

## تحلیل نقش گاز دی اکسید کربن در نوسانات دمای حداکثر فصلی ایران

یوسف قویدل رحیمی<sup>۱</sup>

منوچهر فرج زاده<sup>۲</sup>

مسعود صالحیان<sup>۳</sup>

### چکیده

دما به منزله‌ی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های آب‌وهوایی است که وضعیت کلی هوای یک منطقه را نشان می‌دهد و کمتر دست‌خوش تغییر واقع می‌شود و مستقل از زمان است. تغییر اقلیم و افزایش دما یکی از مسایل مهم زیست محیطی است که در سالهای اخیر مطالعات زیادی در مورد آنها انجام شده است با توجه به موقعیت ایران در کمربند خشک نیمکره شمالی و خطراتی که در پی تغییر اقلیم کشور ما را تهدید می‌کند شناخت تاثیر گازهای گلخانه‌ای و بویژه دی اکسید کربن اهمیت بالایی دارد. در این تحقیق داده‌های دمای حداکثر فصلی ۱۷ ایستگاه سینوپتیک کشور با داده گاز دی اکسید کربن در طول دوره آماری ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰ با استفاده از روش همبستگی پیرسون مورد تحلیل آماری قرار گرفت. همچنین نمودار تغییرات دما و دی اکسید کربن ایستگاه-های با بیشترین ضریب همبستگی ترسیم و سپس نقشه‌های توزیع فضایی ضرایب همبستگی ترسیم و مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که فصل زمستان با ۱۴ ایستگاه دارای همبستگی در سطح معناداری، فصل تابستان با ۱۰ ایستگاه و فصل بهار با ۲ ایستگاه به ترتیب بیشترین تاثیر را

۱- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران(نویسنده مسئول)

Email: ghavidel@modares.ac.ir

۲- استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- دانشجوی آب و هواشناسی کاربردی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

از دی اکسید کربن پذیرفته اند. همچنین ارتباطی بین دمای حداکثر فصل پاییز و دی اکسید کربن مشاهده نشده است. نتایج تحلیل فضایی نیز حاکی از آن است که مناطق مرکزی و جنوب شرق کشور بیشترین تاثیر را از این گاز داشته اند و دمای این مناطق روند افزایشی را بویژه در زمستان و تابستان داشته است.

**واژگان کلیدی:** دمای حداکثر، دی اکسید کربن، تغییر اقلیم، ایران

### مقدمه

بدون شک اقلیم شناسی دما خصوصاً از منظر پارادایم تغییر اقلیم، مهم‌ترین چالش علمی دنیای معاصر است. در خصوص تغییر اقلیم مباحث گوناگون و گاه متضادی توسط اقلیم شناسان مطرح شده است به نحوی که بعضی ها معتقد به تغییر مثبت و گرمایشی و بعضی ها با توجه به کاهش فعالیت‌های خورشیدی بویژه لکه‌های خورشیدی معتقد به سرمایش جهانی هستند.

در بین مباحث اقلیم شناسی موضوعی که توجه محققان را در حال حاضر به خود جلب کرده است بحث تغییر اقلیم و چگونگی و نتایج آن است که یکی از معضلات کنونی جامعه بشری بوده و تهدید و بلایی برای سیاره زمین به شمار می آید. هر گونه داوری درباره ی اقلیم‌های آینده مستلزم آگاهی از نشر جهانی و منطقه‌ای گازهای گلخانه‌ای در آینده است (ثبوتی، ۱۳۹۰: ۱۲۱).

در سده‌های اخیر، انسان به عنوان یک عامل در عرصه ی سیستم اقلیمی ظهور نموده و در نوسانات اقلیمی و زیست محیطی زمین اثر سوئی داشته است. یکی از دلایل انسانی تغییر اقلیم و افزایش دمای کره ی زمین در سال‌های اخیر افزایش گازهای گلخانه‌ای ناشی از رشد جمعیت طی قرن گذشته و افزایش توسعه ی صنعتی در این مدت بوده است. تقریباً ۱۰ درصد CO<sub>2</sub> اتمسفر به علت استفاده بشر از سوخت‌های فسیلی می‌باشد (بیران، ۱۳۸۶: ۱۹).

با توجه به این که کشور ما نیز در معرض تغییرات اقلیمی ناشی از دو برابر شدن  $CO_2$  جو است، و با توجه به آثاری که تغییر اقلیم یاد شده می تواند بر بخشهای مختلف از جمله کشاورزی، منابع آب، انرژی (خصوصاً انرژیهای آبی، بادی، خورشیدی) و همچنین بخش بسیار مهم بهداشت و درمان (بیماریهای خاص ناشی از افزایش دما بویژه بیماریهای ناشی از امواج گرم مثل گرما زدگی و بیماریهای منتقله از حشرات که بر اثر گرمایش اقلیم تکثیر بسیار بیشتری میبند و آثار آنها بر بروز و انتقال بیماریها بیشتر می گردد) داشته باشد، مطالعه تأثیر پذیری اقلیم و کم و کیف تغییر آن از اهمیتی اساسی برخوردار است (قویدل رحیمی و خورشید دوست، ۱۳۸۴: ۴). بر اساس تحقیقات و ارزیابی های انجام شده در طرح توانمندسازی تغییر آب و هوا تحت نظر کنوانسیون تغییر آب و هوای سازمان ملل متحد و با استفاده از سناریوهای مطرح شده توسط IPCC، اگر میزان غلظت دی اکسید کربن تا سال ۲۱۰۰ دو برابر شود، دمای متوسط ایران به میزان  $1/5$  تا  $4/5$  درجه سانتیگراد افزایش خواهد یافت که این مسئله تغییرات محسوسی را در منابع آبی، میزان تقاضای انرژی، تولیدات کشاورزی و نواحی ساحلی موجب خواهد شد.

محققانی در سطح جهانی و منطقه ای مطالعات خود را بر روی تغییرات عناصر اقلیمی انجام داده اند. از جمله می توان به کارهای انجام شده زیر اشاره کرد.

