

مقدمه

امروزه رخداد تغییر اقلیم و گرمایش جهانی ذهن همه‌ی اندیشمندان و پژوهشگران را به خود جلب کرده است. افزایش طول دوره‌ی رشد، افزایش دما و ذوب شدن یخ‌های قطب شمال و بالا آمدن تراز آبها، کاهش بارش و خشکسالی‌های پی‌پی و شدید، افزایش رخداد سیلاب، امواج گرمایی و کاهش امواج سرما به عنوان نشانه‌هایی از تغییر اقلیم، موجب مشکلات اقتصادی و اجتماعی فراوانی در سراسر جهان شده‌اند. در چند سال اخیر شدت تغییرات بیشتر شده است و این باعث شده است که در زمینه‌ی تغییر اقلیم پژوهش‌های متعددی در مناطق مختلف جهان انجام شود. برخی از این پژوهش‌ها به دنبال یافتن دلیل رخداد آن و برخی دیگر از آنها صرفاً به واکاوی و شناخت تغییر اقلیم پرداخته‌اند. به نظر کاتفورس و همکاران (۱۹۹۹) دلیل تغییرات اقلیمی افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، شهرنشینی، جنگل‌زادگی و بیابان‌زایی است [۹]. ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۴) تغییرات دما را در دشت مشهد به عنوان نمایه‌ی تغییر اقلیم در منطقه بررسی کردند. نتایج پژوهش این پژوهشگران نشان داد که روند افزایشی درجه‌ی حرارت به ویژه برای دمای حداقل، بارزتر است و نتایج آماری نشان داد که در بیشتر ماه‌ها روند دما، افزایشی است و در پایان ایشان به این نتیجه رسیدند که تغییرات دما را می‌توان به عنوان نمایه‌ی از تغییر اقلیم به حساب آورد [۱]. قربانی‌زاده خرازی و همکاران (۱۳۸۸) اثر تغییر اقلیم بر توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف در حوزه‌ی کارون پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که زمان بیشینه‌ی جریان از بهار به زمستان انتقال خواهد یافت [۱۵]. عزیزاده و کمالی (۱۳۸۱) اثرات تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد را مطالعه کردند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که در صورت افزایش ۲ درجه‌ی سانتی‌گراد دمای هوا نیاز خالص آبیاری با الگو و ترکیب کشت کنونی، ۶ درصد نسبت به وضعیت نرمال افزایش خواهد داشت. بر پایه‌ی یافته‌های آنها، میزان افزایش نیاز آبیاری به ازای ۴ و ۶ درجه افزایش دما به ترتیب ۱۱ و ۱۷ درصد برآورد شد [۳]. عزیززی و همکاران (۱۳۸۷) به کمک تحلیل‌های آماری چند متغیره تغییر اقلیم در نیمه‌ی غربی کشور را بازبایی کردند. یافته‌ها نشان داد که در ایستگاههای مختلف مجاورت با شهرهای بزرگ و موقعیت نسبی جغرافیایی در جهت روند تغییرات موثر بوده است. همچنین براساس نتایج به دست

ارزیابی و شناخت تغییر اقلیم در ایران زمین طی دهه‌های اخیر

محمد دارند^۱

تاریخ: تاریخ پذیرش:

چکیده:

هدف این پژوهش شناسایی تغییر اقلیم در ایران زمین است. برای انجام این پژوهش از داده‌های روزانه‌ی بارش، دمای کیمته (شبانه) و بیشینه (روزانه) ۱۴۳۷ ایستگاه همدید، اقلیمی و باران سنجی طی بازه‌ی زمانی ۱۳۴۰/۱۰/۱۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ استفاده شد. داده‌ها به کمک روش درون‌یابی کریگینگ در یاخته‌های ۱۵×۱۵ کیلومتر درون‌یابی شدند و ماتریسی در ابعاد ۱۵۷۰۶×۷۱۸۷ روز ایجاد شد که بر روی سطرها روز و بر روی ستونها یاخته‌ها قرار گرفتند. به کمک ۲۷ نمایه‌ی تغییر اقلیم معرفی شده توسط تیم متخصصین شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها^۲ به واکاوی تغییر اقلیم در ایران زمین پرداخته شد. نتایج این پژوهش نشان داد که نمایه‌های فرین^۳ گرم روزهای تابستانی (SU۲۵)، روزهای گرم (TX۹۰p)، شب‌های گرم (TN۹۰p) و شب‌های حاره‌ای (TR۲۰) طی دوره‌ی مورد مطالعه روبه افزایش است. در حالیکه روند نمایه‌های فرین سرد از جمله روزهای یخبندان (FD)، روزهای یخی (ID)، شب‌های سرد (TN۱۰p) و روزهای سرد (TX۱۰p) منفی است و روبه کاهش است. امواج گرمایی (WSDI) طولانی‌تر شده و برعکس امواج سرد (CSDI) کوتاه‌تر شده‌اند. افزایش بیشتر نرخ دمای شبانه نسبت به دمای روزانه منجر به کاهش دامنه‌ی دمای شبانه‌روزی (DTR) شده است. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که بسامد رخداد بارش‌های فرین روبه افزایش است.

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، نمایه‌های فرین، روند، ایران.

۱- استادیار آب و هواشناسی دانشگاه کردستان m.darand@uok.a

2- Pixels
3- Expert Team on Climate Change and Indices
4- Extreme

روی وردایی^۱ نمایه‌های کندوکاو تغییر اقلیم په‌نهی ایران زمین، انجام نشده است. پژوهش‌های انجام شده یا به صورت نقطه‌ای (ایستگاهی) و منطقه‌ای بوده و یا اینکه نمایه‌های کامل سنجش تغییر اقلیم به صورت جامع، بررسی نشده است. این پژوهش بر آن است که با بهره‌گیری از ۲۷ نمایه‌ی پیشنهاد شده‌ی تیم متخصصین شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها، به سنجش تغییر اقلیم بر روی په‌نهی ایران زمین به عنوان یک واحد مطالعاتی پردازد. برای انجام آن از داده‌های شبکه‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا (۱۵×۱۵ کیلومتر) و تفکیک زمانی روزانه، بهره گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از داده‌های روزانه‌ی بارش، دمای کمینه (شبهانه) و بیشینه (روزانه) بر روی ۱۴۳۷ ایستگاه هم‌دید، اقلیمی و باران‌سجی طی بازه‌ی زمانی ۱۹۶۲/۱/۱ تا ۲۰۰۴/۱۲/۳۱ استفاده شد (شکل ۱). در این شکی نیست که پراکنش مقادیر مهم‌ترین سنجه‌های جوی، دما و بارش، بر روی ایران زمین هم‌اندازه و یکنواخت نیست و مناطق مختلف، ممکن است رفتار یکسانی به گرمایش جهانی و تغییر اقلیم نداشته باشند. همان‌طور که یافته‌های مسعودیان و دارند (۱۳۹۲) و دارند و همکاران (۲۰۱۵) نشان می‌دهد نرخ وردایی سنجه‌های جوی در قالب نمایه‌های فرین دما و بارش در مناطق مختلف په‌نهی ایران زمین هم‌اندازه و یکسان نیست. در برخی مناطق (به لحاظ گستره محدود هستند) حتی نوع روند نیز هماهنگ با مناطق دیگر نیست [۲۰۱۰]. با وجود این هنگامی صحبت از یک حوضه یا په‌نه می‌شود، پرسش‌های بسیار زیادی در ذهن پژوهشگر ایجاد می‌شود که برای پاسخ به آنها نیازمند آتیم که حوضه یا په‌نهی مورد نظر را در قالب واحد مورد واکاوی قرار دهیم. برای نمونه در گزارشاتی که توسط هیأت بین دول تغییر اقلیم تهیه می‌شود، هنگامی در ارتباط با وردایی نمایه‌های فرین اقلیمی بحث می‌شود، کل کره‌ی زمین را جدا از تفاوت‌های مکانی، به عنوان یک واحد مطالعاتی در نظر می‌گیرند. در گزارش چهارم این هیأت آمده است که طی ۱۰۰ سال اخیر میانگین کره‌ی زمین حدود ۰/۷۴ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش یافته است [۱۷]. در مدل‌های اقلیم جهانی (GCMs) نیز چنین رویکردی نسبت به په‌نه نگاشته می‌شود. بر پایه‌ی مدل‌سازی‌ها طی دوره‌ی ۱۹۹۰-۲۱۰۰، میانگین دمای کره‌ی زمین ۱/۱ تا ۶/۴ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت [۸]. اما ذکر این نکته لازم است که میانگین‌گیری ساده از داده‌های مکانی هنگامی مجاز است که داده‌ها از یک توزیع یکنواختی بر روی په‌نهی مورد نظر برخوردار باشند. در صورتی که داده‌ها پراکنش یکنواختی بر روی مکان نداشته باشند، محاسبه‌ی میانگین برای په‌نه دقیق نخواهد بود و میانگین به سمت مناطقی (مکان) که داده‌ها تراکم بیشتری دارند، اریب و میل پیدا خواهد کرد [۲]. در مطالعه‌ی فریچ و همکاران (۲۰۰۲) مشکلاتی که در ارتباط با بکارگیری داده‌های ایستگاهی با توزیع

آمده داده‌های رطوبت و بارش غالباً از روند تغییرات معنی‌داری برخوردار نیستند [۵]. عزیززی و روشنی (۱۳۸۷) به مطالعه‌ی تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال پرداختند. نتایج بیانگر این است که در اغلب ایستگاه‌ها، دمای حداقل، روند مثبت و دمای حداکثر، روند منفی نشان می‌دهد و از دامنه‌ی نوسان دما در طول دوره کاسته شده است و درصد تغییر در فصل زمستان و تابستان نسبت به بهار و پاییز بیشتر است [۶]. خلیلی اقدم و سلطانی (۱۳۸۸) تغییر اقلیم در ارومیه را طی ۵۰ سال گذشته بررسی کردند. یافته‌ها نشان داد که میانگین بارش طی ۵۰ سال گذشته در ارومیه تغییر معناداری نداشته است. گرمایش جهانی و تغییر اقلیم جهانی در این منطقه سبب افزایش دمای منطقه شده است [۱۸]. بابائیان و همکاران (۱۳۸۸) به کمک ریزمقیاس نمایه‌ی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO_G طی دوره‌ی ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میلادی، به ارزیابی تغییر اقلیم ایران پرداختند. نتایج نشان داد که طی دوره‌ی ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹، میزان بارش بر روی ایران زمین، ۹ درصد کاهش خواهد یافت، آستانه‌ی بارش‌های سنگین و خیلی سنگین افزایش به ترتیب ۱۳ و ۳۹ درصد افزایش می‌یابند و میانگین سالانه‌ی دما حدود ۰/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش خواهد داشت. ماههای سرد سال به نسبت سایر ماه‌های دیگر سال بیشترین افزایش ماهانه‌ی دما را تجربه خواهند کرد [۷]. پایین و همکاران (۲۰۰۲) به کمک مدل RCM به بررسی تغییر اقلیم در حوضه‌ی رودخانه‌ی کلمبیا پرداختند. دوره‌ی مورد مطالعه‌ی آنها ۲۰۴۰ تا ۲۰۶۰ بود. یافته‌های آنها نشان داد که تغییر اقلیم منجر به افزایش ۱/۲ درجه‌ی سانتی‌گراد دمای هوا خواهد شد و بارش ۳ درصد کاهش می‌یابد. همچنین برای حوضه‌ی یاد شده افزایش رواناب در زمستان و کاهش آن در سایر فصل‌ها را پیش‌بینی کردند [۲۱]. گیون و همکاران (۲۰۰۵) اثرات تغییر اقلیم را بر افزایش تراز آب دریاچه مالارین طی سال‌های ۲۰۷۰ تا ۲۱۰۰ مطالعه کردند. نتایج نشان داد که در اثر تغییر اقلیم و گرمایش جهانی، تراز آب دریاچه تا ۵۰ سانتی‌متر برای دوره‌ی آتی افزایش خواهد یافت [۱۶]. ردیگر دیاز و همکاران (۲۰۰۷) آثار تغییر اقلیم بر نیاز آب آبیاری حوضه رودخانه‌ی گیودالاکیو ویراسپانیا واکاوی کردند. نتایج حاصل از مطالعه آنها بیانگر افزایش خشکی و نیاز به آب برای آبیاری است. مدل‌سازی نیاز آبیاری نشان داد که نیاز آبی آبیاری در دوره‌ی زمانی ۲۰۴۱-۲۰۷۰ بسته به مکان و الگوی کشت تقریباً ۱۵ تا ۲۰ درصد افزایش خواهد یافت [۲۳]. فریس و همکاران (۲۰۰۹) نقش تغییر اقلیم بر محصولات کشاورزی مدیترانه را واکاوی کردند. یافته‌ها بیانگر کاهش عملکرد گندم برای قرن آتی است، بطوریکه اثرات منفی آن از عرض‌های جغرافیایی پایین شروع شده و با افزایش عرض جغرافیایی نقش تغییر اقلیم بر عملکرد گندم افزایش می‌یابد [۱۳].

