

بررسی تغییرات شاخص‌های حدی هواشناسی در استان خراسان رضوی

مریم عرفانیان^{۱*}، حسین انصاری^۲، امین علیزاده^۳، محمد بنایان اول^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۲۱

چکیده

در سال‌های اخیر بررسی پارامترهای حدی هواشناسی که دارای خسارت‌های زیاد اقتصادی، اجتماعی و مالی زیادی می‌باشند، در دنیا اهمیت زیادی پیدا کرده است. در اکثر مطالعات قبلی صورت گرفته، توجه محققان به بررسی متوسط پارامترهای هواشناسی در طول دوره آماری معطوف بوده است، لذا تحقیق چندانی در خصوص وقوع پارامترهای حدی، که دارای تأثیر بیش‌تر و خسارت بارت‌تری بر بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی هستند، صورت نگرفته است. این تحقیق با هدف بررسی روند وقوع شرایط حدی هواشناسی (پارامترهای حدی مربوط به بارش و دما) در استان خراسان رضوی و در سه ایستگاه مشهد، سبزوار و تربت حیدریه در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ به روش من-کندال صورت گرفته است. بر اساس نتایج حاصله مشخص می‌شود که به‌طور کلی در منطقه مورد مطالعه تعداد روزهای یخبندان، روزهای یخی و وقوع دوره‌های سرد کاهش یافته و بالعکس تعداد روزهای آفتابی، شب‌های حاره‌ای و نیز طول دوره گرم افزایش یافته است. این امر حاکی از آن است که به‌طور کلی در منطقه، دما دارای روند افزایشی بوده است. هم‌چنین شاخص‌های حدی بارش با نوسان بیش‌تر و عمدتاً با شیب کاهشی بسیار کم در منطقه دیده می‌شود. علاوه بر این با استفاده از آزمون نموداری من-کندال سال تغییر در روند هر کدام از پارامترها نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق می‌تواند در خصوص کاهش ریسک تولیدات کشاورزی و نیز محصول‌گزینی بهتر با توجه به چگونگی وقوع شرایط حدی در مناطق مختلف، مورد استفاده مسئولان قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: شرایط حدی هواشناسی، روند، من-کندال، استان خراسان رضوی

(al, 2012).

مقدمه

بر اساس گزارش سال ۲۰۱۳ سازمان هواشناسی جهانی مشخص شده است که دهه ۲۰۱۰-۲۰۰۱ به‌عنوان گرم‌ترین دهه از سال ۱۸۵۰، که اندازه‌گیری‌های دقیق هواشناسی آغاز شده است، بوده است. دمای متوسط جهانی در این دهه در حدود $۱۴/۴۷ \pm ۰/۱$ درجه سانتی‌گراد بوده که به میزان $۰/۴۷ \pm ۰/۱$ بیش‌تر از دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱ با متوسط ۱۴ درجه سانتی‌گراد و به‌میزان $۰/۲۱ \pm ۰/۱$ بالاتر از دهه ۲۰۰۰-۱۹۹۱ بوده است. علاوه بر این مشخص شده است که در طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۷۱ دما با نرخ $۰/۱۷$ درجه سانتی‌گراد در هر دهه افزایش داشته، در حالی که میزان افزایش دما در کل دوره ۲۰۱۰-۱۸۸۰ در حدود $۰/۰۶۲$ درجه سانتی‌گراد در هر دهه بوده است (WMO., 2013).

یکی از مباحث مهم در مطالعه تغییر اقلیم، بررسی رفتار وقایع حدی می‌باشد. امروزه ثابت شده است که تغییر در شدت و فراوانی وقایع حدی به مراتب اثر مخرب‌تری نسبت به تغییر در متوسط حالت اقلیمی بر روی سلامت انسان‌ها، واحدهای اجتماعی و سیستم‌های طبیعی خواهد داشت (Mearns., et al, 2001, Katz and Brown., 2004). بنابراین می‌بایست در یک نگاه منطقی به اقلیم و تغییرات آن علاوه بر مقادیر میانگین، مقادیر حدی و تغییرپذیری

میزان غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو از زمان قبل از دهه صنعتی تاکنون افزایش چشم‌گیری داشته است، به‌طوری که میزان این تغییرات از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۴ میلادی در حدود ۷۰٪ رشد نشان داده است. به‌طور قطع میزان فعالیت‌های انسانی یکی از علل اصلی گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی از سال ۱۹۷۰ تا کنون بوده است (Yang et al, 2012). در گزارشات هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم بیان شده است که اقلیم جهانی با نرخ $۰/۲$ درجه سانتی‌گراد در هر دهه گرم‌تر خواهد شد. حتی اگر میزان گازهای گلخانه‌ای در حد سال ۲۰۰۰ میلادی ثابت باقی بماند، باز هم دمای کلی زمین در حدود $۰/۱$ درجه سانتی‌گراد در هر دهه افزایش خواهد یافت (IPCC, 2007). این مطالب نشان‌دهنده این است که تغییر اقلیم کنونی و آینده به‌عنوان موضوعی بسیار مهم در علم اقلیم‌شناسی محسوب می‌شود (Yang et

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*- نویسنده مسئول: (Email: m_erfanian82@yahoo.com)

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.

