

تأثیر عدم قطعیت سیاست اقتصادی بر انتشار دی اکسید کربن: رهیافت گشتاورهای تعمیم یافته (GMM)

محبوبه جعفری*

گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸

چکیده

در حالی که مطالعات متعددی بر شناسایی عوامل مؤثر بر انتشار دی اکسید کربن متمرکز شده‌اند، بررسی نقش عدم قطعیت سیاست اقتصادی (EPU) بر کیفیت محیط زیست در ادبیات محیط زیست-انرژی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا، هدف این مطالعه، بررسی چگونگی اثرگذاری عدم قطعیت سیاست اقتصادی بر انتشار CO₂ در گروه کشورهای در حال توسعه با بیشترین میزان آلاینده‌گی می‌باشد. به علاوه، اثر تعدیل‌کنندگی عدم قطعیت سیاست اقتصادی بر انتشار CO₂ از کانال مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بیانگر وجود رابطه علیت دو طرفه بین عدم قطعیت سیاست اقتصادی و انتشار CO₂ است. سپس برای برآورد مدل، روش گشتاورهای تعمیم یافته (GMM) برای حل مشکل درون‌زایی بکار گرفته شده است. نتایج حاصل از برآورد الگو بیانگر این است که افزایش عدم قطعیت سیاست اقتصادی به تخریب کیفیت محیط زیست در نمونه مورد مطالعه منتهی شده است. به علاوه، نتایج نشان‌دهنده این است که یک درصد افزایش در مصرف انرژی تجدیدپذیر موجب کاهش انتشار CO₂ به اندازه ۰/۰۲۶ درصد شده است. اگرچه که افزایش مصرف انرژی تجدیدناپذیر به اندازه یک درصد به افزایش انتشار CO₂ به اندازه ۰/۹۸ درصد منتهی شده است. همچنین نتیجه اثر متقابل عدم قطعیت سیاست اقتصادی و مصرف انرژی تجدیدناپذیر گویای آن است که افزایش EPU به کاهش مصرف انرژی تجدیدناپذیر و در نتیجه کاهش انتشار CO₂ در طول دوره ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۰ منتهی شده است.

کلید واژگان: انتشار دی اکسید کربن، عدم قطعیت سیاست اقتصادی، انرژی تجدیدپذیر، انرژی تجدیدناپذیر

مقدمه

تعدادی از مطالعات مانند Gkisakis و همکاران (۲۰۲۰)، Suwanmanee و همکاران (۲۰۲۰) و Anwar و همکاران (۲۰۲۱)؛ نشان داده‌اند که مصرف انرژی، آلودگی محیط زیستی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به اینکه سیاست‌های دولت در جهت ایجاد یک محیط اقتصادی کلان مساعدتر برای تأمین انرژی، در قالب یارانه و سرمایه‌گذاری مستقیم است، عدم قطعیت سیاست اقتصادی می‌تواند عاملی باشد که هنگام بحث در مورد سطح مصرف انرژی در یک اقتصاد باید در نظر گرفته شود. بنابراین سوالی که مطرح می‌باشد این است که تحت شرایط عدم اطمینان سیاست اقتصادی، مصرف انرژی چگونه تغییر می‌یابد؟ آیا یک کشور باید سیاست‌های انرژی را برای رفع ابهام در اقتصاد ترویج کند یا باید در درجه اول بر رویارویی با عدم اطمینان تمرکز کند که به نوبه خود باعث ترویج سیاست‌های جدید می‌شود. انتشار کربن (CO₂) چگونه با هر دو ارتباط دارد؟

در رابطه با نحوه اثرگذاری EPU بر انتشار کربن، Jiang و همکاران (۲۰۱۹) بیان می‌کنند که EPU بر انتشار CO₂ از دوکانال شامل اثر تعدیل مستقیم سیاستی^۳ و اثر غیرمستقیم تقاضای اقتصادی^۴ تأثیر می‌گذارد. اثر اول توضیح می‌دهد که EPU بالاتر توجه سیاستمداران را از سیاست‌های حفاظت از محیط زیست به سمت سیاست‌های ثبات اقتصادی که عامل افزایش انتشار CO₂ می‌باشد، معطوف می‌کند. برای مثال ایالات متحده تصمیم گرفت از توافقنامه پاریس در سال ۲۰۱۶ خارج شود، که سیگنال منفی مبنی بر اینکه دولت ایالات متحده عزم خود را برای کاهش آلودگی محیط زیستی از دست داده را نشان می‌دهد. به علاوه، برخی از بنگاه‌ها و افراد ممکن است به عزم دولت برای کاهش انتشار آلودگی شک کنند. بنابراین، این امکان وجود دارد که آن‌ها الزامات مربوطه را رعایت نکنند که به افزایش انتشار CO₂ منتهی می‌شود.

تغییرات آب و هوایی به عنوان یکی از مهمترین چالش‌های توسعه پایدار در دنیا شناخته شده است (Ding et al., 2020). در طول چند دهه گذشته انتشار گازهای گلخانه‌ای یکی از دلایل اصلی گرم شدن کره زمین معرفی شده است. بنابراین بررسی عوامل اثرگذار بر افزایش انتشار CO₂ به عنوان یکی از مهمترین انواع گازهای گلخانه‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. بخش قابل توجهی از مطالعات به بررسی این مسأله پرداخته‌اند. اگرچه که در مطالعات قبلی توجه به نقش عامل عدم قطعیت سیاست اقتصادی^۱ (EPU) در محیط زیست پایدار کمتر مورد توجه قرار گرفته است. Al-Thaqeb و Algharabali (۲۰۱۹) بیان کردند که اهمیت عدم اطمینان در سیاست‌های اقتصادی مرتبط با تصمیمات اقتصادی در دنیای بهم پیوسته امروزی بالاتر می‌باشد (Al-Thaqeb and Algharabali, 2019).

عدم قطعیت سیاست اقتصادی (EPU) را به عنوان یک ابهام و عدم اطمینان در سیاست عمومی به ویژه سیاست پولی و مالی می‌توان تعریف کرد که محیط کسب و کاری که واحدهای اقتصادی در آن عمل می‌کنند را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Pirgaip and Dinçergok, 2020). EPU به عنوان بازتابی از عامل نهادی اقتصاد کلان، بر محیط کسب و کار واحدهای اقتصادی تأثیر می‌گذارد که به نوبه خود، تصمیم‌گیری واحدهای اقتصادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. رویدادهای اخیر، به عنوان مثال، بحران مالی، برگزیت، جنگ تجاری ایالات متحده و چین، و همه‌گیری COVID-19 به افزایش EPU در سراسر جهان منتهی شده است.

