

مطالعه تغییر اقلیم در استان گیلان و نمایه‌های اقلیمی فرین در فراسنج های دمایی

ابراهیم اسعدی اسکویی^۱، سامان مرتضی پور^{۲*}

۱- رئیس پژوهشکده هواشناسی آب و کشاورزی

۲- کارشناسی ارشد هواشناسی، کارشناس تحقیقات هواشناسی گیلان

(تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۱۸، تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۲۲)

چکیده

دما یکی از پارامترهای اصلی اقلیمی است که تغییرات آن اثر بسیار زیادی بر بسیاری از فرایندهای طبیعی دارد و از طرف دیگر شاخص های دمایی به عنوان اصلی ترین شاخص های آشکارساز در رخداد تغییر اقلیم در مطالعات اقلیمی مورد توجه است. در این مطالعه با استفاده از داده‌های روزانه دمای ۳۰ ساله فراسنج های دمایی پنج ایستگاه سینوپتیک در استان گیلان، تغییرات اقلیمی فراسنج های دمایی و همچنین نمایه‌های اقلیمی فرین دمایی در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. در تحلیل نتایج، سطوح معنی داری ۰/۱، ۰/۵ و ۱۰ درصد در نظر گرفته شد. آشکارسازی روند به وسیله آزمون‌های روند من-کندال آماری و گرافیکی، رگرسیون تک متغیره و نمایه‌های اقلیمی فرین با هم مطابقت داشتند. نتایج نشان می‌دهند کمیت‌های دمایی با سطح اطمینان مناسبی شامل روند افزایشی در منطقه هستند. میانگین حسابی میزان افزایش دما در ایستگاه ها ۰/۵، برای نمونه، شهر رشت دارای روند افزایشی ۰/۴۶ درجه سلسیوس در دهه برای دمای میانگین بود که معادل افزایش ۱/۳۸ درجه سلسیوس در دوره ۳۰ ساله مورد مطالعه است. سایر شاخص های حدی مورد بررسی نیز نشان می‌دهند در منطقه، رخداد تغییر اقلیم ناشی از متغیرهای دمایی در جهت افزایش معنی دار وجود دارد. تغییرات اقلیمی فراسنج های دمایی بیشترین وابستگی را در فصل تابستان و کمترین وابستگی را در فصل پاییز دارند.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، نمایه‌های اقلیمی دمایی، استان گیلان.

مقدمه

در گستره منطقه‌ای یا جهانی شود (Alexander et al, 2005; AghaKouchak et al, 2014; Zhang et al, 2008) اثرات این عوامل بر ابعاد مختلف زندگی و محیط زیست، مساله تغییرات اقلیمی را از جمله مسائل حائز اهمیت برای افراد و نهادهای علمی، سیاسی و تصمیم گیرنده در سطح جهانی قرار داده است (Yang et al, 2012)؛ احمدی و همکاران، (۱۳۹۴). در سال ۱۹۸۸ هیات بین دولتی تغییر اقلیم^۱ به وسیله سازمان جهانی هواشناسی^۲ و برنامه محیط زیست سازمان ملل^۳ تشکیل شد. کمیسیون اقلیم‌شناسی^۴، تغییرپذیری و پیش‌بینی پذیری اقلیم^۵، پژوهش‌های آشکارسازی تغییر اقلیم^۶ و گروه کارشناسی تعیین تغییر اقلیم و نمایه‌های اقلیمی^۷ از دیگر مراکز و گروه‌های مربوط هستند که در بررسی و پایش تغییر اقلیم فعالیت متمرکز دارند. (IPCC) در گزارش سال ۲۰۰۷، افزایش میانگین دمای جهانی به میزان ۰/۷۴ درجه سلسیوس و

تغییرات آماری معنی دار در متوسط سری زمانی داده‌های آب و هوایی بلندمدت برای یک منطقه را می‌توان به عنوان تغییر اقلیم معرفی کرد (مدرسی و همکاران، ۱۳۸۸). در واقع این داده‌های هواشناسی و اقلیمی که برای دوره زمانی بلندمدت در یک منطقه ثبت شده‌اند، رفتار اقلیمی آن منطقه را مشخص می‌کنند و می‌توانند شامل فراسنج‌های مختلف مانند دما، بارش، تبخیر، رطوبت و غیره باشند. تغییر رفتار اقلیمی در مقایسه با این رفتار بلندمدت مورد انتظار برای یک منطقه، به عنوان تغییر اقلیم شناخته می‌شود (Alizadeh, 2010). تغییر اقلیم می‌تواند بر چرخه‌های رفتاری آب و هوایی و جوی و الگوی فرایندهای آن تاثیر گذاشته و باعث ایجاد پدیده‌های مخربی مانند سیل، خشکسالی‌ها، امواج گرمایی، بارش‌های سنگین، گرما و سرماهای شدید، آتش سوزی، گرم شدن جهانی هوا و غیره،

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
3. United Nations Environment Programme (UNEP)
5. Climate Variability and Predictability (CLIVAR)
7. Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI)

2. World Meteorology Organization (WMO)
4. Commission for Climatology (CCL)
6. Climate Change Detection Project (CCDP)
8. Mann Kendall

کرد. عزیزی و روشنی (۱۳۸۶) برخی عناصر رطوبتی و دمایی سواحل جنوبی دریای خزر را در یک دوره ۴۰ ساله مورد مطالعه قرار دادند. آنها برای تحلیل روند از آزمون من کندال استفاده کردند و نتیجه گرفتند که از دامنه نوسان دما در طول دوره کاسته شده است و تغییرات در فصل تابستان و زمستان بیشتر است.

جونز و موبرگ (۲۰۰۳) تغییرات دمای سطح زمین را در نیمکره و مقیاس بزرگ مطالعه کردند. آنها ۵۱۵۹ اطلاعات ثبت ایستگاهی را در نظر گرفتند که بین آنها ۴۱۶۷ سری دارای اطلاعات کافی برای میانگین‌گیری در دوره ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ بودند. بسیاری از اطلاعات ایستگاه‌ها، داده‌ها با سری جدید همگن شده جایگزین شده بودند. نتیجه بررسی‌های آنها حاکی از روند کلی گرمایش در اکثر مناطق است. موبرگ و جونز (۲۰۰۵) شش نمایه فرین بارش و چهار نمایه فرین دما را از داده‌های روزانه ایستگاه‌ها در اروپا بررسی کردند. افزایش میانگین شدت بارش و رخدادهای شدید بارشی، افزایش طول دوره‌های خشک و روند افزایش دمای جهانی از جمله نتایج آنها است. تغییرات آب و هوایی می‌تواند در مناطق مختلف دارای ویژگی‌های متفاوت باشد (Filho et al, 2016; Leonard et al, 2014). در این مطالعه با استفاده از پنج ایستگاه در استان گیلان که دارای داده‌های مناسب بودند، همگنی و وجود روند معنی‌دار و تغییرات اقلیمی در منطقه و برای فراسنج‌های دمایی، با استفاده از آزمون‌های معتبر و استاندارد همگنی و تعیین روند، مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه داده‌های پنج ایستگاه هواشناسی استان گیلان که از نظر طول دوره زمانی و داده‌های گمشده دارای شرایط مناسب بودند مورد استفاده قرار گرفت که عبارتند از ایستگاه‌های فرودگاه رشت، بندرانزلی، آستارا، منجیل و لاهیجان (جدول ۱). بازه زمانی داده‌ها برای یک دوره ۳۰ ساله از سال ۱۹۸۹ تا سال ۲۰۱۸ استفاده شد که برای ایستگاه‌های منجیل و لاهیجان به دلیل نبودن سابقه ثبت داده‌ها، بازه زمانی به ترتیب شامل ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۸ و ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۸ بوده است. کمیت‌های هواشناسی و اقلیمی دمای میانگین روزانه، دمای

در گزارش سال ۲۰۱۳، افزایش ۰/۸۵ تا ۲ درجه‌ای دما در دوره ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۲ را اعلام کرده است (کوزه‌گران و موسوی، ۱۳۹۳؛ عزیزی و روشنی، ۱۳۸۶؛ علیجانی و همکاران، ۱۳۹۱). آخرین بیان رسمی سازمان هواشناسی جهانی شامل اعلام افزایش یک درجه‌ای دما نسبت به میانگین درجه حرارت جهانی تا پیش از عصر صنعتی است (WMO, 2019).

مطالعات نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی بر جنبه‌های رخداد فرین پدیده‌ها و کمیت‌های آب و هوایی اثرات زیادی دارد. فرین‌های آب و هوایی ارتباط مستقیم با اثرات مخرب اقلیمی و بلایای جوی دارند که شدت و فراوانی آنها در سطح منطقه و جهان، در سال‌های اخیر دارای رشد قابل توجه بوده و خسارات زیادی را در بر داشته است. به همین دلیل، فرین‌های آب و هوایی در مطالعات تغییر اقلیمی دارای اهمیت ویژه‌ای است (Zhang et al, 2011; Hao et al, 2013; Kattenberg & Filippo, 2001؛ علیجانی و همکاران، ۱۳۹۱).

