

مدل‌سازی تأثیر انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن بر گرمایش جهانی

میرحسین موسوی*، استادیار دانشگاه الزهراء (س)، تهران، ایران.

مجید حمامی، دانشجوی دکترای مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

E-mail*: Hmousavi_atu@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۱۱ - پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۵

چکیده

با توجه به اهمیت گرمایش جهانی و سیر صعودی افزایش درجه حرارت زمین طی دهه های اخیر و تأثیرات مخرب فراوانی که این پدیده بر بخشهای مختلف اقتصاد و محیط زیست می‌گذارد، ضرورت مدل‌سازی عوامل موثر بر افزایش متوسط درجه حرارت زمین در آینده به منظور کنترل و یا حذف و کاهش عوامل ایجاد کننده آن، بیش از گذشته معلوم می‌گردد. در این مقاله، ابتداءً با استفاده از منابع مختلف، نسبت به جمع آوری و استخراج اطلاعات و آمارهای مربوط به میانگین افزایش درجه حرارت و انتشار گاز گلخانه‌ای CO_2 در ۵ قاره جهان و خاورمیانه که با بیش از ۴۲٪ بیشترین سهم را در میان سایر گازهای گلخانه‌ای دارد، طی دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۹۴ اقدام شده است. هدف این مقاله این بوده است که بررسی کند افزایش میزان انتشار CO_2 چه تأثیری در گرمایش جهانی دارد. برای این منظور با استفاده از روش تحلیلی مبتنی بر مدل‌های اقتصاد سنجی و برآورد معادلات رگرسیونی در قالب دو مدل لگاریتمی دو طرفه و خطی از طریق روش حداقل مربعات معمولی اقدام به مدل‌سازی تأثیر گاز دی‌اکسید کربن بر درجه حرارت زمین شده است. نتایج حاصل از برآورد مدل لگاریتمی دو طرفه و همچنین مدل خطی حاکی از تأثیر مثبت میزان انتشار دی‌اکسید کربن بر متوسط افزایش درجه حرارت زمین می‌باشد. بر اساس مدل لگاریتمی دو طرفه با افزایش انتشار دی‌اکسید کربن به میزان یک درصد به طور متوسط ۱/۰۲ درصد درجه حرارت زمین افزایش می‌یابد. همچنین بر اساس مدل خطی با افزایش انتشار دی‌اکسید کربن به میزان یک واحد (تریلیون تن) به طور متوسط ۰/۹۳ واحد (درجه سانتی‌گراد) بر متوسط درجه حرارت زمین افزوده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اقتصاد محیط زیست، گازهای گلخانه‌ای، گرمایش جهانی، حداقل مربعات معمولی.

۱- مقدمه

هر شوکی بر هر ناحیه آن، بر کل سیستم تأثیر می‌گذارد. از این رو خطرها و چالش‌های زیست محیطی نه یک مسأله داخلی، بلکه یک مسأله جهانی است. اهمیت این موضوع در رابطه با آلودگی هوا بیش از هر عامل دیگری نمود دارد. از آنجا که مرزی در اتمسفر وجود ندارد، از این رو انتشار گازهای گلخانه‌ای در یک مکان و زمان معین می‌تواند با گذشت زمان در یک مکان دیگر اثر خود را نمایان سازد. بسیاری از آلاینده‌های حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی که در جو هوای اطراف کره زمین

در طی قرن گذشته رشد سریع پیشرفتهای تکنولوژی در جوامع صنعتی به طور معنی داری سهم مداخلات بشری را در تغییرات آب و هوایی افزایش داده است و تغییرات آب و هوایی و دمایی ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای یکی از چالش‌های علمی و سیاسی عصر حاضر می‌باشد. از آنجا که بر حفظ محیط زیست در تمامی قوانین بین‌المللی و ملی تأکید فراوان شده است، انسانها جهت ادامه زندگی می‌بایست برای حفظ آن تلاش کنند. تمامی موجودات زنده جهان به مثابه سیستم یکپارچه‌ای است که

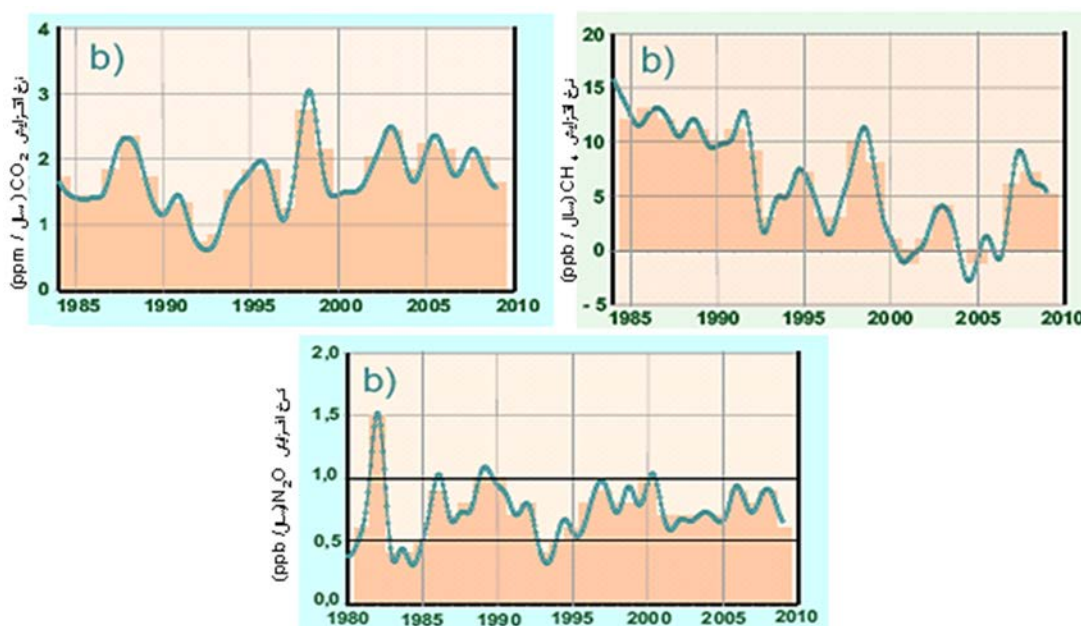
در طول دو دهه اخیر، افزایش نسبتاً سریعی داشته است (IPCC, 2001). داده‌های مربوط به مراکز هواشناسی جهان نشان می‌دهد که قرن گذشته، گرمترین دوره در طی زمان بوده است و دهه ۱۹۹۰ گرمترین دهه تاریخ ثبت شده است. همچنین سال ۱۹۹۸ گرمترین سال شناخته شده است. (World Bank, 2009). از طرفی بخش قابل توجهی از تغییرات آب و هوایی و گرمایش جهانی را می‌توان علاوه بر افزایش آلاینده‌های هوا، ناشی از افزایش وارونگی حرارتی و اثر گلخانه‌ای به خصوص غلظت گاز CO_2 در اتمسفر دانست (دبیری، ۱۳۸۲). روند انتشار دی اکسیدکربن و متوسط افزایش درجه حرارت زمین در شکل ۲ نشان داده شده است.