تقوی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از تحلیل طیفی و خوشه‌بندی، منطقه‌بندی اقلیمی برای ۶۵ ایستگاه سینوپتیک کشور را ارائه کردند. نشانک‌های اقلیمی مورد استفاده، شامل حداکثر بارش ۲۴ ساعته ماهانه، دمای بیشینه و کمینه ماهانه و هم‌چنین سری زمانی داده‌های اقلیمی مربوط به دوره‌ی زمانی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۵ میلادی هستند. بر اساس نتایج ایشان ایستگاه‌های تربت حیدریه در یک منطقه اقلیمی و ایستگاه‌های سبزوار، سرخس و مشهد در یک رده اقلیمی دیگر قرار گرفته‌اند.

شیرمحمدی‌علی‌اکبرخانی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی عوامل تأثیرگذار بزرگ مقیاس بر روی بارش‌های حدی فصلی در چهار ایستگاه استان‌های خراسان رضوی و خراسان جنوبی پرداختند. نتایج همبستگی شاخص نوسان جنوبی (انسو) با وقایع حدی نشان داد که شاخص‌های بارش فصل بهار و پائیز بیش‌ترین همبستگی با وقفه یک ماهه و بارش فصل زمستان با وقفه یک سال دیده می‌شود.

از مطالب بالا قابل مشاهده است که در ایران و خصوصاً در استان خراسان رضوی، تعداد تحقیقات صورت گرفته جهت شناخت پارامترهای حدی هواشناسی بسیار ناچیز و انگشت شمار بوده است. لذا با توجه به تأثیر زیاد پارامترهای حدی هواشناسی بر بخش کشاورزی، این تحقیق به منظور بررسی وقوع این پارامترها در استان خراسان رضوی، که یکی از قطب‌های مهم کشاورزی ایران می‌باشد، صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

هدف از این تحقیق بررسی شاخص‌های حدی هواشناسی در استان خراسان رضوی می‌باشد. بدین منظور با توجه به جدیدترین پهنه‌بندی اقلیمی انجام شده توسط اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از ۲۰ عنصر اقلیمی ۱۴ ایستگاه داخل و خارج استان به روش کریجینگ و انجام تحلیل عاملی، مشخص شده است که کل استان به پنج ناحیه اقلیمی قابل تفکیک است. این نواحی در شکل ۱ آورده شده است.

با توجه به این پهنه‌بندی از هر ناحیه اقلیمی یک ایستگاه که دارای طول دوره آماری مناسبی باشد، انتخاب شد و مورد تجزیه و تحلیل شاخص‌های حدی قرار گرفت. مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده به شرح جدول (۱) می‌باشد.

با توجه به اینکه تنها ایستگاه‌های مشهد، سبزوار و تربت‌حیدریه دارای دوره آماری طولانی می‌باشند، جهت انجام این تحقیق از این ایستگاه‌ها استفاده شد.

عناصر مهم آن مثل بارش و دما مورد توجه قرار گیرد. این امر خصوصاً در بخش‌های منابع آب و کشاورزی که به طور مستقیم متأثر از این پدیده‌ها هستند بسیار لازم و ضروری می‌نماید.

به‌طورکلی یک حادثه حدی عبارت است از یک پدیده نادر که از دیدگاه آماری احتمال وقوع آن حادثه خیلی کم است. به عبارت دیگر، رویدادهای آب و هوایی حدی پدیده‌هایی هستند که از نظر فراوانی، کمیاب و درجه شدت بالایی دارند و در هنگام وقوع، روال معمول اکوسیستم و ساکنان منطقه را با تغییرات جدی روبه‌رو می‌کند و البته احتمال وقوع این رویدادها نیز به طور متوسط کم‌تر از ۵٪ تعریف شده است (Zhu and Toth., 2001). از جمله رویدادهای حدی می‌توان به موج‌های گرمایی و سرمای، سیل، خشکسالی، یخبندان، توفان‌های شدید، گردبادها و ... اشاره کرد.

این تعریف دربرگیرنده معانی مختلفی است. برای مثال می‌تواند مقادیر بالا و پائین صدک‌های (۵ و ۹۵) یا (۱۰ و ۹۰) یا به صورت مقادیر بالاتر از یک آستانه و یا تداوم یک شرایط ویژه تعریف شود (عسگری و همکاران، ۱۳۸۶). انتخاب نمایه‌های حدی جهت بررسی پدیده‌های حدی در رابطه با تغییرات اقلیمی و اثرات آن از نکات بسیار مهمی است که باید مورد توجه پژوهشگران قرار گیرد. پترسون و همکاران در سال ۲۰۰۱ به تعریف یک سری شاخص‌های حدی پرداختند که بتواند نمایه‌هایی از تغییر اقلیم با جنبه‌هایی از بروز و یا ادامه برخی از پدیده‌های مهم در کشاورزی مثل سیل یا خشکسالی را به سادگی نشان دهد.

