نشریه علمی پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)
مقاله پژوهشی/ سال بیست و سوم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۲، ص: ۲۴-۱

بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی و مصرف انرژی تجدیدپذیر برآلودگی های زیست محیطی در کشورهای در حال توسعه

نجمه محمدی[۱]
بهرام سحابی[۲]
حسن حیدری[۳]
حسین صادقی سقدل[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۱۴ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۳۰**

چکیده

با توجه به تهدیدهای فزاینده تغییرات آب و هوایی، نوآوری های فناورانه و کاهش آلودگی، به نیروهایی برای رشد اقتصادی بالاتر و محیط زیست بهتر تبدیل شده‌اند. در این پژوهش به بررسی اثرات پیچیدگی اقتصادی به عنوان شاخص تولید پیشرفته مبتنی بر دانش و مصرف انرژی تجدیدپذیر و همچنین اثرات متقابل آنها بر آلودگی محیط زیست در کشورهای در حال توسعه در دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۰ با استفاده از روش GMM پرداخته شده است. نتایج به دست آمده نشان می دهد که شاخص پیچیدگی اقتصادی، تأثیر منفی و معناداری بر انتشار دی اکسید کربن در کشورهای در حال توسعه دارد. متغیرهایی مانند باز بودن تجارت و شدت انرژی، باعث افزایش انتشار دی اکسید کربن می‌شوند و فرضیه منحنی کوزنتس برای کشورهای در حال توسعه تأیید، و همچنین پیچیدگی اقتصادی در این کشورها، به حرکت رو به بالا در منحنی کوزنتس منجر می‌گردد. مصرف انرژی تجدیدپذیر، تأثیر معنادار بر کاهش انتشار دی اکسید کربن دارد و همچنین در سطوح بالاتر پیچیدگی اقتصادی، مصرف انرژی تجدیدپذیر باعث کاهش بیشتری در انتشار دی اکسید کربن می شود و از این رو باید کشورهای در حال توسعه سهم انرژی های تجدیدپذیر را با استفاده از فرایندهای نوآوری در بخش انرژی به طور قابل توجهی افزایش دهند که این امر سبب کاهش آلودگی های زیست محیطی در این کشورها می شود.

واژگان کلیدی:. پیچیدگی اقتصادی، مصرف انرژی تجدیدپذیر، انتشار دی اکسید کربن، آلودگی زیست محیطی، کشورهای در حال توسعه
طبقه بندی JEL: O13, Q56, Q54, O31

۱. دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران n.mohammadi@modares.ac.ir
۲. دانشیار، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران (نویسنده مسؤول) sahabi_b@modares.ac.ir
۳. استادیار، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران hassan.heydari@modares.ac.ir
۴. دانشیار، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران sadeghih@modares.ac.ir

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]
[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

۱. مقدمه

در طول ربع قرن گذشته، حفاظت از محیط زیست و کاهش آلودگی زیست محیطی مورد توجه محققان و اقتصاددانان قرار گرفته است. تقاضا برای منابع طبیعی، اکوسیستم را تحت فشار قرار می دهد و باعث ایجاد مشکلات محیط زیستی بسیاری می شود که تنها محدود به از دست دادن تنوع زیستی، تغییرات آب و هوا، تخریب خاک و آلودگی نخواهد بود (رودولف و همکاران ۲۰۱۷).[1]

میان اکوسیستم و اقتصاد، رابطه مستقیمی وجود دارد. استخراج و مصرف بیش از حد منابع طبیعی و افزایش انتشار زباله و آلودگی، اقتصاد ملی را تهدید می کند. انتشار دی اکسید کربن باعث مشکلات مهم محیط زیستی مانند از دست دادن تنوع زیستی، گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی می شود (پاتا ۲۰۲۰)[2]. پایداری اقتصادی در دو دهه اخیر به یک اولویت جهانی تبدیل شده است و این پدیده به ایجاد کنوانسیون چهارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییر آب و هوا در سال ۱۹۹۲، پروتکل کیوتو در سال ۱۹۹۷ و توافقنامه پاریس در سال ۲۰۱۵ برای مبارزه با گرمایش جهانی از طریق محدود کردن انتشار گازهای گلخانه ای منجر شده است (کیانی ۲۰۲۰)[3]. با وجود تمام تلاش ها، انتشار دی اکسید کربن در سراسر جهان همچنان در حال افزایش است.

در حالی که تئوری رشد اقتصادی درونزا بر اهمیت سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه (R&D) در بهبود کارآیی منابع تأکید می‌کنند، در نتایج تحقیقات تجربی در مورد چنین اثراتی، هیچ اتفاق نظری وجود ندارد (خضری و همکاران ۲۰۲۲)[4]. به گفته برخی از محققان، نوآوری های تکنولوژیکی می تواند به کاهش انتشار CO_2 و بهبود کیفیت محیط زیست منجر شود (آووری، ۲۰۱۹)[5].

پیچیدگی اقتصادی شاخصی است که در سال های اخیر مطرح شده و بیانگر استفاده از فناوری های پیشرفته و نوآوری در فرایند تولید است که با کاربردی کردن دانش و فناوری در ترکیب محصولات تولیدی از طریق ایجاد ساختار مولد، افزایش بهره وری و تنوع محصولات تولیدی، به افزایش رشد و شکوفایی اقتصادی منجر می‌شود (زبیری و موتنمی، ۱۳۹۹). بنابراین، سیاستگذاران باید نقش پیچیدگی اقتصادی را در فراهم کردن رشد پایدار اقتصادی در نظر بگیرند (گوزگور و همکاران ۲۰۱۸)[6]. تغییر ساختاری و تولید محصولات پیچیده در حضور پیشرفت های تکنولوژیکی با تغییرات قابل توجهی در کیفیت محیط همراه است (دوغان، ۲۰۲۰)[7].

فناوری فرصتی را برای اقتصاد فراهم می‌کند تا از منابع آلوده کننده پرمصرف به منابع تجدید پذیر برای تأمین نیازهای انرژی حرکت کند. افزایش پیچیدگی اقتصادی به معنی استفاده بیشتر از فناوری

1. Rudolph *et al*. (2017).
2. Pata (2020).
3. Kayani (2020).
4. Khezri *et al*. (2022).
5. Awaworyi (2019).
6. Gozgor *et al*. (2018).
7. Doğan (2020).

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

و نوآوری در تولیدات بوده و ممکن است باعث گسترش محصولات فناورانه مؤثر مانند انرژی های تجدیدپذیر شود (ناگو و همکاران ۲۰۱۹)[1].

در چند دهه گذشته، سهم انرژی های تجدیدپذیر به دلیل طیف وسیعی از عوامل مانند مقررات دولت برای ترویج استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، کاهش هزینه نصب انرژی‌های تجدیدپذیر و افزایش ظرفیت تولید، نوسانات قیمت نفت، اثرات مثبت انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش انتشار کربن و فرایندهای نوآوری در بخش انرژی افزایش یافته است (آلوارز و همکاران، ۲۰۱۷)[2]. فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر امیدوارکننده هستند، اما در مورد نقش آن به عنوان یک عامل محدود کننده در کاهش آلودگی محیط زیست بخصوص در کشورهای در حال توسعه، اطلاعات بسیار کمی وجود دارد و از این رو در این پژوهش، به بررسی اثرات مصرف انرژی تجدیدپذیر و پیچیدگی اقتصادی و نیز اثرات متقابل آنها بر آلودگی محیط زیست در کشورهای در حال توسعه در دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۰ با استفاده از روش GMM[3] پرداخته شده و همچنین چندین نوآوری جدید در این مطالعه صورت گرفته است:

۱. مطالعه حاضر پیشگام بررسی پیچیدگی اقتصادی به عنوان شاخص تحول ساختار اقتصادی و ارائه یافته‌های نوآورانه در مورد تأثیر آن بر اثرات زیست محیطی در کشورهای در حال توسعه است. بر خلاف سایر مطالعات که تأکید بر کشورهای پیشرفته کرده‌اند، در این مطالعه، کشورهای در حال توسعه انتخاب شده‌اند.

۲. برای پر کردن شکاف‌ها در ادبیات تجربی و رسیدن به اجماع در مورد تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار CO_2 در کشورهای در حال توسعه، پیامدهای ساختار اقتصادی کشورها بر چنین تأثیری مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نقش پیچیدگی اقتصادی در توسعه انرژی تجدیدپذیر و اثرات سرریز آن بر چگونگی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار CO_2 مورد مطالعه قرار گرفته است.

۳. اثرات سرریز شاخص پیچیدگی اقتصادی بر کارآیی انرژی و الگوی توسعه EKC برای این کشورها برآورد شده است.

۴. نوآوری دیگر پژوهش، استفاده از روش GMM که در مطالعات قبلی استفاده نشده است. این روش از جمله روش های مناسب جهت حل یا کاهش مشکل درونزا بودن متغیرها می‌باشد. به کار بردن روش GMM مزیت هایی همانند حذف تورش های رگرسیون های مقطعی و لحاظ نمودن ناهمسانی فردی دارد که باعث می‌شود تخمین ها دقیق تر و کاراتر باشند (وربیک، ۲۰۱۲)[4].