همچنین میشل (۱۹۸۹)، در تحقیقی به این نتیجه رسید که در اثر دوبرابر شدن دی اکسید کربن، درجه حرارت بین  $2/8$  تا  $5/2$  درجه سانتیگراد و بارندگی بین  $7/1$  تا  $15$  درصد افزایش می یابد. هرچند با دو برابر شدن  $CO_2$ ، میزان بارندگی افزایش می یابد ولی افزایش بارش در نقاط مختلف یکسان نیست. در مناطقی با عرض جغرافیایی زیاد، بطور کلی میزان بارندگی و رواناب افزایش می یابد ولی در مناطق با عرض جغرافیایی کم، بارندگی بسته به منطقه افزایش یا کاهش نشان می دهد. هرچند که این افزایش و کاهش به صورت محلی در مناطق مختلف از مدلی به مدل دیگر متفاوت است. راموس و همکاران (۲۰۱۲)، با تجزیه و تحلیل چند متغیره تغییرات فصلی دما و بارش در طول ۶۰ سال گذشته در آب و هوای مدیترانه ای منطقه شمال شرق اسپانیا به این نتیجه رسیدند که، در تمام ایستگاه ها با توجه به فصول مختلف سال دما حدود  $1/5$  تا  $2/5$  درجه افزایش یافته است. چن و همکاران

(۲۰۱۳) در یک مطالعه جالب آب و هوای اواخر دوره کرتاسه شرق آسیا را بر اساس غلظت و تمرکز گاز دی‌اکسیدکربن مدل سازی کرده اند. شبیه سازی‌های حاصل از مدل‌ها نشان دادند که سیستم‌های کلان مقیاس فشار و جهت بادهای غالب شرق آسیا در دوره کرتاسه نسبت به زمان حال تفاوت‌های زیادی کرده اند. نیز میانگین دمای متوسط سالانه شرق بالاتر از حد فعلی آن بوده و به دمای برآوردی از شواهد زمین‌شناسی نزدیک تر بوده است. در ایران نیز محققانی در این زمینه کارهایی انجام داده اند که شامل موارد زیر می‌باشد.

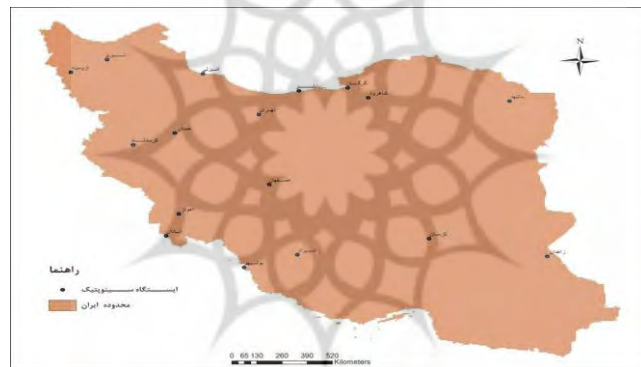
عزیزی و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی روند دمای متوسط سالانه در ۱۲ ایستگاه منتخب دریافتند که در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه روند افزایشی دما با شدت‌های مختلف مشاهده شده که ممکن است از افزایش میزان CO<sub>2</sub> ناشی شده باشد. شبیه سازی تغییرات دما و بارش تبریز در شرایط دو برابر شدن دی‌اکسید کربن جو با استفاده از مدل موسسه مطالعات فضایی گودارد GISS مبین افزایش دمای تبریز در کلیه مقاطع ماهانه، فصلی و سالانه و کاهش بارش در ماه‌های فصول زمستان (فوریه و مارس) و بهار (آوریل و می) و افزایش آن در فصول تابستان، پاییز و نیز مقطع سالانه هستند (قویدل رحیمی، ۱۳۸۶). همچنین میری و اربابی (۱۳۹۱) به این نتیجه رسیدند که، بالاترین همبستگی بین دی‌اکسید کربن جو و دما مربوط به ماه فوریه، مارس و اکتبر است و بالاترین ضریب همبستگی به حداقل دما تعلق دارد. مطالعات جدید نشان داده اند که نقش گازهای گلخانه‌ای خصوصاً دی‌اکسید کربن جو در بارش ایران بسیار اندک و گاه معکوس است (قویدل و همکاران، ۲۰۱۶: ۴۷). همین رابطه در خصوص اثر گاز هگزا فلورید گوگرد (قویدل رحیمی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۳) نیز قابل مشاهده بوده و تطبیق ادعاهای جهانی در ارتباط با اثر گازهای گلخانه‌ای بر تغییر اقلیم نیاز به مطالعات جدی‌تر و آشکارسازی‌های دقیق آماری و سینوپتیک و دینامیک و همچنین مطالعه نقش سایر گازهای مؤثر دارند. قویدل رحیمی و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی ارتباط دماهای حداقل ماهانه ایران با شاخص ناهنجاری‌های دمایی خشکی‌ها و اقیانوس‌های کره زمین، معتقدند که گرمایش گلخانه‌ای زمین عامل و بانی اصلی تغییرات دمای حداقل ایران است.

این مطالعه با هدف بررسی مستقیم رابطه دی اکسید کربن جو با دماهای حداکثر فصلی ایران انجام شده است.

### مواد و روش ها

در این تحقیق ۲ گروه از داده ها مورد استفاده قرار گرفته اند که عبارتند از:

داده‌های مربوط به مقادیر دمای حداکثر ۱۷ ایستگاه سینوپتیک ایران که در شکل ۱ پراکنده‌گی جغرافیایی آنها مشخص شده و داده‌های آن از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردیده است.



شکل ۱- نقشه پراکنده‌گی ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه

داده‌های مربوط به میزان گازهای گلخانه‌ای که از ایستگاه شاخص جهانی مونالوا (Mauna Loa) واقع در جزایر هاوایی از سایت (NOAA/ESRL) اخذ گردیده است.

داده‌های گروه اول شامل ۱۷ ایستگاه سینوپتیک کشور هستند، که با توجه به دوره آماری گاز دی اکسید کربن (۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰) در بازه زمانی فصلی مرتب سازی و بازسازی و تخمین داده‌های مفقود پارامترهای مختلف دمایی (با استفاده از روش معادله ی رگرسیون) انجام گرفت. با توجه به اینکه داده‌های اقلیمی بویژه در مناطق خشک از نوسانات زیادی

برخوردار هستند، از این رو مطالعه تغییرات داده‌ها به منظور آگاهی از رفتار و مکانیسم انجام تغییرات از طریق شاخص‌های پراکندگی از اهمیت زیادی برخوردار است. سپس خصوصیات آماری داده‌های دمای حداکثر شامل میانگین (به درجه سانتیگراد)، انحراف معیار، چولگی و ضریب تغییرات (به درصد) برای هر کدام از ایستگاه‌ها در طول دوره آماری ۳۵ ساله مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه با توجه به این که تعداد داده‌ها زیاد و دارای توزیع نرمال بودند از ضریب همبستگی پیرسون برای تحلیل رابطه گاز دی اکسید کربن و دمای حداکثر انتخاب و برای هر کدام از ایستگاه‌ها در فصول مختلف سال محاسبه شد. نتایج ضریب همبستگی با استفاده از روش درون‌یابی ضریب معکوس فاصله‌ای IDW به صورت نقشه‌هایی برای سه فصل بهار، تابستان و زمستان که دارای حداقل یک ایستگاه با همبستگی در سطح معناداری بودند ترسیم و مورد تحلیل قرار گرفت. در مرحله بعد از بین ایستگاه‌هایی که دارای همبستگی معنادار بین دی اکسید کربن و دمای حداکثر بودند، نمودار تغییرات دی اکسید کربن و دمای حداکثر ایستگاهی که دارای بیشترین ضریب همبستگی بود، ترسیم و تغییرات آن مورد بررسی قرار گرفت.