نکته قابل توجه آن است که تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای رابطه معناداری با شیوه زندگی ساکنان شهرهای جهان دارد. بسیاری از آلوده‌کننده‌های تولید شده به ویژه در یک دهه اخیر در شهرهای بزرگ ایالات متحده، چین، آلمان و هلند تولید شده و تبدیل به یکی از مشکلات ساکنان کره زمین شده است. شکل ۳ میزان انتشار گاز گلخانه‌ای دی اکسید کربن را در نقاط مختلف

انتشار پیدا می‌کنند، موجب بالارفتن غلظت گازهای گلخانه‌ای شده و در نتیجه باعث افزایش گرمایش جهانی کره زمین می‌شوند. جدیدترین اطلاعات آماری مراکز علمی جهان نشان می‌دهد که نرخ افزایش گازهای گلخانه‌ای نظیر CO_2 و CH_4 و N_2O در جو کره زمین طی سالهای ۱۸۸۵ تا ۲۰۱۰ نسبت به سال ۱۷۵۰ به ترتیب ۳۸٪، ۱۵۸٪ و ۱۹٪ افزایش یافته‌اند. شکل ۱ نرخ افزایش گازهای مذکور را طی دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۷۵ در جو کره زمین نشان می‌دهد (IPCC, 2007).

به هرحال نقش فعالیتهای بشری در افزایش میزان گازهای گلخانه‌ای به عنوان مسئول تغییرات آب و هوایی و گرمایش جهانی ثابت شده است. گزارشات علمی نشان می‌دهد

غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو، طی دهه‌های اخیر ۳۵٪ و دمای زمین حدود یک درجه سانتیگراد افزایش یافته است (گزارش اجلاس کپنهاگ، ۲۰۰۹). همچنین مطالعات نشان می‌دهد که این روند دمایی در طی زمان، یکنواخت نبوده است. میانگین تغییرات درجه حرارت زمین بین سالهای ۱۹۳۰-۱۸۶۰ ابتدا بسیار کم بوده، سپس

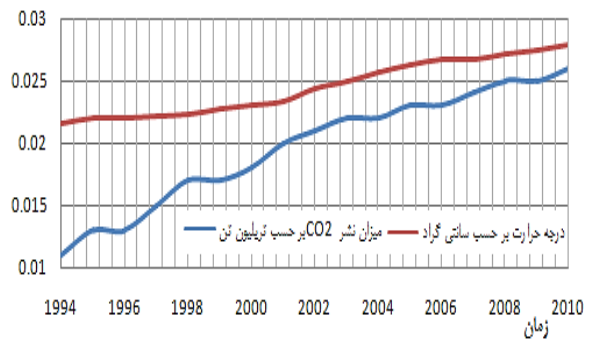


شکل ۱. نرخ افزایش انتشار گازهای دی اکسید کربن، متان، اکسید نیتروژن طی سالهای ۲۰۱۰-۱۹۷۵ (IPCC, 2007)

۲۰۰۹-۲۰۰۸، میزان انتشار گازهای CO_2 و CH_4 و N_2O در اتمسفر یک درصد افزایش یافته‌اند (IPCC, 2009) که این امر موجب تشدید اثر گلخانه‌ای و افزایش درجه حرارت کره زمین می‌گردد. خاطر نشان می‌شود که همواره مقداری از انرژی نور تابیده شده خورشید به زمین، توسط سطح زمین جذب می‌شود. در اثر تماس زمین با هوای اطراف، مقداری از این انرژی به حالت جابجایی آزاد، دفع شده و مقداری نیز با توجه به خاصیت تشعشع اجسام سیاه، به صورت انرژی تابشی به فضا منعکس می‌گردد. هوای اطراف زمین بخشی از انرژی تابیده شده از سطح زمین را جذب و مجدداً مقداری از آن را به سطح زمین می‌تاباند، درصد کمتری نیز به صورت انرژی تشعشعی اجسام سیاه به فضا تابیده می‌شود. بدین ترتیب، درجه حرارت زمین بر اثر جذب چنین انرژی می‌تواند افزایش یابد که در واقع همان اثر گلخانه‌ای می‌باشد (عباس‌پور، ۱۳۸۴). با توجه به اینکه سهم انتشار گاز CO_2 از گازهای گلخانه‌ای بیشترین مقدار می‌باشد، سهم آن در جذب انرژی تابیده شده از سطح زمین ۶۳/۵٪ بوده و در ده سال گذشته سهم آن در جلوگیری از بازتابش انرژی تابیده شده از زمین تا سطح ۸۵٪ هم رسیده است؛ از طرفی غلظت متوسط این گاز در سطح جهانی طی دو دهه اخیر، رشد ۱/۷ ppm در هر سال را نشان می‌دهد (IPCC, 2007)، از این رو در مدل‌سازی نقش گازهای گلخانه‌ای در گرمایش جهانی، از دی‌اکسید کربن به عنوان متغیر توضیحی استفاده می‌شود.

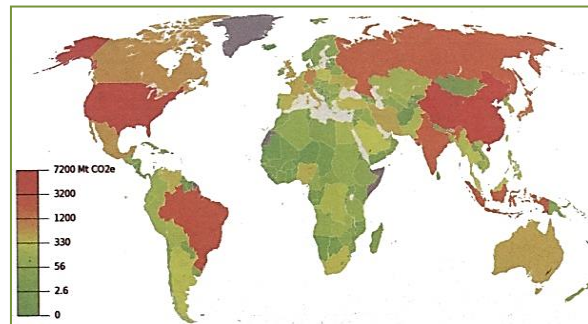
۳- نحوه جمع آوری آمار و اطلاعات

با توجه به نقش انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایجاد گرمایش جهانی، اطلاعات مربوط به میزان انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن که سهم بیشتری در میان انواع گازهای گلخانه‌ای دارد، برای تمامی کشورهای تولیدکننده این نوع گاز از منابع معتبر نظیر بانک جهانی، گزارشات مربوط به کنوانسیونهای بین‌المللی تغییرات آب و هوایی



شکل ۲. روند زمانی انتشار دی‌اکسید کربن و متوسط افزایش درجه حرارت زمین

جهان نشان می‌دهد (The IPCC Working Group II, 2001). بر این اساس هدف این تحقیق پرداختن به این موضوع است که بررسی کند افزایش میزان انتشار CO_2 چه تأثیری در گرمایش جهانی دارد.



شکل ۳. میزان انتشار گاز CO_2 (بر حسب مگا تن) در نقاط مختلف جهان

۲- سهم هر یک از گازهای گلخانه‌ای

گازهای گلخانه‌ای مجموعه‌ای از گازها، شامل دی‌اکسید کربن، کلروفلوئور و کربن‌ها، متان، دی‌نیتروژن از آن به ترتیب CH_4 (با ۱۸ درصد)، CFCS (با حدود ۱۸ درصد)، N_2O (با ۱۴ درصد) و سایر گازها (هالوژن، ازن تروپوسفری، سولفوریک هگزا فلوراید و غیره با حدود ۱۸ درصد) در مراتب بعدی قرار دارند (IPCC, 2009). براساس این گزارش بین سالهای ۲۰۰۹-۱۹۹۰، میزان جذب انرژی تابیده شده از سطح زمین توسط مجموعه گازهای پایدار گلخانه‌ای ۲۷/۵٪ افزایش یافته است، و این در حالی است که بین سالهای

شده است. لذا تحولات انجام یافته بعد از سال ۱۳۸۰ در این جدول در نظر گرفته نشده است و مدل سازی بر اساس آن دارای نتایج تورش داری خواهد بود. به همین خاطر در مقاله حاضر بر اساس روش اقتصادسنجی اقدام به مدل سازی تاثیر انتشار گاز گلخانه ای دی اکسیدکربن بر گرمایش جهانی می شود.