مطابق گزارش چشم‌انداز انرژی جهانی که توسط آژانس بین‌المللی انرژی^۲ در سال ۲۰۱۹ منتشر شده است، انتشار کربن در سال ۲۰۱۸ به رکورد بالای ۳۳/۱ گیگاتن رسیده که عمدتاً به دلیل مصرف انرژی بالاتر بوده است. همچنین

³Direct policy adjustment effect

⁴Indirect economic demand effect

¹Economic policy uncertainty

²The World Energy Outlook published by the International Energy Agency, IEA

مشخص است که تاکنون مطالعات متعددی به بررسی نقش عوامل اقتصادی و غیراقتصادی بر انتشار کربن پرداخته‌اند. در بین این عوامل، رشد اقتصادی به‌عنوان یکی از عمده‌ترین آن‌ها در نظر گرفته می‌شود (Apergis and Payne, 2010). در ادبیات مرتبط با رشد-انتشار، منحنی کوزنتس محیط زیستی (EKC) به‌طور گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است به طوری که رابطه U شکل معکوس بین درآمد و تخریب محیط زیست در تعدادی مطالعات Narayan و Narayan (۲۰۱۸)، Apergis و Ozturk (۲۰۱۸) و Aslan و همکاران (۲۰۱۸) تایید شده است. به علاوه، مصرف انرژی نیز به عنوان یکی از عوامل کلیدی تعیین‌کننده انتشار CO₂ در مطالعات Lin و Zhang (۲۰۱۲) و Adedoyin و Bekun (۲۰۲۰) عنوان شده است. همچنین، تعدادی مطالعات از جمله Dogan و Seker (۲۰۱۶)، Dogan و Ozturk (۲۰۱۷)، Zaidi و همکاران (۲۰۱۸) و Baloch و همکاران (۲۰۱۹) مصرف انرژی را به‌صورت تفکیک مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر در نظر گرفته‌اند و نشان داده‌اند که مصرف انرژی‌های تجدیدنپذیر انتشار CO₂ را افزایش می‌دهد، در حالی که انرژی‌های تجدیدپذیر به بهبود کیفیت محیط زیست منتهی می‌شود. به علاوه، Begum و همکاران (۲۰۱۵) و Mohsin و همکاران (۲۰۱۹) بر نقش جمعیت در انتشار آلودگی تاکید دارند.

یکی از عواملی که اخیراً مورد توجه قرار گرفته است نقش EPU بر انتشار آلودگی می‌باشد که با مطالعه Jiang و همکاران (۲۰۱۹) آغاز شده است که با بکارگیری داده‌های بخشی در ایالات متحده آمریکا و استفاده از آزمون پارامتری علیت گرنجری در چارک‌ها^۷ به بررسی ارتباط بین EPU و انتشار کربن پرداختند. آن‌ها نشان دادند که یک الگوی علیت گرنجری از EPU آمریکا به رشد انتشار کربن در دم توزیع رشد انتشار کربن در بخش صنعتی، بخش مسکونی، بخش

اثر غیرمستقیم تقاضای اقتصادی توصیف می‌کند که شرایط اقتصادی و تصمیم‌گیری در نتیجه افزایش EPU تغییر می‌کند که به نوبه خود، مصرف انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تغییر در مصرف انرژی در نهایت بر انتشار CO₂ تأثیر می‌گذارد. به‌علاوه با بررسی ادبیات مرتبط با EPU می‌توان نتیجه گرفت که Arouri و همکاران (۲۰۱۶)؛ Kang و همکاران (۲۰۱۸)؛ Tam و همکاران (۲۰۱۸)؛ Canh و همکاران (۲۰۲۰)؛ Sun و همکاران (۲۰۲۰)؛ Xu و همکاران (۲۰۲۰) نشان داده‌اند که EPU، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، سرمایه‌گذاری، تجارت، بازار سهام، توسعه اقتصادی، ابداعات و قیمت نفت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از طرف دیگر چندین مطالعه شامل Sadorsky (۲۰۰۹)؛ Shahbaz و همکاران (۲۰۱۳)؛ Salahuddin و همکاران (۲۰۱۸)؛ Alam و Hashmi (۲۰۱۹)؛ Danish و همکاران (۲۰۲۰) و Alam و همکاران (۲۰۲۱) نشان داده‌اند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، سرمایه‌گذاری، تجارت، بازار سهام، توسعه اقتصادی، ابداعات و قیمت نفت بر انتشار آلودگی مؤثر هستند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که EPU می‌تواند از طریق این عوامل بر انتشار آلودگی تأثیر گذارد.

اخیراً در رابطه با تأثیر EPU بر کیفیت محیط زیست دو اثر شامل اثر مصرف^۵ و اثر سرمایه‌گذاری^۶ از سوی Wang و همکاران (۲۰۲۰) مطرح شده است. مطابق اثر مصرف، EPU به کاهش مصرف انرژی و کالاهای آلودگی محور منتهی می‌شود. در نتیجه تخریب محیط زیستی کاهش خواهد یافت. اثر سرمایه‌گذاری نشان می‌دهد که EPU مانع از سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و تحقیق و توسعه می‌گردد که در نهایت منجر به تخریب محیط زیست می‌شود. این که در نهایت افزایش EPU چگونه کیفیت محیط زیست را تحت تأثیر قرار می‌دهد به قدرت این دو اثر وابسته می‌باشد.

با بررسی ادبیات مرتبط با عوامل اثرگذار بر انتشار کربن

⁷Parametric test of granger causality in quantiles

⁵Consumption effect

⁶Investment effect

آلودگی و EPU در بلندمدت وجود دارد. به علاوه، نتایج این مطالعه نشان داده است که اثر متقابل EPU و مصرف انرژی منفی است (Adams *et al.*, 2020). یافته‌های مطالعه Adams و Atsu (۲۰۲۱)، حاکی از آن است که مصرف سوخت فسیلی و عدم اطمینان اقتصادی به افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای بریکس شامل برزیل، روسیه، هند، چین و آفریقای جنوبی در کوتاه‌مدت و بلندمدت منتهی شده است. در حالی که مصرف انرژی تجدیدپذیر، کیفیت بوروکراسی و توسعه مالی از عوامل مؤثر در بهبود کیفیت محیط زیست در کوتاه‌مدت و بلندمدت بوده است (Atsu and Adams, 2021). Dogan و Amin (۲۰۲۱)، با استفاده از برآوردگر الگوی خودرگرسیو با وقفه‌های توزیعی پویا نشان دادند که افزایش EPU به افزایش انتشار CO₂ در کشور چین منتهی شده است (Amin and Dogan, 2021). Adedoyin و همکاران (۲۰۲۱)، با استفاده از روش GMM در گروهی از کشورهای زیرصحرای آفریقا نشان دادند که ارتباطی مثبت بین EPU و انتشار CO₂ وجود دارد. آن‌ها همچنین نشان داده‌اند که اثر تعدیل‌کنندگی EPU بر مصرف انرژی تجدیدپذیر و انرژی‌های تجدیدناپذیر منجر به کاهش سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای در منطقه می‌شود (Adedoyin *et al.*, 2021). Anser و همکاران (۲۰۲۱a) با بکارگیری برآوردگر میانگین گروهی تعمیم‌یافته و حداقل مربعات معمولی پویا در کشورهای نوظهور نشان داده‌اند که عدم قطعیت سیاست اقتصادی و مصرف انرژی تجدیدناپذیر به بدتر شدن شاخص ردپای اکولوژیک به‌عنوان شاخصی برای تخریب محیط زیستی منتهی شده است در حالی که ریسک ژئوپلیتیک و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیری منفی بر شاخص ردپای اکولوژیک داشته است (Anser *et al.*, 2021a). Anser و همکاران (۲۰۲۱b) به بررسی رابطه بین انتشار کربن و EPU با استفاده از روش PMG-ARDL در نمونه‌ای شامل ۱۰ کشور با بیشترین میزان انتشار کربن