در خصوص بررسی تغییرات شاخص‌های حدی مطالعات مختلفی صورت گرفته است. یکی از این مطالعات مربوط به هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم IPCC است که در سومین گزارش خود احتمال بیش‌تر وقوع بارش‌های حدی را به‌ویژه در عرض‌های جغرافیایی متوسط و بالا در اثر پدیده گرمایش جهانی ذکر می‌کند (IPCC., 2001).

در ایران رویکرد بررسی وقایع حدی هواشناسی بسیار محدود بوده که به چند نمونه در زیر اشاره می‌گردد.

محمدی و تقوی (۱۳۸۴) شاخص‌های حدی دما و بارش ایستگاه تهران را در دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۱ مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها حکایت از افزایش روند دمای حداکثر، حداقل و متوسط روزانه و نیز کاهش روند شاخص‌های حدی بارش (با شیب بسیار کم) بوده است.

عسگری و همکاران (۱۳۸۶) به بررسی و تحلیل روند نمایه‌های حدی بارش با استفاده از داده‌های روزانه بارش در ۲۷ ایستگاه سینوپتیک کشور پرداختند. رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک استان هرمزگان، میانگین‌های فصلی و سالانه دما و بارش به همراه مقادیر حدی آن‌ها را مورد بررسی قرار



شکل ۱- پهنه‌بندی اقلیمی استان خراسان رضوی بر اساس روش‌های آماری (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۰)

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد استفاده در تحقیق

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	معرف ناحیه اقلیمی
۱	مشهد	۵۹° ۲۸'	۳۶° ۱۶'	۹۹۹/۲	دشت رضوی
۲	سبزوار	۵۷° ۴۳'	۳۶° ۱۲'	۹۷۷/۶	نیمه خشک گرم
۳	تربت حیدریه	۵۹° ۱۳'	۳۵° ۱۶'	۱۴۵۰/۸	معتدل کوهستانی
۴	نیشابور	۵۸° ۴۸'	۳۶° ۱۶'	۱۲۱۳	نیمه خشک سرد
۵	کاشمر	۵۸° ۲۸'	۳۵° ۱۲'	۱۱۰۹/۷	گرم و خشک

بودن داده‌ها مراحل ذیل بر اساس معادلات داده شده (معادلات ۱ تا ۵) طی می‌شود (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷ و Ezber et al, 2007):

$$t = \sum_i n_i \quad (1)$$

در فرض صفر توزیع t در حد نرمال بوده که مقدار قابل انتظار و واریانس مرتبط طبق معادلات (۲) و (۳) قابل برآورد می‌باشد.

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \quad (2)$$

$$Var(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \quad (3)$$

در صورت وجود روند، فرضیه صفر با مقادیر بالای قدرمطلق $u(t)$ طبق معادله (۴) رد خواهد شد (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷).

$$u(t) = \frac{[t - E(t)]}{\sqrt{var(t)}} \quad (4)$$

بنابراین، طبق رابطه $u(t) > 0$ مقادیر روند مثبت و در حالت عکس طبق رابطه $u(t) < 0$ روند در سری مشاهدات منفی خواهد بود. در تحقیق جاری، سطح اطمینان در حد ۹۵ و ۹۹ درصد در نظر گرفته شد و اصل فوق برای سری‌های زمانی معکوس نیز بر اساس معادله ۵

قبل از هرگونه تحلیلی، می‌بایست همگنی و یکنواختی ایستگاه‌های منتخب مورد مطالعه قرار گیرد. این امر با استفاده از روش تفاضل‌ها و نسبت‌ها (علیزاده، ۱۳۸۰) صورت گرفت. پس از آن شاخص‌های حدی برای هر ایستگاه مطابق با جدول (۲) محاسبه شد. این شاخص‌ها برای کلیه اقلیم‌ها تعریف شده و مورد پذیرش جهانی می‌باشند.

جهت محاسبه این شاخص‌ها از آمار روزانه دما (دمای حداقل و حداکثر) و بارش ایستگاه‌های منتخب در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ استفاده شده است.

بررسی روند

آزمون من-کندال برای بررسی تصادفی بودن و تعیین روند در سری‌ها استفاده می‌شود (Sneyers, 1990). یکی از مزایای این آزمون، اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی سری‌های زمانی مشاهده می‌شود می‌باشد. در ابتدا این آزمون برای مشخص کردن غیرپارامتریک بودن سری‌ها به کار می‌رود. بدین ترتیب که سری‌های آماری به ترتیب صعودی مرتب و رتبه‌بندی می‌شوند. در این آزمون تصادفی بودن داده‌ها با عدم وجود روند مشخص می‌شود. در صورت وجود روند، داده‌ها غیر تصادفی بوده و برای تعیین تصادفی