با توجه به توضیحات فوق، اطلاعات بکار رفته در این تحقیق از نوع داده‌های سری زمانی^۲ و به صورت سالانه (۲۰۱۰-۱۹۹۴) از پنج قاره جهان و منطقه خاورمیانه (شامل تمامی کشورهای تشکیل دهنده هر یک از قاره‌ها)، جمع‌آوری شده است. در کل، حجم مشاهدات به‌کار گرفته شده در این تحقیق ۱۷ مشاهده می‌باشد، که از لحاظ منطقی آماری و اقتصادسنجی (داشتن درجه آزادی) مقدار نسبتاً معقولی است.

۴-۱- بررسی خصوصیات آماری متغیرهای مدل

برخی از خواص آماری سری های زمانی میزان انتشار دی اکسید کربن و متوسط افزایش درجه حرارت زمین در جدول ۳ آورده شده است. در طول دوره مورد بررسی متوسط انتشار دی اکسید کربن و افزایش درجه حرارت زمین به ترتیب ۰/۲۴ تریلیون تن و ۰/۰۲ درجه سانتی گراد بوده است.

بررسی نمودارهای همبستگی نگار مربوط به متغیرهای میزان انتشار دی اکسید کربن (CO_2) و متوسط افزایش درجه حرارت زمین (TEM) نشان می دهد (شکل ۳) که در طول دوره مورد بررسی بر اساس آماره های خود همبستگی (AC) و خودهمبستگی جزئی (PAC) از فرآیند خود رگرسیون مرتبه اول ($AR(1)$) یعنی $CO_{2t} = \rho CO_{2t-1} + \varepsilon_t$, $TEM_t = \gamma TEM_{t-1} + v_t$ تبعیت کرده است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که دارای فرآیند ریشه واحد است. به این معنی که میانگین، واریانس و ضریب همبستگی متغیرهای مذکور وابسته به زمان می باشد. چنانچه این امر در مدل سازی مورد توجه واقع نشود منجر به رگرسیون کاذب خواهد شد.

جهان، سایتهای سازمانهای هواشناسی و سایر منابع علمی از قبیل کتب آمار و ترازنامه انرژی و مقالات مرتبط با موضوع گرمایش جهانی، بطور مستقیم و غیر مستقیم استخراج شدند (IPCC 2001, IPCC 2007, IPCC 2009) از آنجا که آمارهای ارائه شده در برخی از منابع، برحسب سرانه تولید گاز دی‌اکسیدکربن می‌باشد، از این رو جمعیت قاره‌های مختلف جهان و منطقه خاورمیانه طی دو دهه اخیر استخراج و نشر دی‌اکسیدکربن به تفکیک هر یک از قاره‌ها محاسبه گردیدند (جدول ۱ و ۲). همچنین برخی از اطلاعات مندرج در جداول نشر گاز CO_2 حاصل از احتراق سوختهای فسیلی که به تفکیک بخشهای مختلف (صنایع، حمل و نقل، تولید برق و حرارت، بخش خانگی و سایر) و نوع سوخت (نفت، گاز، زغال سنگ و سایر) بوده‌اند، پس از جمع‌آوری و جمع بندی هر یک از بخشهای ذکر شده نسبت به محاسبه میزان انتشار CO_2 اقدام گردید. خاطر نشان می‌شود که برخی از آمار و ارقامهای موجود در منابع مختلف براساس کشورهای OECD و غیر OECD و کشورهای اتحادیه اروپا ارائه شده‌اند که پس از دسته‌بندی و تجزیه و تحلیل این نوع آمارها، مقادیر متناسب با سایر اطلاعات کشورهای مختلف دنیا ملاک عمل قرار گرفته و در محاسبات و آمارهای مربوطه وارد گردیدند.

۴- روش پژوهش

برای بررسی و تحلیل نقش انتشار گاز گلخانه ای دی اکسیدکربن بر گرمایش جهانی رویکردهای مختلفی وجود دارد که از آن جمله می توان به رویکردهای ساختاری، استراتژیک، سیاستی و مدل های اقتصادسنجی اشاره کرد. با توجه به اینکه سه رویکرد اول مبتنی بر تکنیک داده - ستانده می باشند و از آنجایی که تهیه جدول داده- ستانده در هر سال دارای هزینه زیادی می باشد، لذا هر چند سال یکبار این جدول طراحی می شود (موسوی و خاکساری، ۱۳۸۶). در ایران آخرین جدول داده- ستانده توسط مرکز آمار در سال ۱۳۸۰ طراحی شده که در سال ۱۳۸۶ منتشر

مدل‌سازی تأثیر انتشار گاز گلخانه‌ای دی اکسید کربن بر گرمایش جهانی

جدول ۱. میزان انتشار گاز دی اکسید کربن (بر حسب میلیون تن) به تفکیک قاره های جهان و خاورمیانه طی سالهای ۲۰۱۰-۱۹۹۴

سال	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰
آمریکای شمالی	۵۵۱۵/۹	۵۶۲۴/۲	۵۷۳۴/۷	۵۸۱۱	۵۸۸۸/۳	۶۰۴۷	۶۲۱۰	۶۳۷۷	۶۵۴۹/۳	۶۶۳۶/۳	۶۷۲۴/۵	۶۸۸۰	۷۰۳۹/۲	۷۲۰۲/۱	۷۳۶۸/۸	۷۵۳۹/۲	۷۷۱۳/۷
آمریکای مرکزی و جنوبی	۶۶۵	۴۶۲۴	۷۶۴/۴	۷۹۶/۱	۸۲۹/۱	۸۳۴/۵	۸۴۰	۸۴۲/۳	۸۴۴/۶	۸۷۵/۴	۹۰۷/۴	۹۵۱/۷	۹۹۸/۳	۱۰۴۷/۱	۱۰۹۸/۳	۱۱۵۲	۱۰۲۸/۳
اروپا و اورآسیا	۶۲۹۵/۸	۶۴۱۱	۶۵۳۰/۱	۶۵۲۵/۹	۶۵۲۱/۷	۶۵۹۰/۶	۶۵۷۹/۷	۶۵۷۰	۶۵۵۴/۴	۶۵۷۶/۳	۶۷۰۰/۶	۶۷۵۱	۶۸۰۱/۹	۶۸۵۳/۱	۶۹۰۴/۷	۶۹۵۶/۷	۷۰۰۹/۱
خاورمیانه	۹۷۳/۲	۹۷۷/۳	۹۸۱/۵	۱۰۰۴/۱	۱۰۲۷/۲	۱۰۳۸/۴	۱۰۴۹/۷	۱۰۲۱	۱۰۹۲/۸	۱۱۳۷/۲	۱۱۸۳/۵	۱۲۴۶/۹	۱۳۱۳/۷	۱۳۸۴	۱۴۵۸/۲	۱۵۳۷/۳	۱۶۱۸/۷
آفریقا	۷۰۰/۳	۷۰۹/۱	۷۱۸	۷۱۷/۱	۷۱۶/۲	۷۳۰/۵	۷۴۵/۲	۷۴۴/۱	۷۴۳/۱	۷۷۷/۸	۸۱۴/۲	۸۴۳	۸۷۳	۹۰۴	۹۳۶/۱	۹۶۹/۳	۱۰۰۳/۸
آسیا و اقیانوسیه	۵۹۸۹/۱	۶۱۸۸	۶۳۹۳/۶	۶۴۴۴/۶	۶۴۹۶/۱	۶۷۷۳/۶	۷۰۶۳/۱	۷۳۲۶/۷	۷۶۰۰/۱	۸۴۲۱/۵	۹۳۳۱/۷	۹۳۳۳/۵	۹۳۳۵/۳	۹۳۳۷/۱	۹۳۳۸/۹	۹۳۴۰/۷	۹۳۴۲/۶
کل جهان	۲۱۸۶۹	۲۱۹۸۸	۲۲۰۹۲	۲۲۲۰۳	۲۲۳۱۶	۲۲۳۸۷	۲۳۰۷۱	۲۳۳۸۵	۲۴۴۱۱	۲۴۸۸۹	۲۵۶۶۲	۲۶۳۰۶	۲۶۶۶۱	۲۶۷۲۷	۲۷۱۰۵	۲۷۴۹۴	۲۷۸۹۶
متوسط افزایش درجه حرارت جهانی (°C)	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۷	۰/۰۱۸	۰/۰۲۰	۰/۰۲۱	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۵	۰/۰۲۶	