علیجانی و همکاران (۱۳۹۱) تغییرپذیری فرین‌های دما را در ایران بررسی کردند. ایشان ۶۰ سری روزانه دما را برای ایستگاه‌های با پراکندگی مناسب، در دوره زمانی ۱۹۶۱-۲۰۰۶ بکار بردند و بررسی روند تغییرات را بر روی ۱۸ نمایه از مجموعه نمایه‌های اقلیمی فرین انجام دادند. برای تشخیص تغییرات روند از آزمون‌های من کندال و رگرسیون خطی استفاده کردند. نتایج مطالعه آنها بیانگر روند افزایشی دما در بیشتر مناطق کشور و بویژه در نواحی مرکزی کشور است. کوزه‌گران و موسوی (۱۳۹۳) با داده‌های تعدادی از ایستگاه‌های خراسان رضوی و جنوبی و برآورد ۲۷ نمایه حدی اقلیمی مربوط به دما و بارش، روند تغییرات این نمایه‌های حدی را با روش من کندال بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که نمایه‌های حدی گرم روند افزایشی و نمایه‌های حدی سرد روند کاهشی دارند. همچنین در اکثر ایستگاه‌ها سرعت باد بیشینه، روند افزایشی و نمایه‌های بارش روند کاهشی داشتند. از دیگر مطالعات در مورد نمایه‌های اقلیمی فرین می‌توان به احمدی و همکاران (۱۳۹۴)، اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۷)، عرفانیان و همکاران (۱۳۹۶)، اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۷)، ابراهیمی و کردوانی (۱۳۹۳) و حقیگو و فرامرزی (۱۳۹۷) اشاره

بیشینه روزانه و دمای کمینه روزانه از سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی استان گیلان مورد مطالعه در این تحقیق

ایستگاه (Station)	کد (ID)	طول جغرافیایی (درجه) Longitude(degree)	عرض جغرافیایی (درجه) Latitude(degree)	ارتفاع از سطح دریای آزاد Elevation(m) (متر)
رشت (Rasht)	۴۰۷۱۹	۴۹/۲۶۴	۳۷/۳۲۳	-۸/۶۰
انزلی (Anzali)	۴۰۷۱۸	۴۹/۴۵۸	۳۷/۴۸۰	-۲۳/۶۰
آستارا (Astara)	۴۰۷۰۹	۴۸/۸۵۴	۳۸/۳۶۵	-۲۱/۱۰
منجیل (Manjil)	۴۰۷۲۰	۴۹/۴۱۰	۳۶/۷۲۸	۳۳۸/۳۰
لاهیجان (Lahijan)	۹۹۲۷۶	۵۰/۰۱۶	۳۷/۱۹۲	۳۴/۲۰

روشنی، ۱۳۸۶؛ ابراهیمی و کردوانی، ۱۳۹۳؛ Sueyers, 1990). در این مطالعه برای نمایش وجود روند (Trend) از حرف T، تغییر ناگهانی (Abrupt) از حرف A، افزایش (Increase) از حرف I و کاهش (Decrease) از حرف D استفاده شده است.

جدول ۲- مقادیر بحرانی آزمون آماری من-کندال (Test Z) برای سطح‌های معنی‌داری ۰/۱، ۰/۵ و ۱۰ درصد

سطح معنی‌داری	۰/۱	۱٪	۵٪	۱۰٪
مقدار بحرانی	۳/۲۹۲	۲/۵۷۶	۱/۹۶۰	۱/۶۴۵

آزمون دیگری که برای بررسی روند سری داده‌ها استفاده شد، رگرسیون خطی یک متغیره است که کمیت‌های هواشناسی به عنوان متغیر مستقل و سال به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. ضریب متغیر مستقل، احتمال معنی‌داری (P-Value) و سطح معنی‌داری متناظر با آن، و همچنین ضریب تعیین (R-Squared)، بوسیله نرم افزار آماری (R) بدست آمد. در این روش نیز مقادیر (P-Value) و سطوح معنی‌داری متناظر، برای شرط صفر "عدم وجود روند" در مقابل شرط یک "وجود روند" در نظر گرفته شده‌اند. نمایه‌های دمایی معرفی شده توسط کارگروه (CCL/CLIVAR) در جدول ۳ آورده شده است. در این مطالعه ۱۸ عضو از این نمایه‌ها انتخاب شدند که شامل تقسیم‌بندی نمایه‌های دمایی، نمایه‌های دمایی گرم و نمایه‌های دمایی سرد هستند و با استفاده از نرم افزار (RClimdex) محاسبه شدند.

در مطالعات اقلیمی، بررسی همگنی داده‌ها اهمیت زیادی دارد (Fan & Chen, 2016؛ Vincent et al, 2012). با استفاده از دو روش آزمون همگنی انحرافات تجمعی^۱ (Buishand, ۱۹۸۲) و آزمون همگنی درست‌نمایی ورسلی^۲ (Worsley, ۱۹۷۹) و برای سطح‌های معنی‌داری ۱، ۵ و ۱۰ درصد، همگنی سری داده‌ها برای همه کمیت‌ها و برای هر ایستگاه بررسی شد. آزمون من-کندال که از جمله روش‌های بررسی روند در سری داده‌ها آزمون ناپارامتریک است، توسط (Mann, ۱۹۴۵) ارائه شد و سپس توسط (Kendall, ۱۹۷۵) توسعه یافت و بر پایه رتبه داده‌ها در سری زمانی است. در این مطالعه از دو روش نمودار گرافیکی و آماری آن استفاده شد. این آزمون برای بررسی روند در سری‌های زمانی استفاده می‌شود و شامل فرض صفر "عدم وجود روند"، در مقابل فرض یک "وجود روند" است (علیچانی و همکاران، ۱۳۹۱؛ مدرسی و همکاران، ۱۳۸۸).

در این مطالعه آزمون آماری من-کندال (Test Z) بکار گرفته شد. آماره آزمون و مقادیر متناظر سطح معنی‌داری آن محاسبه شد. مقادیر بحرانی این آزمون برای سطح‌های معنی‌داری در جدول ۲ آورده شده است. در آزمون گرافیکی من-کندال، اگر روند معنی‌دار وجود داشته باشد، مشاهده می‌شود که خطوط u_i و u'_i معرفی شده توسط آزمون، یکدیگر را قطع می‌کنند. قطع شدن خطوط در محدوده بحرانی ($\pm 1/96$) نشان‌دهنده آغاز تغییر ناگهانی و در خارج این محدوده بیانگر وجود روند در سری زمانی است (عزیزی و

جدول ۳- نمایه‌های دمایی معرفی شده توسط کارگروه CCL/CLIVAR

نمایه (Index)	معرفی نمایه	توضیح	واحد (Units)
TMAXmean	میانگین دمای بیشینه (Average of TMAX)	میانگین ماهانه دمای بیشینه (یا سالانه)	درجه سلسیوس
TMINmean	میانگین دمای کمینه (Average of TMIN)	میانگین ماهانه دمای کمینه (یا سالانه)	درجه سلسیوس
FD	تعداد روزهای یخبندان (TN<0 °C, Number of Frost days)	تعداد روزهای با دمای کمینه کمتر از صفر درجه سلسیوس در سال	روز (days)
ID	تعداد روزهای یخی (TM<0 °C, Number of Ice days)	تعداد روزهای با دمای بیشینه کمتر از صفر درجه سلسیوس در سال	روز (days)
Su25	تعداد روزهای تابستانی (TM>25 °C, Number of Summer days)	تعداد روزهای با دمای بیشینه بیشتر از ۲۵ درجه سلسیوس در سال	روز (days)
TR20	تعداد شب‌های حاره‌ای (TN>20 °C, Number of Tropical nights)	تعداد روزهای با دمای کمینه بیشتر از ۲۰ درجه سلسیوس در سال	روز (days)
TXx	بیشینه دمای بیشینه روزانه (TMAX Maximum)	بیشینه دمای بیشینه روزانه در ماه (یا در سال)	درجه سلسیوس
TNx	بیشینه دمای کمینه روزانه (TMIN Maximum)	بیشینه دمای کمینه روزانه در ماه (یا در سال)	درجه سلسیوس
TXn	کمینه دمای بیشینه روزانه (TMAX Minimum)	کمینه دمای بیشینه روزانه در ماه (یا در سال)	درجه سلسیوس
TNn	کمینه دمای کمینه روزانه (TMIN Minimum)	کمینه دمای کمینه روزانه در ماه (یا در سال)	درجه سلسیوس
TX90p	روزهای گرم (Warm Days)	درصد روزهایی در ماه که دمای بیشینه بیشتر از صدک ۹۰ام باشد (در سال)	درصد (percent)
TN90p	شب‌های گرم (Warm Nights)	درصد روزهایی در ماه که دمای کمینه بیشتر از صدک ۹۰ام باشد (در سال)	درصد (percent)
TX10p	روزهای سرد (Cool Days)	درصد روزهایی در ماه که دمای بیشینه کمتر از صدک ۱۰ام باشد (در سال)	درصد (percent)
TN10p	شب‌های سرد (Cool Nights)	درصد روزهایی در ماه که دمای کمینه کمتر از صدک ۱۰ام باشد (در سال)	درصد (percent)
DTR	دامنه دمای روزانه (Diurnal Temperature Range)	میانگین ماهانه اختلاف دمای بیشینه و دمای کمینه (یا میانگین سالانه)	درجه سلسیوس
WSDI	نمایه تداوم دوره گرم (TX> TX90p, Warm Spell Duration Index)	تعداد روزها در سال وقتی که حداقل شش روز متوالی دمای بیشینه بیشتر از صدک ۹۰ام باشد	روز (days)
CSDI	نمایه تداوم دوره سرد (TN< TN10p, Cold Spell Duration Index)	تعداد روزها در سال وقتی که حداقل شش روز متوالی دمای کمینه کمتر از صدک ۱۰ام باشد	روز (days)
GSL	طول فصل رویش (Growing Season Length)	در نیمکره شمالی، فاصله زمانی بین اولین دوره بعد از اول ژوئیه (دهم تیر) که حداقل ۶ روز متوالی دمای میانگین روزانه کمتر بیشتر از ۵ درجه سلسیوس باشد و اولین دوره ۶ روزه با دمای میانگین روزانه کمتر از ۵ درجه سلسیوس	روز (days)

بحث و بررسی

سری داده‌ها پذیرفته شد. ناهمگن بودن سری داده‌ها بیانگر این است که در سری داده مورد نظر و در سطح اطمینان بیان شده، می‌توان در آزمایش‌های آشکارسازی روند، انتظار وجود روند معنی‌دار را داشت.

آزمون من-کندال، نتایج آزمون من-کندال آماری (Test Z) برای پنج ایستگاه مورد مطالعه در جدول ۴ آمده است. در این آزمون سطح‌های معنی‌داری ۰/۱، ۱، ۵ و ۱۰ درصد برای تعیین سطح معنی‌داری وجود روند در سری داده کمیت مورد

همگنی، کمیت‌های مورد بررسی در این مطالعه شامل دمای میانگین روزانه، دمای بیشینه روزانه و دمای کمینه روزانه است. همگنی همه سری داده‌ها با دو آزمون انحرافات تجمعی (CDT) و درست‌نمایی ورسلی (Worsley) بررسی شد. تمامی کمیت‌ها در تمام سطوح معنی‌داری ۱، ۵ و ۱۰ درصد و در هر دو آزمون ناهمگن بودند. به عبارتی در تمام سطوح معنی‌داری، آزمون معنی‌دار بوده و فرض یک (ناهمگن بودن

کمیت‌های دما، روند مثبت معنی‌دار در منطقه مورد مطالعه وجود دارد.

