

## روند دمایی چند دهه اخیر ایران و افزایش $\text{CO}_2$ جو

قاسم عزیزی، دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران  
مصطفی کریمی احمدآباد، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت مدرس  
زهرا سبک خیز، کارشناس شرکت طرح افرا

### چکیده

این مقاله سعی دارد ضمن مطالعه روند دمایی چند دهه اخیر در ایران به ارتباط این روند با افزایش گاز  $\text{CO}_2$  جو بپردازد. به همین منظور ابتدا ایستگاه‌هایی که دارای آمار بلند مدت (از سال ۱۹۵۸، به علت اینکه داده‌های  $\text{CO}_2$  از این سال در دسترس هستند) بودند انتخاب گردیده و در مرحله بعد از بین آنها، ایستگاه‌هایی که بیش از دو سال پی در پی فاقد آمار (به علت حساسیت مطالعه تغییر اقلیم) بودند از تحلیل کنار گذاشته شده‌اند، در نهایت تمام بررسی‌ها بر روی ۱۲ ایستگاه انجام گرفته است. در این پژوهش برای تعیین صحت داده‌ها از آزمون خود همبستگی مرتبه اول و ران تست استفاده شده است. از آزمون ناپارامتریک من کندال جهت تعیین میزان، جهت و معنی داری روند استفاده گردیده. طبق نتایج پژوهش در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه (ایستگاه‌های سینوپتیک) روند افزایشی دما با شدت‌های مختلف مشاهده شده، به طوری که ایستگاه‌های آبادان و شاهرود بدون روند، ایستگاه‌های اصفهان، تبریز، کرمان از روند مثبت با شدتی ضعیف، ایستگاه‌های بابلسر و زنجان از روند مثبت با شدت متوسط، ایستگاه‌های یزد، کرمانشاه، مشهد از روند مثبت با شدت نسبتاً بالا، ایستگاه‌های تهران و بوشهر از روند مثبت با شدت بالا و ایستگاه انزلی از روند منفی با شدت متوسط برخوردار بوده‌اند. و با توجه به اینکه میزان  $\text{CO}_2$  جو در این مدت روندی افزایشی داشته است به نظر می‌رسد روندهای مشاهده شده در ایستگاه‌های مذکور نیز از افزایش  $\text{CO}_2$  متاثر گردیده است.

واژگان کلیدی: گرمایش جهانی، دی اکسید کربن، گازهای گلخانه‌ای، روند دما

## مقدمه

بحث تغییر اقلیم<sup>۱</sup> و گرمایش جهانی<sup>۲</sup> یکی از مباحث اصلی دهه‌های اخیر مجامع علمی و حتی سیاسی جهان بوده است. ماهیت تغییر اقلیم، چگونگی تعریف و همین‌طور ابعاد زمانی و مکانی آن بحث‌های زیادی را در پی داشته است. گروهی سخت معتقد به وجود تغییر در اقلیم سیاره به خصوص در سده‌های اخیر هستند و گروهی دیگر این تغییرات را جزء ماهیت اقلیم می‌دانند. با ورود سیاستمداران و بنگاه‌های تجاری به این بحث وضع از این هم پیچیده‌تر شده و این بحث وارد فضای غیر علمی گردیده است.

برای بررسی و ارتباط بین افزایش CO<sub>2</sub> جو و گرمایش جهانی تحقیقات متعددی با روش‌های متفاوتی صورت گرفته است. بیشترین رویکرد تحلیل داده‌های دمایی به همراه میزان افزایش CO<sub>2</sub> جو و استخراج روند در آنها است. با توجه به روند مثبت دمایی در سطح جهان و همچنین افزایش سریع CO<sub>2</sub> جو این گمان که بین افزایش این دو با توجه به مکانیزم‌های موجود در بیلان تابش، ارتباطی وجود دارد را تقویت می‌کند.

گازهای فعال در بخش مادون قرمز طیف الکترو مغناطیس مانند بخار آب و دی اکسید کربن به طور طبیعی در جو زمین وجود دارند و مسئول جذب تابش مادون قرمز حرارتی (تابش موج بلند) تابیده شده از سطح زمین و جو آن می‌باشند ( هندرسن - سلرز و رابینسون<sup>۳</sup>، پیکسوتو و اورت<sup>۴</sup> ۱۹۹۲).

<sup>۱</sup> Climate Change

<sup>۲</sup> Global Warming

<sup>۳</sup> Henderson-Sellers and Robinson

<sup>۴</sup> Peixoto and Oort

CO<sub>2</sub> در جو به عنوان یک گاز گلخانه‌ای<sup>۱</sup> عمل می‌کند. گازهای گلخانه‌ای (بخار آب، متان، دی اکسید کربن و ....) با جذب و برگشت دادن تابش موج بلند زمینی باعث افزایش دمای جو - زمین می‌گردند. CO<sub>2</sub> یکی از ترکیبات جو است که میزان بسیار ناچیزی از حجم جو استاندارد را اشغال می‌کند (۰.۴٪) اما همین مقدار اندک با تغییرات خود اثرات مهمی بر سیستم جو - زمین می‌گذارد. تحقیقات بسیار گسترده‌ای در ارتباط با روند افزایش متوسط دمای جهانی و منطقه‌ای انجام پذیرفته است (گیل و واتارد<sup>۲</sup>، ۱۹۹۱، هاسلمن<sup>۳</sup>، ۱۹۹۳، اشلسینگر و رامندکوتی<sup>۴</sup>، ۱۹۹۴، نورث و کیم<sup>۵</sup>، ۱۹۹۵، نورث و همکاران<sup>۶</sup>، ۱۹۹۵). همچنین تغییرات صورت گرفته در الگوهای جهانی متوسط دما (سانتر و همکاران<sup>۷</sup>، ۱۹۹۵، هگرل و همکاران<sup>۸</sup>، ۱۹۹۶، هگرل و همکاران، ۱۹۹۷، جونز و هگرل<sup>۹</sup>، ۱۹۹۸) مورد مطالعه قرار گرفته است.

