

## نسبت‌دهی تغییرات در متغیرهای اقلیمی به نوسانات درونی اقلیم و افزایش گازهای گلخانه‌ای (مطالعه موردی: حوضه آبریز کرخه)

نرگس ظهرابی<sup>۱\*</sup>، علیرضا مساح بوانی<sup>۲</sup>، الهه گودرزی<sup>۳</sup> و محمد حیدرنژاد<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱/۲۹)

### چکیده

از آنجا که پدیده تغییر اقلیم به‌عنوان تهدیدی بزرگ برای قسمت‌های مختلف چرخه حیات به‌شمار می‌رود، تفکیک عوامل مؤثر بر تشدید این پدیده، ضروری به‌نظر می‌رسد. این پژوهش روند تغییرات دما و بارش با استفاده از آزمون روند چندگانه در بالادست حوضه آبریز کرخه واقع در بخش غربی کشور ایران را مورد بررسی قرار داده است. به‌این‌منظور، نمودارهای دوبعدی آنومالی دما و بارش داده‌های ۱۰۰۰ ساله مدل CGCM۳ برای منطقه مورد مطالعه ترسیم شد. سپس نسبت‌دهی تغییرات رخ داده در متغیرهای اقلیمی ناشی از نوسانات درونی اقلیم و یا افزایش گازهای گلخانه‌ای تحت تأثیر عوامل انسانی مورد بررسی قرار گرفت. براساس یافته‌های این پژوهش به احتمال ۹۵ درصد مقادیر آنومالی نوسانات درونی توأم دما - بارندگی در محدوده مورد مطالعه به‌ترتیب بین  $\pm 1/4$  درجه سانتی‌گراد و  $\pm 76$  درصد می‌باشد. نتایج به‌ترتیب نشان‌دهنده افزایش و کاهش در روند تغییرات دما و بارش سالانه مشاهده شده در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه بود. همچنین متغیرهای دما و بارش تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار گرفته و هر چه از سال‌های گذشته به سمت سال‌های انتهایی پیش می‌رویم به‌خصوص در بخش‌های غربی و میانی حوضه، تأثیر افزایش گازهای گلخانه‌ای در افزایش متغیر دما و کاهش متغیر بارش نمایان‌تر است.

واژه‌های کلیدی: روند تغییرات، دما و بارش، آزمون چندگانه، نسبت‌دهی، CGCM۳

۱. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

۲. گروه منابع آب، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت

۳. دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

\*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی nargeszohrabi@gmail.com

## مقدمه

تغییر اقلیم تغییری است که به طور مستقیم یا غیرمستقیم به فعالیت‌های بشر نسبت داده می‌شود که ترکیبات جهانی جو را تغییر می‌دهد و این مسئله به‌جز تغییرپذیری طبیعی اقلیم است که طی دوره‌های زمانی قابل مقایسه مشاهده می‌گردد (۱۶). نوسان عناصر اقلیمی شامل نوسان‌هایی هستند که در دوره‌های نسبتاً طولانی اتفاق می‌افتد و تأثیرات جهانی به‌دنبال دارند، بنابراین این نوسانات دارای خاصیت دوره‌ای یا دائمی می‌باشند. این موضوع شامل پدیده‌هایی همچون افزایش گاز دی‌اکسید کربن در جو، افزایش دمای متوسط کره زمین، تغییرات مقدار بارش، افزایش سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها در اثر انبساط حرارتی آب دریاها و اقیانوس‌ها ذوب شدن یخ‌های قطبی و مانند آن می‌باشد (۱۷). بروز چنین تغییراتی، اثرات و پیامدهای سوء بر بخش‌های مختلف منابع آب خواهد داشت. آسیب‌پذیری منابع آبی در اثر تغییرات آب و هوا عبارتند از: کاهش بارش برف و باران، تغییر الگوی بارش از برف به باران، کاهش کمیت و کیفیت آب، افزایش میزان تبخیر رودخانه‌ها و کاهش کیفیت منابع آبی و در نتیجه افزایش هزینه تصفیه آب، جاری شدن سیل و فرسایش رودخانه‌ها و سواحل دریاچه‌ها (۶).

تغییر الگوی بارش و دمای متوسط جو در اثر پدیده تغییر آب و هوا بر تولیدات انواع محصولات باغی و کشاورزی نیز آسیب وارد می‌کند و کاهش امنیت غذایی و در نتیجه افزایش مهاجرت به شهرها را به‌دنبال خواهد داشت (۶). از آنجاکه تغییرات متغیرهای اقلیمی، موجب وارد آمدن آسیب‌های قابل توجه به بخش کشاورزی، محیط‌زیست، زیرساخت‌ها و اختلال در فعالیت‌های انسانی و در نتیجه از دست رفتن حیات اکوسیستم خواهند شد، مطالعات گسترده‌ای در زمینه آشکارسازی روند تغییرات متغیرهای هیدرواقلمی در نقاط مختلف دنیا انجام شده است (۱۰، ۱۱، ۱۵، ۱۹، ۳۶، ۳۸، ۳۹). افضل و همکاران با انجام مطالعه‌ای در پاکستان نشان دادند که پس از سال ۱۹۹۳، یک افزایش شدید در درجه حرارت رخ داده

است که این افزایش تا سال ۲۰۰۷ به طول انجامیده است، به نحوی که در این دوره درجه حرارت به میزان  $0.53^{\circ}\text{C}$  در هر دهه افزایش یافته است (۸). دوانگ و دوان تغییرات بارش و روند آن را در جنوب غربی چین در طول دوره آماری ۱۹۵۱-۱۹۹۵ مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفتند که بارش سالانه، بهار، تابستان و پاییز روند منفی را نشان داده و به‌طور کلی روندهای منفی بیشتر از روندهای مثبت بوده است (۱۳). براساس مطالعات متعددی که در زمینه آشکارسازی تغییر اقلیم در نقاط مختلف ایران انجام شده است؛ در اکثر ایستگاه‌های کشور ایران روند افزایش دما و نوسانات بارش (روند کاهشی یا افزایشی) مشاهده گردیده است (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۱۴، ۲۴، ۲۵، ۳۳، ۳۴، ۳۷). قهرمان و تقویان روند بارش را در مقیاس سالانه در ۳۰ ایستگاه ایران در دوره آماری ۵۰ ساله با روش پارامتری شیب خط رگرسیون مطالعه کردند. نتایج نشان داد که در طی دوره مذکور، بارندگی ۷ ایستگاه دارای روند منفی و ۶ ایستگاه دیگر دارای روند مثبت بودند (۱۶).