*- با استفاده از جدول ۲ (جمعیت هر یک از قاره ها) و جدول مربوط به تولید سرانه دی اکسید کربن در هر قاره (کتاب ترازنامه انرژی، وزارت نیرو، ۸۶-۱۳۸۲)، میزان انتشار CO₂ محاسبه شده است.
 **- جدول (۸۱-۹) از کتاب ترازنامه انرژی تحولات جهانی، وزارت نیرو، سال ۸۳-۱۳۸۲
 ***- جدول (۸۴-۹) از کتاب ترازنامه انرژی تحولات جهانی، وزارت نیرو، سال ۸۵-۱۳۸۴
 ****- جدول (۸۷-۹) از کتاب ترازنامه انرژی تحولات جهانی، وزارت نیرو، سال ۸۶-۱۳۸۵
 *****- از طریق درون یابی محاسبه شده است.

جدول ۲. جمعیت خاورمیانه و قاره های جهان (برحسب میلیون نفر)

سال	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴
آمریکای شمالی	۲۸۶	۲۹۰/۴	۲۹۵	۲۹۹	۳۰۴	۳۱۱	۳۱۸	۳۲۰	۳۲۲	۳۲۵/۵	۳۲۹
آمریکای مرکزی و جنوبی	۴۷۵	۴۸۲/۴	۴۹۰	۴۹۷	۴۹۹/۵	۵۱۰	۵۲۱	۵۲۴	۵۲۷	۵۴۰	۵۵۳
اروپا و اورآسیا	۷۲۷	۷۲۷/۵	۷۲۸	۷۲۸/۷	۷۲۹/۵	۷۲۷	۷۲۶	۷۲۵/۵	۷۲۵	۷۲۴/۴	۷۲۴
خاورمیانه	۱۶۲/۲	۱۶۲/۳	۱۶۲/۵	۱۶۲/۶	۱۶۲/۸	۱۶۳	۱۶۳/۱	۱۶۳/۲	۱۶۳/۳	۱۶۳/۴	۱۶۳/۵
آفریقا	۷۲۲	۷۳۵	۷۴۸	۷۶۳	۷۷۸/۵	۷۹۸/۵	۸۱۹	۸۲۲	۸۲۵/۶	۸۴۸	۸۷۱
آسیا و اقیانوسیه	۳۴۶۹	۳۴۹۱	۳۵۱۳	۳۵۶۵	۳۶۱۸/۵	۳۶۵۸	۳۶۹۸	۳۷۶۵	۳۸۳۱/۵	۳۸۵۷	۳۸۸۳
کل جهان	۵۸۴۱/۲	۵۸۸۸/۶	۵۹۳۶/۵	۶۰۱۵/۳	۶۰۹۲/۸	۶۱۶۷/۵	۶۲۴۵/۱	۶۳۱۹/۷	۶۳۹۴/۴	۶۴۵۸/۳	۶۵۲۳/۵

http://info.worldbank.org/etools/docs/library/48424/mls3bongaarts.pdf - *

http://luk.staff.ugm.ac.id/kmi/antar/Stat/1996.html - **

http://siteresources.worldbank.org/EXTOGMC/Resources/co2_emissions1.pdf - ***

http://en.wikipedia.org/wiki/World_population - ****

نتایج حاکی از آن است که فرضیه صفر مبنی بر اینکه متغیرهای میزان انتشار دی اکسید کربن و متوسط افزایش درجه حرارت زمین در سطح نامتناهی بوده و دارای ریشه واحد هستند، را نمی توان رد کرد. دلیل این امر آن است

با توجه به اینکه در بررسی پایایی متغیرها از طریق ترسیم نمودار همبستگی نگار احتمال وقوع خطای دید وجود دارد، لذا می توان از آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته که برای این منظور تعبیه شده است، استفاده کرد.

۵- مدل سازی

مدل سازی با بهره گیری از ریاضیات، آمار و نظریه های علمی به عنوان یکی از شاخه های هر حوزه ای از دانش مورد توجه محققین می باشد. مدل سازی در ابتدای راه با تکیه بر ابزارهای ساده ریاضی و آمارهای خام به منظور آزمون تجربی برخی ثنوری ها و یا آزمون برخی فرضیه ها مورد استفاده قرار گرفته است. بتدریج با توسعه مدلها، ابزارهای تخمین، در اختیار قرار گرفتن داده های سری زمانی و توسعه نرم افزارهای کامپیوتری از مدل سازی به منظور تحلیل سیاست و پیش بینی نیز بهره گرفته شده است. روش های تخمین که با روش حداقل مربعات معمولی شروع گردید، به تدریج توسعه یافتند. در واقع روش های تخمین پارامترها دارای روح ریاضی بوده و لحاظ فروض کلاسیک خصوصاً برای جزء اخلال تصادفی، مبنای استنتاج آماری را برای سنجش اعتبار و صحت آماری تخمین ضرایب فراهم می سازد.

از آنجایی که در ارزیابی ارتباط میان متغیرهای جوی و آلاینده های زیست محیطی مشکلاتی از قبیل پیچیدگی پدیده مورد بررسی و عدم سهولت در دسترسی به اطلاعات قالب غیرخطی که دربر گیرنده تمامی حالت های مذکور است استفاده می شود. شکل تبعی تبدیل (Cox - Box) لازم وجود دارد، بنابر این استفاده از مدل های معین^۷ با ترکیبی از دیدگاه های استاندارد در مورد غلظت آلاینده های جوی معمولاً دچار محدودیت می گردد (Jakeman et al., 1988).