برق و توزیع حمل و نقل به‌جز بخش تجاری وجود دارد. به عبارت دیگر، EPU به افزایش انتشار CO₂ در شرایطی که انتشار کربن در دوره‌های رشد بالاتر یا پایین‌تر رخ داده، منتهی شده است. Adedoyin و Zakari (۲۰۲۰) در پژوهشی با بکارگیری الگوی خودرگرسیو با وقفه‌های توزیعی برای اقتصاد بریتانیا نشان داده‌اند که عدم اطمینان سیاستی به کاهش CO₂ در کوتاه‌مدت منتهی شده در حالی که در بلندمدت انتشار CO₂ را تشدید کرده است. آن‌ها همچنین نشان داده‌اند که علیت یک طرفه از مصرف انرژی به انتشار CO₂، انتشار CO₂ به عدم اطمینان سیاست اقتصادی و همچنین از مصرف انرژی به عدم اطمینان سیاست اقتصادی وجود دارد (Adedoyin and Zakari, 2020). Danish و همکاران (۲۰۲۰)، به بررسی نقش عدم قطعیت سیاست اقتصادی بر رابطه بین شدت انرژی و انتشار کربن در اقتصاد آمریکا پرداخته‌اند. آن‌ها نشان داده‌اند که عدم قطعیت سیاست اقتصادی به افزایش مصرف انرژی و در نتیجه افزایش آلودگی در آمریکا منتهی شده است. همچنین عدم قطعیت سیاست اقتصادی، اثرات شدت انرژی بر آلودگی را تقویت کرده است (Danish *et al.*, 2020). Pirgaip و Dinçergok (۲۰۲۰)، با بکارگیری روش علیت گرنجری پانل بوت استرپ نشان داده‌اند که رابطه علیت یک‌طرفه از EPU به مصرف انرژی در ژاپن وجود دارد. به علاوه، رابطه علیت یک‌طرفه از EPU به مصرف انرژی و انتشار آلودگی در آمریکا، کانادا و آلمان تایید شده است. همچنین، نتایج این مطالعه حاکی از آن است که رابطه علیت دو طرفه بین EPU و مصرف انرژی برای ایتالیا وجود دارد (Pirgaip and Dinçergok, 2020). Adams و همکاران (۲۰۲۰)، در مطالعه‌ای با استفاده از برآوردگر الگوی خودرگرسیو با وقفه‌های توزیعی میانگین گروهی ادغام شده^۸ (PMG-ARDL) در نمونه‌ای از کشورهایی با ریسک ژئوپلیتیکی بالا نشان داده‌اند که رابطه معنی‌دار و مثبت بین انتشار

^۸Panel Pooled Mean Group Autoregressive Distributed Lag Model (PMG-ARDL)

همچنین هدف دوم این مطالعه این است اثر تعدیل‌کنندگی EPU از طریق مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و غیر قابل تجدید بر انتشار CO₂ را مورد بررسی قرار دهد. بررسی مطالعات انجام شده در این حوزه نشان داد که این رابطه در کشورهای در حال توسعه تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. برای برآورد الگوی این مطالعه رهیافت گشتاور تعمیم یافته (GMM) جهت حل مسأله درون‌زایی بکار گرفته شده است. ساختار پژوهش به این صورت است که ابتدا، به بررسی ساختار الگو و داده‌های مورد استفاده پرداخته می‌شود سپس نتایج برآوردها ارائه و در نهایت نتیجه‌گیری آورده شده است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه به تبعیت از Adedoyin و همکاران (۲۰۲۱) برای بررسی تأثیر عدم قطعیت سیاست اقتصادی بر انتشار دی‌اکسیدکربن یک الگوی اثرات تصادفی از طریق رگرسیون بر جمعیت، وفور منابع و تکنولوژی (STIRPAT)^{۱۰} که توسط Dtiez و Rosa (۱۹۷۹) مطرح شده، بکار گرفته می‌شود. این الگو عبارت است از:

رابطه ۱

$$I = \alpha_{it} P_{it}^{\beta_1} A_{it}^{\beta_2} T_{it}^{\beta_3} \varepsilon_{it},$$

که به ترتیب I نشان‌دهنده اثرات محیط زیستی ناشی از فعالیت‌های انسانی، P بیانگر جمعیت، A و T نیز به ترتیب نشان‌دهنده وفور ثروت و تکنولوژی برای کشور i در زمان t می‌باشد. همچنین ε نیز نشان‌دهنده جزء تصادفی است. فرم لگاریتمی معادله (۱) عبارت است از:

رابطه ۲

$$\ln I_{it} = \ln \alpha_{it} + \beta_1 \ln P_{it} + \beta_2 \ln A_{it} + \beta_3 \ln T_{it} + \ln \varepsilon_{it}$$

در رابطه (۲) در بین مطالعات متفاوت، تولید ناخالص داخلی برای انعکاس تأثیر ثروت و دارایی بر توسعه اقتصادی و مراحل مختلف تولید مؤثر بر انتشار آلودگی محیط زیست در نظر گرفته می‌شود. همچنین مصرف انرژی شاخصی برای

پرداختند. آن‌ها بیان داشتند که عدم قطعیت سیاست اقتصادی به کاهش انتشار کربن در کوتاه‌مدت منتهی شده است، اگرچه که در بلندمدت تأثیر مثبتی را به دنبال داشته است (Wang و همکاران (Anser et al., 2021b), ۲۰۲۲) با بکارگیری مدل GMM برای نمونه‌ای شامل ۱۳۷ کشور نشان داده که EPU به انتشار کربن بالاتری منتهی شده است (Wang et al., 2022).

در ارتباط با پژوهش‌های داخلی انجام شده تاکنون می‌توان گفت که عمده مطالعات بر نقش درآمد سرانه، مصرف انرژی، نرخ شهرنشینی، تجارت خارجی، شدت انرژی، شاخص توسعه مالی و شاخص صنعتی شدن بر انتشار دی‌اکسیدکربن پرداخته‌اند که از این جمله می‌توان به Molaei و همکاران (۲۰۱۰)، Behbudi و همکاران (۲۰۱۰)، Fotros و همکاران (۲۰۱۰)، Torabi و همکاران (۲۰۱۵)، Varahrami و همکاران (۲۰۱۶)، Bahrami و همکاران (۲۰۱۹)، Layani و همکاران (۲۰۲۰)، Sharifi و همکاران (۲۰۲۰)، Karimi و Hasanvand (۲۰۲۰) و Dehghan Shabani و همکاران (۲۰۲۲) اشاره کرد. نتایج این مطالعات بیانگر این است که نرخ شهرنشینی و مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن تأثیر منفی دارد. در مقابل در رابطه با تأثیر تجارت خارجی و درآمد سرانه هر دو تأثیر مثبت و منفی حاصل شده است. هیچ کدام از این مطالعات بر چگونگی اثرگذاری عدم قطعیت سیاست اقتصادی و همچنین نقش تعدیل‌کنندگی EPU از طریق مصرف انرژی بر کیفیت محیط زیست نپرداخته‌اند.

بر این اساس، این پژوهش به دنبال آن است که تأثیر EPU بر انتشار دی‌اکسیدکربن را در مجموعه‌ای از کشورهای در حال توسعه که بیشترین آلودگی محیط زیستی را ایجاد می‌کنند، بررسی کند. برای اندازه‌گیری EPU، شاخص عدم اطمینان جهانی^۹ (WUI) توسعه داده شده توسط Ahir و همکاران (۲۰۱۹)، بکار گرفته شده است.

