فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی
سال سوم، شماره ۷، زمستان ۱۳۹۸، صفحات ۱۱۴-۹۵

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۶
ISSN:2538-4791 eISSN:2538-483X

مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن با رویکرد پنل فضایی و پیچیدگی اقتصادی: مطالعهٔ موردی کشورهای عضو اوپک

ابراهیم محمودی اصل کارشناس ارشد اقتصاد نظری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران

پروانه کمالی دهکردی * استادیار دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

عبدالخالق غبیشاوی کارشناسی ارشد توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران

فرشته عبدالهی کارشناسی ارشد توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران

چکیده

پیچیدگی اقتصادی به عنوان شاخص ارتقاء تکنولوژی، انباشت دانش و تنوع کالایی در تولید هر کشور می‌باشد و نماگری از سطح شکوفایی و توسعه است. در این فرایند، ارتباط انتشار دی‌اکسیدکربن و آسیب‌های محیط‌زیستی، مصرف انرژی و پیچیدگی اقتصادی کشورها از چالش‌های موجود می‌باشند. این پژوهش به بررسی رابطه بین پیچیدگی اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای عضو اوپک می‌پردازد. جهت نیل به این هدف از رویکرد پنل پویای فضایی در دوره زمانی ۲۰۱۷-۱۹۹۵ استفاده شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که مصرف انرژی رابطه مثبت و معنی‌داری با انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. بدین مفهوم که در کشورهای عضو اوپک از یک سو، به علت نبود تکنولوژی پیشرفته، شدت انرژی بالایی دارند و از سوی دیگر عمده انرژی مصرفی آنها سوخت‌های فسیلی است، لذا سطح آلایندگی بالایی دارند. همچنین بین پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن رابطه مستقیم و معنی‌داری وجود دارد. با توجه به آنکه اکثر کشورهای عضو اوپک در مراحل اولیه توسعه می‌باشند، افزایش میزان انتشار دی‌اکسیدکربن دور از انتظار نمی‌باشد.

واژگان کلیدی: رویکرد پیچیدگی اقتصادی، انتشار دی‌اکسیدکربن، مصرف انرژی، پنل فضایی، اوپک.

طبقه‌بندی JEL: C۲۳، O۲۰، Q۳۱، Q۵٤.

* نویسنده مسئول: parvanehkamali@gmail.com

۱. مقدمه

ژان آنتلم بریلات ـ ساوارین[1]، سیاستمدار فرانسوی و متخصص غذا در کتاب خود با عنوان «فیزیولوژی از طعم»[2] نوشت: «به من بگویید چه می‌خورید و من به شما می‌گویم چه کسی هستید»، این نظریه بر این واقعیت که سبدهای غذایی مردم وضعیت ثروت آنها را منعکس می‌کند، استوار است. بر همین اساس، می‌توان گفت معیارهای پیچیدگی اقتصادی نیز برای تعیین وضعیت اقتصادی ـ اجتماعی کشورها مبتنی بر سبد صادراتی آنها می‌باشند. از این رویکردها، در اقتصاد، عمدتاً به عنوان جایگزینی برای نظریه‌های رشد اقتصاد سنتی استفاده می‌شود که غالباً به دلیل کاهش پیچیدگی، پویایی اقتصادی ـ اجتماعی کشورها را از طریق فرضیات ساده بررسی می‌کنند.[3] در این رویکردهای جدید، دانش تولیدی متعلق به هر کشور ـ که توانایی‌ها، امور مالی، فناوری، سرمایه انسانی و منابع را در خود جای داده است و پتانسیل رشد اقتصادی کشور را تعیین می‌کند ــ به سهولت قابل استخراج است. جای تعجب نیست که اولین نماگر از دانش تولیدی کشورها تعداد محصولات در سبد صادراتی آنها، یعنی تنوع تولید آنها است.[4]

منظور از پیچیدگی اقتصادی، بهبود بارزترین معیار رقابت با بهره‌گیری از اطلاعات مربوط به پیچیدگی صادرات و توانایی‌های مورد نیاز برای تولید و صادرات کالای خاص است: کشورهایی که در سطح پایینی از دانش تولید هستند فقط محصولاتی که دارای پیچیدگی کمتر است تولید و صادر می‌کنند و در نتیجه مراحل پایین‌تری از رقابت را ایجاد می‌کنند، در حالی که کشورهایی با سطح بالاتر از دانش تولید، از منابع خود برای تنوع بخشیدن به سبدهای صادراتی بهره می‌برند و رقابت‌پذیری را افزایش می‌دهند.[5] با معکوس کردن این استدلال، انتظار می‌رود که تنوع و ترکیب سبد صادراتی بتواند برای اندازه‌گیری پیچیدگی اقتصادی کشورها و محصولات، مورد استفاده قرار گیرد و پایه‌هایی برای رتبه‌بندی (از پایین به بالا) کشورها و محصولات ایجاد کند.

بدیهی است که ساختار تولیدی یک کشور می‌تواند بر انتشار گازهای گلخانه‌ای تأثیر

---

1. Jean Anthelme Brillat-Savarin
2. Physiologie du goût’ wrote
3. Sciarra, *et al* (2020)
4. Inoua (2016)
5. Tacchella, *et al* (2012)

بگذارد به‌علاوه سطح پیچیدگی اقتصادی و تنوع محصولات می‌تواند با ایجاد آلودگی به محیط زیست آسیب برساند، اما ساختار تولید دانش بنیان، خلاقیت و نوآوری را در بر می‌گیرد که می‌تواند به تحریک محصولات سبزتر و فناوری‌های سازگار با محیط زیست کمک کند.

از سوی دیگر در طول ربع قرن گذشته، آلودگی محیط زیست و مسائل مربوط به کیفیت مورد توجه محققان، بوم‌شناسان، سیاست‌گذاران و اقتصاددانان قرار گرفته است. تقاضای انسان برای منابع طبیعی اکوسیستم را تحت فشار قرار می‌دهد و باعث ایجاد بسیاری از مشکلات محیط‌زیستی می‌شود که محدود به از دست دادن تنوع زیستی، تغییرات آب و هوا، تخریب خاک و آلودگی محیط نیست.[1] مصرف نامحدود منابع طبیعی توسط بشر خسارات جبران‌ناپذیری را در زیست کره ایجاد می‌کند که بر اهداف بلندمدت توسعه اقتصادی و اجتماعی جهان تأثیر منفی می‌گذارد.[2]