داده‌های مورد مطالعه با روش گرافیکی آزمون من-کندال نیز بررسی شد و نتایج آن در جدول ۵ آورده شده است. این نتایج با نتیجه‌های بررسی آزمون آماری من-کندال مطابقت دارند. در شکل ۱ نمونه‌ای از نمودارهای مربوط به آزمون گرافیکی من-کندال نشان داده شده است. در این شکل که برای دمای میانگین ایستگاه رشت است قطع شدن خطوط در خارج محدوده بحرانی مشاهده می‌شود و با شیب مثبت امتداد می‌یابند که نشان‌دهنده وجود روند مثبت است.

بررسی در نظر گرفته شده است. دماهای میانگین، بیشینه و کمینه برای هر پنج شهر اکثراً دارای سطح معنی‌داری با درصد کوچک (سطح اطمینان بالا) و مقادیر مثبت آماره آزمون هستند. به جز شهر لاهیجان در کمیت دمای کمینه که تا سطح معنی‌داری ۱۰ درصد نیز برای داشتن روند معنی‌دار نیست، این سه کمیت، در بقیه موارد شامل سطح معنی‌داری ۵ درصد به پایین با مقدار مثبت آماره هستند. نتیجه آزمون برای دمای میانگین در سه شهر رشت، انزلی و آستارا، شامل سطح معنی‌داری ۰/۱ درصد بوده است که بیانگر سطح اطمینان بالا برای وجود روند است. با توجه به نتایج می‌توان مشاهده کرد که در

جدول ۴- نتایج آزمون آماری (Test Z) من کندال در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸. علامت‌ها برای (sig.) شامل؛ + سطح معنی‌داری ۱۰ درصد، * سطح معنی‌داری ۵ درصد، ** سطح معنی‌داری ۱ درصد، *** سطح معنی‌داری ۰/۱ درصد

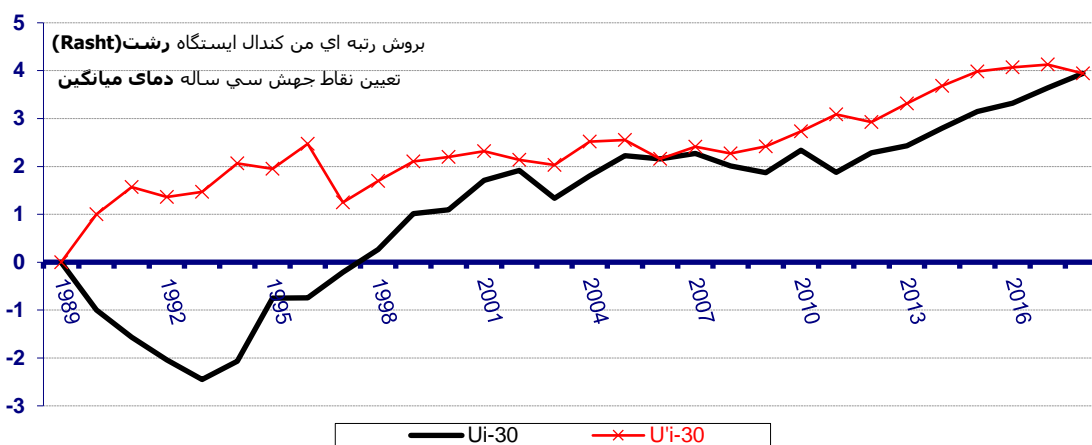
کمیت	ایستگاه	سالانه		فصل قابل ملاحظه بیشترین تاثیر			فصل قابل ملاحظه کمترین تاثیر		
		Test Z	Sig.	فصل	Test Z	Sig.	فصل	Test Z	Sig.
دمای میانگین	رشت	۳/۸۵	***	تابستان	۳/۱۸	**	پاییز	۱/۷۱	+
	انزلی	۴/۳۹	***	تابستان	۳/۸۵	***	پاییز	۲/۲۱	*
	آستارا	۳/۷۸	***	تابستان	۳/۶۰	***	---	---	---
	منجیل	۳/۲۲	**	تابستان	۳/۳۵	***	---	---	---
	لاهیجان	۲/۷۴	**	بهار	۱/۸۶	+	پاییز	۰/۰۰	---
دمای بیشینه	رشت	۲/۲۱	*	تابستان	۲/۵۰	*	پاییز	۰/۲۹	---
	انزلی	۴/۴۲	***	تابستان	۴/۶۰	***	پاییز	۲/۰۰	*
	آستارا	۳/۱۰	**	تابستان	۳/۵۰	***	پاییز	۱/۵۷	---
	منجیل	۳/۳۹	***	تابستان	۳/۱۷	**	پاییز	۰/۸۴	---
	لاهیجان	۲/۱۹	*	تابستان	۱/۵۳	---	پاییز	۰/۱۱	---
دمای کمینه	رشت	۴/۶۷	***	تابستان	۳/۳۹	***	---	---	---
	انزلی	۳/۶۸	***	بهار	۳/۳۰	**	پاییز	۲/۱۱	*
	آستارا	۴/۰۰	***	تابستان	۳/۶۸	***	---	---	---
	منجیل	۳/۱۷	**	تابستان	۲/۸۲	**	زمستان	۱/۳۲	---
	لاهیجان	۱/۰۹	---	تابستان	۲/۱۹	*	پاییز	۰/۰۰	---

جدول ۵ نتایج آزمون گرافیکی من کندال در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸

ایستگاه	دمای میانگین		دمای بیشینه		دمای کمینه	
	سال مشاهده روند	علامت روند	سال مشاهده روند	علامت روند	سال مشاهده روند	علامت روند
رشت	۲۰۰۶	TI	۲۰۱۱	TI	۲۰۰۳	TI
انزلی	۲۰۰۹	TI	۲۰۰۶	TI	۲۰۱۱	TI
آستارا	۲۰۱۱	TI	۱۹۹۵	TI	۲۰۰۸	TI
منجیل	۲۰۱۷	TI	۲۰۱۵	TI	۲۰۰۳	TI
لاهیجان	---	---	---	---	---	---

فصل تابستان بیشترین مقدار را داشته‌اند. برای این کمیت‌های دمایی کمترین مقادیر آماره آزمون مربوط به فصل پاییز است. آزمون من-کندال برای این مطالعه، با توجه به شرایط غالب، نتایج کلی را به این شکل ارائه می‌دهد؛ دمای میانگین، دمای بیشینه و دمای کمینه دارای روند مثبت بوده و شامل بیشترین وابستگی در فصل تابستان و کمترین وابستگی در فصل پاییز هستند.

در آزمون آماری من-کندال (z Test) هر کدام از کمیت‌های مورد مطالعه، به شکل فصلی نیز بررسی شد. با توجه به نتایج آماره آزمون برای هر فصل، فصل‌هایی که بیشترین و کمترین تاثیر در آماره نهایی سالانه را داشتند مشخص و در جدول ۴ آورده شده است. در دماهای میانگین، بیشینه و کمینه، به جز یک مورد دمای میانگین لاهیجان در فصل بهار و دمای کمینه انزلی در فصل بهار، بقیه آماره‌های فصلی این سه کمیت، در



شکل ۱۰- نتایج آزمون گرافیکی من-کندال در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸، دمای میانگین ایستگاه رشت

۰/۶۲، انزلی ۰/۷۴ و رشت ۰/۵۵ درجه سلسیوس در دهه و کمترین مقادیر افزایشی معنی‌دار برای همین کمیت‌ها به ترتیب رشت ۰/۴۶، رشت ۰/۳۷ و آستارا ۰/۴۶ درجه سلسیوس در دهه است.

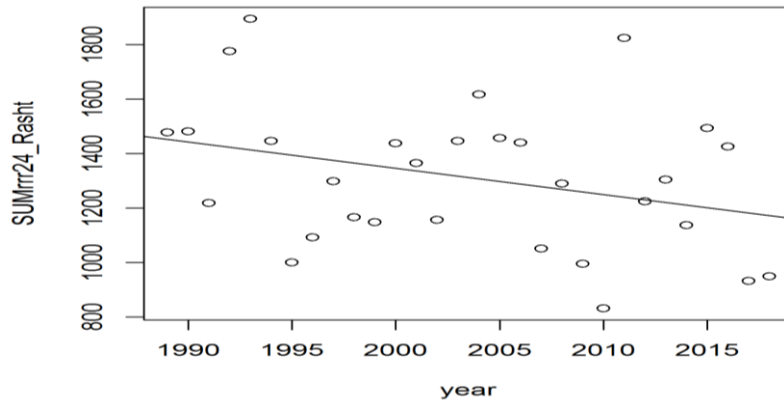
همانطور که بررسی شد نتایج آزمون رگرسیون با آزمون من-کندال مطابقت داشت. کمیت‌های دمایی شامل دمای میانگین، دمای بیشینه و دمای کمینه هر سه روند افزایشی را در منطقه نشان می‌دهند. در شکل ۲ نمونه‌ای از نمودارهای محاسبه رگرسیون سری داده‌های ایستگاه‌های این مطالعه آورده شده است. در این شکل شیب مثبت نشان‌دهنده روند مثبت دمای میانگین برای شهر رشت است که با توجه به سطح معنی‌داری آزمون، با سطح اطمینان بالایی بیانگر وجود روند معنی‌دار است.

آزمون رگرسیون یک متغیره، توسط نرم افزارهای (R) آزمون رگرسیون برای سری داده‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه انجام شد. نتایج این آزمون در جدول ۶ آورده شده که شامل ضریب متغیر مستقل، سطح معنی‌داری، ضریب تعیین (R^2) و احتمال معنی‌داری (P-Value) با سطح‌های معنی‌داری ۰/۱، ۰/۵ و ۱۰ درصد است.

در کمیت‌های دمای میانگین، دمای بیشینه و دمای کمینه، نتایج آزمون رگرسیون سری داده‌های هر پنج شهر با آزمون من-کندال مطابقت دارند. به غیر از شهر لاهیجان که تا سطح معنی‌داری ۱۰ درصد نیز آزمون در هر سه کمیت معنی‌دار نیست، بقیه شهرها آزمون در بازه معنی‌داری ۰/۱ تا ۱ درصد برای سه کمیت دمایی معنی‌دار بوده و فرض یک شامل وجود روند و با روند افزایشی پذیرفتنی است. بیشترین مقدار افزایش معنی‌دار برای دمای میانگین، دمای بیشینه و دمای کمینه به ترتیب منجیل

جدول ۶ نتایج مقادیر رگرسیون برای ضریب متغیر مستقل، سطح معنی داری، **R-Squared** و **P-Value** توسط برنامه **R** در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸.

