



## عوامل اقتصادی و محیطی تعیین کننده میزان انتشار گاز دی اکسید کربن در کشورهای منطقه منا

علیرضا تمیزی\*  
استادیار گروه علوم اقتصادی، دانشگاه پیام نور، ایران

دریافت: ۹۷/۰۴/۲۶ پذیرش: ۹۷/۰۸/۳۰

**چکیده:** گرم شدن تدریجی کره زمین و اثرات منفی اقتصادی و زیست محیطی آن، توجه به توسعه پایدار را بسیار حائز اهمیت کرده است. از آنجایی که عامل اصلی تغییرات آب و هوایی، انتشار گازهای گلخانه‌ای؛ از جمله CO<sub>2</sub> است، کشورها به دنبال جلوگیری از رشد سریع انتشار آلاینده‌ها به منظور کاهش تغییرات آب و هوایی در سراسر جهان هستند. بر این اساس و با توجه به اهمیت موضوع، مطالعه حاضر، به بررسی تأثیر متغیرهایی؛ مانند درآمد سرانه، جمعیت، ساختار مصرف انرژی، شدت انرژی، درجه باز بودن تجاری، سهم صنعت از GDP بر انتشار دی اکسید کربن در کشورهای منطقه منا، طی دوره ۲۰۱۵-۱۹۹۳ بر مبنای الگوی رگرسیون اثرات تصادفی جمعیت، رفاه و فناوری تعمیم یافته (STRIPAT) و مدل اقتصادسنجی پانل دوربین فضایی (SDPDM) پرداخته است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهند که لگاریتم GDP، جمعیت، ساختار مصرف انرژی و شدت انرژی، دارای تأثیر مثبت و معنی داری بر انتشار دی اکسید کربن هستند و درجه باز بودن تجاری، تأثیر منفی و معنی داری بر انتشار کربن دارد. همچنین تأثیر مثبت و معنی دار متغیر فضایی باوقفه، بیانگر آن است که انتشار کربن در میان مناطق مختلف، بسیار مرتبط است. به طور کلی نتایج حاصل از برآورد مدل، نشان می‌دهد که توجه هر چه بیشتر به همبستگی مکانی، ناهمگنی و اثرات بیرونی در سیاست گذاری بسیار حائز اهمیت است.

**واژگان کلیدی:** عوامل اقتصادی، عوامل محیطی، انتشار دی اکسید کربن، مدل دوربین فضایی، داده‌های تابلویی،

STIRPAT

طبقه بندی JEL: C23, O13, F18, Q51

\* نویسنده مسئول: al\_tamizi@yahoo.com

## ۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، تغییرات آب و هوایی، مناطق مختلف جهان را درگیر مسائل حیاتی زیست‌محیطی کرده است. این پدیده که به صورت گرم شدن تدریجی کره زمین مشاهده می‌شود و ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای در جو است، تأثیرات منفی زیادی در اقتصاد و کیفیت زندگی افراد دارد. از بین گازهای گلخانه‌ای، CO<sub>2</sub> مهم‌ترین آنهاست و حدود ۶۰ درصد از آثار گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های بشر، مربوط به انتشار CO<sub>2</sub> است. بر این اساس و با توجه به اهمیت حیاتی موضوع، در حال حاضر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های اتمسفر، هدف مهم سیاست‌های توسعه پایدار همه کشورها را تشکیل می‌دهد. برای انجام مؤثر این کار، مهم‌ترین قدم، شناخت عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای از جمله دی‌اکسیدکربن می‌باشد. تحقیقات متعددی درباره عوامل تأثیرگذار بر تولید گازهای گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> و میزان تأثیر آنها، انجام شده است. این عوامل، مستقیماً بر سیاست‌ها و استراتژی‌های کاربردی کشورها در جهت کاهش انتشار CO<sub>2</sub> تأثیرگذار هستند و این امر، اهمیت توجه هر چه بیشتر به بررسی صحیح عوامل مؤثر را روشن می‌سازد. مطالعات متعددی نیز برای بررسی عوامل تأثیرگذار بر کیفیت محیط‌زیست، تأثیر و سهم متغیرهای اقتصادی و متغیرهای دموگرافیکی مختلفی؛ از جمله اندازه جمعیت، نرخ شهرنشینی و ... را در میزان انتشار آلاینده‌ها مد نظر قرار داده و سنجیده‌اند که نتایج متفاوتی از آنها به‌دست آمده است (Liddle et al., 2015; Long et al., 2015; Wang et al., 2012). در این مطالعات، رشد جمعیت نیز علاوه بر تغییرات الگوی مصرف و شیوه‌های تولید و افزایش حجم فعالیت‌های اقتصادی؛ از جمله عوامل اصلی در افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای شناخته شده و در افزایش میانگین دمای زمین، نقش قابل‌توجهی داشته است. بیشتر مطالعات داخلی، تنها بر تأثیر رشد اقتصادی و انرژی روی محیط‌زیست، متمرکز بوده‌اند؛ در حالی که

این مطالعه در نظر دارد علاوه بر موارد بیان شده، به بررسی تأثیر عواملی مانند مقیاس جمعیت و ساختار اقتصادی جامعه بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن و در نتیجه کیفیت محیط‌زیست بپردازد. به علاوه، نکته دیگری که حائز اهمیت است، این است که مسائلی همچون آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای، پدیده‌هایی هستند که هم خود مناطق منتشرکننده را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند و هم می‌توانند بر مناطق مجاور نیز تأثیر بسزایی داشته باشند. اکثر کشورهای منطقه منا، درآمد سرانه متوسط و پایینی دارند و بدیهی است که تلاش بیشتر برای رشد سریع اقتصادی و کم‌توجهی به مسائل زیست‌محیطی، یکی از ویژگی‌های مشترک کشورهای این منطقه است. از سوی دیگر، بیشتر کشورهای این منطقه، دارای نرخ رشد جمعیت و نرخ باروری بالاتری نسبت به کشورهای با درآمد سرانه مشابه خود در سایر مناطق هستند (فطرس و همکاران، ۱۳۹۶). این امر نیز به‌نوبه خود باعث می‌شود پارامترهای زیادی از قبیل: تولید مواد غذایی و تأمین نیازهایی از قبیل پوشاک و مسکن جمعیت، روزبه‌روز تضعیف گردد. این کشورها برای رفع این وخامت و تأمین نیازهای اولیه؛ از قبیل خوراک، پوشاک و مسکن جمعیت رو به رشد خود، اقدام به مصرف بیش از حد منابع طبیعی خود کرده و باعث آسیب به محیط‌زیست می‌گردند؛ بنابراین بررسی عوامل مؤثر بر تخریب محیط‌زیست در کشورهای این منطقه، حائزاهمیت ویژه‌ای است.

بر این اساس و با توجه به ضرورت تحلیل عوامل تعیین‌کننده انتشار گازهای گلخانه‌ای و در رأس آن‌ها دی‌اکسیدکربن به ویژه در کشورهای با درآمد متوسط و پایین، سؤالی که مطرح می‌گردد این است که چه عواملی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، مؤثر هستند؟ سؤال دیگر این است که آیا اثرات فضایی نیز در انتشار گازهای گلخانه‌ای تأثیر دارند؟ بنابراین مطالعه حاضر، در پی پاسخگویی به سؤالات مطرح شده در کشورهای منتخب منا در دوره ۲۰۱۵-۱۹۹۳ است.

## ۲- پیشینه تحقیق

### الف) پژوهش‌های خارجی

ژو و پنگ<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای بر مبنای مدل STIRPAT، به بررسی اثرات اندازه جمعیت، ساختار جمعیت و سطح مصرف بر انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از داده‌های کشور چین، طی سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۷ پرداخته‌اند. نتایج، بیانگر آن هستند که تغییرات در سطح مصرف و ساختار جمعیت به عنوان عوامل تأثیرگذار بر سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای شناخته شده و اندازه جمعیت، تأثیری در گسترش انتشار آلاینده‌ها نداشته است.

وانگ<sup>۲</sup> و همکارانش (۲۰۱۲)، در مطالعه‌ای تجربی، تأثیر سطح شهرنشینی، رشد اقتصادی، نسبت صنعتی شدن، شدت انرژی و R&D را بر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در پکن و با استفاده از STIRPAT مورد بررسی قرار داده‌اند. این مدل، با استفاده از رگرسیون حداقل مربعات جزئی، بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که سطح شهرنشینی، رشد اقتصادی و صنعتی شدن، تأثیر مثبتی بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> دارند، در حالی که شدت انرژی و R&D، تأثیری منفی بر انتشار آلاینده‌ها دارند. علاوه بر این، همراه با رشد تولید ناخالص داخلی سرانه، انتشار گازهای گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> افزایش می‌یابد و این امر، فرضیه مدل منحنی زیست‌محیطی کوزنتس را تأیید نمی‌کند.