ضریب همبستگی پیرسون از ضرایب مهم برای تعیین همبستگی بین دو متغیر با مقیاس‌های فاصله‌ای و نسبی بوده و روشی پارامتری است که برای داده‌هایی با توزیع نرمال با تعداد داده‌های مشخص و زیاد استفاده می‌شود. این ضریب با علامت  $r$  نمایش داده می‌شود و بین  $+1$  و  $-1$  تغییر می‌کند (مومنی و فعال قیومی، ۱۳۸۹: ۱۱۰-۱۱۲).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

که در این رابطه،  $Y$  متغیر جوی،  $\bar{Y}$  میانگین متغیر جوی،  $X$  زمان،  $\bar{X}$  میانگین زمان و  $n$  تعداد سری‌های زمانی می‌باشد. با مشخص شدن مقدار  $r$  با استفاده از جدول ضریب همبستگی پیرسون معنی‌داری آن در سطح اطمینان مورد نظر بررسی می‌شود.

### نتایج و بحث

نقش گاز دی اکسید کربن در نوسانات دمای حداکثر فصلی ایران در بهار

داده‌های دمای حداکثر فصل بهار ایستگاه‌های کشور مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار داده شد که نتایج حاصله در جدول ۱ درج گردیده است.

مهمترین نتایج حاصله از تحلیل آماری دمای حداکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه را می‌توان به شرح ذیل خلاصه کرد:

الف: آبادان بالاترین و انزلی کمترین متوسط دمای حداکثر را در بین ایستگاه‌های کشور دارا می‌باشند.

ب: ایستگاه کرمانشاه دارای بیشترین و ایستگاه بابلسر و بوشهر دارای کمترین مقدار انحراف معیار دما در بین ایستگاه‌ها می‌باشند.

جدول ۱- فراسنج‌های آمار توصیفی دمای حداکثر فصل بهار ایستگاه‌های کشور ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰

ایستگاه	میانگین	انحراف معیار	چولگی	ضریب تغییرات	ایستگاه	میانگین	انحراف معیار	چولگی	ضریب تغییرات
آبادان	۴۴/۳	۴/۴	-۰/۴	۱۰/۰	کرمانشاه	۳۲/۹	۵/۱	-۰/۱	۱۵/۴
اهواز	۴۴/۳	۴/۳	-۰/۵	۹/۷	مشهد	۳۴/۷	۳/۶	-۰/۱	۱۰/۴
انزلی	۲۸/۱	۴/۰	-۰/۵	۱۴/۱	ارومیه	۲۸/۲	۴/۱	-۰/۱	۱۴/۵
بابلسر	۳۰/۲	۳/۰	-۰/۲	۹/۸	شاهروود	۳۲/۸	۳/۹	-۰/۲	۱۱/۸
بوشهر	۴۰/۲	۳/۰	-۰/۱	۷/۵	شیراز	۳۴/۹	۴/۲	-۰/۳	۱۱/۹
اصفهان	۳۳/۴	۴/۳	-۰/۱	۱۲/۸	تبریز	۲۹/۵	۴/۵	-۰/۱	۱۵/۴
گرگان	۳۶/۰	۳/۴	۰/۴	۹/۴	تهران	۳۳/۹	۴/۳	-۰/۲	۱۲/۸
همدان	۳۰/۳	۴/۹	۰/۱	۱۶/۱	زاهدان	۳۷/۷	۳/۰	-۰/۲	۸/۰
کرمان	۳۴/۷	۳/۷	-۰/۱	۱۰/۸					

ج: چولگی دمای ایستگاه گرگان بیشترین و چولگی دمای ایستگاه انزلی کمترین مقدار در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه گردید که این امر نشان از عدم تقارن دمای این دو ایستگاه را دارد.

د: ضریب تغییرات ایستگاه همدان از بالاترین و ایستگاه بوشهر از کمترین مقدار برخوردار هستند.

رابطه بین دمای حداکثر فصل بهار و گاز دی اکسید کربن مورد بررسی قرار گرفت که ضرایب همبستگی آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- رابطه همبستگی بین دمای حداکثر فصل بهار و گاز دی اکسیدکربن ایران

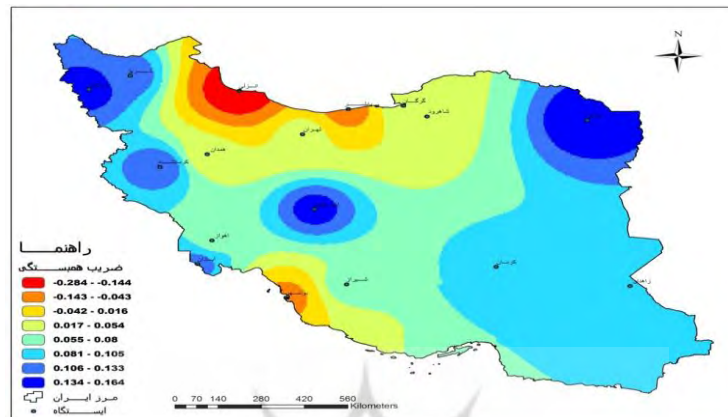
ایستگاه	همبستگی بیرسون	سطح اطمینان	ایستگاه	همبستگی بیرسون	سطح اطمینان
آبادان	+۰/۱۱۷	+۰/۱۱۳	کرمانشاه	+۰/۱۳۳	+۰/۰۸۵
اهواز	+۰/۰۷۰	+۰/۲۳۴	مشهد	+۰/۱۶۴*	+۰/۰۴۵
انزلی	-۰/۲۸۴**	+۰/۰۰۱	ارومیه	+۰/۱۵۲	+۰/۰۵۸
پابلسر	-۰/۰۸۸	+۰/۱۸۴	شاهرود	+۰/۰۴۹	+۰/۳۰۸
بوشهر	-۰/۰۷۴	+۰/۲۲۴	شیراز	+۰/۰۷۲	+۰/۲۳۰
اصفهان	+۰/۱۵۰	+۰/۰۶۱	تبریز	+۰/۱۲۲	+۰/۱۰۴
گرگان	+۰/۰۴۹	+۰/۳۰۸	تهران	+۰/۰۴۳	+۰/۳۲۹
همدان	+۰/۰۲۹	+۰/۳۸۲	زاهدان	+۰/۱۰۰	+۰/۱۵۱
کرمان	+۰/۱۰۲	+۰/۱۴۶	-	-	-