۲. مبانی نظری

۲-۱. منحنی کوزنتس زیست محیطی (EKC)[5]

در ابتدا کوزنتس در سال ۱۹۵۵، رابطه بین درآمد و رشد اقتصادی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و منحنی U وارونه برای ارتباط بین دو متغیر رشد اقتصادی و نابرابری درآمد را به دست آورد. بعد از

1. Neagu *et al*. (2019).
2. Alvarez *et al*. (2017).
3. Generalized Method of Moments
4. Verbeek (2012).
5. Environmental Kuznets Curve

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

آن و با استفاده از ایده منحنی کوزنتس، اقتصاددانان زیادی تلاش کردند تا ارتباط بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست را بررسی کنند. مفهوم منحنی کوزنتس زیست محیطی در ابتدا توسط گروسمن و کروگر در سال ۱۹۹۱ عنوان شد. با این وجود، مفهوم منحنی زیست محیطی کوزنتس با گزارش بانک جهانی در سال ۱۹۹۲ رایج و متداول گردید. در بخشی از این گزارش چنین استدلال شده است: «این دیدگاه که فعالیت اقتصادی بیشتر، به طور اجتناب ناپذیری به محیط زیست آسیب می رساند با فرض ثابت ماندن تکنولوژی، سلایق و سرمایه‌گذاری‌های زیست محیطی برقرار است و همچنین عنوان می‌کند زمانی که درآمد افزایش می‌یابد، تقاضای بهبود کیفیت محیط زیست و منابع در دسترس برای سرمایه‌گذاری افزایش می‌یابد (استرن، ۲۰۰۴)[1].

به عبارت دیگر می‌توان گفت، بر اساس فرضیه منحنی EKC، ارتباطی به شکل U معکوس بین سطح درآمد کشورها و آلودگی زیست محیطی وجود دارد. این منحنی، یک رابطه فرضی بین تعیین کننده‌های متعددی از آلودگی محیط زیست و درآمد سرانه است. بر این اساس در مراحل اولیه رشد و توسعه اقتصادی، آلودگی زیست محیطی و آسیب‌های وارده به آن افزایش می‌یابد اما با افزایش رشد اقتصادی و در سطوح بالاتر درآمد سرانه، این رابطه کاملاً تغییر جهت می‌دهد؛ ارتباط U وارونه در منحنی کوزنتس در نمودار ۱، ترسیم شده است.

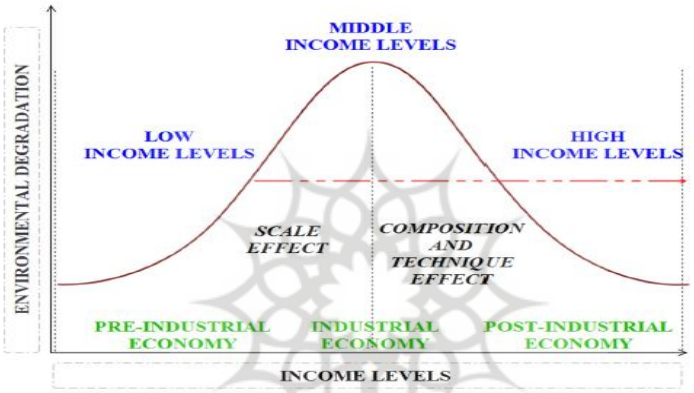
شکل منحنی کوزنتس به این عوامل وابسته است: ۱- کشش درآمدی و کیفیت محیط زیست؛ ۲- تجارت بین الملل، ۳- اثر مقیاس[2]، اثر ترکیبی[3] و اثر تکنولوژی[4] (ساروکودی و همکاران، ۲۰۱۹)[5] مردم فقیر تقاضای کمی برای محیط زیست با کیفیت دارند و با افزایش درآمد و ثروتمند شدن جامعه، تقاضا برای کالاهای دوستدار محیط زیست افزایش می‌یابد. مصرف کنندگان با درآمد بیشتر , نه تنها تمایل به پرداخت بیشتر برای محصولات سبز دارند بلکه فشارهای اجتماعی برای ایجاد قوانین حفاظتی از محیط زیست نیز افزایش پیدا خواهد کرد، چنانچه در موارد زیادی، کاهش آلودگی محیط زیست ناشی از اصلاحات در سطح منطقه و یا کشوری در قالب قوانین زیست محیطی و ارائه مشوق‌های کاهش آلایندگی خواهد بود. بنابراین می‌توان گفت که کشش درآمدی تقاضای کیفیت محیط زیست، بزرگ تر از یک خواهد بود و کیفیت محیط زیست به عنوان یک کالای لوکس در نظر گرفته خواهد شد (دیندا، ۲۰۰۴)[6].

سیاست تجاری یکی از عوامل مهمی است که فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس را شرح می‌دهد. آزادسازی تجاری سبب می‌شود کشورها در بخش‌هایی که دارای مزیت رقابتی هستند، تخصص یابند. اگر بخشی مزیت رقابتی به علت وجود مقررات زیست محیطی ضعف داشته باشد، اثر آزادسازی تجارت تأثیر منفی بر محیط زیست دارد (گروسمن و کروگر، ۱۹۹۱)[7]. آزادسازی تجارت از

1. Stern (2004).
2. Scale Effect
3. Composition Effect
4. Technical Effect
5. Sarkodie *et al*. (2019).
6. Dinda (2004).
7. Krueger & Grossman (1991).

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]
[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

طریق اثر ترکیب، می‌تواند به فرضیه پناهگاه آلودگی[1] نسبت داده شود. پناهگاه آلودگی چنین فرض می‌کند که کشورهای با درآمد بالا با استانداردهای زیست محیطی سخت‌گیرانه، صنایع آلوده‌کننده خود را به کشورهای فقیر با سیاست‌های ضعیف زیست محیطی انتقال خواهند داد. سیاست‌ها و مقررات ضعیف در کشورهای فقیر به منبع مزیت نسبی تبدیل خواهد شد و از این رو، تغییر در الگوی تجارت، در نتیجه تخریب محیط‌زیست را در کشورهای فقیر رواج می‌دهد به همین ترتیب، اگر نوآوری، تحقیق و توسعه و فناوری‌های پاک و مدرن از طریق سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای در حال توسعه انتقال داده شود، می‌تواند با جایگزینی فناوری‌های جدید با قدیم، سطح آلودگی زیست محیطی کاهش یابد (ساروکودی و همکاران، ۲۰۱۹)[2].



منبع: ساروکودی و همکاران، ۲۰۱۹

شکل ۱: منحنی زیست محیطی کوزنتس EKC

اثر مقیاس بیان می‌کند که توسعه اقتصادی تأثیر مخرب بر محیط زیست دارد. تولید بالاتر مستلزم بهره برداری بیشتر از منابع طبیعی برای پاسخگویی به تقاضا پیش آمده است. توسعه اقتصادی با مصرف بیشتر انرژی از منابع انرژی فسیلی تعریف می‌گردد که در مقایسه با انرژی‌های تجدیدپذیر ارزان تر هستند و سبب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با صنعت می‌شوند.

اثر ترکیبی دلالت بر آن دارد که توسعه اقتصادی بسته به تغییر ساختاری در اقتصاد، تأثیر منفی و یا مثبت، می‌تواند بر محیط‌زیست داشته باشد. با تغییر جهت اقتصاد به سمت صنایع انرژی بر تخریب محیط زیست با افزایش رشد اقتصادی افزایش خواهد یافت و با تغییر ساختار به سمت صنایع خدمات محور، تخریب محیط زیست با افزایش رشد اقتصادی، شروع به کاهش خواهد نمود.

اثر تکنیک دلالت می‌کند که توسعه اقتصادی تأثیر مثبتی بر محیط زیست خواهد داشت. از آنجایی که کشورهای توسعه یافته با درآمدهای بالاتر می‌خواهند برای تحقیق و توسعه و گسترش

1. Pollution Haven Hypothesis (PHH)
2. Sarkodie *et al*. (2019).

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]
[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

تکنولوژی بیشتر هزینه انجام دهند، فناوری‌های قدیمی آلاینده زیست محیطی با فناوری‌های تمیزتر و پیشرفته‌تر، جایگزین خواهند شد. فناوری‌های همراه با مقررات زیست محیطی سختگیرانه و استانداردهای صنعتی، کیفیت محیط زیست را افزایش و بهبود می‌دهند (دیندا، ۲۰۰۴)[1].

۲-۲. مفهوم پیچیدگی اقتصادی

پیچیدگی اقتصادی[2] توسط گروهی از استادان و اقتصاددانان دانشگاه هاروارد و ماساچوست در سال ۲۰۰۶ به رهبری هاسمن و هیدالگو عنوان شد. از آنجا که این روش، برتری چشمگیری نسبت به روش‌های دیگر در توصیف و بیان اختلاف رشد اقتصادی کشورهای مختلف داشت، استقبال خوبی از آن صورت گرفت و این موضوع سبب چاپ اولین اطلس پیچیدگی اقتصادی دنیا در سال ۲۰۱۱ شد (هاسمن و همکاران، ۲۰۱۱)[3].

پیچیدگی یک اقتصاد به کثرت میزان دانش مفیدی که در آن کشور انباشت شده بستگی دارد. پیچیدگی اقتصادی بر حسب ترکیب محصولات تولیدی یک کشور بیان می‌شود و بازتاب ساختارهایی است که برای نگهداشت و ترکیب دانش ظهور پیدا کرده است. اقتصادهای پیچیده، اقتصادهایی هستند که می‌توانند مقادیر بسیار فراوانی از دانش مرتبط را در بین شبکه‌های بزرگ مردمی برای تولید محصولات متنوع دانش بر به هم متصل کنند. در مقابل، اقتصادهای ساده تر بخش کوچکی از دانش مولد را در اختیار دارند و محصولات کمتر و ساده‌تری را تولید می‌کنند که نیازمند شبکه‌های کوچک تر برای تعامل هستند (هاسمن، ۲۰۱۴)[4].