P-Value	R-Squared	Sig(سطح معنی داری)	ضریب متغیر مستقل (θ)	ایستگاه	کمیت
۰/۰۰۱۲۸	۰/۴۱۳۱	۰/۰۰۱	۰/۰۴۶۲۳	رشت	دمای میانگین
۳۱۱/۶۲۸e-06	۰/۵۴۱۲	۰/۰۰۱	۰/۰۶۱۹۸	انزلی	
۷/۲۲۸e-05	۰/۴۳۵۷	۰/۰۰۱	۰/۰۵۰۲۵	آستارا	
۰/۰۰۰۴۳۸۴	۰/۴۰۸۷	۰/۰۰۱	۰/۰۶۲۰۸	منجیل	
۰/۷۶۶۶	۰/۰۰۷۰۲	---	۰/۰۱۱۹۵	لاهیجان	
۰/۰۱۰۰۳	۰/۲۱۴۱	۰/۰۵	۰/۰۳۷۲۲	رشت	دمای بیشینه
۱/۶۳۷e-06	۰/۵۶۵۹	۰/۰۰۱	۰/۰۷۴۳۵	انزلی	
۰/۰۰۰۳۰۶۶	۰/۳۷۷۱	۰/۰۰۱	۰/۰۵۴۰۰	آستارا	
۰/۰۰۱۰۷۳	۰/۳۶۵۴	۰/۰۱	۰/۰۷۱۶۳	منجیل	
۰/۴۷۸۶	۰/۰۳۹۳۳	---	۰/۰۳۴۳۵	لاهیجان	
۳/۷۹۹e-06	۰/۵۳۹۷	۰/۰۰۱	۰/۰۵۵۲۵۳	رشت	دمای کمینه
۴/۲۵۲e-05	۰/۴۵۵۹	۰/۰۰۱	۰/۰۴۹۶۲	انزلی	
۵/۰۰۹e-05	۰/۴۴۹۷	۰/۰۰۱	۰/۰۴۶۵۲۵	آستارا	
۰/۰۰۰۳۵۷۹	۰/۴۱۸۱	۰/۰۰۱	۰/۰۵۲۵۵	منجیل	
۰/۷۷۷	۰/۰۰۶۳۹۴	---	-۰/۰۱۰۵۳	لاهیجان	



شکل ۲- نتایج آزمون رگرسیون با نرم افزار (R) در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸، دمای میانگین ایستگاه رشت

۱- نمایه‌های دمایی گرم، تعداد روزهای تابستانی (Su25)
 برای هر پنج شهر شیب مثبت دارد و برای رشت، انزلی، آستارا، منجیل و لاهیجان به ترتیب در سطوح معنی داری ۵، ۰/۱، ۱، ۵ و ۱۰ درصد، دارای روند معنی دار افزایشی است. بیشترین و کمترین مقدار روند افزایشی معنی دار به ترتیب لاهیجان ۱۵/۳۴ و رشت ۴/۲۱ روز در دهه است. تعداد شب‌های حاره‌ای (TR20) نیز برای همه شهرهای مورد بررسی شیب مثبت داشته و به غیر از لاهیجان که در سطح معنی داری ۵ درصد دارای روند افزایشی معنی دار است، چهار شهر دیگر روند معنی دار افزایشی را در سطح معنی داری ۰/۱ درصد دارند که نشان دهنده سطح اطمینان بالا در پذیرش فرض صفر مبنی بر وجود روند (افزایشی) است. بیشترین و کمترین مقدار روند افزایشی

نمایه‌های اقلیمی، با نرم‌افزار (RCLimindex) ۱۸ نمایه اقلیمی دمایی معرفی شده توسط کارگروه (CCL/CLIVAR) بدست آمد و نتایج در سه گروه نمایه‌های دمایی، نمایه‌های دمایی گرم و نمایه‌های دمایی سرد دسته‌بندی شد. این نتایج برای شاخص‌های مقادیر فرین در جدول ۷ آورده شده است که شامل هفت نمایه دمایی گرم، هفت نمایه دمایی سرد و چهار نمایه دمایی هستند. برای هر کدام از نمایه‌ها مقادیر شیب خط (Slop) و احتمال معنی داری (P_value) برای پنج ایستگاه مورد بررسی محاسبه و نشان داده شده است. برای تحلیل نتایج، مقادیر سطح‌های معنی داری ۰/۱، ۱، ۵ و ۱۰ درصد در نظر گرفته شده است.

هستند و برای همه آنها آزمون پذیرش فرض صفر وجود روند (افزایشی) در سطوح معنی‌داری ۰/۱ تا ۵ درصد، معنی‌دار است. مقدار سطح معنی‌داری (P Value) کوچک برای بیشتر آنها حاکی از سطح اطمینان بالا در پذیرش وجود روند افزایشی است.

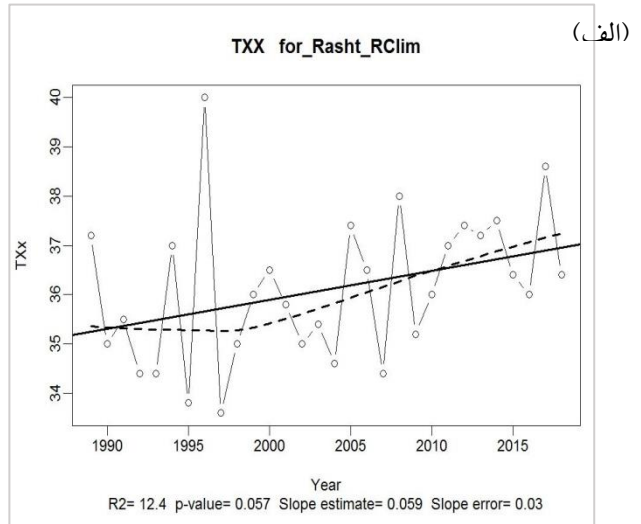
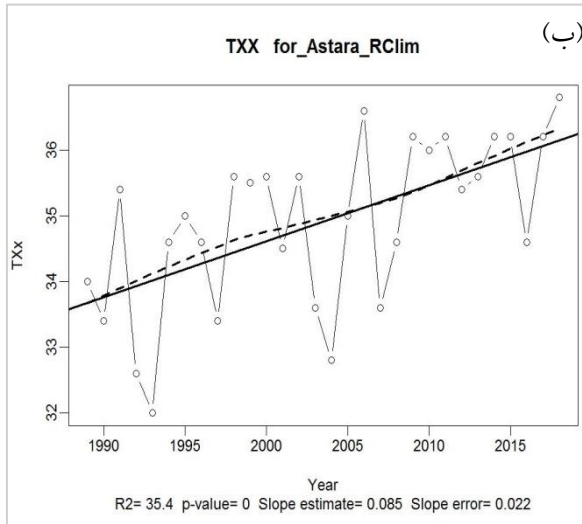
برای نمایه (TX90p) بیشترین و کمترین مقدار روند افزایشی معنی‌دار به ترتیب انزلی ۶/۴۸ و رشت ۱/۷۸، و برای نمایه (TN90p) این مقادیر لاهیجان ۶/۰۶ و منجیل ۴/۵۷ درصد در دهه است. نمودار نمایه (TN90p) برای شهرهای رشت و لاهیجان در شکل ۴ نشان داده شده است. نمایه تداوم دوره گرم (WSDI) برای هر پنج شهر مثبت دارد و تنها انزلی و آستارا دارای معنی‌داری آزمون در سطوح معنی‌داری به ترتیب ۰/۱ و ۱ درصد هستند. شکل ۵ روند نمایه‌های دمایی گرم شامل تعداد روزهای تابستانی (Su25)، تعداد شب‌های حاره‌ای (TR20)، روزهای گرم (TX90p) و شب‌های گرم (TN90p) برای پنج شهر را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در تمام موارد شکل‌ها، شیب مثبت بوده و روندهای افزایشی معنی‌دار هستند.

معنی‌دار به ترتیب لاهیجان ۱۸/۳۱ و آستارا ۱۰/۴۱ روز در دهه است. بیشینه دمایی بیشینه روزانه (TXx) برای تمام موارد شیب افزایشی دارد. آستارا دارای سطح معنی‌داری ۰/۱ درصد و رشت و انزلی دارای سطح معنی‌داری ۱۰ درصد هستند. منجیل و لاهیجان برای این نمایه تا سطح معنی‌داری ۱۰ درصد نیز دارای معنی‌داری آزمون پذیرش روند نیستند. بیشترین و کمترین مقدار روند افزایشی معنی‌دار به ترتیب آستارا ۰/۸۵ و منجیل ۰/۴۶ درجه سلسیوس در دهه است. در شکل ۳ نمودار نمایه (TXx) د برای شهرهای رشت و آستارا آورده شده است. همانطور که دیده می‌شود، هر دو شهر دارای شیب مثبت افزایشی بوده و مقادیر احتمال معنی‌داری آنها بیانگر معنی‌داری آزمون روند برای آنها است.

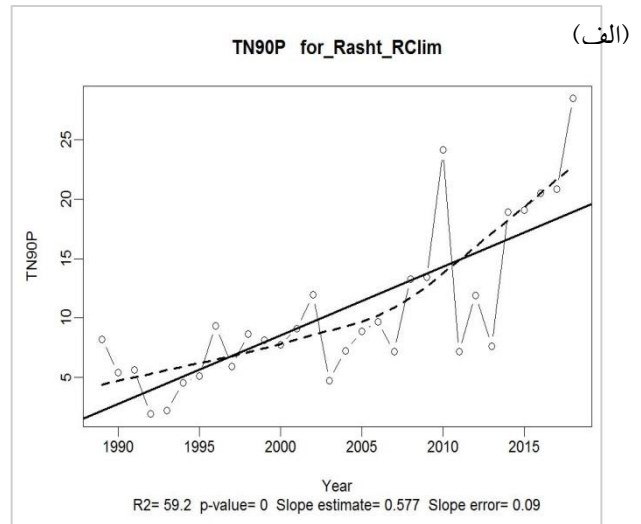
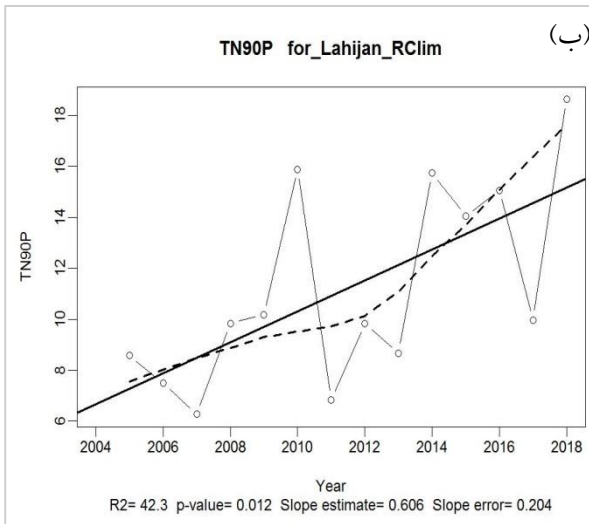
بیشینه دمایی کمینه روزانه (TNx) برای هر پنج شهر دارای شیب مثبت و شامل سطوح معنی‌داری ۱ تا ۱۰ درصد آزمون روند است. بیشترین و کمترین مقدار روند افزایشی معنی‌دار به ترتیب لاهیجان ۲/۱۵ و انزلی ۰/۴۹ درجه سلسیوس در دهه است. نمایه‌های روزهای گرم (TX90p) و شب‌های گرم (TN90p) نیز در تمام شهرهای مورد مطالعه دارای شیب مثبت

جدول ۷ نتایج مقادیر شیب و P-Value برای نمایه‌های دما محاسبه شده توسط برنامه RCLimindex در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸.

