نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال یازدهم. شماره چهل و سوم. بهار۱۴۰۰

تحلیل روند تغییرات برخی پارامترهای سینوپتیک با استفاده از روش رگرسیون چندک در بابلسر

کریم سلیمانی[۱]

تاریخ ارسال:۱۳۹۹/۰۶/۲۲

تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۱۲/۰۱

مقاله پژوهشی

چکیده

رویدادهای اقلیمی مانند سیل، طوفان و خشکسالی اغلب از آب و هوای حدی حاصل می‌شوند. بیشتر مطالعاتی که در زمینه‌ی تشخیص روند صورت گرفته است بر اساس تحلیل تغییرات در میانگین داده‌ها می‌باشند و اطلاعاتی در مورد نحوه‌ی تغییرات در محدوده‌های متفاوت از دامنه‌ی داده‌های مورد مطالعه در اختیار قرار نمی‌دهند؛ لذا برای بررسی روند تغییرات در محدوده‌های مختلف از سری زمانی داده‌های اقلیمی روش رگرسیون چندک پیشنهاد گردید. رگرسیون چندک این توانایی را دارد که روند تغییرات در چندک‌های مختلف از سری داده را بررسی کند؛ لذا در این پژوهش روند تغییرات در چندک‌های مختلف از سری زمانی داده‌های کمینه و بیشینه‌ی دما، بارش و حداکثر سرعت باد روزانه در ایستگاه سینوپتیک بابلسر برای دوره‌ی زمانی ۶۲ ساله (۱۳۳۸-۱۳۹۹) به صورت فصلی و سالانه تحلیل گردید. نتایج نشان داد که کمینه و بیشینه‌ی دما و سرعت باد در تمام فصل‌های سال به صورت معنی‌دار افزایش یافته است. شدت این روندهای افزایشی در چندک‌های پایینی حدی از کمینه دما و چندک‌های بالایی حدی از بیشینه‌ی دما در فصل زمستان بیشتر بوده است. اما داده‌های سرعت باد در چندک‌های بالایی خصوصاً بالایی حدی با شدت بسیار بیش‌تری نسبت به چندک‌های پایینی خصوصاً در فصل پاییز افزایش یافته‌اند. متغیر بارش نیز تغییرات محسوسی در دوره‌ی ۶۲ ساله نداشته است. در مقیاس سالانه بیشترین افزایش برای کمینه و بیشینه‌ی دما در چندک‌های پایینی حدی به ترتیب ۴/۲۸ و ۲/۸۵ درجه‌ی سانتیگراد و برای سرعت باد در چندک‌های بالایی حدی به اندازه‌ی ۸/۲۴ متر بر ثانیه بوده است.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، روند، داده‌های اقلیمی، رگرسیون چندک، بابلسر

[۱] استاد گروه مهندسی آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

Solaimani2001@yahoo.co.uk

مقدمه

تغییرات اقلیمی یکی از اصلی‌ترین معضل کره زمین در عصر حاضر است، بنابراین بررسی این تغییرات در آینده و اثرات آن بر منابع آب، محیط طبیعی، کشاورزی و اثرات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. (زارعی و همکاران، ۱۳۹۹). بسیاری از معضلات محیطی عصر ما از جمله سیل، طوفان، خشکسالی و مسائل دیگر، همگی ریشه در تغییر اقلیم کره‌ی زمین خصوصاً افزایش دما دارند(جلیلی و همکاران، ۱۳۹۰). گزارش بین‌الدول سازمان ملل افزایش ۲ تا ۶ درجه سانتی‌گراد دمای کره‌ی زمین را تا سال ۲۰۹۰ میلادی پیش‌بینی کرده که می‌تواند آسیب‌های بسیار جدی بر محیط زیست و منابع آب تحمیل کند(Hidalgo, 2003). دما به عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر اقلیمی، مناسب‌ترین شاخص برای ردیابی تغییرات اقلیم به شمار می‌رود. همچنین تغییرات زمانی و مکانی بارندگی و سرعت باد که منشأ اصلی خطرات سیل، طوفان و خشکسالی می‌باشد، یکی از اثرات اصلی گرم شدن جهانی بیان شده است. در این میان، آب و هوای حدی و رویدادهای اقلیمی با توجه به اثرات شدید بالقوه آن‌ها بر زندگی انسان، اقتصاد و اکوسیستم‌های طبیعی در دهه‌های اخیر مورد توجه بیشتر اقلیم شناسان قرار گرفته است (علی‌پور و ملکیان، ۱۳۹۸). با افزایش میزان بارش‌های حدی قابلیت نفوذ آب در خاک‌های خشک به شدت کاهش می‌یابد و در نتیجه دبی اوج رودخانه افزایش می‌یابد و در پی آن‌ها خطرات ناشی از سیل چشمگیر می‌شوند(Kyselý and Beranová, 2009). بنابراین بررسی تغییرات در بخش‌های مختلف سری داده‌های اقلیمی خصوصاً مقادیر حدی دما، بارندگی و سرعت باد و یافتن علل آن از قدم‌های اولیه مطالعات منابع آب به شمار می‌رود که در قالب روند عناصر اقلیمی مطالعه می‌شود. در ایران مطالعات مختلفی در زمینه‌ی بررسی تغییرات متغیرهای اقلیمی انجام شده است؛ افزایش روند تبخیر-تعرق در ایستگاه‌های زرینه، بیجار و سنندج برای فصل‌های تابستان و زمستان (اسدزاده و همکاران، ۱۳۹۶)، افزایش دمای بیشینه و کمینه و کاهش بارش طی دوره‌های آتی در ایستگاه هواشناسی بابلسر، قراخیل، رامسر و نوشهر (باب‌الحکمی و همکاران، ۱۳۹۹)، روند معنی‌دار افزایشی در حداقل و حداکثر دمای ماهانه و سالانه در ایستگاه بابلسر (کریمی و همکاران، ۱۳۹۷) از جمله مطالعات انجام شده در زمینه‌ی اثرات تغییر اقلیم بر روی متغیرهای اقلیمی به شمار می‌رود.

استفاده از روش رگرسیون خطی معمولی[1] و آزمون ناپارامتری من-کندال (Kendall, 1975 ؛ Mann, 1945) برای بررسی وجود یا عدم وجود روند و آزمون شیب خط سن (Sen, 1968) برای بررسی مقدار شیب خط روند متغیرهای اقلیمی نمونه روش‌هایی است که عمدتاً در تشخیص روند متغیرهای اقلیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بررسی روند خشکسالی (قربانی و همکاران، ۱۳۹۷)، دما (قربانی، ۱۳۹۳؛ کریمی، ۱۳۹۷؛ Latif et al, 2020)، بارش (Nyikadzino et al., 2020)، بررسی روند جریان رودخانه (Norouzi, 2020 ؛ Kuriqi et al., 2020) و نیز کیفیت آب زیرزمینی (موسوی و همکاران (۱۳۹۹) نمونه مطالعاتی است که با استفاده از آزمون من کندال و شیب خط سن صورت گرفته است.

از آن‌جا که این روش‌ها در بررسی روند، میانگین و میانه داده‌ها را بررسی می‌کنند، در صورتی‌که روند ممکن است در محدوده‌ی خاصی از دامنه‌ی داده‌ها ایجاد شده باشد و بدلیل اینکه میانگین یکی از معیارهای تمرکز است، آگاهی از آن به تنهایی نمی‌تواند اطلاعات کاملی درمورد شکل توزیع متغیر تصادفی مورد مطالعه، در سطوح مختلف متغیر تشریحی به دست دهد. بدین منظور برای بررسی روند تغییرات در محدوده‌های متفاوت از دامنه‌ی داده‌های مورد مطالعه، روش رگرسیون چندک پیشنهاد شد که محدودیت‌های آزمون‌های ناپارامتری بالا را ندارد و می‌تواند یک روش تشخیص روند جایگزین برای شناسایی تغییرات از هر صدک متغیرهای آب هوایی در طول زمان باشد (Donner, 2012) و منجر به دستیابی به طیف گسترده‌ای از تحلیل‌های روند برای چندک‌ها و صدک‌های مختلف از

1 . Ordinary linear regression

توزیع داده شود. همچنین این روش رگرسیونی محدودیت‌های روش حداقل مربعات را ندارد (Koenker, 2005). از مزایای این روش می‌توان گفت که نسبت به داده‌های دور افتاده یا داده‌های پرت حساس نیست و توزیع خطا ضرورت برای داشتن توزیع نرمال ندارد. هم‌چنین در این روش، متغیرها می‌توانند واریانس ناهمگن داشته باشند و تنها متغیرهای با واریانس همگن را فرض نمی‌کند و زمانی که بررسی تمام مقادیر توزیع و نه فقط میانگین مورد توجه است و توجه اصلی بر روی دنباله‌های توزیع است، این روش ارجحیت دارد (Koenker, 2005).

