The Impact of the Shadow Economy on Environmental Quality in Iran with an Emphasis on Energy Consumption and Economic Growth

Seyed Kamal Sadeghi*[1]

Nawal Kadhim Gatea[2]

Abstractn:

Objectives: In recent decades, achieving economic growth in most countries of the world has led to environmental problems such as global warming, deforestation, and biodiversity loss. For this reason, policymakers and researchers are seeking to achieve sustainable development and simultaneously focus on economic growth and environmental quality. Accordingly, given the global importance of environmental protection on the one hand, and the prominent role of informal economy in environmental degradation, especially in developing countries, on the other hand, this study aims to investigate the relationship between shadow economy and carbon dioxide emissions with an emphasis on the role of energy consumption and economic growth in Iran during 1980-2023 applying ARDL method.

Method: In order to test cointegration, this study uses ARDL bounds test. ARDL, introduced by Pesran and Shin (1998) and expanded by Pesran et al. (2001), is an econometric model used for analyzing long and short run relationships. This model is superior to other conventional methods for examining cointegration, because it can be used regardless of whether the variables used in the model are I(0) or I(1). Another feature of this method is that it highly efficient and can be used for small samples. Also, ARDL is used to analyze dynamic relationships with time series data in a single-equation framework.

Results: The long-term estimation results indicate that shadow economy, energy consumption, and economic growth increase carbon dioxide emissions in Iran. Also, based on the short-term estimation results, population density and industrialization also have positive and significant effects on carbon dioxide emissions. In addition, the ECM coefficient shows that about 95% of the short-term deviation is adjusted each period.

Conclusion: Based on the results, it is suggested that policymakers adopt policies to facilitate economic activities formalization, increase energy efficiency, focus on renewable energy production, and integrate economic growth policies with environmental protection policies.

Keywords: Autoregressive Distributed Lag (ARDL), CO2 Emissions, Iran Economy, Energy Consumption, Shadow Economy.

JEL classification: C32, N55, O17, O44.

---

[1] Prof. in Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran. https://orcid.org/0009-0009-1034-5321 Email: sadeghiseyedkamal@gmail.com

[2] PhD Candidate in Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran. https://orcid.org/0009-0001-7873-8078 Email: nawalkazem7976@gmail.com

Extended Abstract

Abstract: This study aims to investigate the relationship between shadow economy and CO2 emissions with an emphasis on the role of energy consumption and economic growth in Iran applying ARDL method. The results indicate that shadow economy, energy consumption, and economic growth increase CO2. Population density and industrialization also have positive effects on CO2 emissions.

Introduction: In recent decades, achieving economic growth in most countries of the world has led to environmental problems such as global warming, deforestation, and biodiversity loss. These problems indicate that having a sound economy is not possible without paying attention to sustainable development. For this reason, policymakers and researchers are seeking to achieve sustainable development and simultaneously focus on economic growth and environmental quality. Environmental degradation has various causes, but empirical evidence suggests that in addition to economic growth, factors such as urbanization, trade openness, financial development, and foreign direct investment have also significant impacts on the environment (Abbasian and Shahraki, 2022). In the meantime, the volume of informal economy can have a significant destructive impact on the environment (Eregha et al., 2023). Accordingly, in order to reduce the effects of human activities on environmental degradation, it seems necessary to pay attention to the environmental impacts of informal economic activities. Meanwhile, Iran, due to its biodiversity and abundant natural resources, faces significant environmental challenges such as excessive CO2 emissions. Over the past five decades, the quality of the environment in Iran has always been on a downward trend. In fact, the reason for the special importance of environmental quality in Iran is that this country has natural resources of fossil fuels and, therefore, is more exposed to greenhouse gas emissions. In addition, Iran is one of the developing countries with a relatively low per capita income, and this has caused the increase in economic growth to take precedence over the reduction of environmental degradation. Moreover, due to its special geographical conditions, Iran has always been a route for communications traded between different countries and therefore has received special attention from traders. Along with numerous advantages, this has also had disadvantages such as increased smuggling. Accordingly, given the global importance of environmental protection on the one hand, and the prominent role of informal economy in environmental degradation, especially in developing, on the other hand, this study aims to investigate the relationship between shadow economy and CO2 emissions with an emphasis on the role of energy consumption and economic growth in Iran during 1980-2023 applying ARDL method.

Methods: The theoretical model used in this study is an improved and modified model of Hardy et al. (2024). In order to estimate the model, ARDL method is applied. This model is an econometric model used for analyzing long and short run relationships that is superior to other conventional methods for examining co-integration, because it can be used regardless of whether the variables used in the model are I(0) or I(1). Another feature of this method is that it highly efficient and can be used for small samples. Also, ARDL is used to analyze dynamic relationships with time series data in a single-equation framework.

The ARDL approach consists of two stages. In the first stage, the existence of a long-run relationship is examined using a co-integration test. In the present study, this stage is performed using ARDL bounds test. This test that was introduced by Pesran and Shin (1998) and expanded by Pesran et al. (2001), is used to determine the existence or absence of long-run relationship between the variables. If the existence of long-term relationship is confirmed, in the second stage, the short-term and long-term model is estimated. Moreover, in order to test unit root, before estimating the model, the Augmented Generalized Dickey-Fuller (ADF) test is performed.

Results: The results indicate that shadow economy has a positive long-run effect on CO2 emissions. The reason of this relationship can be attributed to increased number of small informal economic units that use polluting technologies, poor-health infrastructure, and inefficient inputs. Moreover, energy consumption also has a positive significant effect on CO2 Emissions. This result shows that increasing energy consumption damages the environment through increasing the use of fossil fuels. Economic growth also increases CO2 emissions

significantly. This result shows that Iran has not passed the initial stages of economic development expressed in the environmental Kuznets curve. Therefore, it can be stated that the scale effect and the input composition effect are dominant over technology effect. Also, ECM coefficient is -0.949. It means that about 95 percent of the short-term deviation is adjusted in each period. Also, based on the short-term estimation results, population density and industrialization also have positive and significant effects on CO2 emissions. In addition, the ECM coefficient shows that about 95% of the short-term deviation is adjusted each period. In addition, according to the results of Granger causality test, shadow economy, energy consumption, and economic growth Granger cause CO2 emissions.

Conclusion: Based on the results, following policy recommendations are presented:

- Policymakers can adopt policies such as reducing bureaucratic problems, providing tax incentives, and increasing access to financial services.
- The government should launch targeted campaigns to raise awareness about the long-term benefits of formalizing economic activities. including access to government support, increased business stability, and improved energy consumption practices
- In order to reduce unregulated energy consumption in the informal sector, the government should implement stricter energy efficiency standards, focusing on polluting industries.
- Government policymakers can focus on promoting the adoption of renewable energy sources, including solar and wind power.
- It is essential to integrate environmental considerations into policies related to economic growth.

Funding: There is no funding support

Authors' contribution: Author 1 designed the model and the computational framework and analyzed the data. Author 2 performed the calculations and wrote the manuscript.

Conflict of interest: Authors declared no conflict of interest

Keywords: Autoregressive Distributed Lag (ARDL), CO2 Emissions, Iran Economy, Energy Consumption, Shadow Economy.

JEL Classification: C32, N55, O17, O44.

(In Press)

تأثیر اقتصاد سایه بر کیفیت محیط زیست در ایران با تأکید بر مصرف انرژی و رشد اقتصادی

سیدکمال صادقی*[1]

نوال کاظم قاطع[2]

چکیده

در دهه‌های اخیر، دستیابی به رشد اقتصادی در اکثر کشورهای جهان منجر به مشکلات زیست‌محیطی از جمله گرم شدن کره زمین، جنگل‌زدایی، و کاهش تنوع زیستی شده است. به همین دلیل، امروزه سیاست‌گذاران و محققان به دنبال دستیابی به توسعه پایدار و تمرکز همزمان بر رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست می‌باشند. بر این اساس، با توجه به اهمیت جهانی محافظت از محیط زیست از یک سو و نقش برجسته اقتصاد غیررسمی در تخریب محیط زیست به ویژه در کشورهای در حال توسعه از سوی دیگر، مطالعه حاضر به ارزیابی رابطه بین اقتصاد سایه و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن با تأکید بر نقش مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران بین سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۲ با استفاده از روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) پرداخته است. نتایج برآورد بلندمدت حاکی از آن است که اقتصاد سایه، مصرف انرژی و رشد اقتصادی منجر به افزایش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در ایران می‌شود. همچنین بر اساس نتایج تخمین کوتاه‌مدت، تراکم جمعیت و صنعتی‌شدن نیز تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. علاوه بر این، ضریب تصحیح خطای مدل نشان می‌دهد که در هر دوره حدود ۹۵ درصد از انحراف کوتاه‌مدت، تعدیل می‌گردد. بر اساس نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌گردد که سیاست-گذاران به اتخاذ سیاست‌هایی در راستای تسهیل رسمی‌سازی فعالیت‌های اقتصادی، افزایش بهره‌وری در مصرف انرژی، تمرکز بر تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر، و ادغام سیاست‌های رشد اقتصادی با محافظت از محیط زیست بپردازند.