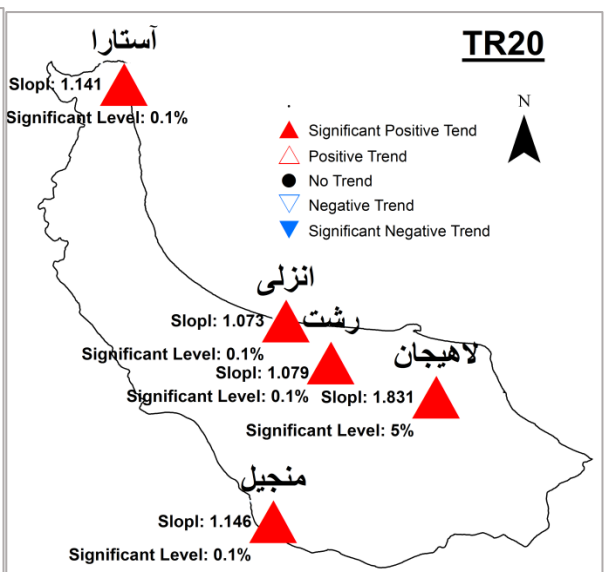
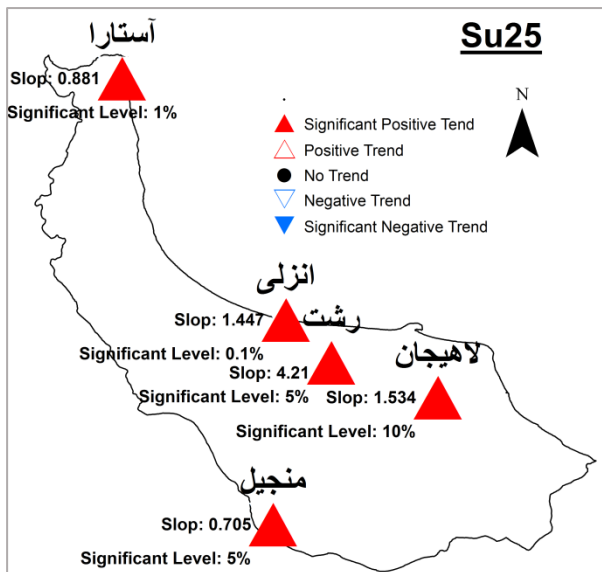
لاهیجان		منجیل		آستارا		انزلی		رشت		نمایه	
P-Value	Slop	P-Value	Slop	P-Value	Slop	P-Value	Slop	P-Value	Slop		
0.076	1.534	0.011	0.705	0.002	0.881	0	1.447	0.048	0.421	Su25	نمایه دمایی گرم
0.019	1.831	0	1.146	0	1.041	0	1.073	0	1.079	TR20	
0.186	0.071	0.516	0.046	0	0.085	0.053	0.063	0.057	0.059	TXx	
0.075	0.215	0.005	0.075	0.031	0.052	0.027	0.049	0.009	0.056	TNx	
0.09	0.411	0.004	0.286	0	0.323	0	0.648	0.009	0.178	TX90p	
0.012	0.606	0	0.457	0	0.524	0	0.467	0	0.577	TN90p	
0.104	0.692	0.114	0.157	0.005	0.275	0	0.84	0.506	0.063	WSDI	نمایه دمایی سرد
0.89	0.086	0.412	-0.158	0.252	-0.205	0.867	0.011	0.007	-0.423	FD	
0.556	0.022	0.245	0.013	0.29	0.018	0.231	0.005	0.189	0.016	ID	
0.662	0.052	0.645	-0.024	0.461	0.028	0.819	-0.009	0.847	0.008	TXn	
0.421	-0.086	0.56	-0.023	0.418	0.035	0.851	-0.008	0.458	0.044	TNn	
0.072	-0.434	0	-0.369	0.016	-0.246	0.008	-0.328	0.017	-0.217	TX10p	
0.13	-0.318	0.006	-0.307	0.04	-0.212	0.004	-0.312	0	-0.337	TN10p	
0.907	0.013	0.08	-0.265	0.547	-0.076	0.016	-0.429	0.117	-0.216	CSDI	
0.041	0.09	0.001	0.072	0	0.054	0	0.074	0.01	0.037	TMAXmean	
0.144	0.04	0	0.053	0	0.046	0	0.05	0	0.055	TMINmean	
0.157	0.051	0.122	0.019	0.402	0.007	0.002	0.024	0.102	-0.018	DTR	نمایه دمایی
0.365	0.749	0.152	0.659	0.112	0.737	0.08	0.469	0.141	0.329	GSL	

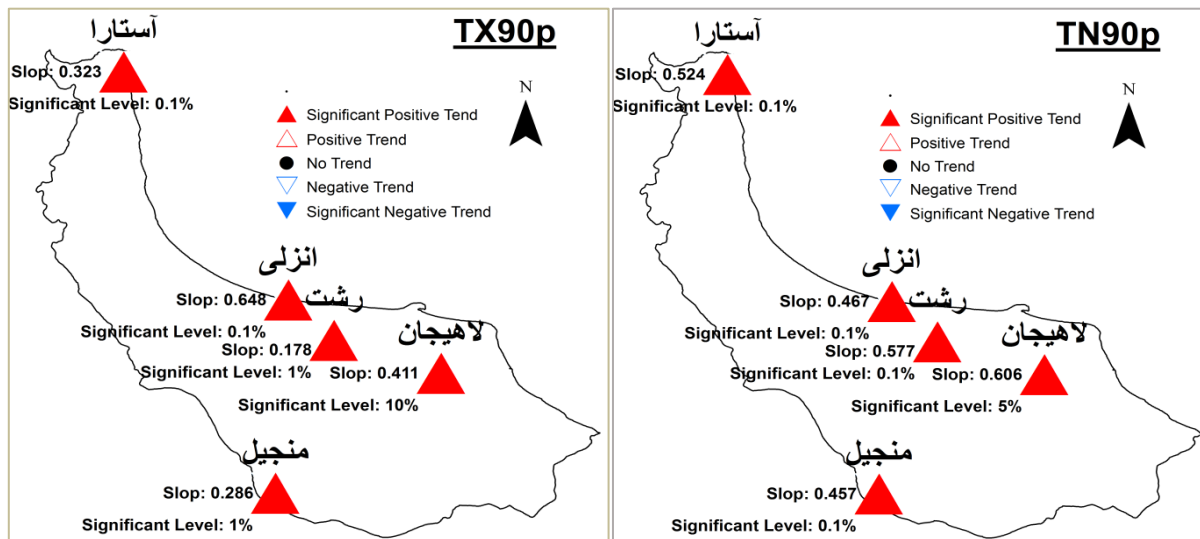


شکل ۳- نمودار نمایه بیشینه دمای بیشینه روزانه (TXx) با نرم افزار (RClimdex) در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸، (الف) رشت، (ب) آستارا



شکل ۴- نمودار نمایه شب های گرم (TN90p) با نرم افزار (RClimdex) در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸، (الف) رشت، (ب) لاهیجان

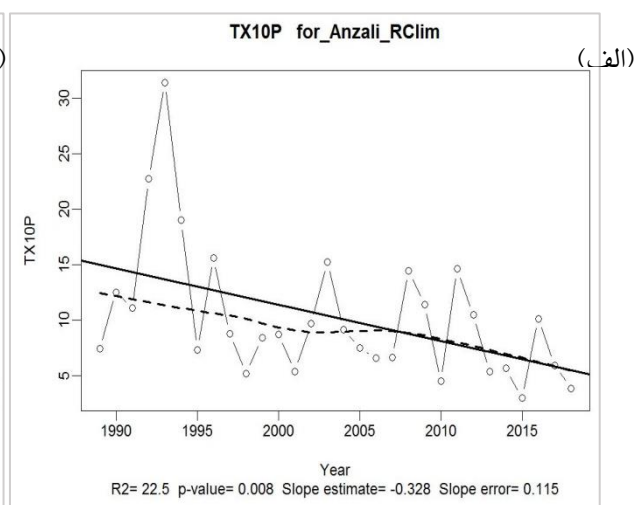
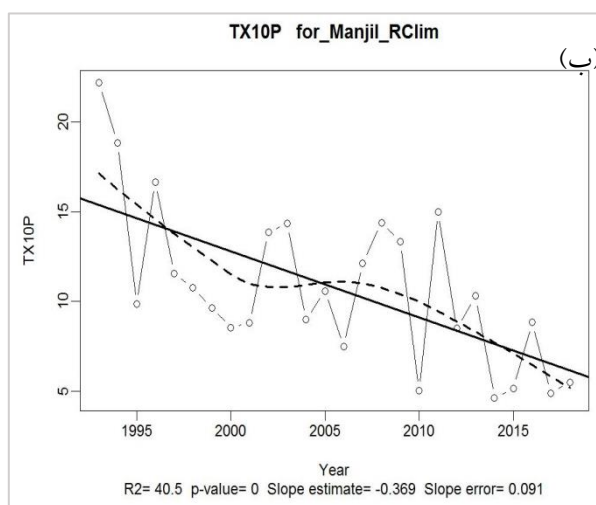




شکل ۵- روند تعدادی نمایه‌های دمایی گرم برای پنج شهرستان گیلان، (الف) تعداد روزهای تابستانی (Su25)، (ب) تعداد شب‌های حاره ای (TR20)، (ج) روزهای گرم (TX90p) و (د) شب‌های گرم (TN90p) در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸

منفی دارد. در هیچکدام از شهرها تا سطح معنی داری ۱۰ درصد، روند معنی دار مشاهده نمی‌شود. روزهای سرد (TX10p) در همه شهرهای مورد بررسی شیب منفی دارد و سطوح معنی داری آنها برای رشت ۵ درصد، انزلی ۱ درصد، آستارا ۵ درصد، منجیل ۰/۱ درصد و لاهیجان ۱۰ درصد است. بیشترین و کمترین مقدار روند کاهشی معنی دار به ترتیب لاهیجان ۴/۳۴- و رشت ۲/۱۷- درصد در دهه است. نمودار نمایه (TX10p) در شکل ۶ برای شهرهای انزلی و منجیل نشان داده شده است. مقادیر کم احتمال معنی داری (P-Value)، نشان‌دهنده سطح اطمینان بالا برای وجود روند کاهشی در این نمایه است.