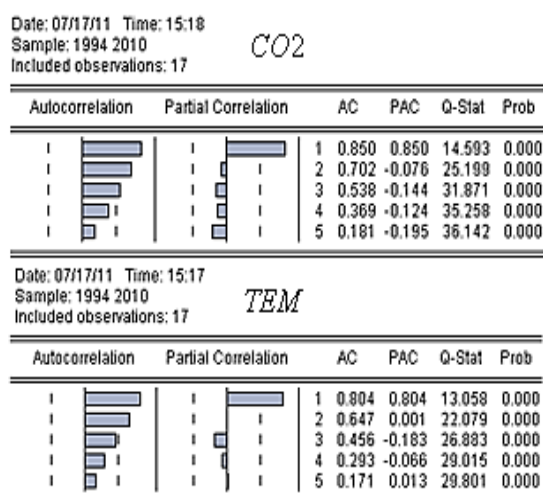
برخی از مؤلفین، اثبات کردند که ارتباطی آماری میان انتشار آلاینده ها و برخی از عوامل جوی (درجه حرارت، ...) وجود دارد (Benarie, 1980, Cross and Lacey, 1981). با توجه به اینکه این ارتباط آماری می تواند در قالب مدلی های خطی - خطی، لگاریتمی دو طرفه، خطی - لگاریتمی و لگاریتمی - خطی باشد و از آنجا که در ثنوری انتخاب بین این مدل ها مطرح نمی شود ولی در کاربرد محقق با این سوال مهم روبه رو می شود که از کدام مدل برای تبیین رفتار بین متغیر وابسته

جدول ۳. خصوصیات آماری میزان انتشار دی اکسید کربن و

متوسط افزایش درجه حرارت زمین

طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۴		
معیارهای آماری	دی اکسید کربن	متوسط افزایش درجه حرارت زمین
میانگین	۰/۰۲۴۴۸۹	۰/۰۱۹۷۰۶
میانه	۰/۰۲۴۴۱۱	۰/۰۲۱۰۰۰
حداکثر مقدار	۰/۰۲۷۸۹۶	۰/۰۲۶۰۰۰
حداقل مقدار	۰/۰۲۱۵۲۹	۰/۰۱۱۰۰۰
انحراف معیار	۰/۰۰۲۲۳۳	۰/۰۰۴۷۰۱

منبع: محاسبات محقق



شکل ۳. همبستگی نگار انتشار دی اکسید کربن و متوسط افزایش درجه حرارت زمین

که آماره آزمون دیکی فولر تعمیم یافته در سطح معنی داری ۰.۰۵ از مقدار بحرانی مک کینون کمتر است. ولی پس از یک بار تفاضل گیری از متغیرهای مذکور و تکرار آزمون ریشه واحد آماره آزمون دیکی فولر تعمیم یافته در سطح معنی داری ۰.۰۵ از مقدار بحرانی مک کینون بزرگتر شده و فرضیه صفر رد می شود. به عبارت دیگر CO2 و TEM مانا^۸ شده و مشکل ریشه واحد برطرف می شود. این موضوع بیانگر آن است که این متغیرها انباشته از درجه یک I(1)^۶ هستند.

آزمون ریشه واحد برای سطح و تفاضل مرتبه اول CO_2 و TEM

سطح متغیرها			تفاضل مرتبه اول متغیرها		
Null Hypothesis: CO_2 has a unit root Exogenous: Constant, Linear Trend Lag Length: 3 (Automatic based on SIC, MAXLAG=3)			Null Hypothesis: $D(CO_2)$ has a unit root Exogenous: Constant, Linear Trend Lag Length: 0 (Automatic based on AIC, MAXLAG=3)		
	t-Statistic	Prob.*		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.421719	0.0920	Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.854800	0.0020
Test critical values:			Test critical values:		
	1% level	-4.886426		1% level	-4.728363
	5% level	-3.828975		5% level	-3.759743
	10% level	-3.362984		10% level	-3.324976
Null Hypothesis: TEM has a unit root Exogenous: Constant, Linear Trend Lag Length: 0 (Automatic based on AIC, MAXLAG=3)			Null Hypothesis: $D(TEM)$ has a unit root Exogenous: Constant, Linear Trend Lag Length: 1 (Automatic based on AIC, MAXLAG=3)		
	t-Statistic	Prob.*		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.952887	0.5813	Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.198659	0.0054
Test critical values:			Test critical values:		
	1% level	-4.667883		1% level	-4.800080
	5% level	-3.733200		5% level	-3.791172
	10% level	-3.310349		10% level	-3.342253

منبع: محاسبات محقق و خروجی نرم افزار E-views

$$\log(TEM_t) = \alpha + \beta \cdot \log(CO_2_t) + \mu_t \quad (2)$$

$$TEM_t = \alpha + \beta \cdot CO_2_t + \mu_t \quad (3)$$

در مدل (۲) پارامترهای α , β به ترتیب بیانگر عرض از مبدا و کشش متوسط افزایش درجه حرارت زمین نسبت به میزان انتشار گاز گلخانه‌ای دی اکسید کربن می باشد. در این مدل منظور از کشش این است که اگر میزان انتشار گاز گلخانه‌ای دی اکسید کربن یک درصد تغییر یابد متوسط افزایش درجه حرارت زمین چند درصد تغییر خواهد یافت. به عبارت دیگر در این مدل پارامترها نشان دهنده تغییرات نسبی متغیر وابسته می باشند.

در مدل (۳) پارامترها بیانگر تغییرات مطلق هستند. در این مدل تفسیر پارامتر β به این صورت است که اگر میزان انتشار گاز گلخانه‌ای دی اکسید کربن یک واحد (تریلیون تن) تغییر یابد متوسط افزایش درجه حرارت زمین چند واحد (درجه سانتی گراد) تغییر خواهد کرد. μ_t بیانگر جزء اخلاص است. به این معنی که بعضی متغیرها ممکن

و مستقل استفاده کند. برای این منظور از تبدیل (Cox - Box) با به صورت زیر می باشد:

$$\frac{y_t^\lambda - 1}{\lambda} = \alpha + \beta \times \frac{x_t^\lambda - 1}{\lambda} + \mu_t \quad (1)$$

که در آن y, x به ترتیب متغیرهای مستقل و وابسته می باشند. پارامتر λ بیانگر پارامتر تبدیل می باشد. اگر $\lambda = 1$ مدل (۱) به صورت خطی یعنی $y_t = \alpha + \beta \cdot x_t + \mu_t$ و اگر $\lambda = 0$ باشد در این صورت مدل (۱) به حالت لگاریتمی دو طرفه یعنی $\log(y_t) = \alpha + \beta \cdot \log(x_t) + \mu_t$ تبدیل می شود. مشاهده می شود به ازای λ های مختلف اشکال تبعی مختلفی بوجود می آید.

در این مقاله برای تبیین رفتار بین میزان انتشار گاز گلخانه‌ای دی اکسیدکربن و متوسط افزایش درجه حرارت زمین از تبدیل Cox - Box برای حالت هایی که در آن $\lambda = 0$ و $\lambda = 1$ استفاده می شود. به طور کلی شکل مدل های مورد نظر مقاله به صورت زیر می باشد:

هم انباشتگی پرداخته می شود. برای این منظور دو روش انگل - گرنجر و یوهانسون - یوسیلیوس تعبیه شده است. با توجه به اینکه تعداد متغیرهای وارد شده در مدل دو تا هستند لذا می توان از روش هم انباشتگی انگل - گرنجر استفاده کرد. زیرا که بین متغیرهای وارد شده در مدل حداکثر یک ترکیب خطی وجود دارد.

اساس و منطق روش هم انباشتگی انگل-گرنجر این است که چنانچه تمامی متغیرها انباشته از درجه یک باشند و جزء باقی مانده نیز دارای انباشتگی از درجه صفر باشد در این صورت یک رابطه بلند مدت و با ثبات بین متغیرها وجود دارد. بر اساس آزمون ریشه واحد که در بالا انجام گرفت تمامی متغیرهای ملحوظ در مدل انباشته از درجه اول می باشد. حال اگر پسماندهای حاصل از برآورد مدل های (۳ و ۲) انباشته از درجه صفر باشد بین متغیرهای مستقل و وابسته در هر دو مدل رابطه بلندمدت حاکم می باشد.