واژگان کلیدی: اقتصاد ایران، اقتصاد سایه، انتشار دی‌اکسیدکربن، روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL)، مصرف انرژی.

طبقه‌بندی JEL: C32، N55، O17، O44.

---

[1] استاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. شناسه ارکید: https://orcid.org/0009-0009-1034-5321 ایمیل: sadeghiseyedkamal@gmail.com

[2] دانشجوی دکترای تخصصی، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. شناسه ارکید: https://orcid.org/0009-0001-7873-8078 ایمیل: nawalkazem7976@gmail.com

مقدمه

یکی از اهداف مهم اقتصادی همه کشورهای جهان، دستیابی به رشد اقتصادی می‌باشد. اما در دهه‌های گذشته، بیشتر جوامع به سمت رشد اقتصادی ناپایدار حرکت نموده‌اند. این بدان معنی است که جهان در مسیر حرکت خود به سمت رشد اقتصادی، با چالش‌های زیست‌محیطی از جمله گرمایش زمین و آلودگی هوا و آب مواجه شده است. این مشکلات حاکی از آن است که داشتن یک حیات اقتصادی سالم بدون توجه به توسعه پایدار امکان‌پذیر نیست. از این رو امروزه، توسعه پایدار یک تعهد اجباری برای همه کشورهای جهان به شمار می‌رود که سیاستگذاران و فعالان عرصه اقتصاد باید برای دستیابی به آن تلاش کنند (جعفری گرجی و همکاران، ۱۴۰۱). در واقع از آنجایی‌که فعالیت‌های اقتصادی انسان موجب تغییرات مخربی در کیفیت محیط زیست از قبیل اثرات گلخانه‌ای و از بین رفتن لایه ازن، انقراض گونه‌های نادر جانوری و گیاهی، جنگل‌زدایی و کاهش منابع طبیعی شده است، مفهوم توسعه پایدار در سطح جهانی مطرح گردیده است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۴). با این حال، علیرغم آگاهی روزافزون از مسائل زیست‌محیطی، کشورهای مختلف جهان همچنان با معضلاتی همچون مصرف بیش از حد منابع طبیعی و انتشار دی‌اکسیدکربن در سطوح ناپایدار مواجهند (هاردی و همکاران[1]، ۲۰۲۴).

تخریب محیط زیست دلایل مختلفی دارد، اما شواهد تجربی حاکی از آن است که اصلی‌ترین عامل آلودگی، رشد اقتصادی است. علاوه بر این، عواملی از قبیل شهرنشینی، باز بودن تجاری، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر محیط زیست تأثیر قابل توجهی می‌گذارند. این عوامل از طریق افزایش مصرف منابع، منجر به تخریب شدید محیط زیست می‌شوند (عباسیان و شهرکی، ۱۴۰۱). در این میان نقش فعالیت‌های تجاری غیررسمی معضل تخریب محیط زیست را تشدید می‌کند. زیرا افراد و شرکت‌هایی که در بخش اقتصاد غیررسمی فعالیت می‌کنند، اغلب بدون توجه به حفظ منابع انرژی، از آن بهره‌برداری می‌کنند. این امر منجر به تخریب بیشتر اکوسیستم می‌شود. در واقع به دلیل عدم امکان تخمین و محاسبه دقیق اقتصاد سایه، پیامدهای ناشی از آن، و نظارت و کنترل مصرف انرژی، و همچنین فقدان مقرارت محدودکننده فناوری‌های آلاینده، بخش اقتصاد غیررسمی می‌تواند تأثیر مخرب قابل توجهی بر محیط زیست بگذارد (ارگا و همکاران[2]، ۲۰۲۳). علاوه بر این، فعالیت‌های مرتبط با اقتصاد سایه اغلب شامل اقدامات غیرقانونی یا ناپایدار مانند قطع غیرقانونی درختان، شکار غیرقانونی و استخراج غیرقانونی معدن است که می‌تواند منجر به جنگل‌زدایی، از بین رفتن تنوع زیستی و تخریب محیط زیست شود (جان و

---

[1] Hardi et al
[2] Eregha et al

همکاران[1]، ۲۰۲۱). بر این اساس، در راستای کاهش اثرات فعالیت‌های انسانی بر تخریب محیط زیست، علاوه بر بررسی اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های رسمی، توجه به تأثیرات زیست‌محیطی فعالیت‌های اقتصادی غیررسمی نیز ضروری به نظر می‌رسد. انتشار گازهای گلخانه‌ای و به ویژه گاز دی‌اکسیدکربن یکی از اساسی‌ترین مسائل مربوط به تخریب محیط زیست به شمار می‌رود. به همین دلیل، در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه، کاهش سرعت گرم شدن زمین، قراردادهای بین‌المللی متعددی تدوین شده است. معاهده کیوتو[2] یکی از این قراردادها می‌باشد که کشورها را متعهد به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و به‌ویژه گاز CO_2 کرده است (اؤزتورک و آجاراوچی[3]، ۲۰۱۰). در این میان، ایران به دلیل تنوع زیستی و منابع طبیعی سرشار خود، با چالش‌های زیست‌محیطی قابل توجهی همچون افزایش بیش از حد انتشار گاز دی‌اکسیدکربن مواجه است؛ به‌طوری‌که طی پنج دهه اخیر، کیفیت محیط زیست در ایران همواره روندی کاهشی داشته است. در واقع علت اهمیت مضاعف کیفیت محیط زیست در ایران بدان جهت است که این کشور دارای منابع طبیعی سوخت‌های فسیلی می‌باشد و بنابراین، بیشتر از سایر کشورها در معرض انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش کیفیت محیط زیست است. علاوه بر این، ایران جزو کشورهای در حال توسعه است که درآمد سرانه نسبتا پایینی دارد و این امر باعث شده است که در این کشور، افزایش رشد اقتصادی، مقدم بر کاهش تخریب محیط زیست باشد. علاوه بر این، وسعت اقتصاد غیررسمی در کشورهای در حال توسعه همچون ایران، بیشتر از کشورهای توسعه‌یافته است (بوهن و اشنایدر[4]، ۲۰۱۲). در این میان، کشور ایران به دلیل شرایط جغرافیایی خاص خود، همواره به عنوان پل ارتباطی میان کشورهای مختلف به شمار می‌رفته است و بنابراین، مورد توجه ویژه بازرگانان قرار گرفته است. این امر در کنار مزایای متعدد، معایبی از قبیل گسترش فزاینده قاچاق نیز داشته است.

با توجه به آمار ارائه شده توسط پایگاه داده‌های اقتصاد جهانی[5]، شاخص اقتصاد سایه در ایران، از حدود ۱۴/۵ درصد در سال ۲۰۰۷ به حدود ۱۸/۴ درصد در سال ۲۰۱۵ رسیده است. همچنین بر اساس گزارش ستاد مبارزه با قاچاق کالا و ارز کشور، رقم قاچاق در سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۹ در ۱۲ میلیارد دلار ثابت مانده و در سال ۱۴۰۰ به ۱۵ میلیارد دلار افزایش یافته است. این آمار نشان می‌دهد که علیرغم سیاست‌های اتخاذ شده برای مقابله با قاچاق، نتایج مطلوبی حاصل نشده است (مفیدی و همکاران، ۱۴۰۳). بر این اساس، با توجه به ضرورت شناسایی عوامل مؤثر بر کیفیت محیط زیست از یک سو و اهمیت مضاعف آن در ایران از سوی دیگر، هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر بلندمدت و کوتاه‌مدت اقتصاد سایه بر انتشار دی‌اکسید کربن با تأکید بر نقش مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران در دوره زمانی ۱۴۰۲-۱۳۶۹ با بکارگیری رویکرد خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) می‌باشد.

---

[1] Canh et al
[2] Kyoto
[3] Ozturk and Acaravci
[4] Buehn and Schneider
[5] www.theglobaleconomy.com

پیشینه نظری پژوهش

الف) اقتصاد سایه

در مطالعات علمی متعدد، واژه‌های مختلفی از جمله اقتصاد زیرزمینی، اقتصاد پنهان، و اقتصاد غیر رسمی برای توصیف اقتصاد سایه به‌کار رفته است. از لحاظ مفهومی نیز تعریف مشخص و منسجمی از اقتصاد سایه در ادبیات وجود ندارد. با این حال، اکثر محققان توافق دارند که اقتصاد سایه شامل تولید و فروش مجموعه‌ای از کالاها و خدمات مبتنی بر بازار هستند که دولت بر آنها نظارت ندارد و در حسابهای رسمی و دولتی ثبت نشده‌اند (توکلیان و همکاران، ۱۴۰۳). اقتصاد سایه می‌تواند طیف گسترده‌ای از فعالیت‌ها، از جمله کسب‌وکارهای ثبت‌نشده، اشتغال غیررسمی، تجارت غیرقانونی و فرار مالیاتی را در بر گیرد. در واقع اقتصاد سایه مبحث رایجی است که با بخش رسمی اقتصاد ارتباط تنگاتنگی دارد و گسترش آن در هر کشوری منجر به ناکارآمدی تخصیص منابع کمیاب و تضعیف مقررات هدفمند می‌گردد. با این حال، مطالعات اندکی در رابطه با پیامدهای اقتصاد سایه و ارتباط آن با حوزه‌های مختلف صورت گرفته است (شهبازی و همکاران، ۱۴۰۲).

