

## مطالعه تغییر اقلیم در استان گیلان با استفاده از نمایه های اقلیمی فرین در فراسنج بارش و تعدادی دیگر از فراسنج ها

سامان مرتضی پور<sup>۱\*</sup>، ابراهیم اسعدی اسکویی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد هواشناسی، اداره هواشناسی استان گیلان، گیلان، ایران

<sup>۲</sup> عضو هیئت علمی پژوهشگاه هواشناسی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۱۲ ، تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۶/۰۳

### چکیده

با استفاده از داده های هواشناسی ۳۰ ساله فراسنج های پنج ایستگاه همدیدی در استان گیلان، تغییر اقلیم در منطقه برای تعدادی از فراسنج ها از جمله بارش در منطقه و همچنین نمایه های اقلیمی فرین بارشی 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 آزمون های روند من-کندال آماری و گرافیکی، رگرسیون تک متغیره و نمایه های اقلیمی فرین با هم مطابقت داشتند. نتایج نشان دادند که در منطقه، رخداد تغییر اقلیم ناشی از متغیرهای سرعت باد و تبخیر و تعرق پتانسیل در جهت افزایش معنی دار و برای متغیر رطوبت نسبی در جهت کاهش معنی دار وجود دارد. برای نمونه، شهر رشت دارای روندهای افزایشی ۰/۲۷ متر بر ثانیه در دهه برای سرعت باد، ۳۳ میلی متر در دهه برای مجموع تبخیر و تعرق پتانسیل در سال و همچنین روند کاهشی ۰/۴۵ - میلی متر در دهه برای میانگین رطوبت نسبی روزانه در دوره ۳۰ ساله مورد مطالعه است. متغیرها و نمایه های بارشی دارای سطوح معنی داری مناسب برای لحاظ تغییرات اقلیمی نیستند. برآیند مجموع نتایج بیانگر این است که این تغییرات اقلیمی بیشترین وابستگی را در فصل تابستان و کمترین وابستگی را در فصل پاییز دارد.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، نمایه های اقلیمی فرین، بارش، استان گیلان

محیط زیست سازمان ملل (UNEP<sup>3</sup>) پایه گذاری شد. از دیگر مراکز و گروه های مربوط که در بررسی و پایش تغییر اقلیم فعالیت متمرکز دارند می توان به کمیسیون اقلیم شناسی (CCL<sup>4</sup>)، تغییر پذیری و پیش بینی پذیری اقلیم (CLIVAR<sup>5</sup>)، پژوهش های آشکارسازی تغییر اقلیم (CCDP<sup>6</sup>) و گروه کارشناسی تعیین تغییر اقلیم و نمایه های اقلیمی (ETCCDI<sup>7</sup>) اشاره کرد. (IPCC) در سال ۱۹۹۵، در سومین گزارش خود برای دوره ۲۱۰۰-۱۹۹۰، به تغییرات جهانی دمایی و اقلیمی اشاره داشته و برای این دوره افزایش میانگین دمای جهانی به مقدار ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سلسیوس را بیان کرد. در سال ۲۰۰۱ گزارش این مرکز بیانگر وقوع تغییر اقلیم و افزایش دمای جهانی بوده است. همچنین در سال ۲۰۰۷ گزارش (IPCC) مبتنی بر افزایش میانگین دمای جهانی به میزان ۰/۷۴ درجه سلسیوس است و در گزارش سال ۲۰۱۳ اشاره به افزایش ۰/۸۵ تا ۲ درجه ای دما در دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۲ داشته است. (کوزه گران و موسوی، ۱۳۹۳؛ عزیزی و روشنی، ۱۳۸۶؛ علیجانی و همکاران، ۱۳۹۱). آخرین بیان رسمی سازمان جهانی هواشناسی دلالت بر افزایش یک درجه ای دما نسبت به میانگین دمای جهانی تا پیش از عصر صنعتی دارد (WMO, 2019).

در دهه های گذشته برای بررسی تغییر اقلیم معمولاً داده های بلند مدت دما مورد استفاده قرار می گرفت و بر روی تحلیل روند و تغییر پذیری ارزش میانگین آن در دوره بلند مدت متمرکز بود. اگرچه این روش ها هنوز از پایه های اساسی مطالعات اقلیمی و بیان کننده تحلیل های مفیدی در این زمینه است، اما مطالعات اخیر حاکی از آن است که تغییر اقلیم تاثیر زیادی بر جنبه های رخداد فرین پدیده ها و کمیت های آب و هوایی دارد. بنابراین توجه به فرین ها در بررسی های تغییر اقلیم حائز اهمیت زیادی بوده و در بسیاری از ارزیابی ها در نقاط مختلف

داده ها و اطلاعات هواشناسی و اقلیمی ثبت شده برای یک منطقه در دوره زمانی بلند مدت بیانگر نوعی رفتار اقلیمی برای آن منطقه است. در تعریف تغییر اقلیم می توان گفت، هنگامی که رفتار اقلیمی یک منطقه در مقایسه با این رفتار بلند مدت مورد انتظار، دچار تغییرات شود، تغییر اقلیم صورت گرفته است (Alizadeh, 2010). به عبارتی تغییر اقلیم، تغییرات معنی دار آماری در متوسط سری زمانی داده های طولانی مدت (چند دهه و بیشتر) مربوط به آب و هوای منطقه است. این داده ها می توانند شامل پارامترهای مختلف هواشناسی نظیر دما، بارش، باد، تابش، تبخیر و غیره باشند (مدرسی و همکاران، ۱۳۸۸). تغییر اقلیم با تاثیر بر فرایند و چرخه اکوسیستم ها و الگوهای آب و هوایی، در ابعاد منطقه ای و جهانی نتایج جدی بر محیط زیست داشته و می تواند پدیده هایی نظیر سیل های شدید، بارش های سنگین، گرما و سرماهای شدید و بی موقع، بروز خشکسالی ها، امواج گرمایی، آتش سوزی خود به خود جنگل، گرم شدن جهانی هوا، ذوب شدن خارج از نرمال یخ ها، تغییر در الگوهای همبندی و دینامیکی جوی در تبادل بین عرض های بالاتر و پایین تر و غیره را به وجود آورد (Zhang et al., 2008؛ AghaKouchak et al., 2014؛ Alexander, 2005). پیامد این موارد تاثیرات عمده و مهمی در زمینه های محیط زیستی، اقتصادی، کشاورزی، گردشگری، سیاسی، منابع آب، زندگی شهری، حمل و نقل، بهداشت و غیره داشته به شکلی که مساله تغییر اقلیم امروزه از مسائل مهم جهانی مورد توجه سیاست مداران، اقتصاددانان، محققان و سایر افراد و نهادهای مرتبط قرار گرفته است (Yang et al., 2012؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۴).

اهمیت موضوع موجب شده است که مراکز جهانی برای بررسی و رصد در مورد تغییر اقلیم و پیامدهای آن ایجاد شود. در سال ۱۹۸۸ هیات بین دولتی تغییر اقلیم (IPCC<sup>1</sup>) به وسیله سازمان جهانی هواشناسی (WMO<sup>2</sup>) و برنامه

3 United Nations Environment Programme (UNEP)

4 Commission for Climatology (CCL)

5 Climate Variability and Predictability (CLIVAR)

6 Climate Change Detection Project (CCDP)

7 Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI)

1 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

2 World Meteorology Organization (WMO)

و نمایه های حدی سرد روند کاهشی دارند. همچنین در اکثر ایستگاه ها سرعت باد بیشینه، روند افزایشی و نمایه های بارش روند کاهشی داشتند. از دیگر مطالعات در مورد نمایه های اقلیمی فرین می توان به اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۷)، عرفانیان و همکاران (۱۳۹۶)، اسمعیلی و همکاران (۱۳۹۷) و حقگو و فرامرزی (۱۳۹۷) اشاره کرد. ابراهیمی و کردوانی (۱۳۹۳) روند تغییر اقلیم در تالاب انزلی را با سری داده های بارش و دما بررسی کردند و نتیجه گرفتند که تغییر اقلیم آن منطقه با تغییرات دما مطابقت بیشتری نسبت به تغییرات بارندگی دارد. مطالعه مقایسه بلند مدت تغییرات رویدادهای حدی اقلیمی در شرایط اقلیمی گوناگون در مناطق ساحلی و داخلی ایران توسط قیامی شمیمی و همکاران (۲۰۱۹) انجام گرفت. در این پژوهش سیزده شاخص دما و هشت شاخص بارش در ۲۷ ایستگاه هواشناسی در طول سالهای ۲۰۱۲ - ۱۹۶۱ بر روی ایران بررسی شد. نتایج نشان داد که تقریباً تمامی شاخصها براساس دمای کمینه، شرایط گرمتر را دنبال می کنند. همچنین مناطق خشک و مرکزی بیشترین نشانه های گرم شدن را نشان می دهد و در مناطق ساحلی شاخص های مرتبط با بارش بیشترین تغییرات و روند منفی را نشان داده است.

نیو و همکاران (۲۰۰۱) تحلیل در اندازه گیری و روند بارندگی جهانی در قرن بیستم را مورد بررسی قرار دادند و روند افزایش مقدار بارش در دوره طولانی مدت برای بیشتر مناطق جهان را نتیجه گرفتند. موبرگ و جونز (۲۰۰۵) شش نمایه فرین بارش و چهار نمایه فرین دما از داده های روزانه ایستگاه ها در اروپا را بررسی کردند. از نتایج آنها افزایش میانگین شدت بارش و رخدادهای شدید بارشی، افزایش طول دوره های خشک و روند افزایش دمای جهانی است. تغییرات آب و هوایی یک مسئله جهانی است ولی در مناطق مختلف دارای ویژه گی های خود بوده و در مناطق مختلف متفاوت است (Filho et al., ۲۰۱۶؛ Leonard et al., ۲۰۱۴). فریرا و همکاران (۲۰۱۸) با ارزیابی اثرات تغییر اقلیم با استفاده از پنج مدل بر منابع آب حوضه رودخانه کلاتان در مالزی پرداختند.