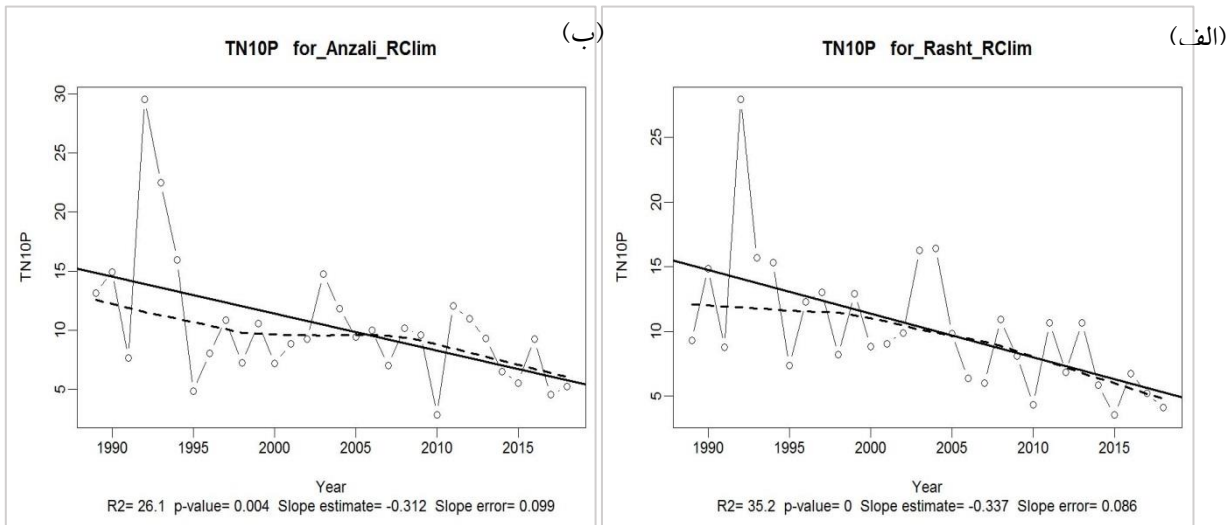
۲- نمایه‌های دمایی سرد، تعداد روزهای یخبندان (FD)
در انزلی و لاهیجان شیب مثبت و در سه شهر دیگر شیب منفی دارد. این نمایه فقط برای رشت در سطح معنی داری ۱ درصد دارای روند معنی دار آزمون است. تعداد روزهای یخی (ID) در تمام موارد مطالعه دارای شیب مثبت است ولی در هیچکدام تا سطح معنی داری ۱۰ درصد دارای معنی داری آزمون روند نیست. کمینه دمای بیشینه روزانه (TXn) در انزلی و لاهیجان دارای شیب مثبت و در سه شهر دیگر دارای شیب منفی است و در هیچکدام تا سطح معنی داری ۱۰ درصد دارای روند معنی دار نیست. کمینه دمای کمینه روزانه (TNn) در شهرهای رشت و آستارا شیب مثبت و در انزلی، منجیل و لاهیجان شیب



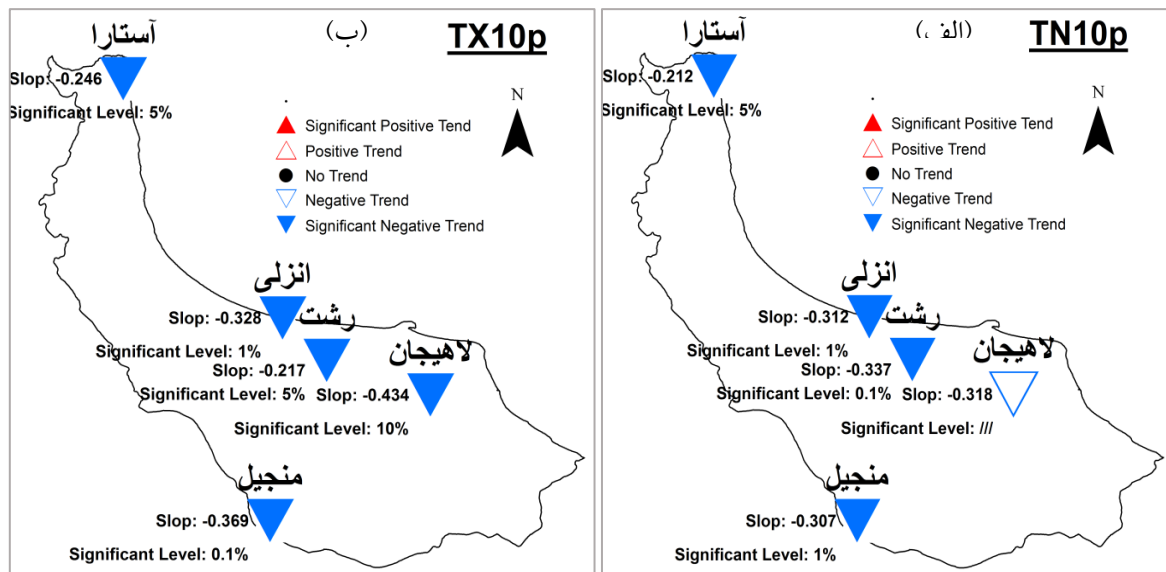
شکل ۶- نمودار نمایه روزهای سرد (TX10p) با نرم افزار (RClindex) در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸، (الف) انزلی، (ب) منجیل

تداوم دوره سرد (CSDI) به غیر از لاهیجان برای چهار شهر دیگر دارای شیب منفی است و برای شهرهای انزلی و منجیل به ترتیب با سطح‌های معنی‌داری ۵ و ۱۰ درصد، دارای روند معنی‌دار است. در شکل ۸ نمایی از روند نمایه‌های دمایی سرد روزهای سرد (TX10p) و شب‌های سرد (TN10p) برای پنج شهر آورده شده است. روندها در تمام موارد کاهش یافته و تقریباً در همه موارد دارای معنی‌داری آزمون هستند. این نتایج برای نمایه‌های دمایی سرد، بیانگر وجود روند گرمایشی در منطقه است.

شب‌های سرد (TN10p) نیز در همه موارد دارای شیب منفی بوده و سطح‌های معنی‌داری روند کاهش‌ی آن برای رشت ۰/۱ درصد، انزلی ۱ درصد، آستارا ۵ درصد و منجیل ۱ درصد است. بیشترین و کمترین مقدار روند کاهش‌ی معنی‌دار به ترتیب رشت ۳/۳۷- درصد و آستارا ۲/۱۲- در دهه است. شکل ۷ نمودار نمایه (TN10p) را برای شهرهای رشت و انزلی نشان می‌دهد. در این نمایه نیز مقادیر (P Value) کوچک بوده و وجود روند دارای سطح اطمینان بالایی است. شهر لاهیجان تا سطح معنی‌داری ۱۰ درصد دارای روند معنی‌دار نیست. نمایه



شکل ۷- نمودار نمایه شب‌های سرد (TN10p) با نرم افزار (RCLimindex) در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸، (الف) رشت، (ب) انزلی

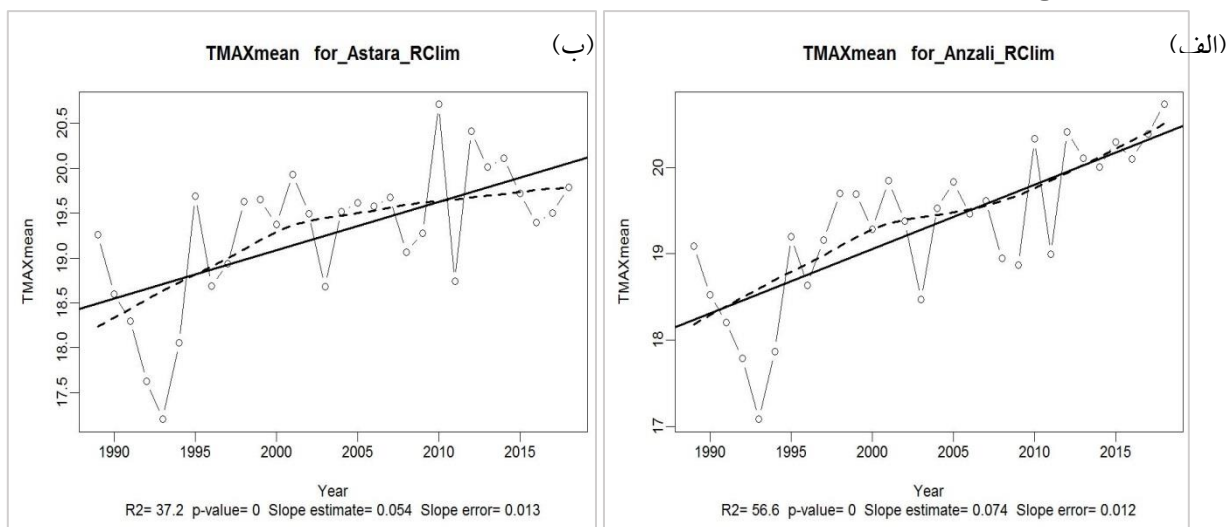


شکل ۸- روند دو نمایه دمایی سرد برای پنج شهرستان گیلان، (الف) تعداد روزهای تابستانی (TX10p) و (ب) تعداد شب‌های حاره‌ای (TN10p)، در