¹⁰Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology (STIRPAT)

⁹World Uncertainty Index (WUI)

به ترتیب نشان دهنده اثرات متقابل لگاریتم مصرف انرژی تجدیدناپذیر و لگاریتم مصرف انرژی تجدیدپذیر با شاخص WUI می باشد که جهت بررسی اثرات تعدیل کننده WUI از طریق مصارف انرژی بر انتشار آلودگی در نظر گرفته شده است. همچنین $LnIND$ و $LnTRADE$ به ترتیب بیانگر شاخص لگاریتم باز بودن تجاری و لگاریتم شاخص صنعتی شدن است که به عنوان متغیر کنترل در معادله (۱) اضافه شده است. در این مطالعه برای اندازه گیری شاخص صنعتی شدن از نسبت ارزش افزوده بخش صنعت به کل تولید ناخالص داخلی استفاده شده است.

نمونه مورد بررسی در این مطالعه شامل ۱۸ کشور در حال توسعه با بیشترین میزان انتشار CO2 در طول دوره ۲۰۲۰-۲۰۰۴ می باشد. این کشورها شامل آرژانتین، اندونزی، ایران، برزیل، ترکیه، تایلند، چین، روسیه، رومانی، شیلی، عربستان، کلمبیا، کره جنوبی، مالزی، مکزیک، مصر، هند و یونان می باشند. داده های توضیح داده شده در این بخش برای نمونه مورد بررسی از شاخص های توسعه بانک جهانی (WDI)، داده های سالانه شرکت نفت و گاز بریتانیایی (BP)^{۱۱}، اطلس جهانی کرین^{۱۲} و داده های ریسک جهانی توسعه داده شده توسط Ahir و همکاران (۲۰۱۹) گردآوری شده است. همچنین تمام داده ها به جز شاخص عدم اطمینان جهانی به صورت لگاریتمی می باشند. برای برآورد مدل و انجام آزمون های لازم از نرم افزار استاتا نسخه ۱۵ و گاوس نسخه ۱۰ استفاده شده است.

نتایج و بحث

در این پژوهش در ابتدا استقلال مقطعی متغیرها مورد بررسی قرار گرفته است. جهت دستیابی به این هدف، آزمون وابستگی مقطعی Pesaran (۲۰۰۴) استفاده و نتایج این آزمون در جدول (۱) گزارش شده است. بر اساس نتایج حاصل، فرض صفر آزمون پسران تأیید نمی شود و وابستگی مقطعی در متغیرهای ذکر شده وجود دارد. در این بخش

بررسی سطح تکنولوژی در مدل فرض می شود. بر اساس رابطه (۲)، معادله مورد برآورد در این مطالعه به صورت معادله (۳) نمایش داده شده است:

رابطه ۳

$$\begin{aligned} LnGHG_{it} = & \beta_0 + \beta_1 LnGHG_{it-1} + \\ & \beta_2 LnPOP_{it} + \beta_3 LnGDP_{it} + \beta_4 WUI_{it} + \\ & \beta_5 LnNREN_{it} + \beta_6 LnREN_{it} + \\ & \beta_7 LnNRENWUI_{it} + \beta_7 LnRENWUI_{it} + \\ & \beta_8 LnTRADE_{it} + \beta_9 LnIND_{it} + U_{it}, \end{aligned}$$

در معادله (۳)، Ln نشان دهنده لگاریتم طبیعی می باشد. به علاوه، GHG ، POP و GDP به ترتیب نشان دهنده انتشار دی اکسید کربن، جمعیت و تولید ناخالص داخلی می باشد. لازم به ذکر است که تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت ۲۰۱۵ است. به تبعیت از Anser و همکاران (b) (۲۰۲۱)، مصرف انرژی تجدیدناپذیر ($NREN$) و مصرف انرژی تجدیدپذیر (REN) نیز به عنوان شاخصی برای بررسی سطح تکنولوژی در مدل لحاظ می شود.

در این مطالعه همانند Adams و همکاران (۲۰۲۰)، Adedoyin و همکاران (۲۰۲۱) و Anser و همکاران (۲۰۲۱b)، برای اندازه گیری عدم قطعیت سیاست اقتصادی از شاخص عدم اطمینان جهانی (WUI) پیشنهاد شده توسط Ahir و همکاران (۲۰۱۹) استفاده شده است. این شاخص برای ۱۴۳ کشور تنظیم گردیده است. در اکثر مطالعات در این حوزه، شاخصی که توسط Baker و همکاران (۲۰۱۶) برای EPU توسعه داده شده بکار گرفته شده است. یکی از تفاوت های قابل توجه این دو شاخص این است که شاخص Baker و همکاران (۲۰۱۶) تنها عدم اطمینان ناشی از سیاست های پولی، مالی و تجاری را پوشش می دهد. در حالی که شاخص WUI علاوه بر موارد ذکر شده عدم اطمینان ناشی از وقایع سیاسی را نیز در بر می گیرد (Ahir et al., 2019). بنابراین در این مطالعه از شاخص WUI برای اندازه گیری EPU استفاده شده است.

به علاوه $LnRENWUI$ و $LnNRENWUI$

¹²Global Carbon Atlas

¹¹British Petroleum Company

جدول ۱- نتایج آزمون وابستگی مقطعی برای متغیرهای مورد استفاده با استفاده از آزمون Pesaran

متغیره	آماره آزمون	P	متغیرها	آماره آزمون	P
LnGHG	۲۱/۱۶	۰/۰۰۰	LnREN	۴۴/۶۷	۰/۰۰۰
LnGDP	۳۷/۳۱	۰/۰۰۰	LnNREN	۲۶/۲۷	۰/۰۰۰
LnPOP	۲۹/۱۰	۰/۰۰۰	Ln TRADE	۹/۳۸	۰/۰۰۰
WUI	۴/۲۲	۰/۰۰۰	Ln IND	۲۲/۸۵	۰/۰۰۰

جدول ۲- نتایج بررسی مانایی متغیرها با استفاده از آزمون Rao و Hadri

متغیرها	HR stat.	مقادیر بحرانی		
		ده درصد	پنج درصد	یک درصد
LnGHG	۰/۲۹۱***	۳/۷۲	۴/۳۷	۵/۸۷
LnGDP	۰/۵۱۸***	۱۰/۸۴	۱۴/۳۰	۲۲/۶۳
LnPOP	۰/۳۸۴***	۳/۷	۴/۳۸	۵/۹۶
WUI	۰/۵۷۹***	۹/۶۱	۱۲/۰۵	۱۷/۶
LnREN	۰/۳***	۷/۱۲	۹/۰۵	۱۳/۹۹
LnNREN	۰/۷۶۵***	۱۱/۹۴	۱۵/۴۷	۲۳/۷۷
Ln TRADE	۰/۳۱۴***	۵/۰۸	۶/۳۵	۹/۳۹
Ln IND	۰/۳۹۴***	۶/۸۶	۸/۶۵	۱۲/۸

منبع: محاسبات تحقیق

* نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد

** نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد

*** نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱ درصد

DH با آزمون علیت Granger (۱۹۶۹) این است که ضرایب در بین مقاطع، متفاوت در نظر گرفته می‌شود. به علاوه بر خلاف آزمون علیت گرنجری، در فرضیه آلترناتیو این آزمون فرض بر این است که رفتار مقاطع یکسان نباشد و نتوان نتیجه حاصل از برآورد ضرایب الگوی پانل را به رفتار هر یک از مقاطع تعمیم داد (Lopez and Weber, 2017). نتایج این آزمون نشان‌دهنده این است که رابطه علیت دو طرفه بین (۱) لگاریتم تولید ناخالص داخلی و لگاریتم انتشار دی‌اکسیدکربن (۲) لگاریتم جمعیت و لگاریتم انتشار دی‌اکسید کربن (۳) شاخص عدم امنیت سیاست اقتصادی و لگاریتم انتشار دی‌اکسیدکربن (۴) لگاریتم مصرف انرژی تجدیدناپذیر و لگاریتم انتشار دی‌اکسیدکربن (۵) لگاریتم شاخص تجارت خارجی و لگاریتم انتشار دی‌اکسیدکربن و (۶) لگاریتم شاخص صنعتی شدن و لگاریتم انتشار دی‌اکسید

به دلیل احتمال وجود شکست ساختاری و وابستگی مقطعی، برای بررسی ایستایی متغیرهای مورد مطالعه در مدل آزمون مانایی Rao و Hadri (۲۰۰۸) بکار گرفته شده است. در این آزمون فرضیه صفر مربوط به ایستایی متغیرهای مورد آزمون می‌باشد. طبق نتایج حاصل از این آزمون که در جدول ۲ گزارش شده، همه متغیرها در سطح ایستا می‌باشند.