همان‌طور که قبل از این نیز عنوان شد، پدیده تغییر اقلیم می‌تواند اثرات منفی مختلفی را بر منابع مختلف از جمله طرح‌های آبی حوضه‌های آبریز در دوره‌های آتی به‌دنبال داشته باشد. بنابراین عدم برنامه‌ریزی برای شناسایی عوامل مؤثر بر ظهور این پدیده و ارائه راهکارهای سازگاری با اثرات منفی این پدیده، می‌تواند هزینه‌های جبران‌ناپذیری را در هنگام وقوع این پدیده در دوره‌های آتی بر طرح‌های آبی حوضه اعمال کند. با توجه به تأثیر افزایش گازهای گلخانه‌ای در تغییرات روند متغیرهای اقلیمی (به‌خصوص افزایش دما)، اثبات وجود روند در متغیرهای اقلیمی یک منطقه، صرفاً نمی‌تواند به‌علت افزایش گازهای گلخانه‌ای باشد (۶). لذا تفکیک عوامل مؤثر بر این تغییرات در مناطق مختلف، ضروری است. نسبت‌دهی تغییرات متغیرهای اقلیمی به فعالیت‌های انسانی در بخش‌هایی از کره زمین مورد مطالعه و تحقیق قرار گرفته است (۱۱، ۲۲، ۲۶، ۲۸). کریستیدیس و همکاران تأثیر فعالیت‌های انسانی را در گرم‌تر شدن اخیر روزها و شب‌های کره زمین مورد بررسی قرار دادند. توزیع منطقه‌ای روند تغییرات دما با در نظر

رشته‌کوه‌های زاگرس قرار دارد. به لحاظ تقسیم‌بندی هیدرولوژی، این منطقه از ایران جزئی از حوضه آبریز خلیج فارس به‌شمار می‌رود. این حوضه آبریز از شمال به حوضه رودخانه‌های سیروان، سفیدرود و قره‌چای، از مغرب به حوضه رودخانه دز و از جنوب به قسمتی از مرز غربی کشور محدود می‌گردد. شرایط اقلیمی حوضه آبریز رودخانه کرخه متأثر از سه ویژگی؛ گستردگی عرض جغرافیایی، ارتفاع، واقع بودن در منطقه زاگرس باختری (که خود باعث دریافت سهم بیشتر بارندگی از جریانات باران‌زای غربی می‌گردد)، می‌باشد. پس از همگنی و صحت‌سنجی داده‌ها، هفت ایستگاه باران‌سنجی، تبخیرسنجی و سینوپتیک با دوره آماری ۲۰۱۱-۱۹۷۱ در بالادست حوضه آبریز کرخه انتخاب شد. شکل (۱) و جدول (۱) به ترتیب موقعیت و مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

#### تحلیل داده‌ها

از آنجا که مطالعات تغییر اقلیم نیازمند ایستگاه‌هایی با دوره آماری بلند مدت جهت افزایش کیفیت و سازگاری بهتر با کاراکترهای واقعی تغییرپذیر در اقلیم و ارائه نتایج واقعی‌تر می‌باشد، پس از تعیین دوره آماری مشترک، اقدام به تکمیل آمارهای ناقص گردید. به این منظور ابتدا با استفاده از آزمون‌های مرسوم ران‌تست و جرم مضاعف تصادفی بودن، همگنی و صحت‌سنجی داده‌های آماری مورد ارزیابی قرار گرفته (۳۲) و سپس با کمک رگرسیون خطی، بازسازی نواقص آماری صورت گرفت.

#### آشکارسازی روند در داده‌های آماری دما و بارش سالانه

اثبات وجود روند در داده‌های ثبت شده دما و بارش راه مناسبی برای اثبات وجود تغییرات آب و هوایی است. با توجه به اینکه روند خطی و آزمون‌های روند یکنواخت مانند من‌کنندال (۲۱) و (۲۲) نمی‌توانند تغییرات تدریجی از ناگهانی را تنها با داشتن یک سری داده متوالی نشان دهند (۴۱). به همین منظور در این

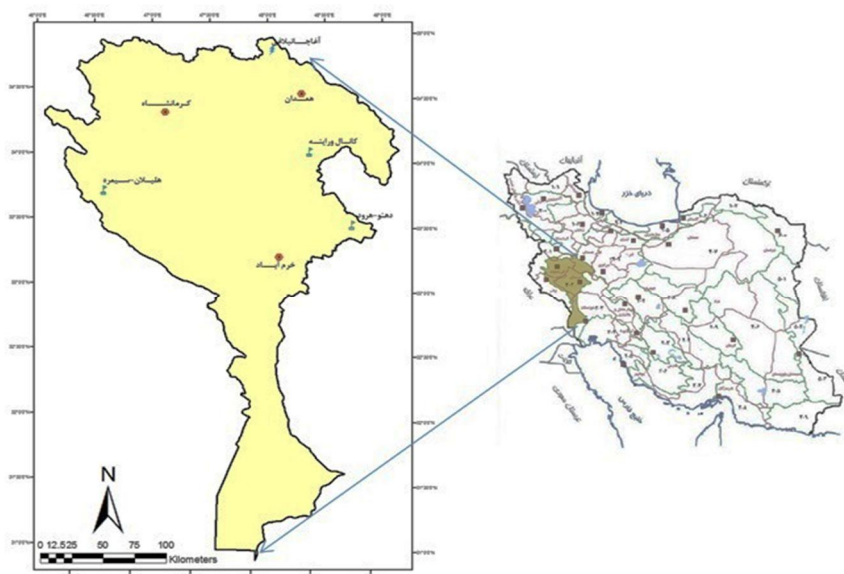
گرفتن دو حالت؛ دخالت عوامل انسانی و بدون دخالت این عوامل، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که تأثیر عوامل نیروهای خارجی از قبیل عوامل انسانی تأثیر چشمگیری در گرم‌تر شدن دمای کره زمین در مقیاس منطقه‌ای و جهانی داشته است (۱۲). مطالعات سستر و همکاران نشان داد کل محتویات رطوبت بالای سطح اقیانوس‌ها در هر دهه از سال ۱۹۸۸ افزایش یافته که این به علت افزایش بخار آب سطح اقیانوس‌هاست. آنها نشان دادند که این پدیده را تنها نمی‌توان به عوامل درونی اقلیم نسبت داد و تأثیر عوامل انسانی به‌عنوان عامل خارجی مؤثر بر این پدیده خودنمایی می‌کند (۲۸). در کشور ایران نیز، معدود مطالعاتی در زمینه نسبت‌دهی تغییر اقلیم به عوامل مربوطه، صورت گرفته است (۷، ۴۰ و ۴۲). مساح بوانی و همکاران آشکارسازی و نسبت‌دهی متغیرهای دما و بارش را به افزایش گازهای گلخانه‌ای در استان آذربایجان غربی در سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۶۸ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نوسانات دما و بارش در سال‌های انتهایی دوره آماری، خارج از نوسانات درونی اقلیم قرار دارد که این نشان‌دهنده اثرات تغییر اقلیم بر متغیرهای اقلیمی در سال‌های اخیر است (۷). ظهرابی و همکاران نیز نسبت‌دهی تغییرات متغیرهای اقلیمی را در منطقه وسیع‌تری در شمال‌غرب ایران مورد ارزیابی قرار دادند. تحقیق این پژوهشگران نتایج مشابهی با پژوهش قبلی (۷)، از رفتار متغیرهای اقلیمی دما و بارش تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم نشان داد (۴۰).