جهان و نیز در ایران به آن پرداخته شده است. علاوه بر آن فرین های آب و هوایی به شکل مستقیم مرتبط با اثرات مخرب اقلیمی و بلایای جوی نظیر سیلاب ها، خشکسالی ها، سرماها و گرماهای بی موقع و شدید و غیره هستند که در سال های اخیر شدت و فراوانی آنها در کشور ما و در سطح جهانی زیاد بوده و اثرات ویران گر و خسارت های زیادی را در پی داشته است. این امر اهمیت توجه و تمرکز بر فرین های آب و هوایی را در مطالعات تغییر اقلیم، افزون می کند (Zhang et al., ۲۰۱۱؛ Hao et al., ۲۰۱۳؛ Kattenberg & Filippo, ۲۰۰۱)؛ علیجانی و همکاران، (۱۳۹۱).

پروژه مشترکی که در چهارچوب فعالیت های سازمان جهانی هواشناسی (WMO) و با مشارکت کمسیون اقلیم شناسی (CCL)، تغییر پذیری و پیش بینی اقلیمی (CLIVAR) و برنامه تحقیقات جهانی (WCRP) در زمینه پایش و آشکارسازی تغییر اقلیم انجام شد منجر به تعریف و ارائه روابط محاسباتی برای نمایه های مختلف اقلیمی شد که به نوعی بیانگر فرین های آب و هوایی هستند. همچنین نرم افزارهایی برای انجام این محاسبات ارائه شد که از جمله می توان به (Climdex) و (RClimdex) اشاره کرد (کوزه گران و موسوی، ۱۳۹۳). در زمینه تغییر اقلیم مطالعات زیادی انجام شده است. احمدی و همکاران (۱۳۹۴) تغییر اقلیم در خراسان بزرگ را مورد مطالعه قرار دادند و از آمار ۲۵ ساله ۱۴ ایستگاه هواشناسی استفاده کردند. آنها ۱۱ نمایه حدی بارش را مد نظر قرار دادند و نتیجه گرفتند که بیشتر مناطق شرق و شمال شرق کشور تغییرات شدید در نمایه های بارشی را در این دوره تجربه کرده اند. کوزه گران و موسوی (۱۳۹۳) با داده های تعدادی از ایستگاه های هواشناسی استان های خراسان رضوی و جنوبی و برآورد ۲۷ نمایه حدی اقلیمی مربوط به دما و بارش، روند تغییرات این نمایه های حدی را با روش من کندال<sup>۸</sup> بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که نمایه های حدی گرم روند افزایشی

8 World Climate Research Programme  
9 Mann Kendall

جدول ۱. مشخصات ایستگاه های هواشناسی استان گیلان مورد مطالعه در این تحقیق

ایستگاه	کد	طول جغرافیایی(درجه)	عرض جغرافیایی(درجه)	ارتفاع از سطح دریای آزاد(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

مقادیر مجموع سالانه برای بارش، ساعت آفتابی و تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شد. معادله پنمن-مانتیث فائو برای محاسبه تبخیر و تعرق به صورت روزانه (میلی متر بر روز) بکار می رود.

با توجه به اهمیت همگنی، آزمون همگنی سری داده ها برای همه کمیت ها و برای هر ایستگاه با دو روش آزمون همگنی انحرافات تجمعی<sup>۱۰</sup> (Buishand, ۱۹۸۲) و آزمون همگنی درست‌نمایی ورسلی<sup>۱۱</sup> (Worsley, ۱۹۷۹) و برای سطح های معنی داری ۱، ۵ و ۱۰ درصد بررسی شد (Fan & Chen, ۲۰۱۶؛ Vincent et al., ۲۰۱۲). از جمله روش های بررسی روند در سری داده ها آزمون ناپارامتریک من-کندال<sup>۱۲</sup> است و در این مطالعه از دو روش نمودارگرافیکی و آماری آن استفاده شد. آزمون من-کندال که توسط (Mann, ۱۹۴۵) ارائه شده و سپس توسط (Kendall, ۱۹۷۵) توسعه یافت بر پایه رتبه داده ها در سری زمانی است. این آزمون برای بررسی روند در سری های زمانی استفاده می شود و شامل فرض صفر "عدم وجود روند"، در مقابل فرض یک "وجود روند" است. از نقاط قوت این آزمون، توانایی کاربرد برای سری های زمانی است که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی کنند (علیچانی و همکاران، ۱۳۹۱؛ مدرسی و همکاران، ۱۳۸۸).

در این مطالعه از آزمون آماری من-کندال (Test Z) استفاده شده و مقادیر آماره آزمون و همچنین مقادیر متناظر سطح معنی داری آن محاسبه شد. مقادیر بحرانی این آزمون

نتایج افزایش بارندگی ماهانه در فصل مرطوب و کاهش بارندگی در فصل خشک را نشان داد. در این مطالعه از پنج ایستگاه هواشناسی در استان گیلان که دارای داده های مناسب بودند استفاده شد. برای فراسنج های بارش و تعدادی فراسنج های دیگر جوی، با استفاده از آزمون های معتبر و استاندارد همگنی و تعیین روند، همگنی و وجود روند معنی دار و تغییر اقلیم در منطقه مورد بررسی قرار گرفته است.

### مواد و روش ها

در این مطالعه داده های پنج ایستگاه هواشناسی استان گیلان که از نظر طول دوره زمانی و داده های گمشده دارای شرایط مناسب بودند، مورد استفاده قرار گرفت که عبارتند از ایستگاه های همدیدی فرودگاه رشت، بندرانزلی، آستارا، منجیل و لاهیجان (جدول ۱). بازه زمانی داده ها برای یک دوره ۳۰ ساله از سال ۱۹۸۹ تا سال ۲۰۱۸ استفاده شد که برای ایستگاه های منجیل و لاهیجان به دلیل نبودن سابقه ثبت داده ها، بازه زمانی به ترتیب شامل ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۸ و ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۸ است. کمیت های هواشناسی و اقلیمی مجموع بارش ۲۴ ساعته، مجموع ساعت آفتابی روزانه، سرعت باد میانگین روزانه، میانگین فشار سطح زمین روزانه، میانگین رطوبت نسبی روزانه، رطوبت نسبی بیشینه روزانه و رطوبت نسبی کمینه روزانه از سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید. همچنین با داده های موجود و با استفاده از رابطه پنمن-مانتیث فائو ۵۶، مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل نیز به صورت روزانه و برای آزمون های من کندال، رگرسیون و محاسبه نمایه ها،

10 Cumulation Deviation Test, CDT

11 Worsley's Liklyhood Ratio Test

12 MannKendall

جدول ۲. مقادیر بحرانی آزمون آماری من-کندال (Test Z) برای سطح های معنی داری ۰/۱، ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۱۰ درصد

MannKendall (Test Z)	سطح معنی داری	۰/۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۱۰٪
	مقدار بحرانی	۳/۲۹۲	۲/۵۷۶	۱/۹۶۰	۱/۶۴۵

جدول ۳. نمایه های بارش معرفی شده توسط کارگروه CCL/CLIVAR

نمایه (Index)	معرفی نمایه	توضیح	واحد (Units)
PRCPTOT	مجموع سالانه بارش در روزهای تر (PRCPTOT= $\sum_i RR_{ij}$ , Total wet days precipitation annual) (PRCP>=1mm)	مجموع سالانه بارش در روزهای تر (یا در سال) (بارش ۱ میلیمتر یا بیشتر)	میلیمتر (mm)
day1Rx	حداکثر بارش ۱ روزه (Max 1 day precipitation amount)	حداکثر بارش ۱ روزه در ماه (یا در سال)	میلیمتر (mm)
Rx5day	حداکثر بارش ۵ روز متوالی (Max 5 day precipitation amount)	حداکثر بارش ۵ روز متوالی در ماه (یا در سال)	میلیمتر (mm)
R10mm	تعداد روزهای با بارش سنگین (RRij>=10mm, Number of heavy precipitation days)	تعداد روزهای دارای بارش روزانه ۱۰ میلیمتر یا بیشتر در سال	روز (days)
R20mm	تعداد روزهای با بارش خیلی سنگین (RRij>=20mm, Number of very heavy precipitation days)	تعداد روزهای دارای بارش روزانه ۲۰ میلیمتر یا بیشتر در سال	روز (days)
R25mm (Rnn mm)	تعداد روزهای با بارش ۲۵ میلیمتر یا بیشتر (RRij>=25mm, Number of days precipitation>=25mm)	تعداد روزهای دارای بارش روزانه ۲۵ میلیمتر یا بیشتر در سال	روز (days)
R95p	روزهای خیلی تر (RR>95 <sup>th</sup> , Very wet days)	مجموع بارش سالانه برای روزهای با بارش بیشتر از صدک ۹۵ ام	میلیمتر (mm)
R99p	روزهای بسیار تر (RRij>99 <sup>th</sup> , Extremely wet days)	مجموع بارش سالانه برای روزهای با بارش بیشتر از صدک ۹۹ ام	میلیمتر (mm)
SDII	نمایه ساده شدت بارش روزانه (PRCP>=1.0mm, Simple daily intensity index)	بارندگی کل سالانه تقسیم بر تعداد روزهای مرطوب در سال (روزهای با بارش ۱ میلیمتر یا بیشتر)	میلیمتر بر روز (mm/days)
CDD	روزهای خشک متوالی (RRij<1mm, Consecutive dry days)	بیشترین تعداد روزهای متوالی با بارش کمتر از ۱ میلیمتر در سال	روز (days)
CWD	روزهای تر متوالی (RRij=1mm, Consecutive wet days)	بیشترین تعداد روزهای متوالی با بارش ۱ میلیمتر یا بیشتر در سال	روز (days)

