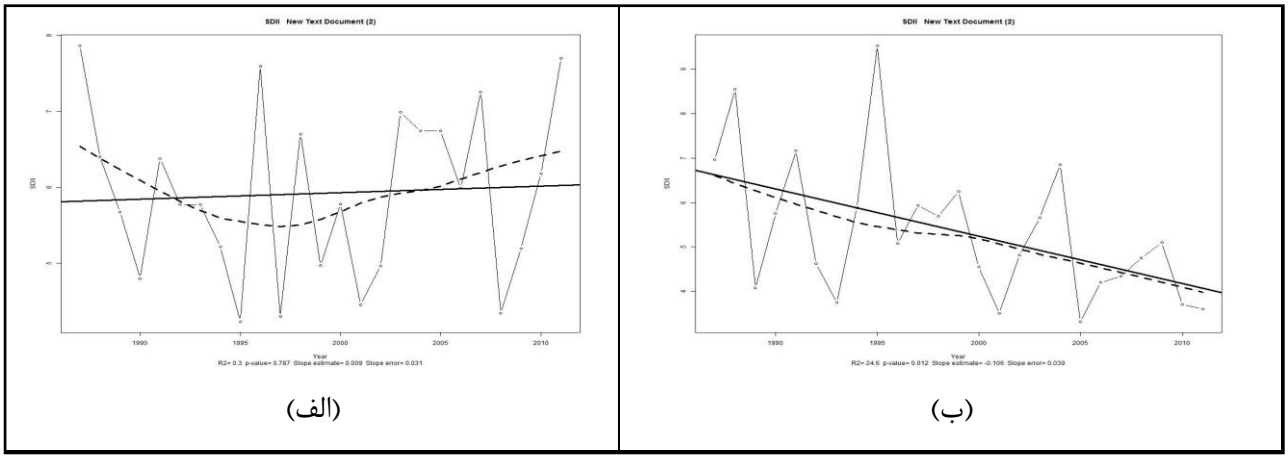


(الف) (ب)

شکل ۶: نمودار شاخص R25 ایستگاه‌های قوچان (الف) و نهبندان (ب)

۶- شاخص ساده شدت بارش روزانه (SDII)

متوسط این نمایه در تمامی ایستگاه‌ها از ۵ تا ۶,۸ میلیمتر ادامه دارد. و تفاوت دامنه‌ای نمایه در بین ایستگاه‌ها مشاهده نمی‌شود. با این وجود ایستگاه‌های سبزوار، سرخس، بجنورد و قوچان دارای روند مثبت و الباقی ایستگاه‌ها دارای روند منفی هستند. لذا به جزء قسمت‌های شمالی منطقه، دیگر مناطق از روند کاهشی در مقدار این نمایه برخوردار می‌باشند (شکل ۷ ب).

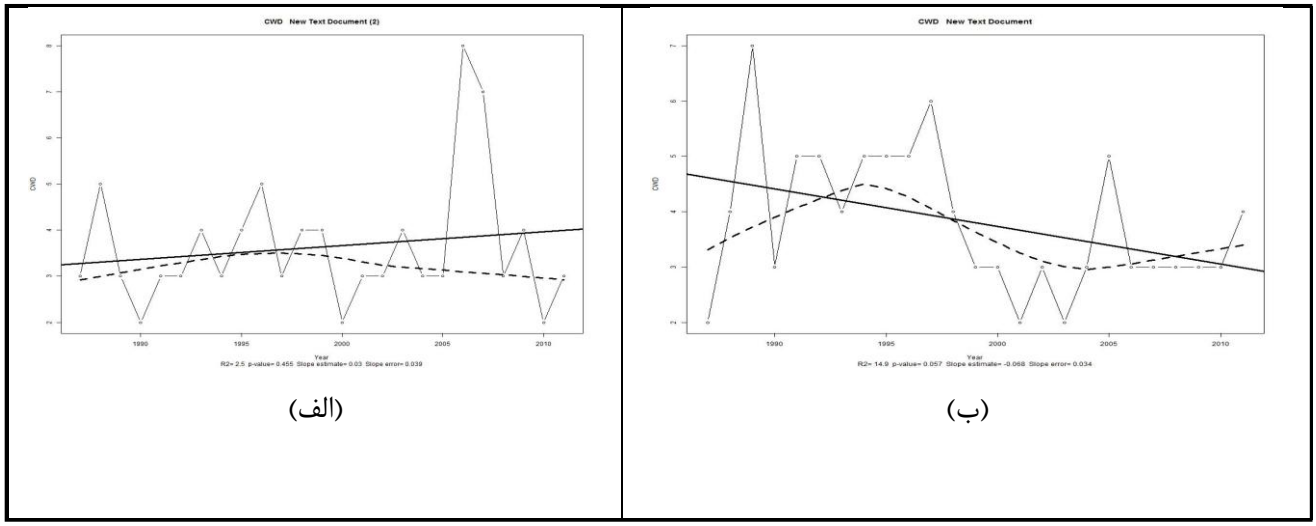


(الف) (ب)

شکل ۷: نمودار شاخص SDII ایستگاههای سبزوار (الف) و فردوس(ب)

۷- شاخص روزهای مرطوب متوالی (CWD)

در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، به طور کلی میزان این نمایه در ایستگاه‌های شمالی منطقه با وجود شیب منفی (جدول ۳)، بیشتر می‌باشد. بیشترین تعداد روزهای متوالی بارش بیش از یک میلیمتر متعلق به ایستگاه‌های بجنورد، قوچان و کاشمر با تعداد ۸ روز و ایستگاه‌های فردوس و طبس با ۴ روز توالی، کمترین این نمایه را دارند. (شکل ۸) بطور کلی روند و شیب این شاخص در سطح منطقه غیر از ایستگاه کاشمر در دیگر ایستگاه‌ها منفی می‌باشد. در میان ایستگاه‌ها، مشهد با شیب ۰,۰۹۲- بیشترین روند کاهشی را دارد (شکل ۱۰ ج).