پیچیدگی اقتصادی، کاربردی کردن دانش و فناوری در ترکیب کالاهای تولیدی است و از طریق ایجاد ساختار مولد، امکان استفاده از ظرفیت‌های بلااستفاده تولیدی را فراهم می‌نماید و همچنین صرفه جویی در منابع تولیدی، تخصیص بهینه منابع تولید، کاهش هزینه‌های تولید و افزایش بهره وری و تنوع محصولات تولیدی را ایجاد می‌کند که تمامی این موارد، به افزایش تولید ناخالص داخلی منجر می‌شود (شاه آبادی و ارغند، ۱۳۹۷).

پیچیدگی اقتصاد یک کشور به طور محسوسی با پیچیدگی محصولاتی که صادر می‌کند در ارتباط است، در نهایت اینکه، کشورها تنها در صورتی می‌توانند رتبه شاخص پیچیدگی اقتصادی خود را افزایش دهند که بتوانند تعداد صنایع پیچیده خود را افزایش دهند (هاسمن، ۲۰۱۷)[5]. فاصله بین پیچیدگی کشورها و سطح درآمد سرانه شان عاملی تعیین کننده در رشد آتی آنها خواهد بود. کشورها به سمت درآمدهایی تمایل پیدا می کنند که توسط مهارت تجمیع شده در اقتصاد آنها ایجاد می‌شوند. افزایش پیچیدگی اقتصادی برای یک جامعه ضروری است؛ چرا که می‌تواند مقدار بیشتری از دانش مولد را در اختیار گیرد و از آن استفاده کند (شاهمرادی، ۱۳۹۷). به طور خلاصه، پیچیدگی اقتصادی

1. Dinda (2004).
2. Economy Complexity Index (ECI)
3. Hausmann *et al*. (2011).
4. Hausmann (2014).
5. Hausmann (2017).

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]
[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

مهم است، زیرا به توصیف تفاوت در سطح درآمد کشورها کمک می کند و مهم تر اینکه رشد اقتصادی آتی کشورها را پیش بینی می‌کند.

اطلس پیچیدگی اقتصادی بر اساس داده‌های تجارت بین الملل به دست آمده و دلیل این انتخاب هم آن است که تنها مجموعه داده ای است که در دسترس می باشد که اطلاعات بسیار جزئی و غنی دارد، به نحوی که کشورها را به تولیدات شان در یک طبقه بندی استاندارد ارتباط می‌دهد. پیچیدگی اقتصادی بر پایه داده‌ها و اطلاعات صادرات است (بریتینباخت، ۲۰۱۹)[1] و با تلفیق و ترکیب اطلاعات در مورد تنوع (تعداد کالاهایی که یک کشور صادر می‌کند) و فراگیری محصولات (تعداد کشورهایی که آن محصول را تولید می‌کنند)، پیچیدگی اقتصادی یک کشور را اندازه‌گیری می‌کنند.

۳. پیشینه پژوهش

بخش عمده ای از مطالعات در حوزه محیط زیست و رشد اقتصادی، به آزمون فرضیه زیست محیطی کوزنتس یا بررسی اثرات مختلف توسعه اقتصادی بر محیط زیست اختصاص یافته، و در پژوهش‌های زیادی هم به بررسی تأثیر تکنولوژی بر آلودگی محیط زیست با استفاده از شاخص‌های مختلف مانند میزان ثبت اختراع، مخارج تحقیق و توسعه و بهره وری کل عوامل تولید پرداخته شده است. در پژوهش‌های اخیر، پس از معرفی شاخص پیچیدگی اقتصادی توسط هیدالگو و هاسمن، گروهی از محققان از این معیار برای سنجش تغییر در ساختار تولید و بهبود تکنولوژی استفاده نموده‌اند که در ادامه، این مطالعات بررسی خواهند شد.

کان و همکاران[2] (۲۰۱۷)، به بررسی تأثیرات مصرف انرژی و پیچیدگی اقتصادی در انتشار CO_2 با استفاده از روش های DOLS و ECM در فرانسه طی دوره ۲۰۱۱-۱۹۶۴ پرداختند و اثبات کردند که فرضیه منحنی کوزنتس در فرانسه در کوتاه مدت و بلند مدت، معتبر و مصرف انرژی در بلندمدت، تأثیر مثبت و معنادار و پیچیدگی اقتصادی، تأثیر منفی بر انتشار CO_2 دارد.

ناگو و همکاران[3] (۲۰۱۹)، نشان داده‌اند که برای کل کشورهای اتحادیه اروپا و دو زیر سطح اقتصادهای اروپا با پیچیدگی اقتصادی بالاتر و اقتصادهای اروپا با سطح پیچیدگی اقتصادی پایین تر با استفاده از روش FMOLS و DOLS یک رابطه تعادل بلندمدت بین پیچیدگی اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای در هر سه سطح وجود دارد. همچنین پیچیدگی اقتصادی بیشتر با رشد انتشار گازهای گلخانه ای در بلندمدت در تمام پانل‌ها ارتباط مثبت دارد.

دوگان[4] و همکاران (۲۰۲۰)، برای نمونه ای از ۲۸ کشور OECD شامل دوره ۲۰۱۴-۱۹۹۰، بر اساس تجزیه و تحلیل گسترده تجربی (AMG، ARDL و DOLS) نتیجه گرفته‌اند که پیچیدگی اقتصادی و انرژی تجدیدپذیر، تأثیر منفی بر آلودگی محیط زیست در این کشورها دارد.

1. Breitenbachet *et al*. (2019).
2. Can *et al*. (2017).
3. Neagu *et al*. (2019)
4. Doğan *et al*. (2020).

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

کورکوت پاتا [1](۲۰۲۰)، به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی، جهانی سازی و مصرف انرژی تجدیدپذیر و غیر قابل تجدید را بر انتشار CO_2 با استفاده از روش‌های VECM، FMOLS و DOLS برای دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۶ پرداخته و نشان داده است که منحنی EKC (U وارونه) بین پیچیدگی اقتصادی و آلودگی محیط برای ایالات متحده وجود دارد و نتایج این پژوهش، نشان می‌دهد که انرژی تجدیدپذیر می‌تواند محیط زیست بهتری را فراهم کند.

لاپاتیناس[2] و همکاران (۲۰۲۱)، برای ۸۸ کشور طی دوره ۲۰۱۲-۲۰۰۲ نشان دادند که انتقال به سطوح بالاتر پیچیدگی اقتصادی، به عملکرد بهتر محیط زیست منجر می‌شود و توسعه محصولات پیچیده‌تر، با تغییرات در کیفیت محیط زیست همراه است.

خضری و همکاران (۲۰۲۲)، به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی و نقش آن در تعیین چگونگی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار CO_2 در ۲۹ کشور آسیا-اقیانوسیه در دوره ۲۰۱۸-۲۰۰۰ پرداخته و نشان داده‌اند که افزایش شدت مصرف انرژی، باز بودن تجارت و شهرنشینی، همه باعث افزایش انتشار CO_2 می‌شوند و همچنین فرضیه منحنی کوزنتس را تأیید و اثبات کردند که پیچیدگی اقتصادی در کشورها، اثرات رشد اقتصادی را برای افزایش انتشار CO_2 افزایش می‌دهد و با افزایش پیچیدگی اقتصادی، تأثیر منفی انرژی تجدیدپذیر بر آلودگی زیست محیطی افزایش می‌یابد.

در ایران نیز مطالعات متعددی در حوزه پیچیدگی اقتصادی انجام شده ولی تعداد اندکی در حوزه محیط زیست بوده است که در ادامه بررسی خواهد شد.

عزیزی و همکاران (۱۳۹۸)، با استفاده از داده‌های ۹۹ کشور در دوره ۲۰۱۷-۱۹۹۲ با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی پویا نشان دادند که پیچیدگی اقتصادی، اثر منفی و معنی داری بر آلودگی محیط زیست داشته و همچنین فرضیه منحنی کوزنتس را تأیید کردند.

سپهوند (۱۴۰۰)، با استفاده از داده‌های بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ و روش 2SLS و EGLS، به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر عملکرد زیست محیطی ۱۸ کشور منطقه منا پرداخته است. نتایج این پژوهش، نشان دهنده وجود رابطه معکوس و معنی دار بین شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص عملکرد زیست محیطی است. فرضیه منحنی کوزنتس نیز برای این کشورها در این مطالعه تأیید نشد.

مطالعات زیادی به بررسی رابطه مصرف انرژی تجدیدپذیر با انتشار CO_2 پرداخته‌اند و هیچ شواهد قطعی در مورد تأثیر مصرف انرژی تجدیدپذیر بر انتشار CO_2 به دست نیاورده‌اند. تعدادی به این نتیجه رسیدند که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، اثر کاهشی بر انتشار گازهای گلخانه ای دارد.

به گفته بیلگیلی و همکاران [3](۲۰۱۶)، مصرف انرژی تجدیدپذیر، اثر کاهنده بر انتشار CO_2 در ۱۷ کشور عضو OECD دارد.