بنابراین، میان اکوسیستم و اقتصاد رابطه مستقیمی وجود دارد.[3] استخراج و مصرف بیش از حد منابع طبیعی و افزایش انتشار زباله و آلودگی، اقتصاد ملی را تهدید می‌کند. در این مرحله، انتشار دی‌اکسیکربن (CO_2) باعث مشکلات مهم محیط‌زیستی مانند از دست دادن تنوع زیستی، گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی می‌شود. لذا، کشورها در نشست‌های مختلف بین‌المللی مانند کنفرانس استکهلم، پروتکل‌های مونترال و کیوتو و توافق‌نامه پاریس اقداماتی را برای جلوگیری از افزایش انتشار CO_2 انجام داده‌اند. با وجود تمام تلاش‌ها، انتشار CO_2 در سراسر جهان همچنان در حال افزایش است.[4] اقتصاد کشورهای نفتی به جهت وابستگی به نفت و درآمدهای نفتی در ساختارهای تولید و مصرف و همچنین نبود سیاست‌هایی برای بهبود کارایی در مصرف انرژی، روند افزایش انتشار گازها را با روند افزایش مصرف انرژی و درآمد همراه کرده است.[5] فرایند تولید در چنین شرایطی بدون بررسی‌های علمی و برنامه‌ریزی شده باعث هدررفت انرژی و زمان خواهد بود لذا در این پژوهش به بررسی رابطه پیچیدگی اقتصادی و مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای عضو اوپک با در نظر گرفتن تأثیرگذاری متقابل و

---

1. Rudolph and Figge (2017)

۲. شهباز و همکاران (۲۰۱۷)

3. Nikolova (2015)
4. Pata (2020)

۵. درگاهی و غلامی (۱۳۹۰)

وابستگی بین مناطق پرداخته خواهد شد. به این منظور در بخش دوم مبانی نظری و پیشینه تحقیق ارائه شده است. سپس مدل این مطالعه در بخش سوم معرفی و برآورد شده است. یافته های برآورد مدل در بخش چهارم و جمع‌بندی در بخش پنجم و پایانی مطرح شده‌اند.

۲. مبانی نظری و پیشینه تحقیق

۲-۱. محاسبه پیچیدگی اقتصادی

هیدالگو و همکاران[1] (۲۰۰۷) و هاسمن و هیدالگو[2] (۲۰۰۹) پیشنهاد کردند محاسبه پیچیدگی محصولات و کشورها براساس اطلاعات مربوط به متنوع‌سازی اقتصادی و فراگیر بودن محصولات صورت گیرد. از یک سو، سطح تنوع هر کشور به عنوان تعداد محصولاتی که این کشور با مزیت نسبی آشکار شده[3] (RCA) تولید می‌کند، تعریف شد. از سوی دیگر، سطح فراگیر بودن هر کالا به عنوان تعداد کشورهایی که کالاهای مورد نظر را با RCA تولید می‌کنند، تعریف شده است.

در روش هاسمن و هیدالگو، جهت محاسبه پیچیدگی اقتصادی از ماتریس M_{cp} استفاده شده است که در آن M متغیری مجازی است. بدین ترتیب که اگر کشور C در خصوص محصول P دارای مزیت نسبی آشکار شده (RCA) بزرگ‌تر از یک باشد، درایه‌های ماتریس، عدد ۱ را به خود اختصاص داده و در غیر این صورت عدد صفر برای آن لحاظ می‌گردد.

حال می‌توان اعداد مربوط به درایه‌های ماتریس M_{cp} را بدین‌صورت تعریف نمود:

$$M_{cp} = \begin{cases} ۱ \text{ اگر } RAC \geq ۱ \\ \\ \text{در غیر این صورت } ۰ \end{cases}$$ رابطه (۱)

بر این اساس می‌توان متنوع بودن و فراگیر بودن کالاها را با جمع زدن ردیف‌ها و ستون‌ها محاسبه نمود:

$$\text{Diversity}: k_{c,o} = \sum_p M_{cp}$$ متنوع بودن رابطه (۲)

$$\text{Ubiquity}: k_{p,o} = \sum_c M_{cp}$$ فراگیر بودن رابطه (۳)

---

1. Hidalgo, *et al*
2. Hidalgo and Hausmann
3. Revealed Comparative Advantage

با استفاده از این روابط، هیدالگو و هاسمن (۲۰۰۹) شواهدی را ارائه دادند که نشان می‌دهد بین درآمد سرانه هر کشور و سطح تنوع آن رابطه مثبت و قوی وجود دارد. علاوه بر این، آنها همچنین نشان دادند که تنوع و فراگیر بودن با هم ارتباط منفی دارند، که نشان می‌دهد کشورهایی که تنوع بیشتری دارند تمایل به تولید کالاهایی دارند که کمتر یافت می‌شود. هیدالگو و هاسمن (۲۰۰۹) برای محاسبه شاخص پیچیدگی محصول (PCI) و شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI) اطلاعات موجود در شاخص‌های تنوع و فراگیری را مورد بررسی قرار دادند. شهود لازم جهت درک ترکیب این دو شاخص بسیار ساده است. از یک سو، کشوری با تنوع بالا اگر محصولات تولیدی آن به صورت رقابتی (با RCA) بسیار فراگیر باشد، کمتر پیچیده در نظر گرفته می‌شود. از سوی دیگر، پیچیدگی کمتری رخ می‌دهد اگر محصولی با فراگیری اندک، در کشورهایی تولید شود که تنوع چندانی نداشته باشند. از این رو، می‌توان با تغییر ترکیب دو شاخص اطلاعات بیشتری در مورد پیچیدگی اقتصادی هر محصول و کشور استخراج نمود.این موضوع را می‌توان چنین نمایش داد:

رابطه (۴)
$$k_{c.N} = \frac{1}{k_{c.o}} \sum_p M_{cp} k_{p.N-1}$$

رابطه (۵)
$$k_{p.N} = \frac{1}{k_{p.o}} \sum_p M_{cp} k_{c.N-1}$$

سپس رابطه (۵) را در رابطه (۴) قرار داده و به دست می‌آید:

رابطه (۶)
$$k_{p.N} = \frac{1}{k_{c.o}} \sum_p M_{cp} \cdot \frac{1}{k_{p.o}} \sum_c M_{cp} k_c \; N-2$$

رابطه (۷)
$$k_{c.N} = \sum_c k_c \; N-2 \sum_p \frac{M_{cp} M_{cp}}{k_{c.o} k_{p.o}}$$

و دوباره به این صورت نوشته می‌شود:

رابطه (۸)
$$k_{c.N} = \sum_c \tilde{M_{cc}} k_c \; N-2$$

رابطه (۹)
$$\tilde{M_{cc}} = \sum_p \frac{M_{cp} M_{cp}}{k_{c.o} k_{p.o}}$$

رابطه (۸) وقتی برقرار است که $k_{c.N} = k_{c.N-2} = 1$ و $\tilde{M_{cc}}$ با بزرگترین مقدار ویژه مرتبط است. از آنجا که این بردار ویژه، برداری از اعداد یک است، دربردارنده اطلاعات مفیدی نیست. بنابراین به جای آن از بردار ویژه مربوط به دومین مقدار ویژه استفاده می‌شود. این

برداری است که بزرگترین مقدار واریانس را منعکس می‌کند و شاخصی برای اندازه‌گیری پیچیدگی اقتصادی است. بنابراین پیچیدگی اقتصادی (ECI) را می‌توان چنین تعریف کرد:

$$ECI = \frac{\vec{K} - <\vec{K}>}{kstdev(\vec{K})}$$ رابطه (۱۰)