روند سری داده ها با استفاده از رگرسیون خطی یک متغیره نیز بررسی شد. کمیت های هواشناسی به عنوان متغیر مستقل و سال به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد و بوسیله نرم افزار آماری (R)، ضریب متغیر مستقل، احتمال معنی داری (P-Value) و سطح معنی داری (R-Squared) متناظر با آن، و همچنین ضریب تعیین (P-Value) و بدست آمد. در این محاسبات نیز مقادیر (P-Value) و سطوح معنی داری متناظر، برای شرط صفر "عدم وجود روند" در مقابل شرط یک "وجود روند" در نظر گرفته شده اند. نمایه های بارشی معرفی شده توسط کارگروه (CCL/CLIVAR) در جدول ۳ آورده شده است. این

برای سطح های معنی داری در جدول ۲ آورده شده است. در آزمون گرافیکی من-کندال، در صورت وجود روند معنی دار، خطوط  $u_i$  و  $u'_i$  معرفی شده توسط آزمون، همدیگر را قطع می کنند. اگر این قطع شدن خطوط در محدوده بحرانی ( $\pm 1/96$ ) باشد بیانگر آغاز تغییر ناگهانی و اگر در خارج این محدوده باشد نشان دهنده وجود روند در سری زمانی است (عزیزی و 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 ۴. تابع آزمون همگنی با دو روش مجموع انحرافات تجمعی (CDT) و ورسلی (Worsley) در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸

کمیت	ایستگاه	CDT			Worsley		
		۱٪	۵٪	۱۰٪	۱٪	۵٪	۱۰٪
بارش	رشت	ناهمگن	ناهمگن	ناهمگن	ناهمگن	ناهمگن	ناهمگن
	انزلی	ناهمگن	ناهمگن	ناهمگن	ناهمگن	ناهمگن	ناهمگن
	آستارا	ناهمگن	ناهمگن	ناهمگن	همگن	همگن	ناهمگن
	منجیل	ناهمگن	ناهمگن	ناهمگن	همگن	ناهمگن	ناهمگن
لاهیجان	ناهمگن	ناهمگن	ناهمگن	همگن	همگن	ناهمگن	

داده ها) رد نشد. نتایج این دو آزمون همگنی برای کمیت بارش در جدول ۴ آورده شده است.

در شهرهای رشت و لاهیجان برای بارش، نتایج آزمون ورسلی نشان می دهد که سری داده ها تنها در سطح معنی داری ۱۰ درصد ناهمگن هستند و برای سطح های معنی داری ۵ و ۱ درصد، فرض صفر مطابق این آزمون رد نشده و ادعای فرض یک مبنی بر ناهمگنی آنها پذیرفته نیست (طبق آزمون ورسلی). همانطور که مشاهده می شود، نتایج آزمون انحرافات تجمعی برای بارش در تمامی شهرهای مورد مطالعه حاکی از ناهمگن بودن داده ها است. ناهمگن بودن سری داده ها بیانگر این است که در سری داده مورد نظر و در سطح اطمینان بیان شده، می توان در آزمون های آشکارسازی روند، انتظار وجود روند معنی دار را داشت.

#### آزمون من-کندال

نتایج آزمون من-کندال آماری (Test z) برای پنج ایستگاه هواشناسی مورد مطالعه در جدول ۵ آمده است. در این آزمون سطح های معنی داری ۰/۱، ۱، ۵ و ۱۰ درصد برای تعیین سطح معنی داری وجود روند در سری داده کمیت مورد بررسی در نظر گرفته شده است. برای بارش سطح معنی داری قابل قبول آزمون، در تمامی شهرها مقدار نسبتا زیادی دارد و نشان دهنده این است که با توجه به این آزمون، کمیت بارش در منطقه مورد مطالعه فاقد روند معنی داری است. به غیر از شهر رشت بقیه شهرها تا سطح ۱۰ درصد نیز معنی دار نیستند.

نمایه ها بیانگر فرین های بارشی و به نوعی تبیین کننده تغییرات در اقلیم منطقه هستند. در این مطالعه ۱۰ عضو از این نمایه ها انتخاب شدند که شامل تقسیم بندی نمایه های بارش، نمایه های دمایی، نمایه های دمایی گرم و نمایه های دمایی سرد هستند. با استفاده از نرم افزار (Rclimdex) این نمایه ها محاسبه شده و مقادیر و نمودارهای آماری مربوط به هر کدام به دست آمد. در این محاسبات هم، فرض های صفر و یک، مانند آزمون های من-کندال و رگرسیون خطی هستند.

#### نتایج و بحث

##### همگنی

کمیت های مورد بررسی در این مطالعه شامل مجموع بارش ۲۴ ساعته، مجموع ساعت آفتابی روزانه، میانگین سرعت باد روزانه، میانگین فشار سطح زمین روزانه ایستگاه، رطوبت نسبی میانگین روزانه، رطوبت نسبی بیشینه روزانه و رطوبت نسبی کمینه روزانه است. همگنی همه سری داده ها با دو آزمون انحرافات تجمعی (CDT) و درست نمایی ورسلی (Worsley) بررسی شد. به غیر از کمیت بارش در آزمون ورسلی، تمامی کمیت ها در تمام سطوح معنی داری ۱، ۵ و ۱۰ درصد و در هر دو آزمون ناهمگن بودند. به عبارتی در تمام سطوح معنی داری، آزمون معنی دار بوده و فرض یک (ناهمگن بودن سری داده ها) پذیرفته شد. برای کمیت بارش، نتیجه آزمون ورسلی برای برخی ایستگاه ها در تعدادی از سطح های معنی داری، معنی دار نبوده و فرض صفر (همگنی سری

جدول ۵. تایج آزمون آماری (Test Z) من کندال در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸. علامت ها برای (sig) شامل؛ + سطح معنی داری ۱۰ درصد، \* سطح معنی داری ۵ درصد، \*\* سطح معنی داری ۱ درصد، \*\*\* سطح معنی داری 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.
بارش	رشت	-۱/۶۸	+	بهار	-۱/۷۵	+	بهار	---	---
	انزلی	۰/۵۷	---	تابستان	۱/۳۶	---	تابستان	---	---
	آستارا	۰/۶۱	---	بهار	۱/۴۶	---	بهار	---	---
رطوبت نسبی	منجیل	۰/۵۳	---	زمستان	۱/۹۰	+	زمستان	---	---
	لاهیجان	۰/۵۵	---	پاییز	۱/۲۰	---	پاییز	---	---
	رشت	-۲/۲۸	*	تابستان	-۲/۰۰	*	تابستان	---	---
سرعت باد	انزلی	-۲/۵۰	*	تابستان	-۳/۶۴	***	تابستان	زمستان	-۰/۶۱
	آستارا	-۲/۳۹	*	تابستان	-۲/۹۶	**	تابستان	زمستان	-۰/۰۷
	منجیل	۳/۳۱	***	بهار	۲/۵۶	*	بهار	---	---
ساعت آفتابیی	لاهیجان	۲/۵۲	*	پاییز-زمستان	۲/۵۲	*	پاییز-زمستان	---	---
	رشت	۳/۵۷	***	تابستان	۳/۷۱	***	تابستان	---	---
	انزلی	۴/۸۵	***	بهار	۵/۲۵	***	بهار	---	---
فشار سطح ایستگاه	آستارا	۲/۱۹	**	بهار	۳/۰۷	**	بهار	---	---
	منجیل	-۲/۷۸	**	تابستان	-۲/۶۹	**	تابستان	---	---
	لاهیجان	۰/۵۵	---	پاییز	۱/۵۳	---	پاییز	تابستان	۰/۱۱
تبخیر و تعرق پتانسیل	رشت	۰/۵۴	---	تابستان	۲/۱۱	*	تابستان	---	---
	انزلی	۱/۱۱	---	تابستان	۲/۰۳	*	تابستان	---	---
	آستارا	۲/۴۳	*	تابستان	۲/۶۸	**	تابستان	پاییز	-۰/۱۱
سرعت باد	منجیل	-۰/۲۲	---	زمستان	۱/۱۹	---	زمستان	پاییز	۰/۱۳
	لاهیجان	-۰/۴۴	---	زمستان	-۰/۴۴	---	زمستان	---	---
	رشت	۰/۴۳	---	پاییز	۱/۸۲	---	پاییز	بهار	۰/۰۷
تبخیر و تعرق پتانسیل	انزلی	-۲/۴۳	*	بهار	-۲/۱۱	*	بهار	پاییز	۰/۰۰
	آستارا	-۲/۲۸	*	بهار	-۲/۱۱	*	بهار	پاییز	-۰/۱۴
	منجیل	-۱/۰۱	---	بهار	-۱/۴۵	---	بهار	پاییز	-۰/۱۳
سرعت باد	لاهیجان	-۰/۳۳	---	پاییز	۰/۸۸	---	پاییز	زمستان	-۰/۲۲
	رشت	۳/۲۸	**	تابستان	۳/۴۶	***	تابستان	---	---
	انزلی	۴/۴۲	***	تابستان	۴/۷۵	***	تابستان	---	---
سرعت باد	آستارا	۴/۰۰	***	تابستان	۴/۱۴	***	تابستان	---	---
	منجیل	-۱/۱۹	---	تابستان	-۰/۶۲	---	تابستان	---	---
	لاهیجان	-۰/۸۸	---	پاییز	-۰/۶۶	---	پاییز	---	---

باد را نشان می دهد. در شهرهای رشت، انزلی و لاهیجان رطوبت نسبی و تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب دارای روندهای منفی و مثبت هستند. در شهرهای منجیل و لاهیجان علامت آماره آزمون برای این دو کمیت برعکس سه شهر قبلی بوده و در تبخیر و تعرق پتانسیل سطح معنی داری آنها تا ۱۰ درصد نیز وجود روند را تایید نمی کند. با توجه به دوره آماری داده های ایستگاه ها و نتایج، می توان غالب بودن روند منفی برای رطوبت نسبی و روند مثبت برای تبخیر و تعرق پتانسیل را مشاهده کرد. برای کمیت های فشار سطح ایستگاه و ساعت آفتابیی، مقادیر آماره آزمون و سطح های معنی داری در حدی

کمترین سطح معنی داری کمیت بارش مربوط به رشت با مقدار ۱۰ درصد است و به عبارتی تا سطح معنی داری ۱۰ درصد آزمون معنی دار بوده و فرض یک آزمون مبنی بر وجود روند پذیرفتنی است. تمامی شهرها به جز رشت دارای مقدار مثبت هستند و برای شهر رشت این مقدار منفی (-۱/۶۸) است.