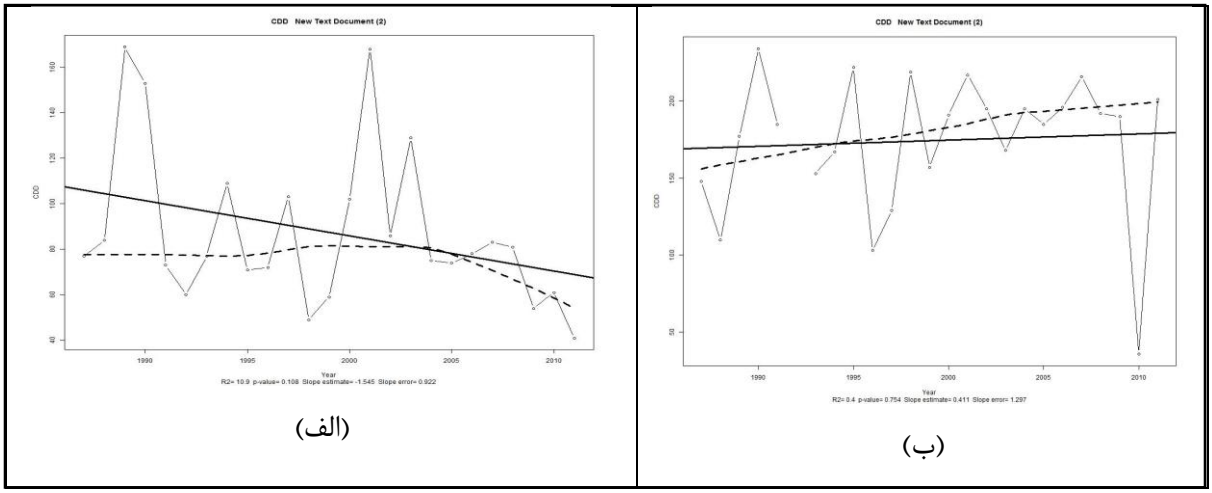


(الف) (ب)

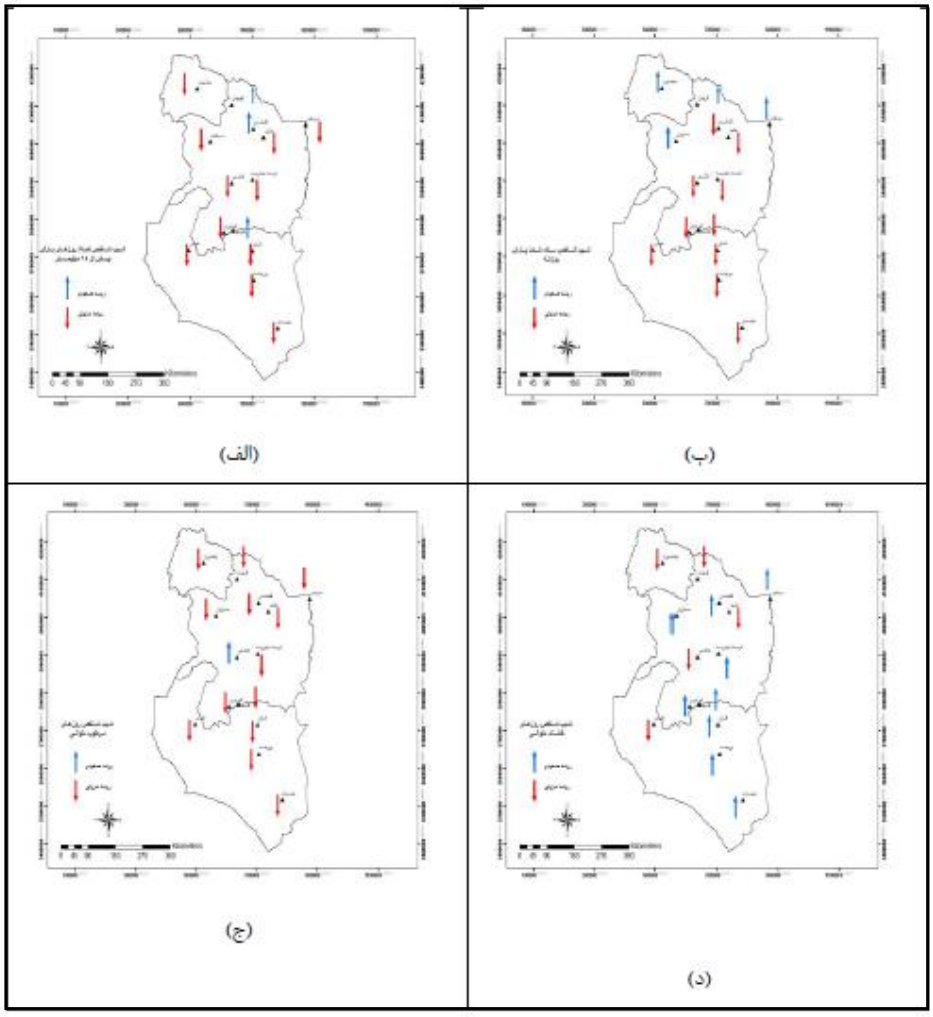
شکل ۸: نمودار شاخص CWD ایستگاه‌های کاشمر (الف) و بیرجند (ب)

۸- شاخص روزهای خشک متوالی (CDD)