یکی از چالش‌های مهم در رابطه با عوامل اثرگذار بر انتشار دی‌اکسیدکربن، درون‌زا بودن متغیرهای توضیحی به‌ویژه متغیرهای انرژی و EPU می‌باشد که بدون حل کردن آن برآورد مدل با تورش خواهد بود. بنابراین قبل از برآورد مدل، علیت معکوس بین متغیرها مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای دستیابی به این هدف آزمون علیت Dumitrescu و Hurlin (۲۰۱۲) بکار گرفته شده که نتایج آن در جدول ۳ آمده است. یکی از تفاوت‌های آزمون

کربن وجود دارد^{۱۳}.

در این مطالعه بر اساس نتایج حاصل از بررسی علیت، برای برآورد معادله (۳)، GMM سیستمی که توسط Arellano و Bover (۱۹۹۵) و Bond و Blundell (۱۹۹۸) توسعه داده شده بکار گرفته شده است. زیرا که روشی مفید برای حل مشکل درون‌زایی ناشی از علیت معکوس بین متغیر انتشار دی‌اکسیدکربن (متغیر مستقل) و متغیرهای توضیحی می‌باشد. به‌علاوه در این مطالعه بر روش برآورد GMM سیستمی دو مرحله‌ای متمرکز شده‌ایم. زیرا که نسبت به GMM سیستمی یک مرحله‌ای به احتمال کمتری تحت تأثیر واریانس ناهمسانی می‌باشد. نتایج حاصل از برآورد مدل GMM سیستمی در جدول ۴ گزارش شده است.

برای ایجاد اطمینان در خصوص صحت روش GMM برای برآورد الگو از دو آزمون Sargan و همبستگی مرتبه اول و مرتبه دوم استفاده شده است. آزمون سارگان اعتبار و صحت متغیرهای ابزاری را آزمایش می‌کند. فرضیه صفر این آزمون بیانگر اعتبار ابزارها و یا عدم همبستگی جزء اخلاص با متغیرهای ابزاری است. نتایج آزمون سارگان در جدول ۴ گزارش شده است که نتایج حاصل به‌صورت عدم رد فرضیه صفر می‌باشد. همچنین نتایج آزمون خودهمبستگی گویای آن است که فرضیه صفر خودهمبستگی برای AR_1 تأیید نشده و فرض صفر عدم وجود همبستگی سریالی مرتبه دوم برای تمام رگرسیون‌ها تأیید شده است، و بنابراین نتایج برآورد معتبر می‌باشد. به‌علاوه، جهت اطمینان از وجود وابستگی مقطعی بین جملات خطا، آزمون وابستگی مقطعی^{۱۴} Pesaran (CD) (۲۰۱۵) بکار گرفته شده است. نتایج این آزمون نیز در جدول ۴ گزارش شده است. نتایج حاصل از این آزمون نشان‌دهنده تأیید فرض صفر (وابستگی ضعیف مقطعی^{۱۵}) در مقابل وابستگی قوی مقطعی^{۱۶} این

آزمون است. به‌عبارت‌دیگر وابستگی بین مقاطع متفاوت به‌صورت ضعیف وجود دارد.

بر اساس یافته‌های حاصل از برآورد، متغیر وقفه انتشار دی‌اکسیدکربن دارای تأثیر مثبت و معنی‌دار بر میزان آلودگی در دوره جاری می‌باشد. بنابراین انتشار دی‌اکسیدکربن می‌تواند بر دوره‌های بعدی نیز اثرگذار باشد. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد که تولید ناخالص داخلی و جمعیت تأثیر معناداری بر انتشار دی‌اکسیدکربن نداشته است.

متغیر کلیدی در این مطالعه شاخص WUI است. یافته‌های این مطالعه تأثیر مثبت عدم اطمینان سیاست اقتصادی بر انتشار دی‌اکسیدکربن را در نمونه مورد مطالعه نشان می‌دهد. این نتیجه با نتایج مطالعات Adams و همکاران (۲۰۲۰)، Adedoyin و همکاران (۲۰۲۱)، Atsu و همکاران (۲۰۲۱)، Amin و Dogan (۲۰۲۱)، Wang و همکاران (۲۰۲۱) و Anser و همکاران (۲۰۲۱a) مطابقت دارد. دلیل این مسأله این است که با افزایش WUI، توجه سیاست‌گذاران بیشتر به چگونگی حفظ رشد اقتصادی از طریق تحریک فعالیت‌های اقتصادی معطوف می‌شود و در نتیجه اهمیت حفاظت از محیط زیست در طول اجرای این سیاست‌ها کاهش می‌یابد. علاوه بر این، با افزایش EPU، فعالیت تحقیق و توسعه در انرژی‌های پاک و فناوری‌های ذخیره انرژی تا حدی کاهش می‌یابد و بنگاه‌ها ترجیح می‌دهند از سوخت‌های فسیلی ارزان استفاده کنند (Ulucak and Khan, 2020) که به انتشار آلودگی بیشتر منتهی می‌شود.

نتایج جدول ۴ حاکی از آن است که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر مطابق انتظار به کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن منتهی شده است. به‌طوری که هر یک درصد افزایش در مصرف انرژی تجدیدپذیر موجب کاهش انتشار دی‌اکسید کربن به اندازه ۰/۰۲۶ درصد در نمونه مورد بررسی شده

^{۱۳} از آنجا که داده‌های مربوط به مصرف انرژی تجدیدپذیر نامتوازن می‌باشد، لذا انجام آزمون علیت Hurlin و Dumitrescu (۲۰۱۲) برای این متغیر امکان‌پذیر نبود.