سرعت باد تنها در شهر منجیل روند منفی شان داد که سطح معنی داری آن ۱ درصد است. برای شهرهای رشت و انزلی سرعت باد روند مثبت با سطح معنی داری ۰/۱ درصد و برای آستارا روند مثبت با سطح معنی داری ۱ درصد دارد. نتایج برای منطقه تسلط روند مثبت سرعت

جدول ۶. نتایج آزمون گرافیکی من کندال در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸

ایستگاه	بارش		رطوبت نسبی		سرعت باد		ساعت آفتابی		فشار سطح ایستگاه		تبخیر و تعرق پتانسیل	
	سال مشاهده روند	علامت روند	سال مشاهده روند	علامت روند	سال مشاهده روند	علامت روند	سال مشاهده روند	علامت روند	سال مشاهده روند	علامت روند	سال مشاهده روند	علامت روند
رشت	---	---	TD	۲۰۰۰	TI	۲۰۰۱	---	---	---	---	TI	۲۰۰۰
انزلی	---	---	TD	۲۰۱۱	TI	۱۹۹۰	---	---	---	TD	۱۹۹۷	TI
آستارا	---	---	TD	۱۹۹۱	TI	۲۰۰۲	TI	۲۰۱۰	---	TD	۱۹۹۶	TI
منجیل	---	---	TI	۲۰۰۰	TD	۲۰۰۴	---	---	---	---	---	TD
لاهیجان	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

پاییز کمترین وابستگی را دارد. فشار سطح زمین ایستگاه نیز کمترین و بیشترین مقادیر را در هر دو فصل پاییز و بهار را نشان داد.

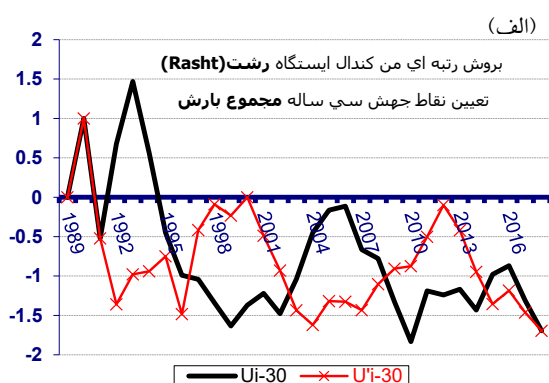
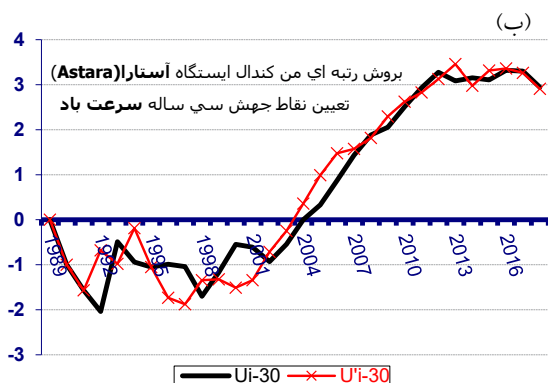
داده های مورد مطالعه با روش گرافیکی آزمون من-کندال نیز بررسی شد و نتایج آن در جدول ۶ آورده شده است. این نتایج با نتیجه های بررسی آزمون آماری من-کندال مطابقت دارند. در شکل ۱ تعدادی از نمودارهای مربوط به آزمون گرافیکی من-کندال نشان داده شده است. شکل ۱-الف مربوط به بارش ایستگاه رشت است و در آن خطوط  $u_i$  و  $u'_i$  قطع شدگی های متوالی در داخل محدوده بحرانی ( $\pm 1/96$ ) دارند و نمی توان وجود روند را برای آن نتیجه گرفت. شکل ۱-ب روند افزایش سرعت باد ایستگاه آستارا را نشان می دهد.

آزمون من-کندال برای این مطالعه، با توجه به شرایط غالب، نتایج کلی را به این شکل ارائه می دهد؛ مقدار بارش در منطقه مورد مطالعه فاقد روند معنی دار است. برای کمیت سرعت باد روند مثبت تسلط داشته و در فصل های تابستان و بهار بیشترین وابستگی را دارد. رطوبت نسبی و تبخیر و تعرق پتانسیل به صورت غالب دارای روندهای به ترتیب منفی و مثبت و شامل بیشترین وابستگی در فصل تابستان بودند. کمیت های ساعت آفتابی و فشار سطح ایستگاه دارای روند معنی دار نیستند. از نظر مقادیر آماره آزمون با تفکیک فصل، به صورت کلی و برای تمام

قرار ندارند که بتوان روندی برای این دو کمیت در نظر گرفت. ساعت آفتابی برای شهرهای رشت، انزلی و آستارا آماره آزمون مثبت و شهرهای منجیل و لاهیجان روند منفی دارند. برای فشار سطح زمین ایستگاه به جز شهر رشت بقیه شهرها دارای آماره آزمون منفی هستند.

در آزمون آماری من-کندال (Test z) هر کدام از کمیت های مورد مطالعه، به شکل فصلی نیز بررسی شد. با توجه به نتایج آماره آزمون برای هر فصل، فصل هایی که بیشترین و کمترین تاثیر در آماره نهایی سالانه را داشتند مشخص و در جدول ۵ آورده شده است. کمیت بارش برای شهرهای مورد مطالعه شامل بیشترین مقادیر آماره فصلی در تمام فصول بوده است و همچنین فصل خاصی به طور نسبی مقدار آماره فصلی کوچک نسبت به بقیه فصل ها نداشته است. این نتیجه با نتایج آزمون همگنی و نتایج سالانه آزمون آماری من-کندال برای کمیت بارش، به نوعی همخوانی داشته و تغییرپذیری ذاتی کمیت بارش را نشان می دهد. سرعت باد بیشترین مقادیر آماره را غالباً در فصل های تابستان و بهار داشته است. کمیت های رطوبت نسبی و تبخیر و تعرق پتانسیل نیز شامل بیشترین وابستگی در فصل تابستان هستند. کمیت های ساعت آفتابی و فشار سطح ایستگاه مقادیر آماره کوچکی دارند ولی از نظر فصلی، ساعت آفتابی برای فصل تابستان و زمستان بیشترین وابستگی و برای فصل





شکل ۱. نتایج آزمون گرافیکی من-کندال در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸، (الف) مجموع بارش ایستگاه رشت، (ب) سرعت باد ایستگاه آستارا

و آستارا ۰/۱۵ متربرثانیه در دهه هستند. این نتایج هم با آزمون من-کندال همخوانی داشته و نشان دهنده تسلط روند مثبت سرعت باد در منطقه است. برای رطوبت نسبی تمام ایستگاه ها در بازه سطح معنی داری ۰/۱ تا ۵ درصد دارای روند معنی دار هستند که این روند برای شهرهای رشت، انزلی و آستارا منفی و برای شهرهای منجیل و لاهیجان مثبت است. تبخیر و تعرق پتانسیل در سه ایستگاه رشت، انزلی و آستارا دارای روند مثبت با سطح معنی داری ۰/۱ درصد بوده و منجیل و لاهیجان تا سطح معنی داری ۱۰ درصد نیز دارای روند نیستند. در این آزمون نیز مطابق نتایج آزمون من-کندال، با توجه به دوره آماری داده های ایستگاه ها می توان غالب بودن روند منفی برای رطوبت نسبی و روند مثبت برای تبخیر و تعرق پتانسیل را در منطقه در نظر گرفت. مقدار روند کاهش معنی دار رطوبت نسبی برای رشت ۰/۴-، انزلی ۱/۳- و آستارا ۱/۰- درصد در دهه است. فشار سطح ایستگاه و ساعت آفتابی، سطح معنی داری نشان دهنده تسلط روند در منطقه نیست. برای فشار سطح زمین سه شهر انزلی، آستارا و منجیل دارای شیب منفی هستند و در آزمون من-کندال نیز آماره آزمون به جز شهر رشت علامت منفی داشتند اما نمی توان برای منطقه تسلط روند معنی داری در نظر گرفت.

همانطور که بررسی شد نتایج آزمون رگرسیون با آزمون من-کندال مطابقت داشت. مقدار بارش دارای

کمیت ها، فصل تابستان و بعد از آن فصل بهار بیشترین تاثیر و فصل پاییز کمترین تاثیر را داشتند.

#### آزمون رگرسیون یک متغیره

توسط نرم افزار (R) آزمون رگرسیون برای سری داده های ایستگاه های هواشناسی مورد مطالعه انجام شد. نتایج این آزمون در جدول ۷ آورده شده که شامل ضریب متغیر مستقل، سطح معنی داری، ضریب تعیین (R-Square) و احتمال معنی داری (P-Value) با سطح های معنی داری ۰/۱، ۱، ۵ و ۱۰ درصد است.