ب) تأثیر اقتصاد سایه بر کیفیت محیط زیست

یکی از حوزه‌های اساسی که تحت تأثیر اندازه اقتصاد سایه قرار می‌گیرد، کیفیت محیط زیست به ویژه انتشار دی‌اکسیدکربن است. نظریه‌های مختلف مربوط به ارتباط بین اقتصاد سایه و کیفیت محیط زیست را می‌توان به سه مکانیسم نظری مهم تقسیم‌بندی نمود:

۱) نظریه اول، به رابطه مثبت بین اقتصاد سایه و کیفیت محیط زیست اشاره می‌کند. مبنای این دیدگاه، نظریه داوان و همکاران[1] (۲۰۱۰) است که درباره رابطه‌ی بین بهره‌وری و قیمت انرژی بوده و توسط باسبای و همکاران[2] (۲۰۱۶) توسعه یافته است. باسبای و همکاران (۲۰۱۶) یک مدل تعادل عمومی تصادفی پویا طراحی نموده است که در آن، انرژی علاوه بر این که به عنوان سرمایه‌گذاری از کل درآمد در نظر گرفته می‌شود، به عنوان نهاده تولید نیز به همراه نیروی‌کار و سرمایه فیزیکی استفاده می‌شود. بنابراین، انرژی به عنوان عامل تولید مورد نیاز تولیدکنندگان است و از طریق سرمایه‌گذاری خانوارها تأمین شود. بر اساس این نظریه، در صورتی که تولید بخش غیررسمی نسبت به تولید بخش رسمی، انرژی کمتری مصرف کند، بین مصرف انرژی و اندازه بخش غیررسمی ارتباط معکوس وجود خواهد داشت؛ به‌طوری‌که تمایل بیشتر خانوارها برای تأمین نیروی کار در بخش غیررسمی منجر به افزایش اندازه بخش غیررسمی و کاهش اندازه بخش رسمی می‌شود. این امر ظرفیت درآمدی اقتصاد

[1] Dhawan et al
[2] Basbay et al

(In Press) در حال انتشار

را محدود می‌کند و در نتیجه سرمایه‌گذاری در انرژی را کاهش می‌دهد. همچنین، بخش غیررسمی انرژی‌بری کمتری دارد، که منجر به کاهش مصرف انرژی کل اقتصاد و در نتیجه کاهش تخریب محیط زیست نیز خواهد شد (زروکی و همکاران، ۱۴۰۰).

۲) نظریه دوم، بر اساس الگوی ارائه شده توسط بیسواس و همکاران[۱] (۲۰۱۲) بیان شده است. این نظریه بر این باور است که توسعه بخش غیررسمی اقتصاد منجر به افزایش آلودگی محیط زیست خواهد شد. مطالعاتی همچون آلوارادو و همکاران[۲] (۲۰۲۲) و دادا و همکاران[۳] (۲۰۲۲) بر این باورند که گسترش بخش غیررسمی اقتصاد به‌طور مستقیم منجر به افزایش آلودگی می‌شود، چرا که عمدتاً قوانین زیست‌محیطی در این بخش رعایت نمی‌شود. همچنین اکثر این فعالیت‌ها به دلیل دور ماندن از فناوری‌های دیجیتال و استفاده از فناوری‌های قدیمی، بازدهی کمی در مصرف انرژی و سایر نهاده‌های تولیدی داشته و منجر به تخریب بیشتر محیط زیست می‌گردند. بر این اساس، فعالیت‌های اقتصادی غیررسمی به دلیل استفاده از فن‌آوری‌های منسوخ، ناکارآمدی مصرف انرژی را تقویت می‌کند و منجر به کاهش کیفیت محیط زیست می‌شود. آجیده و داد[۴] (۲۰۲۴) نیز بر این باور است که اقتصاد غیررسمی منجر به کاهش بهره‌وری انرژی و تخریب محیط زیست می‌گردد. بنابراین، ارتقای کیفیت زیست‌محیطی مستلزم یک استراتژی جامع در راستای ارتقای انرژی‌های تجدیدپذیر، بهبود بهره‌وری انرژی، و ادغام اقتصاد غیررسمی در چارچوب‌های تنظیم شده است تا از این طریق شیوه‌های زیست‌محیطی پایدار و کاهش تخریب محیط زیست ترویج گردد.

بر این اساس، بلکمن[۵] (۲۰۰۰) این دیدگاه را ارائه می‌کند که اکثر واحدهای فعال در بخش غیررسمی اقتصاد، واحدهای دارای مقیاس کوچکی هستند که به فعالیت در صنایع و خدمات دارای آلودگی‌زایی بالا می‌پردازند. بنابراین، این واحدهای غیرکارا و آلودگی‌زا دارای هزینه‌های خارجی بسیار بالایی هستند و منبع اصلی انتشار دی‌اکسیدکربن به شمار می‌روند. نظریه بلکمن (۲۰۰۰) رابطه مثبت اقتصاد سایه و آلودگی محیط زیست را بدین‌گونه استدلال می‌کند که: ۱) تعداد واحدهای اقتصادی فعال در بخش اقتصاد غیررسمی بسیار بالا است. ۲) واحدهای اقتصادی فعال در بخش غیررسمی اقتصاد، از نهاده‌ها غیرکارا، فناوری-های قدیمی آلاینده، و زیرساخت‌های بهداشتی ضعیف استفاده می‌کنند و کنترلی بر آلودگی ایجاد شده ندارند. ۳) اکثر کارکنان فعال در بخش اقتصاد غیررسمی، آگاهی کافی از هزینه‌های خارجی فعالیت‌های خود ندارند. ۴) با توجه به عدم وجود موانع در ورود به اقتصاد سایه، واحدهای فعال در این بخش، هنگام کاهش هزینه‌های تولید، هزینه‌های زیست‌محیطی را در نظر نمی‌گیرند. ۵) اقتصاد سایه به عنوان منبع مهمی برای ایجاد اشتغال جوانان به ویژه در مناطق محروم به شمار می‌رود (مداح و محمدنیا سروی، ۱۳۹۵).

---

[1] Biswas et al
[2] Alvarado et al
[3] Dada et al
[4] Ajide and Dada
[5] Blackman

۳) نظریه سوم توسط الگین و اوزتونالی[1] (۲۰۱۴) با بسط الگوی تعادل عمومی پویا ارائه شده است. بر اساس الگوی طراحی شده در این نظریه، فرضیه کوزنتس مبنی بر وجود یک رابطه به شکل U معکوس بین شاخص‌های آلودگی محیط زیست و اقتصاد غیررسمی برقرار است. بر اساس این نظریه، رابطه غیرخطی بین بخش غیررسمی و آلودگی محیط زیست ناشی از دو کانال متفاوت است. در کانال نخست، بخش غیررسمی بزرگتر، با شدت سرمایه کمتر و در نتیجه، آلودگی کمتر همراه است. چرا که تولید در بخش غیررسمی به عنوان یک بخش کاربر، نیروی کار بسیار بیشتری نسبت به سرمایه فیزیکی به کار می-گیرد؛ چرا که بر اساس مطالعات در سطح خرد با استفاده از داده‌های سطح شرکت‌ها، در بخش غیررسمی، شدت سرمایه بسیار کمتر از بخش رسمی است. در کانال دوم، بخش غیررسمی بزرگتر با آلودگی بیشتر همراه است، چرا که بخش غیررسمی از قوانین و مقررات دولت از جمله استانداردهای زیست محیطی پیروی نمی‌کند. بر این اساس، کانال اول، اثر مقیاس بخش غیررسمی و کانال دوم، اثر مقررات‌زدایی نامیده می‌شود. بر اساس فرضیه U معکوس، در سطوح پایین‌تر اقتصاد غیررسمی، اثر مقررات‌زدایی بر اثر مقیاس غالب است، اما در سطوح بالاتر اقتصاد غیررسمی، اثر مقیاس بر اثر مقررات‌زدایی غالب است (الگین و اوزتونالی، ۲۰۱۴). همچنین، درباره رابطه غیرخطی بین اقتصاد سایه و آلودگی محیط زیست، بیسواس و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرده‌اند که عوامل دیگری همچون سطح توسعه‌یافتگی و عوامل نهادی می‌توانند از طریق کنترل بخش سایه و کیفیت محیط زیست بر رابطه بین این دو متغیر تأثیرگذار باشند. بنابراین بر اساس این استدلال، می‌توان بیان نمود که اقتصاد سایه تأثیر خطی و یکنواختی بر آلودگی محیط زیست ندارد.

در حالت کلی، رابطه بین اقتصاد سایه و کیفیت محیط زیست یک تعامل چندوجهی است که توجه برخی محققان را به خود جلب نموده است. هو و همکاران[2] (۲۰۱۸) نقش حیاتی سیاست‌های انرژی در شکل‌دهی به پیامدهای اقتصادی و زیست‌محیطی اقتصاد سایه را برجسته کرده‌اند. هاس و همکاران[3] (۲۰۲۳) و سدمیکوا و همکاران[4] (۲۰۲۱) نیز استدلال می-کنند که اقتصاد سایه به‌طور قابل توجهی بر الگوهای مصرف انرژی و متعاقباً بر کیفیت محیط زیست تأثیر می‌گذارد.

