

بررسی تغییرات فصلی دماهای حدی با استفاده از رگرسیون چندک (مطالعه موردی: ایستگاه هواشناسی هاشم آباد گرگان)

صدیقه برارخان پور^{۱*}، خلیل قربانی^۲، میثم سالاری جزی^۳، لاله رضایی قلعه^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۲ دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۳ استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۴ دانشجوی دکترای علوم و مهندسی آب-منابع آب، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۳ ، تاریخ پذیرش: ۹۸/۱/۲۲

چکیده

سری‌های زمانی داده‌های هواشناسی شامل وقایعی با شدت‌های مختلف می‌باشد که گرمایش جهانی ناشی از تغییر اقلیم می‌تواند تأثیر متفاوتی را بر بخش‌های مختلف آن داشته باشد. تغییرات ممکن است در بخش‌های مختلف سری داده‌ها یکنواخت نباشد و یا در بخشی از سری، تغییرات افزایشی و در بخش دیگری تغییرات کاهشی باشد و در مجموع در کل سری تغییری ایجاد نشود. بر این اساس استفاده از روش رگرسیون خطی معمولی و یا آزمون‌های ناپارامتری جهت تشخیص روند که فقط روی میانگین یا میانه از سری داده‌ها تمرکز می‌کنند، ممکن است به نتایج درستی نینجامد. از این‌رو روش رگرسیون چندکی جهت بررسی روند در چندک‌های سری زمانی داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. گرگان از قطب‌های مهم کشاورزی در ایران است که هرگونه تغییرات دمایی می‌تواند بر رفتار گیاهان زراعی و باغی آن منطقه تأثیرگذار باشد. برای این منظور، در این پژوهش کمینه و بیشینه دمای روزانه در دوره ۳۴ ساله (۱۳۶۳-۱۳۹۷) ایستگاه همدیدی هاشم‌آبادگرگان مورد استفاده قرار گرفت تا در مقیاس فصلی هرگونه تغییرات روند در سری داده‌ها با استفاده از رگرسیون چندکی و رگرسیون خطی بررسی شوند. نتایج نشان داد که همه فصل‌ها در حال گرم شدن هستند و این افزایش دما در فصل تابستان به مقدار بیشتر، اما در فصل بهار به میزان کمتر می‌باشد. همچنین مقادیر حدی بالا، یعنی روزهای گرم از شیب روند تندتری برخوردار می‌باشند. براساس نتایج رگرسیون چندکی می‌توان نتیجه گرفت که شرایط اقلیمی دما در گرگان در حال تغییر است و این منطقه به سمت گرم شدن پیش می‌رود.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، دمای کمینه روزانه، دمای بیشینه روزانه، رگرسیون چندک، گرگان

گرمايش جهانی عبارت است از افزایش میانگین دمای سطح کره زمین، که از بارزترین و آشکارترین نشانه‌های آن افزایش دمای هوا است. از علل مهم افزایش دمای کره زمین می‌توان به تغییر کاربری اراضی و افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای ناشی از صنعتی شدن و سوزاندن سوخت‌های فسیلی اشاره کرد. این اتفاق موجب بروز تغییرات در شاخص‌های اقلیمی شده و به دنبال آن، افزایش دما، کاهش بارش و افزایش وقوع پدیده‌های مخرب را به همراه خواهد داشت. در این رابطه هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم موسوم به IPCC¹ اعلام کرده است، طی ۵۰ سال اخیر میانگین دمای جهان با شیب حدود ۰/۴ درجه سلسیوس به ازای هر دهه افزایش یافته است و این در حالی است که وضعیت دمای هوا در کلان شهرها بارزتر بوده است (اقتصادگردان، ۱۳۹۷). از جمله پیامدهای افزایش دمای کره زمین می‌توان به مهاجرت بسیاری از حیوانات و گیاهان به سمت شمال یا ارتفاعات به دلیل افزایش دما و افزایش احتمال انقراض آن‌ها در گونه‌های گیاهی و جانوری، خشکسالی، کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی، کاهش سطح زمین‌های قابل کشت و کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و دامی در زندگی انسان‌ها اشاره کرد که در نهایت موجب از دست رفتن امنیت غذایی و ایجاد ناآرامی‌های اجتماعی در کشورهای مختلف می‌شود. لذا مطالعه بررسی روند دما و راه‌های جلوگیری از افزایش روزافزون آن به جهت تأثیر بسزایی که در منابع آب و عوامل دیگر دارد، بیش از پیش احساس می‌شود. مطالعات مختلفی در زمینه بررسی روند متغیرهای دما در سطح جهان ارائه شده است. افزایش دمای حدی در چند نمونه اقلیمی ایران (ورشاپیان و همکاران، ۱۳۹۰)، افزایش دمای ایران (قربانی، ۱۳۹۳؛ اعتمادیان و دوستان، ۱۳۹۶)، افزایش روند دما و به متعاقب آن افزایش تبخیر و تعرق در ایستگاه‌های نوشهر، رامسر و بابلسر طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۰ (کلانکی و کاراندیش، ۱۳۹۴)، افزایش روند دما در شهرکرد (احمدی مقدم و نوری، ۱۳۹۶)، چهارمحال

بختیاری (معروف‌نژاد و قاسمی، ۱۳۹۶)، کاهش روند دما در آمریکای شمالی (ریچاردسون و همکاران، ۲۰۱۷)، شمال غرب هند (سیوان تانکامانی و همکاران، ۲۰۱۸)، از جمله مطالعاتی است که در زمینه بررسی روند دما و تشخیص پدیده تغییر اقلیم گزارش شده است.

به منظور بررسی روند متغیرهای دما، عموماً از روش‌های رگرسیون خطی معمولی استفاده می‌شود. این روش رگرسیونی که رگرسیون حداقل مربعات^۲ نیز نامیده می‌شود، یک روش آماری است که ارتباط بین متغیرهای کمکی و میانگین متغیر پاسخ را برآورد می‌کند و به صورت آزمون‌های پارامتری و آزمون‌های ناپارامتری مانند من کندال، پتیت و شیب خط سن مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعات مختلفی به منظور بررسی روند متغیرهای هواشناسی مانند دما (لاترباچر و همکاران، ۲۰۰۴؛ عطایی و فنایی، ۱۳۹۲؛ احمدی و رادمنش، ۱۳۹۳؛ مسعودیان و یونسی، ۱۳۹۴؛ میری و رحیمی، ۱۳۹۴)، بارش (گندمکار و عبداللهی، ۲۰۱۲؛ مندل و همکاران، ۲۰۱۲؛ اکبری و نودهی، ۱۳۹۴؛ حلبیان، ۱۳۹۵؛ داداشی رودباری و کیخسروی کیانی، ۱۳۹۵؛ خشکسالی (رضایی قلعه و قربانی، ۱۳۹۷؛ منتصری و همکاران، ۱۳۹۵؛ اقتدارنژاد و همکاران، ۱۳۹۶؛ ذبیحی و همکاران، ۱۳۹۶؛ قربانی و همکاران، ۱۳۹۷) با استفاده از آزمون ناپارامتری من کندال، و آزمون ناپارامتری پتیت (یه و همکاران، ۲۰۱۵؛ آندانگو و همکاران، ۲۰۱۶؛ فغانی و همکاران، ۱۳۹۶؛ خسروی و همکاران، ۲۰۱۷) صورت گرفته است. اما این آزمون‌ها در بررسی روند، میانگین یا میانه داده‌ها را بررسی می‌کنند، در حالی که ممکن است روند در محدوده خاصی از دامنه داده‌ها رخ داده باشد و از آنجا که میانگین یکی از معیارهای تمرکز است، آگاهی از آن نمی‌تواند اطلاعات کاملی درباره شکل توزیع متغیر تصادفی مورد مطالعه، در سطوح مختلف متغیر تشریحی به دست دهد. هنگامی که توزیع خطا غیرنرمال است به ویژه در توزیع‌های با دنباله‌های بلند و نامتقارن، همچنین در صورت وجود ناهمگنی واریانس، برآوردهای

2. Least Squares Regression.

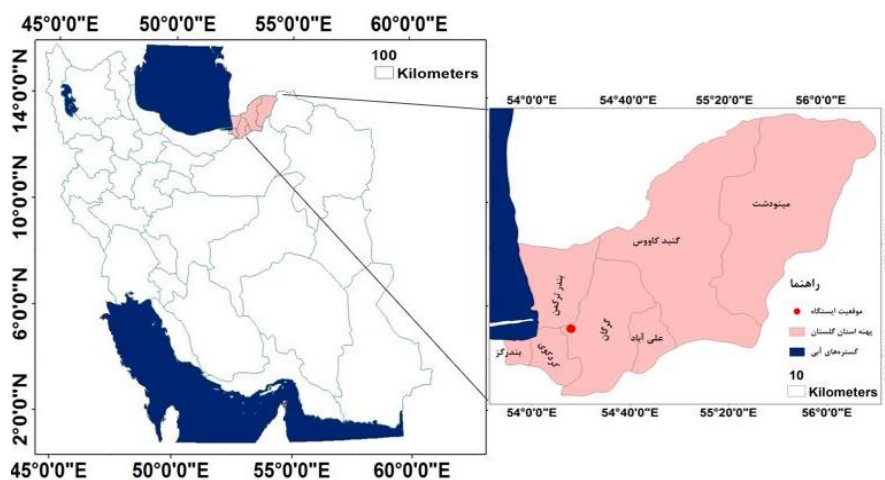
1 IPCC: Intergovernmental Panel Climate Change.