تحقیق حاضر پس از بررسی روند تغییرات دما و بارش در بالادست حوضه آبریز کرخه واقع در بخش غربی کشور ایران به تفکیک نسبت‌دهی تغییرات رخ داده در متغیرهای اقلیمی ناشی از نوسانات درونی اقلیم و یا افزایش گازهای گلخانه‌ای تحت تأثیر عوامل انسانی می‌پردازد.

#### مواد و روش تحقیق

##### منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه کرخه با مساحت حدود ۵۱۶۴۳ کیلومتر مربع در غرب ایران، در مناطق میانی و جنوب غربی



شکل ۱. موقعیت حوضه آبریز کرخه در ایران

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در بالادست حوضه آبریز کرخه

نوع ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا (m)	موقعیت جغرافیایی (عرض × طول)	نام رودخانه	ایستگاه
سینوپتیک	۱۳۱۸/۶	۴۶° ۱۷' - ۳۸° ۵'	-	کرمانشاه
سینوپتیک	۱۷۴۱/۵	۴۷° ۴' - ۳۸° ۲۶'	-	همدان
سینوپتیک	۱۱۴۷/۸	۴۵° ۴۰' - ۳۸° ۴۵'	-	خرم‌آباد
باران‌سنجی	۱۸۳۰	۴۸° ۳' - ۳۴° ۵۰'	شهاب	آغاجانبلاغی
تبخیرسنجی	۷۰۳	۴۶° ۳۹' - ۳۳° ۴۴'	سیمره	هلیلان
تبخیرسنجی	۱۷۶۰	۴۸° ۲۴' - ۳۴° ۴۰.۵۶'	گاماسیاب	کانال ورائنه
تبخیرسنجی	۱۷۷۰	۴۸° ۴۷' - ۳۳° ۳۱'	هررود	دهنود

پژوهش از آزمون روند چندگانه استفاده شده است.

#### آزمون روند چندگانه

به منظور نشان دادن تغییرات ناگهانی از تدریجی در سری‌های زمانی بارش و دمای سالانه حوضه آبریز کرخه از الگوهای مختلف زمانی آزمون روند من‌کندال استفاده شده است. بدین صورت که با استفاده از آنالیز روند چندگانه ارائه شده

توسط مک‌کی و ولکوک با تغییر زمان آغاز و پایان سری زمانی در تأخیرهای زمانی ۵ ساله در طول دوره آماری (با حداقل طول آمار ۱۰ سال)، روند مثبت و منفی در هر بازه زمانی و برای هر ایستگاه در سطوح معنی‌داری مختلف مشخص شده و در مقابل سال‌های شروع و پایان هر دوره رسم می‌شوند. از این طریق مشخص شد که افزایش یا کاهش در سری‌های زمانی دما و بارندگی سالانه از چه دهه‌ای یا از چه سالی به بعد یا قبل، کمتر

جدول ۲. نتایج آزمون ران‌تست داده‌های بارش با دوره آماری مشترک

وضعیت بارندگی	خرم‌آباد	کرمانشاه	هلیلان	آغاجان‌بلاغی	کانال و راینه	دهنود
a	۴۸۱/۲۷	۴۲۶/۲۲	۳۲۸/۷۵	۳۶۵/۵۱	۵۲/۰	۴۶۷/۵۸
تعداد وقایع بارندگی < a	۱۳	۱۵	۱۶	۱۲	۱۴	۱۴
تعداد وقایع بارندگی >= a	۱۴	۱۲	۱۱	۱۵	۱۳	۱۳
کل وقایع بارندگی	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷
تعداد دنباله‌ها	۱۴	۱۶	۱۴	۱۳	۱۲	۱۶
Z	۰/۰	۰/۴۶۴	۰/۰	-۰/۳۳۱	-۰/۷۷۹	۰/۴۰۰
pvalue	۱/۰	۰/۶۴۳	۱/۰	۰/۷۴۰	۰/۴۳۶	۰/۶۸۹

بعدی دما- بارندگی ترسیم گردید.

و بیشتر بوده است (۲۳).

$$\frac{1}{1-\rho^2} \left\{ \frac{T'^2}{\sigma_T^2} - 2\rho \frac{T' R'}{\sigma_T \sigma_R} + \frac{R'^2}{\sigma_R^2} \right\} = \chi^2 \quad [1]$$

در این رابطه  $T'$  و  $R'$  به ترتیب برابر آنومالی دما و بارندگی،  $\sigma_T$  و  $\sigma_R$  به ترتیب برابر انحراف معیار دما و بارندگی و  $\rho$  همبستگی بین آنومالی دما و بارندگی می‌باشد. مقدار  $\chi^2$  از توزیع مربع کای با درجه آزادی ۲ تبعیت می‌کند که معمولاً برای سطح اطمینان از جداول مربوط استخراج می‌شود (۵/۹۹ =  $\chi^2_{2, 95\%}$ ). در ادامه پس از محاسبه آنومالی تغییرات دما و بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه، نمودارهای بیضی شکل رسم گردید که محدوده درون آن مربوط به نوسانات درونی اقلیم برای متغیرهای اقلیمی دما و بارش و محدوده خارج از آن نشان‌دهنده تغییرات مربوط به افزایش گازهای گلخانه‌ای است.

## نتایج و بحث

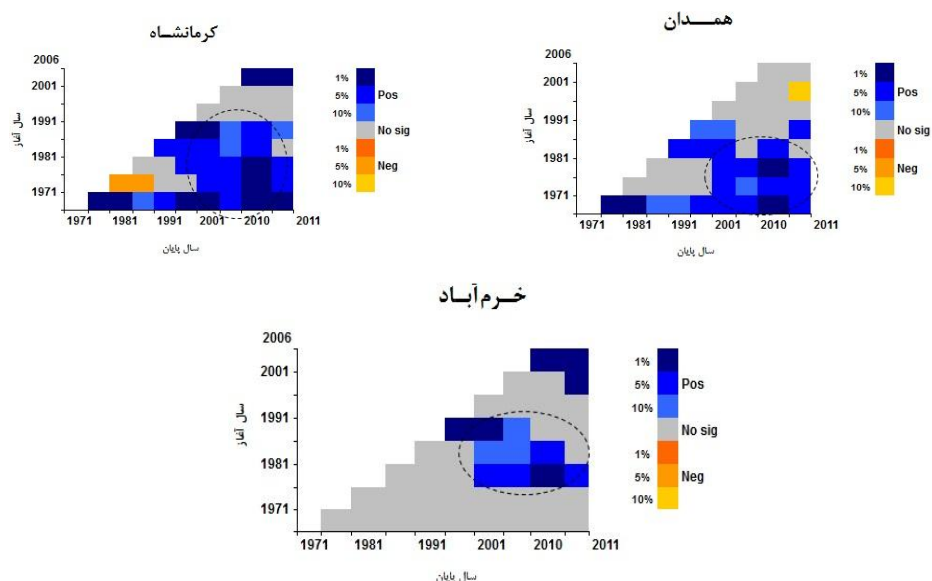
### بررسی همگنی داده‌ها و بازسازی نواقص آماری