این مدل رگرسیونی که به عنوان یک توافقی بین رویکردهای پارامتری و ناپارامتری است، اولین بار توسط Koenker and Bassett (1978) پیشنهاد شد و به برآورد مجموعه‌ای از خطوط رگرسیون به ازای چندک‌های مختلف و منتخب می‌پردازد و منجر به دستیابی به طیف مناسبی از تحلیل‌های روند برای این چندک‌ها می‌شود (Reich, 2012). در مطالعه‌ای Slater and Villarini (2017) به بررسی تغییرات در حداکثر ارتفاع سالانه در قاره آمریکا و ارتباط آن‌ها با تغییرات در بارش‌های کوتاه مدت و بلند مدت پرداختند. این تحلیل بر اساس ۱۹۰۸ رکورد زمین‌شناسی ثبت شده در طی دوره‌ی ۲۰۱۵-۱۹۸۵ با استفاده از روش رگرسیون چندک انجام گردید. نتایج نشان داد که روندها فقط در تعداد محدودی از سایت‌ها معنی‌دار بوده‌اند که بیش‌تر در دنباله‌های توزیع قابل توجه‌اند . همچنین نتایج بررسی ارتباط بین تغییرات حداکثر ارتفاع با کل باران طوفانی و بارندگی‌های بلند مدت نشان داده است که تغییرات زمانی در حداکثر ارتفاع تا حد زیادی توسط باران‌های طوفانی در مناطق بزرگی از ایالات متحده هدایت می‌شود و انباشت بارش‌های بلندمدت یک پیش‌بینی کننده‌ی قوی در مناطقی که ذوب برف یک مکانیزم مهم ایجاد سیل است مانند کوه‌های راکی و دشت‌های بزرگ شمالی می‌باشد. مطالعه‌ای دیگر به تخمین تغییرات در توزیع‌های دمای زمستان با استفاده از روش رگرسیون چندک در آمریکای شمالی پرداخته شد و نتایج نشان داده که تنوع دما به طور کلی در طول زمستان در عرض‌های بالای جغرافیایی کاهش یافته است. همچنین نتایج نشان داده که تفاوت در دو چندک پایینی از دماهای زمستان به اندازه سایر توزیع دما کاهش نیافته است و مقدار کاهش آن نسبت به سایر بخش‌های توزیع دما ناچیز است (Haugen et al., 2018). هم‌چنین Dunn et al. (2019) به بررسی تغییرات در توزیع‌های آماری دماهای سطحی روزانه و سرعت باد در جهان با استفاده از روش رگرسیون چندک پرداختند و نتایج بیانگر افزایش در مقادیر بالای دما در شرق اروپا در طول تابستان و همچنین در شمال اروپا برای مقادیر کم دما در زمستان می‌باشد. در آمریکای شمالی بیشترین تغییرات در مقادیر کم‌تر دما در عرض‌های جغرافیایی شمالی برای پاییز و زمستان بوده است و نیز چندک‌های دمای نقطه‌ی شبنم در پاییز و زمستان به طور مشخص در مناطق شمالی اروپا بیش‌تر تغییر می‌کند. Zhang et al. (2020) به تجزیه و تحلیل احتمالی یخ دریای قطب شمال با استفاده از تحلیل رگرسیون چندک با متغیرهایی شامل شاخص‌های اقلیمی و زمانی پرداختند. روند زمانی در سطوح چندک ۰/۰۱ تا ۰/۹۹ از یخ دریای قطب شمال کاهش معنی‌دار آماری در چندک‌های مختلف را نشان می‌دهد. سطوح چندک حدی در صدک‌های ۵ام و ۹۵ام از نوسانات قطب شمال (AO)، نوسانات آتلانتیک شمالی (NAO) و الگوی اقیانوس آرام-آمریکای شمالی (PNA) تأثیر قابل توجهی بر یخ دریای قطب شمال داشته‌اند و تجزیه و تحلیل بین یخ دریای قطب شمال و الگوهای آب و هوایی نقش مهمی را که الگوهای آب و هوایی در کاهش یخ دریای ایفا می‌کنند به ویژه در چندک‌های بالایی و پایینی از غلظت یخ دریا تأیید می‌کند. Mohsenipour et al. (2020) به بررسی تغییرات در توزیع بارش در طول ماه‌های موسمی (ژوئن تا سپتامبر) در بنگلادش با استفاده از رگرسیون چندک پرداختند؛ نتایج نشان داد مقدار بارندگی در بسیاری از چندک‌ها از ژوئن تا آگوست کاهش و در ماه سپتامبر در بیش‌تر ایستگاه‌ها افزایش یافته است و نیز کاهش در چندک‌های پایین‌تر بارندگی در بیش‌تر ماه‌های موسمی اتفاق افتاده که ممکن است باعث افزایش احتمال خشکسالی در کشور شود. برارخان‌پور و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی روند تغییرات فصلی و سالانه بارش با روش رگرسیون چندک در گرگان، ایران دریافتند که در فصل بهار، چندک‌های میانی شیب کاهشی ولی در فصل

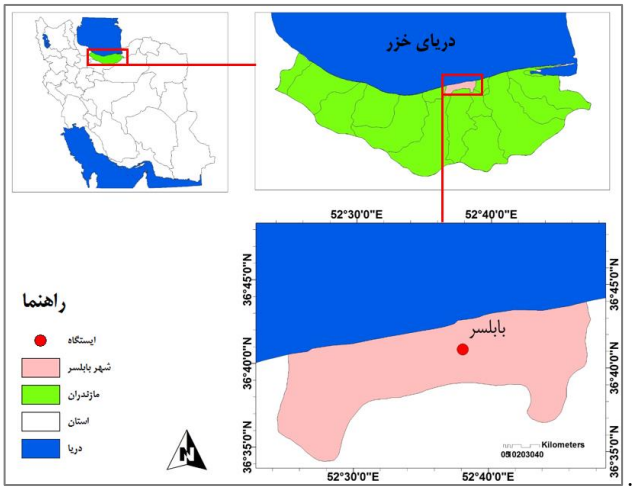
تابستان، چندک‌های بالایی شیب افزایشی دارند. در فصل پاییز چندک‌های پایینی دارای روند کاهشی و در فصل زمستان چندک‌های میانی روند کاهشی، اما چندک‌های بالایی روند افزایشی دارند و همچنین در سری سالانه بارش، چندک‌های پایینی دارای شیب کاهشی بارش می‌باشند که به طور کلی می‌توان گفت که بر ترسالی‌های شدید و خشکسالی‌های شدید افزوده شده است.

از بین مطالعاتی که در زمینهٔ بررسی روند متغیرهای اقلیمی با استفاده از آزمون‌های مرسوم ناپارامتری و روش رگرسیون چندک انجام شده است، چنین بر می‌آید که روش رگرسیون چندک بررسی جامع‌تر و نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. از جمع‌بندی مطالعات انجام شده چنین استنباط می‌شود که در داخل کشور مطالعات محدودی براساس روش رگرسیون چندک بر روی متغیرهای اقلیمی صورت گرفته است. لذا با توجه به اهمیت پدیده‌ی تغییر اقلیم و اثرات متعاقب آن، در این پژوهش به منظور بررسی تغییرات در مقادیر مختلف از کمینه و بیشینه دما، بارش و سرعت باد در ایستگاه سینوپتیک بابلسر، از روش رگرسیون چندک تجربی استفاده شد تا تغییرات روند چندک‌های مختلف از متغیرهای اقلیمی در طول زمان بررسی و تحلیل گردد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

در این تحقیق از داده‌های ایستگاه سینوپتیک بابلسر استفاده شد. این ایستگاه با مختصات جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۲ دقیقهٔ عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی در شهر بابلسر قرار دارد. ارتفاع این شهر ۲۱ متر پایین‌تر از سطح دریاهای آزاد و ۷ متر بالاتر از سطح دریای مازندران قرار دارد. تمام وسعت بابلسر به صورت اراضی جلگه‌ای و دشتی بوده و فاقد مناطق مرتفع کوهپایه و کوهستانی می‌باشد. این شهر با حداکثر دمای سالانه ^{o}C ۲۷، حداقل دمای سالانه ۸/۱ ° که به ترتیب مربوط به ماه‌های مرداد و بهمن می‌باشد، دارای میانگین بارندگی سالانه ۸۹۱ میلی‌متر و میزان متوسط رطوبت نسبی ۷۹ درصد می‌باشد. اقلیم منطقه با روش آمبرژه، معتدل مرطوب ارزیابی گردید. شکل ۱ نقشه‌ی موقعیت ایستگاه مورد مطالعه را نشان می‌دهد



شکل (۱): موقعیت ایستگاه سینوپتیک بابلسر

داده‌های پژوهش

در این پژوهش، سری‌های زمانی داده‌های بیشینه و کمینه‌ی دمای روزانه، بارش روزانه و حداکثر سرعت باد روزانه در ایستگاه سینوپتیک بابلسر، در دورهٔ آماری ۶۲ ساله موجود بین سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۳۸ مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق از سازمان

هواشناسی استان اخذ شدند. پس از بررسی داده‌ها، سری زمانی از کمترین و بیشترین دما، بارش و حداکثر سرعت باد در مقیاس روزانه در فصل‌های مختلف سال تشکیل و رگرسیون چندک با گام ۰/۰۱ بر روی سری‌های فصلی از متغیرهای هواشناسی اعمال شد. سپس به منظور بررسی تغییرات در چندک‌های مختلف از هر متغیر، مقدار شیب و معنی‌داری روند در چندک‌های ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵، ۰/۷۵، ۰/۹، ۰/۹۵ و ۰/۹۹ از خطوط رگرسیون چندک برای دوره‌ی آماری ۶۲ ساله مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

چندک

چندک‌ها مقادیری با فواصل مساوی هستند که از تابع توزیع تجمعی یک متغیر تصادفی انتخاب می‌شوند. برای متغیر تصادفی X، پارامتر را چندک pام برای F(x) می‌نامند زمانی‌که نامساوی زیر برقرار باشد:

$$P(x < \mu_P) \le p \le P(x \le \mu_p) \qquad ,0 < p < 1 \quad (۳)$$

چندک‌ها کلی‌تر از میانه می‌باشند به طوری‌که همان میانه است. به عبارتی اگر از نقطه‌ی ، خطی موازی با محور yها رسم کنیم، مساحت زیر منحنی فراوانی در سمت چپ این خط رسم شده، برابر p می‌باشد (فتاحی، ۱۳۸۴).