که در رابطه نماد $< >$ معرف میانگین، $stdev$ نشان‌دهنده انحراف معیار و K بردار ویژه ماتریس $M_{cc}^{\sim}$ مرتبط با دومین مقدار ویژه بزرگ آن است.[1]

۲-۲. پیشینه تحقیق

۲-۲-۱. پیشینه خارجی

پاتا[2] **(۲۰۲۰)**، در پژوهش خود تأثیر پیچیدگی اقتصادی، جهانی‌سازی و مصرف انرژی تجدیدپذیر و غیر قابل تجدیدپذیر را در انتشار CO_2 و اثرات زیست‌محیطی در چارچوب فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در ایالات متحده بررسی نمود. برای این منظور، از روش پنل دیتا برای دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۶ استفاده شده است. یافته اصلی مطالعه نشان می‌دهد که رابطه وارونه U بین پیچیدگی اقتصادی و آلودگی محیط برای ایالات متحده وجود دارد. علاوه بر این یافته، جهانی شدن و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر نقش اصلی را در کاهش آلودگی محیط‌زیستی بازی می‌کنند، در حالی که مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر از عوامل مؤثر بر فشار محیط هستند.

چو[3] **(۲۰۲۰)**، در پژوهش خود به بررسی ارتباط میان محیط زیست و پیچیدگی اقتصادی با تکیه بر منحنی زیست‌محیطی کوزنتس می‌پردازد. وی از روش گشتاورهای تعمیم یافته در طی دوره ۲۰۱۴-۲۰۰۲ استفاده نموده و به این نتیجه دست یافته که رابطه شکل U میان پیچیدگی اقتصادی و انتشار CO_2 وجود دارد.

هو و همکاران[4] **(۲۰۲۰)**، در پژوهش خود به بررسی تأثیر تنوع محصولات وارداتی و مصرف انرژی تجدیدپذیر بر میزان انتشار CO_2 در ۳۵ کشور توسعه یافته و ۹۳ اقتصاد در حال توسعه می‌پردازند. مدل‌های تجربی از یک چارچوب نظری زیست‌محیطی و داده‌های

---

1. Romero and Gramkow (2020)
2. Pata
3. Chu
4. Hu, *et al*

سالانه برای ۱۹۹۵-۲۰۱۴ استفاده می‌کنند. در این مطالعه آنها از برآوردگرهای *CCE-MG* و *AMG* استفاده نموده‌اند. نتایج کلی نشان می‌دهد که تنوع کالای وارداتی به ترتیب تأثیر منفی و مثبتی بر میزان انتشار کربن در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه دارد. این مطالعه همچنین نشان می‌دهد که افزایش مصرف انرژی تجدیدپذیر با کاهش انتشار کربن به تحقق اهداف تغییر آب و هوا کمک می‌کند.

لاپاتیناس و همکاران[1] **(۲۰۱۹)**، در پژوهش خود با استفاده از داده‌های سالانه ۸۸ کشور توسعه یافته و در حال توسعه برای دوره ۲۰۱۲-۲۰۰۲، رابطه بین پیچیدگی اقتصادی و عملکرد محیطی را تجزیه و تحلیل می‌کنند. آنها با اندازه‌گیری عملکرد زیست‌محیطی از طریق شاخص عملکرد محیطی، نشان می‌دهند که انتقال به سطوح بالاتر پیچیدگی اقتصادی منجر به عملکرد بهتر محیط زیست می‌شود و بنابراین، ظرافت محصول باعث تخریب محیط زیست نمی‌شود. با این وجود، تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر کیفیت هوا منفی است به گونه‌ای که قرار گرفتن در معرض انتشار $PM۲/۵$ و $CO_۲$ افزایش می‌یابد.

ناگو[2] **(۲۰۱۹)**، در پژوهش خود با استفاده از منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (*EKC*) به کشف ارتباط بین شاخص پیچیدگی اقتصادی (*ECI*) و انتشار کربن، در ۲۵ کشور منتخب اتحادیه اروپا از سال ۱۹۹۵-۲۰۱۷ پرداخته است. وی متغیر شدت انرژی را به عنوان تعیین کننده اصلی انتشار کربن معرفی کرده است. یافته‌ها حاکی از آن است که الگوی انتشار $CO_۲$ یک منحنی U شکل معکوس دارد. همچنین مشخص شد که افزایش ۱۰٪ شدت انرژی منجر به افزایش ۳.۹ ٪در انتشار $CO_۲$ می‌شود.

ناگو و تئودور[3] **(۲۰۱۹)**، در پژوهش خود به بررسی رابطه طولانی مدت بین پیچیدگی اقتصادی، ساختار مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای، در کشورهای اتحادیه اروپا و دو زیر گروه پرداخته‌اند: ۱) اقتصادهای اروپا با پیچیدگی اقتصادی بالا و ۲) اقتصادهای اروپا با سطح پیچیدگی اقتصادی پایین. با در نظر گرفتن ناهمگنی در میان کشورهای اروپایی، از روش پنل ناهمگن استفاده می‌شود که شامل برآورد پنل از طریق حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده (FMOLS) و حداقل مربعات پویا (DOLS) می‌باشد. یافته‌های تجربی نشان‌دهنده یک رابطه تعادل بلند مدت بین پیچیدگی اقتصادی،

---

1. Lapatinas, *et al*
2. Neagu
3. Neagu and Teodoru

ساختار مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای وجود دارد. همچنین پیچیدگی اقتصادی و ساختار مصرف انرژی از نظر آماری تأثیر معنی‌داری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد، اما تأثیر بیشتر در زیرمجموعه کشورهایی که سطح پیچیدگی اقتصادی کمتری دارند، است.

دوگان و همکاران[1] **(۲۰۱۹)**، در پژوهش خود به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی به عنوان شاخصی از ساختارهای تولیدی پیشرفته و مبتنی بر دانش بر انتشار CO_2 برای ۵۵ کشور طی دوره ۲۰۱۷-۱۹۷۱ پرداخته‌اند. کشورهایی که در نظر گرفته شده‌اند در سه گروه درآمدی مختلف قرار دارند، یعنی درآمد بالا، درآمد متوسط و درآمد پایین. آنها از رگرسیون پنلی استفاده نموده‌اند و با درج پیچیدگی اقتصادی و سایر متغیرهای کنترلی مانند مصرف انرژی، شهرنشینی و باز بودن تجارت در مدل خود، فرضیه منحنی محیطی کوزنتس را آزمایش می‌کنند. یافته‌ها نشان می‌دهد که پیچیدگی اقتصادی تأثیرات قابل توجهی بر محیط زیست دارد. بر اساس نتایج رگرسیون، پیچیدگی اقتصادی تخریب محیط زیست را در کشورهای با درآمد متوسط و پایین افزایش داده و انتشار CO_2 را در کشورهای با درآمد بالا کنترل کرده است.