با مروری بر منابع و پژوهش‌های انجام شده بر روی تغییر اقلیم در ایران زمین می‌توان گفت که تاکنون پژوهشی کامل و جامع بر

سردترین دهک را برای کمینه و بیشینه دما برمی‌گزینند تا بتوان در مورد اینکه کدامیک از فرین‌ها در حال تغییر هستند، داوری کرد. نمایه‌های بارش در این گروه، میزان کاهش بارش صدک‌های بالای ۹۵ درصد (R۹۵p) و صدک ۹۹ ام (R۹۹p) و رخدادهای بارش فرین در یک سال را نیز به ما نشان می‌دهند، ب) نمایه‌های مطلق: مقادیر حداقل یا حداکثر مطلق را طی یک سال یا یک فصل نشان می‌دهند و شامل بیشترین دمای بیشینه‌ی روزانه (TXx)، بیشترین دمای کمینه‌ی روزانه (TNx)، کمترین دمای بیشینه‌ی شبانه (TXn)، کمترین دمای کمینه‌ی شبانه (TNn)، بیشترین مقدار بارش یک روزه (RX1day) و بیشترین مقدار بارش ۵ روزه (RX5day) هستند، ج) نمایه‌های آستانه‌ای: نمایه‌هایی هستند که تعداد روزهایی که میزان بارش یا دما از یک آستانه کمتر یا بیشتر باشد، را اندازه‌گیری می‌کنند و شامل روزهای همراه با یخبندان در سال (FD)، روزهای یخی در سال (ID)، روزهای تابستانی در سال (SU)، شب‌های حاره‌ای در سال (TR)، تعداد روزهای بارشی سنگین بیش از ۱۰ میلی‌متر (R1۰) و تعداد روزهای بارشی ابرسنگین بیش از ۲۰ میلی‌متر (R2۰). این نمایه‌ها برای هر اقلیمی لزوماً مناسب نیستند چراکه آستانه‌های که در نظر گرفته شده‌اند، در همه جا کاربست‌پذیر نیستند. با وجود این، مطالعات پیشین (فریچ و همکاران، ۲۰۰۲، کیکتیر و همکاران، ۲۰۰۳. به نقل از الکساندر و همکاران) نشان دادند که نمایه‌های دما نظیر روزهای یخبندان (FD)، تعداد روزهایی که دمای کمینه کمتر از صفر درجه‌ی سانتی‌گراد است، در عرض‌های میانه، در نیمه‌ی دوم قرن بیستم نتیجه‌ی منطقی نشان می‌دهد. علاوه بر این، تغییرات این نمایه‌ها می‌تواند اثر قابل ملاحظه‌ای بر شاخص‌های ویژه‌ی اجتماعی یا اقتصادی داشته باشد (نمایه‌های دوره‌ای: این نمایه‌ها دوره‌های گرم، سرد، مرطوب و خشکی زیاد از حد در طول فصل رشد یا دوره‌های عادی را می‌سنجند و شامل نمایه‌ی داوم دوره‌ی سرد (CSDI)، نمایه‌ی داوم دوره‌ی گرم (WSDI)، طول فصل رشد (GSL)، روزهای پیاپی خشک (CDD) و روزهای پیاپی مرطوب (CWD) هستند و ب) نمایه‌های دیگر که در هیچ یک از گروه‌های بالا نمی‌گنجد اما تغییرات آنها می‌تواند اثرات اجتماعی عمده‌ای داشته باشند. کل بارش سالانه (PRCPTOT)، دامنه‌ی دمای روزانه (DTR)، نمایه‌ی آسان شدت روزانه (SDII)، دامنه‌ی فرین دما (ETR) و توزیع سالانه از روزهای بسیار مرطوب (R۹۵pT) جز این گروه هستند.

به کمک رگرسیون خطی ساده روند بسامد نمایه‌ها و شیب مربوط به آنها در سطح اطمینان ۹۵ درصد محاسبه شد. بنابراین هر کدام از نمایه‌های بارش و دما به عنوان متغیر وابسته (y) و متغیر مستقل زمان (t) سال، در نظر گرفته شد (رابطه‌ی ۱).

$$y = a + bt \quad (1)$$

که در آن a عرض از مبدأ است. برای بدست آوردن شیب خط (b) و عرض از مبدأ از رابطه‌ی ۲ و ۳ استفاده شد.

یکنواخت در ارزیابی‌ها و شناخت تغییر اقلیم آمده است [۱۴]. همانطور که از شکل ۱ پیداست ایستگاه‌های هواشناسی از توزیع یکسانی بر روی پهنه‌ی ایران زمین برخوردار نیستند. به کمک روش زمین آمار کریجینگ، داده‌های روزانه بر روی شبکه‌های ۱۵×۱۵ کیلومتر درون‌یابی شدند (شکل ۲). برپایه‌ی تفکیک مکانی یاد شده ۷۱۸۷ یاخته‌ی مکانی در درون مرز سیاسی ایران قرار می‌گیرد. پایگاه داده‌ای در ابعاد ۱۵۷۰۶×۷۱۸۷ ایجاد شد که بر روی سطرها روز و بر روی ستون‌ها یاخته‌ها (شبکه‌ها) قرار گرفتند. برای هر سه سنجه‌ی مورد نظر یک پایگاه داده‌ی مجزا ایجاد شد. سپس میانگین ۷۱۸۷ یاخته برای هر روز محاسبه شد تا پهنه‌ی ایران زمین به عنوان یک واحد مطالعاتی مورد واکاوی قرار گیرد. در نهایت یک پایگاه داده‌ی در ابعاد ۱۵۷۰۶×۳ ایجاد شد که بر روی ستون‌ها میانگین بارش، دمای کمینه و بیشینه‌ی روزانه قرار گرفت. به کمک داده‌های روزانه، نمایه‌ها در هر یک از سال‌های مختلف دوره‌ی آماری مورد واکاوی (۲۰۰۴-۱۹۶۲) محاسبه شدند. برای نمونه جهت محاسبه نمایه‌ی موج گرما (Warm Spell Duration Index) تعداد روزهای از سال که دست‌کم ۶ روز پیاپی دمای روزانه بیشتر از صدک ۹۰ ام دوره‌ی مینا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد را به کمک داده‌های روزانه بر روی هر یاخته برای هر سال جداگانه شمارش شد. نمایه‌های متفاوتی توسط افراد و پژوهشکده‌ها جهت کندوکاو تغییر اقلیم در جهان معرفی و ارائه شده است. هر کدام از نمایه‌های معرفی شده معایب و مزیت‌های خاص خود را دارند. بطور کلی ویژگی‌های بسیار مهمی که نمایه‌های واکاوی تغییر اقلیم باید داشته باشند این است که الف) با هم بسیار همبسته نباشند و هر کدام اطلاعات مستقلی را از وضعیت تغییر اقلیم بیان کنند، ب) نمایه‌ها علاوه بر اینکه قابلیت مقایسه نقاط مختلف جهان با هم را داشته باشند، باید بر پایه‌ی شرایط منطقه‌ای نیز بوده و امکان مقایسه مناطق مختلف را داشته باشند و ج) علاوه بر موارد ذکر شده، نمایه‌های جدید باید قابلیت سنجش تغییر اقلیم را در مقیاس زمانی و مکانی داشته باشند. در این پژوهش جهت شناخت و ارزیابی تغییر اقلیم از ۲۷ نمایه‌ی فرین دما و بارش پیشنهاد شده توسط تیم متخصصین شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها بهره گرفته شد. در این نمایه‌های پیشنهاد شده تمام ویژگی‌های که لازم است نمایه‌های تغییر اقلیم داشته باشند، دیده می‌شود و اغلب جوانب و ویژگی‌های فرین دما و بارش را از جمله بسامد رخداد، شدت و دوام را واکاوی می‌کنند. از بین ۲۷ نمایه‌ی پیشنهادی یا شده، ۱۶ نمایه مربوط به کندوکاو فرین‌های دما (جدول ۱) و ۱۱ نمایه مربوط به فرین‌های بارش است (جدول ۲). این نمایه‌ها را می‌توان در پنج گروه دسته‌بندی کرد [۲]: الف) نمایه‌هایی صدکی: این نمایه‌ها شامل رخداد شب‌های سرد (TN1۰p)، شب‌های گرم (TN۹۰p)، روزهای سرد (TX1۰p)، روزهای گرم (TX۹۰p)، روزهای بسیار مرطوب (R۹۵p) و روزهای بسیار مرطوب (R۹۹p) هستند. نمایه‌های دما که بر پایه‌ی صدک هستند، گرم‌ترین و

تست^۱، تحلیل بیزی^۲، من ویتنی^۳، مجموع رتبه‌ی ویلکاکسون^۴، پی تیت^۵، من کندال^۶، لیپگ^۷، آزمون همگنی نرمال استاندارد^۸، رویکرد رگرسیون مینا^۹، انحرافات تجمعی^{۱۰}، اورلیمانس^{۱۱}، نسبت نشانه به نوفه^{۱۲}، تحلیل مداخله‌ای^{۱۳}، مونت کارلو زنجیره مارکوف^{۱۴}، روش لانزانت^{۱۵} و استارس^{۱۶} اشاره کرد.

دسته‌ی دوم روش‌های هستند که تغییر در پراش (واریانس) را بررسی می‌کنند. از این دسته می‌توان به آزمون داونتون-کاتز^{۱۸} و روش رودیونوف^{۱۹} اشاره کرد.

دسته‌ی سوم روش‌های هستند که تغییر در ساختار فراوانی و توزیع داده‌ها را بررسی می‌کنند. می‌توان از این گروه به آزمون نیکیفوروف^{۲۰} اشاره کرد.

دسته‌ی چهارم روش‌های هستند که تغییر در سیستم را واکاوی می‌کنند. تحلیل مولفه‌های مینا^{۲۱}، میانگین انحرافات استاندارد^{۲۲}، روش اطلاعات فشر^{۲۳} و روش خودهمبستگی برداری^{۲۴} را می‌توان جزو این دسته و گروه قرار داد.