رگرسیون چندک

رگرسیون چندک یک روش آماری با قابلیت محاسبه و رسم منحنی‌های رگرسیونی متفاوت و منطبق با نقاط صدکی مختلف می‌باشد، این روش برای مدل کردن چندک‌های متغیر پاسخ معین بر روی متغیرهای مستقل شرطی یا بر روی زمان تعیین شده است و اطلاعات بیشتری در بررسی چگونگی تغییرات وقایع مرتبط با مقادیر حدی و شدید در اختیار قرار می‌دهد.

برآورد توابع چندک شرطی یا رگرسیون چندک در سال ۱۹۷۸ توسط کوئنکر و باست بررسی شد.

مدل رگرسیون چندک به شکل رابطه (۴) می‌باشد:

$$Y(\rho|x) = \beta_0(\rho) + \beta_1(\rho)\mathrm{x} + \varepsilon \quad (۴)$$

که در آن، (ρ) عرض از مبدأ و (ρ) ضریب شیب می‌باشد و هر دو بسته به مقدار ρامین چندک مورد بررسی تغییر می‌کنند. ε خطا با انتظار صفر و محدوده‌ی مقادیر ρ از ۰ تا ۱ می‌باشد (Lee et al., 2013).

برای برآورد رگرسیون چندک برخلاف مدل رگرسیون خطی که بر حداقل کردن مربع باقیمانده‌های مدل مبتنی است، در این روش رگرسیونی از حداقل نمودن مجموع قدرمطلق باقیمانده‌ها استفاده می‌شود که روش حداقل قدرمطلق باقیمانده‌ها[۱] نامیده می‌شود. بر این اساس، برآورد رگرسیون چندک ρام، توسط حداقل کردن رابطه (۵) انجام می‌شود:

$$minimize \left\{ \sum_{\{i|y_i<y_p(x_i)\}} (1-\rho)|y_i - y_p(x_i)| + \sum_{\{i|y_i>y_p(x_i)\}} \rho|y_i - y_p(x_i)| \right\} \quad (۵)$$

که $i = 1,2,\dots,n$ و $(\rho)+ =$ می‌باشد. به عبارتی دیگر، مقدار مطلق تفاوت بین یک مشاهده از چندک ρام منتاظر ()، وزن $(1-\rho)$ می‌گیرد، اگر مشاهدات زیر خط چندک باشد، و وزن ρ می‌گیرد، اگر مشاهدات بالای خط چندک باشد (Lee et al., 2013). خط برازش داده شده در این روش به گونه‌ای است که $100 \times \theta$ درصد از نقاط زیر آن و مابقی بالای خط قرار می‌گیرند. نحوه‌ی برآورد پارامترهای مدل در برارخان‌پور و همکاران (۱۳۹۹) و جزئیات محاسبات این روش در مطالعات کوئنکر (2005، 2006) بیان شده است.

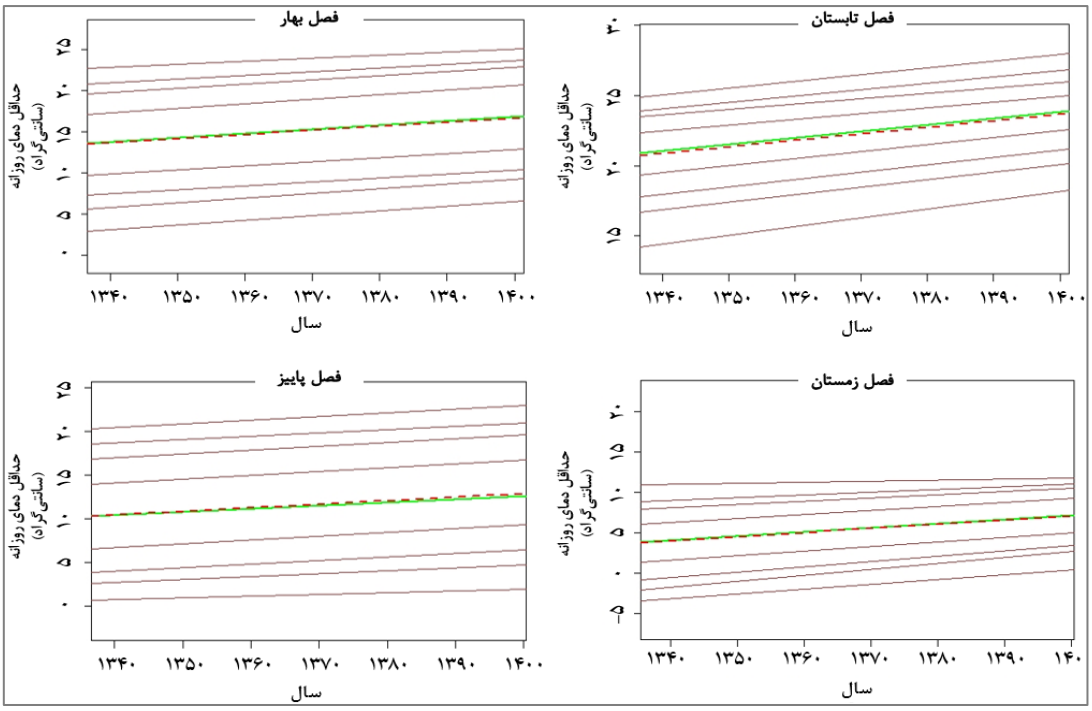
نتایج و بحث

نتایج روند فصلی در چندک‌های حداقل دمای روزانه

نتایج بررسی روش رگرسیون بر روی سری داده‌های حداقل دمای روزانه در فصل‌های مختلف سال در شکل ۲ و جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به شکل، مقادیر شیب در چندک‌های مختلف برای هر ۴ فصل سال مثبت و افزایشی و مقداری متفاوت بوده است؛ به طوری در

۶. Least Absolute Deviation

فصل‌های بهار، تابستان و پاییز شیب‌های برآورد شده در چندک‌های مختلف نزدیک به شیب میانه اما در فصل زمستان چندک‌های بالاتر از چندک ۰/۵ شیب‌های کمتر از چندک‌های پایین‌تر داشته‌اند. از نظر معنی‌داری نیز اغلب چندک‌های حداقل دما دارای روند مثبت و افزایشی در فصل‌های مختلف بوده که حاکی از افزایش مقادیر مختلف حداقل دما می‌باشد. خطوط رگرسیون چندک در فصل‌های بهار، تابستان و پاییز تقریباً موازی و مشابه بوده که نشان می‌دهد توزیع داده‌های حداقل دما در این فصل گرایش بیش‌تری به توزیع نرمال دارد. اما در فصل زمستان، خطوط چندک در سمت چپ نمودار یا به عبارتی در سال‌های ابتدایی توزیع داده، فاصله‌ی بیش‌تری از یکدیگر داشته که حاکی از چولگی مثبت داده‌های حداقل دمای روزانه در این فصل می‌باشد. همچنین در فصل‌های بهار و تابستان، فاصله‌ی خطوط چندک در چندک‌های بالایی کمتر از چندک‌های پایینی بوده که نشان می‌دهد تعدد داده‌های توزیع در چندک‌های بالایی بیشتر می‌باشد.



شکل (۲): خطوط رگرسیون چندک (از پایین به بالا شامل چندک‌های ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۰/۹، ۰/۹۵، ۰/۹۹) برای سری زمانی فصلی حداقل دمای روزانه (خطوط در شکل، بیانگر خط رگرسیون چندک برای چندک‌های مختلف، خط تیره قرمز بیانگر شیب رگرسیون خطی معمولی و خط سبز بیانگر شیب رگرسیون میانه می‌باشد).

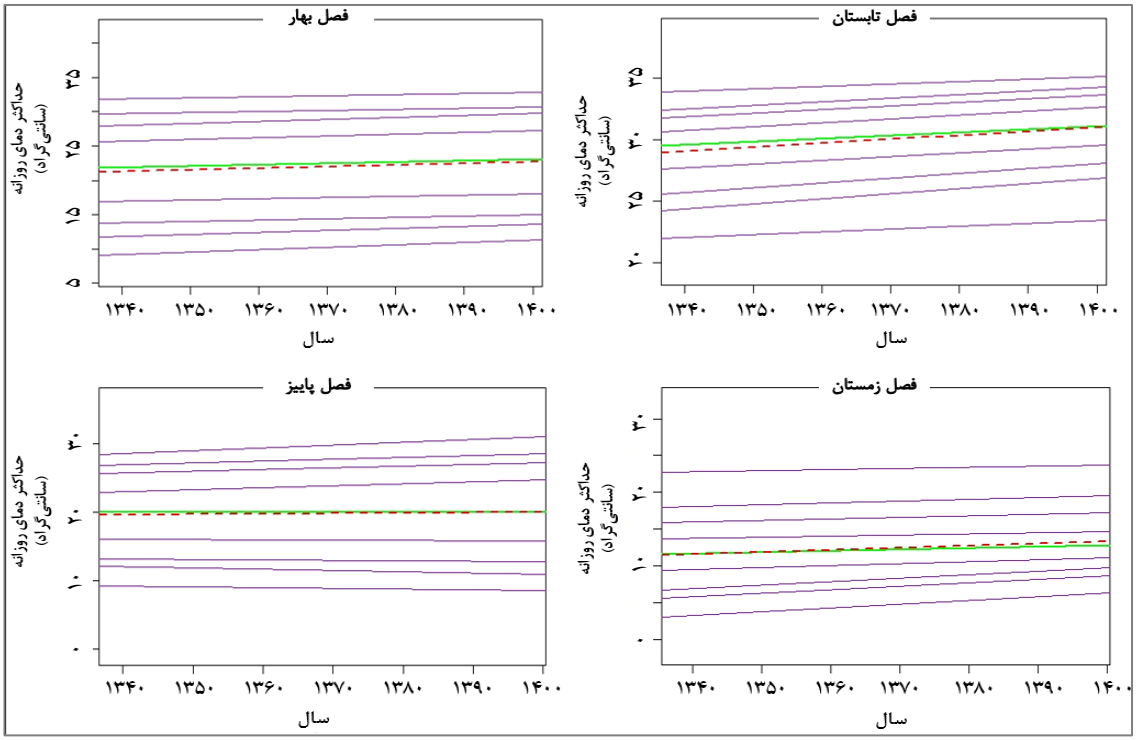
جدول (۱): مقادیر شیب خطوط رگرسیون چندک و معنی‌داری آماری آن برای توزیع داده حداقل دمای روزانه در مقیاس فصلی