با توجه به شرایط ویژه خراسان از دیده‌گاه اقلیم شناسی و ضرورت پرداختن به فعالیت‌های کشاورزی و مرتبط به آن و نقش حیاتی آب به عنوان مهمترین فعالیت‌های عمرانی و آبادانی، شناسایی دوره‌های خشک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چرا که تداوم دوره‌های خشک، منجر به ایجاد خشکسالی که در نتیجه آن کمبود آب، نابودی گیاهان، کم شدن جریان آب، کاهش عمق آب-های سطحی و خاک مرطوب را در پی دارد. بیشترین روزهای خشک متوالی در ایستگاه‌های فردوس و طبس بطور متوسط با ۲۰۱ و ۱۹۱ روز در سال مشاهده می-شود. ایستگاه بجنورد با ۷۷ روز کمترین مقدار را در بین ایستگاه‌ها دارا می‌باشد. بطور کلی ایستگاه‌های گلمکان، تربت حیدریه، سبزوار، سرخس، قائن، نهبندان، فردوس، گناباد و بیرجند دارای روند افزایشی در روزهای خشک متوالی می‌باشد، به عبارت دیگر این ایستگاه‌ها خشک‌تر می‌شوند. در مقابل ایستگاه‌های طبس، قوچان، بجنورد، مشهد و کاشمر روند کاهشی در مقدار این نمایه دارا می‌باشند. (شکل ۹) لذا قسمت‌های جنوبی منطقه بر اساس این نمایه شاهد شرایط اقلیمی خشکتری در آینده می‌باشند (شکل ۱۰ د).



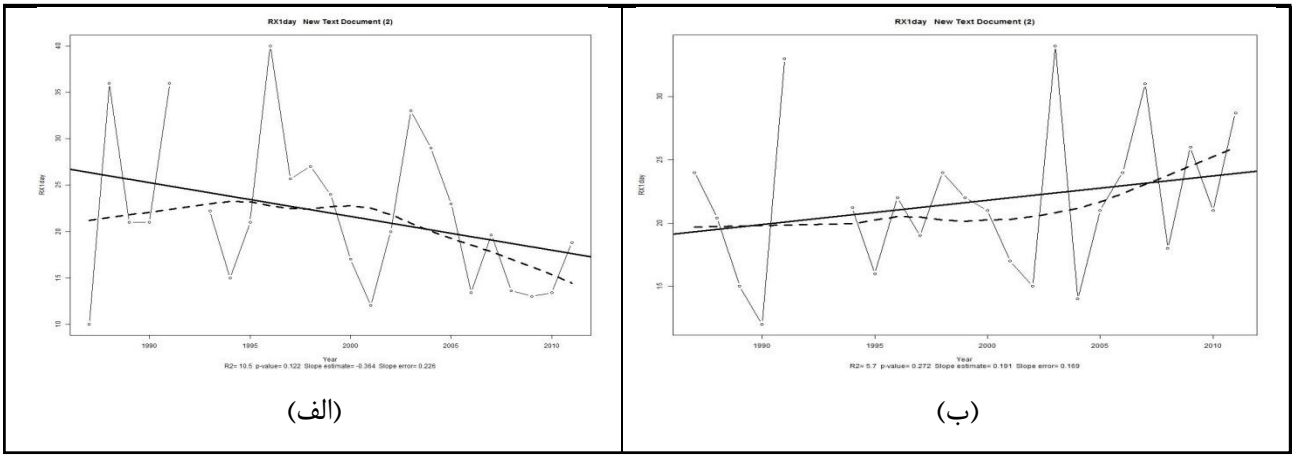
شکل ۹: نمودار شاخص CDD ایستگاه‌های قوچان (الف) و قائن (ب)



شکل ۱۰: نقشه‌های شاخص‌های R25 الف، SDI ب، CWD ج، CDD د

۹- شاخص حداکثر بارش روزانه (RX1day)

اگر در یک ایستگاه آمار بارش‌های روزانه را در نظر بگیریم یک روز در طول سال وجود خواهد داشت که مقدار بارندگی آن از بارندگی بقیه روزهای سال بیشتر است که آن حداکثر بارش۲۴ ساعته در آن سال می‌نامیم. بارندگی‌های شدید و رگباری به دلیل اثرات مخرب و زیانبارشان بر طبیعت لازمست مورد بررسی دقیق قرار گیرند و در مدت زمان برنامه ریزی برای امور مختلف کشاورزی، عمرانی و غیره بایستی از لحاظ شدت و مدت فراوانی کاملا مورد توجه باشند. بر اساس جدول ۳ روند-های شاخص حداکثر بارش روزانه در ۱۱ ایستگاه روند کاهشی و ۳ ایستگاه روند افزایشی می‌باشد. روندهای کاهشی ایستگاه‌های سرخس با شیب (۰,۵۱۱-)، کاشمر با شیب (۰,۴۵۴-) و فردوس با شیب (۰,۳۸۸-) از همه بیشتر است و روندهای افزایشی به ترتیب در ایستگاه‌های قوچان، گلمکان و سبزوار مشاهده می‌شود. (شکل ۱۱) لذا شدیدترین روندهای کاهشی در قسمت شرقی و روند-های افزایشی در قسمت شمالی منطقه مشاهده می‌شود (شکل ۱۴ الف).