با انجام آزمون ریشه واحد بر روی پسماند های حاصل از برآورد مدل های رگرسیونی ۲ و ۳ مشخص می شود آماره محاسباتی دیکی- فولر در تمامی سطوح بحرانی ۱ درصد، ۵ درصد و ۱۰ درصد معنی دار می باشد. در حقیقت گویای این مطلب است که پسماند مدل های رگرسیونی ۲ و ۳ در سطح پایا می باشند و انباشته از درجه صفر است (جدول ۴). لذا می توان نتیجه گرفت که چون مدل برآورد شده با منطق انباشتگی انگل-گرنجر سازگار می باشد پس روابط بلندمدت و پایداری بین متغیرها حاکم می باشد.

جدول ۴. آزمون ریشه واحد برای پسماندهای حاصل از برآورد

مدل های رگرسیونی ۲ و ۳

متغیر	آماره دیکی فولر تعمیم یافته	مقادیر بحرانی مک کینون		
		٪۱	٪۵	٪۱۰
پسماند حاصل از برآورد مدل ۲	-۵/۹۸	-۳/۵۹	-۲/۹۳	-۲/۶۰
پسماند حاصل از برآورد مدل ۳	-۶/۱۹	-۳/۵۹	-۲/۹۳	-۲/۶۰

است در متغیر وابسته تاثیر داشته باشند ولی به دلیل عدم وجود اطلاعات و یا کیفی بودن متغیر در مدل وارد نشود که در این صورت در جزء اخلاص وارد خواهد شد (Jakeman et al., 1988). این متغیرها بطور جداگانه بوسیله اکثر مؤلفین مورد آزمون قرار گرفته اند. انتظار بر این است که علامت ضرایب مربوط به متغیر مستقل در هر دو مدل مثبت باشد.

۵-۱- برآورد مدل

به منظور برآورد مدل های رگرسیونی ۲ و ۳ از روش حداقل مربعات معمولی «OLS» که بهترین برآوردگرها را ارائه می دهد، استفاده شده است. منطق روش حداقل مربعات معمولی این است که برآوردگرها را از طریق حداقل کردن مجموع مجذور باقیمانده های حاصل از مدل های برآورد شده به دست می آورد. نتایج حاصل از برآورد مدل با استفاده از روش مذکور به صورت زیر می باشد:

مدل (۴)

$$LTEM_t = 1.02 * LCO2_t + 0.78 * AR(1)$$

$$std.error \quad (0.019) \quad (0.062)$$

$$t - stat \quad (53.11) \quad (12.72)$$

$$R^2 = 0.97 \quad \bar{R}^2 = 0.96 \quad D - W = 2.67$$

مدل (۵)

$$TEM_t = 0.93 * CO2_t + 0.83 * AR(1)$$

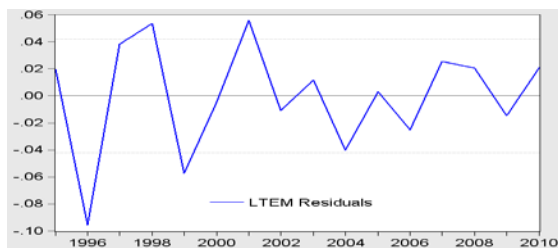
$$std.error \quad (0.058) \quad (0.061)$$

$$t - stat \quad (15.95) \quad (13.47)$$

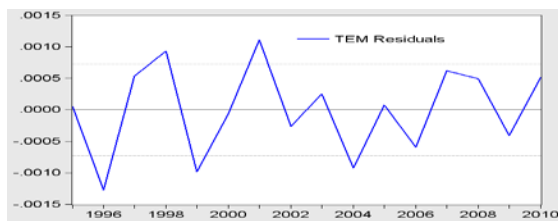
$$R^2 = 0.972 \quad \bar{R}^2 = 0.97 \quad D - W = 2.6$$

همانطور که قسمت های قبلی مقاله بیان شد متغیرهای TEM و CO_2 به صورت لگاریتمی و خام در سطح پایا نیستند و پس از یک بار تفاضل گیری خاصیت پایایی حاصل می شود. ولی از آنجاکه تفاضل گیری، خاصیت بلندمدت بین متغیرها را از بین می برد لذا قبل از تفسیر نتایج به بررسی ثبات و پایداری روابط از طریق آزمون

رگرسیون^۱ رتبه اول بود لذا در مرحله دوم برآورد این فرآیند از داخل مدل بیرون آورده شد. این عمل از طریق اضافه نمودن متغیر AR به عنوان متغیر مستقل انجام شده است. بر اساس آماره دوربین واتسون مشاهده می‌شود که بین اجزاء اخلاص هیچگونه همبستگی وجود ندارد. یعنی اجزاء باقیمانده مدل‌ها از هیچ فرآیندی تبعیت نمی‌کنند یا به عبارت دیگر دارای فرآیند تصادفی هستند. شکل‌های ۴ و ۵ بیانگر این واقعیت می‌باشند.



شکل ۴. روند اجزاء باقی مانده مدل در مقابل زمان



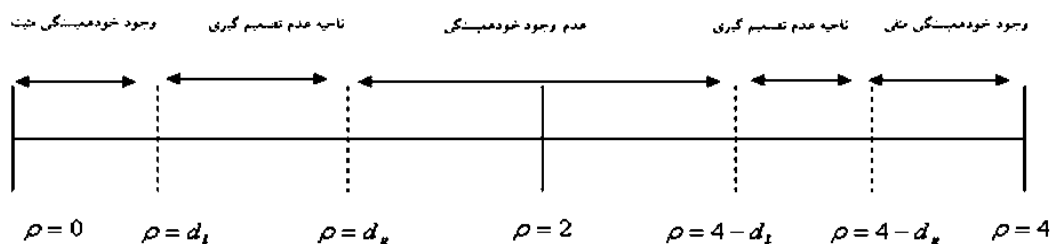
شکل ۵. روند اجزاء باقی مانده مدل در مقابل زمان

نتایج حاصل از برآورد مدل رگرسیونی ۲ که در رابطه (۴) آورده شده است حاکی از تأثیر مثبت میزان انتشار دی اکسید کربن بر متوسط افزایش درجه حرارت زمین می‌باشد. ضریب متغیر مزبور بر اساس آماره t در تمامی سطوح معنی داری ۱ درصد، ۵ درصد و ۱۰ درصد

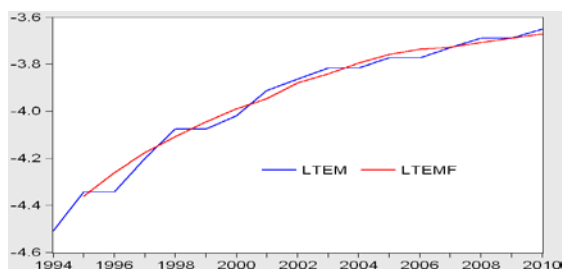
در دو مدل رگرسیون برآورد شده علامت‌های مربوط به ضرایب موافق مبانی تئوریک موضوع است. یعنی انتشار دی اکسید کربن دارای تأثیر مثبت بر افزایش درجه حرارت زمین است. در ارتباط با معنی داری پارامترها با توجه به آماره محاسبه شده برای دو مدل در سطح بحرانی ۵ درصد فرضیه صفر رد می‌گردد. یعنی بین میزان انتشار دی اکسید کربن و درجه حرارت زمین رابطه آماری معنی داری وجود دارد. در ارتباط با خوبی برازش دو مدل با توجه به آماره ضریب تعیین می‌توان بیان کرد که متغیر دی اکسید کربن در هر دو مدل به ترتیب ۹۶ و ۹۷ درصد از تغییرات متغیر وابسته «متوسط افزایش درجه حرارت زمین» را توضیح می‌دهند که دال بر برازش خوب مدل‌های رگرسیونی می‌باشند.