طبق برآوردهای صورت گرفته متوسط دمای جهانی در ۱۵۰ سال اخیر ۰.۳ تا ۰.۶ درجه سانتیگراد به علت روند رو به رشد شهرنشینی در طی این مدت همراه

<sup>۱</sup> Greenhouse Gases

<sup>۲</sup> Ghil and Vautard

<sup>۳</sup> Hasselmann

<sup>۴</sup> Schlesinger and Ramankutty

<sup>۵</sup> North and Kim

<sup>۶</sup> North et al

<sup>۷</sup> Santer et al

<sup>۸</sup> Hegerl et al

<sup>۹</sup> Jones and Hegerl

با انتشار گاز گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> ناشی از آن افزایش داشته است (نیکل و همکاران<sup>۱</sup> ۱۹۹۶، جونز و همکاران<sup>۲</sup> ۱۹۹۷، هانس و لبدوف<sup>۳</sup> ۱۹۸۷).

اولین فرضیه در مورد گرمایش جهانی در سال‌های دهه ۱۹۴۰ بر اساس محاسبه میا نگی‌های متحرک ارائه گردید (بولتین<sup>۴</sup> ۱۹۹۱، به نقل از رحیم زاده ۱۳۸۱).

روش‌های آماری ارائه شده برای مطالعه تغییر اقلیم بدون توجه به مکانیزم زمان تاخیر و حساسیت اقلیم، علت اصلی گرمایش اخیر زمین را افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای جو می‌دانند. درحالی‌که با توجه به زمان لختی و واکنش سیستم اقلیم، توجیه و وردایی (تغییرپذیری) اقلیم مشکل خواهد بود (بلومفیلد<sup>۵</sup> ۱۹۹۲ به نقل از عساکره ۱۳۸۲).

افزایش دما یا گرمایش جهانی مربوط به دوران اخیر نمی‌شود، بلکه شواهدی مانند رسوبات ذغال درعرض‌های بالا، گسترش ریفت‌های مرجانی، تغییر مکان پوشش گیاهی، بالآمدن سطح آب دریاها و شواهد ایزوتوپی<sup>۶</sup> دال بر افزایش دمای اقیانوس‌ها، و یک دوره گرم در کرتاسه میانی است. این افزایش دمای اقیانوس‌ها حدود ۶-۱۲ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است. عوامل متعددی در این امر دخیل بوده‌اند که یکی از آنها گسترش کف اقیانوس‌ها و فعالیت‌های آتشفشانی بوده است، که باعث آزاد شدن مقادیر زیادی CO<sub>2</sub> گردیده است (بارون<sup>۷</sup> ۱۹۹۴).