بر اساس جدول ۲ همبستگی بین دمای حداکثر فصل بهار ایستگاه انزلی و مقدار فصلی گاز دی اکسیدکربن بیشترین همبستگی را در بین تمام ایستگاه‌ها با میزان 0.284- در سطح معناداری ۰/۰۱ درصد دارد. بدین معنی که دمای حداکثر این ایستگاه با دی اکسید کربن رابطه ی معکوس با ضریب منفی را دارا می‌باشد. همچنین ایستگاه مشهد نیز دارای همبستگی معنادار در سطح ۰/۰۵ درصد می‌باشد. همبستگی سایر ایستگاه‌ها در این ماه فاقد سطح معناداری بوده اند.

به منظور تحلیل رابطه تاثیرگذاری گاز دی اکسید کربن جو بر دمای حداکثر فصل بهار ایستگاه‌های کشور در شکل ۲ توزیع فضایی ضرایب همبستگی مورد محاسبه بین دی اکسید کربن و دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه ترسیم گردید، که با توجه به آن نتایج تحلیل توزیع فضایی به شرح ذیل می‌باشد:

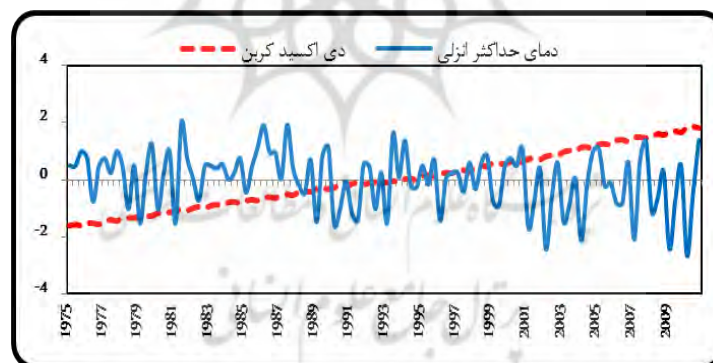
مناطق غربی سواحل خزر در این فصل بیشترین ارتباط منفی را با گاز دی اکسید کربن نشان می‌دهند. درحالیکه در شمال غرب ، شمال شرق و نواحی مرکزی کشور تأثیر این گاز بر دما در این فصل به صورت مثبت است. ارتباط معناداری بین این گاز و دما در سایر مناطق کشور تقریباً مشاهده نمی شود.





شکل ۲- همبستگی بین دمای حداکثر فصل بهار و گاز دی اکسید کربن

با توجه به شکل ۳ در طول دوره آماری با افزایش میزان گاز دی اکسید کربن، دمای حداکثر ایستگاه انزلی روند کاهشی داشته است.



شکل ۳- روند تغییرات دمای حداکثر انزلی و گاز دی اکسید کربن در فصل بهار

نقش گاز دی اکسید کربن در نوسانات دمای حداکثر فصلی ایران در تابستان داده‌های دمای حداکثر فصل تابستان ایستگاه‌های کشور مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار داده شد که نتایج حاصله در جدول ۴ درج گردیده است.

مهمترین نتایج حاصله از تحلیل آماری دمای حداکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه را می‌توان به شرح ذیل خلاصه کرد:

الف: آبادان بالاترین و انزلی کمترین متوسط دمای حداکثر را در بین ایستگاه‌های کشور دارند.

جدول ۴- فراسنج‌های آمار توصیفی دما حداکثر فصل تابستان ایستگاه‌های کشور ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰

ایستگاه	میانگین	انحراف معیار	چولگی	ضریب تغییرات	ایستگاه	میانگین	انحراف معیار	چولگی	ضریب تغییرات
آبادان	۴۸/۵	۱/۸۸	-۰/۲۷	۳/۹	کرمانشاه	۴۰/۱	۲/۲۸	-۰/۴۵	۵/۷
اهواز	۴۸/۴	۱/۸۳	-۰/۴۰	۳/۸	مشهد	۳۷/۸	۲/۲۲	۰/۰۸	۵/۹
انزلی	۳۱/۱	۱/۹۲	-۰/۰۱	۶/۲	ارومیه	۳۴/۱	۲/۱۵	-۰/۳۲	۶/۳
بابل‌سر	۳۳/۱	۱/۸۱	۰/۱۶	۵/۵	شاه‌رود	۳۶/۸	۲/۲۸	-۰/۳۱	۶/۲
بوشهر	۴۱/۶	۲/۸۷	۰/۵۷	۶/۷	شیراز	۳۹/۳	۱/۹۹	-۰/۳۱	۵/۱
اصفهان	۳۷/۹	۲/۳۰	-۰/۲۲	۶/۱	تبریز	۳۶/۵	۲/۳۷	-۰/۴۹	۶/۵
گرگان	۳۷/۳	۲/۴۳	-۰/۰۲	۶/۵	تهران	۳۸/۹	۲/۳۲	-۰/۳۹	۶/۰
همدان	۳۶/۸	۲/۲۵	-۰/۶۶	۶/۱	زاهدان	۳۸/۹	۲/۱۵	-۰/۱۷	۵/۵
کرمان	۳۷/۴	۲/۲۵	-۰/۱۰	۶/۰					

ب: ایستگاه بوشهر دارای بیشترین و ایستگاه بابل‌سر دارای کمترین مقدار انحراف معیار دما در بین ایستگاه‌ها می‌باشند.

ج: چولگی دمای ایستگاه بوشهر بیشترین و چولگی دمای ایستگاه همدان کمترین مقدار در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه گردید که این امر نشان از عدم تقارن دمای این دو ایستگاه را دارد.