وانگ و ژائو<sup>۳</sup> (۲۰۱۵)، عوامل تأثیرگذار بر تولید گازهای گلخانه‌ای CO<sub>2</sub>؛ از جمله مصرف انرژی، جمعیت، سطح رشد اقتصادی، سطح تکنولوژی، شهرنشینی، صنعتی شدن و درجه تجارت خارجی، در سطح استان‌های چین و با توجه به سه سطح مختلف از توسعه اقتصادی (تولید ناخالص داخلی سرانه) از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۲، بررسی کردند. نتایج حاصل از برآورد مدل

STIRPAT<sup>۴</sup> نشان می‌دهد که اثر شدت انرژی بر انتشار آلاینده‌ها در مناطق توسعه‌یافته بیشتر است. با این وجود، شهرنشینی، صنعتی شدن و درجه تجارت خارجی در مناطق توسعه‌یافته، تأثیر بیشتری نسبت به مناطق درحال توسعه دارند. تأثیر جمعیت و تولید ناخالص داخلی سرانه بر انتشار کربن در مناطق درحال توسعه، بیشتر از سایر مناطق است. بر این اساس، نتایج، حاکی از آن هستند که باید اقدامات متفاوتی برای کاهش CO<sub>2</sub> با توجه به شرایط محلی مناطق مختلف صورت گیرد.

بالوق و جامبور<sup>۵</sup> (۲۰۱۷) با به کارگیری رویکرد اقتصادسنجی GMM به بررسی علل انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در ۱۶۸ کشور در دوره ۲۴ ساله ۲۰۱۳-۱۹۹۰ پرداختند و نظریه منحنی کوزنتز را تأیید کردند. آنها دریافتند که تولید انرژی هسته‌ای و انرژی تجدیدپذیر، نقش مثبتی بر کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارند. همچنین گسترش گردشگری و تجارت بین‌المللی، منجر به افزایش انتشار گاز CO<sub>2</sub> می‌شود. علاوه بر این، توسعه مالی، انتشار آلاینده‌ها را کاهش می‌دهد.

### ب) پژوهش‌های داخلی

صادقی و ابراهیمی (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای، تأثیر توسعه مالی، تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن طی دوره ۱۳۸۷-۱۳۵۰ در ایران و با استفاده از رویکرد ARDL را بررسی کردند. نتایج، حاکی از آن است که توسعه مالی در کوتاه‌مدت و بلندمدت، تأثیر مثبتی بر انتشار آلاینده‌ها دارد. همچنین در بلندمدت، تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و آزادسازی تجاری، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارند. علاوه بر این، نتایج، حاکی از تأیید منحنی زیست‌محیطی کوزنتس برای ایران در کوتاه‌مدت و بلندمدت است.

محمدی و تیرگری سراجی (۱۳۹۲) در پژوهشی، تأثیر گسترش تجارت و رشد اقتصادی بر کیفیت

4- Stochastic Impact by Regression on Population, Affluence and Technology  
5- Balogh and Jambor

1- Zhu and Peng  
2- Wang  
3- Zhao

علیشیری و همکارانش (۱۳۹۶) با استفاده از داده‌های دوره ۱۳۹۱-۱۳۸۰ و با به‌کارگیری رویکرد تحلیل تجزیه لاسپیرز<sup>۱</sup> اصلاح‌شده، به مطالعه عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشور پرداختند. نتایج تحقیق آنها حاکی از آن است که با شیوه کنونی صنعتی شدن کشور، افزایش گاز دی‌اکسیدکربن، اجتناب‌ناپذیر است. همچنین اثر شدت انتشار به جز در بخش حمل‌ونقل، در سه بخش خانگی و تجاری، صنعت و کشاورزی، منفی است.

### ۳- مبانی نظری

محیط‌زیست و منابع طبیعی، تأمین‌کننده بسیاری از نهاده‌های تولید هستند؛ از این رو حفاظت از آنها، لازمه توسعه پایدار است. توسعه پایدار بخش انرژی، در بهبود شرایط اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی، نقش بسزایی دارد؛ به‌گونه‌ای که توجه به این امر، موجب کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از انتشار گازهای آلاینده خواهد شد. این مسئله به اندازه‌ای مهم است که بسیاری از سمینارها و پروتکل‌های بین‌المللی؛ نظیر کنفرانس استکهلم، کنفرانس ریو، پروتکل کیوتو و ... در راستای کاهش انتشار گازهای آلاینده بخش انرژی در سطح جهانی برگزار گردیده است (پورعبدالهان کویچ و همکاران، ۱۳۹۴).

ارتباط بین توسعه اقتصادی و محیط‌زیست نیز از مسائل مهم و پیچیده است. در این رابطه، آلودگی‌های وارد شده به محیط‌زیست از طریق توسعه اقتصادی، سبب خسارت‌هایی شده که ناشی از ترکیب عواملی؛ همچون رشد جمعیت، رشد اقتصادی، مصرف انرژی و فعالیت‌های صنعتی است (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۶). در ادامه، برخی عوامل تأثیرگذار بر محیط‌زیست و انتشار آلاینده‌های بیان شده‌اند.

اخیراً اقتصاددانان محیط‌زیست تلاش کرده‌اند به تشریح رابطه متقابل میان کیفیت محیط‌زیست و رشد

زیست‌محیطی برای ۱۱ کشور منطقه خاورمیانه طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ میلادی با استفاده از داده‌های پانلی را بررسی کرده‌اند. نتایج آزمون نشان دادند درآمد سرانه، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر میزان آلودگی دارد و افزایش درآمد سرانه، باعث کاهش آلودگی زیست‌محیطی می‌شود. آزادسازی تجاری نیز تأثیر منفی و بی‌معنی بر آلودگی زیست‌محیطی دارد.

صادقی و همکارانش (۱۳۹۲)، در مطالعه‌ای به بررسی اثر القایی قیمت انرژی بر تغییر فناوری و میزان انتشار آلودگی در صنایع ایران طی دوره زمانی ۱۳۸۶-۱۳۷۴ پرداختند. نتایج نشان می‌دهند که بین قیمت‌های نسبی انرژی و تغییرات فناوری در ایران طی دوره مورد مطالعه، رابطه مشخصی وجود ندارد و همچنین بین قیمت‌های نسبی انرژی و انتشار آلودگی نیز طی دوره مورد مطالعه، رابطه مستقیمی جود دارد.

محمدزاده و اکبری (۱۳۹۳) با به‌کارگیری روش داده‌های ادغام‌شده و روش دومرحله‌ای هکمن و با استفاده از داده‌های هزینه-درآمد خانوار در سال ۱۳۸۸، به بررسی عوامل تعیین‌کننده انتشار گاز دی‌اکسیدکربن توسط خانوارهای شهری پرداخته و دریافته‌اند که تقاضای گاز طبیعی، برق و حمل‌ونقل بر میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، تأثیر مثبت و معنی‌داری دارند. همچنین عواملی همچون درآمد، بعد خانوار و سن سرپرست نیز رابطه مثبت و معنی‌داری با انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارند.

تمیزی (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای با به‌کارگیری رویکرد اقتصادسنجی بیزینی و با استفاده از داده‌های دوره ۲۰۱۴-۱۹۹۲، به بررسی اثر عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای در حال توسعه پرداخت. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که متغیرهای مصرف انرژی، مصرف برق و متغیرهای مربوط به صنعتی‌شدن، رابطه مثبت و تقریباً با اهمیت با انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارند. در مقابل نرخ سواد و نابرابری درآمد نیز اثر کاهنده‌ای بر میزان انتشار CO<sub>2</sub> داشته‌اند.

بین الملل و کیفیت محیط زیست، این موضوع که آیا تجارت آزاد، لزوماً خوب است یا نه را نیز مطرح کرده است. در این مورد، موضوعات زیادی وجود دارد: اول این که تجارت آزاد، عامل تخریب محیط زیست می باشد و بنا به دلایل زیست محیطی بر آزادسازی تجارت نباید تأکید زیادی شود. دوم اینکه حمایت از بازارهای داخلی، عامل مخرب محیط زیست است. سوم، در مواردی که تجارت، موجبات تخریب محیط زیست را فراهم می آورد باید محدود شود که این امر یا از راه دور کردن کالاهایی که موجب بروز آلودگی در کشور واردکننده می شود (تأثیر خارجی غیرمستقیم) یا از طریق تشویق به تولید محصولات که کشورهای صادرکننده و واردکننده، زیان می کند (مالکیت مشترک یا تأثیر خارجی مشترک) صورت گیرد (روزی طلب و حسین پور، ۱۳۹۶). همچنین تأثیر حجم تجارت خارجی بر مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن، متأثر از این واقعیت است که واردات و صادرات هر کشور، شامل چه طیفی از کالاهایی می باشد. در صورتی که صادرات از گروه کالاهای انرژی بر، صنایع سنگین و مخرب زیست محیطی باشند، میزان صادرات، تأثیر مخربی بر محیط زیست آن کشور دارد. در طرف مقابل، اگر صادرات، از گروه کالاهای با سطح تکنولوژی بالا و دانش بنیان باشند، تأثیر مخربی بر کیفیت محیط زیست نخواهد داشت. همچنین در شرایطی که واردات نیز در راستای واردات کالاهای سرمایه ای با تکنولوژی های کارآمد و شیوه های نوین تولید باشند نیز می تواند به بهبود کارایی مصرف انرژی و کاهش انتشار دی اکسید کربن در کشور واردکننده، منجر شود (Ozturk & Acaravci, 2013).