<sup>۱</sup> Nicholls et al

<sup>۲</sup> Jonse .etal

<sup>۳</sup> Hansen And Lebedeff

<sup>۴</sup> Bulletin

<sup>۵</sup> Bloomfield

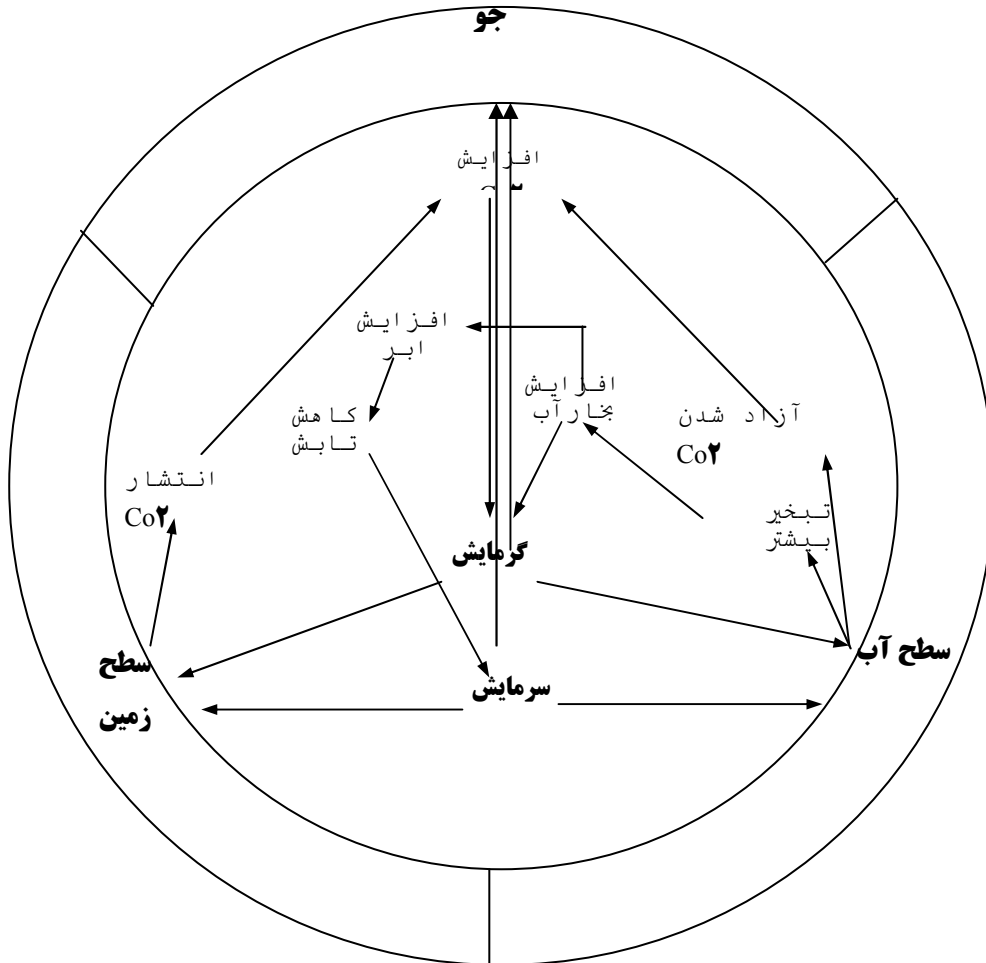
<sup>۶</sup> Isotopic

<sup>۷</sup> Baron

در ۱۴۰۰۰ سال پیش در پایان آخرین عصر یخبندان میزان CO<sub>2</sub> جو ۵۰ درصد افزایش یافت. دانشمندان عقیده دارند که این افزایش CO<sub>2</sub> می‌تواند دلیلی بر دمای بالای آن زمان باشد (www.docm.mmu.ac.uk, ۲۰۰۳).

چرخه کربن در سطح سیاره زمین شامل انتشار از منابع و جذب می‌باشد. مهم‌ترین تبادل بین سطح آب‌ها و جو صورت می‌گیرد، که میزان CO<sub>2</sub> در هر یک به دمای آب بستگی زیادی دارد. قابلیت نگهداری دمای آب اقیانوس‌ها یکی از متغیرهای مهم در چرخه کربن و میزان آن در جو می‌باشد، هرچه دمای آب پایین‌تر باشد قدرت جذب CO<sub>2</sub> بیش‌تری دارد. با افزایش دمای آب، CO<sub>2</sub> محلول در آن آزاد شده و وارد جو می‌شود که این خود باعث گرم‌تر شدن سیستم اقلیمی و تاثیر مضاعف بر آزاد شدن CO<sub>2</sub> دارد. طبق نتایج بدست آمده یک درجه افزایش دمای آب اقیانوس‌ها در حدود ۲۸ PPM به CO<sub>2</sub> جو می‌افزاید (آلبک ۲۰۰۳).

هر میزان افزایش در CO<sub>2</sub> جو باعث اثر مضاعف در افزایش دما می‌گردد. به این صورت که افزایش CO<sub>2</sub> جو با اثر گلخانه‌ای خود دمای جو زمین را افزایش می‌دهد، این افزایش باعث گرم‌تر شدن آب اقیانوس‌ها گردیده و آب، CO<sub>2</sub> بیشتری آزاد می‌کند که این امر باعث پس‌خوردن مثبت در سیستم گشته و میزان CO<sub>2</sub> جو را افزایش می‌دهد (شکل ۱). از طرف دیگر افزایش دما باعث ذوب یخ‌ها و بالآمدن سطح آب‌های آزاد می‌گردد و با زیر آب رفتن خشکی‌ها و همچنین تغییر الگوی بارش میزان جذب CO<sub>2</sub> توسط سیلیکات‌ها کاهش یافته، که این نیز به نوبه خود در افزایش CO<sub>2</sub> جو موثر است (آلبک ۲۰۰۳).



شکل ۱: چرخه کربن در سیستم جو زمین و پس‌خورنده‌های مثبت و منفی، حاصل از اثرات متقابل عوامل و متغیرهای دخیل در آن.

همچنین بر اساس نتایج طرح آشکارسازی تغییر اقلیم در ایران، در اکثر ایستگاه‌های ایران روند افزایش دما مشاهده گردیده است (رحیم زاده ۱۳۸۱).

### داده‌ها و روش‌ها

داده‌های CO<sub>2</sub> مورد استفاده در این پژوهش از اندازه‌گیری‌های ایستگاه مانالوا می‌باشد، این ایستگاه در ارتفاع ۴۰۰۰ متری از سطح دریا در جزیره هاوایی واقع شده است، به همین علت از منابع آلوده‌کننده محلی به دور می‌باشد. داده‌های اندازه‌گیری شده CO<sub>2</sub> در این ایستگاه از سال ۱۹۵۸ به بعد در دسترس است (<http://cdiac.esd.ornl.gov/ftp/maunaloa-co2/maunaloa.co2>).

در ایران نیز جدا از ایستگاه‌های سنجش آلودگی که در مجاورت ایستگاه‌های هواشناسی و یا در داخل شهرها برای سنجش آلودگی شهری ایجاد گردیده، ایستگاهی در نزدیکی فیروزکوه (امین‌آباد) در ارتفاع ۲۹۳۰ متری قرار دارد. به علت کوتاه بودن دوره آماری این ایستگاه در پژوهش حاضر از داده‌های ایستگاه مانالوا جهت تحلیل استفاده گردیده است.