کمینه مربعات نسبت به داده‌های دورافتاده حساس بوده و این منجر به برآوردهای اریب می‌شود (کوئنکر، ۲۰۰۵). لذا به منظور بررسی تغییرات در بخش‌های مختلف از دامنه داده‌ها، روش رگرسیون چندک پیشنهاد شد که محدودیت‌های رگرسیون خطی را ندارد و یک روش آماری با توانایی محاسبه و رسم منحنی‌های رگرسیونی متفاوت و منطبق با نقاط صدکی مختلف می‌باشد. این مدل رگرسیونی که توسط کوئنکر و باست (۱۹۷۸) معرفی گردید، 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 (ریچ، ۲۰۱۲). بدین ترتیب دهک‌ها و صدک‌های داده‌های مورد بررسی، به طور جداگانه آزمون شده و هرگونه روندی در هر صدک مورد بررسی قرار می‌گیرد. استرین و تیموفیو (۲۰۱۰) برای تحلیل تغییرات در ویژگی‌های اقلیمی با استفاده از روش رگرسیون چندک ناپارامتری دریافتند که رگرسیون چندک اطلاعاتی بیشتر از استفاده از تکنیک رگرسیون سنتی مبنی بر روش حداقل مربعات در دسترس قرار می‌دهد و با توجه به مشکل تجزیه و تحلیل روندهای اقلیمی، روش رگرسیون چندک از درک مفصل‌تر برای فرایندهای سیستم آب و هوایی مانند گرم شدن سطحی و تروپوسفری، سرد شدن استراتوسفری و تغییرات طولانی مدت در ویژگی‌هایی از شدت و تغییرپذیری اقلیمی برخوردار است. لی و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی تغییرات در دماهای شدید در مقیاس فصلی، با استفاده از رگرسیون چندک در کره شمالی پرداختند. نتایج آن‌ها حاکی از آن بود که، سری‌های زمانی از دمای کمینه روزانه در طول فصل زمستان، یک روند معنی‌دار افزایشی را فقط در چندک‌های پایینی نشان می‌دهد. در طول فصل تابستان، بیشتر مناطق یک روند افزایشی را در هر دو چندک بالایی و پایینی برای دمای کمینه روزانه نشان می‌دهد؛ در حالی‌که برای دمای بیشینه روزانه، در تعدادی از مناطق روند کاهشی مشاهده می‌شود. وسکو و شرما (۲۰۱۴) به بررسی بارش‌های شدید مقیاس بندی شده با دما در استرالیا با استفاده از کاربرد

رگرسیون چندک پرداختند و نتایج حاکی از آن بود که شاخص‌های فصلی به عنوان متغیرهای معنی‌دار وجود دارد که بر رابطه بارش مقیاس بندی شده با دما تأثیر می‌گذارد و همچنین یک افزایش کلی در شیب مقیاس بندی شده در زمستان در مقایسه با تابستان مشاهده می‌شود. گائو و فرانزک (۲۰۱۷) به بررسی روندهای زمانی و الگوهای مکانی از تغییر دمای شدید در ۳۵۲ ایستگاه هواشناسی در چین، در دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۵۶ با استفاده از کاربرد رگرسیون چندک پرداخته و نتایج نشان داد، برای چندک‌های پایینی از میانگین دمای روزانه و مقدار کمینه ماهانه از دمای کمینه روزانه در ژانویه، یک روند افزایشی در بیشتر ایستگاه‌ها وجود دارد. همچنین برای چندک‌های بالاتر از میانگین دمای روزانه و مقدار بیشینه ماهانه از دمای بیشینه روزانه، یک روند کاهشی در یک محدوده از دامنه شمال شرقی به سمت مرکز چین در جولای قابل رؤیت می‌باشد. سالاری جزی (۱۳۹۶) به بررسی تغییرات $EPDF^3$ و $ECDF^4$ توزیع بارش در ۵ ایستگاه در شمال کشور با استفاده از رگرسیون چندک پرداخت. و نتایج نشان داد، رگرسیون چندک یک ابزار مفید جهت تحلیل تغییرات $EPDF$ و $ECDF$ داده‌ها در طول سری زمانی است و این نوع از تحلیل، نتایج کاملاً مفیدتری در مقایسه با روش‌های متداول بررسی روند ارائه می‌دهد. سلیم و همکاران (۲۰۱۸) به انتخاب مدل‌های آب و هوایی برای پیش‌بینی تغییرات زمانی- مکانی در دماهای فصلی و سالانه از عراق با استفاده از روش رگرسیون چندک پرداختند. برای این منظور، میانگین ماهانه از دمای کمینه و بیشینه روزانه برای دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۱ مورد استفاده قرار گرفت و یک رگرسیون چندک برای ارزیابی روندها در سطح اعتماد ۹۵ درصد استفاده شد. نتایج حاکی از افزایش دمای بیشینه در زمستان و افزایش دمای کمینه در تابستان بوده است و میانگین دمای بیشینه در تابستان ممکن است تقریباً به ۵۰ درجه‌ی سلسیوس برسد؛ در حالی‌که دما در طول زمستان، به تدریج به زیر صفر خواهد رسید.

3 Empirical Probability Distribution Function.

4 Empirical Cumulative Distribution Function .



شکل ۱. منطقه مطالعاتی

با استفاده از روش دومارتن و دارای اقلیم نیمه مرطوب با استفاده از روش آمبرژه گزارش شده است.

در این پژوهش، سری‌های زمانی داده‌های دمای روزانه در ایستگاه همدیدی هاشم‌آباد، در دوره آماری ۳۴ ساله موجود بین سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۶۳ مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق از اداره کل هواشناسی استان گلستان اخذ شدند. ایستگاه هاشم‌آباد گرگان جزء ایستگاه‌های شبکه همدیدی سازمان هواشناسی کشور می‌باشد و اصلی‌ترین ایستگاه در استان است که مستقیماً زیر نظر کارشناسان خبره سازمان هواشناسی کنترل می‌شوند. صحت داده‌ها با مشورت با کارشناسان سازمان هواشناسی نیز تایید شد و بررسی‌های تکمیلی نشان داد که موقعیت مکانی ایستگاه در طول دوره آماری تغییر نکرده است. پس از بررسی داده‌ها، سری زمانی از کمترین و بیشترین دماهای روزانه در فصل‌های مختلف سال تشکیل و رگرسیون خطی معمولی و رگرسیون چندک با گام ۰/۰۱ بر روی سری‌های فصلی از دمای کمینه و بیشینه اعمال شد. سپس به منظور بررسی تغییرات در چندک‌های مختلف، 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 ۳۴ ساله مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

براساس مطالب ذکر شده می‌توان اظهار داشت که استفاده از رگرسیون چندک جزئیات بیشتری را در بررسی روند متغیر پاسخ در اختیار قرار می‌دهد و محدودیت‌های روش رگرسیون خطی را تحت پوشش قرار می‌دهد. لذا هدف از مطالعه حاضر، بررسی روند تغییرات متغیرهای دما (بیشینه و کمینه دما) در ایستگاه هواشناسی همدیدی هاشم‌آباد گرگان در طول دوره آماری ۳۴ ساله می‌باشد؛ که برای این منظور از مدل رگرسیون چندک استفاده شد و نتایج با روش رگرسیون خطی معمولی، به منظور تحلیل کارایی روش پیشنهادی، مورد مقایسه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی در این پژوهش ایستگاه همدیدی هاشم‌آباد واقع در شهرستان گرگان می‌باشد. شهرستان گرگان با مساحت ۸۱/۱۶ کیلومترمربع، در بخش جنوب غربی استان گلستان واقع شده است و در محدوده‌ی معتدله شمالی کشور در طول جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه و شرقی و عرض جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی قرار گرفته است. ارتفاع سطح شهر از سطح دریا ۱۶۰ متر می‌باشد (شکل ۱). متوسط دما در این منطقه ۱۷/۵ درجه سلسیوس و متوسط بارش ۵۴۰ میلی‌متر می‌باشد و از لحاظ آب و هوایی دارای اقلیم مدیترانه‌ای

مدل رگرسیون خطی معمولی به منظور بررسی رابطه بین میانگین توزیع متغیر تصادفی Y با تعدادی متغیر تشریحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرم مدل رگرسیون خطی معمولی به صورت رابطه (۱) می‌باشد.