1. Korkut Pata *et al*. (2020).
2. Lapatinas (2021).
3. Bilgili *et al*. (2016).

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

در پژوهشی دیگر، زوندی[1] (۲۰۱۶)، اثبات کرده است که انرژی‌های تجدیدپذیر، اثر منفی بر انتشار CO_2 دارد.

کاهیا[2] و همکاران (۲۰۱۷)، نشان دادند که انرژی‌های تجدیدپذیر، باعث افزایش رشد اقتصادی و کاهش انتشار CO_2 در کشورهای منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا می‌شود.

هو[3] و همکاران (۲۰۲۰)، در پژوهش خود برای ۳۵ کشور توسعه یافته و ۹۳ اقتصاد در حال توسعه، نشان دادند که افزایش مصرف انرژی تجدیدپذیر، باعث کاهش انتشار دی اکسید کربن می‌شود.

علاوه بر این، مطالعات متعددی نیز نشان داده‌اند که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، اثرات ناچیز یا حتی افزایش‌دهنده بر انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد.

آپرگیس و پین[4] (۲۰۱۰)، نشان دادند که انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در دوره کوتاه مدت برای ۱۹ کشور پیشرفته و در حال توسعه تأثیری ندارد.

فراهانی (۲۰۱۳)، یک رابطه علی یک طرفه بین انتشار CO_2 و مصرف انرژی تجدیدپذیر در کوتاه مدت برای کشورهای عضو منا گزارش کرد.

جبلی[5] و همکاران (۲۰۱۹)، اثبات کردند که رابطه علی مستقیمی بین انتشار CO_2 و مصرف انرژی تجدیدپذیر برای تانزانیا وجود ندارد.

جورج[6] و همکاران (۲۰۲۰) ،به این نتیجه رسیده‌اند که مصرف انرژی تجدیدپذیر هیچ ارتباط علت و معلولی با انتشار CO_2 در کشورهای G-7 ندارد، اما به طور غیرمستقیم بر انتشار CO_2 از طریق اثر آن بر قیمت انرژی تأثیر می‌گذارد.

چنین یافته‌های متفاوتی در ادبیات تجربی در مورد اثرات انرژی‌های تجدیدپذیر و پیچیدگی اقتصادی بر انتشار CO_2، ابعاد پنهان ساختار اقتصادی یک کشور را برجسته می‌کند؛ بنابراین، هدف اصلی این مطالعه، بررسی نقش پیچیدگی اقتصادی و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار CO_2 در کشورهای در حال توسعه است. این موضوع زمانی برجسته تر می شود که تحقیقات جدید، نقش محیطی پیچیدگی اقتصادی را به عنوان یکی از تفاوت‌های ساختاری بین اقتصاد کشورها برجسته می‌کند.

۴. روش شناسی تحقیق

پانل دیتا که از ترکیب داده‌های مقطعی و سری زمانی منتج می‌شود، با توجه به داشتن مزایای بسیار، در مطالعات اقتصادی اخیر به طور گسترده استفاده شده است. از جمله مزایای آن نسبت به داده‌های مقطعی و سری زمانی، این است که در پانل دیتا احتمال وجود هم خطی و ناهمسانی واریانس و تورش بسیار کمتر است و درجه آزادی وکارآیی برآوردها در پانل دیتا بیشتر است؛ و با استفاده از

1. Zoundi *et al*. (2016).
2. Kahia *et al*. (2017).
3. Hu *et al*. (2020).
4. Apergis *et al*. (2010).
5. Jebli *et al*. (2019).
6. George *et al*. (2020).

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

آنها، اثرات بلندمدت و کوتاه مدت را می‌توان همزمان مورد بررسی قرار داد. همچنین برای بررسی پویایی تغییرات مناسب تر هستند و امکانات بیشتری جهت تبیین و آزمون مدل‌های پیشرفته تر را فراهم می‌آورند (بالتاجی، ۲۰۰۵)[1].

در مدل پانل پویا متغیر وابسته، با یک دوره وقفه به عنوان یک متغیر توضیحی درکنار سایر متغیرهای توضیحی مدل اضافه می‌شود. مدل‌های پانل پویا به علت داشتن مزایایی ازجمله: رفع مشکل خود همبستگی سریالی به علت اضافه شدن متغیر وابسته تأخیری به مدل، رفع مشکل ناهمسانی واریانس به دلیل استفاده از تخمین زننده‌های گشتاوری، از بین رفتن درونزایی متغیرها، کارا بودن هر دو اثر تصادفی و ثابت در این مدل‌ها، نسبت به مدل‌های ایستا، ارجحیت بیشتری دارند (وربیک، ۲۰۱۲)[2].

در مدل های پویا به دلیل وجود متغیر وابسته تأخیری، دیگر نمی توان برای برآورد الگو از روش‌های OLS[3] یا GLS[4] استفاده نمود زیرا اجزاء اخلال با متغیر وابسته تأخیری همبستگی خواهند داشت و نتایج تخمین مانند قبل، بدون تورش و سازگار نیست و از این رو برای رفع این مشکل، از روش GMM که در سال ۱۹۹۱ توسط آرلانو و باند[5] پیشنهاد گردید، استفاده خواهد شد. تخمین زننده GMM در مجموعه تخمین زن های روش متغیرهای ابزاری قرار دارد. در این روش، علاوه بر اینکه مشکل همبستگی متغیر مستقل با اجزاء اخلال رفع می‌شود، درونزایی متغیرها و ناهمسانی واریانس مدل هم بر طرف می‌گردد. باید توجه داشت که این روش، زمانی قابل اجرا است که T (تعداد دوره زمانی) کوچکتر از N (تعداد مقاطع) باشد (وربیک، ۲۰۱۲)[6].

به‌طورکلی روش گشتاورهای تعمیم یافته پویا، حداقل به سه دلیل نسبت به روش های دیگر مناسب‌تر هستند. اولین مزیت روش گشتاورهای تعمیم یافته در این است که امکان استفاده وقفه‌های متغیرها به عنوان ابزارهای مناسبی جهت کنترل درونزایی را فراهم می‌سازد. دومین مزیت روش GMM این است که می‌توان پویایی‌های موجود در متغیر مورد بررسی را در مدل لحاظ نمود و سومین مزیت آن، این است که روش GMM را می‌توان در همه نوع داده اعم از سری زمانی، مقطعی و پانلی استفاده نمود (بالتاجی، ۲۰۰۵)[7].

۱-۴. معرفی مدل

با پیروی از مبانی نظری منحنی کوزنتس و مطالعات انجام شده توسط خضری و همکاران (۲۰۲۲)، کان و همکاران (۲۰۱۷) و دوگان و همکاران (۲۰۲۰)، مدل‌های برآوردی و متغیرهای مورد استفاده تعیین شده است. در این مطالعه عوامل تعیین کننده انتشار CO_2 در ۶۰ کشور در حال توسعه طی دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۰ بررسی می‌شود. انتشار CO_2 به عنوان تابعی از لگاریتم تولید ناخالص

1. Baltagi (2005).
2. Verbeek (2012).
3. Ordinary least squares
4. Generalized Least Square
5. Arellano & Bond
6. Verbeek (2012).
7. Baltagi (2005).

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

داخلی سرانه (LGDP)، مربع تولید ناخالص داخلی سرانه ($LGDP^2$)، تولید انرژی تجدیدپذیر (LREN)، باز بودن تجارت (LOPE)، شدت انرژی (LINEN) و شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI) در نظر گرفته شده است. و برای این منظور، مدل (۱) برآورد می‌شود:

$$LCO_{2i,t} = \beta_0 + \beta_1 LCO_{2i,t-1} + \beta_2 LGDP_t + \beta_3 LGDP_t^2 + \beta_4 LOPE + \beta_5 LINEN + \beta_6 LREN + \beta_7 ECI + \varepsilon_{i,t} \quad (۱)$$

مطابق فرضیه منحنی کوزنتس، علامت سطح درآمد سرانه، مثبت و علامت مجذور آن، منفی باید باشد و همچنین با توجه به اینکه مصرف انرژی بیشتر، به افزایش انتشار دی اکسید کربن منجر می‌شود، انتظار می‌رود علامت ضریب شدت انرژی مثبت باشد و بر اساس الزام به کار گیری انرژی‌های تجدیدپذیر برای کاهش آلودگی محیط زیست، انتظار می‌رود که ضریب این متغیر منفی باشد و تأثیر بازبودن تجارت می‌تواند مثبت یا منفی باشد؛ چنانچه مثبت باشد یعنی باز بودن تجارت، به این منجر شده که کشورها به سمت تولید کالاهای با آلودگی بیشتر بروند و با توجه به اینکه مطالعه ما برای کشورهای در حال توسعه بوده، این امر محتمل است. در نهایت مطابق با مبانی نظری، انتظار می‌رود که ضریب پیچیدگی اقتصادی منفی باشد زیرا هر چه پیچیدگی اقتصادی یک کشور بیشتر باشد، نشان دهنده سطح بالاتر تکنولوژی، دانش و مهارت نیروی کار آن کشور بوده و انتظار می‌رود که سطح بالاتر تکنولوژی و ساختار توسعه یافته تولید، به کاهش آلودگی محیط زیست بیانجامد.