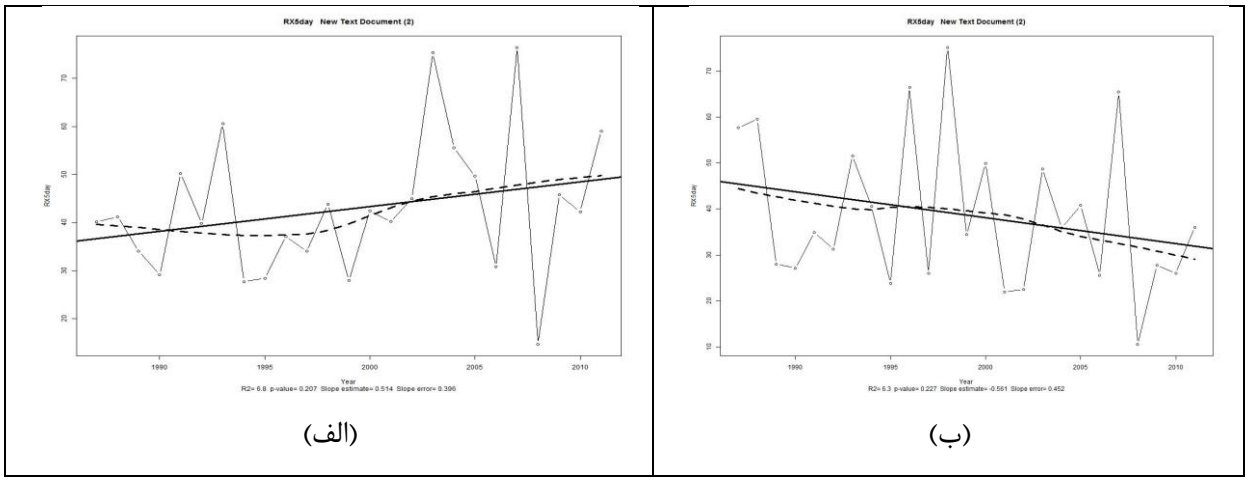


(الف) (ب)

شکل ۱۱: نمودار شاخص RX1day ایستگاه‌های قائن (الف) و گلمکان (ب)

۱۰- شاخص حداکثر بارش ۵ روز متوالی (RX5day)

این نمایه بیانگر تداوم فعالیت سامانه‌های بارانزا و یا ناپایداری در دوره‌های چند روزه است. با توجه به اهمیت بارش به ویژه در تامین منابع آب منطقه بررسی نقش تداوم‌های بارش در تامین آن ضروری می‌باشد. بنابراین فهم اینکه هر تداوم بارش، چه سهمی از روزهای بارش و مقدار بارش خراسان را تولید می‌نماید ضروری است. ویژگی‌های شاخص (RX5day) در منطقه به دو روند کاهشی و افزایشی تقسیم می‌شود. (شکل۱۲) روندهای کاهشی به ترتیب شدت در ایستگاه‌های مشهد، سرخس، کاشمر، سبزوار، تربت حیدریه، نهبندان، بیرجند، فردوس، قائن، گناباد، طبس و همچنین روندهای افزایشی در ایستگاه‌های قوچان با شیب (۰,۵۱۴)، گلمکان (۰,۰۱۶)، بجنورد (۰,۰۱۴) مشاهده می‌شوند (جدول ۳، شکل ۱۴ ب).

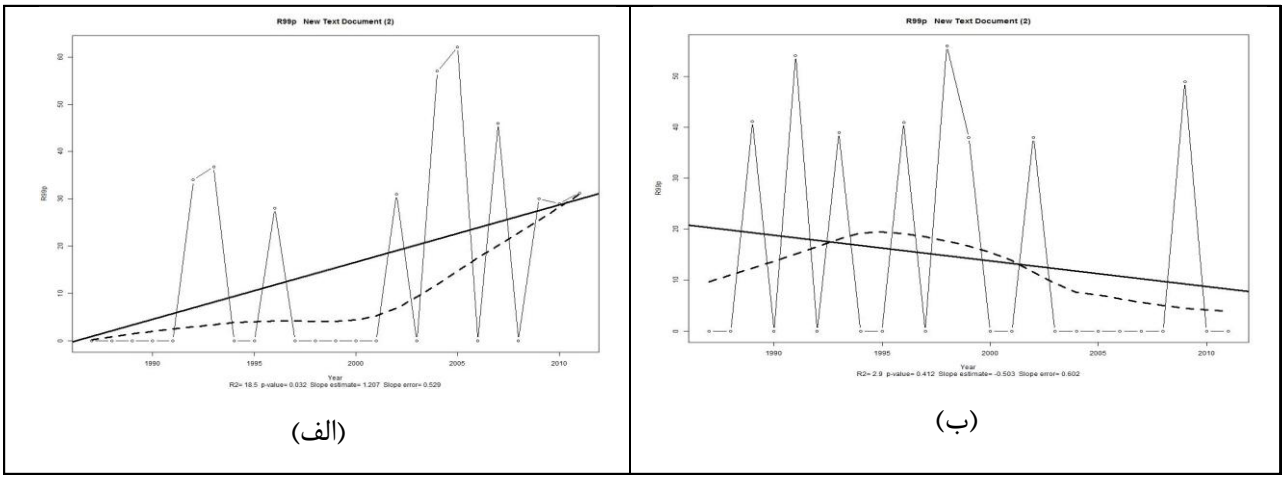


(الف) (ب)

شکل ۱۲: نمودار شاخص RX5day ایستگاه‌های قوچان (الف) و سبزوار (ب)

۱۱- شاخص روزهای بی نهایت مرطوب ($R99_P$)

روزهای فوق‌العاده تر با جمع بارش‌های روزانه بالاتر از صدک ۹۹ ام بیان می‌شود و تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در طی یک تا چند سال، میزان صفر را برای این نمایه تجربه کرده‌اند. این شاخص در ایستگاه‌های نهبندان و مشهد در ۲۵ سال آمار، جمعاً ۴ و ۳ سال مشاهده می‌شود. لذا از نظر شاخص ($R99_P$) بسیار فقیر می‌باشند. درصورتیکه در ایستگاه قوچان به عنوان مرطوب‌ترین ایستگاه، شاخص ($R99_P$)، ۱۰ سال مشاهده می‌شود. (شکل ۱۳) از ۱۴ ایستگاه موجود ۱۱ ایستگاه دارای روند منفی هستند، در این میان ایستگاه‌های مشهد، سرخس و بجنورد به ترتیب با شیب‌های ۱٫۲۰۸-، ۰٫۸۷۳- و ۰٫۶۶۱- دارای بیشترین روند کاهشی می‌باشند. لذا قسمت‌های شرق و غرب منطقه از روند کاهشی برخوردار هستند (شکل ۱۴ ج).