برای بارش مانند نتیجه آزمون من-کندال شهر رشت روند منفی (شیب ۹/۶۲۷-) و بقیه شهرها روند مثبت داشته و همچنین شهر رشت سطح معنی داری (۱۰ درصد) کوچک تر و در نتیجه سطح اطمینان بیشتری نسبت به بقیه شهرها دارد. به جز رشت که آزمون تا سطح معنی داری ۱۰ درصد معنی دار است، برای بقیه شهرها تا همین سطح معنی داری نیز فرض یک و وجود روند معنی دار نیست. در اینجا نیز مانند آزمون من-کندال نتیجه حاکی از عدم روند معنی دار برای مقدار بارش و و تغییرپذیری ذاتی کمیت بارش است.

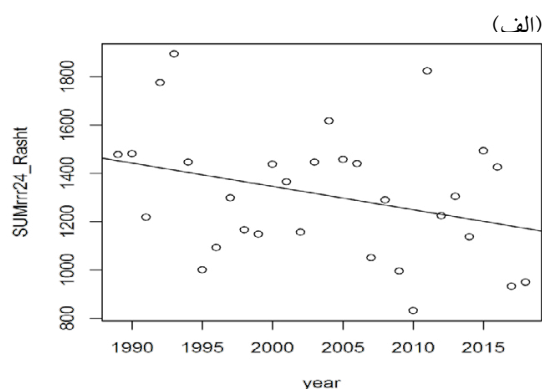
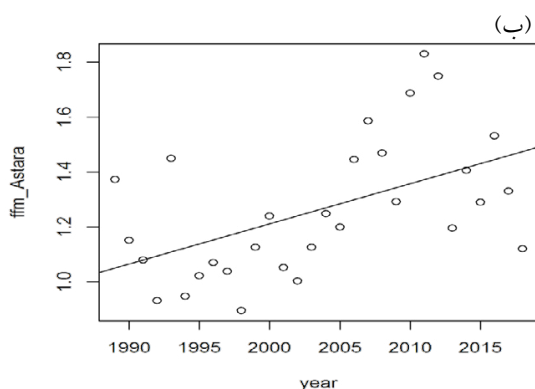
سرعت باد فقط در منجیل روند منفی دارد و به جز لاهیجان برای بقیه شهرها با سطح معنی داری ۰/۱ تا ۱ درصد دارای روند هستند. بیشترین و کمترین مقادیر روند افزایشی معنی دار برای سرعت باد به ترتیب انزلی ۰/۶۲

جدول ۷. مقادیر رگرسیون برای ضریب متغیر مستقل، سطح معنی داری، R-Squared و P-Value در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸

P-Value	R-Squared	Sig (سطح معنی داری)	ضریب متغیر مستقل ( $\alpha$ )	ایستگاه	کمیت
۰/۰۸۵۷۵	۰/۱۰۱۸	۰/۱	-۹/۶۲۷	رشت	بارش
۰/۳۵۴۳	۰/۰۳۰۷۱	---	۶/۵۰۸	انزلی	
۰/۷۳۹۹	۰/۰۰۴	---	۱/۶۰۳	آستارا	
۰/۸۱۳۷	۰/۰۰۲۳۶	---	۰/۳۹۵۶	منجیل	
۰/۴۸۰۱	۰/۰۳۹۰۸	---	۹/۸۴۴	لاهیجان	رطوبت نسبی
۰/۰۱۷۶	۰/۱۸۵۲	۰/۰۵	-۰/۰۴۵۱۳	رشت	
۰/۰۰۰۷۹۳	۰/۳۳۵۷	۰/۰۰۱	-۰/۱۳۵۶۲	انزلی	
۰/۰۰۴۵۶	۰/۲۵۳۵	۰/۰۱	-۰/۱۰۰۵۵	آستارا	
۰/۰۰۱۵۵۸	۰/۳۴۶۵	۰/۰۱	۰/۱۸۶۴۸	منجیل	باد
۰/۰۰۳۷۷۴	۰/۴۸۷۹	۰/۰۱	۰/۴۸۰۵	لاهیجان	
۷/۶۸۸۰-07	۰/۵۸۸۲	۰/۰۰۱	۰/۰۲۷۴۶۲	رشت	
۲/۴۷۴۰-07	۰/۶۱۹۶	۰/۰۰۱	۰/۰۶۲۷	انزلی	
۰/۰۰۳۳۲۸	۰/۲۶۸۹	۰/۰۱	۰/۰۱۴۵۸۳	آستارا	ساعت آفتابی
۰/۰۰۶۴۳	۰/۲۷۰۸	۰/۰۱	-۰/۰۵۳۷۹	منجیل	
۰/۵۵۲۴	۰/۰۲۷۸۲	---	۰/۰۰۸۹۷۵	لاهیجان	
۰/۴۴۹۶	۰/۰۲۰۵۷	---	۲/۲۶۴	رشت	
۰/۱۶۱۴	۰/۰۶۸۸۲	---	۳/۹۳۷	انزلی	فشار سطح زمین
۰/۰۱۳۷۳	۰/۱۹۸	۰/۰۵	۶/۱۴۵	آستارا	
۰/۲۵	۰/۰۵۴۷۵	---	۳/۷۲۱	منجیل	
۰/۸۷۹۳	۰/۰۰۱۸۴۳	---	۱/۱۷۹	لاهیجان	
۰/۳۲۳۲	۰/۰۳۴۸۶	---	۰/۰۴۰۱۱	رشت	تبخیر و تعرق پتانسیل
۰/۰۰۴۲۱۴	۰/۲۵۷۴	۰/۰۱	-۰/۰۳۴۹۸	انزلی	
۰/۰۱۰۹۳	۰/۲۰۹۷	۰/۰۵	-۰/۰۳۱۵۱	آستارا	
۰/۰۹۸۴۶	۰/۱۰۹۶	۰/۱	-۰/۰۲۵۰۷	منجیل	
۰/۳۳۷۸	۰/۰۷۰۷۹	---	۰/۰۷۳۰۹	لاهیجان	تبخیر و تعرق پتانسیل
۰/۰۰۰۶۷۵۶	۰/۳۴۲۹	۰/۰۰۱	۳/۳۰۳۲	رشت	
۱/۶۳۶۰-07	۰/۶۳۰۵	۰/۰۰۱	۵/۴۹۰۷	انزلی	
۱/۵۱۹۰-05	۰/۴۹۳۲	۰/۰۰۱	۴/۱۷۸۱	آستارا	
۰/۴۳۷۳	۰/۰۲۵۳۴	---	-۲/۳۷۹	منجیل	لاهیجان
۰/۳۲۴۸	۰/۰۷۴۵۷	---	۴/۱۴۴	لاهیجان	

داده های ایستگاه های هواشناسی این مطالعه آورده شده است. در شکل ۲-الف شیب منفی برای بارش نشان دهنده روند منفی بارش برای شهر رشت است که با توجه به سطح معنی داری آزمون، شامل روند معنی دار نیست. شکل ۲-ب روند افزایشی را برای سرعت باد آستارا نشان می دهد.

تسلط روند معنی داری در منطقه نیست. سرعت باد دارای غلبه روند افزایشی و دو کمیت رطوبت نسبی و تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب تسلط روندهای کاهشی و افزایشی را دارند. مقادیر ساعت آفتابی و فشار سطح زمین ایستگاه فاقد روند معنی دار در منطقه هستند. در شکل ۲ تعدادی از نمودارهای محاسبه رگرسیون سری



شکل ۲. آزمون رگرسیون در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸، (الف) مجموع بارش ایستگاه رشت، (ب) سرعت باد ایستگاه آستارا

جدول ۸. مقادیر شیب و P-Value برای نمایه های بارش در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸

لاهیجان		منجیل		آستارا		انزلی		رشت		نمایه	تبدیل رشد
P-Value	Slop	P-Value	Slop	P-Value	Slop	P-Value	Slop	P-Value	Slop		
0.364	14.484	0.839	0.339	0.758	1.493	0.356	6.499	0.085	-9.709	PRCPTOT	
0.043	7.402	0.868	-0.033	0.583	-0.383	0.193	0.871	0.182	-0.717	day\Rx	
0.058	5.687	0.318	-0.327	0.956	-0.095	0.847	0.3	0.588	-0.658	Rx5day	
0.442	-0.431	0.935	0.006	0.503	-0.095	0.865	0.033	0.179	-0.253	R10mm	
0.927	0.031	0.75	-0.012	0.241	0.139	0.458	0.094	0.1	-0.207	R20mm	
0.039	24.693	0.612	-0.571	0.182	5.242	0.219	5.464	0.606	-1.873	R95p	
0.028	15.822	0.059	-1.125	0.93	-0.271	0.214	3.765	0.156	-3.009	R99p	
0.016	0.27	0.922	-0.003	0.153	0.075	0.115	0.074	0.955	0.002	SDII	
0.808	0.121	0.919	0.08	0.064	0.494	0.143	0.427	0.066	0.446	CDD	
0.001	-0.389	0.649	0.016	0.074	-0.069	0.227	0.068	0.487	-0.033	CWD	