تغییر در میانگین رایج‌ترین روش شناسایی نقاط تغییر در سری‌های زمانی است. همانطور که یاد شد برای این دسته از روش‌ها، آزمون‌های متفاوتی ارائه شده است. در این پژوهش از رویکرد رگرسیون مینا برای سری‌های زمانی که به لحاظ بصری دارای دو فاز و دوره‌ی مختلف بودند، استفاده شد. این روش توسط سولو در سال ۱۹۸۷ برای اولین بار ارائه شد [۲۴]. سپس توسط استرلینگ و پترسون در سال ۱۹۹۵، ایلسنر و همکاران (۲۰۰۰) و لوند و ریویس (۲۰۰۲) اصلاح شد [۱۱]، ۱۲ و ۱۹. اگر فرض بر این باشد که سری را به کمک روش یاد شده به دو بخش تقسیم کنیم، می‌توان گفت که:

$$y_t = \begin{cases} \alpha_1 + b_1 t + \varepsilon_t, & 1 \leq t \leq c \\ \alpha_2 + b_2 t + \varepsilon_t, & c \leq t \leq n \end{cases} \quad (8)$$

- 2- t-test
- 3- Bayesian analysis
- 4- Mann-Whitney U-test
- 5- Wilcoxon rank sum
- 6- Pettitt test
- 7- MannKendall test
- 8- Lepage test
- 9- Standard normal homogeneity test
- 10- Regressionbased approach
- 11- Cumulative deviation test
- 12- Oerlemans method
- 13- Signal-tonoise ratio
- 14- Intervention analysis
- 15- Markov chain Monte Carlo
- 16- Lanzante method
- 17- STARS
- 18- DowntonKatz test
- 19- Rodionov method
- 20- Nikiforov method
- 21- Principal component analysis
- 22- Average standard deviates
- 23- Fisher information
- 24- Vector autoregressive method

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2} \quad (2)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{t} \quad (3)$$

میزان ضریب تعیین (r^2) ارتباط بین نمایه‌ها با زمان (سال) به کمک رابطه‌ی ۴ برآورد گردید.

$$1 - r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (4)$$

که در آن \hat{y} میزان نمایه‌ی پیش‌بینی شده به کمک رابطه‌ی ۱ است. برای آنکه به لحاظ آماری، معناداری مقادیر شیب در سطح اطمینان ۹۵ درصد آزمون شود از رابطه‌ی ۵ بهره گرفته شد.

$$SE(b) = \sqrt{\frac{MSD}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}} \quad (5)$$

در رابطه‌ی ۵، MSD پراش مانده‌های رگرسیون است که به کمک رابطه‌ی ۶ محاسبه می‌شود.

$$MSD = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 2} \quad (6)$$

مقدار t_{ob} مشاهده شده به کمک رابطه‌ی ۷ برآورد گردید.

$$t_{ob} = \frac{b}{SE(b)} \quad (7)$$

قدر مطلق t_{ob} با $t_{(n-2, \alpha)}$ از جدول مربوطه مقایسه می‌شود. در صورتی که قدر مطلق t_{ob} از $t_{(n-2, \alpha)}$ جدول با درجه آزادی $n-2$ و سطح معناداری α بزرگتر باشد، شواهد کافی برای پذیرش این فرض که میزان شیب (b) برابر صفر است، وجود نخواهد داشت [۴]. تغییر، جهش و ناهمگنی در سری‌های زمانی اقلیمی، ویژگی است که در هر نقطه و مکانی از کره‌ی زمین ممکن است مشاهده شوند. این گونه تغییرات ممکن است دلایل طبیعی یا غیرطبیعی داشته باشند. جابه‌جایی مکانی ایستگاه‌ها، تغییر در ادوات و تجهیزات اندازه‌گیری ثبت سنجه‌های اقلیمی، رشد شهرها و شهرنشینی را می‌توان از گونه‌ی عوامل غیرطبیعی و مصنوعی برشمرد. امروزه گرمایش جهانی و رخداد تغییر اقلیم به یکی از عوامل طبیعی مهم و اساسی وردایی سری‌های زمانی سنجه‌های اقلیمی تبدیل شده است. برای شناخت نقاط تغییر^۱ روش‌های متفاوتی ارائه شده است. بطور کلی می‌توان این گونه روش‌ها را به چهار گروه تقسیم کرد [۲۲]. الف) روش‌های که تغییر در میانگین را شناسایی می‌کنند که می‌توان به آزمون تی

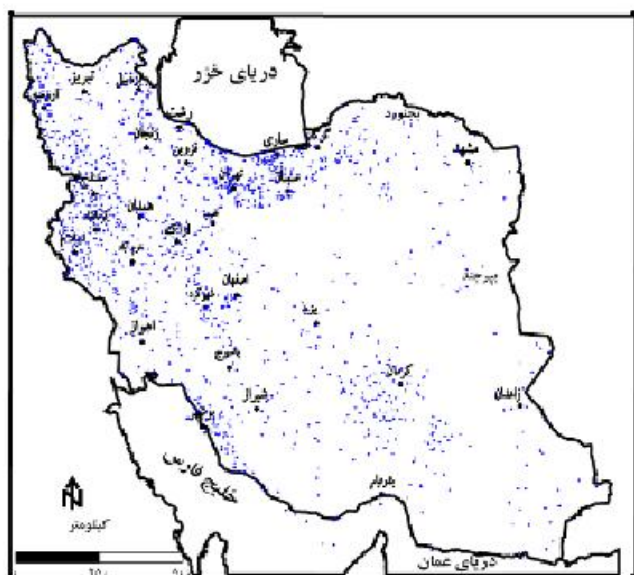
کوچک باشد. در رابطه‌ی ۱۵ مجموع مربعات خطاها (SSE_{full}) که از آن تحت عنوان Full model یاد می‌کنند، از رابطه‌ی ۱۶ بدست می‌آید.

$$SSE_{full} = \sum_{i=1}^c (y_i - a_1 - b_1 t_i)^2 + \sum_{i=c+1}^n (y_i - a_2 - b_2 t_i)^2 \quad (16)$$

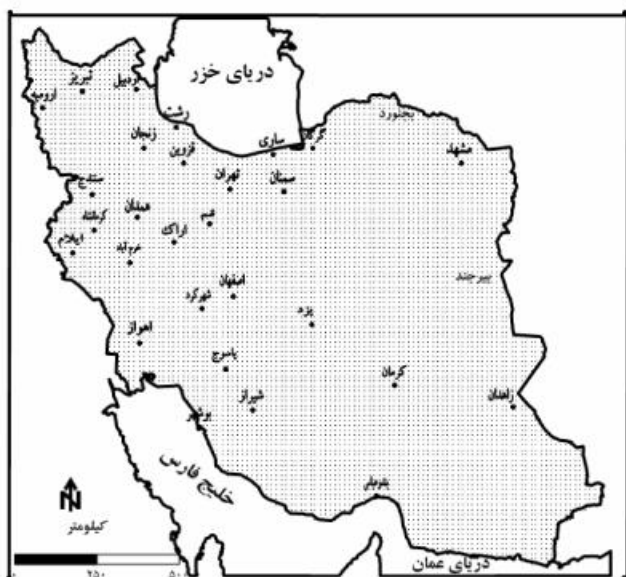
همچنین مجموع مربعات خطاها (SSE_{Red}) نیز با عنوان Reduced model به کمک رابطه‌ی (۱۷) بدست می‌آید.

$$SSE_{Red} = \sum_{i=1}^n (y_i - a_{Red} - b_{Red} t_i)^2 \quad (17)$$

که a_{Red} و b_{Red} در شرایطی که $a_1 = a_2 = a_{Red}$ و $b_1 = b_2 = b_{Red}$ برقرار باشد، حساب می‌شوند.



شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های همدید، اقلیمی و بارانسنجی



شکل ۲ یاخته‌های درون یابی شده‌ی ۱۰×۱۰ کیلومتر بر روی ایران

که در آن مقدار خطای حاصل از مدل رگرسیونی است که از آن با نام مانده‌ها یاد می‌کنند. رابطه‌ی ۸ یک رگرسیون ساده کلاسیک است که برای دو فاز مختلف در سری زمانی برای شناخت نقطه‌ی تغییر بوسیله‌ی مقایسه‌ی عرض از مبدأ دو سری ($a_1 \neq a_2$) و یا شیب خط دو سری ($b_1 \neq b_2$) بکار گرفته می‌شود. عبارت c بیانگر زمانی است که اگر $a_1 \neq a_2$ یا $b_1 \neq b_2$ برقرار باشد، نقطه‌ی تغییر اتفاق می‌افتد. نقطه‌ی تغییر در یکی از نقاط سری از $c \in \{1, \dots, n-1\}$ اتفاق می‌افتد. پارامترهای رابطه‌ی ۸ به کمک روابط زیر حساب می‌شوند.

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^c (t_i - \bar{t}_1)(y_i - \bar{y}_1)}{\sum_{i=1}^c (t_i - \bar{t}_1)^2} \quad (9)$$

$$a_2 = \frac{\sum_{i=c+1}^n (t_i - \bar{t}_2)(y_i - \bar{y}_2)}{\sum_{i=c+1}^n (t_i - \bar{t}_2)^2} \quad (10)$$

که در آن $\bar{y}_1 = c^{-1} \sum_{i=1}^c y_i$ و $\bar{y}_2 = (n-c)^{-1} \sum_{i=c+1}^n y_i$ میانگین سری‌های زمانی قبل و بعد از نقطه‌ی تغییر c هستند. میانگین‌های زمان مشاهدات در قبل و بعد از c به ترتیب برابر با $\bar{t}_1 = c^{-1} \sum_{i=1}^c t_i = (c+1)/2$ و $\bar{t}_2 = (n-c)^{-1} \sum_{i=c+1}^n t_i = (n+c+1)/2$ می‌باشد. تخمین حداقل مربعات پارامتر عرض از مبدأ b_1 و b_2 به کمک روابط زیر بدست می‌آید.

$$a_1 = \bar{y}_1 - b_1 \bar{t}_1 \quad (11)$$

$$a_2 = \bar{y}_2 - b_2 \bar{t}_2 \quad (12)$$

مخرج کسر در رابطه‌ی ۹ و ۱۰ از طریق زیر حساب می‌شود.

$$\sum_{i=1}^c (t_i - \bar{t}_1)^2 = \frac{c(c+1)(c-1)}{12} \quad (13)$$

$$\sum_{i=c+1}^n (t_i - \bar{t}_2)^2 = \frac{(n-c)(n-c+1)(n-c-1)}{12} \quad (14)$$

برای آزمون فرض نبود نقطه‌ی تغییر در مقابل وجود یک نقطه‌ی تغییر، باید یک آزمون آماری خوب طراحی کرد. فرض صفر آماری که مورد آزمون قرار می‌گیرد این است که پارامترهای رگرسیون طی دو فاز قبل و بعد از نقطه‌ی تغییر یکسان هستند.