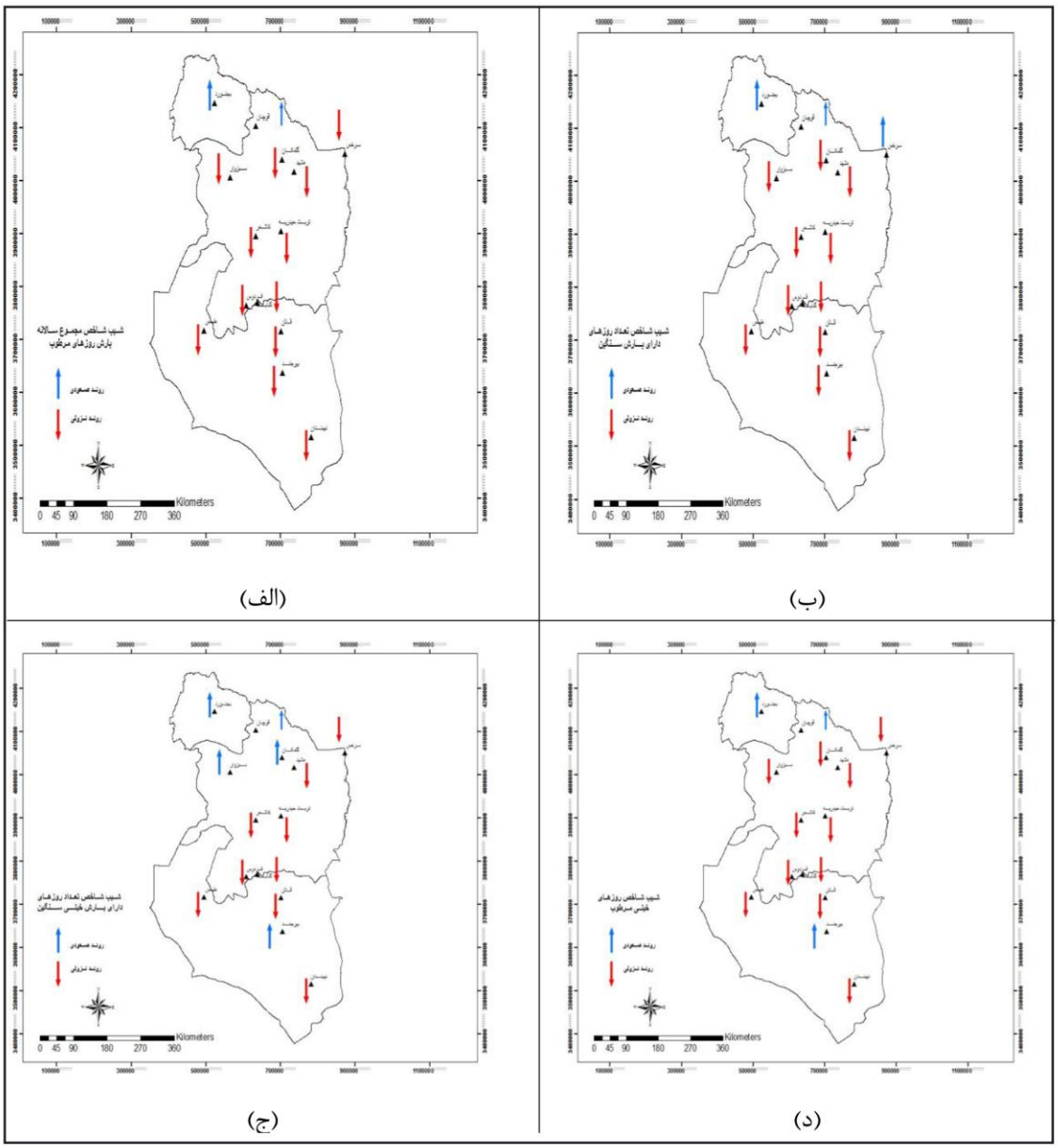


(الف) (ب)

شکل ۱۳: نمودار شاخص $R99_P$ ایستگاه‌های قوچان (الف) و تربت حیدریه (ب)

عبارتند از شاخص، R20mm ایستگاه‌های طبس، قائن و کاشمر، شاخص cwd در ایستگاه‌های بیرجند، سبزوار و مشهد، شاخص Rmm۱۰ ایستگاه‌های قوچان و تربت حیدریه، شاخص prcptot در ایستگاه‌های نهبندان و گناباد مشاهده می‌شود.

برای پی بردن به میزان معنی‌دار بودن شاخص‌ها، مقدار معنی داری آنها (P-value) شاخص‌ها در ایستگاه‌ها محاسبه شد. بر اساس جدول ۴ مشاهده می‌شود کلیه شاخص‌ها از سطح معنی‌داری قابل قبولی برخوردار می-باشند. بالاترین سطح معنی‌داری به ترتیب فراوانی



شکل ۱۴: نقشه‌های شاخص های RX1DAY الف، RX5DAY ب، R99 ج

جدول ۳: شیب شاخص های حدی بارش در دوره آماری ۲۰۱۱-۱۹۸۷(علامت منفی روند کاهش و علامت مثبت روند افزایشی)