فصل	شیب در چندک‌های مختلف								
	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۱	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۰/۹	۰/۹۵	۰/۹۹
بهار	۰/۰۵۷**	۰/۰۵۷**	۰/۰۴۸**	۰/۰۵**	۰/۰۵**	۰/۰۵۶**	۰/۰۵**	۰/۰۴۵**	۰/۰۳۷**
تابستان	۰/۰۶۲**	۰/۰۵۳**	۰/۰۵۲**	۰/۰۵**	۰/۰۴۶**	۰/۰۴۱**	۰/۰۳۹**	۰/۰۴۵**	۰/۰۴۸**
پاییز	۰/۰۲	۰/۰۳۲**	۰/۰۴**	۰/۰۴۲**	۰/۰۳۶**	۰/۰۴۳**	۰/۰۴۳**	۰/۰۳۸**	۰/۰۴۱**
زمستان	۰/۰۵۹**	۰/۰۷۴**	۰/۰۶۶**	۰/۰۵۶**	۰/۰۵۲**	۰/۰۵**	۰/۰۴**	۰/۰۳۴**	۰/۰۱۳*

سطح معنی‌داری: $p<0.05^{*}$ ، $p<0.01^{**}$

نتایج روند فصلی در چندک‌های حداکثر دمای روزانه

بررسی روند تغییرات حداکثر دمای روزانه در فصل‌های مختلف (شکل ۳) نشان داده است که شیب‌های برآورد شده در تمامی چندک‌های مورد مطالعه در فصل‌های بهار، تابستان و زمستان مثبت و افزایشی بوده است. اما در فصل پاییز چندک‌های بالایی دارای شیب مثبت و چندک‌های پایینی دارای شیب منفی بوده‌اند. مقادیر شیب در چندک‌های مختلف، مقداری متفاوت با شیب رگرسیون میانه بوده است؛ از نظر معنی‌داری نیز (جدول ۲) بیشتر چندک‌ها روند معنی‌دار داشته که شدت این روندها در چندک‌های پایینی در فصل زمستان بیشتر بوده است که حاکی از افزایش قابل توجه حداکثر دمای روزانه در این فصل می‌باشد. اما در فصل پاییز تنها چندک پایینی ۰/۰۵ دارای روند کاهشی معنی‌دار در حداکثر دما بوده در حالی که چندک‌های بالایی دارای روند معنی‌دار افزایشی بوده‌اند. در فصل‌های بهار و تابستان، خطوط رگرسیون چندک در چندک‌های بالایی نزدیک به یکدیگر بوده که بیانگر تعدد بیش‌تر داده‌ها در چندک‌های بالایی می‌باشد اما در فصل زمستان خطوط چندک پایینی فاصله‌ی کمتری نسبت به هم داشته که بیانگر تمرکز بیش‌تر داده‌های حداکثر دما در چندک‌های پایینی می‌باشد و نیز خطوط چندک در سمت چپ نمودار یا به عبارتی در سال‌های ابتدایی توزیع داده، فاصله‌ی بیش‌تری از یکدیگر داشته که حاکی از چولگی مثبت داده‌ها در این فصل می‌باشد. در حالی‌که در فصل پاییز داده‌های توزیع گرایش به چولگی منفی داشته‌اند



شکل (۳): خطوط رگرسیون چندک (از پایین به بالا شامل چندک‌های ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۰/۹، ۰/۹۵، ۰/۹۹) برای سری زمانی فصلی حداکثر دمای روزانه (خطوط در شکل، بیانگر خط رگرسیون چندک برای چندک‌های مختلف، خط تیره قرمز بیانگر شیب رگرسیون خطی معمولی و خط سبز بیانگر شیب رگرسیون میانه می‌باشد).

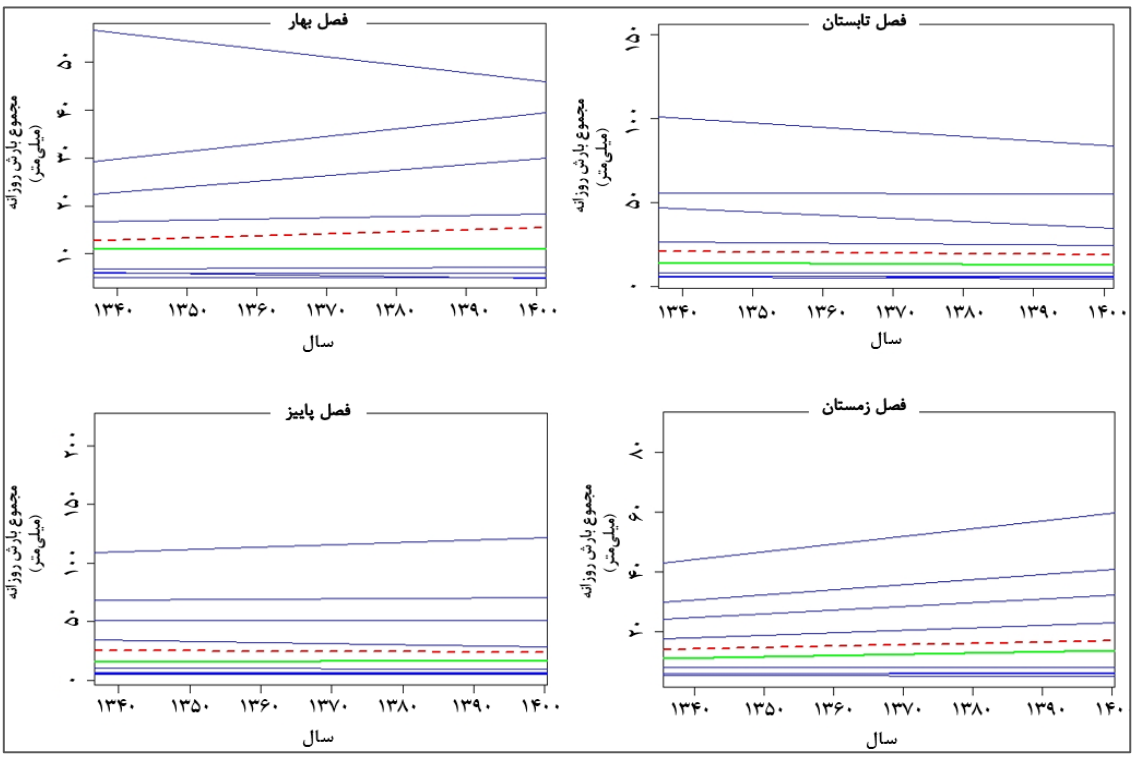
جدول (۲): مقادیر شیب خطوط رگرسیون چندک و معنی‌داری آماری آن برای توزیع داده حداکثر دمای روزانه در مقیاس فصلی

فصل	شیب در چندک‌های مختلف								
	۰/۰۱	**۰/۰۵**	**۰/۱**	**۰/۲۵**	**۰/۵**	**۰/۷۵**	**۰/۹**	**۰/۹۵**	**۰/۹۹**
بهار	۰/۰۳۴**	۰/۰۲۹**	۰/۰۲**	۰/۰۱۸**	۰/۰۱۹**	۰/۰۲۷**	۰/۰۲۹**	۰/۰۱۶**	۰/۰۱۵**
تابستان	۰/۰۲۳	۰/۰۴۲**	۰/۰۳۹**	۰/۰۳**	۰/۰۲۵**	۰/۰۳۲**	۰/۰۲۹**	۰/۰۲۹**	۰/۰۱۹**
پاییز	-۰/۰۱	-۰/۰۱۸*	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۵	۰	۰/۰۲۷**	۰/۰۲۵**	۰/۰۲۷**	۰/۰۴**
زمستان	۰/۰۵۲**	۰/۰۴۶**	۰/۰۴۸**	۰/۰۲۷**	۰/۰۱۹**	۰/۰۱۶**	۰/۰۲**	۰/۰۲۵*	۰/۰۱۶