۲-۲-۲. پیشینه داخلی

عزیزی و همکاران (۱۳۹۸)، با استفاده از داده‌های ۹۹ کشور در دوره ۲۰۱۷-۱۹۹۲ به بررسی اثر پیچیدگی اقتصادی به عنوان معیار سطح تکنولوژی، دانش و مهارت یک اقتصاد، بر آلودگی محیط زیست در چارچوب فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس پرداخته شده است. آلودگی محیط زیست با معیار میزان انتشار دی‌اکسیدکربن سنجیده شده، زیرا حجم قابل توجهی از گازهای گلخانه‌ای مربوط به آن است. همچنین از مدل داده‌های تابلویی و روش حداقل مربعات معمولی پویا به منظور برآورد رابطه میان متغیرها استفاده شده است. نتایج این برآورد نشان می‌دهد که پیچیدگی اقتصادی اثر منفی و معنی‌داری بر آلودگی محیط زیست داشته و همچنین فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس به صورت تجربی مورد تأیید قرار گرفته است.

پیرامون مبحث پیچیدگی اقتصادی و محیط زیست مطالعات خارجی بسیاری صورت

---

1. Doğan, *et al*

گرفته که اغلب در کشورهای پیشرفته و توسعه‌یافته بوده‌اند لیکن در کشورهای در حال توسعه همان‌گونه که مشاهده می‌شود شکاف مطالعاتی بزرگی وجود دارد که به وضوح می‌توان آن را درک نمود. لذا پژوهش حاضر به دنبال آن است تا با بررسی دقیق موضوع در کشورهای عضو اوپک، بخشی از این شکاف را پر نمایند.

۳. روش‌شناسی تحقیق

در سال‌های اخیر، علاقه بسیاری به تجزیه و تحلیل و برآورد روابط اقتصادی براساس داده‌های پنل نشان داده شده است. این علاقه را می‌توان با این واقعیت توضیح داد که در داده‌های پانلی محققان امکان مدل‌سازی بیشتری را در مقایسه با داده‌های کاملا مقطعی و یا داده‌های سری زمانی دارند. استفاده از داده‌های پانلی باعث کاهش از دست رفتن درجه آزادی و از این رو افزایش کارآیی در تخمین می‌گردد. داده‌های پنل همچنین می‌توانند فرضیه‌های رفتاری پیچیده‌تری، از جمله تأثیراتی که با استفاده از داده‌های کاملاً مقطعی و یا سری زمانی قابل حل نیستند را فراهم آورند.[1]

اما استفاده از داده‌های پانلی محققین را با دو مشکل روبه‌رو می‌کند. اول آنکه وابستگی فضایی ممکن است بین مشاهدات در هر نقطه از زمان وجود داشته باشد. به بیان دیگر فاصله میان کشورها می‌تواند بر رفتار اقتصادی تأثیرگذار باشد که این امر در مدل‌های پانلی نادیده گرفته می‌شود. در نظریه علوم منطقه‌ای خاطرنشان می‌شود که عوامل اقتصادی ممکن است بسته به ۱) شرایط بازار منطقه مورد نظر با سایر مناطق و ۲) فاصله بین مناطق، تصمیمات خود را تغییر دهند. ایراد دوم نیز مربوط به نادیده گرفتن ناهمسانی فضایی میان مشاهدات می‌باشد. ناهمسانی فضایی به انحراف در روابط بین مشاهدات در سطح مکان‌های جغرافیایی فضا اشاره دارد. در این راستا استفاده از تکنیک‌های فضایی می‌تواند جهت رفع این مشکلات کمک شایانی نماید.

جهت تخمین مدل پنل فضایی، اولین گام ایجاد ماتریس مجاورت است. ماتریس مجاورت از جمله مهمترین مباحث در بحث مدل‌های فضایی به شمار می‌رود. در اکثر مطالعات از میان انواع ماتریس‌های موجود از ماتریس مرز مشترک استفاده شده است. در تحقیق حاضر نیز ماتریس مجاورت، برای هفت کشور عضو اوپک که دارای مرز مشترک

1. Hsiao (1986) and Baltagi (2001)

هستند تشکیل شده است. در این ماتریس، کشورهای همجوار عدد یک و کشورهای غیرهمجوار عدد صفر را به خود اختصاص داده‌اند. پس از ایجاد ماتریس مجاورت، در گام بعدی می‌بایست از طریق آزمون‌های خودهمبستگی همانند آزمون موران و گری[1] وجود خودهمبستگی را مورد بررسی قرار داد. در گام سوم و پس از تأیید خودهمبستگی در مدل، از طریق آزمون‌های والد[2]، والد چندگانه[3] و معیارهای آکائیک[4] و شوارتز[5]، نوع مدل (SDM[6] SEM,[7] SAR,[8] SAC,[9]) را مشخص نمود و در نهایت مدل را برآورد نمود.

۳-۱. معرفی مدل فضایی

در مطالعه حاضر جهت تجزیه و تحلیل پیوند میان پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن طی سال‌های ۲۰۱۷-۱۹۹۵ از تکنیک پنل فضایی استفاده شده است. مدل اقتصادسنجی فضایی نه تنها رابطه میان متغیرهای مستقل و متغیر وابسته را در نظر می‌گیرد، بلکه ویژگی‌های مکانی را نیز به تجزیه و تحلیل تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته می‌افزاید. الگوی مورد استفاده بر طبق مطالعات ناگو و تئودور[10] و ناگو[11] در نظر گرفته شده است که به صورت رابطه (۱۱) می‌باشد.

$$CO_2 = f(EC, EG)$$

$$CO_{2it} = \beta_1 + \beta_2 EC_{it} + \beta_3 EG_{it} + \varepsilon_{it} \quad \text{رابطه (۶)}$$

در این الگو CO_2: انتشار دی‌اکسیدکربن، EC: پیچیدگی اقتصادی، EG: مصرف انرژی و ε نیز جمله اخلال می‌باشد که به صورت لگاریتمی در برآورد مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین آمار مربوط به انتشار دی‌اکسیدکربن از کتاب کار بانک انرژی[12] (۲۰۱۹)، مصرف انرژی از بانک جهانی و شاخص پیچیدگی نیز از سایت پیچیدگی

1. Moran and Geary
2. Wald
3. Multiple Wald
4. Akaike Information Criterion
5. Schwarz Criterion
6. Spatial Durbin Model
7. Spatial Error Model
8. Spatial Autoregressive Model
9. Spatial Autoregressive Combined Model
10. Neagu and Teodoru (2019)
11. Neagu (2019)
12. http://www.bp.com/statisticalreview

اقتصادی[1] استخراج شده‌اند.