د: ضریب تغییرات ایستگاه بوشهر از بالاترین و ایستگاه اهواز از کمترین مقدار برخوردار هستند.

رابطه بین دمای حداکثر فصل تابستان و گاز دی اکسید کربن مورد بررسی قرار گرفت که ضرایب همبستگی آن‌ها در جدول ۵ ارائه شده است.

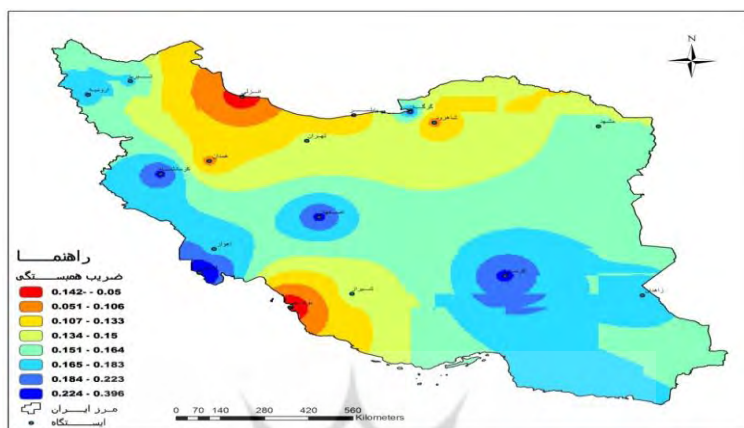
جدول ۵- رابطه همبستگی بین دمای حداکثر فصل تابستان و گاز دی اکسید کربن ایران

ایستگاه	همبستگی بیرسون	سطح اطمینان	ایستگاه	همبستگی بیرسون	سطح اطمینان
آبادان	-/۴۲۰**	+ /۰۰۰	کرمانشاه	+ /۲۶۹**	+ /۰۰۲
اهواز	- /۱۵۸	+ /۰۵۱	مشهد	- /۱۶۲*	+ /۰۴۷
انزلی	- /۱۳۸	+ /۰۷۸	ارومیه	+ /۱۹۰*	+ /۰۲۵
بابلسر	+ /۱۰۲	+ /۱۴۸	شاهرود	+ /۰۶۷	+ /۲۴۶
بوشهر	- /۱۶۴*	+ /۰۴۵	تبریز	+ /۱۵۳	+ /۰۵۷
اصفهان	- /۲۷۲**	- /۰۰۲	تهران	- /۱۷۳*	+ /۰۳۷
گرگان	+ /۲۱۶*	+ /۰۱۲	زاهدان	+ /۱۴۲	+ /۰۷۲
همدان	+ /۰۶۹	+ /۲۳۹			
کرمان	- /۲۶۴**	+ /۰۰۳			

بر اساس جدول ۵ همبستگی میان دمای حداکثر فصل تابستان ایستگاه آبادان و مقدار فصلی گاز دی اکسید کربن با میزان همبستگی 0.420 در سطح معناداری ۰/۰۱ درصد می-باشد که بیشترین همبستگی را در بین ایستگاه ها دارد. بدین معنی که دمای حداکثر این ایستگاه با دی اکسید کربن رابطه ی مستقیم با ضریب مثبت را دارا می باشد. دیگر ایستگاه-های دارای سطح معناداری به ترتیب بالاترین همبستگی، شامل: اصفهان ، کرمانشاه ، کرمان ، گرگان ، شاهرود ، زاهدان ، تبریز ، بوشهر و مشهد هستند، که در این بین همبستگی ایستگاه بوشهر دارای ضریب منفی است. همچنین همبستگی سایر ایستگاه ها در این ماه فاقد سطح معناداری بوده اند.

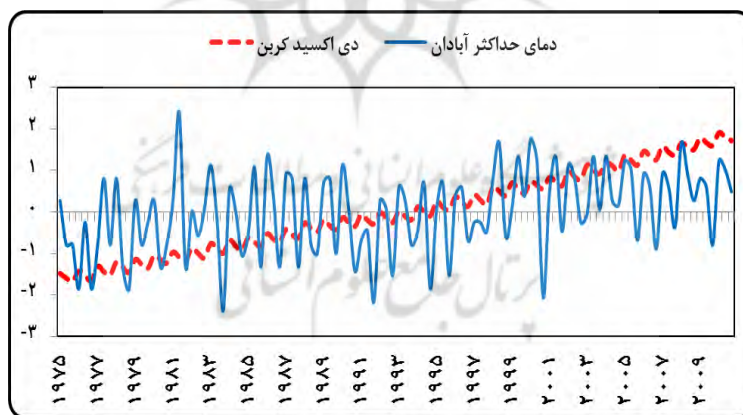
به منظور تحلیل رابطه تاثیرگذاری گاز دی اکسید کربن جو بر دمای حداکثر فصل تابستان ایستگاه های کشور در شکل ۴ توزیع فضایی ضرایب همبستگی مورد محاسبه بین دی اکسید کربن و دمای ایستگاه های مورد مطالعه ترسیم گردید، که با توجه به آن نتایج تحلیل توزیع فضایی به شرح ذیل می باشد:

دمای ایستگاه های دامنه های غربی رشته کوه زاگرس و مناطق مرکزی به سمت جنوب شرق کشور در این فصل بیشترین ارتباط مثبت را با گاز دی اکسید کربن نشان می دهند. درحالی که در سایر مناطق کشور ارتباط قابل ملاحظه ای بین این نوع گاز و دما مشاهده نمی شود.



شکل ۴- همبستگی بین دمای حداکثر فصل تابستان و گاز دی اکسید کربن

با توجه به شکل ۵ در طول دوره آماری با افزایش میزان گاز دی اکسید کربن، دمای حداکثر ایستگاه آبادان نیز روندی صعودی طی کرده است.



شکل ۵- روند تغییرات دمای حداکثر آبادان و گاز دی اکسید کربن در فصل تابستان

## نقش گاز دی اکسید کربن در نوسانات دمای حداکثر فصلی ایران در پاییز

داده‌های دمای حداکثر فصل پاییز ایستگاه‌های کشور مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار داده شد که نتایج حاصله در جدول ۶ درج گردیده است.