در چنین شرایطی $a_1 - a_2$ و $b_1 - b_2$ باید به لحاظ آماری برای هر کدام از حالت‌های $\{1, \dots, n\}$ نزدیک به صفر باشند. از آماره‌ی F رگرسیون برای آزمون فرض یاد شده استفاده می‌شود.

$$F_c = \frac{(SSE_{Red} - SSE_{full}) / 2}{SSE_{full} / (n-4)} \quad (15)$$

اگر هیچ گونه نقطه‌ی تغییری در سری زمانی وجود نداشته باشد، حاصل رابطه‌ی ۱۵ برای هر کدام از حالت‌های $\{1, \dots, n\}$ c باید بسیار

جدول ۱: نمایه‌های فرین دما (برگرفته از وبگاه تیم متخصصین شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها)

<http://www.clivar.org/panels-and-working-groups/etccdi/etccdi.php>

نمایه	تعریف	یکا
FD	روزهای یخبندان (FrostDays): تعداد روزهایی از سال که دمای کمینه‌ی روزانه کوچکتر از صفر درجه سانتی‌گراد باشد	روز
SU25	روزهای تابستانی (Summer Days): تعداد روزهایی از سال که دمای بیشینه‌ی روزانه بزرگتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد	روز
ID	روزهای یخی (Ice Days): تعداد روزهایی از سال که دمای بیشینه‌ی روزانه کوچکتر از صفر درجه سانتی‌گراد باشد	روز
TR20	شب‌های حاره‌ای (Tropical Nights): تعداد روزهایی از سال که دمای کمینه‌ی بیشتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد	روز
GSL	طول فصل رشد در سال (Growing Season Length) (اول ژانویه تا ۳۱ دسامبر در نیمکره شمالی؛ اول ژوئیه تا ۳۰ ژوئن در نیمکره جنوبی): تعداد روزهایی از سال که بین اولین رخدادی که دست کم ۶ روز پیایی میانگین دمای روزانه بیشتر از ۵ درجه سانتی‌گراد و اولین رخدادی که دست کم ۶ روز پیایی بعد از اول ژوئیه (اول ژانویه در نیمکره جنوبی) میانگین دمای روزانه کوچکتر از ۵ درجه سانتی‌گراد باشد را طول فصل رشد گویند	روز
TXx	بزرگترین دمای بیشینه (Max Tmax): میزان حداکثر دمای بیشینه‌ی روزانه در ماه	سانتی‌گراد
TXn	کوچکترین دمای بیشینه (Min Tmax): میزان حداقل دمای کمینه‌ی روزانه در ماه	سانتی‌گراد
TNx	بزرگترین دمای کمینه (Max Tmin): میزان حداکثر دمای کمینه‌ی در ماه	سانتی‌گراد
TNn	کوچکترین دمای کمینه (Min Tmin): میزان حداقل دمای کمینه‌ی در ماه	سانتی‌گراد
TN10p	شب‌های سرد (Cold Nights): درصدی از روزها که دمای شبانه کوچکتر از صدم ۱۰م دوره‌ی مینا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد	روز
TX10p	روزهای سرد (Cold Days): درصدی از روزها که دمای روزانه کوچکتر از صدم ۱۰م دوره‌ی مینا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد	روز
TN90p	شب‌های گرم (Warm Nights): درصدی از روزها که دمای شبانه بزرگتر از صدم ۹۰م دوره‌ی مینا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد	روز
TX90p	روزهای گرم (Warm Days): درصدی از روزها که دمای روزانه بزرگتر از صدم ۹۰م دوره‌ی مینا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد	روز
*WSDI	موج گرما (Warm Spell Duration Index): تعداد روزهای از سال که حداقل ۶ روز پیایی دمای روزانه بیشتر از صدم ۹۰م دوره‌ی مینا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد	روز
*CSDI	موج سرما (Cold Spell Duration Index): تعداد روزهای از سال که حداقل ۶ روز متوالی دمای شبانه کوچکتر از صدم ۱۰م دوره‌ی مینا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد	روز
DTR	دامنه‌ی دمای روزانه (Diurnal Temperature Range): تفاوت میانگین ماهانه‌ی دمای روزانه و شبانه. فرض کنید که T_{xj} و T_{nj} به ترتیب دمای بیشینه‌ی روزانه و دمای کمینه‌ی روزانه در روز j ام در دوره‌ی I است. اگر I بیانگر تعداد روزهای دوره‌ی j ام باشد، بنابراین دامنه‌ی دمای روزانه از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید	سانتی‌گراد

$$DTR_j = \frac{\sum_{i=1}^I (Tx_{ij} - Tn_{ij})}{I}$$

یافته‌های پژوهش

نمایه‌های فرین دما روند و ردایی نمایه‌های فرین دما طی بازه‌ی زمانی مورد مطالعه در شکل‌های ۳ و ۴ آمده است. نرخ و شیب تغییرات، انحراف معیار مقدار شیب همراه با P-Value در جدول ۳ آمده است. میانگین سالانه‌ی تعداد روزهای یخبندان (FD) ایران زمین حدود ۳۲ روز در سال است. همانطور که قابل ملاحظه است روند بسامد رخداد این نمایه رویه کاهش است و بویژه از سال ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ به بعد نرخ کاهشی آن شدت زیادی به خود گرفته است. در سطح اطمینان ۹۹ درصد شیب نزولی این نمایه معنادار است و بطور کلی نرخ کاهشی آن حدود ۵/۳ روز به ازای هر دهه است و میزان انحراف معیار شیب روند حدود ۱/۸ روز به ازای هر ده سال است. به بیانی دیگر نرخ کاهشی تعداد روزهای یخبندان طی هر دهه ۵/۳±۱/۸ روز است (جدول ۳). تعداد روزهای تابستانی (SU25) روند مثبت و معناداری را طی دوره‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهند.

$$a_{Red} = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - b_{Red} t_i) \quad (18)$$

$$b_{Red} = 12 \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) t_i}{n(n+1)(n-1)} \quad (19)$$

برای هر کدام از حالت‌های نقطه‌ی تغییر $\{1, \dots, n\}$ مقدار c حساب می‌شود. بزرگترین مقدار F با عنوان F_{max} با F جدول مقایسه می‌شود.

$$F_{max} = \max_{1 \leq c \leq n} F_c \quad (20)$$

در صورتی که F_{max} محاسبه شده بزرگتر از F جدول با دو پارامتر درجه‌ی آزادی صورت و درجه‌ی آزادی مخرج باشد، فرض صفر تأیید نمی‌شود.

جدول ۲ نمایه‌های بارش فرین (برگرفته از وبگاه تیم متخصصین شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها)

<http://www.clivar.org/panels-and-working-groups/etccdi/etccdi.php>

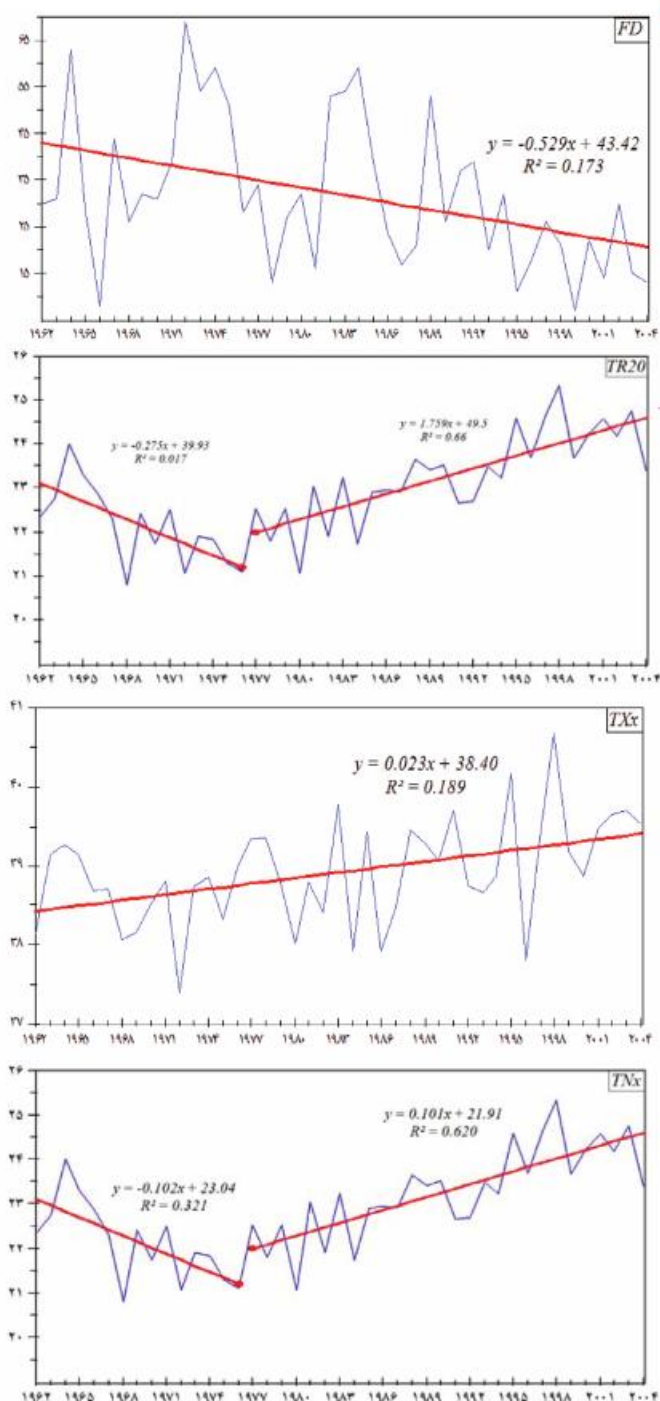
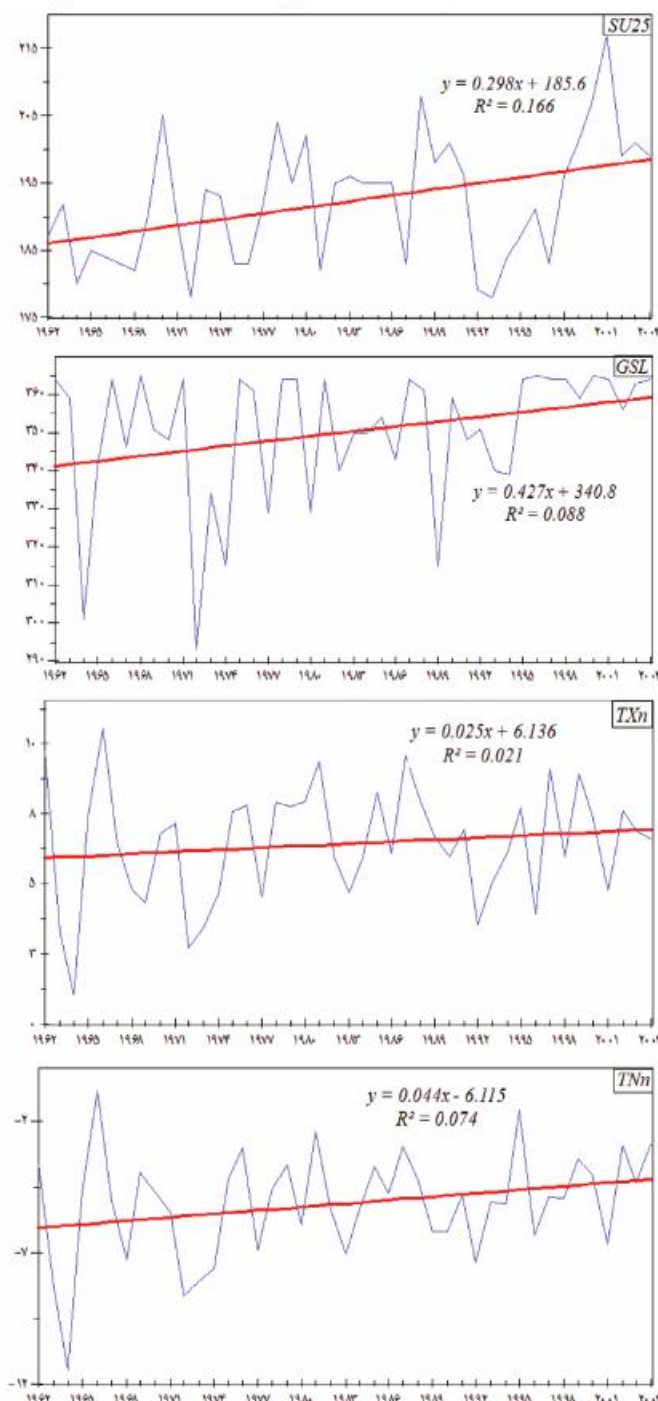
نمایه	تعریف	یکا
RX1day	بیشترین مقدار بارش یک روزه (Maximum 1-day precip): بیشترین بارش یک روزه در ماه	میلیمتر
RX5day	بیشترین مقدار بارش پنج روزه (Maximum 5-day precip): بیشترین بارش پنج روز متوالی در ماه	میلیمتر
SDII	نمایه‌ی ساده‌ی شدت بارش روزانه (Simple daily intensity): از تقسیم مقدار کل بارش سالانه بر تعداد روزهای بارشی (دست کم یک میلی‌متر) سالانه بدست می‌آید. فرض کنید که RP_{wj} مقدار بارش روزانه در روزهای مرطوب (دست کم یک میلی‌متر) در دوره‌ی زام است. اگر W بیانگر تعداد روزهای مرطوب در دوره‌ی زام باشد، بنابراین نمایه‌ی ساده‌ی شدت بارش روزانه از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید.	میلیمتر در روز
	$SDII_j = \frac{\sum_{w=1}^W RR_{wj}}{W}$	
R10	تعداد روزهای همراه با بارش سنگین (Heavy precipitation days): تعداد روزهایی که در سال بارش دست کم ۱۰ میلی‌متر باشد.	روز
R20	تعداد روزهای همراه با بارش ابر سنگین (Very heavy precipitation days): تعداد روزهایی که در سال بارش دست کم ۲۰ میلی‌متر باشد.	روز
R25	تعداد روزهای با بارش بیشتر از ۲۵ میلی‌متر (Extreme heavy precipitation days): تعداد روزهایی که در سال بارش دست کم ۲۵ میلی‌متر باشد.	روز
CDD	روزهای متوالی خشک (Consecutive dry days): بیشترین تعداد روزهای متوالی که بارش کمتر از یک میلی‌متر باشد.	روز
CWD	روزهای متوالی مرطوب (Consecutive wet days): بیشترین تعداد روزهای متوالی که بارش بیشتر از یک میلی‌متر باشد.	روز
R95p	روزهای خیلی مرطوب (Very wet days): مجموع مقدار بارش روزهایی از سال که مقدار بارش بیش از صدک ۹۵ام دوره‌ی مینا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد. فرض کنید که RP_{wj} مقدار بارش روزانه در روزهای مرطوب (دست کم بارش یک میلی‌متر) در دوره‌ی زام است و RR_{wm95} صدک ۹۵ام بارش روزهای مرطوب در دوره‌ی مینا ۱۹۷۱-۲۰۰۰ است. اگر W بیانگر تعداد روزهای مرطوب در دوره‌ی مینا باشد، بنابراین روزهای خیلی مرطوب از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید.	میلیمتر
	$R95 p_j = \sum_{w=1}^W RR_{wj} \text{ where } RR_{wj} > RR_{wm95}$	
R99p	روزهای بسیار مرطوب (Extremely wet days): مجموع مقدار بارش روزهایی از سال که مقدار بارش بیش از صدک ۹۹ام دوره‌ی مینا (۱۹۷۱-۲۰۰۰) باشد. فرض کنید که RP_{wj} مقدار بارش روزانه در روزهای مرطوب (دست کم بارش یک میلی‌متر) در دوره‌ی زام است و RR_{wm99} صدک ۹۹ام بارش روزهای مرطوب در دوره‌ی مینا ۱۹۷۱-۲۰۰۰ است. اگر W بیانگر تعداد روزهای مرطوب در دوره‌ی مینا باشد، بنابراین روزهای بسیار مرطوب از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید.	میلیمتر
	$R99 p_j = \sum_{w=1}^W RR_{wj} \text{ where } RR_{wj} > RR_{wm99}$	
PRCPTOT	مقدار کل بارش روزهای مرطوب سالانه (Annual total precipitation): مقدار کل بارش روزهای مرطوب (مقدار بارش دست کم از یک میلی‌متر بیشتر باشد) سالانه	میلیمتر