٤. نتایج تحلیل آماری

٤-١. آزمون همبستگی

پس از ایجاد ماتریس فضایی، در گام بعدی می‌بایست همبستگی داده‌ها مورد بررسی قرار گیرد. در علوم منطقه‌ای، همبستگی مکانی (یا وابستگی مکانی) به موقعیتی اطلاق می‌شود که مقادیر یک متغیر تصادفی در یک مکان به مقادیر دیگری در مکان‌های همسایه وابسته باشد. مفهوم وابستگی مکانی کاملاً شهودی است و منشأ آن در قانون اول جغرافیای توبلر[2] نهفته است. توبلر بیان می‌کند که دردنیا همه عوامل با یکدیگر ارتباط دارند، اما بُعد فاصله متغیر کلیدی است بدین مفهوم که عوامل نزدیکتر ارتباط بیشتری با یکدیگر نسبت به عوامل دورتر دارند.

با استفاده از ادبیات مربوط با انتشار دی‌اکسیدکربن، گنجاندن اثرات مکانی به این معنی است که انتشار دی‌اکسیدکربن در یک کشور یا منطقه خاص فقط به عوامل تعیین‌کننده در اقتصاد خود کشور بستگی ندارد، بلکه ویژگی‌های اقتصادهای همسایه نیز می‌تواند تأثیرگذار باشد. موران[3] در سال ۱۹۵۰ به منظور مطالعه پدیده‌های تصادفی، که در فضا در دو یا چند بعد توزیع می‌شوند اولین آزمون همبستگی فضایی را معرفی نمود. در تحقیق حاضر جهت بررسی وجود همبستگی در داده‌های مورد بررسی از آزمون موران و گری[4] استفاده شده است که نتایج آن در جدول (۱) قابل مشاهده است. با توجه به اینکه فرضیه صفر در این آزمون‌ها عدم وجود خودهمبستگی فضایی می‌باشد با آزمون‌های موران و گری وجود خودهمبستگی فضایی تأیید می‌شود.

جدول ۱. نتایج آزمون همبستگی

آزمون همبستگی	سطح احتمال
آزمون موران	۰/۰۰۰۰
آزمون گری	۰/۰۰۰۰

منبع: یافته‌های محقق

1. https://oec.world/en/
2. Tobler (1970)
3. M. I. Moran
4. G. C. Geary

۲-٤. آزمون‌های تشخیص مدل

پس از انجام آزمون همبستگی فضایی، باید از مدل دوربین فضایی به عنوان مدلی کلی شروع کرد و گزینه‌های مختلف را آزمایش شوند. به عبارتی فرض می‌شود که مدل مورد بررسی ما دوربین فضایی است اما علاقمندیم بدانیم که آیا بهترین مدل برای داده‌های موجود است یا خیر. برای این کار از آزمون والد استفاده شده است. در این آزمون در صورتی که احتمال آزمون کمتر از ۰/۰۵ باشد، می‌توان مدل دوربین فضایی را برآورد نمود ولی اگر سطح احتمال بالای ۰/۰۵ شود، بهتر است مدل خودرگرسیون فضایی باشد.

بدین منظور آزمون والد چندگانه جهت انتخاب برآورد مدل به صورت دوربین فضایی و خطای فضایی انجام می‌گیرد. در این آزمون نیز با توجه به مقدار سطح احتمال مدل دوربین فضایی تأیید می‌گردد.

جدول ۲. نتایج آزمون والد و والد چندگانه

آزمون‌ها	آماره کای دو	سطح احتمال
آزمون والد	۱۲۷/۲۳	۰/۰۰۰۰
آزمون والد چندگانه	۱۲۹/۳٤	۰/۰۰۰۰

منبع: یافته‌های محقق

در نهایت با استفاده از معیارهای آکائیک و شوارتز از میان مدل دوربین فضایی و اتورگرسیو فضایی[1] مدلی انتخاب می‌شود که دارای کمترین مقدار آکائیک و شوارتز باشد. نتایج بررسی سه آزمون در جدول (۲) و (۳) حاکی از انتخاب مدل دوربین فضایی می‌باشد.

جدول ۳. بررسی معیارهای آکائیک و شوارتز

مدل	معیار آکائیک	معیار شوارتز
دوربین فضایی	٥۳٤/۰۸*	۷۳۱/۹٤*
اتورگرسیو فضایی	۸٦۸/۱٤	۸۷٤/۲۳

منبع: یافته‌های محقق

1. Spatial Autoregressive

۳-٤. نتایج تخمین مدل فضایی

نتایج تخمین مدل تأثیر پیچیدگی فضایی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در هفت کشور عضو اوپک در جدول (۴) قابل مشاهده است. نتایج آزمون هاسمن[1] بیانگر تخمین مدل به روش اثرات تصادفی می‌باشد. همچنین با توجه به آنکه مدل دوربین فضایی جهت برآورد مدل مورد تأیید قرار گرفت لذا دارای اثرات مستقیم، غیر مستقیم و کل خواهیم بود. اثرات مستقیم بر اساس نظر لسیج و پیس[2] به صورت تأثیر متغیر توضیحی در یک کشور بر متغیر وابسته در همان کشور محاسبه و میانگین گرفته می‌شود. اثرات غیر مستقیم نیز از طریق میانگین کل اثراتی که از تأثیر متغیرهای توضیحی یک کشور بر متغیر وابسته کشور دیگر به دست می‌آید، حاصل می‌شود. در نهایت اثرکل مجموع اثرات مستقیم و غیر مستقیم را تشکیل می‌دهد.

بر اساس نتایج، اثرات مستقیم، غیر مستقیم و کل مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن مثبت می‌باشد. این رابطه را می‌توان با استفاده از منحنی زیست‌محیطی کوزنتس توضیح داد. در نخستین دوره پیشرفت اقتصادی، افزایش مصرف انرژی به دلیل گسترش منابع و فعالیت برای تولید محصولات پیچیده‌تر افزایش می‌یابد. از آنجا که کشورهای عضو اوپک، نوعاً ساختاری تک محصولی و وابسته به درآمدهای نفتی دارند، اکثراً از تکنولوژی پیشرفته‌ای برخوردار نیستند و شدت انرژی در این کشورها بالاست و از طرف دیگر عمده انرژی مصرفی آنها سوخت‌های فسیلی می‌باشد که درجه آلایندگی بالایی دارند در مرحله اول منحنی زیست‌محیطی کوزنتس واقع شده‌اند، که با نتایج مطالعات هولتز ـ اوکین و سلدن[3]، گالوتی و لانزا[4]، کول و همکاران[5]، یورک و همکاران[6] آلدی[7]، گالوتی و همکاران[8]، لی و همکاران[9]، دوت[10]، ایواتا و همکاران[11]، جابرت و

1. Hausman
2. LeSage and Pace (2009)
3. Holtz-Eakin and Selden (1995)
4. Galeotti and Lanza (1999)
5. Cole, *et al* (1997)
6. York, *et al* (2003)
7. Aldy (2005)
8. Galeotti, *et al* (2006)
9. Lee, *et al* (2009)
10. Dutt (2009)
11. Iwata, *et al* (2011)

همکاران[۱]، آروری و همکاران[۲]، السید و سک[۳]، اپگریس و اوزتورک[۴]، حیدری و همکاران[۵]، جبلی و همکاران[۶]، ساپکوتا و باستولا[۷]، ژانگ و همکاران[۸]، حاسب و همکاران[۹] و چرچیل و همکاران[۱۰] مشابهت دارد.