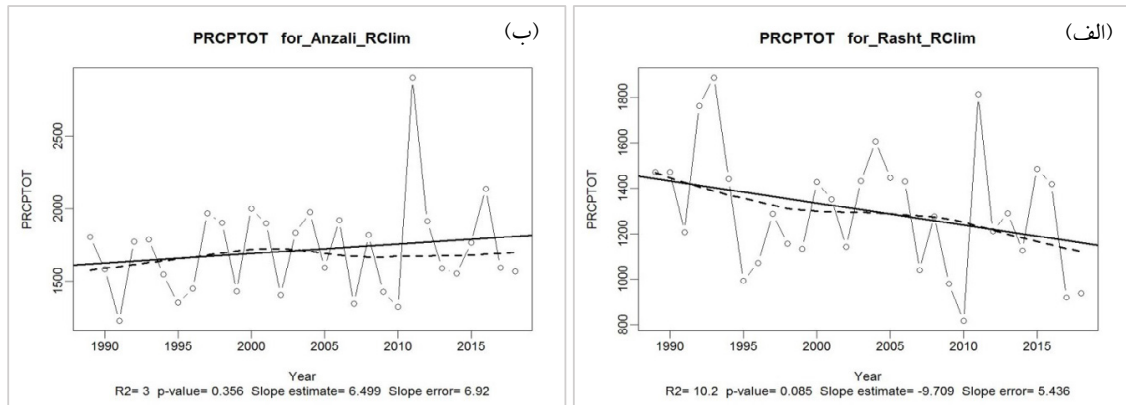
رشت دارای شیب منفی (-۹/۷۰۹) و برای بقیه شهرها دارای شیب مثبت است. سطح معنی داری برای رشت ۱۰ درصد است و بقیه شهرها تا سطح معنی داری ۱۰ درصد نیز فرض یک پذیرفتنی نبوده و دارای روند معنی دار نیستند. این نتایج با آزمون های من-کندال و رگرسیون مطابقت دارد. در شکل ۳ نمودارهای شهرهای رشت و انزلی برای نمایه (PRCPTOT) نشان داده شده است. شکل ۳(الف) شیب منفی برای رشت و شکل ۳(ب) شیب مثبت برای انزلی را بیان می کند. همانطور که مشاهده می شود برای نمودارهای با واحد محورها و مقیاس یکسان، قدرمطلق مقدار شیب با سطح معنی داری رابطه عکس دارد و به عبارتی مقدار قدرمطلق شیب بزرگ تر دارای احتمال معنی داری کمتر است.

#### نمایه های اقلیمی

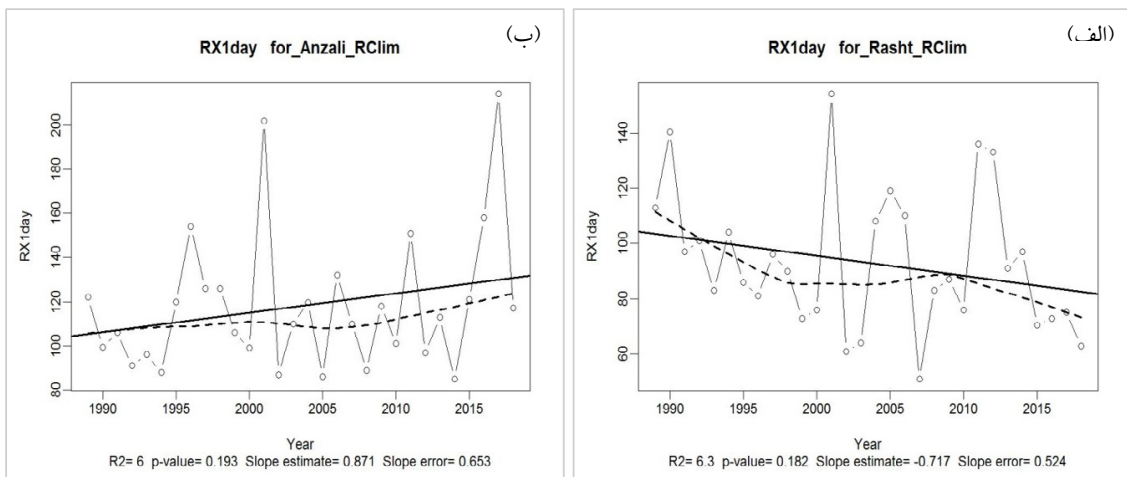
با بکارگیری نرم افزار (Rclimindex) ۱۰ نمایه اقلیمی بارشی معرفی شده توسط کارگروه (CCL/CLIVAR) بدست آمد. این نتایج برای شاخص های مقادیر فرین در جدول ۸ آورده شده است که شامل ده نمایه بارشی است. برای هر کدام از نمایه ها مقادیر شیب خط (Slop) و احتمال معنی داری (P\_value) برای پنج ایستگاه هواشناسی مورد بررسی محاسبه و نشان داده شده است. برای تحلیل نتایج، مقادیر سطح های معنی داری ۰/۱، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱ و ۵ و ۱۰ درصد در نظر گرفته شده است.

#### نمایه های بارش

مجموع سالانه بارش در روزهای تر (PRCPTOT) برای



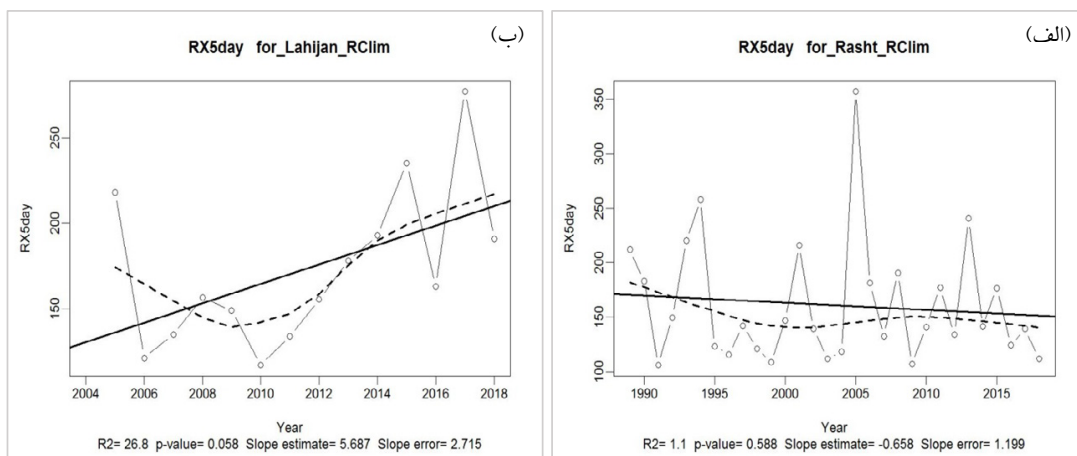
شکل ۳. نمودار مجموع سالانه بارش در روزهای تر (PRCPTOT) با نرم افزار (RCLimdex) در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸، (الف) رشت، (ب) انزلی



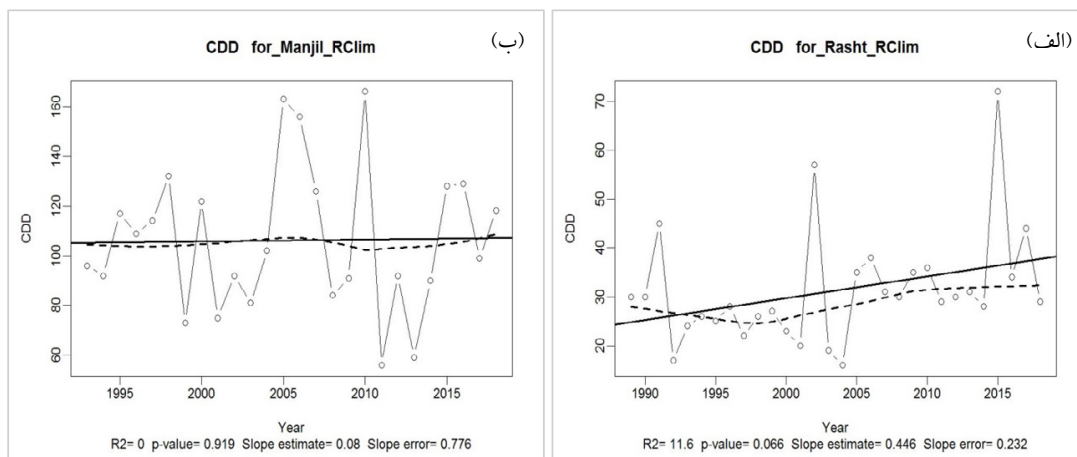
شکل ۴. نمودار حداکثر بارش ۱ روزه (Rx1day) در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸، (الف) رشت، (ب) انزلی

نیز برای شهرهای انزلی و لاهیجان شیب مثبت و برای سه شهر دیگر شیب منفی دارد. فقط لاهیجان در سطح معنی داری ۱۰ درصد دارای روند معنی دار است. شکل های ۵ (الف) و (ب) نمودار این نمایه را به ترتیب برای شهرهای رشت و لاهیجان نشان می دهد. شیب لاهیجان مثبت است و به نسبت شهر رشت، قدرمطلق شیب بزرگ تر آن، بیانگر احتمال معنی داری (p\_value) کوچک تر است (رشت ۰/۵۸۸ و لاهیجان ۰/۰۶۸) و نشان می دهد برای لاهیجان روند مثبت در سطح معنی داری ۱۰ درصد، معنی دار است. تعداد روزهای با بارش سنگین (R10mm) برای انزلی و منجیل شیب مثبت و

حداکثر بارش ۱ روزه (Rx1day) برای انزلی و لاهیجان دارای شیب مثبت و برای رشت، آستارا و منجیل دارای شیب منفی است و تنها برای شهر لاهیجان در سطح معنی داری ۵ درصد، روند معنی دار است. شکل ۴ نمایه (Rx1day) برای شهرهای رشت و انزلی است. در این شکل ها نیز رشت دارای شیب منفی و انزلی دارای شیب مثبت است. مقادیر احتمال معنی داری (p\_value) هر دو شهر نزدیک به هم است (رشت ۰/۱۸۲ و انزلی ۰/۱۹۳) و نشان می دهد هیچکدام از این دو شهر برای نمایه (Rx1day) تا سطح ۱۰ درصد نیز دارای روند معنی دار نیستند. حداکثر بارش ۵ روز متوالی (Rx5day)