ج) تأثیر مصرف انرژی بر کیفیت محیط زیست

مصرف انرژی، عامل دیگری است که بسیاری از محققان آن را مهم‌ترین عامل آلودگی محیط زیست قلمداد می‌کنند. بر اساس دیدگاه مایر و کنت[5] (۲۰۰۷)، در دوران بعد از انقلاب صنعتی، به ویژه در دهه‌های اخیر، مصرف انرژی به‌طور فزاینده‌ای رشد کرده است و به همین دلیل، تولید انرژی مصرفی از منبع سوخت‌های فسیلی به سرعت در حال افزایش است. با توجه به این که یکی از عوامل اساسی انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، مصرف سوخت‌های فسیلی است، می‌توان بیان نمود که این امر منجر به

[1] Elgin and Oztunali
[2] Hu et al
[3] Haas et al
[4] Sedmikova et al
[5] Mayer and Kent

(In Press) در حال انتشار

افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌گردد. بنابراین، مصرف انرژی می‌تواند سهم قابل توجهی از آلودگی محیط زیست را به خود اختصاص دهد. (شیم[1]، ۲۰۰۶). در حالت کلی، علیرغم این واقعیت که تئوری‌های محکمی درباره تأثیر مصرف انرژی بر آلودگی محیط زیست وجود ندارد، می‌توان بیان نمود که رشد مصرف انرژی‌های فسیلی یکی از عوامل اساسی افزایش آلاینده‌ها می‌باشد (نصراللهی و غفاری گولک، ۱۳۸۸).

د) تأثیر رشد اقتصادی بر کیفیت محیط زیست

علاوه بر این، رشد اقتصادی عامل دیگری است که تأثیر قابل توجهی بر کیفیت محیط زیست دارد. گراسمن و کروگر[2] (۱۹۹۱) منحنی زیست‌محیطی کوزنتس[3] (EKC) را ارائه داده و استدلال می‌کند که در مراحل ابتدایی توسعه اقتصادی، کیفیت محیط‌زیست کاهش می‌یابد، اما بعد از رسیدن به یک حد معین از توسعه اقتصادی، کیفیت محیط زیست همراه با افزایش رشد اقتصادی، بهبود می‌یابد (زراء نژاد، ۱۴۰۲). علت این امر آن است که بعد از گذر از یک حد آستانه‌ای از رشد اقتصادی، از یک سو، ساختار اقتصادی به سمت صنایع و خدمات دانش‌محور سوق می‌یابد و از سوی دیگر، آگاهی درباره حفاظت از محیط‌زیست افزایش می‌یابد. بنابراین، این فرضیه، یک رابطه به شکل U معکوس بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست در نظر می‌گیرد. در حالت کلی، تأثیر رشد اقتصادی بر کیفیت محیط زیست از سه کانال مختلف قابل بحث است. این سه کانال به عنوان اثر مقیاس، اثر ترکیب نهاده‌ها و اثر فناوری شناخته شده‌اند. در کانال اثر مقیاس، افزایش تولید با سطح معینی از فناوری و نسبت نهاده‌ها منجر به آلودگی محیط‌زیست می‌شود و بنابراین، بر اساس این کانال، رابطه‌ی بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست مثبت است. بر اساس اثر ترکیب نهاده‌ها، با افزایش نهاده‌های آسیب‌زا، تأثیر مخرب رشد اقتصادی بر محیط‌زیست افزایش می‌یابد. در کانال مربوط به اثر فناوری، با تغییر فناوری تولید و پیشرفت تولید به سمت فناوری پاک، آلودگی ناشی از تولید کاهش می‌یابد (بهبودی و برقی گلعذانی، ۱۳۸۷). در مقابل مطالعاتی همچون شفیق[4] (۱۹۹۴) و هالتز-ایکین و سلدن[5] (۱۹۹۵) استدلال می‌کنند که در هر شرایطی رشد اقتصادی منجر به انتشار آلاینده‌ها می‌گردد و بین این دو متغیر یک رابطه یکنواخت و مثبت وجود دارد. صنعتی شدن اقتصاد نیز عامل دیگری است که می‌تواند کیفیت محیط زیست را تحت تأثیر قرار دهد. بر اساس دیدگاه نمایر[6] (۲۰۰۳)، بخش تولید آلوده‌کننده‌تر از بخش خدمات است. بنابراین، صنعتی شدن می‌تواند در کنار بهبود رشد اقتصادی، منجر به افزایش آلودگی محیط زیست گردد. همچنین، بر اساس مطالعات پیشین، تراکم

---

[1] Shim
[2] Grossman and Krueger
[3] Environmental Kuznets Curve
[4] Shafik
[5] Holtz-Eakin and Selden
[6] Neumayer

جمعیت نیز عامل تعیین‌کننده‌ای در کیفیت محیط زیست است. بر اساس مطالعاتی همچون بورقسی[1] (۲۰۰۰) و کلیک[2] (۲۰۰۲) تراکم جمعیت از طریق افزایش تقاضای زمین‌های کشاورزی، مصرف انرژی و آب، به افزایش آلاینده‌ها و کاهش کیفیت محیط زیست کمک می‌کند.

پیشینه تجربی

چن و همکاران[3] (۲۰۱۸) تأثیر مقررات محیط زیست، اقتصاد سایه، و فساد بر کیفیت محیط زیست را در چین در دوره زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۲ بررسی نمودند. این مطالعه با بکارگیری روش رگرسیون گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) به این نتیجه رسیده است که مقررات زیست‌محیطی سختگیرانه و سطح اقتصاد سایه به‌طور مثبت با آلودگی محیط زیست چین ارتباط دارند. با این حال، نتایج همچنین نشان می‌دهد که کنترل زیست‌محیطی سخت‌گیرانه‌تر به کاهش آلودگی در سطح معینی از اقتصاد سایه کمک می‌کند. علاوه بر این، متغیرهای فساد و توسعه صنایع ثانویه، منجر به افزایش تخریب محیط زیست می‌گردند. در مقابل، افزایش هزینه تحقیق و توسعه در عملیات صنعتی سازگار با محیط زیست می‌تواند به کاهش آلودگی کمک کند.

هوین[4] (۲۰۲۰) با استفاده از آمار و اطلاعات ۲۲ کشور درحال‌توسعه آسیایی در دوره زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ و با بکارگیری روش رگرسیون داده‌های تابلویی با اثرات ثابت و روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی، به بررسی تأثیر اقتصاد سایه بر آلودگی هوا و نقش سیاست مالی در تعدیل این رابطه را بررسی نموده و دریافته است که اقتصاد سایه رابطه مثبت و معنی‌داری با آلودگی هوا دارد و سیاست مالی انبساطی می‌تواند اثرات مخرب اقتصاد سایه بر کیفیت محیط زیست را کاهش دهد. به طور خاص، بر اساس نتایج مطالعه مذکور، افزایش مخارج دولت تأثیر مثبت اقتصاد سایه بر آلودگی هوا را کاهش می‌دهد، اما افزایش مالیات آن را تشدید می‌کند، اما تأثیر منفی مخارج دولت در مقایسه با تأثیر مثبت مالیات، بیشتر است.

سدمیکووا و همکاران (۲۰۲۱) با بکارگیری آزمون هم‌انباشتگی جوهانسون و روش ARDL و با استفاده از آمار و اطلاعات کشورهای اتحادیه اروپا و اوکراین در بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۵ به بررسی رابطه بین مصرف انرژی و سطح اقتصاد سایه پرداختند. نتایج این مطالعه تأثیر معنی‌دار فعالیت‌های اقتصادی سایه بر مصرف انرژی را تأیید می‌کند و وابستگی آنها به پیشرفت علمی و فناوری کشور را اثبات می‌کند. همچنین، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اقتصاد سایه در اکثر کشورهای اتحادیه اروپا بالاست و میانگین ارزش آن، برابر ۲۲ درصد است.

---

[1] Borghesi
[2] Klick
[3] Chen et al
[4] Huynh

(In Press) در حال انتشار

شائو و همکاران[1] (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر زیست‌محیطی اقتصاد سایه، جهانی شدن، تجارت و اندازه بازار در ۱۳۴ کشور در دوره زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸ پرداخته و با بکارگیری رویکرد رگرسیون آستانه‌ای و روش رگرسیون بلندمدت FMOLS داده‌های تابلویی دریافتند که در کوتاه‌مدت و بلندمدت، اقتصاد زیرزمینی تأثیر منفی بر انتشار گازهای آلاینده محیط‌زیست دارد. همچنین، بر اساس نتایج برآورد آستانه‌ای، بعد از یک نقطه آستانه‌ای، تأثیر جهانی شدن، تجارت و اندازه بازار بر انتشار آلاینده‌ها مهم‌تر است.