همچنین بر طبق نتایج ارتباط مستقیم میان اثرات مستقیم، غیر مستقیم و کل، شاخص پیچیدگی اقتصادی با میزان انتشار دی‌اکسیدکربن وجود دارد. بر طبق مبانی نظری در مرحله اول توسعه، کشورهای در حال توسعه تمایل دارند که در محصولاتی با پیچیدگی کم و آلودگی بالا، تخصص داشته باشند. به عنوان مثال، کشورهای با درآمد متوسط که محصولات کشاورزی را تولید می‌کنند به سمت بخش نساجی در کشور گرایش دارند. در مراحل اولیه صنعتی شدن کشور کمی پیچیده‌تر و آلوده‌تر از مرحله پیشین است. در این مرحله، محصولات تولیدی پیچیده‌تر می‌شوند و در نتیجه، رشد اقتصادی قابل توجهی حاصل می‌شود. همزمان، تخریب محیط زیست نیز افزایش می‌یابد. با این وجود، پس از سطح معینی از درآمد، تغییرات ساختاری اقتصادی رخ می‌دهد. این تغییرات این امکان را به کشور می‌دهد تا از صنایع با مصرف انرژی بالا به صنایعی با فناوری بالا تبدیل شوند. انتقال از صنایعی با مصرف انرژی بالا (به عنوان مثال، صنعت نساجی) به صنایعی با فناوری بالا (به عنوان مثال، صنایع هواپیما) ممکن است تخریب محیط زیست را کاهش دهد.

علی‌رغم آنکه کشورهای عضو اوپک اغلب تک محصولی بوده و درآمد خود را از طریق فروش نفت تأمین می‌کنند، فراگیری و انحصار نفتی آنان سبب شده که در زمره کشورهای با پیچیدگی بالا قرار گیرند[۱۱]. همچنین از یک سو تلاش آنان برای پیشرفت سبب شده تا در مراحل اولیه صنعتی شدن، آلودگی بالایی را تجربه کنند و از سوی دیگر شرکت‌های فراملیتی در فرایند عملکرد، انگیزه‌ای مانند اندازه بازار را جستجو می‌کنند، لذا

---

1. Jobert, *et al* (2001)
2. Arouri, *et al* (2012)
3. Al Sayed and Sek (2013)
4. Apergis and Ozturk (2015)
5. Heidari, *et al* (2015)
6. Jebli, *et al* (2016)
7. Sapkota and Bastola (2017)
8. Zhang, *et al* (2017)
9. Haseeb, *et al* (2018)
10. Churchill, *et al* (2019)

۱۱. برای مطالعه بیشتر به مقاله هیدالگو و هاسمن مراجعه شود.

سرمایه‌های خود را به کشورهای اوپک سرازیر می‌کنند و با توجه به آنکه در اغلب کشورهای مورد بررسی اهرم‌های مناسب مالیاتی بر تولیدات وجود ندارد و همچنین دولت سرمایه‌گذاران خارجی را ملزم به رعایت استانداردهای محیط‌زیستی نمی‌کند (ارباب،۱۳۹۶) فعالان بدون دغدغه، صنایع آلوده‌کننده[1] را در این کشورها وارد می‌کنند و آلودگی محیط‌زیستی را افزایش می‌دهند که مطالعات ناگو و تئودور (۲۰۱۹)، لاپاتیناس و همکاران (۲۰۱۹) و ناگو (۲۰۱۹) نیز نتایجی مشابه را تأیید کرده است.

مهم‌ترین بخش مدل‌های فضایی بررسی اثر سرریزهای فضایی به کشورهای مجاور می‌باشد. نتایج سرریز مدل نشان می‌دهد که افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای مجاور سبب کاهش انتشار آن در کشور مقصد می‌شود که علت آن می‌تواند سیاست‌های سخت‌گیرانه محیط‌زیستی باشد.

کمک‌های کشورهای خلیج فارس در مورد تأمین هزینه‌های ناشی از انتشار ویروس کرونا در ایران نمونه بارزی از این‌گونه سیاست‌ها می‌باشد. علاوه بر این، هزینه‌های کشورهای همسایه از جمله عراق در مالش پاشی مناطق مرزی دو کشور نیز مورد دیگر است. چرا که با این هزینه درواقع این کشورها از ورود ریزگردها و آلودگی محیطی به کشور خود جلوگیری می‌کنند.

جدول ٤. نتایج تخمین مدل با متغیر وابسته (CO_2)

اثرات	متغیرها	نماد	ضریب	احتمال
اثرات مستقیم	مصرف انرژی	LEG	۰/۰۵۱	۰/۰۰۰
	پیچیدگی اقتصادی	LEC	۰/۳۰۹	۰/۰۰۰
اثرات غیرمستقیم	مصرف انرژی	LEG	۰/۱۲۹	۰/۰۰۰
	پیچیدگی اقتصادی	LEC	۰/۵۰۳	۰/۰٤٥
اثرات کل	مصرف انرژی	LEG	۰/۱۲٤	۰/۰۰۰
	پیچیدگی اقتصادی	LEC	۰/۷۳٥	۰/۰۰۰
ضریب همبستگی فضایی		Rho	-۰/۲۳۱	۰/۰۳٤
آزمون هاسمن		Hausman	٦/۳٤	۰/۷٥

منبع: یافته‌های محقق

۱. تأیید فرضیه پناهگاه آلودگی

۵. نتیجه‌گیری و بحث

در پرتو گرم شدن کره زمین، انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشتر مورد توجه مردم قرار گرفته است. مقامات دولتی اقدامات مختلفی را انجام داده و تلاش زیادی برای کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای و حفظ محیط زیست انجام داده‌اند. با این حال، هنوز چالش‌های بسیاری در زمینه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و دستیابی به توسعه اقتصادی و محیط‌زیستی پایدار وجود دارد. از یک سو، به دلیل ویژگی هوا به عنوان یک کالای مشترک، دستیابی به اهداف، نیاز به درک و عمل هماهنگ جامعه جهانی دارد. از سوی دیگر، گازهای گلخانه‌ای مانند انتشار دی‌اکسیدکربن اغلب به عنوان اثرات منفی فعالیت اقتصادی در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین، اهداف زیست‌محیطی و اهداف اقتصادی اغلب متناقض هستند. از این رو، دستیابی به اجماع جهانی در مورد کاهش انتشار و مشخص شدن مسئولیت خاص هر کشور و اقدام همه جانبه دولت برای کاهش گرمایش زمین ضروری است. همانطور که از ضریب مربوط به پیچیدگی اقتصادی در نتایج (۰/۷۳۵) مشخص می‌باشد تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر انتشار دی‌اکسیدکربن نسبت به مصرف انرژی بیشتر است.