سطح معنی‌داری: $p<0.05^{*}$ ، $p<0.01^{**}$

نتایج روند فصلی در چندک‌های بارش روزانه

بررسی روند بارندگی روزانه در فصل‌های مختلف نشان داده است که در تمام فصل‌های سال، چندک‌های پایینی تغییرات چندانی نداشته‌اند اما چندک‌های بالایی و بالایی حدی دارای شیب‌های متفاوت و قابل توجه بوده‌اند؛ در فصل‌های بهار و زمستان بیش‌تر چندک‌های بالایی دارای شیب مثبت و افزایشی بوده‌اند و تنها چندک ۰/۹۹ در بهار شیب منفی و کاهشی داشته است اما در فصل‌های تابستان و پاییز بشتر چندک‌های دارای شیب منفی و کاهشی بوده‌اند و تنها چندک ۰/۹۹ در فصل پاییز شیب منفی و کاهشی داشته‌اند. از نظر معنی‌داری نیز در فصل بهار چندک ۰/۰۵ و در فصل تابستان چندک‌های ۰/۰۱ و ۰/۰۵ دارای روند معنی‌دار کاهشی اما در فصل زمستان چندک‌های ۰/۵، ۰/۷۵ و ۰/۹ دارای روند معنی‌دار مثبت و افزایشی قابل توجه بوده‌اند که بیانگر افزایش قابل توجه مقادیر میانی و بالای بارندگی‌های روزانه در فصل زمستان می‌باشد. فاصله‌ی خطوط چندک در چندک‌های پاییتی بسیار کم‌تر از چندک‌های بالایی بوده که حاکی از آن است که داده‌های بارندگی در چندک‌های پایینی نسبت به چندک‌های بالایی بسیار نزدیک به یکدیگر می‌باشند و نیز با توجه به فاصله‌ی خطوط چندک در سال‌های ابتدایی و انتهایی داده، توزیع بارندگی در فصل‌های بهار و تابستان گرایش به چولگی مثبت اما توزیع بارندگی در فصل‌های پاییز و زمستان گرایش به چوله شدن به سمت چپ یا چولگی منفی داشته است.



شکل (۴): خطوط رگرسیون چندک (از پایین به بالا شامل چندک‌های ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۰/۹، ۰/۹۵، ۰/۹۹) برای سری زمانی فصلی بارش روزانه (خطوط در شکل، بیانگر خط رگرسیون چندک برای چندک‌های مختلف، خط تیره قرمز بیانگر شیب رگرسیون خطی معمولی و خط سبز بیانگر شیب رگرسیون میانه می‌باشد).

جدول (۳): مقادیر شیب خطوط رگرسیون چندک و معنی‌داری آماری آن برای توزیع داده مجموع بارش روزانه در مقیاس فصلی

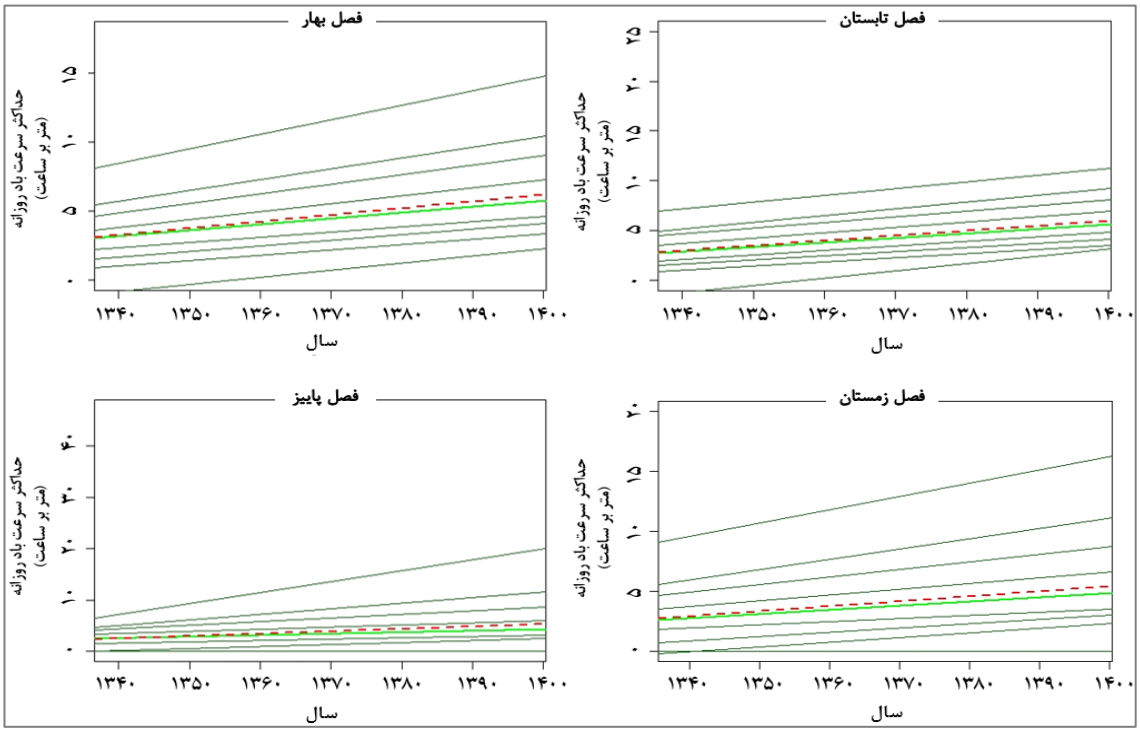
فصل	شیب در چندک‌های مختلف								
	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۱	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۰/۹	۰/۹۵	۰/۹۹
بهار	-۰/۰۰۲۲	-۰/۰۲**	۰	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۲۶	۰/۱۱	۰/۱۵	-۰/۱۶
تابستان	-۰/۰۱*	-۰/۰۰۹*	۰	۰	۰/۰۲۵	-۰/۰۲۷	-۰/۰۱۹	۰/۰۰۵	-۰/۲۶
پاییز	-۰/۰۰۳۸	۰	۰	-۰/۰۰۹	۰/۰۳۳	-۰/۰۹	۰	۰/۰۴	۰/۲
زمستان	-۰/۰۰۶	۰	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۴۳*	۰/۰۸۳*	۰/۱۲۵*	۰/۱۷	۰/۲۵

سطح معنی‌داری: $p<0.05^{*}$ ، $p<0.01^{**}$

نتایج روند فصلی در چندک‌های حداکثر سرعت باد روزانه

بررسی تغییرات حداکثر سرعت باد نشان داده است که در تمام فصل‌ها شیب خطوط روند برای اغلب چندک‌های مورد مطالعه مثبت و معنی‌دار و متفاوت با یکدیگر بوده است؛ در فصل‌های بهار، پاییز و زمستان مقادیر شیب‌های روند در چندک‌های بالایی خصوصاً بالایی حدی با شدت بیشتری نسبت به چندک‌های پایینی افزایش یافته است که بیانگر افزایش قابل توجه مقادیر بالای سرعت باد در این فصل‌ها می‌باشد و بیشترین شیب‌های روند معنی‌دار مربوط به چندک بالایی حدی ۰/۹۹ بوده است. اما در فصل تابستان شیب‌های برآورد شده در تمامی چندک‌ها مثبت و معنی‌دار بوده و از یکنواختی بیش‌تری برخوردار است. فاصله‌ی خطوط چندک در فصل‌های بهار، پاییز و زمستان در چندک‌های بالایی کمتر از چندک‌های پایینی بود که بیانگر پراکندگی بیش‌تر داده‌ها در چندک‌های بالایی می‌باشد و

نیز خطوط چندک در سال‌های ابتدایی یا در سمت چپ نمودار فاصله‌ی کمتری داشته که نشان می‌دهد توزیع داده‌های حداکثر سرعت باد در این فصل‌ها گرایش به چولگی منفی دارند.



شکل (۵): خطوط رگرسیون چندک (از پایین به بالا شامل چندک‌های ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۰/۹، ۰/۹۵، ۰/۹۹) برای سری زمانی فصلی سرعت باد روزانه (خطوط در شکل، بیانگر خط رگرسیون چندک برای چندک‌های مختلف، خط تیره قرمز بیانگر شیب رگرسیون خطی معمولی و خط سبز بیانگر شیب رگرسیون میانه می‌باشد).

جدول (۴): مقادیر شیب خطوط رگرسیون چندک و معنی‌داری آماری آن برای توزیع داده‌ی حداکثر سرعت باد روزانه در مقیاس فصلی