جدول شماره ۶- فراسنج‌های آمار توصیفی دمای حداکثر فصل پاییز ایستگاه‌های کشور ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰

ایستگاه	میانگین	انحراف معیار	چولگی	ضریب تغییرات	ایستگاه	میانگین	انحراف معیار	چولگی	ضریب تغییرات
آبادان	۲۳/۲	۶/۸۳	-۰/۰۷	۲۰/۵	کرمانشاه	۲۳/۴	۶/۳۶	-۰/۰۱	۲۷/۲
اهواز	۳۲/۹	۶/۹۹	-۰/۱۱	۲۱/۳	مشهد	۲۵/۱	۵/۷۵	-۰/۱۰	۲۲/۹
انزلی	۲۴/۵	۴/۷۴	-۰/۰۳	۱۹/۴	ارومیه	۱۸/۷	۶/۴۳	-۰/۱۹	۳۴/۴
بابلسر	۲۴/۷	۴/۳۹	-۰/۰۱	۱۷/۸	شاهرود	۲۱/۴	۶/۴۸	-۰/۱۲	۳۰/۳
بوشهر	۳۱/۸	۴/۷۷	-۰/۰۸	۱۵/۰	شیراز	۲۵/۷	۵/۴۱	-۰/۰۶	۲۱/۰
اصفهان	۲۳/۳	۵/۷۴	-۰/۰۳	۲۴/۶	تبریز	۱۹/۳	۶/۶۹	-۰/۱۴	۳۴/۶
گرگان	۲۸/۵	۵/۴۰	-۰/۰۲	۱۸/۹	تهران	۲۲/۹	۶/۴۱	-۰/۱۳	۲۸/۰
همدان	۲۰/۰	۶/۵۴	-۰/۲۰	۳۲/۷	زاهدان	۲۸/۲	۴/۶۷	-۰/۱۷	۱۶/۵
کرمان	۲۵/۹	۴/۵۰	-۰/۰۸	۱۷/۴					

مهمترین نتایج حاصله از تحلیل آماری دمای حداکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه را می‌توان به شرح ذیل خلاصه کرد:

الف: آبادان بالاترین و ارومیه کمترین متوسط دمای حداکثر را در بین ایستگاه‌های کشور دارا می‌باشند.

ب: ایستگاه اهواز دارای بیشترین و ایستگاه بابلسر دارای کمترین مقدار انحراف معیار دما در بین ایستگاه‌ها می‌باشند.

ج: چولگی دمای ایستگاه بابلسر بیشترین و چولگی دمای ایستگاه همدان کمترین مقدار در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه گردید که این امر نشان از عدم تقارن دمای این دو ایستگاه را دارد.

د: ضریب تغییرات ایستگاه بوشهر از بالاترین و ایستگاه تبریز از کمترین مقدار برخوردار هستند.

رابطه بین دمای حداکثر فصل پاییز و گاز دی اکسید کربن مورد بررسی قرار گرفت که ضرایب همبستگی آن‌ها در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷- رابطه همبستگی بین دمای حداکثر فصل پاییز و گاز دی اکسید کربن ایران

ایستگاه	همبستگی بیرونی	سطح اطمینان	ایستگاه	همبستگی بیرونی	سطح اطمینان
آبادان	-۰/۰۲۶	۰/۳۹۴	کرمانشاه	۰/۰۷۲	۰/۲۲۹
اهواز	-۰/۰۳۴	۰/۳۶۵	مشهد	-۰/۰۲۱	۰/۴۱۶
انزلی	۰/۰۰۷	۰/۴۷۰	ارومیه	۰/۰۲۹	۰/۳۸۲
پایسر	۰/۰۰۵	۰/۴۷۷	شاهرود	-۰/۰۳۷	۰/۳۵۱
بوشهر	-۰/۱۱۱	۰/۱۲۶	شیراز	-۰/۰۳۸	۰/۳۵۰
اصفهان	۰/۰۱۲	۰/۴۵۰	تبریز	۰/۰۵۹	۰/۲۷۳
گرگان	-۰/۰۶۳	۰/۲۵۹	تهران	۰/۰۲۴	۰/۴۰۲
همدان	-۰/۰۲۸	۰/۳۸۸	زاهدان	-۰/۰۰۷	۰/۴۷۰
کرمان	۰/۰۱۸	۰/۴۲۷			

در این ماه دمای حداکثر هیچ کدام از ایستگاه‌های کشور با گاز دی اکسید کربن همبستگی معنادار نداشته‌اند.

#### نقش گاز دی اکسید کربن در نوسانات دمای حداکثر فصلی ایران در زمستان

داده‌های دمای حداکثر فصل زمستان ایستگاه‌های کشور مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار داده شد که نتایج حاصله در جدول ۸ درج گردیده است.

جدول ۸- فراسنج‌های آمار توصیفی دمای حداکثر فصل زمستان ایستگاه‌های کشور ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰

ایستگاه	میانگین	انحراف معیار	چولگی	ضریب تغییرات	ایستگاه	میانگین	انحراف معیار	چولگی	ضریب تغییرات
آبادان	۲۷/۰	۴/۵۹	۰/۶۰	۱۷/۰	گرمانشاه	۱۷/۵	۴/۱۸	۰/۰۶	۲۳/۸
اهواز	۲۶/۶	۴/۶۴	۰/۴۱	۱۷/۴	مشهد	۲۰/۰	۴/۹۴	-۰/۰۸	۲۴/۸
انزلی	۱۹/۶	۶/۰۱	۰/۲۱	۳۰/۷	ارومیه	۱۳/۳	۴/۹۱	۰/۳۲	۳۶/۹
یابلسر	۲۰/۵	۴/۴۷	۰/۳۹	۲۱/۸	شاهرود	۱۶/۲	۵/۱۳	۰/۳۲	۳۱/۷
بوشهر	۲۷/۱	۳/۶۵	۰/۴۵	۱۳/۵	شیراز	۲۰/۸	۳/۶۰	۰/۲۹	۱۷/۳
اصفهان	۱۹/۲	۳/۸۰	۰/۳۲	۱۹/۸	تبریز	۱۳/۴	۴/۸۷	۰/۲۱	۳۶/۴
گرگان	۲۴/۱	۴/۵۰	۰/۱۶	۱۸/۷	تهران	۱۷/۹	۴/۶۱	۰/۰۵	۲۵/۷
همدان	۱۴/۰	۵/۴۶	-۰/۰۶	۳۹/۰	زاهدان	۲۴/۷	۳/۷۷	۰/۲۵	۱۵/۲
کرمان	۲۲/۰	۳/۵۵	۰/۵۸	۱۶/۱					

مهمترین نتایج حاصله از تحلیل آماری دمای حداکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه را می‌توان به شرح ذیل خلاصه کرد:

الف: بوشهر بالاترین و ارومیه کمترین متوسط دمای حداکثر را در بین ایستگاه‌های کشور دارا می‌باشند.