فرضیه پناهگاه آلودگی (PHH)<sup>۲</sup> پیشنهاد می کند که سختگیری های زیست محیطی بین کشورهای درحال توسعه و کشورهای توسعه یافته، کشورهای درحال توسعه را به تخصص یافتن و به دست آوردن مزایای نسبی در تولیدات کالاهای آلوده کننده

اقتصادی براساس فرضیه کوزنتس<sup>۱</sup> بپردازند. براساس این نظریه، در مراحل اولیه رشد اقتصادی، آگاهی و اطلاع از مشکلات زیست محیطی، پایین می باشد و این مسأله، برای مردم، بی اهمیت است. در مراحل نخستین رشد اقتصادی، خسارت های زیست محیطی، همراه با رشد درآمد، افزایش می یابد و این افزایش، تا یک سطح درآمد سرانه، روند صعودی دارد. سپس با افزایش اطلاعات زیست محیطی و اجرای قوانین زیست محیطی، به تدریج سطح تخریب محیط زیست، کاهش می یابد؛ به این دلیل، در منحنی زیست محیطی کوزنتس، رابطه میان کیفیت محیط زیست و رشد اقتصادی، توسط یک منحنی U برعکس نشان داده شده است (کهنسال و شاپان مهر، ۱۳۹۵).

رشد جمعیت، یکی از عوامل آلوده کننده محیط زیست به شمار می رود. نرخ بالای رشد جمعیت، شهر و شهرنشینی و به تبع آنها، افزایش تعداد وسایل نقلیه، از جمله مواردی هستند که باعث افزایش مصرف انرژی در کشورهای درحال توسعه می شوند. همچنین جمعیت، از طریق تأثیر بر فعالیت های تولیدی و مصرفی، بر انتشار گاز دی اکسید کربن، تأثیر منفی می گذارد (Satterthwaite, 2009).

بیردسال<sup>۲</sup> دو سازوکار برای تأثیر رشد جمعیت کشورهای درحال توسعه بر انتشار گازهای گلخانه ای بیان کرده است: سازوکار اول مربوط به تأثیر جمعیت بر مصرف سوخت های فسیلی است که ناشی از افزایش تقاضای انرژی برای تولید برق، صنعت و حمل و نقل می باشد. سازوکار دوم، تأثیر افزایش جمعیت بر انتشار گازهای گلخانه ای از طریق جنگل زدایی است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵).

در دهه های اخیر، گسترش تجارت آزاد، باعث افزایش تولید و درآمد شده است؛ بنابراین انتشار آلاینده ها را تحت تأثیر قرار داده است. رابطه بین تجارت

1- Kuznets  
2- Birdsall

3- Pollution Haven Hypothesis

$$I_i = aP_i^b A_i^c T_i^d e_i \quad (2)$$

در این معادله، عدد ثابت (a)، به عنوان مقیاس مدل، نما در سه عامل جمعیت، وفور نعمت و تکنولوژی برابر با (d, c, b) بوده و نیز عبارت I به عنوان زیرنویس در I, P, A و T بیانگر تفاوت موجود در مقادیر واحدهای مشاهده شده است. e عبارت خطا یا باقیمانده است. از آنجایی که هیچ تعریف عملیاتی یا شاخصی برای T پذیرفته نشده است، آن را معمولاً جزو باقیمانده (e) در نظر می‌گیرند. گنجاندن ضرایب در مدل STIRPAT، امکان بررسی اثرات نامتناسب عوامل مؤثر بر انتشار آلاینده‌ها را فراهم می‌کند (Liu et al., 2014). با گرفتن لگاریتم طبیعی از هر دو طرف این معادله، رابطه ۳ حاصل می‌شود:

(3)

$$\ln I = \ln a + b(\ln P) + c(\ln A) + d(\ln T) + \ln e$$

این الگو امکان برآورد ضرایب و همچنین تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر کیفیت محیط‌زیست را فراهم می‌سازد.

#### الگوی اقتصادسنجی

روش مورد بررسی در این مطالعه، اقتصادسنجی فضایی است که در آن، داده‌ها به صورت داده‌های تابلویی فضایی می‌باشند. داده‌های تابلویی به صورت ترکیبی از داده‌های سری زمانی و مقطعی هستند که در آنها امکان دارد تعداد زیادی مقاطع در دوره زمانی کوتاه یا مقاطع زیاد در دوره زمانی طولانی، بررسی شود. تحلیل‌های تجربی در داده‌های تابلویی، نسبت به سایر داده‌ها دارای اهمیت بیشتری می‌باشند. وابستگی فضایی؛ یعنی مشاهده موقعیت مکانی i به سایر مشاهدات موقعیت‌های مکانی j بستگی داشته باشد. ناهمسانی فضایی که ناشی از روابط یا پارامترهای مدل است، با حرکت بر روی صفحه مختصات همراه با داده نمونه‌ای تغییر می‌کند (عسگری و اکبری، ۱۳۸۰). برای رفع مشکلات بالا، از روش حداکثر درست‌نمایی برای تخمین پارامترهای مدل استفاده می‌شود. در این مطالعه، برای تعیین مکان و تشکیل ماتریس وزنی فضایی، از مجاورت و همسایگی

محیط‌زیست تشویق می‌کند. به عبارتی دیگر، براساس این فرضیه، از آنجایی که کشورهای توسعه‌یافته، سیاست‌های زیست‌محیطی شدیدی را نسبت به کشورهای در حال توسعه، اعمال می‌کنند؛ صنایع آلوده‌کننده فعال در کشورهای توسعه‌یافته، عملیات و فرایند خود را به کشورهای در حال توسعه با سیاست‌های زیست‌محیطی ملایم، انتقال می‌دهند. بدین ترتیب، کشورهای در حال توسعه، به پناهگاهی برای جذب صنایع آلوده‌کننده تبدیل می‌شوند (دلفان، ۱۳۹۱).

#### ۴- روش تحقیق

##### الگوی STIRPAT

معادله IPAT<sup>۱</sup> (اثرات جمعیت، رفاه و فناوری) اغلب به مطالعه تأثیر فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست می‌پردازد. این معادله به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$I = PAT \quad (1)$$

به طوری که I نشان‌دهنده اثرات زیست‌محیطی، P اندازه جمعیت، A رفاه و ثروت سرانه (تولید ناخالص داخلی سرانه) و T سطح فناوری است. مشاهده می‌شود که رابطه‌ای تناسبی در این الگو وجود دارد؛ به طوری که با فرض ثبات سایر شرایط، با دو برابر شدن جمعیت، در نتیجه تأثیر نیز دو برابر خواهد شد؛ در حالی که رابطه بین این عوامل معمولاً غیرخطی و نامتناسب است. در پاسخ به چنین محدودیت‌هایی معادله IPAT در شرایط تصادفی توسط دیتز و رزا<sup>۲</sup> (۱۹۹۷)، مجدداً فرمول‌بندی شد که امکان استفاده از آن را به طور تجربی در آزمون فرضیه‌ها فراهم می‌کرد. رابطه جدید با عنوان الگوی STIRPAT شناخته شده که بیانگر اثرات تصادفی جمعیت، رفاه و تکنولوژی بر محیط‌زیست است. از طرفی این الگو با وارد کردن عوامل سیاسی، اجتماعی و فرهنگی مختلف، قابلیت توسعه را دارد (York et al., 2003). معادله جدید به این صورت است:

1- Impact, Population, Affluence, Technology  
2- Dietz and Rosa

هم وقفه فضایی متغیر وابسته و هم وقفه فضایی متغیرهای مستقل را شامل می شود.

#### اثرات منطقه‌ای سرریز انتشار دی اکسید کربن

از جمله روش‌های رایج در بررسی و آزمایش وجود اثرات سرریز، استفاده از نقطه برآورد یک یا چند رگرسیون فضایی است. با این حال، لسیج و پیس<sup>۳</sup> (۲۰۰۹) استدلال می کنند که برآورد نقاط رگرسیون فضایی متعدد، پیش بینی اثرات سرریز را با تورش مواجه می سازد. آنها اغلب اثرات سرریز را به دو قسمت اثرات مستقیم و غیرمستقیم، تجزیه می کنند.