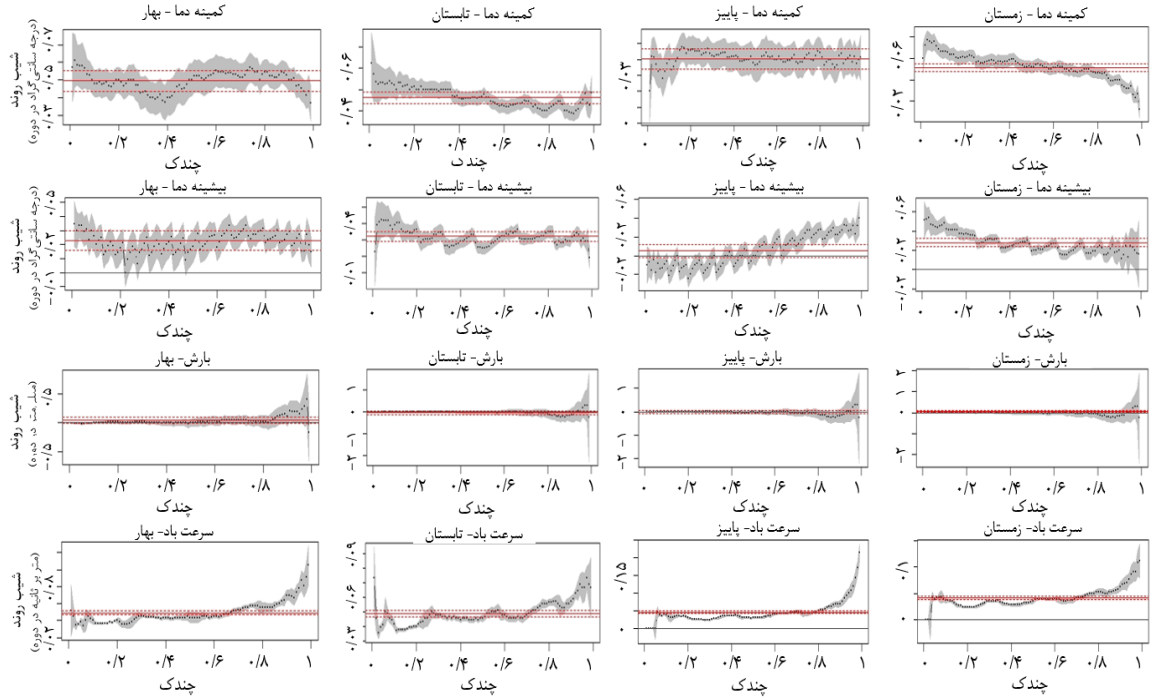
فصل	شیب در چندک‌های مختلف								
	۰/۰۱	**۰/۰۵**	**۰/۱**	**۰/۲۵**	**۰/۵**	**۰/۷۵**	**۰/۹**	**۰/۹۵**	**۰/۹۹**
بهار	۰/۰۵**	۰/۰۳۸**	۰/۰۴**	۰/۰۳۷**	۰/۰۴۳**	۰/۰۵۷**	۰/۰۷**	۰/۰۷۸**	۰/۱**
تابستان	۰/۰۷۳**	۰/۰۴**	۰/۰۴**	۰/۰۴۵**	۰/۰۴۵**	۰/۰۵۲**	۰/۰۵۷**	۰/۰۶۶**	۰/۰۶۶**
پاییز	۰	۰	۰/۰۳۸**	۰/۰۲۵**	۰/۰۳**	۰/۰۴**	۰/۰۷**	۰/۱**	۰/۲۱**
زمستان	۰	۰/۰۳۸**	۰/۰۳۵**	۰/۰۲۶**	۰/۰۳۴**	۰/۰۴۷**	۰/۰۶۲**	۰/۰۸۸**	۰/۱۱**

سطح معنی‌داری: $p<0.05^{*}$ ، $p<0.01^{**}$

بررسی شیب‌ها در چندک‌های مختلف پارامترهای اقلیمی

شکل ۶ تصویری کامل‌تر از نتایج رگرسیون چندک را در بررسی روند متغیرهای اقلیمی در مقیاس فصلی نشان می‌دهد به طوری‌که شیب‌های چندک برآورد شده برای چندک‌های ۰/۰۱ تا ۰/۹۹ با گام ۰/۰۱ یعنی چندک‌های ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳، ...، ۰/۹۹ را بررسی می‌کند. با توجه به شکل، مقادیر شیب یا ضرایب رگرسیون چندک برای هر متغیر در چندک‌های مختلف برای متغیرهای کمینه و

بیشینه‌ی دما با درجه‌ی بالاتری از عدم اطمینان برآورد شده اما برای متغیر سرعت باد، تغییرات شیب‌ها هموارتر و با درجه‌ی پایین‌تری از عدم قطعیت برآورد شده است. برای متغیر بارش نیز در بیش‌تر شیب‌های برآوردی در بیش‌تر چندک‌ها صفر یا نزدیک به صفر بوده‌اند و تنها در چندک‌های بالایی حدی تغییرات در شیب‌های چندک نمایان است



شکل (۶): نمودار شیب روندها برای سری زمانی فصلی از کمینه و بیشینه دما ، بارش و سرعت باد روزانه به همراه چندک‌ها (۰/۹۹-۰/۰۱ با گام ۰/۰۱) (در این شکل نقاط مشکی، شیب برآوردی برای هر چندک و ناحیهٔ خاکستری، حدود اعتماد ۹۰٪ برای شیب‌ها می‌باشد و نیز خط قرمز و خط تیرهٔ قرمز به ترتیب شیب رگرسیون میانگین و حدود اعتماد این شیب می‌باشد).

بررسی تغییرات سالانه در چندک‌های متغیرهای اقلیمی

جدول ۵ مقادیر شیب و معنی‌داری آماری را برای چندک‌های مختلف از متغیرهای اقلیمی کمینه و بیشینه دما، بارش و سرعت باد در مقیاس سالانه و نیز مقدار تغییرات آن‌ها را در دوره‌ی آماری مورد نظر نشان می‌دهد. با توجه به جدول، متغیرهای سرعت باد، کمینه و بیشینه‌ی دما در تمامی چندک‌های مورد مطالعه دارای روند افزایشی معنی‌دار با شیب مثبت بوده‌اند اما بارش سالانه تنها در چندک ۰/۰۱دارای روند معنی‌دار کاهشی و در چندک‌های ۰/۱ و ۰/۷۵ دارای روند معنی‌دار افزایشی بوده است. بیش‌ترین میزان تغییرات در کمینه و بیشینه‌ی دما مربوط به چندک پایینی حدی ۰/۰۱ به ترتیب به اندازه‌ی ۴/۳۸ و ۲/۸۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و اما برای سرعت باد در چندک بالایی حدی ۰/۹۹ به اندازه‌ی ۸/۲۴ متر بر ثانیه در در دوره‌ی مطالعاتی بوده است. اما تغییرات معنی‌دار در بارش سالانه کمتر از یک میلی‌متر بوده و چندان محسوس نبوده است

جدول (۵): مقادیر شیب خطوط رگرسیون چندک، معنی‌داری آماری آن و میزان تغییرات برای توزیع داده پارامترهای اقلیمی در مقیاس سالانه

پارامتر	نتایج روند	شیب در چندک‌های مختلف							
		۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۱	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۰/۹	۰/۹۵	۰/۹۹
حداقل دما	شیب	۰/۰۷ **	۰/۰۶ **	۰/۰۵۵ **	۰/۰۵۵ **	۰/۰۵۳ **	۰/۰۵۴ **	۰/۰۴۳ **	۰/۰۴۲ **	۰/۰۴۸ **
	مقدار تغییرات (سانتی‌گراد)	۴/۳۸	۳/۶۶	۳/۳۸	۳/۳۶	۳/۲۳	۳/۳۳	۲/۶۵	۲/۶	۲/۹۴
حداکثر دما	شیب	۰/۰۴ **	۰/۰۳۴ **	۰/۰۳ **	۰/۰۱۶ **	۰/۰۲۳ **	۰/۰۳۷ **	۰/۰۳۴ **	۰/۰۳۵ **	۰/۰۳۱ **
	مقدار تغییرات (سانتی‌گراد)	۲/۸۵	۲/۱	۱/۸۵	۰/۹۶	۱/۴۳	۲/۲۷	۲/۱	۲/۱۵	۱/۹
بارش	شیب	-۰/۰۰۶ **	۰	۰/۰۰۷ **	۰/۰۰۲	۰/۰۲۴	۰/۰۶ *	۰/۰۳	۰/۱۳	-۰/۰۴۷
	مقدار تغییرات (میلی‌متر)	-۰/۳۷	۰	۰/۴۶	۰/۱۴	۱/۴۶	۳/۷۳	۱/۶۸	۸/۲	-۲/۸۸
باد	شیب	۰	۰/۰۴ **	۰/۰۳۴ **	۰/۰۳۷ **	۰/۰۴ **	۰/۰۵ **	۰/۰۶ **	۰/۰۸ **	۰/۱۳ **
	مقدار تغییرات (متر بر ثانیه)	۰	۲/۵۴	۲/۱	۲/۲۶	۲/۵۴	۳/۰۵	۳/۸	۴/۸۸	۸/۲۴

سطح معنی‌داری: $p<0.05^{*}$ ، $p<0.01^{**}$

با توجه به نتایج بالا، رگرسیون چندک روندهای با شیب‌های متفاوتی را برای محدوده‌ها یا چندک‌های مختلف از توزیع دادهٔ کمینه و بیشینه دما، بارش و سرعت باد روزانه در ایستگاه بابلسر نشان داده است به طوری‌که ممکن است رفتار تغییرات در فصل‌های مختلف برای هر چندک دلخواه از دادهٔ متغیرهای اقلیمی متفاوت با چندک‌های دیگر باشد. کمینه و بیشینه‌ی دما در تمامی فصل‌ها و در اغلب چندک‌ها افزایش یافته است و تنها در چندک‌های پایینی از بیشینه‌ی دما در پاییز روند معنی‌داری مشاهده نشده است؛ بیش‌ترین روندهای افزایشی برای کمینه‌ی دما در چندک‌های پایینی و برای بیشینه‌ی دما در چندک‌های بالایی و بالایی حدی در فصل زمستان دیده شده است که می‌توان بیان کرد که دمای صبح دم و دمای هنگام ظهر در فصل زمستان به طور قابل ملاحظه‌ای افزیش یافته است. برای متغیر بارش در بیش‌تر فصل‌ها و برای اغلب چندک‌های مورد مطالعه روند معنی‌داری مشاهده نشده است و تنها چندک‌های میانی بالا در فصل زمستان و چندک‌های پایینی حدی در فصل تابستان دارای روند افزایشی معنی‌دار بوده‌اند که بیانگر افزایش مقدار بارش‌های حداقلی در فصل تابستان و بارش‌های متوسط رو به بالا در فصل زمستان می‌باشد. متغیر سرعت باد در تمامی فصل‌های سال به صورت معنی‌دار افزایشی یافته است که شدت آن در چندک‌های بالایی بسیار بیشتر از چندک‌ها پایینی بوده است به گونه‌ای که بیشترین شیب‌های روند به ترتیب در چندک‌های بالایی حدی در پاییز، زمستان و بهار بوده است که حاکی از افزایش قابل توجه سرعت باد حداکثری می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز بیش‌ترین تغییرات معنی‌دار مربوط به افزایش در مقادیر چندک‌های پایینی حدی برای کمینه و بیشینه دما و مقادیر چندک‌های بالایی حدی برای سرعت باد بوده است. از نظر مقایسهٔ روش رگرسیون چندک با روش رگرسیون میانگین و میانه با توجه به شیب‌های برآورد شده در نمودارهای بالا، می‌توان اظهار داشت که روش رگرسیون چندک اطلاعات زیادی در مورد چگونگی تغییرات در محدوده‌های مختلف از توزیع متغیرهای اقلیمی