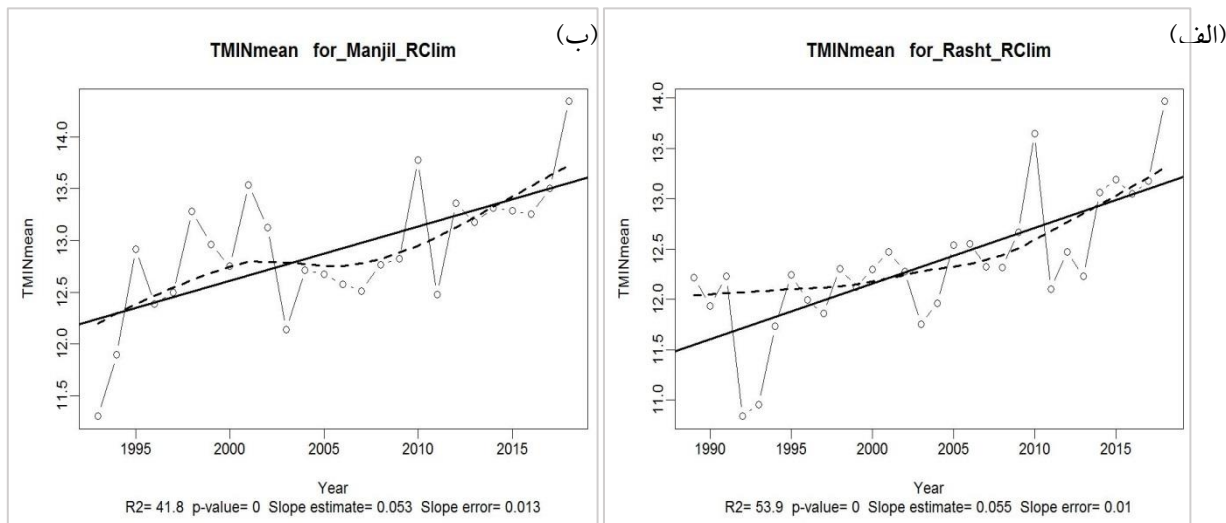
دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸

کمترین مقدار روند افزایشی معنی‌دار به ترتیب رشت ۰/۵۵ و آستارا ۰/۴۶ درصد در دهه است. مقادیر کوچک احتمال معنی‌داری در این دو نمایه، نشان‌دهنده تسلط روند افزایشی در میانگین دماهای بیشینه و کمینه در منطقه است. نتایج معنی‌دار این دو نمایه با مقادیر روند افزایشی در آزمون رگرسیون کاملاً همخوانی دارند. در شکل‌های ۹ و ۱۰ نمودار این دو نمایه به ترتیب برای انزلی و آستارا، و رشت و منجیل آورده شده است.

۳- نمایه‌های دمایی، میانگین دمای بیشینه (TMAXmean)
در هر پنج شهر دارای شیب مثبت است و سطح‌های معنی‌داری این روند افزایشی برای انزلی، آستارا و منجیل ۰/۱ درصد، رشت ۱ درصد و لاهیجان ۵ درصد است. بیشترین و کمترین مقدار روند افزایشی معنی‌دار به ترتیب آستارا ۰/۹ و رشت ۰/۳۷ درصد در دهه است. **میانگین دمای کمینه (TMINmean)** نیز در همه موارد شیب مثبت داشته و به غیر از لاهیجان در چهار شهر دیگر، سطح معنی‌داری ۰/۱ درصد است. بیشترین و



شکل ۹- میانگین دمای بیشینه (TMAXmean) با نرم افزار (RCLIMDEX) در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸، (الف) انزلی، (ب) آستارا



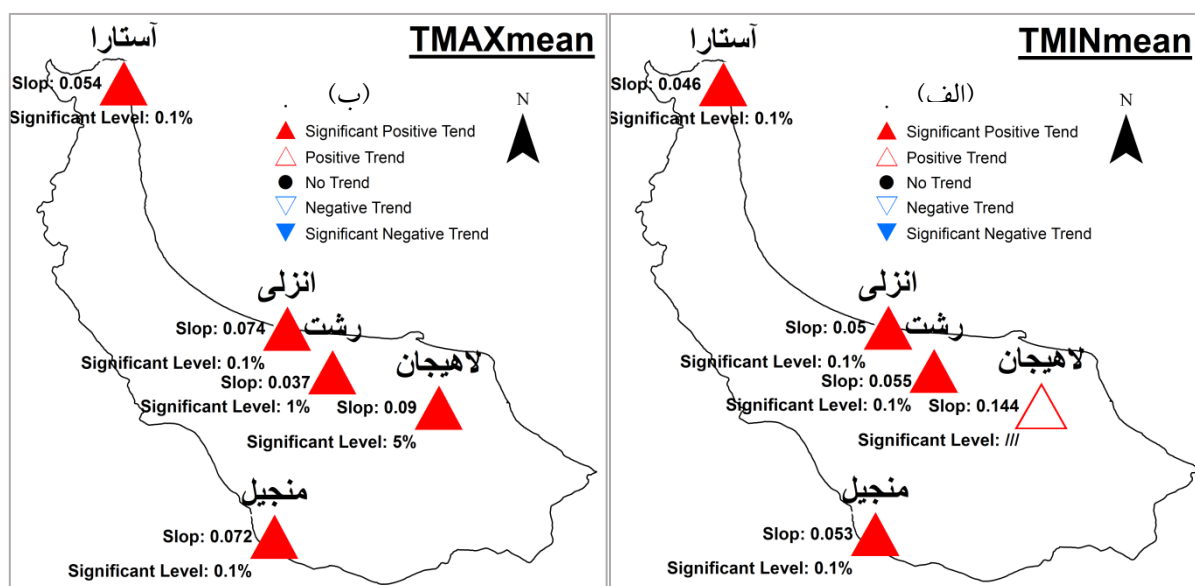
شکل ۱۰- میانگین دمای کمینه (TMINmean) با نرم افزار (RCLIMDEX) در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸، (الف) رشت، (ب) منجیل

در تمام موارد شیب مثبت داشته و در انزلی دارای روند معنی‌دار با سطح معنی‌داری ۱۰ درصد است. شکل ۱۱ روند نمایه‌های دمایی شامل میانگین دمای بیشینه (TMAXmean) و

دامنه دمای روزانه (DTR) به غیر از رشت در چهار شهر دیگر شیب مثبت دارد و تنها در شهر انزلی با سطح معنی‌داری ۱ درصد دارای روند معنی‌دار است. طول فصل رویش (GSL)

روند کاهشی در درصد روزها و شب‌های سرد را نشان می‌دهند. نمایه‌های میانگین دماهای بیشینه و کمینه نیز دارای روند افزایشی با مقادیر قابل قبول سطوح معنی‌داری جهت پذیرش فرض صفر مبنی بر وجود روند افزایشی هستند. بنابر این نتایج آزمون نمایه‌های دمایی با آزمون‌های من-کندال و رگرسیون دارای تطابق است و نتیجه حاکی از وجود تسلط روند گرمایشی است.

میانگین دمای کمینه (TMINmean) را برای پنج شهر نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در تمام موارد شکل‌ها، شیب مثبت بوده و تقریباً همه موارد دارای روندهای افزایشی معنی‌دار هستند. در نمایه‌های دمایی گرم تمام موارد شیب مثبت بوده و مقادیر (P-Value) نشان‌دهنده معنی‌داری آزمون روند در اکثر موارد است. در نمایه‌های دمایی سرد، نمایه‌های روزهای سرد (TX10p) و شب‌های سرد (TN10p) به صورت نسبی دارای سطح‌های معنی‌داری مناسب برای پذیرش روند هستند و



شکل ۱۱- روند دو نمایه دمایی برای پنج شهرستان گیلان، (الف) میانگین دمای بیشینه (TMAXmean) و (ب) میانگین دمای کمینه (TMINmean)، در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸

این نتایج نشان دادند که کمیت‌های دمایی شامل دمای میانگین، دمای بیشینه و دمای کمینه هر سه دارای روند افزایشی در منطقه هستند و مقادیر احتمال معنی‌داری (P-Value) در اکثر موارد نشان‌دهنده سطح اطمینان بالا برای پذیرش روند افزایشی است. نمایه‌های دمایی گرم در تمام موارد دارای شیب مثبت بوده و در نمایه‌های دمایی سرد، نمایه‌های روزهای سرد (TX10p) و شب‌های سرد (TN10p) به صورت نسبی دارای سطح‌های معنی‌داری مناسب برای پذیرش روند هستند. روند کاهشی در درصد روزها و شب‌های سرد را نشان می‌دهند. برای نمونه، در شهر رشت مقادیر معنی‌دار روند افزایشی دمای میانگین ۰/۴۶ درجه سلسیوس در دهه، دمای بیشینه ۰/۳۷ درجه سلسیوس در دهه، دمای کمینه ۰/۵۵ درجه سلسیوس در دهه،

نتایج

در این مطالعه تعدادی از کمیت‌های دمایی هواشناسی و اقلیمی پنج ایستگاه هواشناسی فرودگاه رشت، بندرانزلی، آستارا، منجیل و لاهیجان که دارای داده‌های مناسبی بودند برای آشکارسازی روند و تغییرات اقلیمی بررسی شدند. بررسی همگنی داده‌ها با دو آزمون انحرافات تجمعی (CDT) و درست‌نمایی ورسلی (Worsley) نشان داد که تمامی کمیت‌ها در تمام سطوح معنی‌داری ۱، ۵ و ۱۰ درصد و در هر دو آزمون ناهمگن بودند. نتایج بررسی روند به وسیله آزمون‌های روند من-کندال آماری و گرافیکی، رگرسیون تک متغیره و نمایه‌های اقلیمی فرین با هم مطابقت داشتند.

نمایه‌های اقلیمی، بررسی این شاخص‌های فرین به صورت جداگانه و متمرکز می‌تواند شامل نتایج مفیدی در شناسایی بهتر مخاطرات ناشی از پدیده‌های هواشناسی و اقلیمی داشته باشد.

قدردانی

نگارندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از سازمان هواشناسی کشور جهت فراهم نمودن داده‌های خام مورد نیاز برای انجام مطالعه ابراز می‌نمایند.