مدل پانل دوربین فضایی را می توان به صورت روابط زیر تعریف کرد:

$$Y_{it} = \delta \sum_{j=1}^N w_{ij} Y_{jt} + \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i X_{it} + \sum_{j=1}^N w_{ij} X_{ijt} \theta + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$Y_{it} = \delta W Y_{it} + X_{it} \beta + W X_{it} \theta + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$   
 $Y_{it} = (I - \delta W)^{-1} (X_{it} \beta + W X_{it} \theta) + (I - \delta W)^{-1} \mu_i + (I - \delta W)^{-1} \lambda_t + \varepsilon_{it}$   
 به طوری که در این روابط  $Y_{it}$  متغیر وابسته منطقه  $i$  در دوره زمانی  $t$ ،  $X_{it}$  بردار متغیرهای مستقل در دوره زمانی  $t$ ،  $\alpha$  بیانگر عرض از مبدأ، پارامتر  $\theta$  مانند  $\beta$  بردار  $K \times 1$  از ضرایب،  $\mu_i$  اثرات ثابت فردی،  $\lambda_t$  اثرات زمانی ثابت می باشد. با توجه به مشتقات جزئی از  $K$  امین متغیر  $X$  مستقل در دو طرف، روابط زیر به دست می آید:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial Y}{\partial x_{ik}} & \dots & \frac{\partial Y}{\partial x_{Nk}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial y_1}{\partial x_{ik}} & \dots & \frac{\partial y_1}{\partial x_{Nk}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial y_N}{\partial x_{ik}} & \dots & \frac{\partial y_N}{\partial x_{Nk}} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$= (I - \delta W)^{-1} \begin{bmatrix} \beta_k & w_{12} \theta_k & \dots & w_{1N} \theta_k \\ w_{21} \theta_k & \beta_k & \dots & w_{2N} \theta_k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N1} \theta_k & w_{N2} \theta_k & \dots & \beta_k \end{bmatrix}$$

در این رابطه  $w_{ij}$ ،  $(i, j)$  اجزا ماتریس  $W$  می باشد. اثرات مستقیم به عنوان مجموع عناصر سمت راست قطر ماتریس تعریف شده در حالی که اثر غیرمستقیم به عنوان

استفاده می شود که منعکس کننده موقعیت نسبی یک واحد منطقه‌ای مشاهده شده در سطح مکان‌های جغرافیایی فضا، نسبت به واحدهای دیگر فضایی می باشد؛ یعنی برای کشورهایی که با کشور مورد نظر، همسایگی یا مجاورت دارند، عدد یک و در صورت همسایه نبودن، عدد صفر قرار داده می شود. ماتریس‌های حاصل که همان ماتریس مجاورت می باشند، ماتریس‌هایی متقارن هستند و عناصر قطر اصلی این ماتریس همواره صفر می باشد.

در مدل‌های اقتصادسنجی فضایی، از ماتریس وزنی فضایی یا ماتریس مجاورت برای نشان دادن تأثیر مشاهدات مجاور به عنوان متغیر توضیحی در مدل لحاظ می شود. برای تشکیل ماتریس مجاورت، روش‌های مختلفی وجود دارد که مجاورت خطی، رخ مانند، خطی دو طرفه، رخ مانند دو طرفه و ملکه مانند، از مهم ترین روش‌های تشکیل ماتریس مجاورت می باشند. در ماتریس مجاورت، عناصر روی قطر اصلی برابر با صفر بوده و عناصر خارج از قطر اصلی در صورتی که کشورها مجاور و همسایه یکدیگر باشند مقدار یک را اختیار می کند. پس از تشکیل ماتریس مجاورت، در تخمین مدل باید از ماتریس استاندارد شده ماتریس مجاورت که به ماتریس وزنی فضایی<sup>۱</sup> معروف است، استفاده کرد.

در این ماتریس، استانداردسازی بر اساس مجموع سطرهای ماتریس مجاورت صورت گرفته و هر یک از عناصر ماتریس مجاورت بر مجموع سطرهای ماتریس تقسیم می شود. ماتریسی که بدین ترتیب ایجاد می شود، ماتریس مجاورت استاندارد شده مرتبه اول نامیده می شود. با استاندارد کردن ماتریس مجاورت و ضرب آن در بردار متغیر وابسته، متغیر جدیدی حاصل می شود که میانگین مشاهدات مناطق همسایه و مجاور را نشان داده و آن را در اصطلاح متغیر وقفه فضایی<sup>۲</sup> می نامند. مدل دوربین فضایی، مدل جامع اقتصادسنجی فضایی است که

1- Weighting Spatial Matrix  
 2- Spatial Lag

آزمون مورانز<sup>۴</sup> استفاده می‌شود. در این آزمون‌ها، فرضیه صفر دلالت بر عدم خودهمبستگی فضایی میان جملات خطا بوده و در صورت رد فرضیه صفر، خودهمبستگی فضایی در جملات خطا، تأیید می‌شود.<sup>۵</sup>

در یک سیستم فضایی با وقفه، فرض می‌شود مقدار متغیر وابسته در مکان خاص به وسیله میانگین وزنی فضایی از کل مقدار متغیر وابسته تعیین شود. چنین مدل‌هایی به وسیله روش‌های متعارف اقتصادسنجی همانند OLS قابل برآورد نبوده و به دلیل وقوع مشکل هم‌زمانی بین متغیرها، از روش حداکثر راست‌نمایی برای تخمین پارامترهای مدل استفاده می‌شود. استفاده از این روش، منجر به تخمین زنده‌های بدون تورش و سازگار می‌شود. در مطالعه حاضر به منظور بررسی عوامل مؤثر در انتشار آلاینده‌ها، از روش اقتصادسنجی فضایی استفاده می‌شود. بر اساس الگوی STIRPAT تعمیم‌یافته، مدل اقتصادسنجی فضایی با توجه به این واقعیت تشکیل می‌شود که انتشار دی‌اکسیدکربن ناهمگن است و به طور فضایی در سراسر مناطق و صنایع، همبسته هستند. مدل اقتصادسنجی داده‌های تابلویی فضایی که ادغام‌کننده اقتصادسنجی فضایی (اثرات فضایی) و داده‌های پانل (اثر زمان) است، باعث می‌شود تجزیه و تحلیل اقتصادسنجی فضایی، کارآمدتر شود؛ لذا مدل دوربین فضایی داده‌های تابلویی در این مطالعه، این گونه می‌باشد:

$$\begin{aligned} \text{LnCO}_{2it} = & \alpha_1 + \delta \sum w_{ij} \text{LnCO}_{2it} + \alpha + \beta_1 (\ln p_{it}) \\ & + \beta_2 (\ln \text{OPEN}_{it}) + \beta_3 (\ln \text{GDP}_{it}) + \beta_4 (\ln \text{EI}_{it}) \\ & + \beta_5 (\ln \text{IS}_{it}) + \beta_6 (\ln \text{EC}_{it}) + \theta_1 \sum w_{ij} \ln P_{ijt} \\ & + \theta_2 \sum w_{ij} \ln \text{OPEN}_{ijt} + \theta_3 \sum w_{ij} \ln \text{GDP}_{ijt} \\ & + \theta_4 \sum w_{ij} \ln \text{EI}_{ijt} + \theta_5 \sum w_{ij} \ln \text{IS}_{ijt} \\ & + \theta_6 \sum w_{ij} \ln \text{EC}_{ijt} + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

نشان‌دهنده همبستگی فضایی متغیر وابسته میان هر منطقه و مناطق مجاور آن است. پارامتر  $\delta$  بیانگر خودهمبستگی فضایی و  $W_{ij}$

متوسط سایر عناصر به غیر از عناصر قطری تعریف می‌شود. مشکلی که در این روش محاسبه اثرات مستقیم و غیرمستقیم مطرح می‌شود، زمان بر بودن محاسبه  $(I - \delta W)^{-1}$  می‌باشد. به منظور حل این مشکل لسیج و پیس (۲۰۰۹)، روش دیگری را پیشنهاد کرده‌اند که به شرح زیر است:

$$(I - \delta W)^{-1} = I + \delta W + \delta^2 W^2 + \delta^3 W^3 + \dots \quad (6)$$

از روابط فوق برای بررسی اثرات مستقیم، غیرمستقیم و اثرات کل استفاده می‌شود.