با علم به اینکه همگنی داده‌های برگرفته از سازمان هواشناسی کشور قبل از این ثابت گردیده و سپس در اختیار پژوهشگران قرار گرفته است، همگنی و تصادفی بودن داده‌های بارش با استفاده از آزمون ران‌تست مورد ارزیابی قرار گرفت. برای بررسی داده‌های بارش از لحاظ همگنی از روش غیرگرافیکی آزمون توالی (رانت است) استفاده شد. با شمارش تعداد دنباله‌ها

در تحلیل روند چندگانه، از آزمون روند من‌کنندال استفاده شد. همچنین برای برطرف کردن تخمین بیشتر از حد روند (همبستگی مثبت) و یا احتمال برآورد کمتر (همبستگی منفی) از آن، همبستگی سریالی داده‌ها با استفاده از آزمون پرواییتینگ مورد بررسی قرار گرفت (۳۵). بالاخره در بازه‌های زمانی مختلف با تغییر زمان آغاز و پایان هر دوره (تأخیر زمانی ۵ ساله با حداقل طول دوره ۱۰ ساله)، نسبت به تعیین روند در ایستگاه‌های مطالعاتی در سطوح معنی‌داری مختلف (۱، ۵ و ۱۰ درصد) در طی سال‌های ۲۰۱۱-۱۹۷۱ اقدام شد. نتایج به‌دست آمده در مقابل سال آغاز و پایان هر دوره رسم گردیده است.

### بررسی نسبت دهی روند تغییرات متغیرهای اقلیمی

به‌منظور بررسی محدوده نوسانات درونی سیستم اقلیم، داده‌های سری زمانی ۱۰۰۰ ساله دما و بارندگی حاصل از اجرای کنترلی مدل CGCM۳ تهیه گردید. با محاسبه میزان اختلاف سری‌های زمانی به‌دست آمده از میانگین ۳۰ ساله دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱، سری زمانی آنومالی نوسانات طبیعی ۱۰۰۰ ساله برای هر متغیر به‌طور جداگانه محاسبه گردید. در ادامه براساس توزیع نرمال دو متغیره (رابطه ۱)، محدوده نوسانات درونی سالانه اقلیم منطقه مورد مطالعه با در نظر گرفتن محدوده ۹۵ درصد اطمینان نسبت به دوره پایه محاسبه شده و به‌صورت نمودارهای دو



شکل ۲. تحلیل روند چندگانه تغییرات دما در سطوح معنی دار مختلف در بالادست حوضه آبریز کرخه  
 Pos: (روند - افزایشی)، No sig: (بدون روند)، Neg: (روند - کاهشی)

دوره‌های که از سال ۱۹۹۱ و قبل از آن آغاز و تا سال‌های اخیر پایان می‌یابد را در سطح معنی‌داری یک درصد در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد (شکل ۲). این نتیجه تیز تأیید کننده مسئله گرمایش جهانی است. بارش به دلیل دارا بودن تغییرات محلی زیاد، مانند دما در نقاط مختلف در سطح زمین و اتمسفر دارای تغییرات یکنواختی نمی‌باشد. از طرف دیگر نتایج روند چندگانه روند کاهشی بارش را تقریباً از سال ۹۶-۱۹۹۵ به بعد در سطح معنی‌داری (۱ و ۵ درصد) در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه در بالادست حوضه آبریز کرخه نشان داد (شکل ۳). این روند تا سال‌های اخیر همچنان ادامه داشته است. البته به دلیل تغییرات محلی بارش، سیکل‌هایی از روند افزایشی این متغیر در ایستگاه‌های مطالعاتی مشاهده گردید که مربوط به ابتدای دوره‌های آماری می‌باشد. الگوی نمایشی کاهش بارش در سال‌های انتهایی، در اغلب ایستگاه‌های مطالعاتی به‌خصوص در ایستگاه کرمانشاه در سطوح بالای معنی‌داری (۱ و ۵ درصد) نشان داده شد.

**نسبت‌دهی تغییرات متغیرهای دما و بارش به نوسانات درونی اقلیم و افزایش گازهای گلخانه‌ای**

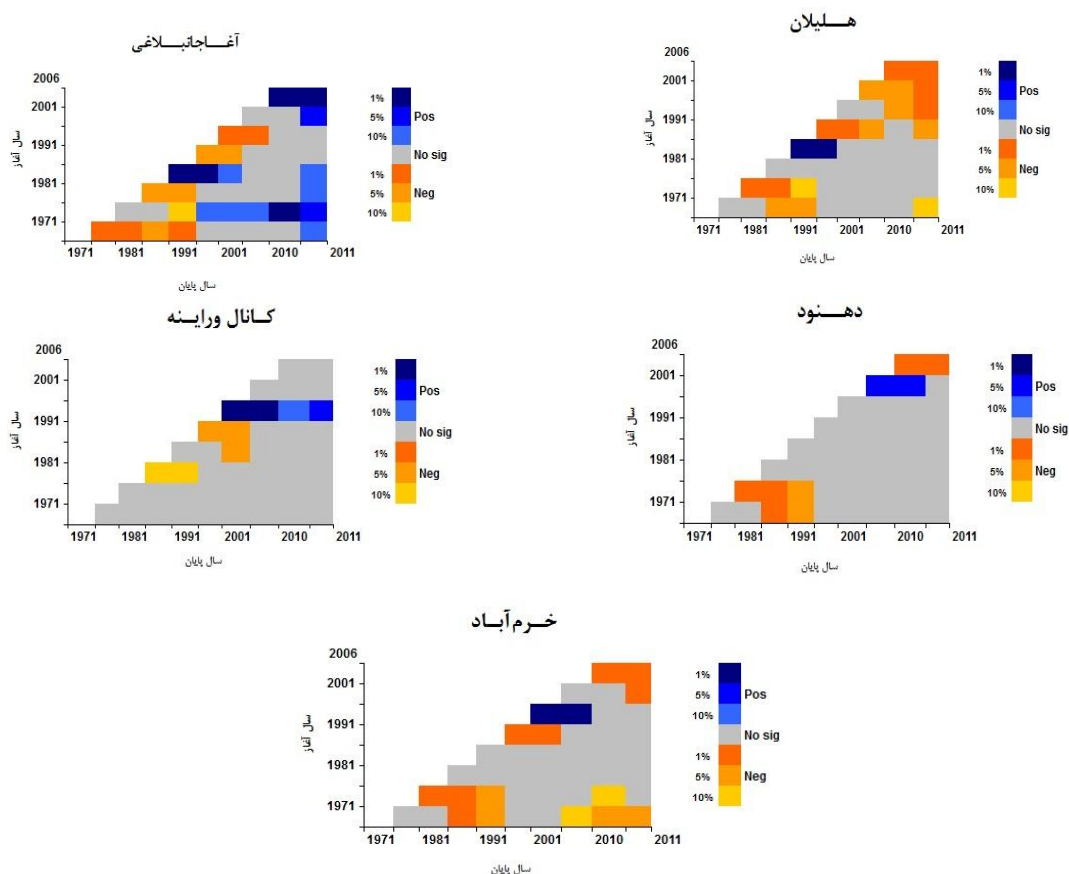
شکل (۴) نمودار نوسانات درونی سالانه دما - بارندگی منطقه

در هر یک از متغیرها و تعیین دنباله‌های مجاز، تصادفی بودن داده‌ها با احتمال خطای ۰/۰۱ مورد بررسی قرار گرفته و از همگن بودن آنها اطمینان حاصل شده است. نتایج حاصل از آزمون ران تست بر روی داده‌های بارش ایستگاه‌های مطالعاتی در جدول (۲) آمده است. سپس با استفاده از رگرسیون خطی و میزان همبستگی ایستگاه‌ها با یکدیگر، بازسازی نواقص آماری صورت گرفت.