$$Y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

که در آن α و β پارامترهای نامعلوم مدل که باید برآورد شوند، x_i مقادیر معلوم متغیر مستقل و ε_i متغیر تصادفی هستند. در حالتی که $E(\varepsilon_i) = 0$ ، آن‌گاه می‌توان رابطه‌ی شماره (۱) را به فرم رابطه‌ی (۲) زیر بازنویسی کرد.

$$E(Y_i) = \alpha + \beta x_i \quad (2)$$

که کمیت $E(Y_i)$ را میانگین شرطی متغیر تصادفی Y می‌نامند. به همین دلیل آن را با $E(Y|x_i)$ نیز نشان می‌دهند. بنابراین رابطه‌ی (۲) بیان می‌کند که متغیر تصادفی Y در هر سطحی از متغیر مستقل x دارای توزیعی است که میانگین‌های این توزیع روی خط راست قرار گرفته است (سالاری‌جزی، ۱۳۹۶). برای برآورد پارامترهای مدل رگرسیون خطی معمولی از روش حداقل کردن مربع باقیمانده‌های مدل استفاده می‌شود که این نوع از برآورد، رگرسیون حداقل مربعات نامیده می‌شود. در این روش از برآورد، خط رگرسیون به گونه‌ای برازش داده می‌شود که در مجموع فاصله‌ی نقاط از آن کمینه باشد. همچنین در این روش ارتباط بین متغیرهای کمکی و میانگین متغیر پاسخ بررسی می‌شود، در حالی که در بسیاری از موارد، یافتن ارتباط بین متغیرهای کمکی با دیگر قسمت‌های توزیع، مانند چندک‌های انتهایی مدنظر است. و از آن‌جا که چندک‌ها معیارهای دیگری برای تمرکز هستند که در کنار هم می‌توانند شکل توزیع را به صورت کامل‌تری به تصویر بکشند، لذا اگر مانند رگرسیون خطی معمولی که برای میانگین به کار می‌رود، یک روش رگرسیونی وجود داشته باشد که برای چندک‌ها مورد استفاده قرار گیرد، باعث می‌شود شکل توزیع در سطوح مختلف متغیر مستقل بررسی شود.

تعریف چندک: چندک‌ها مقادیری با فواصل مساوی هستند که از تابع توزیع تجمعی یک متغیر تصادفی

انتخاب می‌شوند. برای متغیر تصادفی X ، پارامتر μ_p را چندک p ام برای $F(x)$ می‌نامند زمانی که نامساوی زیر برقرار باشد:

$$P(x < \mu_p) \leq p \leq P(x \leq \mu_p) \quad (3)$$

$$, 0 < p < 1$$

چندک‌ها کلی‌تر از میانه می‌باشند به طوری که p_{50} همان میانه است. به عبارتی اگر از نقطه‌ی μ_p ، خطی موازی با محور y ‌ها رسم کنیم، مساحت زیر منحنی فراوانی در سمت چپ این خط رسم شده، برابر p می‌باشد (فتاحی، ۱۳۸۴)

رگرسیون چندک یک روش آماری با قابلیت محاسبه و رسم منحنی‌های رگرسیونی متفاوت و منطبق با نقاط صدکی مختلف می‌باشد که علاوه بر اینکه تصویری کامل‌تر و بهتر از داده‌ها را فراهم می‌کند، امکان بررسی ارتباط بین متغیرهای مستقل با چندک‌های موردنظر متغیر وابسته را بدون نیاز به نرمال بودن داده‌ها، حتی در حضور نقاط دورافتاده فراهم می‌کند. از مهم‌ترین کاربردهای رگرسیون چندک، شناسایی شکل متغیر وابسته در سطوح مختلف متغیر مستقل می‌باشد که با برازش مدل رگرسیونی متعدد بر یک مجموعه داده به ازای چندک‌های مختلف انجام می‌شود. برآورد توابع چندک شرطی یا رگرسیون چندک در سال ۱۹۷۸ توسط کوئنکر و باست بررسی شد. مدل رگرسیون چندک به شکل رابطه (۳) می‌باشد:

$$Y(p|x) = \beta_0(p) + \beta_1(p)x + \varepsilon \quad (4)$$

که در آن، $\beta_0(p)$ عرض از مبدأ و $\beta_1(p)$ ضریب شیب می‌باشد و هر دو بسته به مقدار p امین چندک مورد بررسی تغییر می‌کنند. ε خطا با انتظار صفر و محدوده‌ی مقادیر p 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

آوردن خطاهای استاندارد مؤلفه‌های مدل وجود ندارد؛ بدین منظور برای ارزیابی عدم قطعیت در مورد تخمین شیب چندک، یک روش بوت‌استرپ اعمال می‌شود و اجازه می‌دهد که به جای یک برآورد دقیق واحد، یک توزیعی از مقادیر شیب به دست آید. کوئنکر (Koenker, 2006) نرم‌افزار کوانترگ^۶ در زبان برنامه‌نویسی R را برای مسائل رگرسیون چندک گسترش داد. پارامترهای مدل رگرسیون چندک، که عرض از مبدأ و ضرایب شیب می‌باشند، با استفاده از روش معکوس رتبه بندی^۷ برآورد می‌شوند و همچنین برآورد خطاهای استاندارد، فواصل اطمینان، آماره t و معنی‌داری برای این ضرایب، توسط بسته نرم‌افزاری کوانترگ انجام می‌شود. جزئیات مربوط به این روش در (Koenker and Bassett 1978) و Koenker (2005) بیان شده است.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از توصیف روند تغییرات در دمای کمینه و بیشینه، در ایستگاه هاشم آباد با استفاده از روش رگرسیون خطی معمولی و روش رگرسیون چندک برای دوره زمانی ۳۴ ساله برای تمام فصول سال به شرح زیر می‌باشد.

نتایج رگرسیون چندک و رگرسیون خطی معمولی برای متغیرهای دما در فصل بهار

برای سری‌های زمانی از دمای بیشینه روزانه در فصل بهار، شیب رگرسیون خطی معمولی (۰/۰۴) برابر شیب رگرسیون چندک ۰/۵ (۰/۰۴) است و هر دو شیب معنی‌دار هستند. خطوط روند در همه‌ی چندک‌ها، شیب افزایشی را نشان می‌دهند. اما چندک‌های پایینی کمتر از ۰/۵، شیب غیرمعنی‌دار دارند که نشان دهنده عدم وجود روند در این چندک‌ها می‌باشد؛ در حالی که چندک‌های بالایی دارای شیب مثبت بوده و بیانگر روند افزایشی و معنی‌دار می‌باشند.

قدرمطلق باقیمانده‌ها^۵ نامیده می‌شود. بر این اساس، برآورد رگرسیون چندک p ام، توسط حداقل کردن رابطه (۴) انجام می‌شود:

$$\text{minimize} \left\{ \sum_{\{d(y_i) < y_p(x_i)\}} (1-\rho) |y_i - y_p(x_i)| + \sum_{\{d(y_i) > y_p(x_i)\}} \rho |y_i - y_p(x_i)| \right\} \quad (5)$$

که $y_p(x_i) = \beta_0(\rho) + \beta_1(\rho)x_i$ و $i = 1, 2, \dots, n$ می‌باشد. به عبارتی دیگر، مقدار مطلق تفاوت بین یک مشاهده y_i از چندک ρ ام منتظر $y_p(x_i)$ ، 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.

تابع چندک شرطی خطی مورد استفاده در این پژوهش، به فرم رابطه (۵) است:

$$Q_\rho(y|x) = x^T \beta_\rho \quad (6)$$

که x برداری از متغیرهای مستقل و β_ρ برداری از پارامترهای مرتبط با رگرسیون چندک ρ ام می‌باشد. برای یک مجموعه از مشاهدات (x_i, y_i) ، $i = 1, 2, \dots, n$ ، برآورد پارامترهای β_ρ به شکل رابطه (۶) می‌باشد (Koenker, 2005):

$$\hat{\beta}_\rho = \underset{\beta}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^n \rho_\rho(y_i - x_i^T \beta) \quad (7)$$

که تابع $\rho_\rho(\cdot)$ به شکل رابطه (۷) تعریف می‌شود (Koenker, 2005):

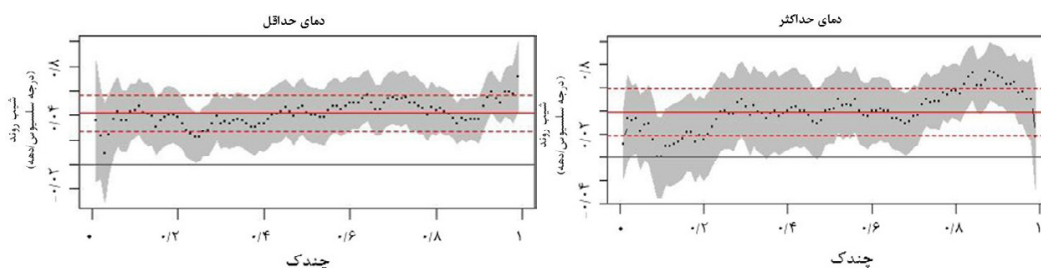
$$\rho_\rho(u) = \begin{cases} u(\rho-1) & \text{if } u < 0 \\ u\rho & \text{if } u \geq 0 \end{cases} \quad (8)$$

علیرغم مسائل رگرسیون خطی معمولی، مسائل رگرسیون چندک خطی را به صورت تحلیلی نمی‌توان حل کرد و کمینه سازی نتایج در این روش می‌تواند به طور مؤثر توسط برنامه‌نویسی خطی حل شود. در روش رگرسیون چندک، هیچ راه حل تحلیلی برای به دست

6 quantreg.