^{۱۴}Cross-section dependence (CD)

^{۱۵}Weak cross-section dependence

^{۱۶}Strong error cross-section dependence

جدول ۳- نتایج آزمون Hurlin و Dumitrescu

جهت علیت	Z-Stat	P	فرضیهٔ صفر
LnGDP ↔ lnGHG	۶/۸	۰/۰۰۰	LnGDP ≠> lnGHG
	۲/۰۶	۰/۰۳	LnGHG ≠> ln GDP
LnPOP ↔ lnGHG	۸/۴	۰/۰۰۰	LnPOP ≠> lnGHG
	۲۱/۱۲	۰/۰۰۰	LnGHG ≠> ln POP
WUI ↔ lnGHG	۲/۸۸	۰/۰۰۴	WUI ≠> lnGHG
	۳/۳۱	۰/۰۰۹	LnGHG ≠> WUI
LnNREN ↔ lnGHG	۴/۸۹	۰/۰۰۰	LnNREN ≠> lnGHG
	۳/۷۹	۰/۰۰۰۱	LnGHG ≠> ln NREN
LnTRADE ↔ lnGHG	۴/۵۶	۰/۰۰۰	LnTRADE ≠> lnGHG
	۷/۷	۰/۰۰۰	LnGHG ≠> ln TRADE
LnIND ↔ lnGHG	۹/۲۴	۰/۰۰۰	LnIND ≠> lnGHG
	۷/۱۴	۰/۰۰۰	LnGHG ≠> ln IND

جدول ۴- نتایج برآورد GMM سیستمی

ضریب	متغیرها
-۲۱/۳۴***	Consant
۰/۳۱***	LnGHG(-1)
۰/۰۵	LnGDP
۰/۰۵۶**	LnPOP
۱۷/۱۴***	WUI
-۰/۰۲۶*	LnREN
۰/۹۸***	LnNREN
-۰/۶۷***	LnNRENWUI
۰/۰۰۶۴	LnRENWUI
-۰/۱**	Ln TRADE
۰/۱۹*	Ln IND
۷/۴	Sargan
(۰/۶۸۷)	(P-value)
-۱/۷۷	AR ₁ test
(۰/۰۷۷)	(P-value)
-۰/۳۶	AR ₂ test
(۰/۷۱۹)	(P-value)
۱/۵۸	CD
(۰/۱۱)	(P-value)

منبع: محاسبات تحقیق. (* نشان‌دهندهٔ معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد؛ ** نشان‌دهندهٔ معنی‌داری در سطح ۵ درصد؛ *** نشان‌دهندهٔ معنی‌داری در سطح ۱ درصد)

مطالعات Anser و همکاران (۲۰۲۱a) و Adedoyin و همکاران (۲۰۲۱) سازگار می‌باشد. همچنین Atsu و Adams (۲۰۲۱) نشان داده‌اند که افزایش مصرف انرژی تجدیدپذیر به کاهش انتشار آلودگی و افزایش مصرف انرژی

است. به‌علاوه، مطابق انتظار مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر موجب افزایش آلودگی شده است. به‌طوری که یک درصد افزایش در این نوع انرژی‌ها به افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن به اندازه ۰/۹۸ درصد منتهی شده است. این نتایج با یافته‌های

سیاست‌های اقتصادی (EPU) را تجربه کرده است. این عامل نه تنها شاخص‌های اقتصادی-اجتماعی را تحت تأثیر قرار داده، بلکه بر کیفیت محیط زیست نیز مؤثر می‌باشد. بر این اساس، هدف این مطالعه بررسی تأثیر EPU و مصرف انرژی بر انتشار CO₂ در کشورهای در حال توسعه با بیشترین میزان انتشار آلاینده می‌باشد. برای دستیابی به این هدف، برآوردگر GMM بکار گرفته شده است. همچنین با استفاده از آزمون علیت DH رابطه علی بین متغیرها مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از آزمون علیت گویای علیت دو طرف بین انتشار CO₂ و سایر متغیرهای مستقل مورد مطالعه در مدل تأیید شده است. نتایج برآورد مدل ۱ با استفاده از برآوردگر GMM حاکی از آن است که مصرف انرژی تجدیدناپذیر به تخریب محیط زیست منتهی شده است. در حالی که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر موجب کاهش انتشار CO₂ در نمونه کشورهای مورد مطالعه شده است. نتایج حاصل از نحوه اثرگذاری مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر کیفیت محیط زیست به برنامه انرژی‌های تجدیدپذیر برای کاهش آلودگی محیط زیست اعتبار می‌دهد. تأثیر مثبت انرژی‌های تجدیدپذیر بر کیفیت محیط زیست نشان می‌دهد که تمرکز بر نوآوری برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر برای کشورهای در حال توسعه با بیشترین میزان آلاینده در بهبود بهره‌وری انرژی حیاتی است. برای تعمیق مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر، این باید با سیاست‌های نهادی حمایتی و مشوق‌های مالی برای انواع مختلف فناوری‌های تجدیدپذیر تکمیل شود. در این راستا، آژانس انرژی‌های تجدیدپذیر بین‌المللی^{۱۷} (۲۰۱۹) نشان می‌دهد که انرژی‌های تجدیدپذیر راهی ایمن، قابل اعتماد و مقرون به صرفه برای دستیابی به کربن‌زدایی عظیم ارائه می‌دهد. این با توصیه هیئت بین دولتی تغییرات اقلیم^{۱۸} (۲۰۱۸) مطابقت دارد که بخش انرژی بیش از ۶۰ درصد از انتشار دی‌اکسید کربن را تشکیل می‌دهد و بنابراین تغییر

تجدیدناپذیر به افزایش انتشار آلودگی در کوتاه‌مدت و بلندمدت منتهی شده است. به‌علاوه نتایج این مطالعه بیانگر این است که اثرات متقابل عدم اطمینان سیاستی و مصرف انرژی تجدیدناپذیر منفی می‌باشد. این نتیجه حاکی از آن است که با افزایش EPU بنگاه‌ها تصمیمات سرمایه‌گذاری خود را بازنگری و به تعویق می‌اندازند. به طوری که با مشخص شدن این مسأله، واحدهای اقتصادی در تصمیمات سرمایه‌گذاری، مصرفی و پس‌انداز خود تردید می‌کنند که می‌تواند به کاهش مصرف انرژی تجدیدناپذیر منتهی شود. بنابراین بخشی از اثرات اولیه EPU بر کیفیت محیط زیست از این طریق کاهش می‌یابد. این نتیجه با نتیجه مطالعه Adedoyin (۲۰۲۱) سازگار می‌باشد. اثرات متقابل عدم اطمینان سیاستی و مصرف انرژی تجدیدپذیر مثبت و به لحاظ آماری غیر معنی‌دار می‌باشد.

بر اساس یافته‌های حاصل از برآورد، تجارت آزاد باعث کاهش سرانه انتشار دی‌اکسید کربن شده است. به عبارت دیگر یک درصد افزایش در شاخص باز بودن تجاری به کاهش انتشار CO₂ به اندازه ۰/۱ درصد منتهی شده است. این نتیجه توسط Jayanthakumaran و همکاران (۲۰۱۲)؛ Shahbaz و همکاران (۲۰۱۳) و Le و همکاران (۲۰۲۰) تأیید شده است. همچنین نتایج این مطالعه بیانگر این است که شاخص صنعتی شدن تأثیری مثبت و معنی‌دار بر انتشار CO₂ دارد. این نتیجه پیشنهاد می‌کند تعدیل ساختار صنعتی به صورت مؤثری می‌تواند به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن منجر شود، زیرا که ساختار صنعتی ویژگی‌های ساختار مصرف انرژی را نشان می‌دهد. این نتیجه مطابق با یافته‌های مطالعه Le و همکاران (۲۰۲۰) است.

نتیجه‌گیری

در چند دهه اخیر، جهان دوره‌هایی از عدم قطعیت بالای

¹⁸Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

¹⁷The International Renewable Energy Agency (IRENA)

این گروه کشورها باید اقداماتی را برای کاهش EPU انجام دهند. زیرا EPU مسئول تخریب محیط زیست است. در این راستا لازم است که سیاست‌های اقتصادی روشن و شفاف باشد و مقامات دولتی در تلاش برای کاهش هرگونه عدم اطمینان از طریق اجلاس‌ها و معاهدات بین‌المللی باشند. سازمان‌های بین‌المللی مانند سازمان ملل متحد، سازمان تجارت جهانی و بانک جهانی باید برنامه‌هایی را برای کاهش عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی اجرا کنند.