علاوه بر این، مدل شماره (۲) برای تعیین اثرات ضرایب تعاملی شاخص پیچیدگی اقتصادی بر شدت انرژی و منحنی EKC برای کشورها، با پیچیدگی اقتصادی مختلف برآورد شده است.

$$LCO_{2i,t} = \beta_0 + \beta_1 LCO_{2i,t-1} + \beta_2 LGDP_t + \beta_3 LGDP_t^2 + \beta_4 LOPE + \beta_5 LINEN + \beta_6 LREN + \beta_7 ECI * LGDP_t + \beta_8 ECI * LGDP^2 + \beta_9 ECI * LINEN + \varepsilon_{i,t} \quad (۲)$$

در معادله (۲)، β_9 منفی به این معنی است که در اقتصاد پیچیده تر، اثرات افزایش شدت انرژی باعث کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

$$\frac{d(LCo_{2i,t})}{d(LINE_t)} = \beta_5 + \beta_9 ECI_t \quad (۳)$$

طبق معادله (۴) استخراج شده از معادله (۲)، شیب منحنی کوزنتس با تغییرات پیچیدگی اقتصادی تغییر می کند.

$$LCO_{2i,t} = LGDP_t * (\beta_2 + \beta_7 ECI) + LGDP_t^2 * (\beta_3 + \beta_8 ECI) \quad (۴)$$

سومین مدل برای سنجش اثرات تعاملی شاخص پیچیدگی اقتصادی بر اثربخشی انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش انتشار CO_2، معادله زیر برآورد شد:

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

$$LCO_{2i,t} = \beta_0 + \beta_1 LCO_{2i,t-1} + \beta_2 LGDP_t + \beta_3 LGDP_t^2 + \beta_4 LOPE + \beta_5 LINEN + \beta_6 LREN + \beta_7 ECI * LREN + \varepsilon_{i,t} \quad (۵)$$

۲-۴. معرفی داده‌ها و متغیرهای مورد بررسی

با توجه به اینکه نحوه جمع آوری داده‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است، در این پژوهش، تلاش شده که اطلاعات لازم از سایت های معتبر جمع آوری شود. جامعه آماری این پژوهش ۶۰ کشور در حال توسعه طی دوره زمانی ۲۰ ساله ۲۰۱۹-۲۰۰۰ است. ملاک انتخاب کشورها، موجود بودن و در دسترس بودن داده‌های آنها بوده است و کشور ایران را نیز شامل می‌شود. سپس با استفاده از نرم افزار Eviews ۱۲ تخمین مدل و آزمون فرضیه‌ها انجام شد. اطلاعات مربوط به انتشار دی اکسید کربن، تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی تجدیدپذیر، شدت انرژی، باز بودن تجارت و جمعیت، از پایگاه داده‌های بانک جهانی[1] استخراج، و داده تولید ناخالص داخلی به صورت سرانه و به قیمت ثابت سال ۲۰۱۷ و شاخص برابری قدرت خرید نسبی، انتشار دی اکسید کربن به صورت سرانه و با واحد تن به ازای هر نفر، مصرف انرژی تجدیدپذیر به صورت سرانه و با واحد مگا ژول به ازای هر نفر و باز بودن بودن تجارت از تقسیم مجموع واردات و صادرات به تولید ناخالص داخلی محاسبه، و در نهایت، پیچیدگی اقتصادی، از پایگاه اطلس دانشگاه ام ای تی[2] جمع آوری شده است و در جدول (۱) خلاصه ای از آمار توصیفی متغیرهای مورد مطالعه ملاحظه می شود.

جدول ۱: آمار توصیفی متغیرهای پژوهش طی دوره ۲۰۱۹-۲۰۰۰

	میانگین	میانه	بیشینه	کمینه	تعداد مشاهدات
LCO_2	۰,۶۸	۰,۷۲	۴,۸	-۳,۵۰	۱۲۰۰
ECI	-۰,۲۶	-۲,۲۰	۲,۱۶	-۲,۸	۱۲۰۰
LGDP	۹,۱۶	۹,۲۲	۱۱,۵۳	۶,۴۴	۱۲۰۰
$LGDP^2$	۸۵,۱۶	۸۵,۱۹	۱۳۱,۱۱	۴۱,۵۶	۱۲۰۰
LREN	۸,۳۶	۸,۷۱	۱۴,۹۱	۰,۰	۱۲۰۰
LINEN	۱,۵۸	۱,۴۸	۳,۲۹	۰,۳۲	۱۲۰۰
LOP	۰,۵۳	۰,۵۰	۱,۶۸	۰,۰	۱۲۰۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

۵. برآورد مدل و تحلیل نتایج

شرط استفاده از متغیرها، انجام دادن آزمون‌های ریشه واحد و بررسی مانایی متغیرها است. مهم ترین آزمون‌های ریشه واحد در داده‌های پانلی، آزمون‌های ایم، پسران و شین (IPS)[3]، فیشر- دیکی فولر

1. World Bank
2. www.atlas.media.mit.edu
3. Im; Pesaran and Shin

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

تعمیم یافته (ADF)[1] و فیشر- فیلیپس پرون (pp)[2] بوده و از این سه آزمون برای بررسی ایستایی متغیرها استفاده شده است. در این آزمون ها، روند بررسی ایستایی مشابه است و با رد فرضیه H_0، نامانایی یا وجود ریشه واحد متغیرها رد خواهد شد (شاه آبادی و همکاران، ۱۳۹۷).

بر اساس آزمون‌های انجام شده برای بررسی ریشه واحد، همه متغیرهای استفاده شده در این پژوهش بجز متغیر مصرف انرژی تجدیدپذیر در سطح مانا نیستند؛ ولی آزمون ریشه واحد تفاضل مرتبه اول با عرض از مبدأ و روند تمامی آنها، و متغیرهای استفاده شده در تحقیق حاضر، در درجات مختلفی از I (۰) و I(۱) مانا هستند.

پس از بررسی مانایی متغیرها، آزمون هم انباشتگی پانلی برای بررسی وجود روابط بلندمدت اقتصادی متغیرها انجام می‌گردد. برای بررسی هم انباشتگی داده‌های پانل چندین آزمون ازجمله: آزمون کائو[3]، آزمون پدرونی[4] و آزمون فیشر[5] موجود است. در پژوهش حاضر، از آزمون کائو استفاده شده است. استفاده از آزمون پدرونی به دلیل تعداد زیاد متغیرهای مدل و آزمون فیشر به علت ناکافی بودن داده‌ها امکان پذیر نیست (سوری، ۱۳۹۴). مطابق نتایج به دست آمده از جدول شماره ۲ برای تمامی‌مدل‌ها که فرضیه صفر رد شده و بین متغیرها، رابطه بلندمدت وجود دارد.

جدول ۲: نتایج آزمون هم انباشتگی کائو

آماره	مدل شماره ۱	مدل شماره ۲	مدل شماره ۳
T - Statistic	-۴,۳۵	-۳,۸۷	۳,۰۶
p-value	(۰,۰۰)	(۰,۰۰)	(۰,۰۰)

مأخذ: محاسبات تحقیق

گام بعدی در روش داده‌های تابلویی، این است که همگنی یا ناهمگنی نمونه مورد بررسی قرار گیرد و محدودیت های وارد شده در الگو به لحاظ عرض از مبدأهای مشترک و یا متفاوت، مشخص شود. به‌عبارت‌دیگر، نخست باید تعیین گردد که رابطه رگرسیونی در نمونه مورد بررسی، دارای عرض از مبدأهای ناهمگن و شیب همگن است (لزوم استفاده از مدل داده‌های پانل) یا اینکه فرضیه عرض از مبدأهای مشترک و شیب مشترک در بین مقاطع (لزوم استفاده از الگوی داده‌های تلفیقی) مورد پذیرش قرار می‌گیرد. برای بررسی معنی‌دار بودن روش داده‌های پانل، از آماره آزمون F لیمر[6] استفاده شده است. فرضیه ای که مورد آزمون می‌باشد، به این ترتیب است که فرضیه H_0 در این آزمون، قابلیت تخمین مدل به صورت داده‌های تلفیقی و فرضیه مقابل یعنی H_1، قابلیت تخمین مدل به

1. Fisher-Augmented Deyki Fuller
2. Fisher-Phillips Peron
3. Kao
4. Pedroni
5. Fisher
6. Leamer

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

صورت داده‌های پانل می باشد. بر اساس این آزمون، ابتدا مدل به صورت مقید و در حالت کلی با عرض از مبدأهای مشترک و شیب‌های مشترک برآورد خواهد شد و مجموع مجذورات پسماندهای مقید[1] محاسبه می‌گردد. سپس مدل به صورت نامقید و با فرض عرض از مبدأهای ناهمگن در بین مقاطع و شیب‌های مشترک تخمین زده می‌شود و مجموع مجذورات پسماند نامقید[2] محاسبه می‌گردد و F محاسباتی با F جدول مقایسه می‌شود. در صورتی که مقدار F محاسباتی از مقدار F جدول بزرگ تر باشد. فرضیه H_0 مبنی بر همگنی مقاطع و عرض از مبدأهای یکسان رد می شود. لذا اثرات ثابت گروه پذیرفته شده و می باید عرض از مبدأهای مختلف را در برآورد لحاظ نمود. در نتیجه می‌توان از روش پانل دیتا جهت برآورد استفاده کرد (سوری، ۱۳۹۴).