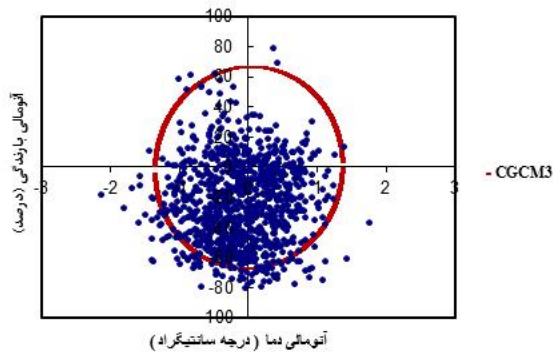
### تحلیل روند چندگانه در سری‌های زمانی دمای و بارش سالانه

شکل‌های (۲ و ۳) تحلیل روند چندگانه سری‌های زمانی دما و بارش سالانه را با سطوح معنی‌دار مختلف در بالادست حوضه آبریز کرخه نشان می‌دهند. همان‌طور که در شکل‌های (۲) و (۳) مشاهده می‌شود، هر مربع نشان داده شده در نمودارها معرف وضعیت روند با سطوح معنی‌داری مختلف در متغیرهای دما و بارش در دوره ۵ ساله (روند مثبت یا افزایشی، بدون روند، روند منفی یا کاهشی) در منطقه مورد مطالعه است.

آزمون روند چندگانه، روند افزایشی دمای سالانه را تقریباً برای



شکل ۳. تحلیل روند چندگانه تغییرات بارش در سطوح معنی‌دار مختلف در بالادست حوضه آبریز کرخه  
 Pos: (روند - افزایشی)، No sig: (بدون روند)، Neg: (روند - کاهش)

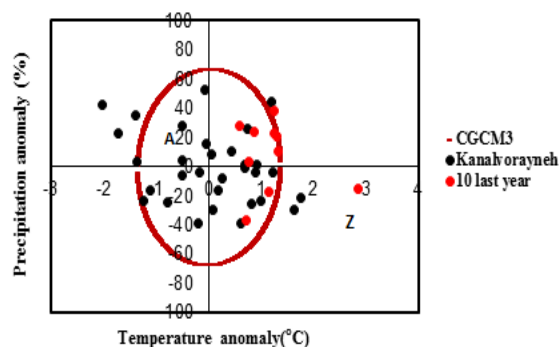
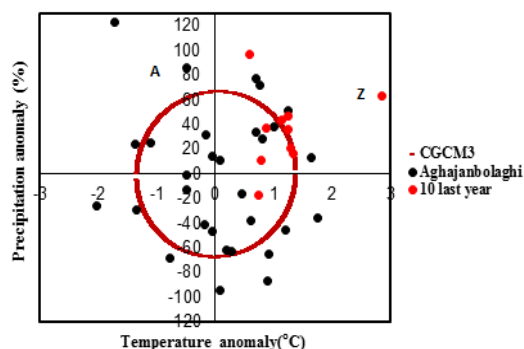


شکل ۴. نمودار نوسانات درونی سالانه دما - بارندگی نسبت به دوره (۱۹۷۱-۲۰۰۰) در حوضه کرخه

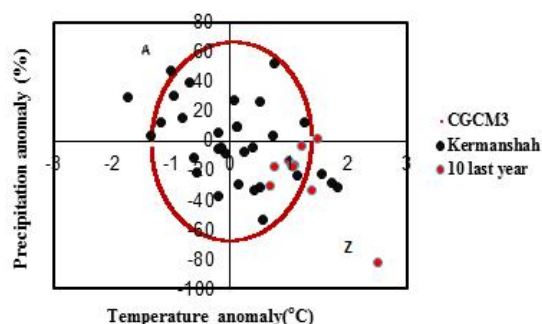
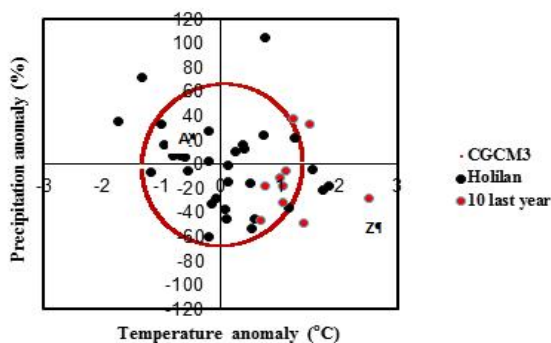
مطالعه به ترتیب بین  $\pm 1/4$  درجه سانتی‌گراد و  $\pm 76$  درصد می‌باشد.

پس از مشخص شدن محدوده نوسانات درونی اقلیم منطقه مورد مطالعه به منظور بررسی معنی‌دار بودن تغییر اقلیم در دوره‌های گذشته (نسبت‌دهی آن به گازهای گلخانه‌ای)، مقادیر

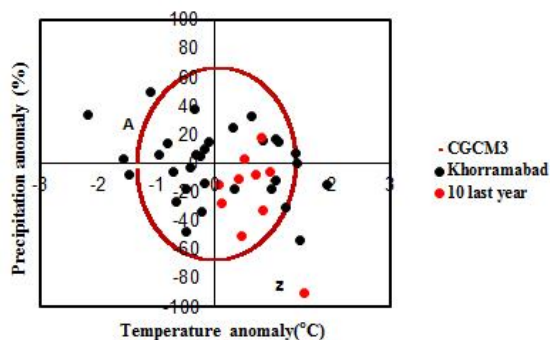
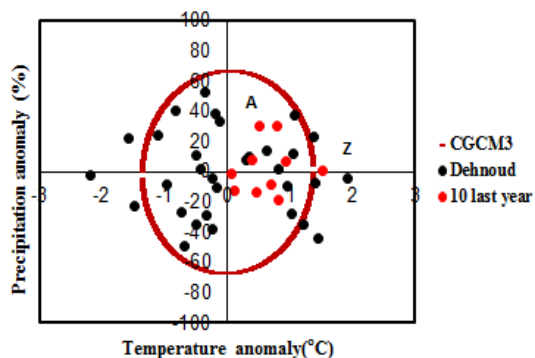
را نسبت به دوره (۱۹۷۱-۲۰۰۰) را در حوضه آبریز کرخه نشان می‌دهد. در این شکل محور افقی آنومالی دما و محور عمودی آنومالی بارندگی را نسبت به دوره پایه نشان می‌دهد. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که به احتمال ۹۵ درصد مقادیر آنومالی نوسانات درونی توام دما - بارندگی در محدوده مورد