ایستگاهها	rx1day	rx5day	sdii	r10mm	r20mm	R25mm	cdd	cwd	r95p	r99p	prcptot
سرخس	-۰/۵۱	-۱/۰	۰/۰۱	۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۴۱	-۰/۰۴	-۱/۲۸	-۰/۸۷	-۲/۱۹
کاشمر	-۰/۴۵	-۰/۵۸	-۰/۰۶	-۰/۱۰	-۰/۰۷	-۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۰۳	-۱/۶	-۰/۳۸	-۲/۷۳
فردوس	-۰/۳۸	-۰/۴	-۰/۱۰	-۰/۱۲	-۰/۰۴	-۰/۰۲	۰/۴۵	-۰/۰۱	-۱/۱۴	-۰/۳۵	-۲/۷
مشهد	-۰/۳۷	-۱/۱۷	-۰/۰۲	-۰/۱۴	-۰/۰۳	-۰/۰۲	-۰/۳۸	-۰/۰۹	-۰/۹۲	-۱/۲	-۲/۷
تربت‌حیدریه	-۰/۳۷	-۰/۵۳	-۰/۰۴	-۰/۱۸	-۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۲	-۰/۰۵	-۰/۹۲	-۰/۵۰	-۳/۸
قائن	-۰/۳۶	-۰/۳۹	-۰/۰۳	-۰/۰۵	-۰/۰۶۵	-۰/۰۲۶	۰/۴۱۱	-۰/۰۲۷	-۱/۶۷	-۰/۵۴	-۲/۷۹
گناباد	-۰/۳۴	-۰/۲۷	-۰/۰۵	-۰/۱۰	-۰/۰۳۵	۰/۰۱۲	۱/۰۷	-۰/۰۲۴	-۱/۱۵	۰/۱۳	-۳/۳۶
نهبندان	-۰/۲۶	-۰/۴۷	-۰/۰۳	-۰/۰۶	-۰/۰۱۱	-۰/۰۱۶	۰/۴۱۱	-۰/۰۰۳	-۰/۴۳	-۰/۲۳	-۲/۴۱
بجنورد	-۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳۸	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۸	-۰/۹۶	-۰/۰۳۸	۰/۶۰	-۰/۶۶	۰/۴۱۴
بیرجند	-۰/۱۶	-۰/۴۲	-۰/۰۰۴	-۰/۰۴۱	۰/۰۱۱	۰	۱/۴۷	-۰/۰۶۸	۰/۲۱۳	-/۰۹۸	-۲/۲۱
طبس	-۰/۱۳	-۰/۱۰	-۰/۰۲	-۰/۰۷۴	-۰/۰۲۳	-۰/۰۰۷	-۱/۹۱	-۰/۰۰۲	-۰/۶۳	-۰/۳۳	-۰/۵۸
سبزوار	۰/۰۱۱	-۰/۵۶	۰/۰۰۹	-۰/۰۷۹	۰/۰۱۲	-۰/۰۰۴	۰/۳۲	-۰/۰۵۲	-۰/۴۷	-۰/۲۶	-۱/۱۸
گلمکان	۰/۱۹	۰/۰۱۶	-۰/۰۲	-۰/۰۹۷	۰/۰۱۸	۰/۰۲۵	۰/۱۳۸	-/۰۰۵	-۰/۲۳	۰/۵۳	-۰/۶۴
قوچان	۰/۲۴	۰/۵۱۴	۰/۰۴	۰/۱۰۲	۰/۰۱۱	۰/۰۳۲	-۱/۵۴	-۰/۰۱	۱/۱۳	۱/۲	۱/۷۸

جدول ۴: میزان محاسبه معنی داری (P-value) شاخص های محاسبه شده در ایستگاههای مورد مطالعه

ایستگاهها	rx1day	rx5day	sdii	r10mm	r20mm	R25mm	cdd	cwd	r95p	r99p	Prcptot
نهبندان	۰/۴۷۶	۰/۴۷۲	۰/۵۵۸	۰/۳۲۱	۰/۷۷۷	۰/۵۵۶	۰/۸۲۶	۰/۹۲۴	۰/۶۵	۰/۷۳	۰/۲۱۷
بجنورد	۰/۴۸۶	۰/۹۶۵	۰/۵۴۴	۰/۶۸۱	۰/۹۶۷	۰/۷۵۶	۰/۱۹۲	۰/۲۳	۰/۵۸	۰/۳۹	۰/۸۲۴
بیرجند	۰/۴۶۵	۰/۱۴۶	۰/۸۸	۰/۵۱۶	۰/۶۷۹	۱	۰/۳۹	۰/۰۵۷	۰/۷۹	۰/۸۲	۰/۰۸۱
تربت حیدریه	۰/۲۵۴	۰/۳۷۱	۰/۲۶۷	۰/۰۵۷	۰/۴۸	۰/۴۴۹	۰/۸۵۵	۰/۱۳۷	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۰۹
سبزوار	۰/۹۵۸	۰/۲۲۷	۰/۷۸۷	۰/۳۵۶	۰/۶۴۱	۰/۸۳۵	۰/۷۴۷	۰/۰۸۹	۰/۵۸	۰/۶۵	۰/۴۸۹
سرخس	۰/۱۳۷	۰/۰۶۴	۰/۶۳۴	۰/۸۷۸	۰/۶۲۴	۰/۲۸۸	۰/۷۹	۰/۴۰۴	۰/۳۶	۰/۳	۰/۳۱۲
طبس	۰/۳۷۳	۰/۶۲۸	۰/۵۱۹	۰/۱۷۹	۰/۱۱۳	۰/۳۷۹	۰/۱۴۲	۰/۹۳	۰/۳۲	۰/۱۸	۰/۵۳۹
فردوس	۰/۱۶۴	۰/۲۹۱	۰/۰۱۲	۰/۰۶۶	۰/۱۸۳	۰/۲۷	۰/۷۴۲	۰/۲۳۳	۰/۱۹	۰/۵۳	۰/۰۲۴
مشهد	۰/۱۴۱	۰/۰۳۲	۰/۴	۰/۱۴	۰/۳۲۹	۰/۳۹۴	۰/۷۳	۰/۰۰۲	۰/۴۷	۰/۱۷	۰/۱۴۸