7 rank inverse method.

5 Least Absolute Deviation.



شکل ۳. نمودار روندها در دمای کمینه و بیشینه روزانه در فصل بهار به همراه چندکها (از ۰/۹۹-۰/۰۱ با گام ۰/۰۱).

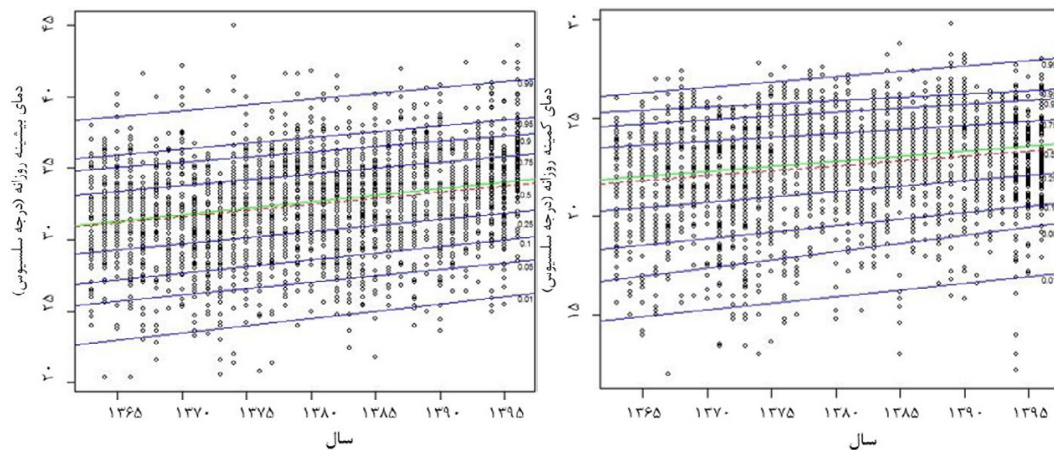
۰/۰۱ دیده می‌شود. میزان شیب در چندک‌های پایینی از شدت بیشتری برخوردار است که بیانگر این است که روند میانگین دمای بیشینه در طول فصل تابستان بیشتر از افزایش دمای چندک‌های پایینی تأثیر می‌گیرد. برای سری زمانی دمای کمینه روزانه در فصل تابستان، میزان شیب در رگرسیون خطی معمولی (۰/۰۵) نزدیک به شیب رگرسیون چندک ۰/۵ (۰/۰۵۲) است و هر دو شیب معنی‌دار هستند. تقریباً در بیشتر چندک‌ها به جز در چندک ۰/۹۹ که میزان شیب در آن مثبت و غیر معنی‌دار است، روند افزایشی و معنی‌دار دیده می‌شود؛ اما شدت شیب در چندک‌های پایینی، تقریباً بیشتر از چندک‌های بالایی می‌باشد. همچنین مقایسه‌ی میزان شیب در دمای کمینه و دمای بیشینه بیان می‌کند که شیب‌ها در چندک‌های دمای بیشینه، با نرخ بیشتری رو به افزایش می‌باشند. روندها و معنی‌داری آن‌ها برای توزیع داده‌ی دمای بیشینه و دمای کمینه در فصل تابستان در شکل ۴ و جدول ۲ آمده است.

در بررسی شیب‌ها برای چندک‌های ۰/۹۹-۰/۰۱ با گام ۰/۰۱ برای سری زمانی دمای بیشینه روزانه در فصل تابستان (شکل ۵)، شیب‌ها معمولاً در راستای شیب چندک میانه در نوسان هستند و یک روند افزایشی با نرخ بیشتر در چندک‌های پایینی دیده می‌شود و در همه‌ی چندک‌ها، شیب‌ها مثبت می‌باشند. اما برای سری زمانی دمای کمینه روزانه، شیب‌ها در چندک‌های حدی، مقداری متفاوت با شیب چندک میانه را نشان می‌دهند و نسبت به سری‌های زمانی از دمای بیشینه روزانه، یک

بهار (شکل ۳) نشان می‌دهد که، شیب‌ها در چندک‌های مختلف، به خصوص برای چندک‌های بالایی و پایینی متفاوت هستند. برای سری‌های زمانی از دمای بیشینه و کمینه روزانه، در بیشتر چندک‌های میانه و غیرحدی، مقدار شیب نزدیک به شیب میانگین کمینه مربعات بوده و روند شدیدی در این چندک‌ها دیده نمی‌شود. ولی در چندک‌های ۰/۷-۰/۹۵ روند افزایشی دیده می‌شود. در حالی‌که برای سری‌های زمانی از دمای کمینه روزانه، شیب‌ها در چندک‌های بالایی، بیشتر از شیب میانه ولی شیب‌ها در چندک‌های پایینی، کمتر از شیب میانه می‌باشند؛ همان‌گونه که در نتایج بالا بیان شده است. در شکل ۳ پهنای باند ۹۰٪ با رنگ خاکستری، روند میانگین با رنگ قرمز و پهنای باند ۹۰٪ این روند با خط تیره قرمز نشان داده شده است. و به همین ترتیب، این تفاسیر برای شکل‌های ۵، ۷ و ۹ نیز رعایت شده است.

نتایج رگرسیون چندک و رگرسیون خطی معمولی برای متغیرهای دما در فصل تابستان

برای سری‌های زمانی از دمای بیشینه روزانه در فصل تابستان، شیب رگرسیون خطی معمولی (۰/۰۸۵) تقریباً نزدیک به شیب رگرسیون چندک ۰/۵ (۰/۰۹) است و هر دو شیب معنی‌دار می‌باشند. شیب همه چندک‌ها مثبت و معنی‌دار هستند که نشان دهنده وجود روند افزایشی معنی‌دار برای دمای بیشینه در ایستگاه مورد مطالعه می‌باشد. شیب‌ها در چندک‌های مختلف تقریباً نزدیک به هم بوده و بیش‌ترین میزان شیب در چندک حدی



شکل ۴. سری‌های زمانی دمای بیشینه و دمای کمینه روزانه در فصل تابستان برای دوره‌ی زمانی ۱۳۶۳-۱۳۹۷.

جدول ۲. نتایج کاربرد روش‌های رگرسیونی و معنی‌داری آن برای توزیع داده دمای کمینه و دمای بیشینه روزانه در فصل تابستان در دوره‌ی زمانی ۱۳۶۳-۱۳۹۷.

متغیر دما	نتایج روند	رگرسیون خطی معمولی	رگرسیون چندک						
			۰/۹۹	۰/۹۵	۰/۹	۰/۷۵	۰/۵	۰/۲۵	۰/۱
دمای بیشینه	شیب روند	۰/۰۸۵ **	۰/۰۸۳ *	۰/۰۸ **	۰/۰۷۳ **	۰/۰۸ **	۰/۰۹ **	۰/۰۸ **	۰/۰۹ **
	میزان تغییرات (درجه سلسیوس)	۲/۸	۲/۷	۲/۷	۲/۴	۲/۶	۳	۲/۸	۳
دمای کمینه	شیب روند	۰/۰۵ **	۰/۰۵۴ **	۰/۰۳۳ **	۰/۰۴ **	۰/۰۴ **	۰/۰۵۲ **	۰/۰۵۵ **	۰/۰۶۷ **
	میزان تغییرات (درجه سلسیوس)	۱/۷	۱/۸	۱	۱/۳	۱/۳	۱/۷	۱/۸	۲/۲

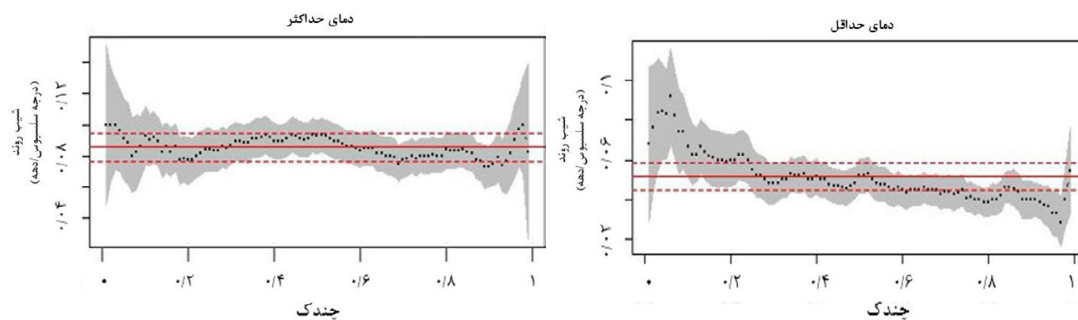
سطح معنی‌داری: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