طیّب سهیل و همکاران[2] (۲۰۲۱) با بکارگیری روش ARDL و داده‌های مربوط به کشورهای جنوب آسیا بین سالهای ۲۰۱۹-۱۹۹۱ اثرات متقارن و نامتقارن اقتصاد سایه بر انرژی پاک و آلودگی هوا را مورد مطالعه قرار دادند. یافته‌های حاصل از این پژوهش بیانگر این است که یافته های کوتاه مدت ARDL برای مدل انرژی پاک نشان می دهد که اقتصاد سایه مصرف انرژی پاک را در پاکستان و سریلانکا افزایش می دهد، در حالی که این اثر برای هند منفی و برای سایر کشورها ناچیز است. نتایج بلندمدت نشان می‌دهد که تأثیر نامطلوب فقط برای هند و تأثیرات درآمد مالیاتی بر انرژی پاک در سری‌لانکا مثبت و در نپال و بنگلادش منفی است. همچنین نتایج مدل آلودگی بیان می‌کند که اقتصاد سایه انتشار گازهای گلخانه‌ای را در پاکستان افزایش می‌دهد، در بنگلادش و نپال کاهش می‌دهد و در هند و سریلانکا تأثیری ندارد. بعلاوه نتایج غیرخطی ARDL نشان می‌دهد که مولفه‌های مثبت اقتصاد سایه به طور قابل توجهی مصرف انرژی پاک را تنها در پاکستان افزایش می‌دهد. با این حال، مولفه های منفی اقتصاد سایه در همه کشورها به جز سریلانکا و نپال منفی است. با این حال، جزء منفی بخش غیررسمی اقتصاد باعث کاهش انتشار CO2 در هند و افزایش انتشار CO2 در بنگلادش و نپال می شود.

چو و هوانگ[3] (۲۰۲۲) رابطه بین اقتصاد سایه و کیفیت محیط زیست را در کشورهای OECD در دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ با بکارگیری رگرسیون داده‌های تابلویی کوانتایل بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که یک رابطه به شکل U معکوس بین اقتصاد سایه و آلودگی محیط زیست وجود دارد و بر اساس آزمون علیت، جهت این رابطه از سمت اقتصاد سایه به سمت آلودگی مجیط زیست است. همچنین، اثرات زیست‌محیطی متغیرهای باز بودن تجارت، شدت انرژی، انرژی تجدیدپذیر و درآمد نیز در سطوح مختلف آلودگی، یکسان نیستند.

سیلوا و همکاران[4] (۲۰۲۳) با بکارگیری روش رگرسیون داده‌های تابلویی با اثرات ثابت و رگرسیون انتقال ملایم، رابطه بین اقتصاد سایه و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن را در ۱۴۵ کشور در دوره زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۷ را بررسی نمودند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ثابت و رگرسیون از داده‌های ۱۴۵ کشور از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۷ ارتباط بین اقتصاد سایه و انتشار دی-

---

[1] Shao et al
[2] Tayyab Sohail et al
[3] Chu and Hoang
[4] Silva et al

اکسیدکربن را مورد ارزیابی قرار دادند. این مطالعه کشورهای را به دو گروه تقسیم بندی کردند. گروه اول، شامل ۴۲ کشور بود که شامل اکثر کشورهای اتحادیه اروپا، بریتانیا، و همچنین بزرگترین اقتصادهای توسعه‌یافته مانند ایالات متحده و ژاپن ربود و گروه دوم، شامل ۱۰۳ کشور بود که اقتصاد ضعیف‌تری داشتند. این مطالعه فرضیه زیست محیطی کوزنتس را برای مجموعه کل کشورها تأیید نمی‌کند. با این وجود، برای هر گروه ار کشورها، به تنهایی فرضیه کوزنتس را تأیید می‌کنند. علاوه بر این، یافته‌های این تحقیق بیان می‌کند که در گروه اول، اقتصاد سایه به کاهش انتشار CO2 کمک می‌کند، اما در گروه دوم، اقتصاد سایه انتشار CO2 را تشدید می‌کند.

هاردی و همکاران (۲۰۲۴) با بهره‌گیری از مدل ARDL و روش‌های مختلف بررسی استحکام تاثیر اقتصاد سایه و مصرف انرژی بر ردپای اکولوژیکی اندونزی مورد مطالعه قرار دادند. یافته‌های پژوهش مذکور تایید می‌کند که هر دو عامل به طور مثبت در افزایش ردپای اکولوژیکی نقش دارند. رشد اقتصادی و تراکم جمعیت، که در این مدل گنجانده شده است، همچنین تأثیر مثبتی بر ردپای اکولوژیکی دارد و فشار بر منابع طبیعی و اکوسیستم‌ها را از طریق فعالیت‌های انسانی بدون نظارت تشدید می‌کند.

بات و همکاران[1] (۲۰۲۴) با بهره‌گیری از داده‌های تابلویی کشورهای ASEAN و با بکارگیری رویکرد ARDL اثرات اقتصاد سایه و کیفیت نهادها بر آلودگی محیط زیست را بررسی نموده و دریافتند که یک ارتباط هم‌انباشتگی بلندمدت بین متغیرهای مذکور وجود دارد. همچنین، بر اساس نتایج مطالعه مذکور، فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس به صورت یک رابطه N شکل تأیید می‌گردد، توسعه مالی و مصرف انرژی تأثیر مثبتی بر آلودگی محیط زیست دارند، کیفیت مؤسسات تأثیر ناچیزی بر آلودگی دارد، و اقتصاد سایه به‌طور قابل توجهی آلودگی محیط زیست را کاهش می‌دهد.

مداح و سروری (۱۳۹۵) با استفاده از الگوی ارتباط خطی ساختاری (LISREL) و با استفاده از داده‌های کشورهای منتخب اوپک از جمله ایران در بازه زمانی ۲۰۱۲-۲۰۰۰ رابطه بین فساد اقتصادی، اقتصاد سایه‌ای و آلودگی محیط زیست را بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بین فساد اقتصادی و اقتصاد سایه‌ای رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد. همچنین نتایج مطالعه مذکور حاکی از آن است که افزایش فعالیت‌های غیر قانونی در بخش اقتصاد سایه‌ای بر رشد شاخص‌های آلوده-کننده محیط زیست اثر مثبت و معنی‌داری دارند؛ بدین معنی که رشد اقتصاد سایه‌ای بر شاخص‌های آلوده‌کننده محیط زیست از جمله انتشار دی‌اکسیدکربن، مصرف سوخت فسیلی و مساحت جنگل به ترتیب با ضرایب ۰/۹۱، ۰/۴۷، ۰/۵۳ تاثیر می‌گذارد. زروکی و همکاران (۱۴۰۰) با بکارگیری رهیافت تانزی و با بهره‌گیری از آمار و اطلاعات ایران در دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۵۷ حجم اقتصاد زیرزمینی را برآورد کردند و همچنین، با استفاده از روش خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی خطی (ARDL) و

[1] Butt et al

(In Press) در حال انتشار

غیرخطی (NARDL) تاثیر اقتصاد زیرزمینی و سایر متغیرها را بر مصرف انرژی تجزیه و تحلیل کردند. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که طبق برآورد الگوی خطی اقتصاد زیرزمینی بر مصرف انرژی اثر معنی‌داری دارد، اما برآورد غیرخطی، اثر نامتقارن اقتصاد زیرزمینی بر مصرف انرژی را نشان می‌دهد؛ به این معنی که افزایش اقتصاد زیرزمینی اثر معنی‌داری بر مصرف انرژی ندارد، ولی کاهش آن اثر مستقیم بر مصرف انرژی دارد و با کاهش یک درصدی اقتصاد زیرزمینی، مصرف انرژی به میزان ۰/۳۱ درصد افزایش می‌یابد.

عباسیان و شهرکی (۱۴۰۱) با استفاده از مدل خودبازگشت آستانه‌ای (TAR) و با بهره‌گیری از داده‌های کشورهای در حال توسعه طی سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۰ تاثیر اقتصاد سایه، جهانی شدن اطلاعات، تجارت و اندازه بازار بر انتشار گازهای آلاینده را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. یافته‌های حاصل از این تحقیق بیان می‌کند که اقتصاد سایه وزن بیشتری در خروجی دارد و انتشار گازهای آلاینده را افزایش می‌دهد.

شهبازی و همکاران (۱۴۰۱) با استفاده از آمار و اطلاعات کشور ایران طی سالهای ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۴ و با استفاده از مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی (NARDL) به بررسی اثر شوک‌های مثبت و منفی اقتصاد سایه و توسعه مالی بر مصرف انرژی پرداختند. نتایج پژوهش مذکور حاکی از آن است که شوک‌های مثبت و منفی اقتصاد سایه و توسعه مالی بر مصرف انرژی در بلندمدت و کوتاه‌مدت اثر نامتقارن دارد؛ به این معنی که در کوتاه‌مدت و بلندمدت، شوک منفی اقتصاد سایه، نسبت به شوک مثبت آن تأثیر بیشتری دارد. همچنین یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که شوک منفی اقتصاد سایه با یک وقفه، به افزایش ۰/۰۴ درصدی در مصرف انرژی منجر می‌گردد، اما شوک مثبت آن، مصرف انرژی را تنها به اندازه ۰/۰۲ درصد کاهش می‌دهد.