$$u_i' = -u(t_i) \quad (5)$$

نتایج و بحث

شاخص‌های مربوط به بارش

بر اساس شاخص‌های معرفی شده در جدول (۲)، ابتدا به بررسی شاخص‌های حدی مربوط به بارش پرداخته شده است. با توجه به استفاده از روش تحلیل روند من-کنندال، مقادیر سالانه شاخص‌های حدی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج در جدول (۳) ارائه شده است. همچنین مقدار شیب خط روند و معنی‌داری آن بر اساس معادله رگرسیون خطی نیز محاسبه شده و در جدول (۳) ارائه شده است. همان‌طور که در جدول (۳) مشخص است در نمایه‌های مربوط به بارش، در سه ایستگاه مورد مطالعه تغییر روندی مشاهده نشده است. تنها تغییر در تعداد روزهای بارانی و خشک در ایستگاه مشهد قابل توجه است که نشان از کاهش تعداد روزهای بارانی و افزایش روزهای خشک می‌باشد (گرچه این تغییر به لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد). لذا بدیهی است که نمایه شدت بارش (SDII) با توجه به کم‌تر شدن تعداد روزهای بارانی، روندی افزایشی (و نه معنی‌دار) از خود نشان دهد.

ضمناً، در مدل‌های گرافیکی تولید شده محل تلاقی منحنی‌های u_i و u_i' نقطه شروع تغییرات، شناسایی روندهای جزئی و کوتاه مدت، نقاط جهش و نقاط شروع روند سری زمانی را در هر روند مشاهدات نشان می‌دهد. اگر منحنی‌ها چندین بار روی همدیگر قرار بگیرند، روند یا تغییری وجود نخواهد داشت، ولی در جایی که منحنی‌ها همدیگر را قطع می‌کنند، منحنی‌ها محل شروع روند یا تغییرات را به صورت تقریبی به نمایش می‌گذارند. در حالتی که سری ایستا باشد، دو دنباله به صورت موازی عمل کرده و یا با چند بار برخورد به طوری - که به تغییر جهش آن‌ها منجر نشود، در خواهد آمد. اگر منحنی U از خطوط بالا و پایین معنی‌دار خارج شود، روند وجود دارد. چنانچه دو منحنی در محدوده معنی‌دار تلاقی بکنند ولی خارج نشوند، به معنی تغییر ناگهانی در میانگین و نه وجود روند است (Sneyers, 1990).

در این حالت کافی است مقدار آن با مقدار $Z_{\alpha/2}$ که از جدول نرمال مربوط به سطح معنی‌داری α استخراج می‌شود، مبنای مقایسه برای سطح ۰/۰۵ برابر با $\pm 1/96$ و برای سطح ۰/۰۱ برابر با

جدول ۲- مشخصات شاخص‌های حدی هواشناسی (Zhang et al., 2005)

ردیف	نام شاخص	نماد	تعریف	واحد
۱	روزهای یخبندان	FD0	تعداد روزهای با دمای حداقل کوچکتر از صفر	روز
۲	روزهای تابستانی	SU25	تعداد روزهای با دمای حداکثر بزرگتر از ۲۵ درجه	روز
۳	روزهای یخی	ID0	تعداد روزهای با دمای حداکثر کمتر از صفر	روز
۴	شب‌های حاره‌ای	TR20	تعداد روزهای با دمای حداقل بزرگتر از ۲۰ درجه	روز
۵	شب‌های سرد	TN10p	درصد روزهای با دمای حداقل کمتر از صدک دهم دوره‌ی پایه استاندارد (۱۹۶۱-۱۹۹۰)	درصد
۶	شب‌های گرم	TN90p	درصد روزهای با دمای حداقل بزرگتر از صدک نودم دوره‌ی پایه استاندارد (۱۹۶۱-۱۹۹۰)	درصد
۷	روزهای سرد	TX10p	درصد روزهای با دمای حداکثر کمتر از صدک دهم دوره‌ی پایه استاندارد (۱۹۶۱-۱۹۹۰)	درصد
۸	روزهای گرم	TX90p	درصد روزهای با دمای حداکثر بزرگتر از صدک نودم دوره‌ی پایه استاندارد (۱۹۶۱-۱۹۹۰)	درصد
۹	شاخص طول دوره گرما	WSDI	تعداد روز در سال با حداقل ۶ روز متوالی با دمای حداکثر بزرگتر از صدک نودم	روز
۱۰	شاخص طول دوره سرما	CSDI	تعداد روز در سال با حداقل ۶ روز متوالی با دمای حداقل کوچکتر از صدک دهم	روز
۱۱	شاخص شدت بارش	SDII	بارش سالانه تقسیم بر تعداد روزهای مرطوب (با بارش بیش‌تر یا مساوی ۱ میلی‌متر)	میلی‌متر در روز
۱۲	تعداد روز با بارش سنگین	R10	تعداد روز با بارش بزرگتر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر	روز
۱۳	روز تر	WD	تعداد روز با بارش بزرگتر مساوی ۱ میلی‌متر	روز
۱۴	روز خشک	DD	تعداد روز با بارش کوچکتر از ۱ میلی‌متر	روز
۱۵	تعداد روز با بارش سنگین	R20	تعداد روز با بارش بزرگتر یا مساوی ۲۰ میلی‌متر	روز
۱۶	تعداد روز با بارش سنگین	R30	تعداد روز با بارش بزرگتر یا مساوی ۳۰ میلی‌متر	روز
۱۷	تعداد روز با بارش سنگین	R5-30	تعداد روز با بارش بین ۵ تا ۳۰ میلی‌متر	روز
۱۸	تعداد روز با بارش سنگین	R30-50	تعداد روز با بارش بین ۳۰ تا ۵۰ میلی‌متر	روز
۱۹	روز خیلی مرطوب	R95p	مجموع بارش روزهایی با میزان بارش بیش از صدک ۹۵ ام	میلی‌متر
۲۰	روزهای فوق‌العاده مرطوب	R99p	مجموع بارش روزهایی با میزان بارش بیش از صدک ۹۹ ام	میلی‌متر
۲۱	مجموع بارش سالانه	PRCPTOT	مجموع بارش سالانه (با بارش بزرگتر یا مساوی ۱ میلی‌متر)	میلی‌متر