شمال و شمال شرق حوضه آبریز کرخه



شمال غرب و غرب حوضه آبریز کرخه



بخش شرقی حوضه آبریز کرخه

بخش میانی حوضه آبریز کرخه

شکل ۵. تغییرات آنومالی دما و بارندگی دوره‌های گذشته نسبت به دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱

می‌دهد. اگر نمودار نوسانات دما و بارندگی را چهار ربع در نظر گرفته و ربع اول را گوشه بالای سمت راست فرض کرده و در جهت عقربه‌های ساعت حرکت کنیم، تقریباً در اکثر ایستگاه‌های مطالعاتی نقطه آغاز (A) از ربع چهارم (مقادیر آنومالی منفی و بارندگی مثبت) به نقطه پایان (Z) در ربع دوم (مقادیر آنومالی دما مثبت و بارندگی منفی) رسیده است. این روند در ایستگاه‌های کانال وراینه، کرمانشاه، هلیلان و خرم‌آباد مشاهده شد.

این نوسانات با آنومالی سالانه دما و بارندگی مشاهداتی در قسمت‌های مختلف محدوده مطالعاتی مقایسه گردید (شکل ۵). براساس شکل (۵) جانمایی A (نقطه آغاز) و Z (نقطه پایان) در نمودارهای نوسانات نشان از افزایش دما و کاهش بارش در سال‌های انتهایی دارد. هر چه از عرض‌های بالاتر به سمت عرض‌های پایین‌تر نزدیک شویم، میزان آنومالی دما و بارش به ترتیب افزایش و کاهش بیشتری را در سال‌های انتهایی نشان



(۲۷). تحقیقات سایر پژوهشگران ایرانی در بررسی نقاط مختلف کشور نشان از روند گرم شدن متغیر دما در اکثر نقاط کشور با شروع دهه ۱۹۷۰ و کاهش روند بارش سالانه در طول دوره آماری مورد مطالعه در قسمت‌های مختلف کشور دارد (۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲ و ۳۳).

مقایسه روند دو بعدی دما- بارندگی مشاهداتی منطقه با محدوده نوسانات درونی، نشان داد که روند متغیرهای اقلیمی در دوره‌های گذشته در حوضه کرخه خصوصاً در قسمت‌های غربی و میانی حوضه، به سمت کاهش بارندگی و افزایش دما بوده است و متغیر دما و بارش تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار گرفته است. اگرچه وجود نوسانات درونی اقلیم در ایجاد این شرایط قطعی است، نمی‌توان نقش مداخلات انسانی و تغییرات کاربری اراضی را نادیده گرفت. براساس تحقیقات اخیر به نظر گرم شدن کره زمین از اواخر دهه ۱۹۶۰ به بعد واقع شده است، این نرخ رشد گرما با بالاتر رفتن فعالیت‌های انسانی در دو دهه اخیر افزایش یافته است. در اکثر نقاط ایران ماه‌های گرم منطبق با فعالیت‌های کشاورزی است. همچنین، در چند دهه گذشته تغییرات شدید در کاربری اراضی در ایران اتفاق افتاده است (۸، ۹، ۲۰، ۲۴ و ۳۶). رشد چشمگیر شهرنشینی و جنگل‌زدایی، کاهش سطح مراتع از جنبه‌های کیفی و کمی، توسعه فعالیت‌های کشاورزی، استفاده از منابع آب سطحی برای آبیاری، تخریب خاک و منابع آب از ویژگی‌های قابل توجه این تغییرات است. با این حال نباید نادیده گرفته شود که تفاوت‌های قابل توجهی در تغییرات زمانی از تولید گازهای گلخانه‌ای مربوط به انسان و تولید گازهای گلخانه‌ای طبیعی و همچنین در توزیع جغرافیایی این دو وجود دارد. همان‌طور که توسط کالانی و کای بیان شد، تأثیرات انسانی مهم بر آب و هوا مثل انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات در کاربری اراضی، از جمله شهرنشینی و کشاورزی وجود دارد. اما جدا کردن این دو تأثیرات از هم سخت است چراکه هر دو تمایل به افزایش میانگین دمای سطحی روزانه دارند (۱۸).

از آنجا که بخش عظیمی از منابع آب سطحی رودخانه کرخه

همان‌طور که شکل (۵) نشان می‌دهد، در بررسی آنومالی دما و بارش مشاهداتی نسبت به نوسانات درونی اقلیم، در شمال و شمال شرق حوضه کرخه (ایستگاه‌های آغاجان‌بلاغی و کانال و راینه)، افزایش آنومالی دما در سال‌های انتهایی نسبت به سال‌های گذشته بسیار مشهود است. تغییرات جانمایی نقطه آغاز (A) و نقطه پایان (Z) در ایستگاه آغاجان‌بلاغی از ربع چهارم (مقادیر آنومالی دما منفی و بارندگی مثبت) به ربع اول (مقادیر آنومالی دما مثبت و بارندگی مثبت) در سال‌های انتهایی رسیده است. به عبارت دیگر تغییرات آنومالی بارندگی در سال‌های انتهایی همچنان در محدوده مثبت نوسانات قرار دارد که نتایج بخش آشکارسازی را در مورد ایستگاه آغاجان‌بلاغی تأیید می‌کند. همچنین در بخش شرقی حوضه کرخه نیز (ایستگاه دهنود) آنومالی بارندگی روند کاهشی چشمگیری نسبت به سال‌های گذشته نداشته است، در صورتی که افزایش دما کاملاً نمایان است. نتایج روند دوبعدی دما و بارندگی در قسمت میانی حوضه کرخه (ایستگاه خرم آباد) نشان از نوسانات این دو متغیر در سال‌های انتهایی در ربع چهارم نمودار دو بعدی دارد. به این معنی که دما به سمت روند افزایشی و بارندگی به سمت روند کاهشی نوسان دارد.