برای سری زمانی دمای کمینه روزانه در فصل پاییز، شیب خط رگرسیون خطی معمولی (۰/۰۳) برابر با شیب خط رگرسیون چندک ۰/۵ (۰/۰۳) می‌باشد و هر دو شیب معنی‌دار هستند. همانند دمای بیشینه، چندک‌های پایینی شیب غیر معنی‌دار دارند؛ درحالی‌که در چندک‌های بالایی، به جز چندک ۰/۹۹، در مابقی چندک‌ها، شیب مثبت و معنی‌دار دیده می‌شود. نتایج اعمال رگرسیون خطی معمولی و رگرسیون چندک برای دمای بیشینه و دمای کمینه در فصل پاییز و غیر معنی‌داری خطوط شیب رگرسیون در شکل ۶ و جدول ۳ نشان داده شده است. بررسی شیب‌ها برای چندک‌های ۰/۰۱-۰/۹۹ برای

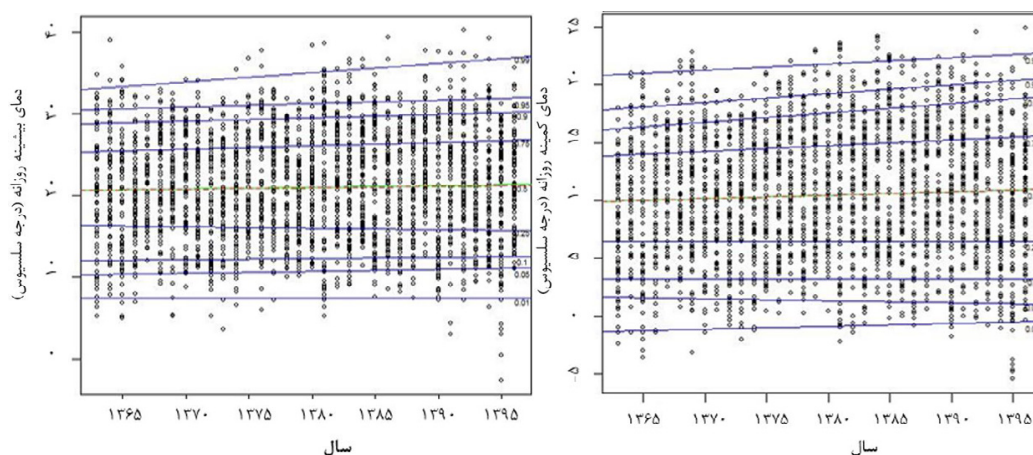
نرخ سریع‌تر از تغییرات در چندک‌های مختلف را نشان می‌دهد.

نتایج رگرسیون چندک و رگرسیون خطی معمولی برای متغیرهای دما در فصل پاییز

برای سری زمانی از دمای بیشینه روزانه در فصل پاییز، شیب خط رگرسیون خطی معمولی (۰/۰۱۷)، تقریباً نزدیک به شیب رگرسیون چندک ۰/۵ (۰/۰۱۸) می‌باشد؛ در حالی‌که تنها شیب رگرسیون خطی، معنی‌دار می‌باشد. در چندک‌های بالایی، شیب مثبت و معنی‌دار است که بیانگر وجود روند افزایشی معنی‌دار در چندک‌های بالایی از دمای بیشینه می‌باشد.



شکل ۵. نمودار روندها در دمای بیشینه و دمای کمینه روزانه در فصل تابستان به همراه چندک (از ۰/۹۹-۰/۰۱ با گام ۰/۰۱).



شکل ۶. سری‌های زمانی دمای بیشینه و دمای کمینه روزانه در فصل پاییز برای دوره‌ی زمانی ۱۳۶۳-۱۳۹۷.

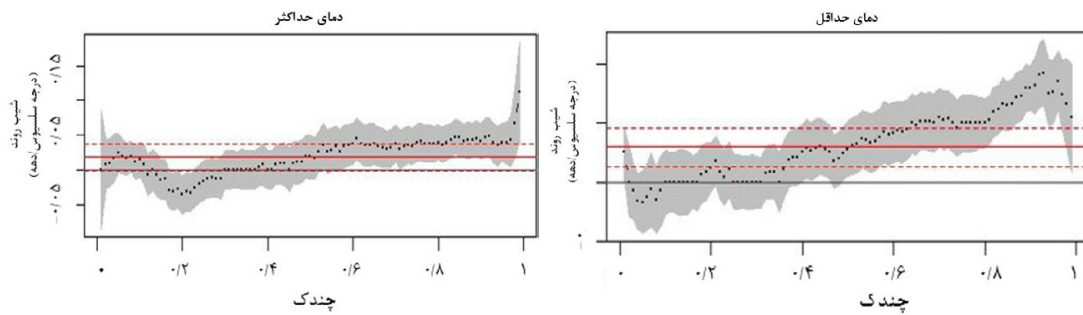
جدول ۳. نتایج کاربرد روش‌های رگرسیونی و معنی‌داری آماری آن برای توزیع داده دمای بیشینه و کمینه روزانه در فصل پاییز در دوره‌ی زمانی ۱۳۶۳-۱۳۹۷.

متغیر دما	نتایج روند	رگرسیون خطی معمولی	رگرسیون چندگ	۰/۹۹	۰/۹۵	۰/۹	۰/۷۵	۰/۵	۰/۲۵	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۱
دمای بیشینه	شیب روند	۰/۰۱۷ **	۰/۰۱۸ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۱۵ *	-۰/۰۱۶ *	۰/۰۱۸ *	۰/۰۱۸ *	۰/۰۱۸ *	۰/۰۱۸ *	۰/۰۱۸ *	۰/۰۱۸ *
دمای کمینه	میزان تغییرات (درجه سلسیوس)	۰/۰۳ **	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *
کمینه	شیب روند	۱	۰/۸ *	۰/۸ *	۰/۸ *	۰/۸ *	۰/۸ *	۰/۸ *	۰/۸ *	۰/۸ *	۰/۸ *	۰/۸ *
دمای بیشینه	میزان تغییرات (درجه سلسیوس)	۰/۰۳ **	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *	۰/۰۲۵ *

سطح معنی‌داری: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

شیب رگرسیون میانه در نوسان هستند؛ در حالی که برای سری زمانی از دمای کمینه روزانه، شیب‌ها نسبت به دمای بیشینه، تفاوت بیشتری با شیب رگرسیون چندگ

سری زمانی دمای بیشینه روزانه در فصل پاییز، نشان می‌دهد که میزان شیب در چندک‌های مختلف، متفاوت است و شیب‌ها در چندک‌های بالایی، تقریباً در راستای



شکل ۷. نمودار روندها در دمای بیشینه و کمینه روزانه در فصل پاییز به همراه چندک (از ۰/۰۱-۰/۹۹ با گام ۰/۰۱).

و هر دو شیب معنی دار هستند. شیب‌ها در چندک‌های پایینی روند غیر معنی دار وجود دارند؛ در حالی که در چندک‌های میانی و بالایی روند افزایشی و معنی دار دیده می‌شود. مقایسه‌ی میزان روندهای معنی دار در دمای کمینه و بیشینه، نشان می‌دهد که روند در دمای بیشینه از شیب تندتری برخوردار است. روندها و معنی‌داری آماری آن‌ها برای چندک‌های توزیع داده‌ی دمای بیشینه و دمای کمینه در فصل زمستان، در شکل ۸ و جدول ۴ نشان داده شده است.

بررسی شیب‌ها برای چندک‌های ۰/۰۱-۰/۹۹ برای سری زمانی دمای بیشینه روزانه در فصل زمستان، در بیشتر چندک‌ها به جز چندک‌های حدی، نزدیک به شیب رگرسیون میانه و در راستای آن در نوسان است که همه‌ی شیب‌ها مثبت می‌باشند. برای سری زمانی دمای کمینه روزانه در فصل زمستان، شیب‌ها در چندک‌های میانی تقریباً نزدیک به شیب رگرسیون میانه هستند؛ در حالی که در چندک‌های حدی بالا و پایین، شیب‌ها مقداری متفاوت با شیب میانه را نشان می‌دهند و در همه‌ی چندک‌ها شیب مثبت حاکم است که بیانگر وجود روند افزایشی در سری داده‌ها می‌باشد (شکل ۹).