TX90p)، که نشان‌دهنده میزان تغییرات نسبت به یک دوره پایه (۹۰-۱۹۶۱) می‌باشند، مشخص می‌شود که به طور کلی تعداد روزهای با دمای حداقل و حداکثر کوچک‌تر از صدک دهم کاهش و تعداد روزهای با دمای حداقل و حداکثر بالاتر از صدک نودم افزایش یافته است. این امر بدین معنی است که به‌طور کلی روند تغییرات دمایی به سمت افزایش پیش رفته و لذا تعداد روزهای با دمای کم‌تر از یک میزان مشخص (صدک دهم هر ایستگاه) کاهش یافته است. تنها استثناء در گفته فوق در ایستگاه تربت حیدریه مشاهده می‌شود، به نحوی که در این ایستگاه بر عکس دو ایستگاه دیگر، تعداد روز با دمای کم‌تر از صدک دهم دمای حداکثر افزایش و تعداد روزهای با دمای بیش‌تر از صدک نودم دمای حداکثر کاهش یافته است.

در بررسی پارامتر طول دوره گرما (WSDI) در ایستگاه‌های مشهد و سبزوار مشخص می‌شود که این پارامتر دارای روند افزایشی (خصوصاً معنی‌دار در مشهد) بوده است. این بدان معنی است که در این ایستگاه‌ها تعداد روزهای متوالی با دمای حداکثر بزرگ‌تر از صدک نودم آن‌ها افزایش یافته و لذا شرایط بحرانی‌تری از لحاظ وقوع دوره‌های گرمایی متوالی در آن‌ها دیده می‌شود. بالعکس در ایستگاه تربت حیدریه مشابه با روند پارامتر TX90p، روند منفی قابل ملاحظه- ای دیده می‌شود که با توجه به پارامتر فوق‌الذکر امری بدیهی می- نماید. علاوه بر این طول دوره سرما (CSDI) در کلیه ایستگاه‌ها افزایش (قابل ملاحظه‌ای در ایستگاه‌های مشهد و سبزوار) دیده می- شود و حاکی از کم‌تر شدن دوره‌های با روزهای متوالی با دمای حداقل کم‌تر از صدک دهم آن ایستگاه می‌باشد.

علاوه بر این مشاهده می‌شود که در ایستگاه‌های تربت حیدریه و مشهد، میزان بارش‌های سالانه و نیز تعداد روزهای بارانی کاهش یافته اما در سبزوار به رغم کاهش تعداد روزهای بارانی، میزان بارش- های سالانه افزایش یافته است. این امر حاکی از وقوع بارش‌های حدی بیش‌تر در این ایستگاه می‌باشد.

شاخص‌های مربوط به دما

در جدول (۴) نتایج تحلیل روند و شیب خط روند برای شاخص- های حدی دما در سه ایستگاه مورد مطالعه آورده شده است. همان- طور که مشهود است در خصوص پارامتر FD (تعداد روزهای یخبندان) در هر سه ایستگاه، روند کاهشی دیده می‌شود. این روند در خصوص ایستگاه‌های سبزوار و مشهد به‌طور قابل ملاحظه‌ای معنی‌دار بوده و در ایستگاه تربت حیدریه در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار نمی‌باشد. علاوه بر این روند شاخص SU (روزهای آفتابی) در ایستگاه‌های سبزوار و مشهد افزایشی و معنی‌دار بوده که با در نظر گرفتن تغییرات منفی شاخص روزهای یخبندان (و نیز روزهای یخی) در این ایستگاه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که به طور کلی دما در آن‌ها افزایش یافته و باعث چنین تغییراتی شده است.

در بررسی تغییرات پارامتر شب‌های حاره‌ای (TR20) مشخص می‌شود که این پارامتر در هر سه ایستگاه افزایش داشته و تغییرات آن به لحاظ آماری نیز بسیار معنی‌دار می‌باشد. این امر حاکی از آن است که به طور کلی در منطقه، دمای حداقل از ۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته است.