References

- Adams, S., Adedoyin, F., Olaniran, E., Bekun, F.V., 2020. Energy consumption, economic policy uncertainty and carbon emissions; causality evidence from resource rich economies. *Economic Analysis and Policy* 68,179-190.
- Adedoyin, F.F., Bekun, F.V., 2020. Modelling the interaction between tourism, energy consumption, pollutant emissions and urbanization: Renewed evidence from panel VAR. *Environmental Science and Pollution Research* 27(31), 38881-38900.
- Adedoyin, F.F., Zakari, A., 2020. Energy consumption, economic expansion, and CO2 emission in the UK: The role of economic policy uncertainty. *Science of the Total Environment* 738, 140014
- Adedoyin1, F. F., Satrovic, E., Kehinde, M.N., 2021. The anthropogenic consequences of energy consumption in the presence of uncertainties and complexities: Evidence from World Bank income clusters. *Environmental Science and Pollution Research* 29, 23264-23279.
- Ahir, H., Bloom, N., Furceri, D., 2018. The world uncertainty index, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3275033> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3275033>
- Alam, M. S. Apergis, N., Paramati, S.R., Fang, J., 2021. The impacts of R&D investment and stock markets on clean-energy consumption and CO2 emissions in OECD economies. *International Journal of Finance & Economics* 26(4), 4979-4992.
- Amin, A., Dogan, E., 2021. The role of economic policy uncertainty in the energy-environment nexus for China: Evidence from the novel dynamic simulations method. *Journal of Environmental*

فوری سیستم انرژی جهان با جذب گسترده انرژی‌های تجدیدپذیر در تغییرات اقلیم بسیار مهم خواهد بود. نتایج حاصل از برآورد، گویای آن است که سطح بالای EPU به تخریب کیفیت محیط زیست منتهی شده است. اگرچه که تأثیر غیرمستقیم EPU از طریق مصرف انرژی تجدیدناپذیر منفی و به لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد. توجه به این نکته ضروری است که تأثیر مستقیم EPU از تأثیر غیرمستقیم آن بزرگتر می‌باشد. بنابراین سیاست‌گذاران در

- Management 292, 112865
- Anser, M. K., Syed, Q. R., Lean, L. L., Alola, A.A., Ahmad, M., 2021a. Do economic policy uncertainty and geopolitical risk lead to environmental degradation? Evidence from emerging economies. *Sustainability MDPI* 13(11), 1-15.
- Anser, M. K., Apergis, N., Syed, Q. R. 2021b. Impact of economic policy uncertainty on CO2 emissions: Evidence from top ten carbon emitter countries. *Environmental Science and Pollution Research* 28, 29369-29378.
- Anwar, A., Younis, M., Ullah, I., 2020. Impact of urbanization and economic growth on CO2 emission: A case of far east Asian countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(7), 2531.
- Apergis, N., Ozturk, I., 2015. Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries. *Ecological Indicators* 52, 16-22
- Apergis, N., Payne, J.E., 2010. The emissions, energy consumption, and growth nexus: Evidence from the commonwealth of independent states. *Energy Policy* 38(1), 650-655.
- Arellano, M., Bond, S., 1991. Some tests of specification for panel data: Mont Carlo application to employment equation. *The Review of Economic Studies* 58(2), 277-297.
- Arouri, M., Estay, C., Rault, C., Roubaud, D., 2016. Economic policy uncertainty and stock markets: Long-run evidence from the US. *Finance Research Letter* 18, 136-141.
- Aslan, A., Destek, M. A., Okumus, I., 2018.

- Bootstrap rolling window estimation approach to analysis of the Environment Kuznets Curve hypothesis: Evidence from the USA. *Environmental Science and Pollution Research* 25(3), 2402-2408.
- Atsu, F., Adams, S., 2021. Energy consumption, finance, and climate change: Does policy uncertainty matter?. *Economic Analysis and Policy* 70, 490-501.
- Bahrami, E., Behbudi, D., Salmani Bishak, M. R., Shokri, M., 2019. The impact of financial development and trade liberalization on CO2 emission in Iran. *The Macro and Strategic Policies* 7(1), 124-140 (In Persian).
- Baloch, M.A., Mahmood, N., Zhang, J.W., 2019. Effect of natural resources, renewable energy and economic development on CO2 emissions in BRICS countries. *Science of the Total Environment* 678, 632-638.
- Begum, R.A., Sohag, K., Abdullah, S.M.S., Jaafar, M., 2015. CO2 emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41, 594-601.
- Behbudi, D., Fallahi, F., Barghi, E., 2010. The economic and social factors effecting on CO2 emission in Iran. *Journal of Economic Research* 45(1), 1-17. (In Persian)
- Canh, N.P., Binh, N.T., Thanh, S. D., Schinckus, C., 2020. Determinants of foreign direct investment inflows: The role of economic policy uncertainty. *International Economics* 161, 159-172.
- Chen, Y., Shen, X., Wang, L., 2021. The heterogeneity research of the impact of EPU on environmental pollution: Empirical evidence based on 15 countries. *Sustainability* 13, 4166
- Danish, Baloch, M. A., Mahmood, N., Zhang, J. W., 2019. Effect of natural resources, renewable energy and economic development on CO2 emissions in BRICS countries. *The Science of the Total Environment*, 678, 632-638
- Danish, Ulucak, R., 2020. Linking biomass energy and CO2 emissions in China using dynamic autoregressive-distributed lag simulations. *Journal of Cleaner Production* 250, 119533.
- Danish, Ulucak, R., Khan, S.U.D., 2020. Relationship between energy intensity and CO2 emissions: Does economic policy matter? *Sustainable Development* 28(5), 1457-1464.
- Dehghan Shabani, Z., Jamshidi, N., Zehtab, M., 2022. The effect of development on the impact of human capital on CO2 emission in selected Asian countries. *Agricultural Economics* 15(4). (In Persian)
- Dietz, T., Rosa, E. A., 1997. Environmental impacts of population and consumption. *Environmentally Significant Consumption* 94, 175-179.
- Ding, Q., Khattak, S.I., Ahmad, M., 2020. Towards sustainable production and consumption: Assessing the impact of energy productivity and eco-innovation on consumption-based carbon dioxide emissions (CCO2) in G-7 nations. *Sustainable Production and Consumption* 27, 254-268.
- Dogan, E., Ozturk, I., 2017. The influence of renewable and non-renewable energy consumption and real income on CO2 emissions in the USA: Evidence from structural break tests. *Environmental Science and Pollution Research* 24(11), 10846-10854
- Dogan, E., Seker, F., 2016. The influence of real output, renewable and non-renewable energy, trade and financial development on carbon emissions in the top renewable energy countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 60, 1074-1085
- Dumitrescu, E.I., Hurlin, C., 2012. Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling* 29, 1450-1460
- Fotros, M.H., Ferdousi, M., Mehrpeyma, H., 2010. An examination of energy intensity and urbanization effect on environmental degradation in Iran (A cointegration analysis). *Journal of Environmental studies* 37(60), 13-22. (In Persian)
- Gkisakis, V., Volakakis, N., Kosmas, E., Kabourakis, E., 2020. Developing a decision support tool for evaluating the environmental performance of olive production in terms of energy use and greenhouse gas emissions. *Sustainable Production and Consumption* 24, 156-168.
- Guidolin, M., La Ferrara, E., 2010. The