با توجه به اینکه یکی از فروض اصلی مدل رگرسیون کلاسیک عدم وجود ناهمسانی واریانس و خود همبستگی « ρ » بین اجزاء جملات اخلاص مدل است، لذا در مدل‌های رگرسیونی برآورد شده بایستی برقرار بودن این فرض را بررسی نمود. برای این کار می‌توان از آماره دوربین واتسون استفاده کرد. ارتباط آماره دوربین واتسون و ضریب خود همبستگی بر اساس رابطه $d = 2 * (1 - \rho)$ مشخص می‌شود. قاعده تصمیم‌گیری به این صورت است که اگر آماره دوربین واتسون

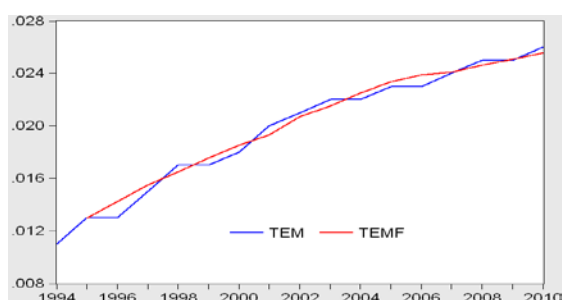
محاسباتی « $d = \frac{\sum_{t=2}^T e_t e_{t-1}}{\sum_{t=1}^T e_t^2}$ » از $1/8$ بزرگتر باشد فرضه H_0 مبنی بر وجود خودهمبستگی بین اجزاء اخلاص رد می‌گردد. با توجه به اینکه در مرحله اول برآورد مدل‌های فوق بین اجزاء اخلاص آثار خودهمبستگی مشاهده شد و نوع فرآیند حاکم بر آنها از نوع خود



$$\text{Thiel-u} = \sqrt{\frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{156} (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{156} Y_i^2}}, \quad \text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{156} (Y_i - \hat{Y}_i)^2}$$



شکل ۶. روند مقادیر واقعی و شبیه سازی شده برای متوسط افزایش درجه حرارت زمین بر اساس مدل لگاریتمی



شکل ۷. روند مقادیر واقعی و شبیه سازی شده برای متوسط افزایش درجه حرارت زمین بر اساس مدل خطی

معیار تصمیم گیری این است که هر چقدر مقادیر محاسبه شده به صفر نزدیکتر باشد بیانگر این است که الگو از اعتبار بیشتری برخوردار است. به عبارت دیگر این مقادیر محاسبه شده زمانی قابل قبول خواهد بود که کمتر از یک باشند. لذا بر اساس این دو شاخص هر دو مدل مقادیر واقعی را بهتر پیش بینی کرده اند. نتایج حاصل در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵. معیارهای ارزیابی اعتبار الگو

شاخص	مدل اول	مدل دوم
$RMSE^9$	۰/۰۰۱	۰/۰۳
$Thil-u^{10}$	۰/۰۳۳	۰/۰۰۴

معنی دار می باشد. علامت ضریب متغیر مزبور با انتظارات تئوریک منطبق است و بیانگر این است که با افزایش انتشار دی اکسید کربن به میزان یک درصد به طور متوسط ۱/۰۲ درصد متوسط افزایش درجه حرارت زمین افزایش می یابد. همچنین نتایج حاصل از برآورد مدل رگرسیونی ۳ که در رابطه (۵) آورده شده است حاکی از تأثیر مثبت انتشار دی اکسید کربن بر متوسط افزایش درجه حرارت زمین می باشد. ضریب متغیر مزبور بر اساس ۱۰ آماره t در تمامی سطوح معنی داری ۱ درصد، ۵ درصد و ۱۰ درصد معنی دار است و بیانگر این است که با افزایش انتشار دی اکسید کربن به میزان یک واحد (تریلیون تن) به طور متوسط ۰/۹۳ واحد (درجه سانتی گراد) بر متوسط افزایش درجه حرارت زمین افزوده می شود.

۵-۲- ارزیابی اعتبار مدل از طریق شبیه سازی

در ادبیات اقتصادسنجی به منظور ارزیابی الگو از روش شبیه سازی استفاده می شود. به این معنی که با توجه به مقادیر واقعی متغیرهای مستقل و پارامترهای برآورد شده مقدار متغیر وابسته را شبیه سازی می کنند. چنانچه میزان خطای پیش بینی مقدار کوچکتری باشد در این صورت مدل به خوبی برازش شده است، زیرا که مقدار پیش بینی شده به مقدار واقعی نزدیکتر می باشد. با توجه به این موضوع مقادیر پیش بینی شده یا شبیه سازی شده برای متوسط افزایش درجه حرارت زمین در دو حالت لگاریتمی و خطی در شکل های (۶) و (۷) آورده شده است. نتایج حاکی از آن است که مدل از اعتبار کافی برخوردار است. با استفاده از شاخص های اندازه گیری خطا نیز می توان به بررسی اعتبار الگو های مورد نظر پرداخت. از عمده ترین این شاخص ها می توان به شاخص نابرابری تایل و شاخص ریشه دوم میانگین مربع خطاهای پیش بینی اشاره کرد. این شاخص ها را می توان بر اساس روابط زیر محاسبه کرد که در آن Y, \hat{Y} به ترتیب مقدار پیش بینی و واقعی متغیر Y می باشند.

۶- بحث و نتیجه گیری

هدف از این تحقیق "مدل سازی تأثیر انتشار گاز گلخانه ای دی اکسید کربن بر گرمایش جهانی" بوده است. لذا برای رسیدن به این هدف، پس از بررسی چگونگی تأثیرات گازهای گلخانه ای بر جو کره زمین و سهم انتشار هریک از آنها، یک مدل اقتصاد سنجی در قالب الگوی داده های استخراج شده از انتشار گاز دی اکسید کربن و متوسط افزایش درجه حرارت کره زمین ارائه گردید. نتایج حاصل از برآورد مدل لگاریتمی دو طرفه و همچنین مدل خطی حاکی از تأثیر مثبت میزان انتشار دی اکسید کربن بر متوسط افزایش درجه حرارت زمین می باشد. بر اساس مدل لگاریتمی دو طرفه با افزایش انتشار دی اکسید کربن به میزان یک درصد به طور متوسط ۰/۰۲ درصد متوسط درجه حرارت زمین افزایش می یابد. همچنین بر اساس مدل خطی با افزایش انتشار دی اکسید کربن به میزان یک واحد (تریلیون تن) به طور متوسط ۰/۹۳ واحد (درجه سانتی گراد) بر درجه حرارت زمین افزوده می شود.