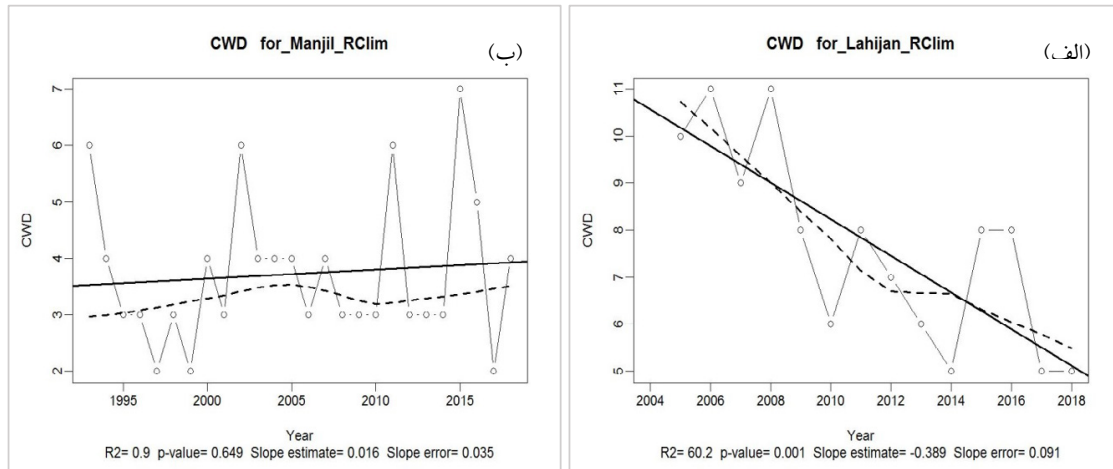
شکل ۵. نمودار حداکثر بارش ۵ روز متوالی (Rx5day) در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸، (الف)رشت، (ب)لاهیجان



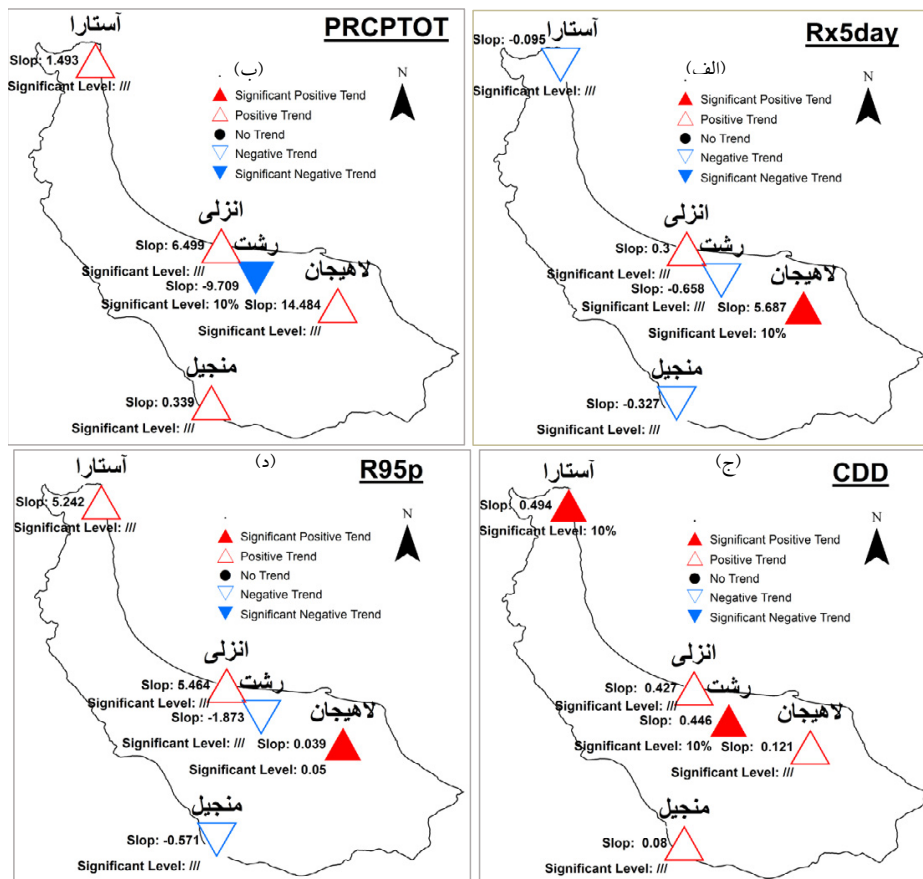
شکل ۶. نمودار روزهای خشک متوالی (CDD) در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸، (الف)رشت، (ب)منجیل

آستارا و منجیل دارای شیب منفی و برای انزلی و لاهیجان دارای شیب مثبت است. مانند نمایه قبل، در این نمایه نیز تنها لاهیجان دارای روند معنی دار در سطح معنی داری ۵ درصد دارد. نمایه ساده شدت بارش روزانه (SDII) فقط برای منجیل شیب نسبی کوچک (۰/۰۳) منفی و برای بقیه شهرها شیب مثبت دارد و تنها برای لاهیجان در سطح معنی داری ۵ درصد معنی دار است. روزهای خشک متوالی (CDD) برای هر پنج ایستگاه هواشناسی دارای شیب مثبت است و برای رشت و آستارا در سطح معنی داری ۱۰ درصد معنی دار است. شکل ۶ نمودار

برای رشت، آستارا و لاهیجان شیب منفی دارد و هیچکدام تا سطح ۱۰ درصد دارای روند معنی دار نیستند. شیب تعداد روزهای با بارش خیلی سنگین (R20mm) برای دو شهر رشت و منجیل منفی و برای سه شهر دیگر مثبت است. براساس مقدار احتمال معنی داری، روند معنی دار تا سطح ۱۰ درصد نیز برای هیچکدام از آنها در این نمایه وجود ندارد. روزهای خیلی تر (R95p) برای رشت و منجیل دارای شیب منفی و برای سه شهر دیگر شیب مثبت دارد. تنها لاهیجان در سطح معنی داری ۵ درصد دارای روند معنی دار است. روزهای بسیار تر (R99p) برای رشت،



شکل ۷. نمودار روزهای تر متوالی (CWD) در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸، (الف) لاهیجان، (ب) منجیل



شکل ۸. روند نمایه های بارشی برای پنج شهرستان گیلان، (الف) مجموع سالانه بارش در روزهای تر (PRCPTOT)، (ب) حداکثر بارش ۵ روز متوالی (Rx5day)، (ج) روزهای خیلی تر (R95p) و (د) روزهای خشک متوالی (CDD) در دوره بلند مدت منتهی به ۲۰۱۸

با احتمال معنی داری (P\_Value) نسبی بزرگ، بیانگر عدم معنی داری آزمون و عدم معنی داری وجود روند است.

نمایه (CDD) را برای شهرهای رشت و منجیل نشان می دهد. مقدار شیب کم نمایه برای شهر منجیل، متناظر

روزهای تر متوالی ( $CWD$ ) برای انزلی و منجیل دارای شیب مثبت و برای سه شهر دیگر شیب منفی دارد. این نمایه برای آستارا و لاهیجان به ترتیب در سطح های معنی داری ۱۰ و ۰/۱ درصد شامل معنی داری آزمون است. نمودار ( $CWD$ ) برای شهرهای لاهیجان و منجیل در شکل ۷ آورده شده است. در شکل ۸ نمایی از روند نمایه های بارشی مجموع سالانه بارش در روزهای تر ( $PRCPTOT$ )، حداکثر بارش ۵ روز متوالی ( $Rx5day$ )، روزهای خیلی تر ( $R95p$ ) و روزهای خشک متوالی ( $CDD$ ) برای پنج شهر نشان داده شده است. روندها از نظر افزایشی و کاهشیی بودن شیب، پراکنده بوده و در بسیاری موارد نتایج آزمون فاقد معنی داری است.

با لحاظ مقادیر شیب نمایه های بارش در هر پنج شهر مورد بررسی، مشاهده می شود که مقادیر مثبت و منفی دارای پراکندگی است و اگرچه مقادیر شیب در انزلی همگی مثبت و در رشت اکثرا منفی است، در بیشتر موارد، مقادیر نسبی بزرگ احتمال معنی داری ( $P$ -Value) بیانگر عدم معنی داری فرض صفر مبنی بر وجود روند است. نتایج مقادیر نمایه های بارش برای شهرهای مورد مطالعه نشان می دهد که مطابق نتایج آزمون های من-کندال و رگرسیون، برای منطقه تسلط روند بارشی معنی داری را نمی توان نتیجه گرفت.

### جمع بندی

در این مطالعه تعدادی از کمیت های هواشناسی و اقلیمی پنج ایستگاه هواشناسی فرودگاه رشت، بندرانزلی، آستارا، منجیل و لاهیجان که دارای داده های مناسبی بودند برای آشکارسازی روند و تغییر اقلیم بررسی شدند. بررسی همگنی داده ها با دو آزمون انحرافات تجمعی ( $CDT$ ) و درست نمایی ورسلی ( $Worsley$ ) نشان داد که به غیر از کمیت بارش در آزمون ورسلی، تمامی کمیت ها در تمام سطوح معنی داری ۱، ۵ و ۱۰ درصد و در هر دو آزمون ناهمگن بودند. نتایج بررسی روند به وسیله آزمون های روند من-کندال آماری و گرافیکی،

رگرسیون تک متغیره و نمایه های اقلیمی فرین با هم مطابقت داشتند.

این نتایج نشان دادند که در منطقه مورد مطالعه برای مقدار بارش تسلط روند معنی داری را نمی توان در نظر گرفت. برای کمیت سرعت باد نتایج آزمون ها نشان دهنده غلبه روند افزایشی در منطقه بودند. کمیت رطوبت نسبی و کمیت تبخیر و تعرق پتانسیل در نتایج دارای تسلط روندهای به ترتیب کاهشیی و افزایشیی هستند. برای مقادیر ساعت آفتابی و فشار سطح زمین ایستگاه نتایج بررسی حاکی از این بود که روند معنی داری را در منطقه برای این دو کمیت نمی توان در نظر گرفت.