تأثیر بالای این متغیر از آنجایی ناشی می‌شود که در تولید کالاها بر اساس انباشت دانش مصرف انرژی بیشترو به دنبال آن گازهای مضر بیشتری متصاعد می‌شود. این مصرف انرژی در تولید کالاهای دانش بنیان بدلیل سطح نه چندان بالای تکنولوژی تولید، در کشورهای در حال توسعه بیشتر بوده و انتشار دی‌اکسیدکربن نیز به دلیل مسئله پناهگاه آلودگی نسبت به کشورهای توسعه‌یافته بیشتر است. در کل می‌توان بیان داشت:

۱. از آنجایی که اکثر کشورهای عضو اوپک کشورهای در حال توسعه می‌باشند ازاین‌رو مطابق فرضیه U معکوس این کشورها در مرحله اول فرایند قرار داشته لذا تولید به همراه خود میزان گازهای گلخانه‌ای به ویژه کربن را افزایش می‌دهد همچنین به دلیل این که مصرف انرژی در این کشورها بیشتر متکی به سوخت‌های فسیلی است بنابراین انتشار دی‌اکسیدکربن در این کشورها نسبت به کشورهای توسعه‌یافته بیشتر خواهد بود.

۲. اقتصاد کشورهای در حال توسعه اقتصادهایی هستند که متکی به تولید یک یا چند محصول (تک محصولی) می‌باشد، همچنین دارای تکنولوژی تولید به روز نمی‌باشند ازاین‌رو در تولید کالاهای خود از تکنولوژی‌های قدیمی استفاده می‌کنند در نتیجه شدت انرژی بالا و به

عبارتی بهره‌وری انرژی پایین است لذا برای تولید میزان مشخصی محصول مجبور به بکارگیری انرژی بیشتری میباشند که این پدیده آسیب‌های زیست‌محیطی را شدت می‌بخشد.

با توجه به نتایج تحقیق پیشنهاد می‌گردد برای کاهش آلودگی هوای جهانی و برآورده کردن الزامات توافق‌نامه پاریس می‌بایست روی انرژی‌های پاک تمرکز شود. لذا اکتشاف منابع انرژی تجدیدپذیر برای کاهش اثر کربن ارزشمند است. این منابع تجدیدپذیر می‌تواند شامل زیست توده و انرژی خورشیدی باشد. با توجه به غنای کشورهای مورد بررسی در زیست توده (زباله‌های کشاورزی و زباله‌های حیوانی مانند کود) می‌توان برای تولید انرژی، جهت گرمایش و سرمایش استفاده نمود. از آنجا که می‌توان با استفاده از منابع خورشیدی به بهبود بیشتر محیط زیست و کیفیت هوا کمک نمود، دولت‌ها می‌بایست به سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر مانند صفحات خورشیدی یارانه بدهند و خانواده‌ها را به نصب آنها ترغیب کنند تا بار انرژی را به عنوان راهی برای کاهش تغییرات آب و هوایی کاهش دهند. همچنین از طریق سیاست‌گذاری‌هایی مانند تشویق برای سرمایه‌گذاران در استفاده از انرژی‌های پاک و مالیات بر کربن از انتشار بیش از پیش گازهای آسیب زا جلوگیری به عمل آورند. در نهایت، دانش دقیق‌تری از میزان آلاینده‌های محیطی در هر بخش در کشورهای مورد بررسی ضروری به نظر می‌رسد.

منابع فارسی

درگاهی، حسن و بهرامی غلامی، مینا (۱۳۹۰)، «عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در اقتصادهای منتخب کشورهای صنعتی و کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) و توصیه‌های سیاسی برای ایران: رویکرد داده‌های پانل»، *فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی*. شماره(۱)۱، صفحات ۹۹-۷۳.

راجرپرمن، یو ما؛ جیمز مک گیل ری. اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی. ترجمه حمیدرضا ارباب، ۱۳۹۶. نشر نی.

عزیزی، زهرا و دارایی، فاطمه و ناصری بروجنی، علیرضا (۱۳۹۸)، «تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر آلودگی محیط زیست»، *سیاست‌گذاری پیشرفت اقتصادی*، شماره(۳۲)۸، صفحات۱۳۷-۱۰۳.

References

Al Sayed, A. R. and Sek, S.K.(2013), "Environmental Kuznets Curve: Evidences from Developed and Developing Economies", *Applied Mathematical Sciences*, no.7(22),pp. 1081-1092.

Aldy, J. E. (2006), "Per Capita Carbon Dioxide Emissions-Convergence or Divergence?", *Environmental and Resource Economics*, no.33, pp. 533-555

Apergis, N. and Ozturk, I.(2015), "Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries", *Ecological Indicators*,no.52, pp.16-22.

Arouri, M.E.H. and Youssef, A. B. and M'henni, H. and Rault, C.(2012), "Energy consumption, economic growth and CO2 emissions in Middle East and North African countries", *Energy Policy*, no.45, pp. 342-349.

Brillat-Savarin, Jean Anthelme (1970), *The Physiology of Taste*, Trans, Anne Drayton, Penguin Books, pp. 208–209. ISBN 978-0-14-044614-2.

Chu, Lan Khanh (2020), "Economic structure and environmental Kuznets curve hypothesis: new evidence from economic complexity", *Applied Economics Letters*, DOI: 10.1080/13504851.2020.1767280

Cole, M. A. and Neumeyer, E. (2004), "Examining the Impact of Demographic Factors on Air Pollution", *Population, and Environment*,no. 26, pp. 5-21.

Doğan, B. and B. Saboori, and M. Can. (2019), "Does Economic Complexity Matter for Environmental Degradation? An Empirical Analysis for Different Stages of Development.", *Environmental Science and Pollution Research*, no.26(31), pp. 31900-31912, doi:10.1007/s11356-019-06333-1.

Dutt, K. (2009), "Governance, Institutions and the Environment-Income Relationship-A Cross-Country Study. Environment", *Development and Sustainability*, forthcoming.

European Commission. Communication from the Commission-Europe (2020), *A Strategy for Smart, Sustainable and Inclusive Growth*. 2010. Available online: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/Lex UriServ. do?uri=COM:2010:2020:FIN:EN:PDF (accessed on 15 September 2018).

Galeotti, M. and Lanza, A. (1999), "Richer and Cleaner? - A Study on Carbon Dioxide Emissions in Developing Countries", *Fondazione Eni Enrico Mattei*, Working Paper 87.

Haseeb, M. and Abidin, I. S. Z. and Hye, Q. M. A (2019), "The Impact of Renewable Energy on Economic Well-Being of Malaysia: Fresh Evidence from Auto Regressive Distributed Lag Bound-Testing Approach", *International Journal of Energy Economics and Policy*, no. 9(1), pp. 269-275.

Hausman, F. and Christelle M. and Sylvain, L.(2014), The Potato in the Human Diet: a Complex Matrix with Potential Health Benefits", *Potato Research*, December, Volume 57, Issue 3-4, pp. 201-214.

Hausmann, Hidalgo et al. (2008), "The Atlas of Economic Complexity, Mapping paths to prosperity", MIT Media Lab.