توکلیان و همکاران (۱۴۰۳) با بکارگیری الگوی داده تابلویی و روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته به بررسی اثر اقتصاد سایه، فساد و حاکمیت قوانین بر آلودگی محیط زیست در کشورهای منتخب نفتی در حال توسعه در دوره زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۹ پرداخته و دریافتند که اقتصاد سایه و حاکمیت قوانین رابطه مستقیم با آلودگی دارد. همچنین، بر اساس نتایج مطالعه مذکور، اثر بازخوردی حاکمیت قوانین و اقتصاد سایه منجر به کاهش آلودگی می‌شود.

روش مطالعه

هدف پژوهش حاضر، ارزیابی تأثیر اقتصاد سایه و مصرف انرژی بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در ایران در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۲ با بکارگیری روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) می‌باشد. مدل مورد بررسی در مطالعه حاضر، الگوی بهبودیافته و تعدیل‌یافته‌ای از مدل نظری هاردی و همکاران (۲۰۲۴) می‌باشد که به صورت معادله (۱) در نظر گرفته می‌شود.

$$CO2 = f(SH.ENER.GDP)$$ معادله (۱)

در اینجا متغیرها به شرح زیر است:

CO2: میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن سرانه

SH: شاخص اقتصاد سایه به صورت درصدی از تولید ناخالص داخلی و مبتنی بر معیار ارائه شده توسط مدینه و اشنایدر[1] (۲۰۱۸) معرفی می‌گردد. مطالعه مذکور مدل MIMIC را برای محاسبه اقتصاد سایه به کار برده است. این رویکرد، یک مدل مبتنی بر تئوری و نوع خاصی از مدلسازی معادلات ساختاری است که به اندازه‌گیری متغیر پنهان (در اینجا، اقتصاد سایه) بر اساس تأیید تأثیر مجموعه‌ای از متغیرها بر آن می‌پردازد. برای گردآوری این شاخص، از پایگاه داده‌ها اقتصاد جهانی[2] استفاده شده است.

ENER: مصرف انرژی سرانه

GDP: نرخ رشد تولید ناخالص داخلی

در این میان، در راستای افزایش قابلیت اعتماد نتایج و بر اساس مطالعات پیشین، تأثیر کوتاه‌مدت دو متغیر تراکم جمعیت (POP) و شاخص صنعتی شدن (IND) (درصد ارزش افزوده بخش صنعت از کل تولید ناخالص داخلی) به عنوان متغیرهای برون‌زا در نظر گرفته می‌شود. در این پژوهش، برای جمع‌آوری داده‌های سری زمانی مربوط به انتشار دی‌اکسید کربن، مصرف انرژی، ارزش افزوده بخش صنعت، رشد اقتصادی، و تراکم جمعیت از پایگاه داده‌های بانک جهانی[3] و برای گردآوری شاخص اقتصاد سایه از پایگاه داده‌ها اقتصاد جهانی[4] استفاده شده است.

برای تخمین مدل و ارزیابی رابطه بلندمدت و کوتاه‌مدت متغیرهای مذکور با انتشار دی‌اکسید کربن در این پژوهش، رویکرد آزمون کرانه‌ای ARDL استفاده می‌گردد. روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) اولین بار توسط پسران و شین[5] (۱۹۹۸) معرفی شده است و سپس، توسط پسران و همکاران (۲۰۰۱) گسترش یافته است. این روش برای بررسی هم‌جمعی بر سایر روش‌های مرسوم برتری دارد. یکی از مهم‌تری دلایل برتری این رویکرد نسبت به سایر روش‌های هم‌انباشتگی، آن است که در این روش، نیازی به برقراری شرط انباشتگی با مرتبه یکسان همه متغیرها نیست. در واقع، روش ARDL صرف‌نظر از این که متغیرهای مورد استفاده در مدل از نوع I(0) یا I(1) هستند، قابل کاربرد است. علاوه بر این، این رویکرد برای نمونه-های کوچک نیز قابل استفاده بوده و کارایی بالایی دارد. مزیت دیگر این روش آن است که به دلیل عدم مواجهه با مشکلاتی همچون خودهمبستگی و درون‌زایی، براوردگرهای بدون تورش و کارا به دست می‌دهند (منتظری شورکچالی، ۱۳۹۷). همچنین، برآورد این مدل، یک برآورد پویا بوده و در آن متغیر وابسته، علاوه بر سایر متغیرهای مستقل، مقادیر گذشته خود و

---

[1] Medina and Schneider
[2] www.theglobaleconomy.com
[3] www.worldbank.org
[4] www.theglobaleconomy.com
[5] Pesaran and Shin

(In Press) در حال انتشار

مقادیر گذشته سایر متغیرهای مستقل نیز تصریح می‌شود (چرنی و جوینی[1]، ۲۰۱۷). به پیروی از پسران و همکاران (۲۰۰۱)، مدل کلی رهیافت ARDL برای معادله (۱) را می‌توان به صورت معادله (۲) نوشت.

معادله (۲)

$$\Delta(CO2) = c + \sum_{i=1}^{m_1} a_{1i}\Delta(CO2)(t-i) + \sum_{i=1}^{p_1} b_{1i}\Delta(SH)(t-i) + \sum_{i=1}^{q_1} c_{1i}\Delta(ENER)(t-i) + \sum_{i=1}^{r_1} d_{1i}\Delta(GDP)(t-i) + \sum_{i=1}^{s_1} e_{1i}\Delta(POP)(t-i) + \sum_{i=1}^{s_1} f_{1i}\Delta(IND)(t-i) + a_1 CO2(t-1) + b_1 SH(t-1) + c_1 ENER(t-1) + d_1 GDP(t-1) + e_1 POP(t-1) + f_1 IND(t-1) + \varepsilon_t$$

در اینجا، ε_t نشان‌دهنده جمله خطا، Δ نشان‌دهنده تفاضل، و m_1، p_1، q_1، r_1 و s_1 نشان‌دهنده مقادیر وقفه تفاضل‌ها می‌باشد. همچنین، در این معادله، رابطه بلندمدت بین متغیرها با ضرایب a_{1i}، b_{1i}، c_{1i}، d_{1i}، e_{1i} و f_{1i} بیان می‌شود، و ضرایب a_1، b_1، c_1، d_1، e_1 و f_1 رابطه کوتاه‌مدت بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته را نشان می‌دهد.

رویکرد ARDL شامل دو مرحله است. در مرحله اول، به بررسی وجود رابطه بلندمدت پرداخته می‌شود. در مطالعه حاضر، این مرحله با استفاده از آزمون کرانه‌ای باند ARDL و آماره آزمون F انجام می‌شود. فرضیه‌های این آزمون به صورت زیر است:

$H_0: a_1 = b_1 = c_1 = d_1 = e_1 = f_1 = 0$

$H_1: a_1 \neq 0. b_1 \neq 0. c_1 \neq 0. d_1 \neq 0. e_1 \neq 0. f_1 \neq 0.$

در این آزمون که توسط پسران و همکاران (۲۰۰۱) برای تعیین وجود یا عدم وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها ارائه شده است، دو کرانه بحرانی ارائه شده است. کرانه بالایی برای سری زمانی I(1) و کرانه پایین برای سری زمانی I(0) می‌باشد. اگر مقدار آماره F محاسبه‌شده بیشتر از کرانه بالا باشد، فرض عدم همگرایی رد می‌شود، اگر F محاسبه‌شده کمتر از کرانه پایین باشد، فرض صفر عدم همگرایی تأیید می‌شود، و اگر F محاسبه‌شده درون محدوده قرار گیرد، نمی‌توان نتیجه‌ای گرفت.

در صورت اطمینان از وجود رابطه بلندمدت، در مرحله دوم برآورد مدل کوتاه‌مدت و بلندمدت انجام می‌گیرد (فرازمند و همکاران، ۱۳۹۲). رابطه بلندمدت از معادله (۳) به دست می‌آید:

معادله (۳)

---

[1] Cherni and Jouini

$$CO2 = c + \sum_{i=1}^{m_1} a_{1i}\Delta(CO2)(t-i) + \sum_{i=1}^{p_1} b_{1i}\Delta(SH)(t-i) + \sum_{i=1}^{q_1} c_{1i}\Delta(ENER)(t-i) + \sum_{i=1}^{r_1} d_{1i}\Delta(GDP)(t-i) + \sum_{i=1}^{s_1} e_{1i}\Delta(POP)(t-i) + \sum_{i=1}^{s_1} f_{1i}\Delta(IND)(t-i) + \varepsilon_t$$

برای رابطه بلندمدت، یک الگوی تصحیح خطا به صورت معادله (۴) وجود دارد:

معادله (۲)

$$\Delta(CO2) = c + \sum_{i=1}^{m_1} a_{1i}\Delta(CO2)(t-i) + \sum_{i=1}^{p_1} b_{1i}\Delta(SH)(t-i) + \sum_{i=1}^{q_1} c_{1i}\Delta(ENER)(t-i) + \sum_{i=1}^{r_1} d_{1i}\Delta(GDP)(t-i) + \sum_{i=1}^{s_1} e_{1i}\Delta(POP)(t-i) + \sum_{i=1}^{s_1} f_{1i}\Delta(IND)(t-i) + \upsilon ECM_{t-1} + \varepsilon_t$$

در اینجا، ضریب ECM نشان می‌دهد که بعد در صورت وارد شدن یک شوک در کوتاه‌مدت، رابطه بلندمدت با چه سرعتی به سمت رابطه تعادلی خود برمی‌گردد (منتظری شورکچالی، ۱۳۹۷).