از نظر میزان تاثیر فصل در وجود روند معنی دار برای کمیت ها، سرعت باد در فصل های تابستان و بهار بیشترین وابستگی و رطوبت نسبی و تبخیر و تعرق پتانسیل در فصل تابستان بیشترین وابستگی را دارند. به صورت کلی و برای مجموع کمیت ها 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 سرعت باد و همچنین نتایج در متغیر بارندگی در بسیاری از مطالعات در منطقه های مختلف کشور (علیچانی و همکاران، ۱۳۹۱؛ کوزه گران و موسوی، ۱۳۹۳؛ ابراهیمی و کردوانی، ۱۳۹۳؛ اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۷) همخوانی دارند.

با توجه به مجموع نتایج و همسویی روندهای مشاهده شده در سطوح معنی داری آزمون شده، می توان نتیجه گرفت که در منطقه تحت همگونی با شرایط و پهنه استفاده شده در سری داده ها، متغیرها و نمایه های بارشی با آزمون های انجام شده این مطالعه شامل همسویی ایستگاه های مورد بررسی و سطوح معنی داری مناسب برای لحاظ تغییر اقلیم نیستند. همسویی و سطوح معنی داری متغیرهای سرعت باد، رطوبت نسبی و تبخیر و تعرق پتانسیل نیز رخداد تغییر اقلیم به شکل روند افزایشی معنی دار در سرعت باد و تبخیر و تعرق پتانسیل و روند کاهشیی معنی دار در رطوبت نسبی را نشان می دهند. در شهر رشت مقادیر روند معنی دار

سرعت باد ۰/۲۷ متر بر ثانیه در دهه و رطوبت نسبی ۰/۴۵- درصد در دهه محاسبه شد. 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. این تحقیق تغییر اقلیم را در مورد خاص پهنه استان گیلان بررسی کرده و نمایه های اقلیمی فرین را نیز در تحلیل روند بکار برده است. لازم به ذکر است که در مورد نمایه های اقلیمی، بررسی این شاخص های فرین به صورت جداگانه و متمرکز می تواند شامل نتایج مفیدی در شناسایی بهتر مخاطرات ناشی از پدیده های هواشناسی و اقلیمی داشته باشد. علاوه بر آن اگرچه نتایج متغیر و نمایه های بارشی تسلط روند معنی داری را نشان ندادند اما بررسی و مطالعه تغییرات در شدت بارندگی ها با در نظر گرفتن بازه های زمانی کوتاه تر می تواند نتایج مفیدی در تغییرات شدت بارندگی و پدیده های مخرب مربوط داشته باشد.

### مراجع

- ابراهیمی، ه. و کردوانی، پ.، ۱۳۹۳: مطالعه تغییر اقلیم در تالاب بین المللی انزلی به روش من کندال. فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب. سال ششم، شماره ۲۱، پاییز ۱۳۹۳، ص ۵۹-۷۲
- احمدی، م.، لشکری، ح.، آزادی، م. و کیخسروی، ق.، ۱۳۹۴: آشکارسازی تغییر اقلیم با استفاده از شاخص های حدی بارش در خراسان بزرگ. پژوهش های دانش زمین، سال ششم، شماره ۲۳، پاییز ۱۳۹۴، ص ۳۴-۵۲
- اسماعیلی، ح.، پرک، ف.، روشنی، ا. و شکیب، ع.، ۱۳۹۷: روند وردایی فرین های اقلیمی بر اساس شاخص های ترکیبی تغییر اقلیم در گستره ایران. نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی. سال ۷، شماره ۲۸؛ زمستان ۱۳۹۷، ص ۸۹-۱۱۰
- اسماعیلی، ر.، خدامرادی، ح. و ویسی، ا.، ۱۳۹۷: واکاوی وردایی نمایه های فرین اقلیمی ایستگاه اهواز. دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد. [https://www.civilica.com/Paper-SNCC02-SNCC02\\_189.html](https://www.civilica.com/Paper-SNCC02-SNCC02_189.html)
- حقگو، س. و فرامرزی، ش.، ۱۳۹۷: واکاوی وردایی نمایه های فرین اقلیمی ایستگاه کرمان. دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد. [https://www.civilica.com/Paper-SNCC02-SNCC02\\_189.html](https://www.civilica.com/Paper-SNCC02-SNCC02_189.html)
- عرفانیان، م.، انصاری، ح.، علیزاده، ا. و بنایان اول، م.، ۱۳۹۶: برآورد روابط فراوانی-تداوم- دوره بازگشت نمایه های فرین (حدی) اقلیمی در نقاط مختلف استان خراسان رضوی. نشریه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص ۳۷-۵۰
- عزیزی، ق. و روشنی، م.، ۱۳۸۶: مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال. پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۴، تابستان ۱۳۸۷، ص ۱۳-۲۸
- علیجانی، ب.، روشنی، ا.، پرک، ف. و حیدری، ر. ا.، ۱۳۹۱: روند تغییرپذیری فرین های دما با استفاده از شاخص های تغییر اقلیم در ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۱، ص ۱۷-۲۸
- کوزه گران، 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
- مدرسی، ف.، عراقی نژاد، ش.، ابراهیمی، ک. و خلقی، م.، ۱۳۸۸: بررسی منطقه ای پدیده تغییر اقلیم با استفاده از آزمون های آماری مطالعه موردی حوضه آبریز گرگانرود-قره سو. نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۳، مرداد-شهریور ۱۳۸۹، ص ۴۷۶-۴۸۹
- 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.
- 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.
- Alizadeh, A., 2010: Principales of applied hydrology, 29th edition, university of Imam Reza press. 912p.
- Buishand T. A., 1982: Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology* 58(1):11-27
- Fan L, Chen D., 2016. Trends in extreme precipitation indices across China detected using quantile regression. *Atmos. Sci. Let.* 17: 400-406.
- 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.
- Ferreira RN, Nissenbaum MR, Rickenbach THM., ۲۰۱۸. Climate change effects on summer time precipitation organization in the Southeast United States, *Atmospheric Research* ۲۱۴: ۳۴۸-۳۶۳. DOI. org/۱۰.۱۰۱۶/j.atmosres.۲۰۱۸.۰۸.۰۱۲.
- Ghiami-Shamami F., Sabziparvar A.A. and Shinoda S. ۲۰۱۹. Long-term comparison of the climate extremes variability in different climate types located in coastal and inland regions of Iran. *Theor Appl Climatol.* ۱۳۶, ۸۷۵-۸۹۷. <https://doi.org/۱۰.۱۰۰۷/s۰۰۷۰۴۰۰۱۸-۲۵۲۳-۴>
- 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.
- IPCC.1995.ClimateChange1994,In: Houghten JT., Meira Filno L G., Bruce J.P., Lee H.,Callender,B.T., Haites E.F., Harris.
- IPCC: 2001a, 'Climate Change 2001: Impacts, Adaptation & Vulnerability', Contribution of



- Midgley, P.M. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 966 pp.
- Sueyers, R, 1990, on the Statistical Analysis of Series of Observation, wmo, no 415, pp 2 – 15.
- 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 Temperature for Climate Trend Analysis. *JGR Atmospheres*. 117: D18110, do: 10.1029/2012JD017859.
- WMO, 2019DEC3: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/benefits-of-investments-climate-services-agriculture-and-food-security-outweigh>
- 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
- 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 the 21st century, *Global and Planetary Change*, 80-81, pp.1-13.
- 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.
- 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.
- Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), McCarthy, J. J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, and K. S. White (eds), Cambridge University Press, 1032 pp.
- 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.
- 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.
- Kendall M.G. 1975. *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London.
- 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.
- Mann H.B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*.,13, 245-259.
- 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.
- New, M., Todd, M., Hulme, M., & Jones, P., 2001. Precipitation measurements and trends in the Twentieth Century. *Review Article. Int. J. Climatol* , 21, 1889–1922.
- Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M.M.B., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V.,

## Study of climate change in the Guilan province using the extreme climate indicators of precipitation parameter and a number of other parameters

S. Mortezaipoor<sup>1\*</sup>, E. A. Osquei<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> M.Sc Meteorology, Gilan Meteorological office, Gilan, Iran.

<sup>2</sup> Head of Hydro and AgroMeteorology Research Center, Faculty member of Atmospheric Science and Meteorological Research (ASMERC), Tehran, Iran.

\*Corresponding Author Email: [mortezaipoor.saman@yahoo.com](mailto:mortezaipoor.saman@yahoo.com)

Received: 02 June 2019, accepted: 25 August 2019

### ABSTRACT

Climate change in the region for a number of parameters, as well as the precipitation and extreme climate indicators of precipitation has been investigated using 30-year meteorological data of five synoptic stations in Guilan. Significant levels of 0.1, 1, 5 and 10 percent have been considered in the analysis of the results. The trend has been detected using statistical and graphical Mann-Kendall tests, and simple linear regression trend tests and they were in agreement with extreme climate indices. The results showed that there is climate change in the region due to wind speed and potential evapotranspiration with significant increasing trend and due to relative humidity parameter with significant decreasing trend. For example, there was increasing trends of 0.27 meters per second in the decade for the wind speed and 33 mm per decade for total potential evapotranspiration per year, as well as, a decreasing trend of -0.45 mm per decade for daily average humidity in the Rasht city over the 30-years period study. Precipitation variables and indices do not have sufficient significant levels for climate change. The overall results indicate that these climate changes are the most dependent in summer and the least dependent in autumn.

**Keywords:** Climate Change, precipitation, Climate indices, Guilan Province

### COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JM AS 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/>).