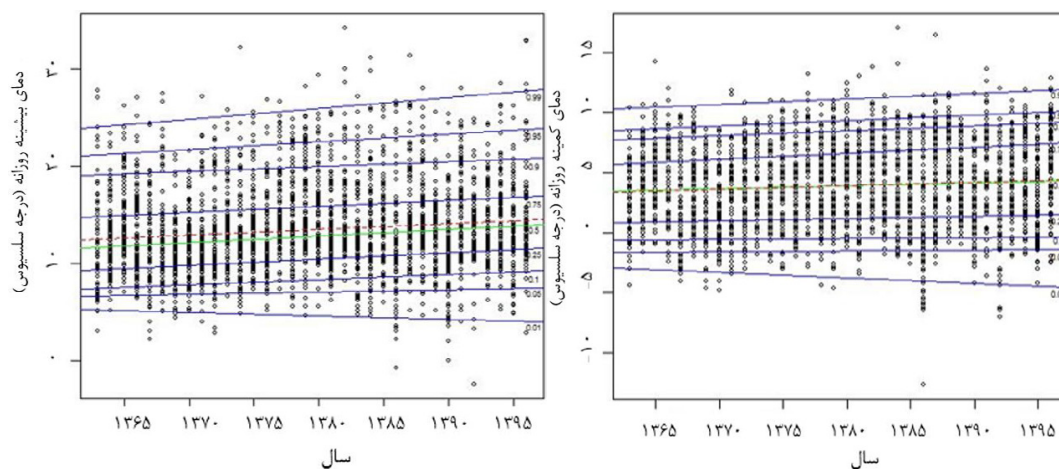
به طور کلی می‌توان اظهار داشت، رگرسیون چندک روندهای متفاوتی را در چندک‌های بالایی و پایینی، برای توزیع داده‌ی دمای کمینه و دمای بیشینه روزانه و فهم درک درست این الگوهای خاص نشان داده است. دماهای کمینه و بیشینه برای همه‌ی فصل‌ها به صورت معنی دار افزایش پیدا کرده است و این روندها در فصل‌های تابستان

میانه دارند که این امر اهمیت رگرسیون چندک را نسبت به رگرسیون خطی معمولی و رگرسیون میانگین قابل توجه می‌کند. چه بسا که اگر فقط به روش رگرسیون مبنی بر میانگین سری زمانی اکتفا شود، ممکن است در چندک‌های سری زمانی، روندهایی متفاوت با روند میانگین وجود داشته باشد که روش رگرسیون میانگین قادر به تحلیل این روندها نمی‌باشد (شکل ۷).

نتایج رگرسیون چندک و رگرسیون خطی معمولی برای متغیرهای دما در فصل زمستان

برای سری‌های زمانی از دمای بیشینه روزانه در فصل زمستان، شیب خط رگرسیون خطی معمولی (۰/۰۵۹) متفاوت با شیب خط رگرسیون چندک ۰/۵ (۰/۰۶۷) است و هر دو شیب معنی دار هستند. در همه‌ی چندک‌ها به جز چندک ۰/۰۱ و ۰/۰۵ شیب مثبت و معنی دار دیده می‌شود که بیانگر وجود روند مثبت و افزایشی در این چندک‌ها می‌باشد؛ اما میزان شیب در چندک‌های بالایی نسبت به چندک‌های پایینی، با یک نرخ سریع‌تری رو به افزایش است که حاکی از آن است که روند میانگین دمای بیشینه در فصل زمستان، بیشتر از افزایش دمای چندک‌های بالایی تأثیر می‌پذیرد. بیشترین میزان شیب معنی دار در چندک ۰/۹۹ است که به میزان ۰/۱۱ می‌باشد.

برای سری‌های زمانی دمای کمینه روزانه در فصل زمستان، میزان شیب رگرسیون خطی معمولی (۰/۰۲۷) نزدیک به شیب رگرسیون چندک ۰/۵ (۰/۰۲۲) است



شکل ۸. سری‌های زمانی دمای کمینه و بیشینه روزانه در فصل زمستان برای دوره‌ی زمانی ۱۳۹۷-۱۳۶۳.

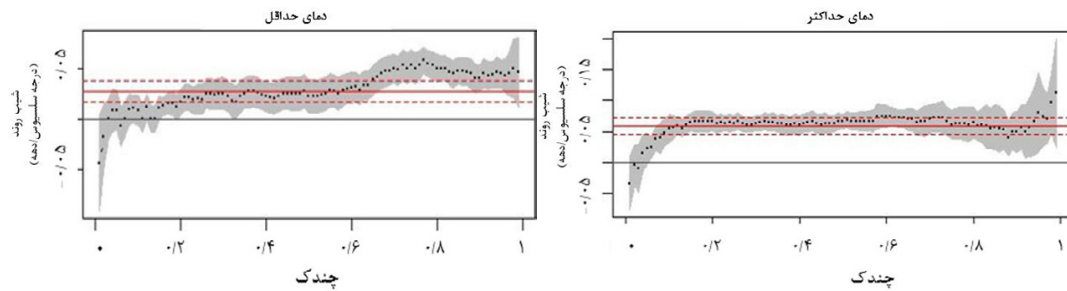
جدول ۴. نتایج کاربرد روش‌های رگرسیونی و معنی‌داری آماری آن برای توزیع داده دمای کمینه و بیشینه روزانه در فصل زمستان در دوره‌ی زمانی ۱۳۹۷-۱۳۶۳.

متغیر دما	نتایج روند	رگرسیون خطی معمولی	رگرسیون چندک									
			۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۱	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۰/۹	۰/۹۵	۰/۹۹	
دمای بیشینه	شیب روند	۰/۰۵۹ **	۰/۰۳۳	۰/۰۲۲	۰/۰۵۵	**	۰/۰۶۳	۰/۰۶۷	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱۱
	میزان تغییرات (درجه سلسیوس)	۱/۹	-۱	۰/۷	۱/۸	۲	۲/۲	۲	۱/۶	۲/۶	۳/۷	۳/۷
دمای کمینه	شیب روند	۰/۰۲۷ **	۰/۰۴۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	*	۰/۰۲	۰/۰۲۲	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴
	میزان تغییرات (درجه سلسیوس)	۰/۹	-۱/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۱/۶	۱/۳	۱/۵	۱/۵	۱/۵

سطح معنی‌داری: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

چندک‌ها، روندهای افزایشی معنی‌دار دیده می‌شود که نشان دهنده‌ی افزایش دمای کمینه و دمای بیشینه روزانه به طور کلی در طول فصل تابستان می‌باشد. ج) برای سری‌های زمانی از دماهای کمینه و بیشینه روزانه در فصل پاییز، روندهای افزایشی و معنی‌داری را در چندک‌های بالایی برای هر دو سری دما نشان می‌دهد که بیان می‌کند مقادیر بیشینه‌ها از دمای کمینه و بیشینه روزانه در طول فصل پاییز در حال افزایش می‌باشند. برای سری‌های زمانی از دماهای کمینه و بیشینه روزانه در فصل زمستان، روند افزایشی و معنی‌دار را در چندک‌های میانی و بالایی نشان داده شده است و بیانگر این است که مقادیر

شدیدتر، اما در فصل بهار ضعیف‌تر می‌باشند. این گرما در طول فصل‌ها، عمدتاً توسط افزایش دما در چندک‌های بالایی فراهم می‌شود. الف) سری‌های زمانی برای دمای کمینه روزانه در فصل بهار، روندهای افزایشی معنی‌دار در بیشتر چندک‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد که بیانگر افزایش دمای کمینه روزانه در طول فصل می‌باشد؛ اما برای دمای بیشینه روزانه، روندهای افزایشی معنی‌دار تنها در چندک‌های میانی دیده می‌شود که حاکی از آن است که میانگین‌های دمای بیشینه در طول فصل بهار در حال افزایش هستند. ب) سری‌های زمانی برای دمای بیشینه و دمای کمینه روزانه در فصل تابستان، تقریباً در همه‌ی



شکل ۹. نمودار روندها در دمای بیشینه و کمینه روزانه در فصل زمستان به همراه چندک (از ۱۳۹۹-۰۱/۰۱ با گام ۰/۰۱).

روزانه در جهان با استفاده از روش رگرسیون چندک نشان داده است که چندک‌های بالایی دمای هوا در شرق اروپا در طول تابستان و همچنین چندک‌های پایینی دمای هوا در زمستان در شمال اروپا افزایش یافته است و در آمریکای شمالی بیشترین تغییرات در چندک‌های پایینی دما برای عرض‌های جغرافیایی شمالی در فصل‌های پاییز و زمستان بوده است. لذا با توجه نتایج حاصل از پژوهش حاضر و مطالعات متعدد انجام شده می‌توان بیان کرد که اگر فقط به میانگین یا میان در سری داده‌های متغیرهای دما برای برآزش مدل اکتفا شود، ممکن است به نتایج درستی نرسید، چرا که احتمال دارد که روند در محدوده خاصی از چندک‌های سری داده‌ها وجود داشته باشد که رگرسیون خطی معمولی یا رگرسیون میانه قادر به گزارش این روندها نیست. با توجه به این یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که، رگرسیون چندک می‌تواند اطلاعاتی را بر روی روندهای گوناگون منطقه‌ای در هر فاصله نامحدود از مقادیر چندک فراهم کند. بنابراین برای محاسبه‌ی منظم الگوها برای دمای حدی در طول زمان قابل استفاده می‌باشد (لی و همکاران، ۲۰۱۳).