ب: ایستگاه انزلی دارای بیشترین و ایستگاه کرمان دارای کمترین مقدار انحراف معیار دما در بین ایستگاه‌ها می‌باشند.

ج: چولگی دمای ایستگاه آبادان بیشترین و چولگی دمای ایستگاه مشهد کمترین مقدار در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه گردید که این امر نشان از عدم تقارن دمای این دو ایستگاه را دارد.

د: ضریب تغییرات ایستگاه همدان از بالاترین و ایستگاه بوشهر از کمترین مقدار برخوردار هستند.

رابطه بین دمای حداکثر فصل زمستان و گاز دی اکسید کربن مورد بررسی قرار گرفت که ضرایب همبستگی آن‌ها در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۹- رابطه همبستگی بین دمای حداکثر فصل زمستان و گاز دی اکسید کربن ایران

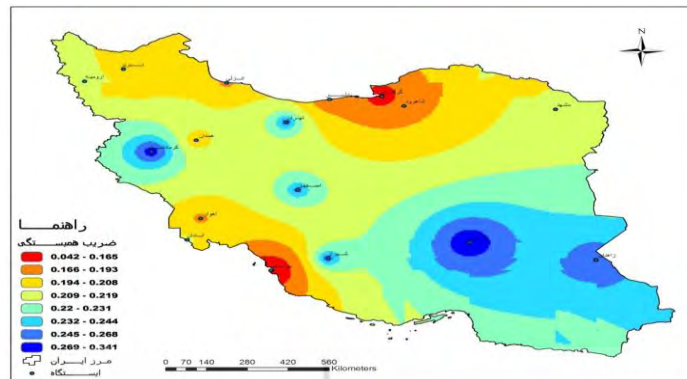
ایستگاه	ضریب همبستگی پیرسون	سطح اطمینان	ایستگاه	همبستگی پیرسون	سطح اطمینان
آبادان	-/۰۲۱۵*	-/۰۱۳	کرمانشاه	-/۰۳۱۵*	-/۰۰۰
اهواز	-/۰۱۷۹*	-/۰۳۲	مشهد	-/۰۲۱۷*	-/۰۱۲
انزلی	-/۰۱۸۱*	-/۰۳۱	ارومیه	-/۰۲۲۲*	-/۰۱۰
بابل	-/۰۱۵۶	-/۰۵۳	شاهرود	-/۰۱۸۷*	-/۰۲۶
بوشهر	-/۰۳۰	-/۰۳۷	شیراز	-/۰۲۶۷*	-/۰۰۳
اصفهان	-/۰۲۶۱**	-/۰۰۳	تبریز	-/۰۱۸۹*	-/۰۲۵
گرگان	-/۰۹۳	-/۰۶۹	تهران	-/۰۲۷۰**	-/۰۰۲
همدان	-/۰۱۸۷*	-/۰۲۷	زاهدان	-/۰۲۷۳**	-/۰۰۲
کرمان	-/۰۳۶**	-/۰۰۰	-	-	-

براساس جدول ۹ همبستگی میان دمای حداکثر فصل زمستان ایستگاه کرمان و مقدار فصلی گاز دی اکسید کربن با میزان همبستگی 0.346 در سطح معناداری ۰/۰۱ درصد می‌باشد که بیشترین همبستگی را در بین ایستگاه‌ها دارد. بدین معنی که دمای حداکثر این ایستگاه با دی اکسید کربن رابطه‌ی مستقیم با ضریب مثبت را دارا می‌باشد. بقیه ایستگاه‌ها بجز سه ایستگاه بابل، بوشهر و گرگان دارای همبستگی در سطح معناداری هستند.

به منظور تحلیل رابطه تاثیرگذاری گاز دی اکسید کربن جو بر دمای حداکثر فصل زمستان ایستگاه‌های کشور در شکل ۶ توزیع فضایی ضرایب همبستگی مورد محاسبه بین دی اکسید کربن و دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه ترسیم گردید، که با توجه به آن نتایج تحلیل توزیع فضایی به شرح ذیل می‌باشد:

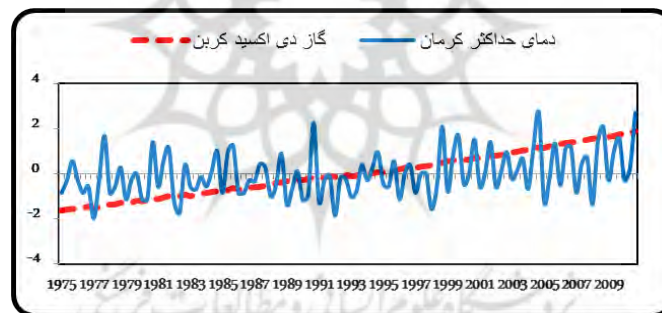
ایستگاه‌های بیشتر مناطق کشور بجز نواحی از سواحل دریای خزر و جنوب غرب در این فصل ارتباط بالایی مثبت را با گاز دی اکسید کربن نشان می‌دهند. بیشترین تاثیر این گاز بر روی دمای حداکثر مناطق مرکزی به سمت غرب و جنوب شرق ایران بوده است.





شکل ۶- همبستگی بین دمای حداکثر فصل زمستان و گاز دی اکسید کربن

با توجه به شکل ۷ در طول دوره آماری با افزایش میزان گاز دی اکسید کربن، دمای حداکثر ایستگاه کرمان نیز روند صعودی داشته است.



شکل ۷- روند تغییرات دمای حداکثر کرمان و گاز دی اکسید کربن در فصل زمستان

### نتیجه گیری

تحقیقات انجام شده پیرامون نقش گاز دی اکسید کربن جو عمدتاً به شبیه سازی اثرات دوبرابر شدن گاز مذکور بر دو عنصر اصلی دما و بارش بر اساس سناریوهای مختلف استوار بوده و به اثرات مستقیم دی اکسید کربن جو (همانند کار کریمی احمد آباد و قاسمی، ۱۳۹۶: ۳۴۱) چندان پرداخته نشده است. در مطالعات یاد شده بدون در نظر گرفتن کم و کیف رابطه و اثر دی اکسید کربن جو بر دما با استفاده از روش‌های مختلف ریزگردانی داده‌های مدل-

های عمومی گردش جو اقدام به پیش بینی شبه شبیه سازی عنصر دمای متوسط ماهانه شده و به اثر دی اکسید کربن جو بر دماهای بیشینه پرداخته نشده است.