در اختیار قرار می‌دهد و نشان می‌دهد که روند تغییرات در کدام چندک‌ها رخ داده و یا در کدام یک از چندک‌ها شدت بیشتری داشته است. در حالی‌که رگرسیون میانگین تنها میانگین داده‌ها را مد نظر قرار داده و اطلاعاتی در مورد نحوه‌ی تغییرات در محدوده‌های مختلف از توزیع به دست نمی‌دهد؛ چه بسا که ممکن است تغییرات در محدوده‌های دیگری از سری داده‌ها، برای مثال در چندک‌های حدی بالا یا پایین اتفاق بیفتد اما در میانگین داده‌ها چندان محسوس نباشد که گاه نتایج و تصمیم‌گیری‌های اشتباه را به دنبال خواهد داشت. بنابراین با توجه به روند افزایشی در کمینه و بیشینه دما و سرعت باد که از جمله مولفه‌های مهم مؤثر بر تبخیر-تعرق هستند؛ می‌توان اظهار داشت که افزایش در این متغیرها باعث افزایش در مقدار تبخیر-تعرق می‌شود و از آن‌جا که بارش تغییرات محسوسی نداشته است افزایش قابل توجه تبخیر-تعرق ممکن است باعث کاهش منابع آبی در دسترس شود و از آن‌جا که شهر بابلسر یکی از قطب‌های کشاورزی خصوصاً کشت غرقابی برنج می‌باشد، کاهش منابع آب در دسترس می‌تواند مشکلاتی را به همراه داشته باشد.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر به منظور بررسی روند تغییرات کمینه و بیشینه دمای روزانه، بارش و سرعت باد در ایستگاه سینوپتیک بابلسر در طول دوره آماری ۱۳۹۹-۱۳۳۸و در مقیاس فصلی و سالانه، از روش رگرسیون چندک استفاده گردید و نتایج مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت که مهم‌ترین نتایج به شرح زیر می‌باشد:

- بیشینه و کمینه‌ی دمای روزانه در هر ۴ فصل از سال افزایش یافته است که شدت این افزایش دما در دماهای اول صبح و هنگام ظهر که به ترتیب پایین‌ترین و بالاترین مقدار دما در روز می‌باشد، در فصل زمستان بیش‌تر بوده است.
- تغییرات محسوسی در بارش روزانه برای فصل‌های مختلف دیده نشده است.
- تمام مقادیر از حداکثر سرعت باد روزانه در هر ۴ فصل از سال افزایش یافته است که شدت این افزایش برای مقادیر بالای سرعت باد بیش‌تر بوده است به طوری‌که در فصل‌های پاییز، زمستان و بهار به طور محسوس و قابل توجه نشان داده شده است.
- مقادیر پایین از کمینه و بیشینه‌ی دما در سال به ترتیب ۴/۳۸ و ۲/۸۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و مقادیر بالای حداکثر سرعت باد روزانه به اندازه‌ی ۸/۲۴ متر بر ثانیه افزایش یافته است.
- شیب رگرسیون چندک در چندک‌های حدی بالا و پایین به ویژه برای متغیرهای باد و بارش مقادیری متفاوت با شیب رگرسیون میانه و میانگین داشته است لذا تنها نمی‌توان به روش‌های رگرسیونی میانه و میانگین برای بررسی تغییرات در محدوده‌های مختلف از توزیع متغیرهای اقلیمی اکتفا نمود؛ چه بسا که گاهی اوقات ممکن است عدم اطلاعات کافی در مورد تغییرات در محدوده‌های مختلف از داده به نتایج نادرستی منتهی شود
-
-

منابع

اسدزاده، ف.، م. کاکی و س. شکیبا. ۱۳۹۶. بررسی و تحلیل روند تبخیر-تعرق گیاه مرجع با استفاده از آزمون اسپیرمن در ایستگاه‌های سینوپتیک استان کردستان. تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۱۳، شماره ۱، ص ۲۱۶-۲۲۲.

باب الحکمی، ع.، م.ع. غلامی سفیدکوهی و ع.ر. عمادی. ۱۳۹۹. اثر تغییر اقلیم بر تبخیر-تعرق مرجع در استان مازندران. تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۲، ص ۳۸۷-۴۰۱.

برارخان‌پور، ص.، خ. قربانی، م. سالاری جزی و ل. رضایی قلعه. ۱۳۹۹. مطالعه روند تغییرات فصلی و سالانه بارش با روش رگرسیون چندک (مطالعه موردی: ایستگاه هاشم‌آباد گرگان). پژوهش های اقلیم شناسی، سال دهم، شماره سی و نهم، ص ۸۹-۱۰۴.

جلالی، م. و ح. کارگر. ۱۳۹۰. تحلیل و مدل سازی آماری دمای ایستگاه بوشهر(۱۹۵۱-۲۰۰۵). نشریه فضای جغرافیایی، دوره ۱۱، شماره ۳۳، ص ۱۷۳-۱۴۹.

زارعی، ی.، ع.م. خورشیددوست، م. رضایی بنفشه و ه. رستم زاده. ۱۳۹۹. ارزیابی اثرات تغییرات جهانی اقلیم بر عناصر اقلیمی دما و بارش در نواحی مختلف آب و هوایی ایران با استفاده از سناریوهایRCP . نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی.

علی‌پور، ح. و آ. ملکیان. ۱۳۹۸. تحلیل همگنی و روند بارش‌های آستانه با رویکرد آماری ناپارامتری در شمال غرب ایران. مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۱۱، شماره ۴، ص۹۱۷-۹۲۸.

فتاحی، فرهاد. ۱۳۸۴. رگرسیون چندک بیزی. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

قربانی، خ. ۱۳۹۳. الگوی فصلی و مکانی تغییر اقلیم دمای هوا در ایران، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، دوره ۲۱، شماره ۵، ص ۲۷۰-۲۵۷.

قربانی، خ.، ا. ولیزاده و ص. برارخان‌پور. ۱۳۹۷. بررسی روند تغییرات مکانی-زمانی شاخص دو متغیره خشکسالی هواشناسی SPEI در ایران. نشریه مدیریت بیابان، دوره ۶، شماره ۱۱، ص ۲۵-۳۸.

کریمی، م.، ف. ستوده و س. رفعتی. ۱۳۹۷. تحلیل روند تغییرات و پیش بینی پارامترهای حدی دمای ناحیه جنوبی دریای خزر. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۱۸، شماره ۴۸، ص ۷۹-۹۳.

موسوی، ع.ر.، ک. سلیمانی، ف. شکریان و س.ح. روشان. ۱۳۹۹. بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین آمار (مطالعه موردی: دشت لردگان، استان چهارمحال و بختیاری). نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، دوره ۱۰، شماره ۳، ص ۲۶۲-۲۷۵.

Donner, R.V., R. Ehrcke, S.M. Barbosa, J. Wagner, J.F. Donges and J. Kurths. 2012. Spatial patterns of linear and nonparametric long-term trends in Baltic sea-level variability. Nonlinear Processes Geophys, 19: 95–111.

Dunn, R.H., K.M. Willett and E.P. Parker. 2019. Changes in statistical distributions of sub-daily surface temperatures and wind speed. Journal of Eearth System Dynamics, 10(4): 765-788.

Haugen, M.A., M.L. Stein and E.J. Moyer. 2018. Estimating Changes in Temperature Distributions in a Large Ensemble of Climate Simulations Using Quantile Regression. Journal of CLIMATE, 31: 8573-8588.

Hidalgo, G.J.C., M. De Luı́s, J. Ravento and J.R. Sa´nchez. 2003. Dailyrainfall trend in the Valenciaregion ofSpain. Theoretical and Applied Climatology, 75: 117-130.

Kendall, M.G. 1975. Rank Correlation Methods. Charles Griffin, London.

Koenker, R. 2005. Quantile Regression. first ed, New York, Cambridge University Press, 2005, 1-25.

Koenker, R. 2006. Quantile regression in R: A vignette. [Available online at http://www.econ.uiuc.edu/~roger/research/rq/vig.pdf.]

Koenker, R. and G. Bassett. 1978. Regression Quantiles. Econometrica, 46: 33-50.