بر اساس نتایج بدست آمده از جدول شماره ۳، باتوجه به اینکه احتمال آماره F تمامی مدل‌ها کمتر از ۵ درصد است، لذا فرضیه صفر مبنی بر قابلیت تخمین مدل به صورت داده‌های تلفیقی رد می‌شود و لازم است مدل به روش داده‌های پنل برآورد گردد.

جدول ۳: نتایج آزمون F لیمر در کشورهای در حال توسعه طی دوره ۲۰۱۹-۲۰۰۰

آماره	مدل شماره ۱	مدل شماره ۲	مدل شماره ۳
F-Statisti	۵,۱۵	۵,۱۴	۵,۰۷
p-value	(۰,۰۰)	(۰,۰۰)	(۰,۰۰)

مأخذ: محاسبات تحقیق

مطابق جدول شماره ۴، مقدار احتمال آزمون هاسمن[3]محاسبه شده نیز، کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد؛ درنتیجه، این فرض آماری که مدل دارای اثرات تصادفی است، رد می شود و مدل، دارای اثرات ثابت بر روی مقاطع (مقاطع کشورهای در حال توسعه هستند) است.

جدول ۴: نتایج آزمون هاسمن در کشورهای در حال توسعه طی دوره ۲۰۱۹-۲۰۰۰

آماره	مدل شماره ۱	مدل شماره ۲	مدل شماره ۳
Chi-sq. statitic	۲۲۴,۳۵	۲۲۷,۰۸	۲۲۴,۱۰
p-value	(۰,۰۰)	(۰,۰۰)	(۰,۰۰)

مأخذ: محاسبات تحقیق

در این پژوهش، از روش گشتاورهای GMM استفاده گردیده، و در جدول شماره ۵ نتایج تخمین سه مدل آورده شده است. مطابق نتایج این جدول، پیچیدگی اقتصادی تأثیر منفی و معناداری بر انتشار CO_2 دارد که با نتایج به دست آمده از مطالعات کان و همکاران (۲۰۱۷)، دوگان و همکاران (۲۰۲۰)، لاپاتیناس (۲۰۲۱)، و عزیزی و همکاران (۱۳۹۸) مطابقت دارد. در مدل (۱) ضریب

1. Restrict Residual Sum Squares
2. Un Restrict Residual Sum Squares
3. Hausman

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]
[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

پیچیدگی اقتصادی ۰/۰۱۱- به دست آمده است یعنی افزایش یک واحد در شاخص پیچیدگی اقتصادی، به طور تقریبی ۱/۱ میزان انتشار CO_2 را کاهش می‌دهد (با توجه به فرم لگاریتمی انتشار دی اکسید کربن). شاخص پیچیدگی اقتصادی نشانگر سطح نوآوری‌های تکنولوژیکی و دانش یک اقتصاد است. هر چه پیچیدگی اقتصادی کشوری بیشتر باشد، سطح تکنولوژی، دانش و مهارت نیروی کار آن کشور بالاتر بوده و انتظار می‌رود که سطح بالاتر تکنولوژی و ساختار توسعه یافته تولید به افزایش بهره وری در تولید و افزایش کارآیی انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست منجر گردد.

جدول ۵: نتایج برآورد مدل کشورهای در حال توسعه به روش GMM طی دوره ۲۰۱۹-۲۰۰۰

نام متغیر	مدل شماره ۱	مدل شماره ۲	مدل شماره ۳
$lCO_2(-1)$	۰,۶۱۹	۰,۴۸۱	۰,۵۹۶
	(۰,۰۰۰)***	(۰,۰۰۰)***	(۰,۰۰۰)***
ECI	-۰,۰۱۱	-	-
	(۰,۰۰)***	-	-
LGDP	۱,۶۰۶	۲,۳۶۴	۱,۷۱۵
	(۰,۰۰۰)***	(۰,۰۰۰)***	(۰,۰۰۰)***
$LGDP^2$	-۰,۰۶۵	-۰,۰۹۸	-۰,۰۶۷
	(۰,۰۰۰)***	(۰,۰۰۰)***	(۰,۰۰۰)***
lREN	-۰,۰۰۶	-۰,۰۰۴	-۰,۰۰۵
	(۰,۰۰)***	(۰,۰۰)***	(۰,۰۰۸)*
lINEN	۰,۲۲۸	۰,۳۲۸	۰,۳۱۱
	(۰,۰۰)***	(۰,۰۰)***	(۰,۰۰)***
LOP	۰,۰۸۶	۰,۰۲۷	۰,۰۸۵
	(۰,۰۰)***	(۰,۰۰)***	(۰,۰۰)***
LGDP* ECI	-	۰,۰۰۴	-
	-	(۰,۰۰)***	-
$LGDP^2$* ECI	-	-۰,۰۰۴	-
	-	(۰,۰۰)***	-
lREN * ECI	-	-	-۰,۰۰۱
	-	-	(-۰,۰۳۴)**
lINEN* ECI	-	-۰,۰۰۹	-
	-	(۰,۲۰۶)	-
J-statistic	۵۶,۲۹	۵۴,۳۹	۵۳,۴۳
	(۰,۴۲۶)	(۰,۳۴۸)	(۰,۵۷۲)
Instrumen rank	۶۲	۶۰	۶۳

مأخذ: محاسبات تحقیق

اعداد داخل پرانتز بیانگر p-value است.

نشانه‌های ***، ** و * هستند به ترتیب بیانگر سطح معناداری ۱، ۵ و ۱۰ درصد است.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

بر اساس نتایج، لگاریتم ضریب تولید ناخالص داخلی سرانه در تمامی‌مدل‌ها مثبت و معنادار، و ضرایب آن از ۱/۶۰۶ تا ۲/۳۶۴ متغیر است. علاوه بر این، ضریب منفی و معنادار مجذور تولید ناخالص داخلی سرانه انتشار CO_2 بین ۰/۰۶۵ و ۰/۰۹۸ متغیر است. در نتیجه، رابطه بین رشد تولید ناخالص داخلی و انتشار CO_2 یک رابطه U معکوس می باشد که فرضیه منحنی کوزنتس را تأیید می‌کند. نتایج به دست آمده در این مورد با مطالعات مشابه مانند کان و همکاران (۲۰۱۷)، پاتا (۲۰۲)، دوگان و همکاران (۲۰۲۰)، خضری و همکاران (۲۰۲۲)، و عزیزی و همکاران (۱۳۹۸) مطابقت دارد.

ضریب مصرف انرژی تجدیدپذیر در تمامی‌مدل‌ها منفی و معنادار به دست آمده است که مطابق با انتظارات محقق و مطالعات پاتا (۲۰۲)، دوگان و همکاران (۲۰۲۰)، و خضری و همکاران (۲۰۲۲) است و ضرایب به دست آمده از ۰/۰۰۴ تا ۰/۰۰۶ متغیر است زیرا افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و جایگزین شدن آن با سوخت‌های فسیلی، باید باعث کاهش انتشار CO_2 شود.

علاوه بر این، ضریب مثبت معنادار شدت انرژی در سطح ۱ درصد، نشان می‌دهد که شدت انرژی به عنوان معیاری برای بهره وری انرژی، به افزایش انتشار CO_2 منجر می‌شود و این نتیجه، مطابق با مطالعات ناگو و همکاران (۲۰۱۹)، و خضری و همکاران (۲۰۲۲) است.

ضریب باز بودن تجارت، مثبت و معنادار و بین ۰/۰۲۷ و ۰/۰۸۵متغیر است. یعنی باز بودن تجارت منجر شده به اینکه کشورها به سمت تولید کالاهای با آلودگی بیشتر بروند و با توجه به اینکه مطالعه ما برای کشورهای در حال توسعه است، می‌توان این موضوع را صحیح دانست و نتایج به دست آمده با مطالعه خضری و همکاران (۲۰۲۲) تطابق دارد.

برای انجام بررسی دقیق تر، اثرات سرریز شاخص پیچیدگی اقتصادی بر شدت انرژی در مدل (۲) جدا شده که این ضریب منفی و فاقد معنی است. علاوه بر این، نتایج در مدل شماره (۲) برای تعیین و سنجش اثرات ضرایب تعاملی شاخص پیچیدگی اقتصادی بر منحنی EKC، نشان می‌دهد که پیچیدگی اقتصادی، EKC را به سمت بالا شیفت داده، و نتایج، نشان دهنده اثرات مقیاس پیچیدگی اقتصادی است؛ یعنی در حالی که افزایش بهره وری انرژی باعث بهبود محیط زیست می‌شود، افزایش رشد اقتصادی، باعث انتشار CO_2 و تسریع روند تخریب محیط زیست می‌گردد. این نتیجه مانند نتیجه مطالعه خضری و همکاران (۲۰۲۲) است.

در سومین مدل، اثرات تعاملی شاخص پیچیدگی اقتصادی بر اثربخشی انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش انتشار CO_2، سنجش شده، و ضریب منفی و معنادار به دست آمده است؛ یعنی در سطوح بالاتر پیچیدگی، مصرف انرژی تجدیدپذیر باعث کاهش بیشتری در انتشار CO_2 می‌گردد. می‌توان گفت پیچیدگی اقتصادی باعث تغییر در ترکیب منابع انرژی و گسترش محصولات مؤثر مانند انرژی‌های تجدیدپذیر در داخل یک کشور می‌شود که همگی این عوامل باعث کاهش آلودگی زیست محیطی است. نتایج به دست آمده در این مورد، با مطالعات مشابه مانند دوگان و همکاران (۲۰۲۰)، و خضری و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

در این پژوهش برای بررسی اعتبار ماتریس ابزارها، از آزمون سارجنت استفاده گردیده است. عدم رد فرضیه صفر در آزمون سارجنت، شواهدی را دال بر فرض عدم همبستگی سریالی و معتبر بودن ابزارها فراهم می‌آورد؛ بنابراین، همان طور که در ۳ مدل رگرسیونی قابل مشاهده است، با توجه به آماره‌های محاسبه شده و میزان معنادار بودن آنها، عدم همبستگی ابزارها با اجزای اخلال را نمی توان رد کرد و در نتیجه، ابزارهای مورد استفاده برای تخمین، از اعتبار لازم برخوردار هستند.