منابع

۱. ابراهیمی، ه. و کردوانی، پ.، ۱۳۹۳: مطالعه تغییر اقلیم در تالاب بین‌المللی انزلی به روش من‌کنندال. فصلنامه علمی پژوهشی اکویولوژی تالاب. سال ششم، شماره ۲۱، پاییز ۱۳۹۳، ص ۵۹-۷۲
۲. احمدی، م.، لشکری، ح.، آزادی، م. و کیخسروی، ق.، ۱۳۹۴: آشکارسازی تغییر اقلیم با استفاده از شاخص‌های حدی بارش در خراسان بزرگ. پژوهش‌های دانش زمین، سال ششم، شماره ۲۳، پاییز ۱۳۹۴، ص ۳۴-۵۲
۳. اسماعیلی، ح.، پرک، ف.، روشنی، ا. و شکیب، ع.، ۱۳۹۷: روند وردایی فرین‌های اقلیمی بر اساس شاخص‌های ترکیبی تغییر اقلیم در گستره ایران. نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی. سال ۷، شماره ۲۸؛ زمستان ۱۳۹۷، ص ۸۹-۱۱۰
۴. اسماعیلی، ر.، خدامرادی، ح. و ویسی، ا.، ۱۳۹۷: واکاوی وردایی نمایه‌های فرین اقلیمی ایستگاه اهواز. دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد. https://www.civilica.com/Paper-SNCC02-SNCC02_189.html
۵. حقگو، س. و فرامرزی، ش.، ۱۳۹۷: واکاوی وردایی نمایه‌های فرین اقلیمی ایستگاه کرمان. دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد. https://www.civilica.com/Paper-SNCC02-SNCC02_189.html
۶. عرفانیان، م.، انصاری، ح.، علیزاده، ا. و بنایان اول، م.، ۱۳۹۶: برآورد روابط فراوانی-تداوم-دوره بازگشت نمایه‌های فرین(حدی) اقلیمی در نقاط مختلف استان خراسان

تعداد روزهای تابستانی (Su25) ۴/۲۱ روز در دهه، تعداد شب‌های حاره‌ای (TR20) ۱۰/۷۹ روز در دهه، روزهای گرم (TX90p) ۱/۷۸ درصد در دهه، شب‌های گرم (TN90p) ۵/۷۷ درصد در دهه و همچنین مقادیر معنی‌دار روند کاهشی روزهای سرد (TX10p) ۲/۱۷- درصد در دهه و شب‌های سرد (TN10p) ۳/۳۷- درصد در دهه محاسبه شده است. از نظر میزان تاثیر فصل در وجود روند معنی‌دار برای کمیت‌ها، دمای میانگین، دمای بیشینه و دمای کمینه شامل بیشترین وابستگی در فصل تابستان و کمترین وابستگی در فصل پاییز هستند. به صورت کلی و برای مجموع کمیت‌ها نتایج نشان دهنده فصل تابستان و بعد از آن فصل بهار بیشترین سهم و فصل پاییز کمترین سهم را در وجود روند داشتند. این نتایج با روندهای افزایشی دما در بسیاری از مطالعات در منطقه‌های مختلف کشور (علیچانی و همکاران، ۱۳۹۱؛ کوزه‌گران و موسوی، ۱۳۹۳؛ ابراهیمی و کردوانی، ۱۳۹۳؛ اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۷) و اعلام (IPCC) در سال ۲۰۱۳ مبنی بر افزایش ۰/۸۵ تا ۲ درجه‌ای دما همخوانی دارند.

با توجه به مجموع نتایج و همسویی روندهای مشاهده شده در سطوح معنی‌داری آزمون شده، می‌توان نتیجه گرفت که در منطقه تحت همگونی با شرایط و پهنه استفاده شده در سری داده‌ها، رخداد تغییر اقلیم ناشی از متغیرها و نمایه‌های دمایی در جهت افزایش دمایی وجود دارد. تسلط روند معنی‌دار افزایشی در دمای میانگین، دمای بیشینه، دمای کمینه، نمایه‌های تعداد روزهای تابستانی، تعداد شب‌های حاره‌ای، روزهای گرم و شب‌های گرم و همچنین روند معنی‌دار کاهشی در نمایه‌های روزهای سرد و شب‌های سرد حاکی از تسلط تغییر اقلیمی افزایشی در متغیر دمای منطقه است. روند افزایشی ۰/۴۶ درجه سلسیوس در دهه برای روند افزایشی دمای میانگین رشت نشان می‌دهد که در دوره ۳۰ ساله مورد مطالعه و مطابق این نتایج، افزایش ۱/۳۸ درجه‌ای در دمای میانگین این شهر رخ داده است. برآیند مجموع نتایج بیانگر این است که این تغییرات اقلیمی بیشترین وابستگی را در فصل تابستان و بعد از آن در فصل بهار و همچنین کمترین وابستگی را در فصل پاییز و بعد از آن در فصل زمستان دارد. لازم به ذکر است که در مورد

- quantile regression. *Atmos. Sci. Let.* 17: 400-406.
16. Filho W.L, Musa H, Cavan G, O'Hare P, Seixas J. 2016. *Climate Change Adaptation, Resilience and Hazards*. Springer. DOI 10.1007/978-3-319-39880-8.
 17. Hao Z, AghaKouchak A, Phillips T. J., 2013. Changes in concurrent monthly precipitation and temperature extremes. *Environ Res Lett.* doi:10.1088/17489326/8/3/034014.
 18. IPCC.1995.ClimateChange1994,In: Houghten JT., Meira Filno L G., Bruce J.P., Lee H.,Callender,B.T., Haites E.F., Harris.
 20. IPCC: 2001a, 'Climate Change 2001: Impacts, Adaptation & Vulnerability', Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate
 21. Change (IPCC), McCarthy, J. J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, and K. S. White (eds), Cambridge University Press, 1032 pp.
 22. IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
 23. Kattenberg, A. Filippo G. (2001), *The scientific of climate change, The Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, pp.156-159.
 24. Kendall M.G. 1975. *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London.
 25. Leonard M, Westra S, Phatak A, Lambert M, Hurk V.D B, McInnes K, Risbey J, Schuster S, Jakob D, Stafford-Smith M., 2014. A compound event framework for understanding extreme impacts. *WIREs Clim Change*.5:113-128. doi: 10.1002/wcc.252.
 26. Mann H.B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*.,13, 245-259.
 27. Moberg, A., & Jones, P. D., 2005. Trends In Indices For Extremes In Daily Temperature and Precipitation In Central And Western Europe 1901-99. *Int. J. Climatol* , 25, 1149-1171.
 28. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M.M.B., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.), *Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA*, 966 pp.
 29. Jones, P. D., & Moberg, A., 2003. Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001. *J. Clim* , 16, 206 - 223.
 30. Sueyvers. R, 1990, on the Statistical Analysis of Series of Observation, wmo, no 415, pp 2 - 15.
 31. Vincent L.A, Wang X.L, Milewska E.J, Wan H, Feng Y, Swail V., 2012. A Second Generation of Homogenized Canadian Monthly Surface Air
- رضوی. نشریه تحقیقات جغرافیایی، سال ۳۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص ۳۷-۵۰
۷. عزیزی، ق.، و روشنی، م.، ۱۳۸۶: مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال. پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، تابستان ۱۳۸۷، ص ۱۳-۲۸.
 ۸. علیجانی، ب.، روشنی، ا.، پرک، ف. و حیدری، ر. ا.، ۱۳۹۱: روند تغییرپذیری فرین‌های دما با استفاده از شاخص‌های تغییر اقلیم در ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۱، ص ۱۷-۲۸.
 ۹. کوزه‌گران، س. و موسوی بایگی، م.، ۱۳۹۳: بررسی روند رویدادهای حدی اقلیمی در شمال شرق ایران. نشریه آب و خاک، جلد ۲۹، شماره ۳، مرداد- شهریور ۱۳۹۴، ص ۷۵۰-۷۶۴.
 ۱۰. مدرسی، ف.، عراقی نژاد، ش.، ابراهیمی، ک. و خلقی، م.، ۱۳۸۸: بررسی منطقه‌ای پدیده تغییر اقلیم با استفاده از آزمون‌های آماری مطالعه موردی حوضه آبریز گرگانرود- قره‌سو. نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۳، مرداد- شهریور ۱۳۸۹، ص ۴۷۶-۴۸۹.
 11. AghaKouchak A, Cheng L, Mazdiyasn O, Farahmand A., 2014. Global warming and changes in risk of concurrent climate extremes: Insights from the 2014 California drought. *Geophys. Res. Lett*41: 8847-8852, doi:10.1002/2014GL062308.
 12. Alexander LV, Zhang X, Peterson TC, Caesar J, Gleason B, Klein Tank AMG, Haylock M, Collins D, Trewin B, Rahim F, Tagipour A, Kumar Kolli R, Revadekar JV, Griffiths G, Vincent L, Stephenson DB, Burn J, Aguilar E, Brunet M, Taylor M, New M, Zhai P, Rusticucci M, Vazquez Aguirre JL., 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 111: D05109. DOI: 10.1029/2005JD006290.
 13. Alizadeh, A., 2010: *Principales of applied hydrology*, 29th edition, university of Imam Reza press. 912p.
 14. Buishand T. A., 1982: Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology* 58(1):11-27
 15. Fan L, Chen D., 2016. Trends in extreme precipitation indices across China detected using

- the 21st century, *Global and Planetary Change*, 80-81, pp.1-13.
35. Zhang, Q., Xu, C., Zhang, Z., Chen, Y., David, L., Lin, H. (2008), Spatial and temporal variability of precipitation maxima during 1960–2005 in the Yangtze River basin and possible association with large-scale circulation, *Journal of Hydrology*, Vol. 353, Issues 3–4, pp.215-227.
 36. Zhang X, Alexander L, Hegerl G.C, Jones P, Tank A.K, Peterson T.C, Trewin B, Zwiers F.W., 2011. Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *WIREs Clim Change*.doi: 10.1002/wcc.147.
 - Temperature for Climate Trend Analysis. *JGR Atmospheres*. 117: D18110, do: 10.1029/2012JD017859.
 32. WMO,2019DEC3:
<https://public.wmo.int/en/media/press-release/benefits-of-investments-climate-services-agriculture-and-food-security-outweigh>.
 33. Worsley, K. J., 1979: On the likelihood ratio test for a shift in location of normal populations. *Journal of the American Statistical Association* 74(366a):365367
 34. Yang, T., Hao, X., Shao, Q., Xu, C., Zhao, C., Chen, X., Wang, W. (2012), Multi-model ensemble projection in temperature and precipitation extremes of the Tibetan Plateau in