قائن	۰/۱۲۲	۰/۲	۰/۲۴	۰/۳۸۶	۰/۰۵	۰/۱۵۸	۰/۷۵۴	۰/۳	۰/۰۹	۰/۳۱	۰/۰۸۷
قوچان	۰/۲۳۶	۰/۲۰۷	۰/۱۸۴	۰/۳۲۷	۰/۷۷۴	۰/۰۷	۰/۱۰۸	۰/۶۷۶	۰/۲	۰/۰۳	۰/۳۹۸
کاشمر	۰/۰۸	۰/۲۱۶	۰/۰۵۱	۰/۰۷۲	۰/۰۴۶	۰/۳۶۶	۰/۸۶۳	۰/۴۵۵	۰/۱۲	۰/۵۲	۰/۰۷۴
گلمکان	۰/۲۷۲	۰/۹۶۸	۰/۴۲۳	۰/۲۳۸	۰/۵۸۶	۰/۱۰۴	۰/۸۹	۰/۸۸۶	۰/۸۴	۰/۲۷	۰/۶۸۸
گناباد	۰/۲۲۵	۰/۵۱۶	۰/۲۰۴	۰/۲۰۲	۰/۳۰۲	۰/۵۷۸	۰/۵۶۷	۰/۴۷۹	۰/۲	۰/۸	۰/۰۴

بنابراین با توجه به روند کاهشی نمایه‌های حدی بارش، در منطقه مورد مطالعه، تغییرات بارشی وسیعی را شاهد هستیم. از ۱۱ فرین بارش، ایستگاه‌های که دارای بیشترین شیب افزایش بارش در منطقه می‌باشند. عبارتند از:

قوچان
RX1DAY,RX5DAY,SDII,RT0mm,R20mm,R2)
(5mm,CDD,R95p ,R99p ,PRCPTOT
بجنورد
RX5DAY,SDII,R10mm,R20mm,CDD,R95p,P)
(RCPTOT
گلمکان
(RX1DAY,RX5DAY,R20mm,R25mm,R99p)
سبزوار (RX1DAY,SDII,R20mm)

و شیب روندهای کاهشی شاخص‌های حدی بارش (به ترتیب شدت کاهش) به شرح ذیل می‌باشد.

۱- شاخص روزهای خشک متوالی (CDD): بیرجند، گناباد، فردوس، سرخس، نهبندان، قائن، سبزوار، تربت حیدریه، گلمکان

۲- شاخص مجموع سالانه بارش روزهای مرطوب (PRCPTT): تربت حیدریه، گناباد، قائن، فردوس، مشهد، کاشمر، نهبندان، بیرجند، سرخس، سبزوار، گلمکان، طبس.

۳-شاخص روزهای بی‌نهایت مرطوب (R99p): مشهد، سرخس، بجنورد، قائن، تربت حیدریه، کاشمر، فردوس، طبس، سبزوار، نهبندان، بیرجند.

۴- شاخص روزهای خیلی مرطوب (R95p): قائن، کاشمر، سرخس، گناباد، فردوس، مشهد، تربت حیدریه، طبس، سبزوار، نهبندان، گلمکان.

۵- شاخص روزهای مرطوب متوالی (CWD): مشهد، بیرجند، سبزوار، تربت حیدریه، سرخس، بجنورد، قائن، گناباد، فردوس، قوچان، گلمکان، نهبندان، طبس.

۶- شاخص تعداد روزهای دارای بارش بیش از ۲۵ میلیمتر (R25mm): مشهد، قائن، تربت‌حیدریه، سرخس،کاشمر، فردوس، نهبندان، بجنورد، طبس، سبزوار.

۷- شاخص تعدد روزهای دارای بارش خیلی سنگین (R20): کاشمر، قائن، فردوس، مشهد، گناباد، تربت-حیدریه، سرخس، طبس، نهبندان.

۸- شاخص تعداد روزهای دارای بارش سنگین (R10): تربت‌حیدریه، مشهد، فردوس، کاشمر، گناباد، گلمکان، سبزوار، نهبندان، قائن، بیرجند.

۹- شاخص ساده شدت بارش روزانه (SDII): فردوس، کاشمر، گناباد، تربت‌حیدریه، قائن، نهبندان، مشهد، طبس، گلمکان، بیرجند.

۱۰- شاخص حداکثر بارش روزانه (RX1day): سرخس، کاشمر، فردوس، مشهد، تریت‌حیدریه، قائن، گناباد، نهبندان، بجنورد، بیرجند، طبس.

۱۱- شاخص مقدار حداکثر بارش ۵ روز متوالی (RX5day): مشهد، سرخس، کاشمر، سبزوار، تربت حیدریه، نهبندان، بیرجند، فردوس، قائن، گناباد، طبس.

بنابراین وجود روندهای منفی که باعث کاهش بارندگی و در نهایت تغییر اقلیم می‌شود می‌توان متاثر از روند گرم شدن جهانی و افزایش گازهای گلخانه‌ای و آلایندهای هوا، مخصوصاً به علت مصرف بالای انرژی‌های فسیلی دانست. با این وجود بی نظمی‌های در افزایش بارش در بعضی از نقاط منطقه که عموماً عرض‌های جغرافیایی بالا را شامل می‌شود، مشاهده می‌شود. لذا قسمت‌های شمالی منطقه بخاطر عرض جغرافیایی بالاتر، ارتفاع مناسب و نزدیکی به پهنه‌های آبی درچار تغییرپذیری اقلیمی کمتری نسبت به عرض‌های جغرافیایی پایین تر می-باشند.