از سال ۱۹۶۲ تا ۱۹۷۶ بسامد رخداد این نمایه رو به کاهش بوده ولی به لحاظ آماری شیب کاهشی آن در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار نیست ولی از سال ۱۹۷۷ به بعد با شیب بسیار زیادی بسامد رخداد تعداد شب‌های حاره‌ای ایران روند مثبت و معناداری را در سطح اطمینان ۹۹ درصد نشان می‌دهد. نرخ افزایشی این نمایه حدود ۱۷/۵ روز به ازای هر دهه است. طول دوره‌ی رشد (GSL) که یکی از نمایه‌های موثر بویژه بر روی کشاورزی است در ایران زمین طی دوره‌ی مورد پژوهش رو به افزایش است. بطور کلی به ازای هر دهه ۴/۳ روز افزایش یافته است. روند افزایشی این نمایه در سطح

به بیانی دیگر تعداد روزهایی که دمای بالاتر از ۲۵ درجه در ایران ثبت شده است بیشتر شده است. در سال ۲۰۰۱ بسامد این نمایه به ۲۱۷ روز رسیده است. شیب افزایشی این نمایه به لحاظ آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است و بطور کلی حدود ۳ روز طی هر دهه تعداد روزهای تابستانی افزایش یافته است و میزان انحراف معیار آن ۱ روز به ازای هر ده سال است. میانگین رخداد روزهای یخی (ID) ایران زمین صفر است و طی سال‌های مورد مطالعه روندی از خود نشان نداده است. روند تعداد شب‌های حاره‌ای (TR۲۰) طی دوره‌ی مورد مطالعه دو دوره با روند کاملاً متفاوت را نشان می‌دهد.

تا ۱۹۷۶ شیب کاهشی بسیار تندی را تجربه کرده است که به لحاظ آماری معنادار است و نرخ روند کاهشی آن ۱ درجه‌ی سانتی‌گراد به ازای هر دهه است ولی روند این نمایه از سال ۱۹۷۸ به بعد برعکس دوره‌ی قبلی روند این نمایه افزایشی است و نرخ روند افزایشی آن ۱ درجه‌ی سانتی‌گراد به ازای هر دهه است که به لحاظ آماری در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار است و انحراف معیار نرخ روند افزایشی این نمایه بسیار اندک است. کوچکترین دمای کمینه (TNn) طی دوره‌ی مورد مطالعه روند افزایشی را نشان می‌دهد ولی نسبت به نمایه‌ی بزرگترین دمای کمینه نرخ روند کمتر است. نرخ روند

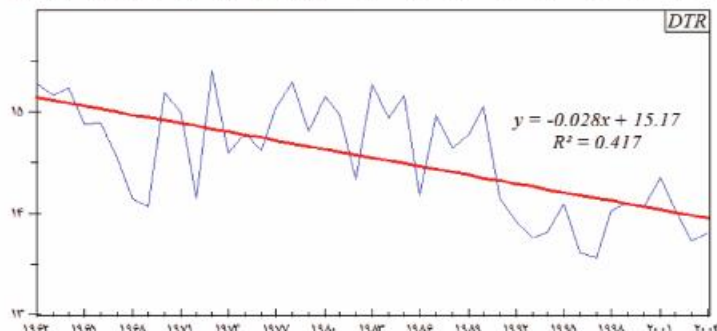
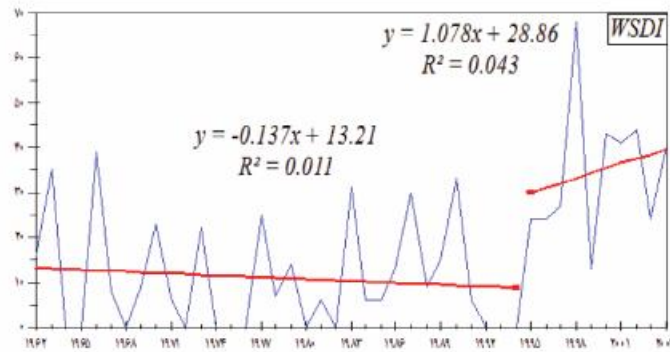
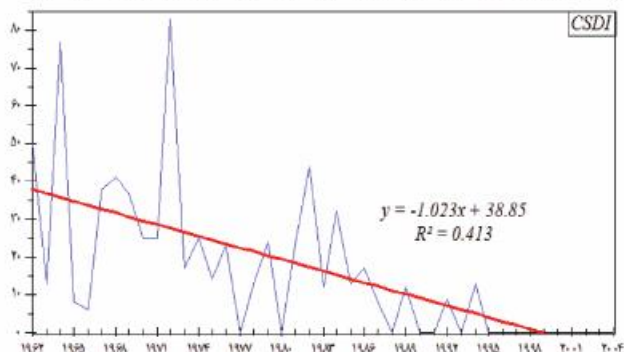
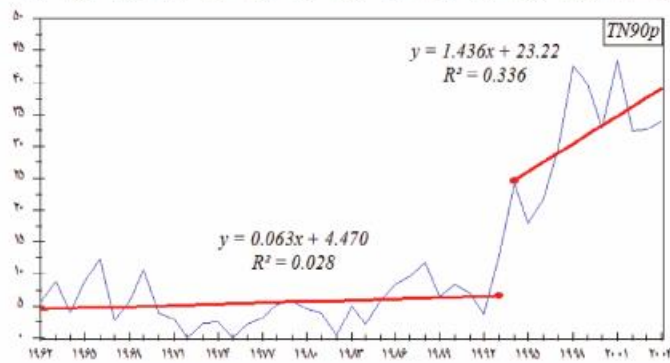
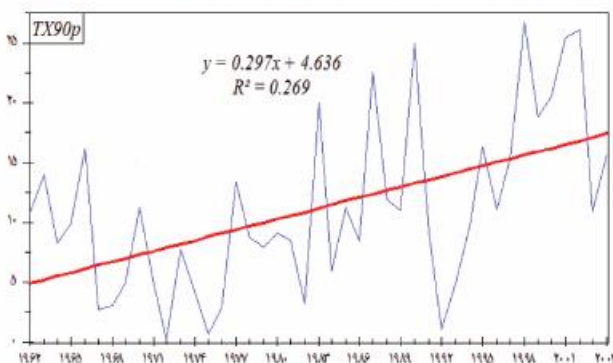
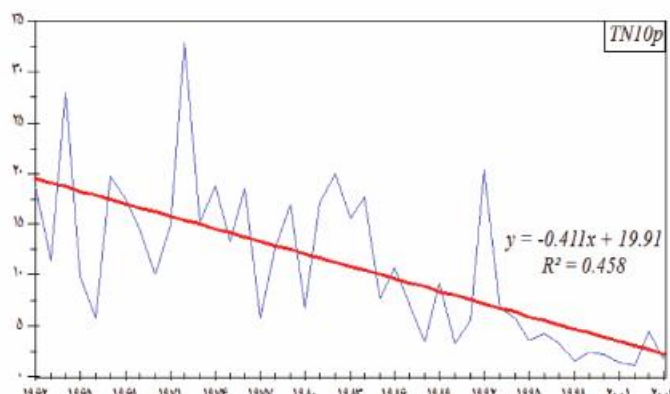
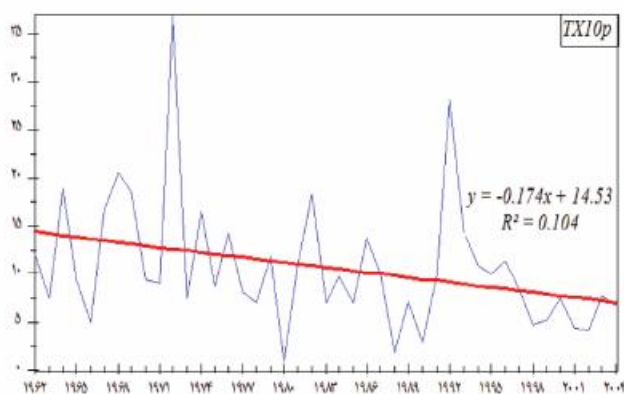
اطمینان ۹۵ درصد معنادار است. بزرگترین دمای بیشینه (TXx) در ایران زمین افزایش یافته است و شیب افزایشی این نمایه به لحاظ آماری در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار است. نرخ روند این نمایه ۰/۲۳ درجه‌ی سانتی‌گراد به ازای ده سال است و انحراف معیار نرخ روند بسیار اندک و ۰/۰۸ درجه‌ی سانتی‌گراد به ازای هر دهه است. کوچکترین دمای بیشینه (TXn) نیز همانند نمایه‌ی قبلی روبه افزایش است ولی به لحاظ آماری روند افزایشی این نمایه معنادار نیست. بزرگترین دمای کمینه (TNx) بر روی ایران زمین طی دوره‌ی مورد مطالعه دو روند کاملاً متفاوت را نشان می‌دهد. طی دوره‌ی ۱۹۶۲