داده‌های دمایی (دمای متوسط سالانه) مورد استفاده در این پژوهش از اندازه‌گیری ایستگاه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی کشور می‌باشد. با توجه به اینکه داده‌های CO<sub>2</sub> از سال ۱۹۵۸ به بعد در دسترس بودند این سال برای انتخاب داده‌های دما نیز منظور گردیده، داده‌های دمایی موجود در بعضی از سال‌ها با فقدان آماری روبروست که نیاز به بازسازی موارد ناقص داشته است. گرچه برای مطالعه تغییر اقلیم توصیه به بازسازی داده‌ها نمی‌گردد، ولی با توجه به روش‌های مجاز و توصیه شده از سوی WMO و محافل آماری برای بازسازی شکاف‌های کوتاه می‌توان از آن‌ها در بازسازی داده‌ها با نواقص کم استفاده کرد. برای مثال

(SHONWIES ۱۹۹۷) شکاف‌های داده‌ای تا سه سال را با استفاده از میانگین‌های دهه قبل و بعد از آن درون‌یابی کرده است و داده‌های با شکاف طولانی‌تر را کنار گذاشته است (رحیم زاده ۱۳۸۱). به همین منظور با استفاده از میانگین دهه‌های قبل و بعد از سال فاقد داده، میانگین آن دهه‌ها به عنوان داده دمایی آن سال استفاده گردیده است. تمام بررسی‌ها بر روی ۱۲ ایستگاه انجام گرفته و طول دوره آماری نیز ۳۸ سال می‌باشد.

آزمون‌های متعددی جهت بررسی صحت داده‌های سری زمانی همانند آزمون آبه<sup>۱</sup>، نسبت بیشینه ورسلی<sup>۲</sup>، خود همبستگی<sup>۳</sup> مرتبه اول و رفتار تابع خود همبستگی وجود دارد. برای بررسی صحت و اعتمادپذیری داده‌های متوسط دمای سالانه از آزمون ران تست<sup>۴</sup>، خود همبستگی و تفسیر رفتار تابع آن استفاده گردیده است.

به منظور تشخیص رفتار کلی سری‌های زمانی از میانگین‌های متحرک استفاده شده است. این روش اثرات تغییرات بین سالیانه را کاهش داده و رفتار کلی و بلندمدت داده را به نمایش می‌گذارد. برای این منظور میانگین‌های متحرک ۷ و ۱۱ ساله برای داده‌ها محاسبه و نمودار آن‌ها رسم گردیده است. روند، گرایش درازمدت سری زمانی است و می‌توان آن را به عنوان گرایش اصلی سری زمانی تصور کرد. یک موضوع تعیین و برآورد خط روند و جهت آن است و دیگری بررسی معنی دار بودن آن می‌باشد در این پژوهش از روند خطی برای

<sup>۱</sup> Abe

<sup>۲</sup> Worsely Likelihood Ratio

<sup>۳</sup> Autocorrelation

<sup>۴</sup> Run Test



تعیین و برآورد خط روند استفاده شده است. روند برآورد شده براساس روند خطی بدست آمده از روش حداقل مربعات می باشد.

برای تعیین معنی داری خط روند از آزمون ناپارامتریک من کندال استفاده گردیده است. در این آزمون سری های زمانی با یکدیگر مقایسه گردیده و با توجه به نتایج مقایسه، به مشاهدات مقادیر  $-1$ ،  $1$  و صفر تعلق گرفته (کانور و همکاران ۱۹۷۱، گیلبرت و همکاران ۱۹۸۷)، بدین صورت که اگر

$$X_i < x \text{ then } -1$$

$$X_i > x \text{ then } +1$$

$$X_i = x \text{ then } \cdot$$

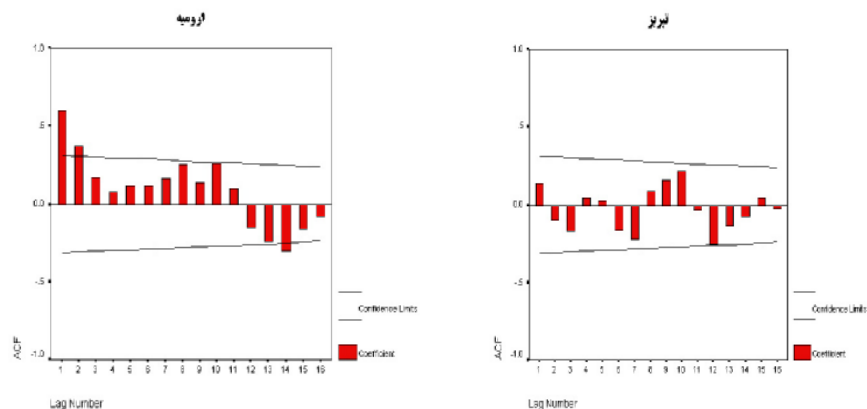
که  $i = 1, 2, \dots, n$  می باشد. یعنی اگر مشاهده اول از مقدار مشاهده بعد از خود و به ترتیب تا آخر کوچکتر باشد مقدار  $+1$  و اگر بزرگتر بود  $-1$  و در صورت تساوی، صفر می گیرد، این عمل برای مشاهدات بعدی تا آخرین مشاهده تکرار می گردد. در نهایت مقادیر سطری و ستونی جمع گردیده و مقادیر کل که به عنوان آماره من کندال شناخته می شود به دست آمده است.