Heidari, H. and Katircioğlu, S.T. and Saeidpour, L.(2015), "Economic growth, CO2 emissions, and energy consumption in the five ASEAN countries", *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, no.64, pp. 785-791.

Holtz-Eakin, D. and Selden, T.M. (1995), "Stoking the Fires? CO2 Emissions and Economic Growth" , *Journal of Public Economics* , no.57, pp. 85-101.

hu, C. and Gao, D. (2019), "A Research on the Factors Influencing Carbon Emission of Transportation Industry in the Belt and Road Initiative Countries Based on Panel Data (MDPI)", *Open Access Journal*, vol. 12(12), pp. 1-17.

Hu, G.M. and Can,S. R. and Paramati, B. Doğan, and J. Fang. (2020), "The Effect of Import Product Diversification on Carbon Emissions: New Evidence for Sustainable Economic Policies.", *Economic Analysis and Policy* , no.65: 198-210. doi:10.1016/j.eap.2020.01.004

Inoua,S.A. (2016), "simple measure of economic complexity" arXiv. preprint arXiv:1601. 05012.

Iwata,H. and Okada,K. and Samreth,S. (2011), "A note on the environmental Kuznets curve for CO2: a pooled mean group approach", *Applied Energy*, no.88(5), pp.1986-1996.

Jebli, M. B. and Youssef,S.B. (2015), "The environmental Kuznets curve, economic growth, renewable and non-renewable energy, and trade in Tunisia", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no.47, pp.173-185.

Jobert,T. and Karanfil,F. and Tykhonenko, A. (2011), "Environmental Kuznets Curve for carbon dioxide emissions: lack of robustness to heterogeneity?", Working Paper, Université Nice Sophia Antipolis.

Lapatinas,A. and Garas,A. and Boleti,E. and Kyriakou.V (2019), "Economic Complexity and Environmental Performance: Evidence from a World Sample", MPRA Working Paper Series No. 92833

Lee,C.C. and Chiu,YB., Sun,C.H. (2009), "Does one size fit all? A reexamination of the environmental Kuznets curve using the dynamic panel data approach", *Applied Economic Perspectives and Policy*, no.31(4), pp.751-778.

Neagu,O (2019), "The Link between Economic Complexity and Carbon Emissions in the European Union Countries: A Model Based on the Environmental Kuznets Curve (EKC) Approach", Sustainability,

MDPI, Open Access Journal, Vol. 11(17), pp. 1-27, August.; doi:10.3390/su11174753.

Neagu,O. and Teodoru,M.C. (2019), "The Relationship between Economic Complexity, Energy Consumption Structure and Greenhouse Gas Emission: Heterogeneous Panel Evidence from the EU Countries. Sustainability", MDPI, *Open Access Journal*, vol.11(2), pp.1-29.

Nikolova, M. (2015), "The need to evaluate ecosystem benefits", *Bus Manag* vol.25(2),pp.61-88

Pata,Ugur Korkut (2020), "Renewable and Non-renewable Energy Consumption, Economic Complexity, CO2 Emissions, and Ecological Footprint in the USA: Testing the EKC Hypothesis with a Structural Break", Journal *Environmental Science and Pollution Research*, Vol.12, pp.11-39. https://doi.org/10.1007/s11356-020-10446-3

Romero, João P. and Gramkow, Camila (2020), "Economic Complexity and Greenhouse Gas Emission Intensity", Cambridge Centre for Economic and Public Pplicy.

Rudolph A, Figge L (2017), "Determinants of ecological footprints: what is the role of globalization?",Ecol Indic 81:348-361. https://doi.org/10.1016/ j.ecolind.2017.04.060

Sapkota, P. Bastola, U. (2017), "Foreign direct investment, income, and environmental pollution in developing countries: Panel data analysis of Latin America", *Energy Economics*, no.64, pp. 206- 212

Sciarra, Carla and Chiarotti, Guido and Ridolfi, Luca and Laio, Francesco.(2020), "Reconciling Contrasting Views on Economic Complexity", *Nature Communications*, Vol. 11, Article number: 3352.

Shahbaz M, Solarin SA, Hammoudeh S, Shahzad SJH (2017a), "Bounds testing approach to analyzing the environment Kuznets curve hypothesis with structural beaks: the role of biomass energy consumption in the United States", *Energy Econ*, no.68, pp.548-565, https://doi.org/10.1016 /j.eneco.2017.10.004.

Tacchella, A. and Cristelli, M. and Caldarelli, G. and Gabrielli, A. and Pietronero, L. A. (2012), "New Metrics for Countries Fitness and Products Complexity", *Scientific Reports*, Vol. 2, pp. 1-7. https://doi.org/10.1038/srep00723

York, R. and Rosa, E.A. and Dietz, T. (2003), "STIRPAT, IPAT and ImPACT-Analytic Tools for Unpacking the Driving Forces of Environmental Impacts", *Ecological Economics*, no.46, pp.351-365.

Zhang, S. and Liu, X. and Bae, J. (2017), "Does Trade Openness Affect CO2 Emissions: Evidence from Ten Newly Industrialized Countries?", *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 24, pp. 1-10.

Journal of Environmental and Natural Resource Economics
Volume 3, Number 7, Winter 2020, pp. 95-114

ATU PRESS

Original Reserch

Energy Consumption and Carbon Dioxide Emission Using Spatial Panel and Economic Complexity Approach: A Case Study of OPEC Member Countries

Ebrahim Mahmudi Asl — M.A. Theoretical Economics, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

Parvaneh Kamali Dehkordi[G] — Assistant Professor, Payamnoor University, Tehran, Iran

Abdolkhalegh Ghobeyshavi — M.A. Economic Development and Planning, Ahvaz University, Ahvaz, Iran

Fereshteh Abdollahi — M.A. Economic Development and Planning, Ahvaz University, Ahvaz, Iran

Abstract

Economic complexity is an indicator of technological advancement, accumulation of knowledge and product diversity in the production of a country and is an indicator of the level of prosperity and development. In this process, the relationship between carbon dioxide emissions and environmental damage, energy consumption and economic complexity of countries are among the existing top challenges. This study examines the relationship between economic complexity, energy consumption and carbon dioxide emissions in OPEC countries. To achieve this goal, the dynamic space panel approach is used for the period 1995-2017. The findings show that energy consumption has a positive and significant relationship with carbon dioxide emissions. This means that due to the lack of advanced technology in OPEC member countries they experience high energy intensity. Moreover, since their main energy consumption is based on fossil fuels they have a high level of pollution. There is also a direct and significant relationship between economic complexity and carbon dioxide emissions. Given that most OPEC members are in the early stages of development, an increase in carbon dioxide emissions is not unexpected.

Keywords: Economic Complexity, Carbon Dioxide Emission, Energy Consumption, Spatial Panel, OPEC.

JEL Classification: C23, O20, Q31, Q54.

eISSN: 2538-483X ISSN: 2538-4791 Received: 02/04/2020 Accepted: 16/03/2021

* Corresponding Author: s.abedi@atu.ac.ir