### معرفی مدل تحقیق و پایگاه داده‌های آماری

براساس مبانی نظری و مطالعات تجربی انجام شده؛ نظیر مطالعه لیو<sup>۱</sup> و همکارانش (۲۰۱۴)، در این مطالعه، از مدل دوربین فضایی داده‌های تابلویی برای بررسی تأثیر عواملی مانند: درآمد سرانه، جمعیت، ساختار مصرف انرژی، شدت انرژی، درجه باز بودن تجاری، سهم صنعت از GDP بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا<sup>۲</sup> استفاده شده است.

$$\begin{aligned} \text{LnCO}_{2it} = & \alpha_1 + \beta_1 \text{Ln}(P) + \beta_2 \text{Ln}(\text{OPEN}) + \beta_3 \text{Ln}(\text{GDP}) \\ & + \beta_4 \text{Ln}(\text{EI}) + \beta_5 \text{Ln}(\text{EC}) + \beta_6 \text{Ln}(\text{IS}) + \varepsilon \end{aligned}$$

در رابطه فوق،  $\text{LnCO}_2$ : لگاریتم انتشار دی‌اکسیدکربن،  $\text{LnGDP}$ : لگاریتم GDP سرانه،  $\text{LnIS}$ : لگاریتم نسبت تولید صنعتی به GDP،  $\text{LnEI}$ : لگاریتم شدت انرژی (نسبت انرژی مصرف شده به GDP)،  $\text{LnP}$ : لگاریتم جمعیت،  $\text{LnEC}$ : لگاریتم ساختار مصرف انرژی،  $\text{LnOPEN}$ : لگاریتم درجه باز بودن و  $\alpha_1$  اثر انفرادی هر یک از کشورهای مورد مطالعه و  $l$  بیانگر بردار  $n \times 1$  است که شامل اعداد یک می‌باشد. شایان ذکر است که آمار و اطلاعات مربوط به این متغیرها از شاخص‌های توسعه بانک جهانی<sup>۳</sup> برای دوره زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۳ استخراج شده است. ابتدا مدل دوربین فضایی برای داده‌های تابلویی را برآورد کرد و در مرحله بعد، به منظور آزمون وجود خودهمبستگی فضایی در بین جملات اختلال از

4- Moran's

۵- برای مطالعه بیشتر در زمینه مدل‌های خودرگرسیون فضایی و سایر انواع مدل‌های فضایی به مطالعه لسیج (۱۹۹۹) مراجعه نمایید.

1- Liu

۲- براساس تقسیم‌بندی بانک جهانی شامل ۲۰ کشور می‌باشند.

3- World Development Indicators

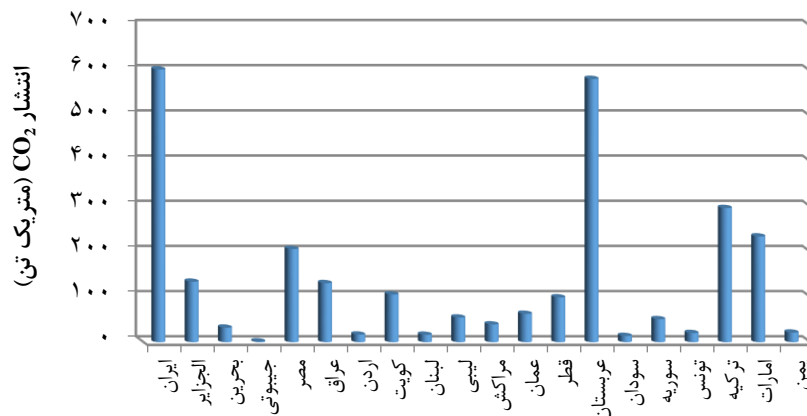
نمودار صعودی شکل، قرار گرفته‌اند و در مقابل، کشورهای مانند ایران، ترکیه و مصر، با سطح جمعیت بالاتر، مقدار بیشتری از انتشار آلاینده‌ها را به خود اختصاص داده‌اند و در قسمت‌های بالاتر از این منحنی، توزیع شده‌اند. طبق پراکنش آماری، ملاحظه می‌شود، فرضیه مورد نظر در معادله STRIPAT مبنی بر اثر مثبت جمعیت بر انتشار آلاینده‌ها، تأیید می‌شود. با ارزیابی نمودار ۳ ملاحظه می‌شود سطح بالاتر مصرف انرژی، موجب انتشار آلاینده‌ها نیز می‌شود؛ به طوری که کشورهای مانند: ایران و عربستان با سطح مصرف بالای انرژی، در صدر و بخش صعودی این منحنی قرار گرفته‌اند. نمودار ۴ نحوه پراکنده‌گی متوسط انتشار آلودگی را به ازای متغیر درآمد واقعی (GDP)، نشان می‌دهد. در این نمودار، کشور ترکیه در قسمت نزولی U معکوس قرار دارد؛ به طوری که علاوه بر درآمد بالا، میزان انتشار CO<sub>2</sub> در این کشور پایین‌تر است که باعث گردیده رابطه بین GDP و انتشار آلودگی به شکل U معکوس به نظر برسد؛ در حالی که بسیاری از کشورهای مورد مطالعه در ابتدای این نمودار و در بخش صعودی آن قرار گرفته‌اند. بر این اساس فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس از نظر نموداری در نمونه مورد بررسی، تا حدی قابل تأیید نیست.

عنصری از ماتریس وزنی فضایی است که بیانگر ارتباط فضایی میان منطقه ۱ و ۲ می‌باشد.

الگوی STRIPAT توسعه‌یافته، نه تنها به بررسی تأثیر متغیرهای مستقل بر انتشار دی‌اکسیدکربن مناطق می‌پردازد بلکه اثرات متغیرهای مستقل مناطق مجاور بر انتشار CO<sub>2</sub> را نیز بررسی می‌کند. همچنین این الگو، تأثیر انتشار دی‌اکسیدکربن مناطق مجاور را بر شدت انتشار دی‌اکسیدکربن مناطق مورد نظر اندازه‌گیری می‌کند.

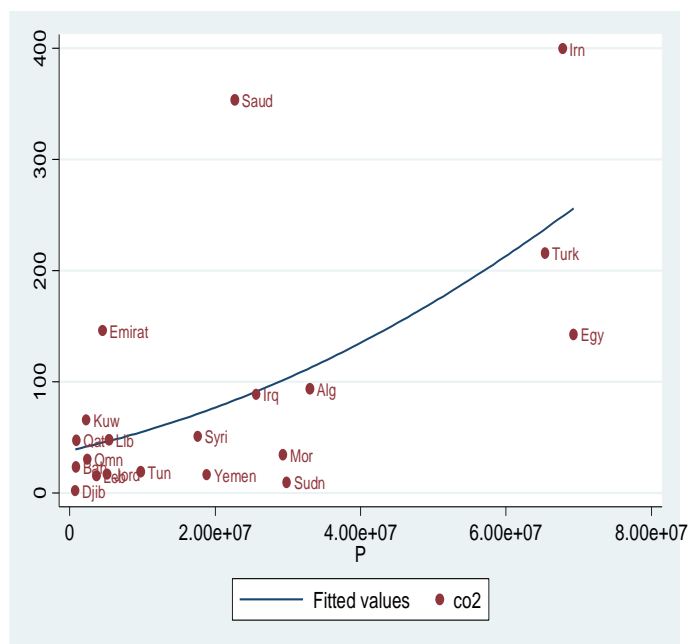
#### ۵- یافته‌های تحقیق

پیش از برآورد الگو، لازم است داده‌های مورد استفاده، بررسی و ارزیابی شوند. این مطالعه برای کشورهای منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا (منطقه منا) متشکل از بیست کشور و برای دوره زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۳ انجام شده است. بررسی آماری انتشار مطلق سرانه دی‌اکسید کربن مطابق با نمودار ۱ نشان می‌دهد که ایران، عربستان و ترکیه به ترتیب، بالاترین سطح انتشار CO<sub>2</sub> را در این جامعه آماری به خود اختصاص داده‌اند. در مقابل جیبوتی، سودان و لبنان، به ترتیب کمترین سطح انتشار CO<sub>2</sub> را دارند. نمودار ۲ بیانگر پراکنش انتشار آلودگی در مقابل اندازه جمعیت است. ملاحظه می‌شود که بخش عمده‌ای از کشورهای کم‌جمعیت در قسمت ابتدایی این