### نتایج و بحث

برای بررسی صحت داده های هر ایستگاه از آزمون ناپارامتریک ران تست و تابع خود همبستگی استفاده شده است. در تابع خود همبستگی در صورتی صحت داده ها تأیید می گردد که  $|r_i| < r_i(t)$  باشد که  $r_i(t)$  از رابطه ذیل بدست می آید:

$$ri(t) = \frac{-1 \pm z\alpha/2\sqrt{N-2}}{N-1} \quad (1)$$

در این صورت همگنی در سطح  $\alpha/2$  پذیرفته می‌شود (رحیم زاده ۱۳۸۱). طبق نتایج به دست آمده از تابع خود همبستگی و ران تست با سطح اطمینان ۰.۹۵، ایستگاه‌های خرم‌آباد، ارومیه و شیراز از داده‌های قابل اعتماد برخوردار نبودند و این ایستگاه‌ها از محاسبات کنار گذاشته شده‌اند. ایستگاه خرم‌آباد به علت این که از داخل شهر به خارج از آن منتقل گردیده است، داده‌های آن نمی‌تواند نمایانگر شرایط کلی اقلیم منطقه باشد، و تغییر مشاهده شده در دما به علت تغییر شرایط محل ایستگاه بوده است. برای نمونه نمودار رفتار تابع خود همبستگی بر روی ایستگاه‌های تبریز و ارومیه در شکل (۲) آورده شده است.



شکل ۲: رفتار تابع خود همبستگی داده‌های دمای متوسط ایستگاه تبریز و ارومیه

این دو ایستگاه هر دو در یک منطقه آب و هوایی قرار دارند و فاصله چندانی نیز از یک دیگر ندارند ولی در ایستگاه ارومیه تغییر در شرایط ایستگاه و نواحی اطراف مانند تغییرات کاربری و گسترش شهر (مناطق مسکونی و صنعتی)

باعث این‌گونه نا همگنی در داده‌ها گردیده است. همان‌گونه که در شکل ۱-۳ تا ۱۲-۳ مشاهده می‌گردد برای حذف اثرات نوسانی بین سالیانه و به منظور تشخیص رفتار کلی سری‌های زمانی در ایستگاه‌ها از میانگین متحرک استفاده گردیده است. خط حاصله از مقادیر مشاهدات در بعضی از ایستگاه‌ها خیلی به هم شبیه می‌باشند (تهران، تبریز، مشهد). همچنین بجز ایستگاه‌های انزلی و بابلسر مابقی ایستگاه‌ها از افت و خیزهای سالیانه مشابهی برخوردار هستند، به طور مثال سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۹۲ نسبت به میانگین سردتر و سال ۱۹۶۶ نسبت به میانگین گرم‌تر بوده است، البته این موارد در ایستگاه بوشهر ضعیف‌تر است، ناهم‌خوانی ایستگاه‌های ناحیه خزری با دیگر ایستگاه‌ها به علت نوع شرایط آب و هوایی آن منطقه و تفاوت‌های اساسی آن با فلات ایران است، اما تغییرات ضعیف بوشهر را می‌توان به واقع شدن این ایستگاه بر کنار دریا و تاثیر تعدیل‌کننده آن دانست. برطبق میانگین‌های متحرک رسم شده به خصوص میانگین متحرک ۱۱ساله، مشاهده می‌شود که روند مثبت با شدت و ضعف متفاوتی در اکثر ایستگاه‌ها وجود دارد. تنها ایستگاه انزلی دارای روند منفی در متوسط دمایی سالانه می‌باشد. در مقایسه با ایستگاه بابلسر مشاهده می‌گردد که میزان افت دما در هر دو ایستگاه تقریباً مشابه ولی خیزهای دمایی در بابلسر از انزلی مشهودتر می‌باشد و این تفاوت باعث تغییر روند در دو ایستگاه شده که ممکن است به علل ذکر شده در قسمت قبلی و یا شرایط ویژه جغرافیایی و سیستم‌های جوی موثر بر آن منطقه باشد. این در شرایطی است که داده‌های CO<sub>2</sub> ایستگاه مانالوا ( شکل ۴ ) دارای روندی مثبت با شدت بالا می‌باشند. اشکال ۱-۳ تا ۱۲-۳ جهت و میزان شدت روندها را در ایستگاه‌های مورد بررسی مشخص می‌کنند. برای مشخص کردن میزان و جهت روند در داده‌ها از آزمون ناپارامتریک من کندال ( جدول ۱ ) استفاده گردیده است. به همین منظور

نتایج این آزمون (جدول ۲) براساس عامل شدت و جهت طبقه‌بندی گردیده‌اند (طبقه‌بندی صورت گرفته نسبی می‌باشد و تنها در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه کاربرد دارد). بر طبق نتایج طبقه‌بندی، ایستگاه‌های آبادان و شاهرود بدون روند خاصی بوده‌اند، ایستگاه‌های اصفهان، تبریز، کرمان از روند مثبت با شدتی ضعیف، ایستگاه‌های بابلسر و زنجان از روند مثبت با شدت متوسط، ایستگاه‌های یزد، کرمانشاه، مشهد از روند مثبت با شدت نسبتاً بالا، ایستگاه‌های تهران و بوشهر از روند مثبت با شدت بالا و ایستگاه انزلی از روند منفی با شدت متوسط برخوردار بوده‌اند.