نتیجه گیری:

بر اساس نقشه‌های شاخص‌های حدی بارش، منطقه خراسان تغییرات بارشی فاحشی را در ۲۵ سال اخیر تجربه کرده است و در آینده این تغییرات دوچندان خواهد شد. به غیر از قسمت‌های محدودی از شمال خراسان در تمامی موارد، شاخص‌های حدی روند نزولی را دنبال می‌کنند. روندهای کاهشی در منطقه درصدهای بالایی را نشان می‌دهند و در بین شاخص‌ها، در مرتبه اول: شاخص روزهای مرطوب متوالی (CWD) با ۹۲,۹ درصد، شاخص مجموع سالانه بارش روزهای مرطوب (PRCPTOT) با ۸۵,۷ درصد ، بیشترین درصد کاهشی را نشان می‌دهند. و در مرتبه دوم شاخص‌های حداکثر بارش روزانه، حداکثر بارش ۵ روز متوالی، روزهای دارای بارش سنگین، روزهای خیلی مرطوب و روزهای بی نهایت مرطوب با ۷۸/۶ درصد و شاخص ساده شدت بارش روزانه با ۷۱/۴ درصد روند کاهشی مشاهده می‌شود. از لحاظ شدت تغییرات بارشی در ایستگاه‌ها، ایستگاه‌های فردوس، تربت‌حیدریه، قائن و نهبندان ۱۰۰ درصد و ایستگاه‌های بیرجند، طبس، گناباد، مشهد و کاشمر بیش از ۹۰ درصد درچار تغییرات بارشی شده‌اند. در این میان ایستگاه‌های محدودی از جمله قوچان (۱۰ شاخص)، بجنورد (۷شاخص)، گلمکان (۵ شاخص)، سبزوار (۳شاخص) در تعدادی از نمایه‌های حدی بارش روند افزایشی را نشان می‌دهند. بنابراین با توجه به روندهای کاهشی و افزایشی شاخص‌ها و ویژگی‌های ایستگاه‌ها (توپوگرافی، ارتفاع، فاصله از منابع رطوبتی و ...) می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که عامل عرض جغرافیایی نسبت به عامل ارتفاع در تغییر اقلیم منطقه بارزتر می‌باشد. چرا که ایستگاه‌های که در عرض‌های جغرافیائی بالاتر واقع شده-اند (بجنورد، قوچان، گلمکان) در تعدادی از نمایه‌های حدی بارش روند افزایشی را از خود نشان می‌دهند. این در حالیست که ارتفاع زیاد ایستگاه‌های که در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر نسبت به ایستگاه‌های که در عرض-های بالاتر گسترش یافته‌اند (فردوس، قائن، تربت-حیدریه، بیرجند، کاشمر، گناباد) نتوانسته است روندهای افزایشی، در میان شاخص‌های حدی بارش را به نمایش بگذارد. لذا اینگونه ایستگاه‌ها تقریباً در تمامی شاخص‌ها درچار روندهای کاهشی در مقدار بارش می‌باشند.

منابع:

-خورشید دوست، ع.، زنگنه، سعید. و زراعی، یوسف.،۱۳۹۲. تحلیل و بررسی روند شاخص‌های حدی دما و بارش بر اساس سری‌های زمانی روزانه ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه در دوره آماری ۴۸ ساله (۲۰۰۹-۱۹۶۱)، سی دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین المللی تخصص علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدن، ص ۱-۷.

-دارند، م.، ۱۳۹۳. واکاوی تغییرات حدی بارش و دما در ارومیه به عنوان نشانه‌هایی از تغییر اقلیم، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد ۲۱، شماره دوم، ص ۱-۲۸.

- شکیبا، ع. و پیشداد، ا.، ۱۳۸۹. تحلیل روند تغییرات شاخص‌های حدی دمای روزانه در سمنان طی دهه‌های ۲۰۰۶-۱۹۶۵، پژوهش‌های دانش زمین، دوره۱، شماره۴، ص۱-۱۵.

-Kiely, G., 1999. Climate change in Ireland from precipitation and streamflow observations: Advances in Water Resource, v. 23, p. 141-151.

-IPCC., 2007. Fourth assessment report climate change: Paris, http: //www.IPCC.ch. J. Am. Stat. Assoc, v. 74, p. 365-367.

-Smith, S. M., 2003. Assessing drought-relate ecological risk in the Florida Everglades: journal of Enviromental Management, v. 68(4), p. 360-535.

-Stewart, I.T., Cayan, D.R. and Dettinger, M.D., 2004. Changes in snowmelt runoff timing in western north america under Business as usual climate change scenario: Climate Change Journal, v. 62, p. 217-232

-Rusticucci, M. and Renom, M., 2008. Variability and trends in indices of quality-controlled daily temperature extremes in Uruguay: international journal climate change., v. 28, p.1083-1095.

-Todisco, F. and Vergni, L., 2008. Climatic changes in central Italy and their potential effects on corn water consumption: Agric For Meteorol, v. 148, p. 1–11.

-Mahsafar, H., Maknoon, R. and Saghafian, B., 2011. The Impact of Climate Change on Urmia Lake Water Level: Iran Water Resources Research, v. 7, p. 47-58.

-شکیبا، ع.، خلیلی، ع. و دشت بزرگی، آ.، ۱۳۸۸. تحلیل روند تغییرات دمایی شهرستان اهواز بر اساس شاخص-های حدی، فصلنامه چشم انداز جغرافیایی، سال چهارم، شماره۸، ص۹۹-۱۲۶.

-Elagib, N.A. and Mansell, M.G., 2000. Recent Trends and Anomalies in Mean Seasonal and Temperature Over Sudan, J. Arid Environ,v. 45, p. 263-288.

-Burns, D. A., Klaus, J. and McHale, M. R., 2007. Recent climate trends and implications for water resources in the Catskill Mountain region: New York, USA. J. Hydrology, v. 336, p. 155-170.

-Changchun X. Ch., Yaning, L., Weihong and Ch Hongtao, Y, Ge., 2007. Potential impact of climate change on snow cover area in the Tarim River basin: Journal of Environmental Geology, v. 53(7), p. 1465-1474.

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

-Kayano, Mt. B., Rahmanda, R. V. and Moura, A.D., 1998. Tropical circulations and the associated rainfall anomalies during two contrasting years: journal of climatology, v. 8 (5), p. 477-488.

-Krishnamurthy, V. and Shukla, J., 1999. Intra seasonal and intramural variability of rain fall over India center for Ocean-Land: Atmopher studie. P. 233-251.