با بررسی پارامترهای حدی نسبی (TX10p، TN90p، TN10p) و

جدول ۳- نتایج تحلیل روند و شیب خط روند برای شاخص‌های حدی بارش

ایستگا ه	شاخ ص	PRCPTO T	WD	DD	R5m m	R10m m	R20m m	R30m m	R5- 30	R30- 50	R95 p	R99p	SDII
سبزوار	Z	۰/۷۵۲	۰/۹۳۰	۰/۹۱۳	۰/۴۶۲	۱/۰۲	۰/۸۰۸	-۰/۲۰۹	۰/۳۵۲	۰/۲۰۹	۰/۷۴۷	۰/۳۴۷	*۲/۷۲۴
	شیب خط روند	۰/۳۲	-۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰	۰/۰۲	۰/۰	۰/۱۷	-۰/۰۵	**۰/۰۳
تربت حیدریه	Z	-۰/۰۶۶	۰/۹۲۹	۰/۹۲۱	-۰/۷۳۰	۰/۲۹۴	-۰/۰۷۷	۰/۱۶۱	۰/۸۴۸	۰/۳۸۴	۰/۶۷۹	۱/۲۶۲	۱/۶۷۹
	شیب خط روند	-۰/۱۸	-۰/۰۹	۰/۰۹	-۰/۰۶	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۱۴	۰/۳۰	۰/۰۱
مشهد	Z	-۰/۰۸۳	-	۱/۶۹۱	-۰/۳۱	-۰/۰۱۶	-۰/۲۳۴	-۱/۵۶۷	۰/۱۶۸	۱/۶۱۷	۰/۲۴۲	۱/۶۴۵	۱/۶۶۵
	شیب خط روند	-۰/۰۲	-۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۳	-۰/۱۴	* ۰/۰۲

* = معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

** = معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

(Z = مقدار آماره روش من-کنندال)

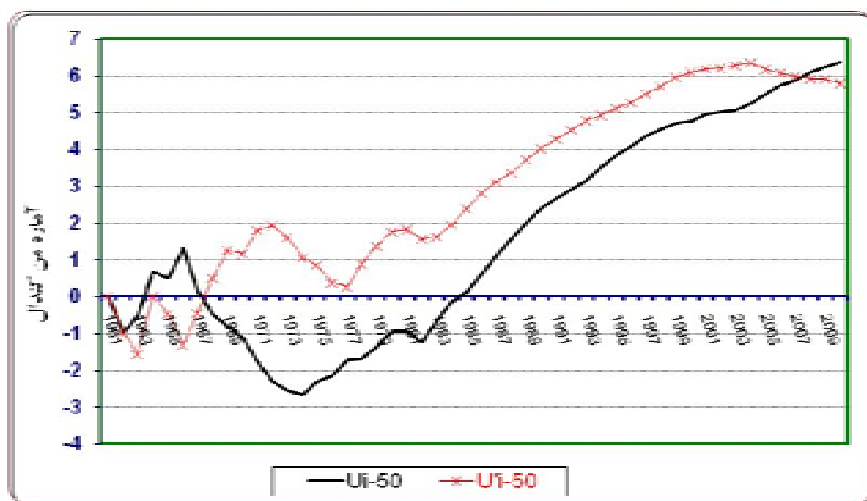
جدول ۴- نتایج تحلیل روند و شیب خط روند برای شاخص‌های حدی دما

ایستگاه	شاخص	FD	SU	ID	TR20	TN10p	TN90p	TX10p	TX90p	WSDI	CSDI
سبزوار	Z	** -۴/۷۲	** ۴/۳۷	* -۲/۴۹	** ۴/۷۲	** -۴/۵۳	** ۳/۵۶	-۱/۸۵	۱/۷۴	۱/۵۵	** -۳/۱۴
	شیب خط روند	** -۰/۷۹	** ۰/۴۶	-۰/۰۸	** ۱/۰۰۷	** -۰/۶۳	** ۰/۵۷	-۰/۲۷	۰/۱۹	۰/۱۷	** -۰/۴۱
ترت	Z	-۰/۲۳	-۰/۷۲	-۰/۵۴	** ۶/۰۹	-۰/۴۴	** ۵/۸۸	۱/۴۶	* -۲/۱۷	* -۲/۰۴	-۰/۲۷
	شیب خط روند	-۰/۰۳	-۰/۱۴	-۰/۰۲	** ۰/۵۸	-۰/۰۷	** ۰/۶۷	۰/۲۱	* -۰/۳۸	* -۰/۲۶	-۰/۰۸
مشهد	Z	** -۴/۹۰	** ۳/۶۰	-۱/۵۱	** ۶/۰۸	** -۳/۷۴	** ۵/۶۷	-۱/۶۸	** ۴/۷۷	** ۳/۵۳	** -۳/۰۲
	شیب خط روند	** -۰/۷۹	** ۰/۴۲	-۰/۰۷	** ۰/۷۸	** -۰/۴۹	** ۱/۴۱	-۰/۰۹	** ۰/۵۹	** ۰/۴۷	** -۰/۳۰