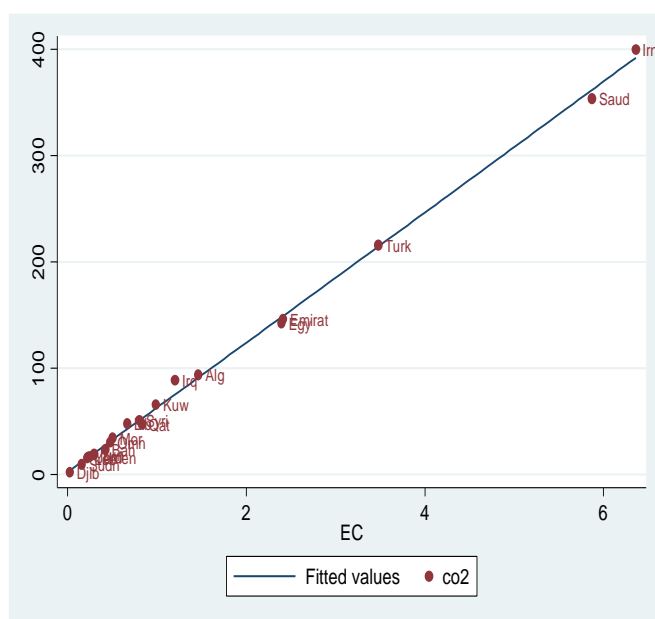
نمودار ۱- انتشار CO<sub>2</sub> کشورهای عضو منا در سال ۲۰۱۵

منبع: (World Bank, 2015)



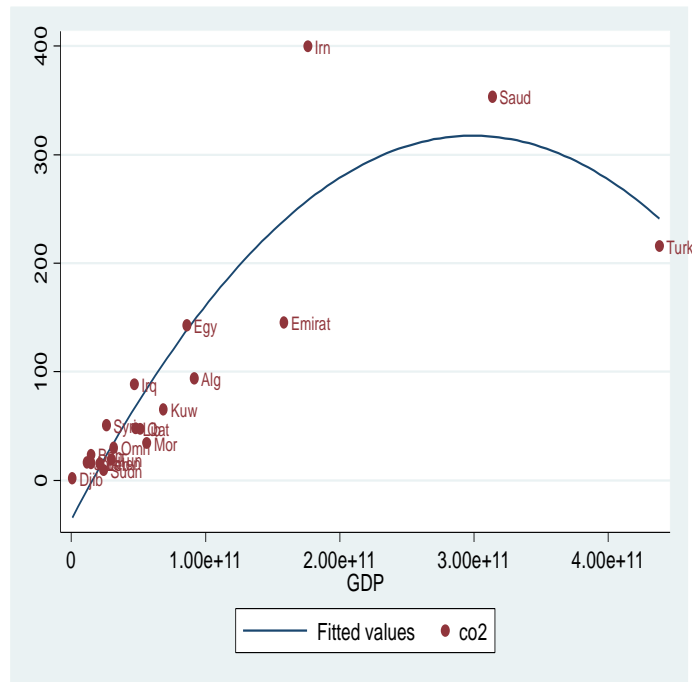
نمودار ۲- پراکنش متوسط انتشار آلودگی ( $CO_2$ ) در مقابل متوسط اندازه جمعیت (P)

منبع: (World Bank, 2015)



نمودار ۳- پراکنش متوسط انتشار آلودگی ( $CO_2$ ) در مقابل متوسط مصرف انرژی (EC)

منبع: (World Bank, 2015)



نمودار ۴- پراکنش متوسط انتشار آلودگی (CO<sub>2</sub>) در مقابل متوسط درآمد حقیقی (GDP)

منبع: (World Bank, 2015)

تخمین مدل<sup>۱</sup> تحقیق، لازم است وابستگی فضایی و وجود خودهمبستگی بین جملات اختلال مورد آزمون قرار گیرد. برای این منظور از آزمون LM و آزمون مورانز استفاده شده است. نتایج آزمون LM در جدول ۱ ارائه شده است:

در مدل های اقتصادسنجی فضایی، بهتر است ابتدا یک مدل کلی در نظر گرفته شود و سپس آزمون های مربوط به وابستگی فضایی و خودهمبستگی فضایی میان جملات اختلال، بررسی شده و در نهایت بیان شود کدام مدل برای مطالعه حاضر بهتر است. در این بخش، قبل از

جدول ۱- نتایج آماره آزمون LM برای معنی دار بودن اثر وابستگی فضایی

مقدار آماره $\chi^2$	درجه آزادی	ارزش احتمال
۴/۴۸	۱	۰/۰۳

میان مشاهدات، تأیید می شوند. در مرحله بعد با استفاده از آزمون مورانز، خودهمبستگی بین جملات اختلال، آزمون می شود. نتایج آزمون به صورت جدول ۲ می باشد:

نتایج جدول ۱ نشان می دهد فرضیه صفر مبنی بر عدم معنی داری وابستگی فضایی میان مشاهدات در سطح معنی دار ۱ درصد، رد گردیده و لذا وابستگی فضایی

جدول ۲- نتایج آزمون مورانز برای آزمون خودهمبستگی فضایی میان جملات اختلال

مقدار آماره	درجه آزادی	ارزش احتمال
۱/۰۷	۱	۰/۲۸

۱- شایان ذکر است که نرم افزار مورد استفاده در این مطالعه برای تخمین مدل و انجام آزمون های مربوطه، نرم افزار Stata 14 می باشد.

براساس نتایج جدول ۲ می‌توان بیان کرد فرضیه صفر که دلالت بر نبود خودهمبستگی فضایی در بین جملات اختلال دارد؛ در سطح معنی‌دار ۱ درصد رد نشده و لذا خودهمبستگی فضایی در بین جملات اختلال، وجود ندارد. در ادامه به منظور بررسی همگرایی درآمد مناطق، از مدل دوربین فضایی با در نظر گرفتن وابستگی فضایی میان مشاهدات، استفاده شده است. در این مدل، ابتدا ماتریس مجاورت یا همسایگی<sup>۱</sup> برای ۲۰ کشور مورد بررسی، طی سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۹۳ تشکیل گردیده؛ بدین ترتیب که برای کشورهای همسایه یا مجاور، مقدار

یک و برای کشورهای غیرمجاور، مقدار صفر در نظر گرفته شده است؛ لذا ماتریس مجاورت، یک ماتریس متقارن  $20 \times 20$  با عناصر روی قطر اصلی صفر و عناصر خارج از قطر اصلی صفر و یک می‌باشد. در مرحله بعد، به منظور تعریف ماتریس وزنی فضایی از ماتریس مجاورت استاندارد شده مرتبه اول<sup>۲</sup> استفاده شده است. در این ماتریس، استانداردسازی بر مبنای مجموع هر یک از سطرهاى ماتریس مجاورت صورت گرفته است. پس از تشکیل ماتریس وزنی فضایی، مدل تجربی تحقیق، برآورد می‌شود. نتایج تخمین مدل به صورت جدول ۳ می‌باشد.

جدول ۳- نتایج برآورد مدل به روش دوربین فضایی (SDM) متغیر وابسته رشد در آمد سرانه

متغیرهای توضیحی	ضریب	مقدار آماره Z	ارزش احتمال
عرض از مبدأ	-۱۴/۰۳	-۲۲/۴۰	۰/۰۰۰
لگاریتم GDP	۰/۴۸	۱۳/۹۱	۰/۰۰۰
لگاریتم جمعیت	۰/۸۱	۵/۹۲	۰/۰۰۰
لگاریتم شدت انرژی	۰/۳۷	۸/۵۶	۰/۰۰۰
لگاریتم نسبت تولید صنعتی به GDP	۰/۶۴	۱۲/۰۶	۰/۰۰۰
لگاریتم ساختار مصرف انرژی	۰/۳۱	۲/۵۵	۰/۰۱
لگاریتم درجه باز بودن تجاری	-۰/۰۷۶	-۲/۳۲	۰/۰۲
وقفه فضایی لگاریتم GDP	-۰/۰۵	-۵/۸۱	۰/۰۰۰
وقفه فضایی جمعیت	۰/۰۰۱	۰/۱۳	۰/۸۹
وقفه فضایی لگاریتم نسبت تولید صنعتی به GDP	۰/۰۵	۳/۲۵	۰/۰۰۱
وقفه فضایی شدت انرژی	۰/۰۰۹	۰/۹۵	۰/۳۴
وقفه فضایی ساختار مصرف انرژی	۰/۰۸	۵/۲۹	۰/۰۰۰
وقفه فضایی درجه باز بودن تجاری	۰/۰۲	۲/۲۶	۰/۰۲۴
وابستگی فضایی ( $\rho$ )	۰/۰۲۱	۲/۲۶	۰/۰۰۳
واریانس خطا ( $\sigma^2$ )	۰/۱۹	۱۸/۱۱	۰/۰۰۰
ضریب تعیین ( $R^2$ )	۰/۹۸	-	-

نتایج حاصل از برآورد مدل به روش دوربین فضایی (SDM) نشان می‌دهد ضریب مربوط به لگاریتم GDP، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد؛ یعنی افزایش رشد اقتصادی، منجر به افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود. ضریب منفی و معنی‌دار وقفه متغیر فضایی لگاریتم GDP ( $W \times \text{Log}(\text{GDP})$ ) بیانگر

آن است که رشد اقتصادی در بعضی مناطق، از طریق اثرات سرریز می‌تواند بر انتشار  $\text{CO}_2$  سایر مناطق تأثیر بگذارد. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهند که اثرات سرریز توسعه اقتصادی، بر شدت کربن نسبت به مقیاس انتشار کربن بیشتر است. کشورها می‌توانند از طریق تعدیل ساختار رشد اقتصادی و تغییر جهت به سمت مسیر توسعه‌ای با انتشار پایین دی‌اکسیدکربن، اقدام به صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش انتشار آلاینده‌ها کنند.