جدول ۱: مقادیر آمار من کندال برای ایستگاه‌های مورد مطالعه

| ایستگاه       | آبادان | اصفهان | انزلی  | بابلسر | بوشهر | تبریز |
|---------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| آمار من کندال | ۳۸     | ۸۱     | -۱۰۶   | ۱۲۹    | ۲۱۶   | ۷۴    |
| ایستگاه       | تهران  | زنجان  | شاهرود | کرمان  | مشهد  | یزد   |
| آمار من کندال | ۲۰۶    | ۱۲۸    | ۵۰     | ۷۳     | ۱۷۵   | ۱۵۳   |

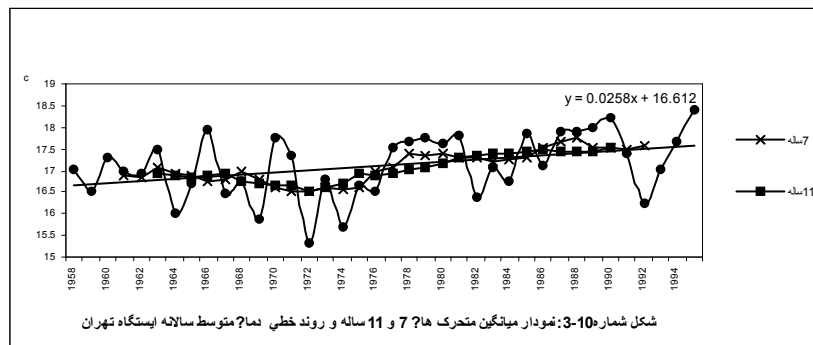
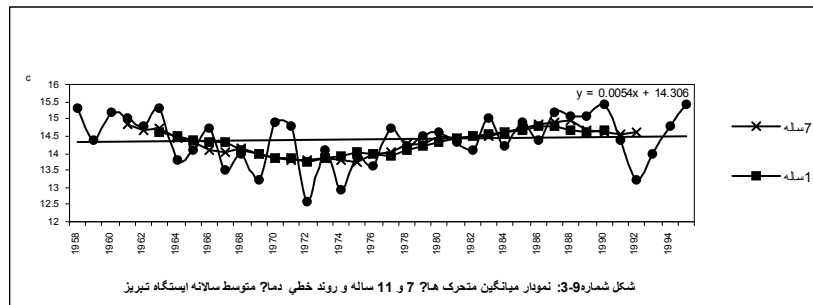
جدول ۲: طبقه‌بندی جهت و شدت روند در داده‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس آمار آزمون من کندال

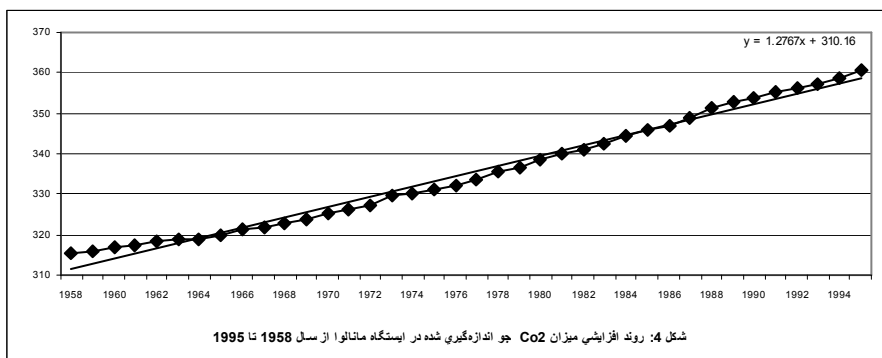
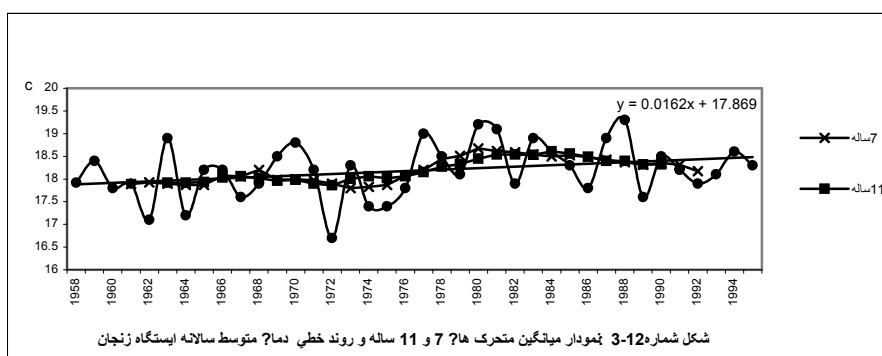
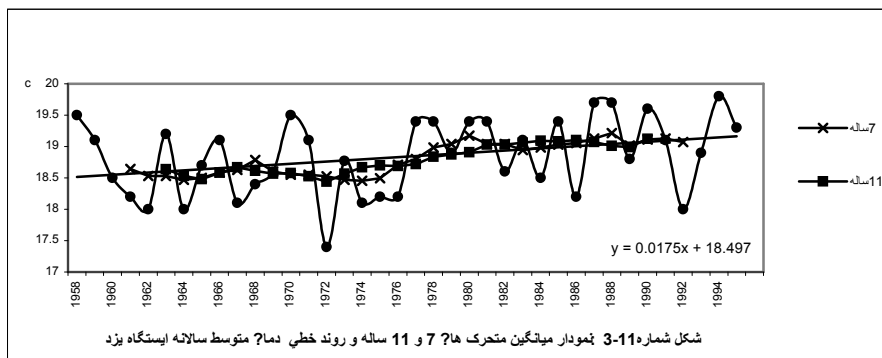
| ردیف | طبقه‌بندی آماره من کندال | نوع و جهت روند          | ایستگاه              |
|------|--------------------------|-------------------------|----------------------|
| ۱    | کمتر از ۵۰               | بدون روند               | آبادان، شاهرود       |
| ۲    | بین ۵۰ تا ۱۰۰            | روند مثبت - ضعیف        | اصفهان، تبریز، کرمان |
| ۳    | بین ۱۰۰ تا ۱۵۰           | روند مثبت - متوسط       | بابلسر، زنجان        |
| ۴    | بین ۱۵۰ تا ۲۰۰           | روند مثبت - نسبتاً شدید | کرمانشاه، مشهد، یزد  |
| ۵    | بیش از ۲۰۰               | روند مثبت - شدید        | بوشهر، تهران         |
| ۶    | بیش از -۵۰               | بدون روند               |                      |
| ۷    | بین -۵۰ تا -۱۰۰          | روند منفی - ضعیف        |                      |
| ۸    | بین -۱۰۰ تا -۱۵۰         | روند منفی - متوسط       | انزلی                |