* = معنی دار در سطح ۰/۰۵
 ** = معنی دار در سطح ۰/۰۱
 (Z = مقدار آماره روش من-کندال)

جدول ۵- سال شروع تغییر در شاخص‌های با روند معنی‌دار در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	SDII	FD	SU	ID	TR20	TN10p	TN90p	TX10p	TX90p	WSDI	CSDI
سبزوار	۱۹۷۳	۱۹۶۹	۱۹۹۸	۱۹۶۳	۱۹۶۹	۲۰۰۷	۱۹۶۹	۲۰۰۴	۱۹۹۹	---	۲۰۰۵
مشهد	---	۱۹۶۸	۱۹۹۹	---	۲۰۰۶	۱۹۷۱	۲۰۰۸	۱۹۷۰	۱۹۹۵	۲۰۰۸	۱۹۷۰
ترت	---	---	---	---	۱۹۶۳	---	۲۰۰۶	---	۱۹۶۵	۱۹۶۷	---
حیدریه	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



شکل ۲- نمودار آماره U و U' برای بررسی وجود روند و نقطه شروع تغییر در سری زمانی TR20 مشهد

نتیجه‌گیری

با بررسی و مطالعاتی که بر روی شاخص‌های حدی دما و بارش سه ایستگاه در استان خراسان رضوی شده است مشخص می‌شود که این مقادیر در طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ تغییر کرده است. این تغییر از نوع نوسانات کوتاه‌مدت آب و هوایی و روند می‌باشد که در بعضی از شاخص‌ها مشاهده می‌شود.

در بررسی سری‌های مربوط به شاخص‌های حدی بارش مشخص شد که به‌طور کلی مقدار بارش سالانه و نیز تعداد روزهای بارانی کاهش یافته است، اما در ایستگاه سبزوار با وجود کاهش تعداد روزهای بارانی، مقدار بارش سالانه افزایش یافته است. این امر نشان

تحلیل آزمون نموداری من-کندال جهت تعیین نوع و زمان تغییر

برای بررسی وجود روند، نقطه شروع تغییر ناگهانی و معنی‌دار بودن ضرایب روند در سری زمانی پارامترهای مورد بررسی از آزمون رتبه‌ای من-کندال استفاده شد. در شکل (۲) نمونه‌ای از نمودارهای آماره‌های U و U' برای یک شاخص حدی مورد بررسی ترسیم شده است. در جدول ۵ نیز سال شروع تغییر در روند شاخص‌ها در هر ایستگاه آورده شده است.

آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا(ع). ۷۳۵ صفحه.

محمدی، ح و تقوی، ف. ۱۳۸۴. روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران. پژوهش‌های جغرافیایی. جلد ۵۳: صفحات ۱۷۲-۱۵۱.

Ezber, Y., Lutfi Sen, O., Kindap, T and Karaca, M. 2007. Climate effects of urbanization in Istanbul: a statistical and modeling analysis, *International Journal of Climatology*. 27: 667-679.

IPCC. 2001. *Climate Change (2001), Synthesis report, a contribution of working groups. I, II and III to the third assessment report of the Intergovernmental panel on Climate Change*, Watson and the Core writing team (editors.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.

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. 996.

Katz, R.W., Brown, B.G. 2004. Extreme events in a changing climate: variability is more important than averages. *Journal of Climatic change*. 21: 289-302.

Mearns, L.O., Hulme, M., Carter, T.R., Leemans, R., Lal, M., Whetton, P. 2001. Climate scenario development. In: Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., Van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C.A. (editors) *Climate change 2001: The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge. 583-638.

Peterson, T.C., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A and Plummer, N. 2001. Report of the activities of the working group on climate change detection and related rapporteurs, *World Meteorological Organization, Technical Document, No.1071*, World Meteorological Organization, Geneva. 146.

Sneyers, R. 1990. On the statistical analysis of series of observations. WMO publ. 415. Geneva.

World Meteorological Organization, 2013. *The global climate 2001-2010, a decade of climate extremes, summary report*. - No. 1119, 16.

Yang, T., Hao, X., Shao, Q., Xu, C., Zhao, C., Chen, X. and Wang, W. 2012. Multi-model ensemble projection in temperature and precipitation extremes of the Tibetan Plateau in the 21st century. *Global and Planetary Change*. 80-81. 1-13.

Zhang, X., Aguilar, E., Sensoy, S., Melkonyan, H., Tagiyeva, U., Ahmed, N., Kutaladze, N., Rahimzadeh, F., Taghipour, A., Hantosh, T.H., Albert, P., Semawi, M., Karam Ali, M., Said Al-Shabibi, M.H., Al-Oulan, Z., Zadari, T., Khelet, I., Hamoud, S., Sagir, R., Demircan, M., Eken, M., Adiguzel, M., Alexander, L., Peterson, T.C and Wallis, T. 2005. Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003. *Journal of*

دهنده وقوع بارش‌های حدی بیش‌تر در سبزوار می‌باشد. هم‌چنین در بررسی شاخص‌های مربوط به دما، مشخص شد که به‌طور کلی در منطقه مورد مطالعه تعداد روزهای یخبندان، روزهای یخی و وقوع دوره‌های سرد کاهش یافته و بالعکس تعداد روزهای آفتابی، شب‌های حاره‌ای و نیز طول دوره گرم افزایش یافته است. این امر حاکی از آن است که به‌طور کلی در منطقه، دما دارای روند افزایشی بوده است.