۶. نتیجه گیری

ایجاد تعادل در تمایل به کاهش تولید گازهای گلخانه ای مطابق با توافقنامه پاریس[1] با هدف دستیابی به رشد و توسعه اقتصادی بالاتر و پایدار، بسیار مهم است. مطابق این توافقنامه، انتظار می‌رود ملت‌ها فعالیت اقتصادی و رشد خود را بر پایه منابع پایدارتر بنا کنند. انتشار گازهای گلخانه ای، بیشترین شاخص در پایش آلودگی محیط زیست و همچنین ارزیابی پیشرفت دستیابی به اهداف استراتژی انرژی تعیین شده در سطح جهانی است.

نیاز به درک دقیق تر از پدیده‌های اقتصادی، اقتصاددانان را بر آن داشته است که تئوری‌های قبل را بازبینی مجدد کنند و تئوری‌های جدیدی ارائه دهند که دریچه ای نو به ادبیات توسعه اقتصادی دارند؛ زیرا هدف همه کشورها رسیدن به رشد و توسعه اقتصادی بیشتر و پایدارتر است. فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر امیدوارکننده هستند، اما در مورد نقش آن به عنوان یک عامل محدود کننده در کاهش آلودگی محیط زیست بخصوص در کشورهای در حال توسعه، اطلاعات بسیار کمی وجود دارد.

از این رو در این پژوهش، به بررسی اثرات مصرف انرژی تجدیدپذیر و پیچیدگی اقتصادی و همچنین اثرات متقابل آنها بر آلودگی محیط زیست در کشورهای در حال توسعه در دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۰ با استفاده از روش GMM پرداخته شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که شاخص پیچیدگی اقتصادی، تأثیر منفی و معناداری بر انتشار دی اکسید کربن دارد و از این رو، می‌توان گفت برای کشورهای در حال توسعه حرکت به سمت یک اقتصاد دانش محورتر می‌تواند سبب بهبود کیفی محیط زیست شود. متغیرهای باز بودن تجارت در شدت انرژی، به طور قابل توجهی بر افزایش انتشار CO_2 تأثیر می‌گذارند. فرضیه EKC با لگاریتم مثبت تولید ناخالص داخلی سرانه و ضریب منفی مربع آن تأیید شد. با توجه به نتایج مطالعه، پیچیدگی اقتصادی در کشورها، به حرکت رو به بالا در EKC منجر می‌شود، به این معنی که با افزایش پیچیدگی اقتصادی در کشورها به دلیل افزایش تقاضای انرژی، اثرات مقیاس رخ می‌دهد که به افزایش انتشار CO_2 منتهی می‌گردد.

در این مطالعه، شدت انرژی تأثیر مثبتی بر افزایش انتشار دی اکسید کربن و در نتیجه، افزایش آلودگی محیط زیست در کشورهای در حال توسعه دارد. از آنجایی که این کشورها در تولید کالاهای خود، بیشتر از تکنولوژی های قدیمی استفاده می کنند و بهره وری انرژی در این کشورها پایین است،

1. Parties Agreement

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

لذا برای تولید میزان مشخصی محصول، مجبور به استفاده از انرژی بیشتری هستند که این پدیده، آسیب های زیست محیطی را افزایش می‌دهد.

نتیجه خاص این مقاله، تأثیر معنادار مصرف انرژی تجدیدپذیر بر کاهش انتشار دی اکسید کربن در کشورهای در حال توسعه می باشد. نتایج نشان می‌دهد که پیچیدگی اقتصادی، یک عامل مهم در تعیین چگونگی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار دی اکسید کربن است.

منابع تجدیدپذیر از اواخر قرن بیستم، سریع ترین منبع رشد در جهان بوده، و مصرف انرژی تجدیدپذیر می‌تواند سطح انتشار کربن را کاهش دهد. انرژی تجدیدپذیر در دستیابی به پایداری محیط زیست، نقش اساسی دارد؛ با این حال، بسته به سهم آن در ترکیب انرژی در کشورهای مختلف، این اثر متفاوت است. همان طور که قبلاً بیان شد، در سطوح بالاتر پیچیدگی اقتصادی، مصرف انرژی تجدیدپذیر باعث کاهش بیشتری در انتشار CO_2 می‌شود و به لحاظ نقش پیچیدگی، می‌توان چنین استدلال کرد که کشورهای در حال توسعه، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر را با استفاده از فرایندهای نوآوری در بخش انرژی، به طور قابل توجهی باید افزایش دهند.

با توجه به اثرات سهم انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار دی اکسیدکربن سرانه، پیشنهاد می‌شود که تعریف الگوهای جدید مصرف انرژی با اتکا به انرژی‌های تجدیدپذیر در برنامه‌های توسعه و بهره گیری از ابزارهای تشویقی به منظور جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر به جای سوخت های فسیلی برای کاهش آلودگی، مورد توجه قرار گیرد.

کشورهای در حال توسعه، می باید حمایت از تأسیس و توسعه صنایع دانش بنیان، افزایش واردات و تولید فناوری‌های سازگار با محیط زیست و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر را برای مهار تخریب محیط زیست در برنامه‌های خود قرار دهند. همچنین استراتژی‌های قیمت‌گذاری را می‌توان برای جلوگیری از مصرف سوخت فسیلی مطرح کرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

References

Apergis, N., & Payne, J.E. (2010). "Coal Consumption and Economic Growth: Evidence from a Panel of OECD Countries". Energy Policy, **38**(3): 1353-1359.

Adewuyi, A.O., & Awodumi, O.B. (2017). "Renewable and Non-renewable Energy Growth Emissions Linkages: Review of Emerging Trends with Policy Implications". Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 69: 275-291.

Awaworyi Churchill, S., Inekwe, J., Smyth, R., & Zhang, X. (2019). "R&D Intensity and Carbon Emissions in the G7: 1870-2014". Energy Economy, Vol. 80: 7-30.

Azizi, Z., Darai, F., & Naseri, A. (2019). "The Effect of the Complexity of the Economy on Environmental Pollution, Economic Development Policies". Economic development policy, Vol. 32: 103-137 (in Farsi).

Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*. John Wiley & Sons Ltd, the Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO198SQ, England.

Bilgili, F., Koçak, E., & Bulut, Ü. (2016). "The Dynamic Impact of Renewable Energy Consumption on CO2 Emissions: A Revisited Environmental Kuznets Curve Approach". Renew. Sustain. Energy Reviews, Vol. 54: 838-845.

Ben Jebli, M., Ben Youssef, S., & Apergis, N. (2015). "The Dynamic Interaction between Combustible Renewables and Waste Consumption and International Tourism: The Case of Tunisia". Environ. Sci. Pollut. Res., Vol. **22**(16): 12050-61.

Breitenbach, M. C., Chisadza, C., & Clance, M. (2019). "The Economic Complexity Index (ECI) and Economic Shocks: Developed vs Developing Countries". University of Pretoria, Working Paper: 2021-2025.

Dinda, S. (2004). "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey". Ecological Economics, **49**(4): 431-455.

Doğan, B., Driha, O. M., Balsalobre-Lorente, D., & Shahzad, U. (2020). The mitigating effects of economic complexity and renewable energy on carbon emissions in developed countries. Sustainable Development, 29(1), 1–12.

Eyraud, L., Clements, B., & Wane, A. (2013). "Green Investment: Trends and Determinants". Energy Policy, Vol. 60: 852-65.

Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., Chung, S., Jimenez, J., ., Simoes, A., & Yildirim, M. A., (2011). *The Atlas of Economic Complexity.* New Hampshire: Puritan Press.

Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., Simoes, A., & Yildirim, M. A. (2014). *The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity*. MIT Press.

Hausmann, D., Guevara, M., Jara-Figueroa, C., Aristar´an, M., & Hidalgo, C. (2017). "Linking Economic Complexity, Institutions, and Income Inequality". World Dev., Vol. 93: 75-93.

Hidalgo, C.A., Klinger, B., Barabási, A.L., & Hausmann, R. (2007). "The Product Space Conditions the Development of Nations". Science, **317**(5837): 482-7.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

Grossman, G., & Krueger, A. (1991). "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement". National Bureau of Economic Research, **11**(91): 3-39.

George N., Ike, A., Ojonugwa Usmana, B., Andrew Adewale Alola, C. D., & Samuel Asumadu Sarkodie. (2020). "Environmental Quality Effects of Income, Energy Prices and Trade: The Role of Renewable Energy Consumption In G-7 Countries". Science of the Total Environment, Vol. 721.

Gozgor, G., Keung, M., & Chi Lau, Lu Z. (2018). "Energy Consumption and Economic Growth: New Evidence from the OECD Countries". Energy, Vol. 153: 27-34.