یافته‌ها

قبل از برآورد مدل، آزمون ریشه واحد متغیرها انجام می‌گیرد. نتایج حاصل از آزمون دیکی-فولر تعمیم‌یافته (ADF)، در جدول (۱) قابل مشاهده است. بر اساس نتایج این آزمون، متغیر انتشار دی‌اکسیدکربن I(1) و سایر متغیرها I(0) می‌باشند. بنابراین استفاده از روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی، یک رویکرد مناسب برای برآورد مدل مذکور است.

جدول ۱. نتایج آزمون ریشه واحد

متغیر	آماره آزمون ADF	ارزش احتمال آزمون ADF
انتشار دی‌اکسید کربن سرانه (CO2)	-۲/۰۱۶	۰/۲۷۹۴
تفاضل مرتبه اول انتشار دی‌اکسید کربن سرانه (CO2)	-۱/۸۷۶	۰/۰۳۵۴
شاخص اقتصاد سایه (SH)	-۷/۰۲۷	۰/۰۰۰
مصرف انرژی سرانه (ENER)	-۷/۱۷۷	۰/۰۰۰
رشد تولید ناخالص داخلی (GDP)	-۵/۶۲۹	۰/۰۰۰
تراکم جمعیت (POP)	-۵/۵۱۹	۰/۰۰۰
شاخص صنعتی شدن (IND)	-۵/۴۷۶	۰/۰۰۰

بعد از بررسی ریشه واحد متغیرهای، به برآورد الگو و روابط بلندمدت و کوتاه‌مدت متغیرها پرداخته می‌شود. نتایج حاصل از برآورد بلندمدت در جدول (۲) و نتایج حاصل از برآورد کوتاه‌مدت در جدول (۳) گزارش شده است. شایان ذکر است که متغیر توان دوم رشد اقتصادی در راستای بررسی فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس به دلیل عدم معنی‌داری حذف شده است.

جدول ۲. نتایج برآورد بلندمدت مدل اول

متغیر	ضریب	آماره t	ارزش احتمال
SH	۰/۶۳۲	۲/۴۹	۰/۰۳۲
ENER	۰/۱۸۱	۱/۸۶	۰/۰۹۳
GDP	۰/۱۱۰	۲/۰۹	۰/۰۶۳
ضریب ECM	-۰/۹۴۹	-۵/۳۱	۰/۰۰۰

بر اساس جدول (۲)، متغیر اقتصاد سایه در سطح معنی‌داری ۵ درصد و متغیرهای مصرف انرژی و رشد اقتصادی در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد، معنی‌دار هستند. مشاهده می‌گردد که در بلندمدت، اقتصاد سایه تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی-اکسید کربن داشته‌اند. این بدان معنی است که افزایش اندازه اقتصاد سایه در بلندمدت به دلیل اثر مقررات زدایی منجر به کاهش کیفیت محیط زیست می‌گردد. در واقع، هرچه اندازه اقتصاد سایه در کشور ایران بیشتر شود، تعداد واحدهای اقتصادی غیررسمی کوچکی که از فناوری‌های آلاینده، زیرساخت‌های بهداشتی ضعیف و نهاده‌های غیرکارا استفاده می‌کنند و محدودیت به رعایت قوانین زیست‌محیطی نیز ندارند، افزایش می‌یابد و بنابراین، این امر منجر به افزایش انتشار گار دی‌اکسید کربن می-گردد. این نتیجه منطبق بر بسیاری از مطالعات نظری و تجربی پیشین از قبیل بیسواس و همکاران (۲۰۱۲)، بلکمن (۲۰۰۰)، مداح و محمدنیا سروی (۱۳۹۵) می‌باشد. علاوه بر این، مصرف انرژی نیز تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارد. این نتیجه نشان می‌دهد که افزایش مصرف انرژی از طریق افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی به کیفیت محیط زیست آسیب می‌رساند و نقش قابل توجهی در انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارد. رابطه مثبت بین مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن نیز منطبق بر بسیاری از مطالعات پیشین از جمله مایر و کنت (۲۰۰۰)، شیم (۲۰۰۶) و نصراللهی و غفاری (۱۳۸۸) است. متغیر رشد اقتصادی نیز تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. این امر نشان می‌دهد که کشور ایران از مراحل اولیه توسعه اقتصادی بیان شده در منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در راستای دستیابی به توسعه پایدار به مفهوم توسعه اقتصادی همراه و بهبود کیفیت محیط زیست، گذر نکرده است و رشد اقتصادی به کاهش کیفیت محیط زیست می‌انجامد.

بنابراین، می‌توان بیان نمود که در ایران، اثر مقیاس و اثر ترکیب نهاده‌ها بر اثر فناوری غالب است. این نتیجه منطبق بر برخی مطالعات پیشین از قبیل شفیق (۱۹۹۴) و هالتز-ایکین و سلدن (۱۹۹۵) می‌باشد. همچنین ضریب تصحیح خطای مدل، ۰/۹۴۹- می‌باشد. با توجه به این که ضریب مذکور منفی بوده و از لحاظ جبری، کوچک‌تر از ۱ است، می‌توان بیان نمود که نتایج حاصل از رگرسیون بلندمدت، قابل اعتماد است و در هر دوره حدود ۹۵ درصد از انحراف کوتاه‌مدت، تعدیل می‌گردد. نتایج برآورد کوتاه‌مدت مدل نیز در جدول (۳) قابل مشاهده است.

جدول ۳. نتایج برآورد کوتاه‌مدت مدل اول

متغیر	ضریب	آماره t	ارزش احتمال
SH			
D1	-۰/۵۲۰	-۲/۶۷	۰/۰۲۳
LD	-۰/۴۲۴	-۲/۵۱	۰/۰۳۱
L2D	-۰/۲۵۸	-۲/۱۶	۰/۰۵۶
L3D	-۰/۰۶۴	-۱/۲۲	۰/۲۴۹
ENER			
D1	-۰/۰۴۷	-۰/۵۱	۰/۶۲۴
LD	۰/۱۷۷	۳/۰۵	۰/۰۱۲
L2D	۰/۲۱۱	۴/۲۲	۰/۰۰۲
L3D	۰/۰۹۷	۲/۰۳	۰/۰۶۹
GDP			
D1	۰/۰۱۳	۰/۸۵	۰/۴۱۷
LD	۰/۰۴۰	۳/۰۹	۰/۰۱۲
L2D	-۰/۰۴۸	-۴/۵۱	۰/۰۰۱
L3D	-۰/۰۴۵	-۲/۲۳	۰/۰۵۰
POP	۰/۱۳۸	۳/۳۳	۰/۰۰۸
IND	۰/۱۲۹	۴/۶۸	۰/۰۰۱
عرض از مبدأ	-۳۹۳۷/۵۷۵	-۵/۴۱	۰/۰۰۰

در حال انتشار (In Press)

بر اساس جدول (۳)، مدل مورد بررسی بر اساس معیار آکائیک، ARDL(1,4,4,4) می‌باشد. مشاهده می‌گردد که در کوتاه-مدت، اقتصاد سایه تأثیر منفی معنی‌داری بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارد. این امر نشان می‌دهد که تأثیر منفی اندازه اقتصاد سایه بر کیفیت محیط زیست در بلندمدت نمایان می‌شود و در کوتاه‌مدت، بنابه دلایلی از جمله کاهش ظرفیت درآمدی اقتصاد در بخش رسمی از یک سو و تمرکز بیشتر بر نیروی کار جهت جلوگیری از بازرسی توسط سازمان‌های نظارتی از سوی دیگر، و در نتیجه، کاهش مصرف انرژی در این بخش، بطور موقت منجر به بهبود کیفیت محیط زیست می‌گردد. این نتیجه منطبق بر دیدگاه برخی مطالعات از جمله زروکی و همکاران (۱۴۰۰) است. همچنین، مصرف انرژی و رشد اقتصادی طبق انتظار در کوتاه‌مدت نیز رابطه مثبتی با انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارند. بر اساس جدول، متغیرهای تراکم جمعیت و صنعتی شدن نیز تأثیر کوتاه‌مدت مثبت و معنی‌داری بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارند. می‌توان بیان نمود که صنعتی شدن به دلیل عدم استفاده از فناوری‌های پاک در فرایند تولید کشور، منجر به بدتر شدن کیفیت محیط زیست شده است. این امر با مطالعاتی همچون مایر و کنت (۲۰۰۰) که به افزایش مصرف انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی و در نتیجه افزایش آلودگی محیط زیست همراه با صنعتی شدن اشاره کرده‌اند، سازگار است. علاوه بر این، رابطه مثبت بین صنعتی شدن و انتشار دی‌اکسیدکربن، تأییدی بر سایر مطالعات از قبیل نمایر (۲۰۰۳) و امامی میبدی و همکاران (۱۳۹۳) نیز می‌باشد. تأثیر مثبت تراکم جمعیت بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن را نیز می‌توان اینگونه توضیح داد که با افزایش تراکم جمعیت، تقاضا برای خوراک، پوشاک و مسکن افزایش می‌یابد. این امر منجر به افزایش بهره‌برداری از زمین‌های کشاورزی، مصرف انرژی، جنگل‌زدایی و مسائلی از این قبیل می‌گردد و بنابراین، به کاهش کیفیت محیط زیست می‌انجامد. این نتیجه نیز منطبق بر بسیاری از مطالعات پیشین از قبیل بورقسی (۲۰۰۰) و کلیک (۲۰۰۲) است. در راستای اطمینان از وجود رابطه بلندمدت، آزمون کرانه‌ای باند انجام شده و نتایج آن، در جدول (۴) گزارش شده است. با توجه به این که F محاسبه شده بزرگ‌تر از کرانه بالا می‌باشد و بنابراین در هر سه سطح معنی‌داری، فرضیه عدم هم‌انباشتگی رد می‌شود، می‌توان بیان نمود که هم‌انباشتگی بلندمدت بین متغیرها وجود دارد.