جمع‌بندی

در مطالعه حاضر به منظور بررسی روند تغییرات متغیرهای حدی دما در ایستگاه هواشناسی همدیدی هاشم‌آباد گرگان واقع در استان گلستان در طول دوره آماری ۱۳۹۷-۱۳۶۳، از روش رگرسیون خطی معمولی و رگرسیون چندک استفاده شد و نتایج مورد بررسی

میانگین و بیشینه ها از دمای کمینه و بیشینه روزانه در فصل زمستان در حال افزایش می‌باشند. همچنین نتایج کاربرد رگرسیون چندک در چندک‌های ۰/۹۹-۰/۰۱ با گام ۰/۰۱ در سری داده‌ها نشان داده است که در تقریباً در بیشتر چندک‌ها، شیب برآورد شده، مقداری متفاوت با شیب برآوردی از رگرسیون خطی معمولی را نشان داده است که حاکی اهمیت استفاده از روش رگرسیون چندک در سری داده‌ها می‌باشد. اگرچه مطالعه‌ای در زمینه‌ی بررسی روند تغییرات دمایی با استفاده از روش رگرسیون چندک در ایران انجام نشده است یا بسیار محدود می‌باشد، اما مطالعات متعددی در جهان صورت گرفته است؛ لی و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تغییرات در دماهای شدید در مقیاس فصلی، با استفاده از رگرسیون چندک در کره‌ی شمالی نتیجه گرفتند که سری‌های زمانی دمای کمینه روزانه در طول فصل زمستان فقط در چندک‌های پایینی از روند معنی‌دار افزایشی برخوردار هستند و در فصل تابستان در بیشتر مناطق روند افزایشی در دمای کمینه روزانه در هر دو چندک بالایی و پایینی دیده می‌شود. استرین و تیموفیو (۲۰۱۶) در برآورد تغییرات دمای هوای در ایستگاه‌های مختلف هواشناسی در روسیه با استفاده از روش تحلیل رگرسیون چندک نتیجه گرفتند که رگرسیون چندک مورد استفاده می‌تواند برای تجزیه و تحلیل روندها در مجموعه‌های بلند مدت استفاده شود و اطلاعات مربوط به روندها را در طیف وسیعی از مقادیر چندک به دست آورد. همچنین نتایج دون و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی تغییرات در توزیع‌های آماری دماهای

همراه خواهد داشت. همچنین علیرغم این که در فصل زمستان آب و هوای سردتری انتظار می‌رود، وجود این روند افزایشی گرما در فصل زمستان می‌تواند زنگ خطری باشد که دیگر فصل‌ها را تحت تأثیر قرار داده و به متعاقب آن، نگرانی‌ها و مشکلات زیادی را به بار آورد. لذا مدیریت این اصل و بررسی راه‌های مقابله با آن و جلوگیری از افزایش روزافزون آن، یکی از موضوعات اساسی است که لازم است برای آن راه‌حل‌هایی اندیشیده شود.

مراجع

۱. احمدی، ف. و رادمنش، ف.، ۱۳۹۳. بررسی روند تغییرات متوسط دمای ماهانه و سالانه نیمه شمالی کشور در نیم قرن اخیر. نشریه علمی-پژوهشی آب و خاک، ۲۸(۴): ۸۵۵-۸۶۵.
۲. احمدی مقدم، ز. و نوری، م.ر.، ۱۳۹۶. بررسی روند تغییرات پارامتر دما در ایستگاه شهرکرد. مجله علمی-ترویجی سازمان هواشناسی کشور. نیوار، ۴۱: ۷۲-۸۲.
۳. اعتمادیان، ا. و دوستان، رضا، ۱۳۹۶. تحلیل فضایی امواج گرمایی ایران. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات طبیعی، ۱۷(۱): ۱۷-۳۲.
۴. اقتدارنژاد، م.، بذرافشان، ا. و بذرافشان، ج.، ۱۳۹۶. بررسی تغییرات زمانی و مکانی خشکسالی هواشناسی براساس شاخص بارش-تبخیر تعرق استاندارد شده در ایران. مجله هواشناسی کشاورزی، ۲۵(۲): ۳۵-۴۶.
۵. اقتصادگردان (۱۳۹۷، ۲۹ خرداد). سه پیام هیئت تغییراقلیم برای ایران و جهان، ایران خشک‌تر خواهد شد، ظرفیت و تاب‌آوری محیط زیست در مقابل اقدامات بشر چقدر است؟. بازیابی شده در ۱۳۹۷/۸/۴ از <http://eghtesadgardan.ir/fa/news/116108>
۶. اکبری، م. و نودهی، و.، ۱۳۹۴. بررسی و تحلیل روند بارش سالانه و تابستانه استان گلستان. مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۱۷(۵): ۱۴۱-۱۵۰.
۷. حبیبیان، ا.ج.، ۱۳۹۵. ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی بارش در ایران. نشریه مهندسی اکوسیستم‌های بیابان، ۵(۳): ۱۰۱-۱۱۶.
۸. داداشی رودباری، ع.ع. و کیخسروی کیانی، م.، ۱۳۹۵. واکاوی مکانی و زمانی روند بارش سالانه ایران طی سال‌های ۱۳۲۹ تا ۱۳۸۶. مجله محیط زیست و مهندسی آب، ۲(۲): ۱۱۱-۱۲۱.
۹. ذبیحی، م.، مصطفی‌زاده، ر. و شرری، م.، ۱۳۹۶. تحلیل شدت و تداوم دوره‌های خشک و مرطوب براساس شاخص‌های مبتنی بر بارش و تبخیر و تعرق. پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز، ۸(۱۵): ۱۳۶-۱۲۵.
۱۰. رضائی‌قلعه، ل. و قربانی، خ.، ۱۳۹۷. تحلیل تطبیقی رفتار شاخص‌های خشکسالی هواشناسی SPI و SPEI در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۴۰(۱۶): ۳۱-۴۰.
۱۱. سالاری‌جزی، م.، ۱۳۹۶. تعیین تغییرات توزیع بارش سالانه در برخی از ایستگاه‌های نیمه شمال ایران. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۴(۴): ۱۴۳-۱۵۹.
۱۲. عطایی، ه. و فنایی، ر.، ۱۳۹۲. بررسی روند تغییرات زمانی-مکانی دمای شبانه استان اصفهان. نشریه تحقیقات جغرافیایی، ۲۸(۴): ۱۸۱-۱۶۷.
۱۳. فتاحی، ف.، ۱۳۸۴. رگرسیون چندک بیزی. پایان‌نامه کارشناسی

و مقایسه قرار گرفت که مهم‌ترین نتایج به شرح زیر می‌باشد:

۱- در فصل بهار، مقادیر میانگین دمای بیشینه روزانه و همچنین مقادیر دمای کمینه روزانه رو به افزایش هستند و میزان این افزایش در دمای کمینه بیشتر دیده می‌شود.

۲- در فصل تابستان، به طور کلی مقادیر دمای کمینه و دمای بیشینه دمای روزانه در حال زیاد شدن می‌باشند؛ به طوری که این افزایش در دمای بیشینه به میزان بیشتری قابل رؤیت می‌باشد.

۳- در فصل پاییز، مقادیر بیشینه‌ها از دماهای بیشینه و کمینه روزانه افزایش یافته است و در عین حال این افزایش در دماهای کمینه، نسبت به دمای بیشینه بیشتر می‌باشد.

۴- در فصل زمستان، مقادیر میانگین و بیشینه‌ها از دماهای کمینه و بیشینه روزانه افزایش یافته و این افزایش برای دمای بیشینه بیشتر می‌باشد.

۵- کاربرد رگرسیون خطی معمولی برای سری‌های زمانی دماهای بیشینه و کمینه در طول فصل‌های سال، نشان می‌دهد که علامت روندها برای همه‌ی فصل‌ها، افزایشی و معنی دار هستند، و مقدار بزرگی شیب روند برای دماهای بیشینه و کمینه در فصل بهار به ترتیب برابر ۰/۰۴ و ۰/۰۴۲، در فصل تابستان به ترتیب ۰/۰۸۵ و ۰/۰۵، در فصل پاییز به ترتیب برابر ۰/۰۱۷ و ۰/۰۳ و در فصل زمستان نیز ۰/۰۵۹ و ۰/۰۲۷ می‌باشد.

۶- چندک‌های شرطی کرا نه بالایی، بیانگر شرایط حدی متغیرهای دما هستند؛ بنابراین استفاده از رگرسیون چندک می‌تواند ابزاری مفید برای بررسی تغییرات شرایط حدی متغیرهای دما باشد.