## نتیجه‌گیری

تحلیل آمون روند چندگانه با دوره‌های ده‌ساله و تأخیرهای پنج‌ساله در قسمت‌های مختلف حوضه آبریز کرخه، به ترتیب افزایش و کاهش متوسط دما و بارش سالانه با سطوح بالای معنی‌داری (۱، ۵ و ۱۰ درصد) را نشان داد. مطالعات کوثری و همکاران نیز در بیش از ۳۲ ایستگاه سینوپتیک کشور ایران، وجود روند مثبت قابل توجه معنی‌دار دمای حداکثر در ماه‌ها و فصل‌های گرم سال نشان داد (۲۱). احمدی و رادمنش (سال انجام تحقیق) افزایش دمای سالانه را به میزان  $1/5^{\circ}C$ ، در نیم قرن اخیر در نیمه شمالی کشور، نشان دادند (۲). سومعی و همکاران (سال انجام تحقیق) نیز در یک دوره آماری ۴۰ ساله حدود  $7/7$  از ایستگاه‌های سینوپتیک کشور روند منفی بارش را نشان دادند

بالادست و مصارف آب آنها اجباراً در کرخه سفلی تجمیع و به ناپایداری کل سیستم منجر می‌شود. بنابراین این وضعیت، منابع آبی منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار داده و حیات آبی و در نتیجه پتانسیل منابع خاک منطقه را به مخاطره می‌کشاند.

### سپاسگزاری

این تحقیق حاصل طرح پژوهشی با عنوان بررسی نوسانات زمانی و مکانی اقلیم در دوره‌های گذشته و نسبت‌دهی آن به گازه‌های گلخانه‌ای در حوضه کرخه در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز می‌باشد و بدین جهت نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از آن دانشگاه اعلام می‌دارد.

برای تأمین و توسعه اراضی دشت‌های خوزستان استفاده می‌شود، سرشاخه‌های رودخانه کرخه به‌طور تاریخی، رواناب بخشی از استان‌های کردستان، همدان، کرمانشاه، لرستان و ایلام را زهکشی و وارد دشت‌های غربی خوزستان می‌کند. از طرف دیگر، براساس شاخص پایش منابع آب کشور در نیمه نخست سال آبی جاری (۹۴-۹۳)، ۱۳ استان کشور در دسته مناطق دارای "تنش شدید آبی" قرار دارند که از این میان، استان‌های همدان، کرمانشاه و لرستان، که بالادست حوضه آبریز کرخه را تشکیل می‌دهند، شامل می‌شود. خشکسالی‌های اخیر و احتمالاً پدیده تغییر اقلیم موجب شده تا آب ورودی به سد مخزن کرخه در سال‌های اخیر کاهش چشمگیر داشته باشد. خشکسالی و حتی تغییرات متناسب به پدیده تغییر اقلیم، موضوع دائمی نبوده و سیستم برگشت‌پذیر خواهد بود اما آثار طرح‌های توسعه

### منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ف. و ف. رادمنش. ۱۳۹۳. بررسی روند تغییرات متوسط دمای ماهانه و سالانه نیمه شمالی کشور در نیم قرن اخیر. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۸(۴): ۸۵۵-۸۶۵.
۲. آذرخشی، م.، ج. فرزاد مهر، م. اصلاح و ح. صحابی. ۱۳۹۲. بررسی روند تغییرات سالانه و فصلی بارش و پارامترهای دما در مناطق مختلف آب و هوایی ایران. نشریه مرتع و آبخیزداری. مجله منابع طبیعی ایران ۶۶(۱): ۱-۱۶۱.
۳. سهرابی، م.، ص. معروفی، ع. سبزی پرور و ز. مریانجی. ۱۳۸۷. بررسی تغییر اقلیم در استان همدان با توجه به داده‌های بارندگی و کاربرد روش من کندال. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک ۱۶(۳): ۱۶۳-۱۶۹.
۴. عبقری، ه.، ز. قنبرلو و ح. طبری، ۱۳۹۱. نگرش تحلیلی بر تغییرات بارندگی‌های ماهانه و سالانه در حوضه‌های شرقی دریاچه ارومیه. سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب. دانشگاه علوم کشاورزی منابع طبیعی ساری. ۲۵ و ۲۱ شهریورماه ۱۳۹۱.
۵. فتحیان، ف. و س. مرید. ۱۳۹۱. بررسی روند متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژیکی حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از روش‌های غیرپارامتری. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دانشگاه تهران ۳(۴۳): ۲۶۹-۲۵۹.
۶. گزارشات گروه‌های کاری دومین گزارش ملی کشور. ۲۰۱۰. اداره سازمان محیط زیست کشور، دفتر طرح ملی تغییر آب و هوا.
۷. مساح بوانی، ع.، الف. گودرزی، ن. ظهرابی و س. لطفی. ۱۳۹۲. آشکارسازی روند تغییرات دما و بارش در دوره‌های گذشته و نسبت‌دهی آن به افزایش گازه‌های گلخانه‌ای در استان آذربایجان غربی. مجله فیزیک زمین و فضا ۳۹(۳): ۱۱۱-۱۲۸.
8. Afzaal, M., M. Haroon and Q. A. ul Zaman. 2009: Interdecadal oscillations and the warming trend in the area-weighted annual mean temperature of pakistan. *pakistan J.I of Meteorology* 6(11): 13-19.
9. Amiri, M. J., A. Ebrahimizadeh., S. Amiri., M. Radi and M. Niakousari. 2009. Comparative evaluation of physicochemical properties of corn flours through different water qualities and irrigation methods. *J.Applied Sci.* 9(5): 938-943.
10. Ban, J. M., Q. L. Miao and X. Li. 2006. Analysis of characteristics of temperature variations in southwest China in recent 50 years. *Resources and Environment in the Yangtze Basin* 15(3): 346-351.