با توجه به تأثیر مستقیم وقوع شرایط حدی بر کشاورزی و ریسک تولید محصولات کشاورزی، شناخت صحیح این پارامترها از میزان وقوع و چگونگی آن‌ها می‌تواند کمک شایانی به این بخش نماید. لذا پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی، شاخص‌های ماهانه حدی به‌منظور شناخت تغییرات آن‌ها در طی ماه‌های سال، به‌ویژه در زمان کاشت محصولات استان نیز مد نظر قرار گیرد. علاوه بر این، تحقیق بر روی فراوانی - شدت - مدت وقوع این پارامترها در نقاط مختلف استان بسیار مفید بوده و می‌تواند به‌عنوان راهنمایی جهت کاشت محصولات کشاورزی در مناطق مختلف با کم کردن ریسک تولید محصول ارائه نماید.

منابع

اسماعیلی، ر، منتظری، م، اسمعیل نژاد، م و صابر حقیقت، ا. ۱۳۹۰. پهنه‌بندی اقلیمی خراسان رضوی با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی. جلد ۲: شماره ۷-۸. صفحات ۵۶-۴۳.

تقوی، ف، ناصری، م، بیات، ب، متولیان، س و آزادی فرد، د. ۱۳۹۰. تعیین الگوهای رفتار اقلیم در مناطق مختلف ایران بر اساس تحلیل طیفی و خوشه‌بندی مقادیر حدی بارش و دما. مجله پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی. جلد ۷۷: صفحات ۱۲۴-۱۰۹.

رحیم زاده، ف، هدایت دزفولی، ا و پوراصغریان، آ. ۱۳۹۰. ارزیابی روند و جهش نمایه‌های حدی دما و بارش در استان هرمزگان. مجله جغرافیا و توسعه. جلد ۲۱: صفحات ۱۱۶-۹۷.

شیرمحمدی علی اکبرخانی، ز، انصاری، ح، علیزاده، ا و محمدیان، ا. ۱۳۹۱. بررسی ارتباط پدیده انسو (ENSO) با مقادیر حدی بارش - های فصلی در استان‌های خراسان. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد ۱۹: شماره ۱. صفحات ۷۹-۶۱.

عزیزی، ق و روشنی، م. ۱۳۸۷. مطالعه تغییر اقلیم در سواحل دریای خزر به روش من-کنندال، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶۴

عسگری، الف، رحیم زاده، ف، محمدیان، ن و فتاحی، ا. ۱۳۸۶. تحلیل روند نمایه‌های بارش‌های حدی در ایران. مجله تحقیقات منابع آب ایران. جلد ۳: شماره ۳. صفحات ۵۵-۴۲.

علیزاده، ا. ۱۳۸۰. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ سیزدهم. انتشارات

Ensemble Forecast System, Proceedings of the Symposium on Precipitation Extremes: Prediction, Impact, and Responses, Albuquerque, USA.

Geophysical Research, 110, Article ID: D22104.
Zhu, Y and Toth, Z. 2001. Extreme Weather Events and Their Probabilistic Prediction by the NCEP

Assessment of Climatic Extreme Events Variations in Khorasan Razavi province

M. Erfanian^{1*}, H. Ansari², A. Alizadeh³, M. Banayan Aval⁴

Received: May. 7, 2014

Accepted: Nov. 12, 2014

Abstract

In recent years, there is much more attentions to the extreme climatic events, which have many economic, social and financial damages. Lots of studies had been done on climate change using average climatic parameters, so there are not enough works on extreme events, which have more severe damages on various countries' sections such as agriculture. Objective of this study is to assess temperature and rain extreme events at 3 stations of Mashhad, Sabzevar and Torbat-e-Heidarieh, in khorasan Razavi province in 1961-2010 with the Mann-Kendall method. Results showed in this region there is generally decreasing trend of frost days, icy days and cool periods and increasing trend of summer days, tropical nights and warm periods. This indicates there is increasing trend of temperature. Rain extreme events had more fluctuations than temperature and generally show very slow decreasing trend. The year of change in every parameter had been determined with Mann-Kendall method. These results could help to decrease crop production risks and to choose more proper regions for planting with attention to the extreme events.

Keywords: Climatic extreme events, trend, Mann-Kendall, Khorasan Razavi province

1 - Ph.D. Student of Irrigation and Drainage, Ferdowsi University of Mashhad

2 - Associate Professor of Irrigation and Drainage, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad

3 - Professor of Irrigation and Drainage, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad

4 - Associate Professor of Agriculture Department, Ferdowsi University of Mashhad

(*-Corresponding Author Email: m_erfanian82@yahoo.com)