- economic effects of violent conflict: Evidence from asset market reactions. *Journal of Peace Research* 47(6), 671-684.
- Hadri, K., Rao, Y., 2008. Panel stationary test with structural breaks. *Oxford bulletin of Bulletin of Economics and Statistics* 70 (2), 245-269.
- Hashmi, R., Alam, K., 2019. Dynamic relationship among environmental regulation, innovation, CO2 emissions, population, and economic growth in OECD countries: A panel investigation. *Journal of Cleaner Production* 231, 1100-1110
- IEA, 2019. The report is available at: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>.
- IPCC, 2018. Special Report on Global Warming of 1.5 °C. IPCC, Geneva, www.ipcc.ch/sr15/.
- IRENA, 2016. Renewable energy in cities, IRENA, Abu Dhabi. www.irena.org/publications/2016/Oct/ct/Renewable-Energy-in-Cities.
- IRENA, 2019. Climate change and renewable energy: National policies and the role of communities, cities and regions (Report to the G20 Climate Sustainability Working Group (CSWG)). International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. <https://www.irena.org/publications/2019/Jun/Climate-change-and-renewable-energy>.
- Jayanthakumaran, K., Verma, R., Liu, Y., 2012. CO2 emissions, energy consumption, trade and income: A comparative analysis of China and India. *Energy Policy* 42, 450-460.
- Jiang, Y., Zhou, Z., Liu, C., 2019. Does economic policy uncertainty matter for carbon emission? Evidence from US sector level data. *Environmental Science and Pollution Research* 26, 24380-24394.
- Kang, W., Lee, K., Ratti, R.A., 2014. Economic policy uncertainty and firm level investment. *Journal of Macroeconomics* 39, 42-53.
- Layani, G., Kargar Dehbidi, N., Fathi, F., 2020. Assess the effect of population structure on carbon dioxide emissions in Iran. *Journal of Agriculture Economics Research* 12(48), 83-102.
- Le, T., Ha Chi, L., Taghizadeh-Hesary, F., 2020. Does financial inclusion impact CO2 emissions? Evidence from Asia. *Finance Research Letters* 34, 101451.
- Lopez, L., Weber, S., 2017. Testing for Granger causality in panel data. *The Stata Journal* 17 (4), 972-984.
- Mohsin, M., Abbas, Q., Zhang, J., Ikram, M., Iqbal, N., 2019. Integrated effect of energy consumption, economic development, and population growth on CO2 based environmental degradation: A case of transport sector. *Environmental Science and Pollution Research* 26(32), 32824-32835.
- Molaei, M., Kavooosi Kelashemi, M., Rafiee, H., 2010. Investigation of cointegration relationship between per capita GDP and per capita CO2 emission and existence of environmental Kuznets curve for CO2 in Iran. *Environmental Sciences* 8(1), 205-261. (In Persian)
- Narayan, P. K., Narayan, S., 2010. Carbon dioxide emissions and economic growth: Panel data evidence from developing countries. *Energy Policy* 38(1), 661-666.
- Pirgaip, B., Dinçergok, B., 2020. Economic policy uncertainty, energy consumption and carbon emissions in G7 countries: Evidence from a panel Granger causality analysis. *Environmental Science and Pollution Research* 27(24), 1-17.
- Sadorsky, P., 2009. Renewable energy consumption, CO2 emissions and oil prices in the G7 countries. *Energy Economics* 31(3), 456-462.
- Shahbaz, M., Hye, Q. M. A., Tiwari, A.K., Leitão, N.C., 2013. Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO2 emissions in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 25, 109-121.
- Sharifi Karimi, M., Hasanvand, A., 2020. Investigating the effect of training on carbon dioxide emissions in Iran by examining the environmental Kuznets curve. *Journal of Natural Environment* 73(4), 775-789. (In Persian)
- Sun, X., Chen, X., Wang, J., Li, J. (2020). Multi-scale interactions between economic policy uncertainty and oil prices in time-frequency domains, *The North American Journal of Economics and Finance* 51, 100854.
- Suwanmanee, U., Bangjang, T., Kaewchada,

- A., Jaree, A., 2020. Greenhouse gas emissions and energy assessment of modified diesohol using cashew nut shell liquid and biodiesel as additives, *Sustainable Production and Consumption* 24, 232-253.
- Syed, Q. R., Bouri, E., 2021. Impact of economic policy uncertainty on CO2 emissions in the US: Evidence from bootstrap ARDL approach. *Journal of Public Affairs* 22(3), e2613
- Tam, P. S., 2018. Global trade flows and economic policy uncertainty. *Applied Economics* 50(34-35), 3718-3734
- Torabi, T., Khajooeipour, A., Tarighi, S., Pakravan, M. R., 2015. The effect of energy consumption, economic growth and international business on greenhouse gas emission in Iran. *Quarterly Journal of Economic Modelling* 9(29), 63-84 (In Persian).
- Ulucak, R., Khan, S.U.D., 2020. Relationship between energy intensity and CO2 emissions: Does economic policy matter? *Sustainable Development* 28, 1457-1464.
- Varahrami Tahamypur, M., Haqi, Z., 2016. The relationship between the release of CO2, value added and energy consumption of the power plant and refinery sectors. *Environmental Sciences* 14(2), 37-48. (In Persian)
- Wang, Q., Xiao, K., Lu, Z., 2020. Does economic policy uncertainty affect CO2 Emissions?. *Empirical evidence from the United States. Sustainability* 12, 910.
- Zaidi, S. A. H., Hou, F., Mirza, F.M., 2018. The role of renewable and nonrenewable energy consumption in CO2 emissions: A disaggregate analysis of Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research* 25(31), 31616-31629.
- Zhang, C., Lin, Y., 2012. Panel estimation for urbanization, energy consumption and CO2 emissions: A regional analysis in China. *Energy Policy* 49, 488-498.

Impact of economic policy uncertainty on CO2 emissions: approach of the generalized method of moments (GMM)

Mahboubeh Jafari*

Department of Economics, Faculty of Economics, Management and Social Sciences, Shiraz
University, Shiraz, Iran

*Corresponding author: mh.jafari@shirazu.ac.ir

Abstract

While a great number of researches have focused on identifying the factors affecting carbon emissions, the role of economic policy uncertainty (EPU) on environmental quality has been less studied in the energy-environment literature. In this regard, the purpose of this study is to investigate how economic policy uncertainty affects CO2 emission in the group of developing countries with the highest levels of pollution. In addition, the moderating effect of economic policy uncertainty on CO2 emissions from renewable and non-renewable energy channels has been studied. The results show that there is bidirectional causality between economic policy uncertainty and CO2 emissions. Then, a panel data model by the Generalized Method of Moments (GMM) is estimated to address the endogeneity problem. We find that increase in economic policy uncertainty has led to higher CO2 emissions. Furthermore, our findings underscore that 1 percent increase in the consumption of renewable energy has led to decrease CO2 emissions by 0.026 percent. In contrast, the consumption of nonrenewable energy has led to increase in CO2 emissions by 0.98 percent. Also, the results show that increase in economic policy uncertainty has led to a reduction in non-renewable energy consumption and thus a reduction in CO2 emissions during the period 2004 to 2020.

Keywords: CO2 emission, Economic policy uncertainty, Renewable energy, Nonrenewable energy