شکل ۳ روند و نرخ روند نمایه‌های فرین دما بر روی ایران زمین طی دوره‌ی ۱۹۶۲ تا ۲۰۰۴

ولی نرخ کاهش آن نسبت به شب‌های سرد کوچکتر است و برابر با ۱/۷ روز به ازای هر دهه است. نرخ کاهش شب‌های سرد بیش از ۲ برابر نرخ کاهش روزهای سرد است. شب‌های گرم (TN۹۰p) به ویژه در سال‌های اخیر بسامد رخداد بسیار بیشتری از خود نشان می‌دهند از سال ۱۹۶۲ تا سال ۱۹۹۳ بطور میانگین بسامد رخداد این نمایه حدود ۵ شب گرم است ولی از سال ۱۹۹۴ به بعد فراوانی رخداد این گونه شب‌ها با شیب بسیار زیادی روبه افزایش است. در

کوچکترین دمای کمینه ۰/۴ درجی سانتی‌گراد است و میزان انحراف معیار نرخ روند به نسبت بیشتر است. در سطح اطمینان ۹۰ درصد شیب کاهش آن معنادار است و میزان آن برابر با ۰/۲۴ به ازای ده سال است. روند شب‌های سرد (TN۱۰p) با نرخ روند ۴/۱ شب به ازای هر دهه روبه کاهش است به بیانی دیگر بسامد رخداد شب‌های سرد روبه کاهش است و شیب کاهش آن به لحاظ آماری معنادار است. روزهای سرد (TX۱۰p) مطابق انتظار نیز کاهش یافته است



شکل ۴ ادامه‌ی شکل ۳ و روند و نرخ روند نمایه‌های فرین دما

سطح اطمینان ۹۹ درصد شیب افزایشی آن معنادار است (جدول ۴).
نمایه‌های بارش ابرسنگین (R20) و (R25) روند خاصی از خود
نشان نمی‌دهند.

البته این مطلب بیانگر آن نیست که بر روی هیچ نقطه‌ای از
ایران زمین روند وجود ندارد چه بسا ممکن است بر روی برخی
مناطق تعداد روزهای همراه با بارش سنگین افزایش یافته باشد. ولی
میانگین کلی بارش یک روزه که طی آن ایران زمین (۷۱۸۷ یاخته)
دست کم ۲۰ و یا ۲۵ میلی‌متر دریافت کرده باشند روندی از خود
نشان نمی‌دهد. روزهای متوالی خشک (CDD) دو روند نسبتاً متفاوتی
را طی دوره‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد. از سال ۱۹۶۲ تا ۱۹۸۳
روند این نمایه منفی شدید است که به لحاظ آماری نیز کاهش آن
معنادار است. از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۴ روند همچنان منفی است ولی
به لحاظ آماری معنادار نیست. روزهای متوالی مرطوب (CWD) دو
روند کاملاً متفاوتی را طی دوره‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد. از سال
۱۹۶۲ تا ۱۹۹۶ روند این نمایه مثبت است که در سطح اطمینان ۹۰
درصد افزایش بسامد رخداد آن معنادار است ولی از سال ۱۹۹۷ تا
۲۰۰۴ روند این نمایه منفی است که نرخ شیب آن حدود ۱/۵ روز
در دهه است که به لحاظ آماری معنادار نیست.

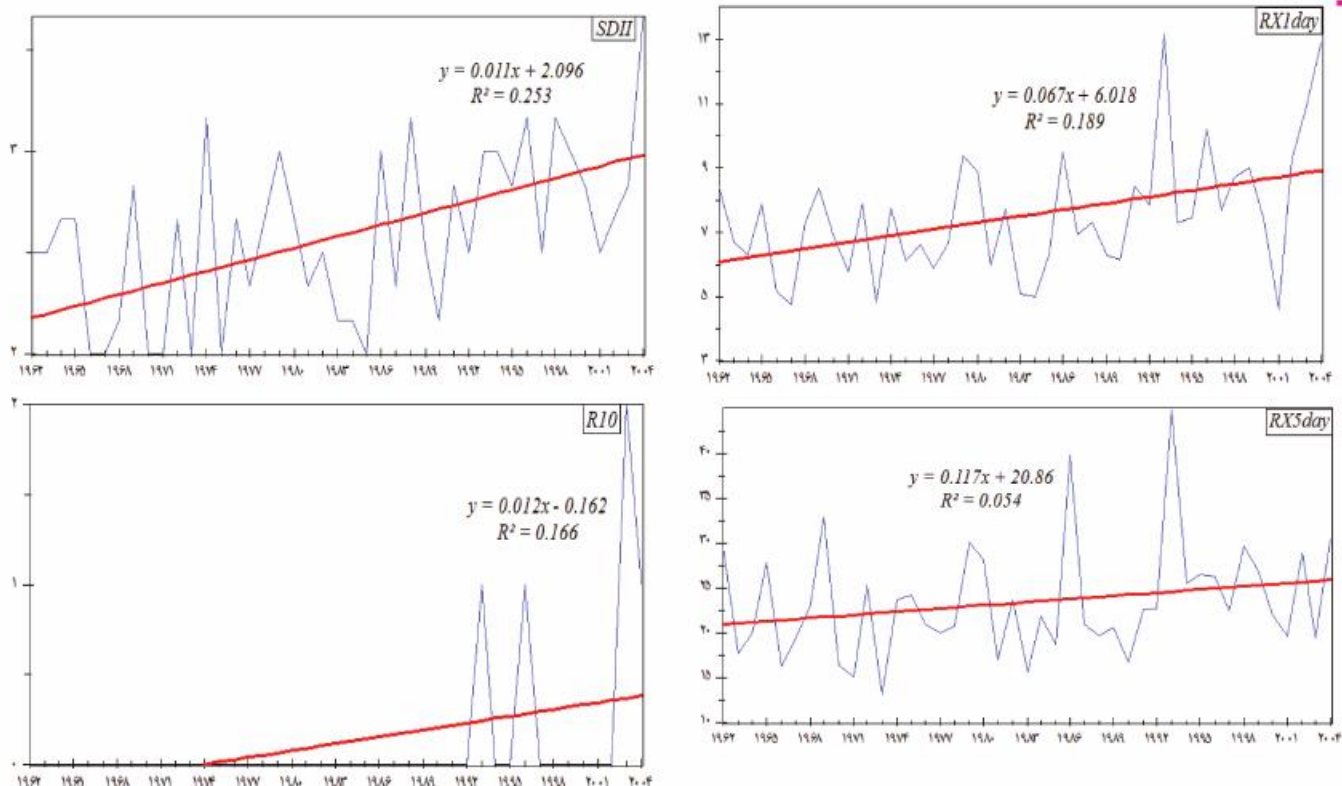
جدول ۳ نرخ تغییرات، انحراف معیار شیب و P-Value
نمایه‌های فرین دما

نمایه	شیب	انحراف معیار شیب	P-Value
FD	۲۰۰۵-۱۹۶۲	-۰/۵۲۹	۰/۰۰۵
SU25	۲۰۰۵-۱۹۶۲	۰/۲۹۹	۰/۰۰۷
ID	۲۰۰۵-۱۹۶۲		
TR20	۱۹۷۶-۱۹۶۲	-۰/۲۷۵	۰/۱۲۶
GSL	۲۰۰۵-۱۹۷۷	۱/۷۵۹	۰/۰۰۰۱
TXx	۲۰۰۵-۱۹۶۲	۰/۴۲۸	۰/۰۰۵
TXn	۲۰۰۵-۱۹۶۲	۰/۰۲۳	۰/۰۰۴
TNx	۱۹۷۶-۱۹۶۲	۰/۰۲۵	۰/۹۴۴
TNn	۲۰۰۵-۱۹۷۷	-۰/۱۰	۰/۰۲
TN10p	۲۰۰۵-۱۹۶۲	۰/۱۰	۰/۰۰۰۱
TX10p	۲۰۰۵-۱۹۶۲	۰/۰۲۴	۰/۰۷
TN90p	۲۰۰۵-۱۹۶۲	-۰/۴۱۱	۰/۰۰۰۱
TX90p	۱۹۹۳-۱۹۶۲	-۰/۱۷۵	۰/۰۳۴
WSDI	۲۰۰۵-۱۹۹۴	۰/۰۶۴	۰/۳۵۳
CSDI	۲۰۰۵-۱۹۹۵	۱/۴۳	۰/۰۶
DTR	۲۰۰۵-۱۹۶۲	۰/۲۹۷	۰/۰۰۰۱
	۱۹۹۴-۱۹۶۲	-۰/۱۳۷	۰/۵۴
	۲۰۰۵-۱۹۹۵	۱/۰۸	۰/۵۶
	۲۰۰۵-۱۹۶۲	-۱/۰۲	۰/۰۰۰۱
	۲۰۰۵-۱۹۶۲	-۰/۰۳	۰/۰۰۰۱

برخی از سال‌ها فراوانی آن به ۴۵ شب یعنی حدود ۹ برابر شده است
برای نمونه می‌توان به سال ۲۰۰۱ اشاره کرد.
بطور میانگین حدود ۳ درجه‌ی سانتی‌گراد به ازای هر دهه بر
شدت رخداد روزهای گرم (TX90p) ایران زمین افزوده شده است.
نرخ افزایش شدت روزهای گرم به لحاظ آماری در سطح اطمینان
۹۹ درصد معنادار است و انحراف معیار نرخ روند افزایشی این
نمایه ۰/۷۶ درجه‌ی سانتی‌گراد است. نمایه‌ی طول دوام امواج گرما
(WSDI) طی دوره‌ی مورد مطالعه دو روند کاملاً متفاوتی از خود
نشان می‌دهد. در دوره‌ی اول از سال ۱۹۶۲ تا ۱۹۹۴ روند منفی و از
سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵ روند این نمایه مثبت است و نرخ روند برابر با
۱۰/۸ روز به ازای دهه است که همراه با تغییرات بسیار زیادی است.
نکته قابل ذکر آن است که نرخ تغییرات این نمایه در هر دو دوره به
لحاظ آماری معنادار نیست. برخلاف نمایه‌ی طول دوام موج گرما،
نمایه‌ی طول دوام موج سرما (CSDI) در ایران زمین شیب کاهشی و
معناداری در سطح اطمینان ۹۹ درصد از خود نشان می‌دهد. به بیانی
دیگر دوام امواج سرما کاهش یافته است. نرخ کاهشی دوام امواج سرما
۱۰/۲ روز به ازای هر ده سال است. میزان انحراف معیار نرخ روند
این نمایه برابر با ۱/۹ روز به ازای ده سال است. نرخ دامنه‌ی دمای
شبانه‌روزی (DTR) طی دوره‌ی مورد مطالعه روند کاهشی و معناداری
را نشان می‌دهد. نرخ کاهشی این نمایه ۰/۳ درجه‌ی سانتی‌گراد به ازای
هر دهه است که انحراف معیار اندکی دارد. به بیانی دیگر دمای شبانه و
روزانه با گذشت زمان به یکدیگر نزدیک خواهد شد. با توجه به نتایج
این پژوهش می‌توان گفت سهم افزایش دمای شبانه در نرخ کاهشی
این نمایه بیشتر است چرا که شیب افزایش دمای شبانه و نمایه‌های سرد
بیش از دو برابر نرخ افزایشی دمای روزانه و نمایه‌های گرم است.