11. Batisani, N. and B. Yarnal. 2010. Rainfall variability and trends in semi-arid Botswana: Implications for climate change adaptation policy. *Applied Geography* 30(4): 483-489.
12. Christidis, N., P. A. Stott and S. J. Brown. 2011. The Role of Human Activity in the Recent Warming of Extremely War Daytime Temperatures. *J. of Climate* 24: 1922-1930.
13. Dong, X. Q. and X. Duan. 1998. Climatic characteristics and variation tendency of precipitation in the southwest of China. *Scientia Meteorological Sinica* 18(3): 239-247.
14. Fallah Ghalharia, G. H., J. Khoshhal Dastjerdi and M. Habibi Nokhandan. 2012. Using Mann Kendal and t-test methods in identifying trends of climatic elements: A case study of northern parts of Iran. *Management Science Letters* 2: 911-920.
15. Fu, G. B., J. Yu, X. Yu, R. Ouyang, Y. Zhang, P. Wang, W. Liu and L. Min. 2013. Temporal variation of extreme rainfall events in China, 1961–2009. *J. of Hydrology* 487:48-59.
16. Ghahraman, B. and S. Taghvaeian. 2008. Investigation of annual rainfall trends in Iran. *J. of Agri. Sci. and Tech.* 10: 93-97.
17. Hardly, J. T. 2006. *Climate change: causes, effects and solutions*. Published by wiley. *International J. of Climatology* 26:139-140.
18. Herrington, R., B. Johnson and F. Hunter. 1997. Responding to global climate change in the Prairies; Volume III of The Canada Country Study: Climate Impacts and Adaptation, Environment Canada 44.
19. Kaiser, D. P. and Y. Qian. 2002. Decreasing trends in sunshine duration over China for 1954-1998: indication of increased haze pollution? *Geophysical Research Letters* 29(21): 2042.
20. Kalnay, E. and M. Cai. 2003. Impact of urbanization and land-use on climate change, *Nature* 423: 528-531.
21. Kendall, M. G. 1975. *Rank Correlation Measures*. Charles Griffin, London.
22. Mann, H. B. 1945. Non-parametric tests against trend. *Econometrical* 13: 245-259.
23. McCabe, G. J. and D. M. Wolock. 2002. A Step increase in streamflow in the conterminous United States. *Geophysical Research Letters*. 29 (24).
24. Modarres, R. and A. Sarhadi. 2009. Rainfall trends analysis of Iran in the last half of the twentieth century. *J. of Geophysical Res.* 114. D03101.
25. Modarres, R. and V. P. R. da Silva. 2007. Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran. *J. of Arid Environ.* 70: 344-355.
26. Rashki, A., D. G. Kaskaoutis, C. J. deW. Rautenbach, P. G. Eriksson, M. Qiang and P. Gupta. 2012. Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran. *J. of Aeolian Res.* 5: 51-62.
27. Rio, S., A. Penas and R. Fraile. 2005. Analysis of recent climatic variations in Castile and Leon (Spain). *Atmospheric Research*. 73: 69-85.
28. Santer, B. D., C. Mears, F. J. Wentz, K. E. Taylor, P. J. Gleckler, T. M. L. Wigley, T. P. J. S. Barnette, B.G. Boyle, N. P. W. Gillett, S. A. Klein, G. A. Meehl, T. Nozawa, D. W. P. Pierce, A. Stott, W. M. Washington and M. F. Wehner. 2007. Identification of human-induced changes in atmospheric moisture content. *P. N. A. S.* 104(39): 15248-15253.
29. Some'e, B., A. Ezani and H. Tabari. 2012. Spatiotemporal trends and change point of precipitation in Iran. *Atmospheric Res.* 113:1-12.
30. Sridhar, V. and A. Nayak. 2010. Implications of climate-driven variability and trends for the hydrologic assessment of the Reynolds Creek Experimental Watershed, Idaho. *J. of Hydrology* 385: 183-202.
31. Tabari, H. and P. Hosseinzadeh Talae. 2011b. Recent trends of mean maximum and minimum air temperatures in the western half of Iran. *Meteorology and Atmospheric Physics* 111:121-131.
32. Tabari, H. and P. Hosseinzadeh Talae. 2013. Moisture index for Iran: Spatial and temporal analyses. *Global and Planetary Change* 396: 313–320.
33. Tabari, H. and S. Marofi. 2011. Changes of Pan Evaporation in the West of Iran. *Water Resour. Manage.* 25: 97-111.
34. Tabari, H., B. Shifteh Somee and M. Rezaeian Zadeh. 2011b. Testing for long-term trends in climatic variables in Iran. *Atmospheric Res.* 100: 132–140.
35. Von Storch, H. 1995. Misuses of statistical analysis in climate research. PP. 11-26. *In: vonStorch H. Navarra A. (Eds.), Analysis of climate variability: Applications of Statistical Techniques*. Springer-Verlag, Berlin.
36. Wang, W. X. Chen, P. Shi and P. H. A. J. M. Van Gelder. 2008. Detecting changes in extreme precipitation and extreme streamflow in the Dongjiang River Basin in southern China. *Hydrology and Earth System Sci.* 12: 207-221.
37. Yazdani, M. R., J. Khoshhal Dastjerdi and M. Habibi Nokhandan. 2011. Trend detection of the rainfall and air temperature data in the zayandehrud basin. *J. of Applied Sci.* 11(12): 2125-2134.
38. Zhai, P. M., A. J. Sun, F. M. Ren, X.N. Liu, B. Gao and Q. Zhang. 1999. Changes of climate extremes in China. *Climatic Change* 42 (1): 203-218.
39. Zhang, Z. C., X. Chen, W. Wang and P. Shi. 2007. Analysis of rainfall trend and extreme events in Guizhou. *Earth and Environ.* 35(4): 351-356.

40. Zohrabi, N., A. R. Massah Bavani, E. Goodarzi and S. Eslamian. 2014. Analyzing of the Attribution of temperature and precipitation changes to the greenhouse gases in northwest of Iran. *Quaternary International* 345: 130-137.
41. Zohrabi, N., A. R. Massah Bavani, H. Sedghi, A. R. Telvari and M. Bajestan. 2011a. Identification of temporal fluctuations in the annual flood series of karoun and Dez Rivers in Iran. *Ecology, Environment and Conservation*. 17 (2): 169-175.
42. Zohrabi, N., A. R. MassahBavani, H. Sedghi and A. R. Telvari. 2011b. Analyzing the two-dimensional plot of the interannual climate variability for detection of the climate change in the large karoun river basin, iran. *African J. of Biotechnology* 10(20): 4138-4146.

## Attribution of Changes in Climate Variables due to Interannual Climate Variability or Increase of Greenhouse Gases (Case Study: Karkheh Basin)

N. Zohrabi<sup>1\*</sup>, A. Massah Bavani<sup>2</sup>, E. Goudarzi<sup>3</sup> and M. Heidarnejad<sup>1</sup>

(Received: June 11-2015 ; Accepted :. April 17-2016)

### Abstract

Since climate change is regarded as a serious threat to different parts of life cycle, separation of factors intensifying this phenomenon seems necessary. This research has investigated the temperature and precipitation trend using the multiple trend test in the upstream Karkheh basin located in west of Iran. For this purpose, two-dimensional graphs of temperature and precipitation anomalies of the CGCM3 Model (1000-year data) were drawn for the study area. Then, the attribution of changes in climate variables due to climate internal fluctuations or greenhouse gases affected by human factors were investigated. Based on the findings of this study, in different parts of the study area, the range of natural climate variables for temperature and precipitation changes (95% probability) in the west of the study area are  $\pm 1.4^{\circ}\text{C}$  and  $\pm 7\%$ , respectively.

The results showed increase and decrease in temperature and precipitation in most of the studied stations, respectively. The variables of temperature and precipitation are affected by climate change and as we approach latest years, especially in the western and central parts of the study area, the impact of greenhouse gases in increasing temperature and reducing precipitation becomes more evident. According to the current results it can be concluded that changes in land use in Iran caused by human interventions can be introduced as a significant factor for the ascending trend of temperature. However, it can be noted that the most important factors of the increased greenhouse gases in recent years are human activities such as land use changes. These changes certainly have affected water resources in the study area.

**Keywords:** Attribution, Change trend, CGCM3, Multiple test, Temperature & precipitation.

---

1. Dept. of Water Science Eng., College of Agr. and Natural Resources, Islamic Azad Univ., Ahvaz Branch, Ahvaz, Iran.

2. Irrigation Group, College of Aburaihan. Tehran Univ., Pakdasht, Pakdasht, Iran.

3. Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd Univ., Yazd, Iran.

\*: Corresponding Author, Email: nargeszohrabi@gmail.com