۷- بیشترین شدت روند گرما در فصل تابستان دیده می‌شود و با توجه به این که در این فصل به دلیل گرمای هوا، به خودی خود با کاهش منابع آب رو به رو هستیم، افزایش شدت گرم شدن روزها نیز موجب محدودیت بیشتر منابع آب و استفاده بی‌رویه و بیش از حد مجاز از آب زیرزمینی می‌شود که در پس آن مشکلاتی را به

30. Koenker, R., 2006. Quantile regression in R: A vignette. [Available online at <http://www.econ.uiuc.edu/~roger/research/rq/vig.pdf>.]
31. Lee, K., Beak, H. and Cho, C., 2013. Analysis of Changes in Extreme Temperatures Using Quantile Regression. Korean Meteorological Society, 49: 313-323.
32. Luterbacher, J., Dietrich, D., Xoplaki, E., Grosjean, M. and Wanner, H., 2004. European seasonal and annual temperature variability, trends and extremes since 1500. Science, 303: 1499-1503.
33. Mondal, A., Kundu, S. and Mukhopadhyay, A., 2012. Rainfall trend analysis by Mann-Kendall test: A case study of north-eastern part of Cuttack district, Orissa. Int. Journal Geol. Earth Environ, Sci, 2: 70-78.
34. Reich, B.J., 2012. Spatiotemporal quantile regression for detecting distributional changes in environmental processes. Journal Royal Stat. Soc. Series C (Applied Statistics), 61: 535-553.
35. Richardson, D.C., Melles, S.J., Pilla, R.M., Hetherington, A.L., Knoll, L.B., Williamson, C.E., Kraemer, B.M., Jackson, J.R., Long, E.C., Moore, K., Rudstam, L.G., Rusak, J.A., Saros, J.E., Sharma, S., Strock, K.E., Weathers, K.C. and Wigdahl-Perry, C.R., 2017. Transparency, Geomorphology and Mixing Regime Explain Variability in Trends in Lake Temperature and Stratification across Northeastern North America (1975-2017). Journal of Water, 9: 1-22.
36. Saleem, Salman., Shamsuddin, Shahid., Tarmizi, Ismail., Kamal, Ahmad. and Xio-Jun, Wang., 2018. Selection of Climate Models for Projection of Spatiotemporal Changes in Temperature of Araq With Uncertainties. Journal of Atmospheric Research, (213): 509-522.
37. Sivan Thankamani Akhil, R., Madinent Venkat, R., Daggumati Narayana, R. and Boddam Venkata Krishna, M., 2018. Long-Term Trends in Stratospheric Ozone, Temperature, And Water Vapor over The Indian Region. Journal of Annales Geophysicae, 36: 149-160.
38. Sterin, A.M. and Timofeev, A.A., 2016. Estimation of surface air temperature trends over the Russian Federation territory using the quantile regression method. Journal of Russian Meteorology and Hydrology, 41(6): 388-397.
39. Wasko, C. and Sharma, A., 2014. Quantile regression for investigating scaling of extreme precipitation with temprater. Water Resources Research, 50: 3608-3614.
40. Yeh, C.F., Wang, J., Yeh, H.F. and Lee, C.H., 2015. Spatial and Temporal Streamflow Trends in Northern Taiwan. Journal of Water, 7: 634-651.
- ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.
۱۴. فغانی، م.، قربانی، خ. و سالاری جزی، م.، ۱۳۹۶. تحلیل روند و نقطه شکست در سری‌های فصلی شاخص خشکسالی SPI در ایران. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۴(۱۱): ۶۶۷-۶۷۹.
۱۵. قربانی، خ.، ۱۳۹۳. الگوی فصلی و مکانی تغییر اقلیم دمای هوا در ایران. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۱(۵): ۲۵۷-۲۷۰.
۱۶. قربانی، خ.، ولزاده، ا. و برارخان پور، ص.، ۱۳۹۷. بررسی روند تغییرات مکانی-زمانی شاخص دو متغیره خشکسالی هواشناسی SPEI در ایران. نشریه مدیریت بیابان، ۶(۱۱): ۲۵-۳۸.
۱۷. کلانکی، مهدی. و کاراندیش، فاطمه.، ۱۳۹۴. پیش‌بینی اثرات بلندمدت تغییر اقلیم بر مؤلفه‌های اقلیمی در منطقه مرطوب. فصلنامه علمی-پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۵(۲۰): ۱۳۱-۱۴۸.
۱۸. مسعودیان، س.ا. و یونسی، م.، ۱۳۹۴. تحلیل روند زمانی و توزیع مکانی دمای هوا در جمهوری آذربایجان. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۶(۲): ۱-۱۶.
۱۹. معروف نژاد، ع. و قاسمی، ش.، ۱۳۹۶. روند تغییرات دما با استفاده از روش من-کندال (مطالعه موردی چهار شهرستان چهارمحال بختیاری). فصلنامه آمایش محیط، ۱۰(۳۷): ۱۴۹-۱۶۶.
۲۰. منتصری، م.، امیرعطایی، ب. و خلیلی، ک.، ۱۳۹۵. تحلیل روند تغییرات زمانی و مکانی دوره‌های خشکسالی و ترسالی شمال غرب کشور براساس دو شاخص خشکسالی SPI و RAI. نشریه علمی-پژوهشی آب و خاک دانشگاه فردوسی مشهد، ۳(۲): ۶۵۵-۶۷۱.
۲۱. میری، م. و رحیمی، م.، ۱۳۹۴. بررسی روند تغییرات مکانی-زمانی پارامترهای دمای ایران. فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۱۲(۴۷): ۶۵-۸۰.
۲۲. ورشوایان، و.، خلیلی، ع.، قهرمان، ن. و حجام، س.، ۱۳۹۰. بررسی روند تغییرات مقادیر حدی حداقل دما، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران. مجله فیزیک زمین و فضا، ۳۷(۱): ۱۶۹-۱۷۹.
23. Andang'o, Awiti, H., Ouma, J., Muthama, N.J. and Opere, A.O., 2016. Investigating the Homogeneity of Monthly Rainfall Records in Kenya. Journal of Meteorology and Related Sciences, 9: 48-54.
24. Dunn, R. H., Willett, K.M. and Parker, E.P., 2019. Changes in statistical distributions of sub-daily surface temperatures and wind speed. Journal of Eearth System Dynamics, 10(4): 765-788.
25. Gandomkar, A. and Abdolahi, A., 2012. The Study of Precipitation Trend in North Alborz Basin (Iran). Journal WULFENIA, 19: 2-8.
26. Gao, M. and Franzke, C., 2017. Quantile Regression-based Spatio-temporal Analysis of Extreme Temperature Change in China. Journal of Climate, 30: 9897-9914.
27. Khosravi, H., Sajedi-Hosseini, F., Nasrollahi, M. and Gharechaei, H.R., 2017. Trend analysis and detection of precipitation fluctuations in arid and semi-arid regions. DESERT, 22: 77-84.
28. Koenker, R. and Bassett, G., 1978. Regression Quantiles. Econometrica, 46: 33-50.
29. Koenker, R., 2005. Quantile Regression. first ed. New York: Cambridge University Press 2005, 1-25.

Analysis of Seasonal Changes in Extreme Temperatures Using Quantile Regression (Case Study: Hashem Abad Synoptic Meteorological Station, Gorgan)

Sedigheh Bararkhanpour¹, Khalil Ghorbani^{2*}, Meysam Salarijazi³, Laleh Rezaie Ghaleh⁴

¹ Student of MSc of Water Resource Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

² Associate Professor of Water Engineering Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

³ Assistant Professor of Water Engineering Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

⁴ Ph.D. in Water Sciences & Engineering, Urmia University

*Corresponding Author Email: ghorbani.khalil@yahoo.com

Received: 13 January 2019, accepted: 11 April 2019

ABSTRACT

Global warming due to the climate change could affect differently on various parts of meteorological time series data including events with various intensity. Changes may not be uniform in various parts of the time series data or there may be an increasing or decreasing visible trend in different parts of the time series, and generally, the whole series do not change. Accordingly, the use of linear regression method or nonparametric tests to detect the trend that only focuses on the mean or median of the data series, may not lead to the correct results. Therefore, quantile regression method is used to analyze trend in quantiles of data series. Gorgan is one of the important agricultural poles in Iran, where any temperature variation can affect the crops and horticultural plants of that area. For this purpose, in this research, minimum and maximum daily temperature in 34 years' period (1985-2018) from Gorgan's Hashemabad synoptic station was used to determine any variations in data series trend using quantile regression and linear regression method in seasonal time scale. The results showed that all seasons are moving towards warmer weather conditions, and this increase in temperature is much higher in summer season, but lower in spring season. Moreover, in upper extreme values, hot days, have a steeper trend. According to the results of quantile regression, it could be concluded that temperature's climate condition is changing in Gorgan and this region is moving towards warmer weather condition.

Keywords: Climate Change, Minimum Daily Temperature, Maximum Daily Temperature, Quantile Regression, Gorgan.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Bararkhanpour, S.; Ghorbani, Kh.; Salarijazi, M.; Rezaie Ghaleh L. (2019). Analysis of Seasonal Changes in Extreme Temperatures Using Quantile Regression (Case Study: Hashem Abad Synoptic Meteorological Station, Gorgan). *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 2(2): 114-128

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