به هر حال، گرمایش جهانی به فعالیت های مراکز صنعتی و خانگی، پالایشگاهها و نیروگاههای حرارتی و سایر امور وابسته به آنها نظیر شبکه های حمل و نقل کشورهای مختلف (به طور مستقیم و غیر مستقیم) بستگی دارد. گرچه بخشی از تولید گاز گلخانه ای دی اکسید کربن حاصل از فعالیتهای بشری اجتناب ناپذیر است، اما بخشی از اثرات منفی ناشی از آن قابل اجتناب بوده و امکان به حداقل رساندن آنها وجود دارد. لذا دست یافتن به یک حالت بهینه در توسعه فعالیت های اقتصادی و صنعتی و کنترل اثرات زیست محیطی ناشی از این بخش ها دارای اهمیت وافر است، که بایستی در سیاست گذاری ها به آنها توجه نمود. همچنین این سیاست گذاری ها باید در راستای اهداف توسعه پایدار صورت گیرد. به منظور بهبود تصمیمات مربوط به سیاست گذاری و کاهش اثرات سوء زیست محیطی ناشی از افزایش گازهای گلخانه ای و به طبع آن گرمایش جهانی اقدامات

زیر پیشنهاد می گردد:

۱- اولین و مهمترین اقدام برای مقابله با انتشار گازهای خطرناک گلخانه ای، عزم و تصمیم مشترک سیاست گذاران برای کاستن از انتشار این نوع گازهاست. برای این منظور ملزم نمودن کشورهای صنعتی و پیشرفته، بخصوص ایالات متحده آمریکا به پذیرش تعهدات بین المللی از جمله پیمان کیوتو^{۱۱} درباره انتشار گازهای گلخانه ای و پرداخت جریمه به کشورهای خسارت دیده است.

۲- بخشی از اعتبارات کشورها به ارتقاء رفاه مردم و کاهش آلودگی ها اختصاص یابد. در این رابطه لازم است کلیه هزینه های ناشی از آلودگی های زیست محیطی بخصوص هزینه های اجتماعی و هزینه های خارجی ناشی از عدم رعایت حفاظت از محیط زیست و حقوق انسانها برآورد گردد تا بر اساس آن، قوانین و ضوابط لازم الاجرا برای کنترل و کاهش صدمات و خسارات و هزینه های وارده ارائه گردد.

۳- فنآوریهای نوین برای متنوع کردن منابع انرژی و همچنین استفاده از منابع پاک و تجدید پذیر مانند باد، خورشید، امواج دریا، حرارت زمین و انرژی هسته‌ای به صورت ارزان در دسترس همه کشورها قرار گیرد تا مجبور به استفاده کم بهره و در عین حال گسترده از منابع فسیلی نشوند. جهت اجرای هرچه بهتر تامین بودجه و اهداف بلند مدت، کشورها متناسب با ایجاد آلودگی در گذشته، در صندوق تسهیلات جهانی محیط زیست متعهد شوند و منابع صندوق، با سازوکار عادلانه و خارج از سلطه آلوده کنندگان اصلی، توزیع گردد.

۴- ارتقای استانداردها در صنایع و تولیدات، مدیریت مصرف و حذف یارانه‌های انرژی در یک برنامه معین و زمان‌بندی شده. در این رابطه دولت ها می توانند از طریق بستن مالیات متناسب با میزان تولید و انتشار گازهای گلخانه ای برای هر یک از صنایع، جبران اثرات منفی وارد شده بر جامعه را بکنند. در حال حاضر در اکثر کشورهای صنعتی مالیات بر آلاینده ها اخذ می گردد. این

۷- مراجع

- دبیری، مینو، (۱۳۸۶) "آلودگی محیط زیست (هوا- آب-خاک-صوت)"، چاپ سوم، دانشگاه شهید بهشتی، انتشارات اتحاد، ص ۱۸۵ و ۱۹۶.

- عباسپور، مجید، (۱۳۸۹) "مهندسی محیط زیست"، چاپ چهارم، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، جلد اول، فصل اول، ص ۴۲ و ۴۳.

- گزارش اجلاس تغییرات آب و هوا در کپنهاگ دانمارک، دسامبر (۲۰۰۹).

- موسوی، م، ح، خاکساری، ع، (۱۳۸۶) "مدل سازی اثرات فعالیت بخش های اقتصادی بر ایجاد آلاینده های زیست محیطی"، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۳۲.

- Benarie, M. M. (1980), "The simple box model simplified. In atmosphere pollution 1980", proceeding of the 14 th international colloquium, 5-8 May 1980, studies in environmental science, vol. 8, pp. 49-53.

- Cross, R. F. and Lacey, A. J. (1981), "Sulphur dioxide and smoke levels in west lodon", Atmospheric environment 15, 1261-1263.

- Jakeman, A. J, Bai, j. and Taylor, J. A. (1988). "On the variability of the wind speed exponent in urban air pollution models", Atmospheric environmental 22.2013-2019.

- Jakeman, A. J. Simpson, R.W. and Taylor, J. A (1988), "Modeling distributions of air pollutant concentrations", Hybrid deterministic statistical distribution approach, Atmospheric environmental 22. 163-174.

-IPCC (2001) Climate Change 2001: "The Scientific Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change", J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, C.A. Johnson, and K. Maskell (eds.). Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.
Wedsait:
luk.staff.ugm.ac.id/kmi/antar/stat/1998.html

سیاست منجر به این می شود که بخش صنایع از تکنولوژی استفاده کند که بتواند آلاینده و گازهای گلخانه ای کمتری تولید کند و از طریق فیلتر کردن این نوع گازها، دوباره آنها را به چرخه تولید بازگرداند.

۵- توسعه جنگلها و افزایش فضای سبز به ویژه درختان، متناسب با توسعه شهرها و افزایش مراکز صنعتی.

۶- از آنجا که اتومبیل یکی از منابع اصلی و عمده آلودگی هوا محسوب می گردد، از این رو اصلاح و افزایش کیفیت موتور و سوخت آنها ضروری است. برای نمونه می توان از موتورهای دیزلی و گازسوز بیشتر استفاده نمود و یا با استفاده از کاتالیزورها و تنظیم دور موتور و همچنین تغییراتی در ساخت و طراحی موتورها و بهره گیری از سوخت هیدروژن، می توان آلودگی دود ناشی از خودروها را حذف و یا کاهش نمود. همچنین با بهره گیری از فناوریهای نوین در هریک از مراکز و نیروگاههای تولید برق، می توان نسبت به کنترل و کاهش و یا حذف گازهای گلخانه ای اقدام نمود.

۷- کاهش و کنترل مصرف CFCها (مخرب کننده لایه ازن) از سوی کشورهای تولید کننده این نوع گازها، بخصوص کشورهای آمریکا و چین و نظارت مستمر بر خروجی های مراکز ثابت آلوده کننده آب و هوا (پسابها و فاضلاب صنایع و دودکشهای صنعتی) به منظور رعایت استانداردهای بین المللی و زیست محیطی.

۸- واقعی کردن کردن هزینه های سوخت به ویژه سوختهای فسیلی در کشورهای مختلف جهان به منظور استفاده بهینه از انرژی.

۶- پی نوشتها

1. Greenhouse gases
2. Time series data
3. Correlogram
4. Non stationary
5. Deterministic model
6. Autoregressive process
7. Root mean square error (RMSE)
8. Thiel-u statistic
9. Kyoto protocol

AIACC Final Technical Report, 9-107.

Website: www.aiaccproject.org/FinalReports/final_reports.html.

- The IPCC Working Group II Third Assessment Report (WGII TAR) found evidence that recent regional climate changes, particularly temperature increases, have already affected many physical and biological systems, and also preliminary evidence for effects in human systems (IPCC, 2001a).

- The World Bank, Development Research Group, Environment and Energy Team, September (2009), 1818 H Street, NW, Washington, DC, USA. Govinda R. Timilsina, Ashish Shrestha, Why Have CO₂ Emissions Increased in the Transport Sector in Asia?

- IPCC (2007) Climate Change 2007: "The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M.

Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom 996 pp.

- IPCC (2009) Climate Change 2009: "The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", Cruz, R.V.O., R.D. Lasco, J.M. Pulhin, F.B. Pulhin and K.B. Garcia: Climate change impact on water resources in Pantabangan Watershed, Philippines.