گرچه از لحاظ دما بین ایستگاه‌ها، به خصوص ایستگاه‌هایی که در مناطق جغرافیایی نسبتاً مشابه قرار دارند، هم‌خوانی بالایی وجود دارد، اما از لحاظ منطقه‌ای برای روند مشاهده شده در ایستگاه‌ها نمی‌توان توجیه قابل قبولی ارائه داد. با وجود روند مثبت در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه هنوز با اطمینان نمی‌توان صحبت از وجود تغییر اقلیم در ایران نمود، عدم هم‌خوانی ایستگاه‌های نزدیک (انزلی با رشت و ارومیه با تبریز) در افزایش و کاهش دما و دیگر پارامترها به علل مختلفی همانند تغییر محل ایستگاه، تغییرات صورت گرفته در نواحی اطراف ایستگاه (کاربری اراضی) و تغییر در وسایل اندازه‌گیری است، که باعث تغییر ناگهانی (جهش) در سری‌های زمانی دمایی شوند و ممکن است باعث نارسایی‌هایی در تفسیر نتایج داشته باشد. همچنین اکثر ایستگاه‌ها در مجاورت شهرهای بزرگ تاسیس شده بودند که با روند گسترش سریع شهرنشینی این ایستگاه‌ها یا در محدوده شهر واقع شده‌اند و یا تغییرات قابل ملاحظه‌ای در مجاورت آن‌ها صورت گرفته که باعث تاثیر محلی به خصوص بر روی دما گردیده است (اثر جزیره حرارتی شهر)، بنابراین افزایش ناشی از چنین مواردی را نباید به حساب تغییر صورت گرفته در اقلیم دانست و نیاز است که این موارد از داده‌ها تفکیک گردد. تمام این موارد باعث ناهمگنی داده‌های اقلیمی می‌گردند.

با توجه به جمیع این موارد می‌توان گفت که علت اصلی روند مشاهده شده در ایستگاه‌های کشور بیشتر ناشی از توسعه شهرنشینی و اثرات ناشی از آن می‌باشد. البته با توجه به مکانیزم‌های شناخته شده و خواص فیزیکی گازهای گلخانه‌ای به خصوص CO<sub>2</sub>، اثر گرمایشی این گازها را نمی‌توان انکار کرد، ولی این که آیا این گاز در گرمایش جهانی (با شرط قبول آن) اثرگذار بوده است یا نه هنوز شک و تردیدهایی وجود دارد. همانطور که در این پژوهش نیز مشاهده گردید روند

افزایشی نرخ میزان  $CO_2$  جو یک امر بدیهی است و نرخ این افزایش در دهه‌های اخیر بیشتر بوده است. همچنین وجود روند گرم‌شدن هوا در پهنه کشور با توجه به داده‌های موجود مشهود می‌باشد، حال این امر که آیا این دو افزایش با هم ارتباط دارند یا خیر نیاز به یک بررسی دقیق‌تر با سری داده‌های طولانی‌تر دارد.





## منابع و مأخذ

۱. جهانگیری، زهره، رحیم زاده، فاطمه، نقش قابلیت اعتمادپذیری داده‌ها در مطالعات تغییرات اقلیمی، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، ۱۳۸۲.
۲. رحیم زاده، فاطمه، آشکارسازی تغییر اقلیم در ایران، پژوهشکده هواشناسی، ۱۳۸۱.
۳. رحیم زاده، فاطمه، عسگری، احمد، نوحی، کیوان، نگرشی بر تفاوت نرخ افزایش دمای حداقل و حداکثر و کاهش دامنه شبانه روزی دما در کشور، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، ۱۳۸۲.
۴. عساکره، حسین، غیور، حسنعلی، تغییرات دمایی کره زمین طی سده گذشته، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، ۱۳۸۲.
۵. مسعودیان، ابوالفضل، تحلیل ساختار دمای ماهانه ایران، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، جلد پانزدهم- شماره ۱ و ۲- ۱۳۸۲.
6. Analysis Climate Variability And Its Relationship Atmosphere Carbon Concentration, Annual Progress Report For ۹۷/۹۸.
7. Co<sub>2</sub> data of mana loa, <http://cdiac.esd.ornl.gov/ftp/maunaloa-co2/maunaloa.co2>
8. Carbon Dioxide, [www.docm.mmu.ac.uk](http://www.docm.mmu.ac.uk), Manchester Metropolitan University, ۲۰۰۳.
9. Tracing The Role Of Carbon Dioxide In Global Warming, Science And Technology Review, ۱۹۹۸.
9. Ahlbeek. Jarl, Increase Of The Atmosphere Carbon Dioxide Concentration Du to Ocean Warming, Abo Akademi- University Finland, ۲۰۰۳.
10. Ahlbeek. Jarl, The Carbon Dioxide Thermometer Updated, Abo Akademi- University Finland, ۲۰۰۲.
11. Conover, W.J., Practical Nonparametric Statistics, ۲<sup>nd</sup> Ed., John Wiley & Sons, ۱۹۷۱, pp. ۲۱۶-۲۲۳.