۱- در تشکیل ماتریس مجاورت یا همسایگی بر اساس مطالعات مدیسون (۲۰۰۶) و سیراسی و پالما (۲۰۱۰)، کشورهای با مسافت کمتر از ۲۰۰۰ کیلومتر به عنوان کشورهای همسایه یا مجاور در نظر گرفته شده‌اند.

تجاری، تأثیر منفی و معنی‌داری بر انتشار CO<sub>2</sub> دارد. تحت روند جهانی شدن و سیاست‌های باز به کار رفته در کشورها، اقتصاد این کشورها را به سمت جلو هدایت می‌شود و نتایج و دستاوردهای متعددی را به بار می‌آورد. نتایج، نشان می‌دهند، ضرایب بسیاری از متغیرهای مستقل، معنی‌دار بوده و علامت‌های آنها نیز مطابق انتظار است. ضریب متغیر وقفه فضایی نیز مثبت و معنی‌دار است. این امر بیانگر آن است که انتشار دی‌اکسیدکربن در مناطق مختلف با هم مرتبط است.

متغیر شدت انرژی، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد که نشان می‌دهد نوآوری تکنولوژیکی در کشورهای منطقه منا و کاهش متناسب در شدت انرژی می‌تواند کمک بزرگی به کاهش انتشار کربن باشد. از آنجا که تنظیم ساختار صنعت و مصرف انرژی، دشوار است؛ کشورهای مورد نظر، نیازمند جستجوی راه‌های مناسب به عنوان نوآوری تکنولوژیکی در جهت بهبود بهره‌وری انرژی و کاهش انتشار کربن هستند. بروز فناوری‌هایی با انتشار پایین کربن؛ از جمله فناوری‌های پاک جایگزین انرژی، تکنولوژی انرژی تجدیدپذیر و انرژی‌های نو که در حال حاضر در مراحل اکتشاف انرژی، تحول و بررسی کاربردهاست، حمایت قابل توجهی را در دستیابی به هدف کاهش انتشار آلاینده‌ها تا سال ۲۰۲۰ خواهد داشت. به طور عمده، کاهش شدت انرژی از نوآوری در فناوری حاصل می‌شود که به نوبه خود قادر است بر شدت انتشار کربن، تأثیرگذار باشد. از آنجایی که ضریب  $W \times \text{Log}(EI)$ ، مثبت است ولی معنی‌دار نیست؛ یعنی هیچ اثر سرریز فضایی برای شدت انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن وجود ندارد؛ این دلیل را می‌توان بیان کرد که جریان تکنولوژی انتشار کربن از منطقه‌ای به منطقه دیگر، به سختی تحقق می‌پذیرد. تقلید از توسعه فناوری‌های کاهش انتشار CO<sub>2</sub> تا حد زیادی تحت تأثیر توسعه منطقه‌ای، اقتصادی و قابلیت نوآوری است.

اثرات اندازه جمعیت در برآورد انتشار دی‌اکسیدکربن، به صورت مثبت و معنی‌دار می‌باشد، این امر نشان می‌دهد که افزایش جمعیت، منجر به شدت بیشتر انتشار کربن می‌شود. تقاضا برای مصرف انرژی به طور چشمگیری با رشد جمعیت، افزایش می‌یابد که این امر به نوبه خود، موجب تولید بیشتر گازهای گلخانه‌ای می‌شود. صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش انتشار آلاینده‌ها، به جنبه مهمی در تنظیم ساختار اقتصاد کشورها و مسیر توسعه آنها تبدیل شده است.

لگاریتم نسبت تولید صنعتی به GDP تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد؛ به طوری که برای دستیابی به هدف کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای، کشورها باید ساختار اقتصادی خود را تنظیم کنند و به توسعه فناوری بالا و صنایع خدماتی مدرنی بپردازند که موجب انتشار پایین‌تر آلاینده‌ها می‌شود. از سوی دیگر، اثرات سرریز ساختار صنعت در سطح انتشار کربن، مثبت و معنی‌دار است؛ این امر نشان می‌دهد که اثرات سرریز ساختار صنعتی بر شدت انتشار کربن وجود دارد. شاخص‌های مختلفی از شدت انتشار کربن در مراحل تولید و مصرف انرژی برای کشورها به عنوان مشوقی در تنظیم ساختار و استراتژی‌های تولید و مصرف انرژی ارائه شده است که می‌تواند موجب کاهش انتشار کربن شود.

ضریب مربوط به متغیر ساختار مصرف انرژی، مثبت و معنی‌دار می‌باشد؛ به این معنی که تغییرات در ساختار مصرف انرژی استفاده از انرژی‌های غیرفسیلی؛ مانند باد، هسته‌ای، انرژی خورشیدی و زیست‌توده و ... است. استفاده از گاز باید از طریق تنظیم سیاست‌های صنعتی و سیاست‌های تجارت بین‌المللی، افزایش یابد. همچنین مثبت و معنی‌دار بودن وقفه فضایی متغیر ساختار مصرف انرژی، بیانگر اثرات سرریز انتشار دی‌اکسیدکربن است که در اثر افزایش مصرف انرژی، حاصل می‌شود؛ در حالی که لگاریتم درجه باز بودن

جدول ۴- نتایج حاصل از اثرات مستقیم، غیرمستقیم و کل

اثر کل	اثر غیرمستقیم	اثر مستقیم	متغیرهای توضیحی
۰/۵۱	-۰/۱۰	۰/۶۱	لگاریتم درآمد اولیه
۰/۷۳	-۰/۱۴	۰/۸۷	لگاریتم جمعیت
۰/۳۹	-۰/۰۸	۰/۴۷	لگاریتم شدت انرژی
۰/۶۷	-۰/۱۳	۰/۸۰	لگاریتم نسبت تولید صنعتی به GDP
۰/۴۰	-۰/۰۷	۰/۴۸	لگاریتم ساختار مصرف انرژی
-۰/۲۰	۰/۰۴	-۰/۲۴	لگاریتم درجه باز بودن تجاری

افزایش رشد و توسعه در این نوع کشورها، آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای افزایش خواهد یافت. اندازه جمعیت نیز همان‌طور که انتظار می‌رفت رابطه مثبت با انتشار CO<sub>2</sub> دارد. به این صورت که با افزایش جمعیت، فعالیت‌های مخرب بشر نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه به محیط‌زیست، صدمه بیشتری می‌زند. طبق انتظار، ساختار مصرف انرژی و شدت انرژی نیز تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. همچنین درجه باز بودن تجاری، دارای تأثیر منفی و معنی‌داری بر انتشار CO<sub>2</sub> است.

- تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که توجه هر چه بیشتر به همبستگی مکانی، ناهمگنی و اثرات بیرونی در سیاست‌گذاری، بسیار حائز اهمیت است. کنترل انتشار کربن با کاهش تولید، امکان‌پذیر نیست اما با مصرف کم انرژی می‌توان به مسیری با انتشار پایین کربن، دست یافت. با توجه به این واقعیت که انتشار کربن در میان مناطق و صنایع، متفاوت هستند، استراتژی‌های زیر، به منظور کاهش انتشار کربن با حفظ رشد اقتصادی، پیشنهاد می‌شود:

- تقویت نوآوری در فناوری، بهینه‌سازی ساختار صنعت، گسترش سیاست‌های باز به منظور تجارت و سرمایه‌گذاری خارجی، انتخاب فناوری‌هایی با انتشار کم CO<sub>2</sub> - اندیشیدن تمهیداتی در راستای ارتقای تکنولوژی تولید و تدوین الگوهای صرفه‌جویی در مصرف انرژی

نتایج حاصل از محاسبه اثرات مستقیم، اثرات غیرمستقیم و اثرات کل (جدول ۴)، نشان می‌دهد اثرات کل و مستقیم، مربوط به تمامی متغیرها مثبت است ولی اثرات غیرمستقیم آن‌ها، منفی می‌باشد. فقط برای متغیر درجه باز بودن تجاری، اثرات مستقیم و کل، منفی هستند و اثرات غیرمستقیم، مثبت می‌باشد.

#### ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

در این مطالعه، با استفاده از الگوی رگرسیون اثرات تصادفی جمعیت، رفاه و فناوری (STRIPAT) تعمیم‌یافته در سطح منطقه‌ای، عوامل مؤثر در مقیاس و شدت انتشار آلاینده‌ها در کشورهای منطقه منا ارزیابی شده است. بر این اساس، مدل دوربین فضایی با داده‌های پانل کشورها طی دوره زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۳، برای بررسی آثار عوامل مؤثر در شدت انتشار دی‌اکسیدکربن و بررسی همبستگی مکانی از انتشار کربن و اثرات سرریز این عوامل به کار گرفته شد. تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده، حاکی از آن است که:

- نتایج حاصل از برآورد مدل نشان می‌دهد که لگاریتم GDP تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار CO<sub>2</sub> دارد؛ به این معنی که با افزایش درآمد سرانه انتشار دی‌اکسید کربن نیز افزایش می‌یابد. این نتیجه می‌تواند به این دلیل باشد که اکثر کشورهای منا در سطح توسعه‌یافتگی پایینی قرار دارند و هنوز به سطح دلخواهی از توسعه نرسیده‌اند. بنابراین بر اساس نظریه کوزنتز، با

محیط زیستی. فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی در

ایران، ۲(۵)، ۱۷۷-۱۵۳.

صادقی، سیدکمال؛ ابراهیمی، سعید. (۱۳۹۲). تأثیر توسعه مالی، تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی بر آلودگی محیط زیست در ایران (رهیافت ARDL). نشریه پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۲(۷)، ۷۳-۴۳.

صادقی، سیدکمال؛ سجودی، سکینه؛ احمدزاده دلجوان، فهیمه. (۱۳۹۵). بررسی تأثیر متغیرهای جمعیتی بر کیفیت محیط زیست بر مبنای مدل STIRPAT. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۸(ویژه نامه شماره ۳)، ۲۵۷-۲۷۵.

عسگری، علی؛ اکبری، نعمت الله. (۱۳۸۰). روش شناسی اقتصادسنجی فضایی؛ تئوری و کاربرد. مجله پژوهشی علوم انسانی دانشگاه اصفهان، ۱۲(۱-۲)، ۹۳-۱۲۲.

علیشیری، هدیه؛ محمدخانلی، شهرزاد؛ محمدباقری، اعظم. (۱۳۹۶). مطالعه عوامل مؤثر بر انتشار دی اکسید کربن در کشور (با رویکرد تحلیل تجزیه لاسپیرز اصلاح شده). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۹(۲)، ۶۲-۵۱.

فطرس، محمدحسن؛ صحرایی، راضیه؛ یاوری، معصومه. (۱۳۹۶). بررسی اثر جنگ بر امنیت غذایی در کشورهای منتخب منطقه منا ۱۳۹۳-۱۳۶۹ (رویکرد پانل دیتای نامتوازن). نشریه پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی، ۸(۳۰)، ۶۶-۵۵.

فلاحی، فیروز؛ حکمتی فرید، صمد. (۱۳۹۲). بررسی عوامل مؤثر بر میزان انتشار گاز دی اکسید کربن در استان های کشور (رهیافت داده های تابلویی). فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، ۲(۶)، ۱۵۰-۱۲۹.

کهنسال، محمدرضا؛ شایان مهر، سمیرا. (۱۳۹۵). آثار متقابل مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست: کاربرد الگوی معادلات هم زمان فضایی داده های تابلویی. نشریه پژوهش نامه اقتصاد انرژی ایران، ۵(۱۹)، ۲۱۶-۱۷۹.

محمدزاده، پرویز؛ اکبری، اکرم. (۱۳۹۳). بررسی عوامل تعیین کننده انتشار دی اکسید کربن توسط خانوارهای شهری: کاربرد مدل های همگن. نشریه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۳(۱۰)، ۸۲-۵۹.

محمدی، حسین؛ تیرگری سراجی، محمد. (۱۳۹۲). بررسی ارتباط میان رشد اقتصادی، آزادسازی تجاری و آلودگی

- اتخاذ سیاست های تشویقی و تنبیهی در راستای

بهینه سازی سطح جمعیت

- سیاست گذاری های بین منطقه ای توسط دولت های کشورهای همسایه در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در کل منطقه مربوط به هر کشور.

## ۷- منابع

بهبودی، داود، سلمانی، بهزاد؛ دهقانی، صدیقه. (۱۳۹۴). اثر تجارت بین الملل بر محیط زیست در کشورهای عضو اپک. نشریه اقتصاد کلان، ۱۰(۱۹)، ۲۳-۱۳.

پورعبدالهان کویچ، محسن؛ برقی اسگویی، محمد مهدی؛ پناهی، حسین؛ صالحی ابر، خدیجه؛ قاسمی، ایرج. تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار آلودگی دی اکسید کربن در صنایع محصولات کانی غیرفلزی ایران. فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۴(۱۶)، ۷۵-۴۳.

تمیزی، علیرضا. (۱۳۹۴). عوامل مؤثر بر انتشار گاز دی اکسید کربن در کشورهای در حال توسعه با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی بیزی. نظریه های کاربردی اقتصاد، ۲(۴)، ۱۶۸-۱۴۵.

دلفان، محبوبه. (۱۳۹۱). آزمون فرضیه پناهگاه آلودگی از سوی کشورهای عضو گروه جی ۸ به کشورهای عضو گروه دی ۸ با استفاده از داده های پانل. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم اقتصادی. دانشکده علوم اقتصادی، دانشگاه علامه طباطبائی.

رفیعی، حامد؛ غزنوی، شیوا؛ صالح، ایرج. (۱۳۹۶). بررسی عوامل مؤثر بر انتشار دی اکسید کربن در ایران؛ با تأکید بر آثار بیانیه ۲۱ ریو. نشریه پژوهش های محیط زیست، ۱۵(۱۵)، ۱۵۳-۱۶۴.

روزی طلب، آناهیتا؛ حسین پور، عبدالکریم. (۱۳۹۶). بررسی رابطه علی بین عوامل مؤثر بر آلودگی محیط زیست در ایران طی سال های ۱۳۵۵-۱۳۹۴. فصلنامه سیاست های راهبردی و کلان، ۵(۲۰)، ۴۵-۲۷.

صادقی، زین العابدین؛ گلستانی، شهرام؛ پوربافرانی، احسان. (۱۳۹۲). بررسی اثرات القایی قیمت انرژی بر روی تغییرات فناوری کارگاه های صنعتی ایران و ارزیابی آثار

- Poumanyong, P., & Kaneko, S. (2010). Does urbanization lead to less energy use and lower CO2 emissions? A cross-country analysis. *Ecological Economics*, 70(2), 434-444.
- Satterthwaite, D. (2009). The implications of population growth and urbanization for climate change. *Environment and Urbanization*, 21(2), 545-567.
- Wang, Y., & Zhao, T. (2015). Impacts of energy-related CO2 emissions: evidence from under developed, developing and highly developed regions in China. *Ecological Indicators*, 50, 186-195.
- Wang, Z., Yin, F., Zhang, Y., & Zhang, X. (2012). An empirical research on the influencing factors of regional CO2 emissions: evidence from Beijing city, China. *Applied Energy*, 100, 277-284.
- World Bank. (2015). World Development Indicators CD-ROM.
- York, R., Rosa, E. A., & Dietz, T. (2003). STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological economics*, 46(3), 351-365.
- Zhu, Q., & Peng, X. (2012). The impacts of population change on carbon emissions in China during 1978-2008. *Environmental Impact Assessment Review*, 36, 1-8.
- محیط‌زیست: بررسی کشورهای منتخب منطقه خاورمیانه. فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست و انرژی، ۲(۶)، ۱۸۳-۲۰۷.
- Balogh, J. M., & Jámor, A. (2017). Determinants of CO2 emission: A global evidence. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(5), 217-226.
- LeSage, J., & Pace, R. K. (2009). *Introduction to spatial econometrics*. Chapman and Hall/CRC.5.
- Liddle, B. (2015). What are the carbon emissions elasticities for income and population? Bridging STIRPAT and EKC via robust heterogeneous panel estimates. *Global Environmental Change*, 31, 62-73.
- Liu, Y., Xiao, H., Zikhali, P., & Lv, Y. (2014). Carbon emissions in China: a spatial econometric analysis at the regional level. *Sustainability*, 6(9), 6005-6023.
- Long, R., Yang, R., Song, M., & Ma, L. (2015). Measurement and calculation of carbon intensity based on ImPACT model and scenario analysis: A case of three regions of Jiangsu province. *Ecological indicators*, 51, 180-190.
- Ozturk, I., & Acaravci, A. (2013). The long-run and causal analysis of energy, growth, openness and financial development on carbon emissions in Turkey. *Energy Economics*, 36, 262-267.