Kuriqi, A., A. Raushan, Q.B. Pham, J.M. Gambini, V. Gupta, A. Malik, N.T.T. Linh, Y. Joshi, D.T. Anh, V.T. Nam and X. Dong. 2020. Seasonality shift and streamflow flow variability trends in central India. Acta Geophysica, 68(5): 1461-1475.

Kyselý, J. and R. Beranová. 2009. Climate-change effects on extreme precipitation in central Europe: uncertainties of scenarios based on regional climate models. Theoretical and Applied Climatology, 95(3-4): 361-374.

Latif, Y., M. Yaoming, M. Yaseen, S. Muhammad and M.A. Wazir. 2020. Spatial analysis of temperature time series over the Upper Indus Basin (UIB) Pakistan. Theoretical and Applied Climatology, 139(1): 741-758.

Lee, K., H. Beak and C. Cho. 2013. Analysis of Changes in Extreme Temperatures Using Quantile Regression. Korean Meteorological Society, 49: 313-323.

Mann, H.B. 1945. Nonparametric Tests Against Trend. Econometrica, 13(3): 245–259.

Mohsenipour, M., S. Shahid, G.F. Ziarh and Z.M. Yaseen. 2020. Changes in monsoon rainfall distribution of Bangladesh using quantile regression model. Theoretical and Applied Climatology,

142(3): 1329-1342.

Norouzi, N. 2020. Climate change impacts on the water flow to the reservoir of the Dez Dam basin. Water Cycle, 1: 113-120.

Nyikadzino, B., M. Chitakira and S. Muchuru. 2020. Rainfall and runoff trend analysis in the Limpopo river basin using the Mann Kendall statistic. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 117: 102870.

Reich, B.J. 2012. Spatiotemporal quantile regression for detecting distributional changes in environmental processes. Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics), 61(4): 535-553.

Sen, P.K. 1968. Estimates of the regression coefficients based on Kendall's tau, Journal of the American Statistical Association, 63: 1379-1389.

Villarini, G. and L.J. Slater. 2017. Examination of Changes in Annual Maximum Gauge Height in the Continental United States Using Quantile Regression. Journal of Hydrologic Engineering, 23(3): 1-11.

Zhang, S., T.Y. Gan and A.B. Bush. 2020. Variability of Arctic Sea Ice Based on Quantile Regression and the Teleconnection with Large-Scale Climate Patterns. Journal of Climate, 33(10): 4009-4025.

Analysis of the Trend of Changes in Some Synoptic Parameters Using Quantile Regression in Babolsar

Karim Solaimani[1]

(This article is extracted from the author's research project)

Abstract

Climatic events such as floods, storms and droughts are often caused by extreme weather. Therefore, it is important to study the trend of different ranges of climatic data rather than just average. Most trend detection studies are based on the analysis of changes in mean data and do not provide information on how changes occur in different ranges of the used data range. Therefore, to investigate the trend of changes in different ranges of the time series of climatic data, quantile regression method was proposed. The quantile regression has the ability to examine the changes trend in different quantiles of the data series. Therefore, in this study, we was analyzed the changes trend in the different quantiles of temperature minimum and maximum, precipitation and maximum daily wind speed data time series in Babolsar synoptic station for a period of 62 years (1959- 2020) seasonally and annually. The results showed that the minimum and maximum temperature and wind speed increased significantly in all seasons. The intensity of these increasing trend was higher in the extreme lower quantiles of the daily minimum temperature and extreme upper quantiles of daily maximum temperature in winter. But the wind speed data, in the upper quantiles especially extreme upper quantiles have increased to a much greater intensity than the lower quantiles, especially in autumn. The precipitation did not change significantly in the 62-year period. On an annual scale, the maximum increase for the minimum and maximum temperatures was in the extreme lower quantiles 4.28 and 2.85 degrees centigrade, respectively, and for the wind speed, it was in the extreme upper quantiles 8.24 meters per second.

Keywords: Climate Change, Trend, Climatic Data, Quantile Regression, Babolsar

[1] Proofessor, Dept. of Watershed Management Engineering, Sari Agric. & Natural Res. University, Sari-Iran. solaimani2001@yahoo.co.uk
k.solaimani@sanru.ac.ir

Analysis of the Trend of Changes in Some Synoptic Parameters Using Quantile Regression in Babolsar

Karim Solaimani[1]

[1].

(This article is extracted from the author's research project)

Abstract

Climatic events such as floods, storms and droughts are often caused by extreme weather. Therefore, it is important to study the trend of different ranges of climatic data rather than just average. Most trend detection studies are based on the analysis of changes in mean data and do not provide information on how changes occur in different ranges of the used data range. Therefore, to investigate the trend of changes in different ranges of the time series of climatic data, quantile regression method was proposed. The quantile regression has the ability to examine the changes trend in different quantiles of the data series. Therefore, in this study, we was analyzed the changes trend in the different quantiles of temperature minimum and maximum, precipitation and maximum daily wind speed data time series in Babolsar synoptic station for a period of 62 years (1959- 2020) seasonally and annually. The results showed that the minimum and maximum temperature and wind speed increased significantly in all seasons. The intensity of these increasing trend was higher in the extreme lower quantiles of the daily minimum temperature and extreme upper quantiles of daily maximum temperature in winter. But the wind speed data, in the upper quantiles especially extreme upper quantiles have increased to a much greater intensity than the lower quantiles, especially in autumn. The precipitation did not change significantly in the 62-year period. On an annual scale, the maximum increase for the minimum and maximum temperatures was in the extreme lower quantiles 4.28 and 2.85 degrees centigrade, respectively, and for the wind speed, it was in the extreme upper quantiles 8.24 meters per second.

Keywords: Climate Change, Trend, Climatic Data, Quantile Regression, Babolsar

Introduction

: Climate change and global warming are some of the issues and concerns of human beings today that have important effects on rain, evaporation, runoff, and finally water supply and causes the severity and weakness of these parameters, increasing the occurrence of severe weather events and lack of available water, which causes irreparable damage. Due to the occurrence of climate change in the country in recent decades, it is important to study the changes in the trend of climatic parameters in order to apply management methods. Climatic events such as floods, storms and droughts are often caused by extreme weather. Most trend detection studies are based on the analysis of changes in mean data and do not provide information on how changes occur in different ranges of the used data range. Therefore, quantile regression method was proposed to investigate the trend of changes in different ranges of the time series of climatic data. The quantile regression has the ability to examine the changes trend in different quantiles of the data series. Therefore, the purpose of the present research is to study the trend of seasonal and annual changes in different values of the time series of minimum and maximum temperature, precipitation and maximum wind speed data using quantile regression method at Babolsar synoptic station located in Mazandaran province, Iran.

[1] Proofessor, Dept. of Watershed Management Engineering, Sari Agric. & Natural Res. University, Sari-Iran

Methodology: In the first step, the meteorological daily data time series of minimum and maximum temperature, precipitation and maximum wind speed and annual data series were prepared for Babolsar synoptic station with a statistical period of 62 years (1959-2020) and the seasonal. then Quantile regression method was used to investigate the changes in various quantiles of climatic data series. Significance of trend were examined in selected quantiles of 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 0.75, 0.9, 0.95 and 0.99 of the minimum and maximum temperature, precipitation and wind speed. Generally, the slope of trend changes in different quantiles (0.01 to 0.99 with step 0.01) of the time series of each variable was analyzed based-on Babolsar synoptic data.

Discussion and Conclusion: The results showed that the minimum and maximum temperature and wind speed increased significantly in all seasons. The intensity of these increasing trend was higher in the extreme lower quantiles of the daily minimum temperature and extreme upper quantiles of daily maximum temperature in winter. But the wind speed data, in the upper quantiles especially extreme upper quantiles have increased to a much greater intensity than the lower quantiles, especially in autumn. The precipitation did not change significantly in the 62-year period. On an annual scale, the maximum increase for the minimum and maximum temperatures was in the extreme lower quantiles 4.28 and 2.85 ^{0}C, respectively, and for the wind speed, it was in the extreme upper quantiles 8.24 m./sec. The trends detected using the quantile regression method were undetected by other previously used approaches for trend detection. Finally, it can be concluded that Babolsar synoptic station has been affected by climate change but the intensity of these changes differ in different seasons and quantiles. Therefore, the use of the quantile regression method to show these changes has a great importance. Such results are particularly useful for water managers who are more concerned with extreme values rather than the averaged one.

The most important references:

- Bararkhanpour, S., Ghorbani, K., Salari Jazi, M., Rezaei Ghaleh, L. (2020). Study of Seasonal and Annual Rainfall Changes with Quantile regression method (Case Study: Gorgan Hashem-Abad Station. Journal of Climate Research, 1398(39), 89-104.
- Koenker, R. 2006. Quantile regression in R: A vignette. [Available online at http://www.econ.uiuc.edu/~roger/research/rq/vig.pdf.]
- Koenker, R. and G. Bassett. 1978. Regression Quantiles. Econometrica, 46: 33-50.
- Lee, K., H. Beak and C. Cho. 2013. Analysis of Changes in Extreme Temperatures Using Quantile Regression. Korean Meteorological Society, 49: 313-323.
- Mohsenipour, M., S. Shahid, G.F. Ziarh and Z.M. Yaseen. 2020. Changes in monsoon rainfall distribution of Bangladesh using quantile regression model. Theoretical and Applied Climatology, 142(3): 1329-1342.
- Zhang, S., T.Y. Gan and A.B. Bush. 2020. Variability of Arctic Sea Ice Based on Quantile Regression and the Teleconnection with Large-Scale Climate Patterns. Journal of Climate, 33(10): 4009-4025.