نمایه‌های فرین بارش

روند نمایه‌های فرین بارش در شکل‌های ۵ و ۶ آمده است.
بیشترین مقدار بارش یک روزه (RX1day) در ایران زمین روبه
افزایش است. به بیانی دیگر شدت بارش‌ها با دوام یک روزه بیشتر
شده‌اند. نرخ روند افزایشی این نمایه ۰/۷۷ میلی‌متر و انحراف معیار
نرخ روند ۰/۲۲ میلی‌متر به ازای هر دهه است. در سطح اطمینان
۹۹ درصد روند افزایشی این نمایه معنادار است (جدول ۴). بیشترین
مقدار بارش پنج روزه (RX5day) نیز روبه افزایش است و نرخ
افزایشی این نمایه ۱/۱ میلی‌متر به ازای هر دهه است اما به لحاظ
آماري معنادار نیست. نمایه‌ی شدت بارش روزانه (SDII) روند
مثبت و معناداری از خود نشان می‌دهد. نرخ افزایشی این نمایه ۰/۱۱
میلی‌متر به ازای هر دهه یا ۱ میلی‌متر به ازای هر سده است. در سال
۲۰۰۴ شدت بارش روزانه به اوج شدت خود و حدود ۳/۷ میلی‌متر
در روز رسیده است. تعداد روزهای همراه با بارش سنگین (R10)
طی سالهای اخیر روبه افزایش است. به عبارتی دیگر بسامد
رخداد بارش‌های یک روزه‌ی ایران (میانگین ایران زمین) که دست‌کم
۱۰ میلی‌متر بوده باشد، افزایش یافته است و به لحاظ آماری در



شکل ۵ روند و نرخ روند نمایه‌های فرین بارش ایران زمین

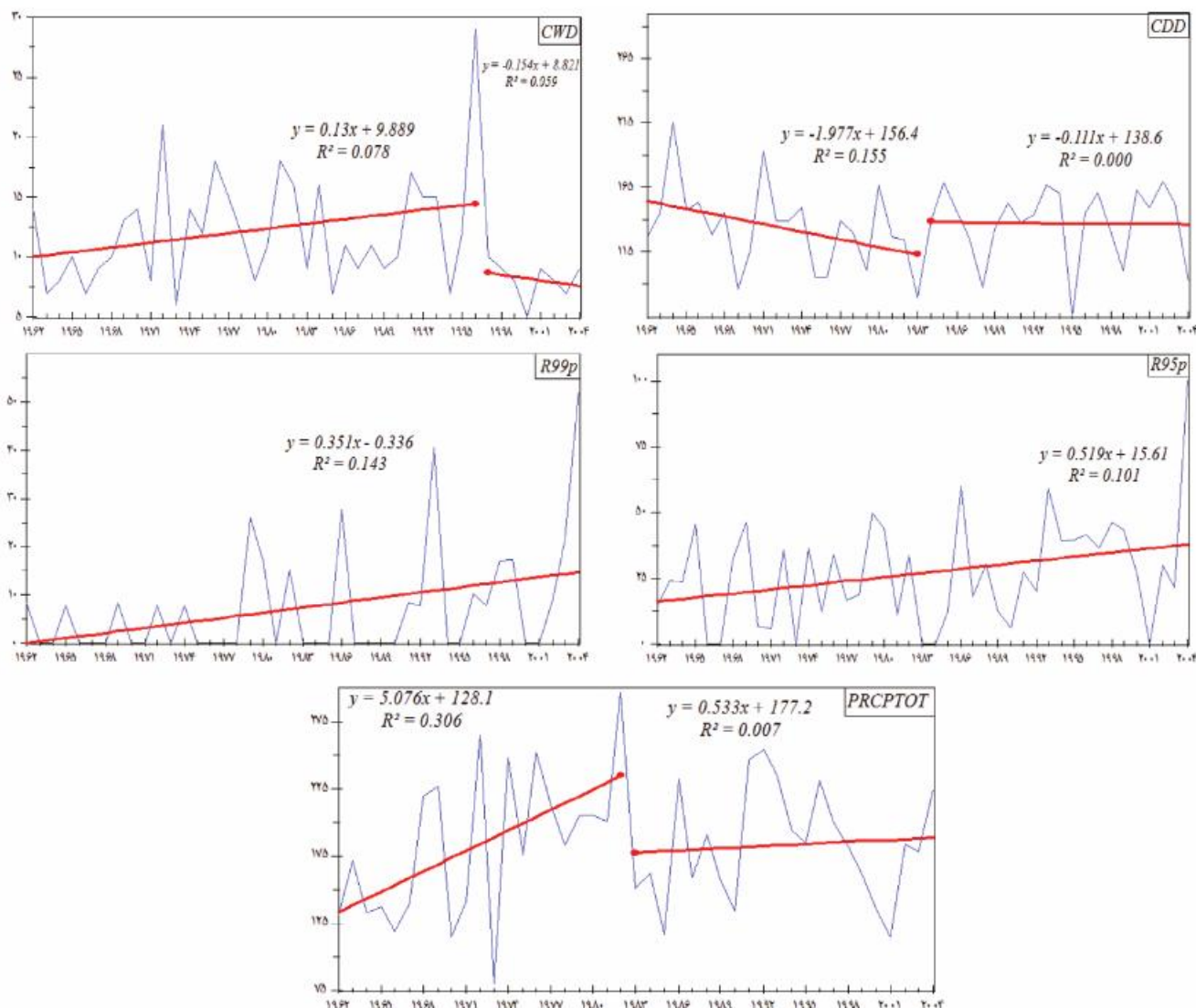
به کمک رگرسیون خطی انجام شد. از رویکرد رگرسیون مینا، روش سولو (۱۹۸۷)، برای سری‌های زمانی که به لحاظ بصری دارای دو فاز و دوره‌ی مختلف بودند، استفاده شد. در سطوح اطمینان ۹۰،۹۵ و ۹۹ درصد معناداری شیب و نرخ تغییرات آنها مورد آزمون قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که نمایه‌های فرین دما و بارش چه در قالب یک سری زمانی و چه در قالب دو دوره‌ی همراه با یک نقطه‌ی جهش روند معناداری را طی دوره‌ی مورد پژوهش تجربه کرده‌اند. نمایه‌های فرین گرم در ایران زمین طی دوره‌ی مورد مطالعه روبه افزایش است. برای نمونه روزهای تابستانی (SU۲۵)، روزهای گرم (TX۹۰p)، شب‌های گرم (TN۹۰p) و شب‌های حاره‌ای (TR۲۰) روند مثبت را از خود نشان می‌دهند و شیب افزایشی آنها به لحاظ آماری معناداری است. در حالیکه روند نمایه‌های فرین سرد از جمله روزهای یخبندان (FD)، روزهای یخی (ID)، شب‌های سرد (TN۱۰p) و روزهای سرد (TX۱۰p) منفی است و روبه کاهش است. امواج گرمایی (WSDI) طولانی‌تر شده و برعکس امواج سرد (CSDI) کوتاه‌تر شده‌اند. نرخ کاهشی دوام امواج سرما بیشتر از نرخ افزایشی دوام امواج گرماست. میزان کاهش دوام سرما در ایران زمین به ازای هر دهه ۱۰/۲ روز است. افزایش بیشتر دمای شبانه نسبت به دمای روزانه منجر به کاهش دامنه‌ی دمای شبانه‌روزی (DTR) در ایران زمین شده است. یافته‌های حاصل از برازش روش سولو بر روی سری زمانی نمایه‌های فرین دما نشان داد که برخی نمایه‌ها (شب‌های حاره‌ای و بزرگترین دمای شبانه) طی اوایل دوره (۱۹۷۷) و برخی نمایه‌های دیگر طی سالهای اخیر (از سال ۱۹۹۴ و ۱۹۹۵

روزهای خیلی مرطوب (R۹۵p) طی دوره‌ی مورد مطالعه روند مثبت و معناداری را نشان می‌دهد. افزایش این نمایه به لحاظ آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است. نرخ شیب روند این نمایه ۵/۲ روز به ازای هر دهه است و میزان انحراف معیار نرخ روند نسبتاً زیاد و برابر با ۲/۴ روز به ازای هر ده سال است. روزهای بسیار مرطوب (R۹۹p) نیز در ایران زمین روبه افزایش است که به لحاظ آماری در سطح اطمینان ۹۹ درصد تغییرات آن معنادار است. نرخ شیب روند ۳/۵ روز به ازای هر دهه است که نسبت به روزهای خیلی مرطوب کوچکتر است و انحراف معیار آن برابر با ۱/۳ روز در ده سال است.

مقدار کل بارش روزهای مرطوب (PRCPTOT) طی دوره‌ی مورد مطالعه دو روند نسبتاً متفاوتی را نشان می‌دهد. از سال ۱۹۶۲ تا ۱۹۸۲ روند این نمایه مثبت است و نرخ شیب روند آن بسیار شدید و برابر با ۵۰/۷ میلی‌متر به ازای هر دهه است که به لحاظ آماری در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار است. از سال ۱۹۸۳ تا ۲۰۰۴ روند این نمایه همچنان مثبت است ولی شیب آن به لحاظ آماری معنادار نیست.

بحث و نتیجه گیری

هدف این پژوهش شناسایی تغییر اقلیم در ایران زمین به کمک نمایه‌های پیشنهاد شده‌ی تیم متخصصین شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها بود. برای ۲۷ نمایه‌ی بارش و دما به کمک داده‌های یاخته‌ای روزانه در ابعاد ۱۵×۱۵ کیلومتر میانگین پهنه‌ای ایران زمین محاسبه شد. روند هر کدام از نمایه‌های طی دوره‌ی ۱۹۶۲ تا اواخر سال ۲۰۰۴



شکل ۶ ادامه‌ی شکل ۵ روند و نرخ روند نمایه‌های فرین بارش ایران زمین

روی سری زمانی نمایه‌های بارش ایران، از سال ۱۹۸۳ به بعد نرخ کل بارش دریافتی و بسامد روزهای متوالی خشک و از سال ۱۹۹۷ به بعد روزهای متوالی تر دچار تغییر شده‌اند. برپایه‌ی مقادیر سری زمانی نمایه‌های فرین مورد واکاوی طی بازه‌ی زمانی مورد مطالعه به نظر می‌رسد روش سولو برای شناسایی نقاط تغییر در سری‌های زمانی که فازهای مختلف را تجربه کرده‌اند، بسیار سودمند و مفید است چرا که این روش با تشخیص دقیق نقاط جهش، دوره‌های قبل و بعد جهش با رفتار متفاوت در نوع روند یا نرخ روند را بخوبی شناسایی می‌کند.