Hu, G., Can, S., Paramati, B., Doğan, and Fang, J. (2020). "The Effect of Import Product Diversification on Carbon Emissions: New Evidence for Sustainable Economic Policies". Economic Analysis and Policy, No. 65: 198-210.

Kahia, M., Kadria, M., Ben Aissa, M.S., & Lanouar, C. (2017). "Modelling the Treatment Effect of Renewable Energy Policies on Economic Growth: Evaluation from MENA Countries". J. Clean Prod., Vol. 149: 845-855.

Kayani, G.M., Ashfaq, S., & Siddique, A. (2020). "Assessment of Financial Development on Environmental Effect: Implications for Sustainable Development". J. Clean Prod., Vol. 261.

Kumar, R., & Agarwala, A. (2016). "Renewable Energy Technology Diffusion Model for Techno-Economics Feasibility". Renew. Sustain Energy Rev., Vol. 54: 1515-1524.

Khezri, Mohsen, Heshmati, Almas, & Khodaei, Mehdi. (2022). "Environmental Implications of Economic Complexity and Its Role in Determining How Renewable Energies Affect CO_2 Emissions". Applied Energy, Vol. 306.

Mehdi, B.J., & Slim, B.Y. (2017). "The Role of Renewable Energy and Agriculture in Reducing CO_2 Emissions: Evidence for North Africa Countries". Ecol. Indic, Vol. 74: 295-301.

Neagu, O., & Teodora, M.C. (2019). "The Relationship between Economic Complexity, Energy Consumption Structure and Greenhouse Gas Emission: Heterogeneous Panel Evidence from the EU Countries". Sustainability, **11**(2).

Oreiro, J. L., D'Agostini, L. L., & Gala, P. (2020). "Deindustrialization, Economic Complexity and Exchange Rate Overvaluation: The Case of Brazil (1998-2017)". PSL Quarterly Review, **73**(295): 313-341.

Pata, Ugur Korkut. (2020). "Renewable and Non-renewable Energy Consumption, Economic Complexity, CO_2 Emissions, and Ecological Footprint in the USA: Testing the EKC Hypothesis with a Structural Break". Journal Environmental Science and Pollution Research, Vol. 12: 11-39.

Popp, D., Hascic, I., & Medhi, N. (2011). "Technology and the Diffusion of Renewable Energy". Energy Econ., **33**(4): 648-662.

Lapatinas, A., Garas, A., Boleti, E., and Kyriakou, V. (2021). "Economic Complexity and Environmental Performance: Evidence from a World Sample". Environmental Modeling & Assessment, Vol. 26: 251-270.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

Sepahvand, R., Saieh Miri, A., & Shirkhani, A. (2021). "The Effect of Economic Complexity on Environmental Performance in MENA Countries". Economic Research Quarterly (Sustainable Growth and Development), Vol. 3: 177-208.

Shah abadi, A., & Arghand, H. (2018). "The Impact of Economic Complexity (ECI) on Social Welfare in Selected Developing Countries". Business Journal, **23**(89): 122-89 (in Farsi).

Shahmoradi, B. (2018). *Atlas of Economic Complexity*. First edition, Commercial Printing and Publishing Company (in Farsi).

Sori, A. (2016). *Econometrics (advanced) with the Application of Eviews & Stata*. 5th. edition, cultural publication (in Farsi).

Swart, J., & Brinkmann, L. (2020). "Economic Complexity and the Environment: Evidence from Brazil". Paper presented at the Universities and Sustainable Communities: Meeting the Goals of the Agenda, Vol. 2030: 3-45.

Stern, D.I. (2004). "The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve". World Development. **32**(8): 1419-1439.

Sarkodie, S. A., & Strezov, V. (2019). "A Review on Environmental Kuznets Curve Hypothesis Using Bibliometric and Meta-Analysis". Science of the Total Environment, Vol. 649: 128-145

Rudolph, A., & Figge, L. (2017). "Determinants of Ecological Footprints: What is the Role of Globalization?". Ecol. Indic., Vol. 81: 348-361.

Verbeek, M. (2012). *A Guide to Modern Econometrics* Ed. 4. In John Wiley & Sons eBooks. https://univ.scholarvox.com/catalog/book/88808446.

Zoundi, Z. (2017). "CO_2 Emissions, Renewable Energy and the Environmental Kuznets Curve; A Panel Cointegration Approach". Renew Sustain Energy Review, Vol. 72: 1067-1075.

Zobiri, H., & Motmani, M. (2020). "Human Capital and Economic Complexity in Iran". Economic Research Quarterly (Sustainable Growth and Development), Twentieth year, 3rd. issue: 166-145 (in Farsi).

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

Quarterly Journal of The Economic Research (Sustainable Growth and Development)
Original Research Article/ Vol.23, No.4, Winter 2023, P: 1-24

Investigating the Impact of Economic Complexity and Renewable Energy Consumption on Environmental Pollution in Developing Countries

Najmeh Mohammadi[1]
Bahram Sahabhi[2]
Hassan Heydari[3]
Hossein Sadeghi Saqdel[4]

Received: 2022-12-5 Accepted: 2022-12-21

Abstract

Aim and Introduction

Technology provides an opportunity for the economy to move from polluting sources to renewable sources to meet energy needs. Increasing economic complexity means more use of technology and innovation in production and may cause the expansion of effective technological products such as renewable energy. In the past few decades, the share of renewable energy has increased due to a wide range of factors, such as government regulations to promote the use of renewable energy, reduction in the cost of installing renewable energy and increasing production capacity, oil price fluctuations, and the positive effects of renewable energy in reducing emissions. Carbon and innovation processes have increased in the energy sector. Therefore, in this research, the effects of renewable energy consumption and economic complexity as well as their mutual effects on environmental pollution have been investigated using the GMM method in developing countries over the period 2000-2019.

Methodology

In dynamic models, due to the presence of a lagged dependent variable, OLS or GLS methods cannot be used to estimate the model, because the disturbance components are correlated with the lagged dependent variable, and the estimation results are biased and inconsistent as before. Therefore, to solve this problem, the GMM method proposed by Arellano and Bond (1991) is used. The GMM estimator belongs to the set of instrumental variables' estimators. In this method, in addition to solve the problem of the correlation of the independent variable with disturbance components, the endogeneity of the variables and the heteroscedasticity of the variances are also removed. It should be noted that this

1. Ph.D. student in Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Email: n.mohammadi@modares.ac.ir
2. Associate Professor, Faculty of Management and Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (Corresponding Author) Email: Sahabi_h@modares.ac.ir
3. Assistant Professor of Economics Department, Faculty of Management and Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Email: hassan.heydari@modares.ac.ir
4. Associate Professor of Economics Department, Faculty of Management and Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Email: sadeghih@modares.ac.ir

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

method is applicable when T (number of periods) is smaller than N (number of sections).

Results

The results show that the economic complexity index has a negative and significant effect on carbon dioxide emissions in developing countries. Variables such as trade openness and energy intensity increase carbon dioxide emissions, and the Kuznets curve hypothesis is confirmed for developing countries, and economic complexity leads to an upward movement of the Kuznets curve. Renewable energy consumption has a significant effect on reducing carbon dioxide emissions, and also at higher levels of economic complexity, renewable energy consumption causes a greater reduction in carbon dioxide emissions.

Conclusion and Discussion

The need for a more accurate understanding of economic phenomena has prompted economists to review previous theories and present new theories that have a new window to economic development literature. The goal of all countries is to achieve sustainable economic growth and development. Renewable energy technologies are promising, but there is very little information about its role as a limiting factor in reducing environmental pollution, especially in developing countries. Therefore, in this research, the effects of renewable energy consumption and economic complexity as well as their mutual effects on environmental pollution have been investigated using the GMM method in developing countries over the period 2000-2019. The results show that the economic complexity index has a negative and significant effect on the emission of carbon dioxide, so it can be said that for developing countries, moving towards a more knowledge-oriented economy can improve the quality of the environment. The variables of trade openness, energy intensity significantly affect positively CO2 emissions. The EKC hypothesis was confirmed with the positive logarithm of GDP per capita and its negative square coefficient. According to the results of the study, economic complexity in countries under study leads to an upward movement of EKC, which means that as economic complexity increases in developing countries due to increased energy demand, scale effects occur and lead to higher CO2 emissions.

In this study, energy intensity has a positive effect on the increase in carbon dioxide emissions and as a result the increase in environmental pollution in developing countries.

The specific result of this article is the significant effect of renewable energy consumption on the reduction of carbon dioxide emissions in developing countries. At higher levels of economic complexity, renewable energy consumption causes a greater reduction in CO2 emissions. In terms of the role of complexity, it can be argued that in countries under consideration, the share of renewable energy should be significantly increased by using innovation processes

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]

in the energy sector. Considering the negative effects of the share of renewable energies on carbon dioxide emissions per capita, it is suggested to define new patterns of energy consumption by relying on renewable energies in development programs and using incentive tools to replace renewable energies instead of fossil fuels to reduce pollution. Developing countries should support knowledge-based industries, increase the import and production of environmentally friendly technologies, and increase the share of renewable energy in their plans to protect the environment. In addition, pricing strategies can be proposed to avoid increased fossil fuel consumption.

Keywords: Economic complexity, renewable energy consumption, carbon dioxide emission, environmental pollution, developing countries
JEL Classification: O13, O31, Q54, Q56

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOI: 10.22034/ecor.23.4.1]