۶. Dietze, Peter, Carbon Model Calculation, daly@mierotech.com.au, ۲۰۰۱.
۷. Ghil, M., and R. Vautard, Interdecadal oscillations and the warming trend in global temperature time series, *Science*, ۱۹۹, ۱۰۶۵-۱۰۶۸, ۱۹۹۱.
۸. Gilbert, R.O., Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring, Van Nostrand Reinhold, ۱۹۸۷, pp. ۲۰۴ - ۲۴۰ and ۲۷۲.
۹. Hansen, J., and S. Lebedeff, Global trends of measured surface air temperature, *J. Geophys. Res.*, ۹۲, ۱۳,۳۴۵-۱۳,۳۷۲, ۱۹۸۷.
۱۰. Hasselmann, K., Climate change: Are we seeing global warming?, *Science*, ۲۷۶, ۹۱۴-۹۱۵, ۱۹۹۷.
۱۱. Hegerl, G. C., H. v. Storch, K. Hasselmann, B. D. Santer, U. Cubasch, and P. D. Jones, Detecting greenhouse-gas-induced climate change with an optimal fingerprint Method, *Journal of Climate*, ۹, ۲۲۸۱-۲۳۰۶, ۱۹۹۶.
۱۲. Hegerl, G. C., K. Hasselmann, U. Cubasch, J. F. B. Mitchell, E. Roeckner, R. Voss, and J. Waskewitz, On multi-fingerprint detection and attribution of greenhouse gas and aerosol forced climatic change, *Climate Dynamics*, ۱۳, ۶۱۳-۶۳۴, ۱۹۹۷.
۱۳. Henderson-Sellers, A., and P. J. Robinson, *Contemporary Climatology*, ۴۳۹ pp., John Wiley Sons, Inc., New York, ۱۹۸۶.
۱۴. Jones, P. D., and G. C. Hegerl, Comparisons of two methods of removing anthropogenically related variability from the near-surface observational temperature field, *J. Geophys. Res.*, ۱۰۳ (D1۲), ۱۳,۷۷۷-۱۳,۷۸۶, ۱۹۹۸.
۱۵. Jones, P. D., K. R. Briffa, Global surface air temperature variations during the ۲۰th century: Part ۱-Spatial, temporal and seasonal details, *Holocene*, ۱, ۱۶۵-۱۷۹, ۱۹۹۲.

۱۶. Jones, P. D., T. J. Osborn, and K. R. Briffa, Estimating sampling errors in large-scale temperature averages, *Journal of Climate*, ۱۰ (۱۰), ۲۵۴۸-۲۵۶۸, ۱۹۹۷.
۱۷. Kirchner, J.W, The Gaia Hypothesis: Fact, Theory and Wishful Thinking, *Climate Change*, ۵۲, ۲۰۰۲.
۱۸. Libsella, Claud, Multivariate And Partial Mann-kendall Test, [www.mai.liu.se](http://www.mai.liu.se), ۲۰۰۲.
۱۹. Michel, E. Loik, Travis, E. Huxman, *Journal Of Arid Environments*, ۴۶, ۲۰۰۰.
۲۰. Mudel, See, M, The Phase Relations Among Atmospheric CO<sub>2</sub> Content Temperature And Global Ice Volume Over The Past ۴۲۰ ka, *Quaternary Science Reviews*, ۲۰, ۲۰۰۱.
۲۱. Nicholls, N., G. V. Gruza, J. Jouzel, T. R. Karl, L. A. Ogallo, and D. E. Parker, Observed climate variability and change, in *Climate Change ۱۹۹۵: The Science of Climate Change*, edited by J. T. Houghton, L. G. M. Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell, pp. ۱۳۳-۱۹۲, Cambridge University Press, Cambridge, UK, ۱۹۹۶.
۲۲. North, G. R., and K.-Y. Kim, Detection of forced climate signals. Part II: Simulation results, *Journal of Climate*, ۶, ۴۰۹-۴۱۷, ۱۹۹۵.
۲۳. North, G. R., K.-Y. Kim, S. P. Shen, and J. W. Hardin, Detection of forced climate signals. Part I: filter theory, *Journal of Climate*, ۶, ۴۰۱-۴۰۸, ۱۹۹۵.
۲۴. Peixoto, J. P., and A. H. Oort, *Physics of Climate*, ۵۲۰ pp., American Institute of Physics, New York, ۱۹۹۲.
۲۵. Santer, B. D., K. E. Taylor, T. M. L. Wigley, J. E. Penner, P. D. Jones, and U. Cubasch, Towards the detection and attribution of an anthropogenic effect on climate, *Climate Dynamics*, ۱۲, ۷۹-۱۰۰, ۱۹۹۵.

۲۶. Schlesinger, M. E., and N. Ramankutty, An oscillation in the global climate system of period ۶۵-۷۰ years, *Nature*, ۳۶۰, ۳۳۰-۳۳۳, ۱۹۹۴.
۲۷. Sherwood.B.Idso, ۴۰۰,۰۰۰ Years Of Atmospheric Co<sub>2</sub>, Methane And Temperature Data, *Climatic Change*, Vol.۵, No.۱۹, ۲۰۰۲.
۲۸. Unfccc, A Guide To The Climate Chang Convention And Its Kyoto Protokol, Climate Change Secretariat. ۲۰۰۲.