برپایه‌ی یافته‌ها و نظرات کارشناسی هیأت بین دول تغییر اقلیم (IPCC) تغییر معنادار در سنجه‌های مهم جوی (دما، بارش یا باد) دست‌کم برای یک دهه باید پدیده‌ی و دوام داشته باشد تا از آن تحت عنوان تغییر اقلیم یاد کرد. همانطور که یاد شد روند تغییرات اغلب نمایه‌های فرین دما و بارش طی دوره‌ی مورد واکاوی معنادار هستند. در برخی از نمایه‌های بارش و دما نرخ افزایشی و کاهش

بر شدت و بسامد آنها افزوده شده است. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که بسامد رخداد بارش‌های فرین روبه افزایش است. به بیانی دیگر بارش‌های شدید و سنگین بویژه طی سالهای اخیر بیشتر مشاهده می‌شوند.

نکته قابل توجه آن است که میزان بارش کل ایران زمین طی سالهای اخیر تغییرات معناداری نداشته است ولی سهم مقدار بارش ناشی از رخداد بارش‌های سنگین افزایش یافته است. به لحاظ میزان دریافتی بارش (حدود ۲۵۰ میلی‌متر در سال) ایران کشوری کم‌بارش به حساب می‌آید و متمرکز شدن رخداد بارش و دریافت بارش طی چند روز از سال منجر به رخداد سیلاب‌های بزرگ، فرسایش شدید، پرشدن سریع ذخایر سدها توسط آبرفت‌ها، خسارات کشاورزی و اقتصادی فراوان خواهد شد. علاوه بر افزایش رخداد بارش‌های سیل آسا و سنگین، گرم شدن و افزایش دما منجر به افزایش تبخیر و تغییر نوع بارش جامد به بارش مایع، ذوب سریع ذخایر و منابع برف و غیره خواهد شد. برپایه‌ی نتایج حاصل از برازش روش سولو بر

جدول ۴: نرخ تغییرات، انحراف معیار شیب و P-Value
نمایه‌های فرین بارش

P Value	انحراف معیار	شیب	نمایه
۰/۰۰۴	۰/۰۲۲	۰/۰۶۷	۲۰۰۵-۱۹۶۲ RX1day
۰/۱۳۲	۰/۰۷۷	۰/۱۱۸	۲۰۰۵-۱۹۶۲ RX5day
۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۱۱	۲۰۰۵-۱۹۶۲ SDII
۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۱۳	۲۰۰۵-۱۹۶۲ R10
			۲۰۰۵-۱۹۶۲ R20
			۲۰۰۵-۱۹۶۲ R25
۰/۰۷	۱/۰۳	-۱/۹۸	۱۹۸۳-۱۹۶۲ CDD*
۰/۹۲۱	۱/۱	-۰/۱۱۲	۲۰۰۵-۱۹۸۴
۰/۱	۰/۰۸	۰/۱۳	۱۹۹۶-۱۹۶۲ CWD*
۰/۵۶	۰/۲۵۱	-۰/۱۵۵	۲۰۰۵-۱۹۹۷
۰/۰۴	۰/۲۴۲	۰/۵۱۹	۲۰۰۵-۱۹۶۲ R95p
۰/۰۱	۰/۱۳۴	۰/۳۵۱	۲۰۰۵-۱۹۶۲ R99p
۰/۰۰۹	۱/۷۵	۵/۰۷	۱۹۸۲-۱۹۶۲
۰/۷۱	۱/۴۱	۰/۵۳۴	۲۰۰۵-۱۹۸۳ PRCPTOT

6- Azizi, Gh. Shamsipour, A.A. and Yarahmadi, D. 2007. Detection climate change in semi western part of country by multivariate statistical analysis. *Physical Geography Research Quarterly*. 66: 19-35. (In Persian)

7- Azizi, Gh. and Roshani, M. 2008. The study of climate change in south coastal of Caspian Sea by Mann-Kendal method. *Physical Geography Research Quarterly*. 64: 13-28. (In Persian)

8- Babaeian, E. Najafi Nick, Z. ZabolAbbasi, F. Habibi Nokhandan, M. Adab, H. and Malbosi, Sh. 2009. Investigation of climate change in Iran during 2010-2039 by downscaling of global atmospheric circulation ECHO-G, *Geography and development*. 16: 135-152. (In Persian)

9- Chavas, D.R. Izaurralde, R.C. Thomson, A.M. and Gao, X. 2009. Long-term climate change impacts on agricultural productivity in eastern China. *Agricultural and Forest Meteorology*. 149: 1118-1128.

10- CutForth, H.W. Woodwin, B.G., Mc Cokey, R.J. Smith, D.G. Jefferson, P.G. and Akinremy, O.O. 1999. Climate Change in the semiarid prairie of southwestern Saskatchewan: Late winter-early spring. *Can. J. Plant. Sci.* 79: 343-353.

11- Darand, M., Masoodian, A., Nazarpour, H., and

از اوایل دوره‌ی مورد واکاوی ۱۹۶۲ تا اواخر دوره (۲۰۰۴) مشاهده می‌شود ولی برخی نمایه‌های دیگر بویژه فرین‌های دما طی سالهای اوایل دوره ۱۹۷۷ و اواخر دوره ۱۹۹۴ و ۱۹۹۵ دچار جهش معنادار شده‌اند. اگر چه دوره‌ی مورد واکاوی این پژوهش بازه‌ی زمانی ۲۰۰۴-۱۹۶۲ است، ولی به نظر می‌رسد که طی سالهای اخیر (از ۲۰۰۴ به بعد) نیز رفتار نمایه‌های مورد واکاوی هماهنگ با نتایج حاصل از این پژوهش است. فراوانی و شدت نمایه‌های فرین گرم و بارش‌های سنگین افزایش یافته و نمایه‌های فرین سرد کاهش یافته است. با این اوصاف به نظر می‌رسد که اقلیم ایران زمین به سمت اقلیم بیابانی سمت و سو پیدا خواهد کرد.

بطور کلی اگرچه در این پژوهش، پهنه‌ی ایران زمین به عنوان یک واحد مطالعاتی مورد واکاوی قرار گرفت و رویکرد مورد نظر متفاوت با پژوهشهای دیگر بود، نتایج بدست آمده، یافته‌های سایر پژوهشگران از جمله، عسکری و همکاران (۱۳۸۶)، رحیم زاده و همکاران (۱۳۸۸)، ورشایان و همکاران (۱۳۹۰)، الکساندر و همکاران (۲۰۰۶)، قهرمان (۲۰۰۶)، مسعودیان و دارند (۱۳۹۲) و دارند و همکاران (۲۰۱۵) را تأیید می‌کند.

منابع

- 1-Abrahimi, H. Alizadeh, A. and Javanmard, S. 2005. Investigation of temperature change in Mashhad plain as the index of climate change in region, *Geographical research*. 4: 5-18. (In Persian)
- 2- Alexander, L.V. Zhang, X. Peterson, T.C. Caesar, J. Gleason, B. Klein Tank, AMG. Haylock, M. Collins, D. Trewin, B. Rahimzadeh, F. Tagipour, A. Rupa Kumar, K. Revadekar, J. Griffiths, G. Vincent, L. Stephenson, D.B. Burn, J. Aguilar, E. Brunet, M. Taylor, M. New, M. Zhai, P. Rusticucci, M. and Vazquez-Aguirre, JL. 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J Geophys Res Atmos* 111(D05109):1-22.
- 3- Alizadeh, A. and Kamali, Kh. 2002. The impact of climate change on the increase consumption of water in agriculture on the Mashhad plain. *Geographical research*. 65-66: 189-201. (In Persian)
- 4- Asakereh, H. 2011. The fundamental of statistical climatology. University of Zanjan Press. 545p. (In Persian)
- 5- Asgari, A. Rahimzadeh, F. Mohammadian, N. and Fatahi, E. 2005. Trend Analysis of extreme precipitation indices over Iran. *Iran-Water Resources Research*. 3: 42-55. (In Persian)

- N. 2009. investigation of climate change in Oromieh during half past century , journal of water and soil conservation. 4: 141-151. (In Persian)
- 21- Lund, R. and J. Reeves. 2002. Detection of Undocumented Change-points: A Revision of the Two-Phase Regression Model, *J. Climate*, 15, 2547-2554.
- 22- Masoodian, A., and Darand, M. 2013. Recognition and Analysis of extreme precipitation indices over Iran during recent decades, *Journal of geography and regional development*, 20: 239-257. (In Persian)
- 23- Payne, J.T., Wood, A.W., Hamlet, A.F., Palmer, R.N. and Lettenmaier, D.P. 2002. Mitigating the effects of climate change on the water resources of the Columbia River basin. Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean (JISAO) under NOAA cooperative agreement No. NA17RJ1232 Contribution 922.
- 24- Rahimzadeh, F., Asgari, A., Fatahi, A and Mohammadian, N. 2009. Geographic researches, 93: 120-140. (In Persian)
- 25- Rodionov, S.N., 2005. A brief overview of the regime shift detection methods. In: *Large-Scale Disturbances (Regime Shifts) and Recovery in Aquatic Ecosystems: Challenges for Management Toward Sustainability*, V. Velikova and N. Chipev (Eds.), UNESCO-ROSTE/BAS Workshop on Regime Shifts, 14-16 June 2005, Varna, Bulgaria, 17-24.
- 26- Rodriguez Diaz J.A. Weather head J.W., Knox E. Camacho. 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. *Reg Environ Change*. 7:149-159.
- 27- Varshavian, V., Khalili, A., Ghahreman, N and Hojjam, S . 2011. Trend analysis of minimum, maximum, and mean daily temperature extremes in several climatic regions of Iran. *Journal of Earth and Space physic*, 1: 169-179.
- 28- Solow, A. R. 1987. Testing for climate change: an application of the two-phase regression model, *J. Clim. Appl. Meteorol.*, 26, 1401.
- Mansouri Daneshvar, M.R. 2015. Spatial and temporal trend analysis of temperature extremes based on Iranian climatic database (1962-2004). *Arab J Geosci*. DOI 10.1007/s12517-015-1840-5. (In Persian)
- 12- Easterling, D.R. and Peterson, T.C. 1995. A new method for detecting undocumented discontinuities in climatological time series. *Int. J. Climatol*. 15: 369-377.
- 13- Elsner, J. B. Jagger, T. and Niu, X. F. 2000. Changes in the rates of North Atlantic major hurricane activity during the 20th century. *Geophys. Res. Lett*. 27:1743-1746.
- 14- Ferrise R., Moriondo M., and Bindi M. 2009. Climate change and projected impacts in agriculture: an example on Mediterranean Crops. *Geophysical Research Abstracts*. Vol(11)EGU2009-7229.
- 15- Frich, P., L. V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A. M. G. Klein Tank, and T. Peterson (2002), Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century, *Clim. Res.*, 19, 193-212.
- 16- Ghahraman, B., 2006, Time trend in the mean annual temperature of Iran. *Turk. J. Agric. For.*, 30, 439-448.
- 17- Ghorbanizadeh Kharazi, H., Sadeghi, H., Saghian, B. and Porhemmat, J. 2009. The investigation of climate change impacts on the temporal distribution of runoff flow result from snow melt in Karon Basin. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*. 9: 45-50.
- 18- Gunn Persson, L., Graham, P., and Andereasson, J. 2005. Impact of climate change effects on sea level rise in combination with an altered river flow in the Lake Malar Region, Swedish Meteorological and Hydrological Institute, SE 601 76Norrköping, Sweden.
- 19- IPCC, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 996.
- 20- Khalili Aghdam, N., Mosaedi, A. and Latifi,