با توجه به مطالعات انجام گرفته در رابطه با افزایش دی اکسید کربن و تاثیر آن بر دما به ویژه در ایران، نتایج این تحقیق نیز در رابطه با نوسانات دما (بیشتر افزایش دما) متاثر از گاز دی اکسید کربن در فصول مختلف سال (بیشتر فصل زمستان) در راستای مطالعات انجام گرفته مورد تأیید قرار می‌گیرد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق گاز دی اکسید کربن در فصول مختلف سال در سه فصل بهار، تابستان و زمستان دارای حداقل یک ایستگاه با سطح همبستگی معناداری است. در فصل بهار، ایستگاه انزلی دارای بیشترین همبستگی معنادار منفی و معکوس با دی اکسید کربن جو است. همچنین دمای حداکثر ایستگاه مشهد دارای همبستگی معنی دار مثبت و مستقیم با دی اکسید کربن جو می‌باشد. در این فصل دمای حداکثر مناطق شمالی کشور در سواحل دریای خزر بیشترین تاثیر را از گاز دی اکسید کربن پذیرفته‌اند. در فصل تابستان، ایستگاه آبادان بیشترین ضریب همبستگی معنادار مستقیم و مثبت را با دی اکسید کربن نشان می‌دهد. همچنین دمای حداکثر ۸ ایستگاه دیگر کشور دارای همبستگی معنادار مثبت و ایستگاه بوشهر همبستگی معنادار منفی با دی اکسید کربن جو هستند. در تابستان دمای حداکثر مناطق غربی کشور بیشترین تاثیر را از گاز دی اکسید کربن متحمل شده‌اند. مناطق مرکزی و جنوب شرقی ایران نیز به نسبت کمتری تحت تاثیر دی اکسید کربن قرار گرفته‌اند. در فصل پاییز دمای هیچ کدام از ایستگاه‌های کشور با دی اکسید کربن همبستگی معناداری نداشته‌اند. در فصل زمستان، ایستگاه کرمان دارای بیشترین همبستگی معنادار مستقیم و مثبت با دی اکسید کربن جو می‌باشد. بر اساس نتایج تحلیل فصلی تاثیر دی اکسید کربن بر دمای حداکثر فصل زمستان بیشتر از سایر فصول بوده که این تاثیر به صورت مثبت و مستقیم بوده و در مناطق مرکزی و جنوب شرق کشور شدیدتر از سایر مناطق کشور است.

به طور کلی اثر دی اکسید کربن جو بر دماهای بیشینه کشور در بعضی از ایستگاه‌ها به طور نامحسوس و خیلی ضعیف معنی دار بوده و در برخی از ایستگاه‌ها مثل انزلی حتی اثر

معکوس دارد یعنی با افزایش غلظت دی اکسید کربن دما کاهش می‌یابد. بر این اساس نمی‌توان دی اکسید کربن را به عنوان عاملی برای گرمایش جهانی اقلیم در ایران قلمداد نمود.



## منابع

- بران ، صدیقه، ۱۳۸۶، تغییر اقلیم چالش زیست محیطی قرن بیست و یکم ، مجمع تشخیص مصلحت نظام ، پژوهشکده تحقیقات استراتژیک گروه پژوهشی مطالعات بین الملل ، چاپ اول ، تهران.
- ثبوتی، یوسف ، ۱۳۹۰ ، زمین گرم ارمغان سده بیست و یکم ، موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی ، تهران ، چاپ اول.
- عزیزی، قاسم ، کریمی احمدآباد، مصطفی، سبک خیز، زهرا، ۱۳۸۴، رشد دمای چند دهه اخیر ایران و افزایش CO2 ، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۸-۲۳۳ : ۵.
- قویدل رحیمی، یوسف، ۱۳۸۶، شبیه سازی دما و بارش تبریز در شرایط دو برابر شدن دی اکسید کربن جو با استفاده از «مدل گردش عمومی مؤسسه مطالعات فضایی گودارد»، مجله پژوهش های جغرافیایی، ۶۶-۵۵ : ۶۲.
- قویدل رحیمی، یوسف، فرج زاده، منوچهر، عالی جهان مهدی، ۱۳۹۶، نقش ناهنجاری های دمای کره زمین در تغییرپذیری دماهای حداقل ایران، جغرافیا و برنامه ریزی، ۲۶۱-۲۴۳ : ۵۹.
- کریمی احمدآباد، مصطفی، قاسمی، الهه، ۱۳۹۶، بررسی پدیده تغییر اقلیم با رویکرد تصمیم گیری چندمعیاره جغرافیا و برنامه ریزی، ۳۶۱-۳۴۱ : ۶۱.
- قویدل رحیمی، یوسف، طولابی نژاد، میثم، فرج زاده، منوچهر، ۱۳۹۲، آشکار سازی آماری اثر گاز گلخانه ای هگزا فلورید گوگرد بر بارش های فصلی ایران در دهه اخیر، مجله جغرافیا و پایداری محیط، شماره ۹، ۳۲-۲۳ : ۹.
- Arbabi, A, Miri, Gh (2012), Studying temperature component variations in relation with the increase of the atmosphere carbon dioxide in Fars province, Iran, *Indian Journal of Science and Technology*, 5(9): 3281-3287.
- Chen, J; P, Zhaob; C, Wangc;Y, Huangc; K, Caod (2013), Modeling East Asian climate and impacts of atmospheric CO2 concentration during the Late Cretaceous (66 Ma), journal of

- Palaeogeography, Palaeoclimatology, *Palaeoecology*, 385: 190° 201.
- Ghavidel, Y, Farajzadeh, M, Tolabinejad, M (2016), Spatiotemporal analysis of carbon dioxide impact on seasonal rainfall oscillation in Iran, *Journal of Natural Environment Change*, 2(1): 47- 55.
  - IPCC (2007) *Climate Change: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change*; Ed. S. Solomon et al.; Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
  - Mitchell, J.B (1989), *The "Greenhouse" Effect And Climate Change*, Reviews of Geophysics, Meteorologica Office, 27 (1): 115-139.
  - Ramos, M. C., J.C. Balasch., J.A. Martínez-Casasnovas (2012), Seasonal temperature and precipitation variability during the last 60 years in a Mediterranean climate area of Northeastern Spain: a multivariate analysis, *Theor Appl Climatol*, 110: 10-29.