جدول ۴. نتایج آزمون باند مدل

	کرانه پایین I(0)	کرانه بالا I(1)	نتیجه
٪۱	۵/۴۷۸	۷/۵۱۱	رد فرضیه صفر
٪۵	۳/۶۸۳	۵/۲۰۴	رد فرضیه صفر
٪۱۰	۲/۹۶۵	۴/۲۷۴	رد فرضیه صفر

F محاسبه‌شده	۱۰/۱۳۱	هم‌انباشتگی بلندمدت وجود دارد.

شایان ذکر است که در راستای اطمینان از قابلیت اعتماد مدل برآورد شده، آزمون علیت گرنجری متغیرهای مورد بررسی انجام می‌گیرد. نتایج این آزمون در جدول (۵) گزارش شده است.

جدول ۵. نتایج آزمون علیت گرنجری

فرضیه صفر	آماره کای دو (ارزش احتمال)	نتیجه
اقتصاد سایه علت گرنجری انتشار CO2 نیست.	۳/۳۶ (۰/۰۴۱۷)	اقتصاد سایه علت گرنجری انتشار CO2 است.
مصرف انرژی علت گرنجری انتشار CO2 نیست.	۵/۸۸ (۰/۰۵۲۹)	مصرف انرژی علت گرنجری انتشار CO2 است.
رشد اقتصادی علت گرنجری انتشار CO2 نیست.	۶/۸۱ (۰/۰۳۳۲)	رشد اقتصادی علت گرنجری انتشار CO2 است.

مشاهده می‌گردد که فرضیه صفر عدم وجود علیت از سمت دو متغیر اقتصاد سایه و رشد اقتصادی به سمت انتشار دی-اکسیدکربن در سطح معنی‌داری ۵ درصد و فرضیه صفر عدم وجود علیت از سمت متغیر مصرف انرژی به سمت انتشار دی-اکسیدکربن در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد رد می‌شود. بنابراین هر سه متغیر علت گرنجری انتشار CO2 می‌باشند.

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه دستیابی به توسعه پایدار و تمرکز بر کیفیت محیط زیست در کنار رشد اقتصادی به یکی از اهداف اساسی سیاست-گذاران همه کشورهای جهان تبدیل شده است. به همین دلیل، در دهه‌های اخیر، محققان و تحلیل‌گران اقتصادی به دنبال ارائه راهکارهایی برای افزایش کیفیت محیط زیست بوده‌اند. بر این اساس، با توجه به این که از یک سو، شناسایی علل و عوامل انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی‌اکسید کربن، یکی از پیش‌شرط‌های اساسی برای ارائه راهکارهای کاهش تخریب محیط زیست به شمار می‌رود، و از سوی دیگر، اندازه اقتصاد سایه می‌تواند نقش قابل توجهی در انتشار گاز دی‌اکسیدکربن داشته باشد، مطالعه حاضر به دنبال بررسی تأثیر اقتصاد سایه بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن با تأکید بر نقش مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۲ با بکارگیری رویکرد ARDL بوده است. نتایج حاصل از برآورد مدل نشان

در حال انتشار (In Press)

می‌دهد که در بلندمدت، اقتصاد سایه تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار CO_2 دارد. در واقع، افزایش اندازه اقتصاد سایه منجر به افزایش واحدهای غیررسمی می‌گردد که از افناوری‌های قدیمی آلاینده استفاده می‌کنند و زیرساخت‌های بهداشتی ضعیفی دارند. این امر باعث می‌شود که افزایش شاخص اقتصاد سایه منجر به اثرات مخرب زیست‌محیطی شود. این نتیجه با مطالعاتی مثل بیسواس و همکاران (۲۰۱۲)، بلکمن (۲۰۰۰)، و مداح و محمدنیا سروی (۱۳۹۵) سازگار است. همچنین نتایج نشان می-دهد که مصرف انرژی و رشد اقتصادی نیز منجر به افزایش انتشار گاز CO_2 می‌گردند. تأثیر مثبت مصرف انرژی بر انتشار دی-اکسیدکربن تأییدی بر مطالعاتی همچون مایر و کنت (۲۰۰۰)، شیم (۲۰۰۶) و نصراللهی و غفاری (۱۳۸۸) بوده و تأثیر مثبت رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسیدکربن تأییدی بر برخی مطالعات پیشین از قبیل شفیق (۱۹۹۴) و هالتز-ایکین و سلدن (۱۹۹۵) می‌باشد. علاوه بر این مطالعات نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت، تراکم جمعیت و صنعتی‌شدن نیز بر انتشار CO_2 تأثیر مثبت و معنی‌داری دارند. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، پیشنهادات سیاستی زیر ارائه می‌گردد:

- دولت باید رسمی کردن فعالیت‌های اقتصادی را در اولویت قرار دهد. این سیاست از طریق اقداماتی همچون ساده-سازی فرایند ثبت‌نام و کاهش موانع بوروکراتیک، ارائه مشوق‌های مالیاتی، و دسترسی به خدمات مالی عملی می-گردد. این اقدامات، مشاغل را وارد اقتصاد رسمی می‌کند و امکان اجرای استانداردهای بهره‌وری انرژی را نیز فراهم می‌کند.
- دولت باید کمپین‌های هدفمندی را برای افزایش آگاهی در مورد مزایای بلندمدت رسمی‌سازی فعالیت‌های اقتصادی، از جمله دسترسی به حمایت‌های دولتی، افزایش ثبات کسب و کار، و بهبود شیوه های مصرف انرژی و در نتیجه، کاهش هزینه‌ها در طول زمان، راه‌اندازی کند.
- در راستای کاهش مصرف انرژی بدون نظارت در بخش‌های غیررسمی، دولت باید استانداردهای سختگیرانه‌تری را برای بهره‌وری انرژی با تمرکز بر صنایع آلاینده اعمال کند. این استداندارددها می‌تواند شامل حسابرسی انرژی اجباری برای مشاغل و اعمال مجازات برای عدم رعایت آن‌ها باشد.
- سیاست‌گذاران دولتی می‌توانند اقداماتی در راستای پذیرش منابع انرژی تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی و باد، اتخاذ گردد. به عنوان مثال، دولت می‌تواند برای کسب و کارهایی که در حال گذار به انرژی‌های تجدیدپذیر هستند، به ویژه واحدهایی که از اقتصاد سایه بیرون می‌آیند، یارانه و وام کم‌بهره ارائه کند. همچنین، تشویق شرکت‌های انرژی برای نصب سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر، می‌تواند به کاهش تخریب محیط زیست ناشی از فعالیت‌های اقتصادی غیررسمی کمک کند.
- ضروری است که ملاحظات زیست‌محیطی در سیاست‌های مربوط به رشد اقتصادی ادغام شود. بدین منظور، دولت باید از طریق دستورالعمل‌های شفاف درباره شیوه‌های پایدار، از جمله مدیریت پسماند، بهره‌گیری از منابع، و کنترل

انتشار CO2، یک چارچوب نظارتی جامع ایجاد کند که بر اساس آن، همه کسب‌وکارها ملزم به رعایت محدودیت-های زیست‌محیطی در کنار توسعه یا سرمایه‌گذاری باشند.

تأمین مالی: هیچ حمایت مالی وجود ندارد

مشارکت نویسندگان: نویسنده اول مدل و چارچوب محاسباتی را طراحی و داده‌ها را تجزیه و تحلیل کرده نویسنده دوم محاسبات و نگارش را انجام داده است.

تضاد منافع: هیچ تضاد منافعی وجود ندارد.

References

Abbasian, M., and Shahraki, M. (2022). Determining the Threshold and Environmental Impact of the Shadow Economy, Information Globalization, Trade and Market Size in Developing Countries. *Journal of Environmental Science Studies*, Vol. 7 (2), pp. 5082-5092 (In Persian).

Ajide, F. M., and Dada, J. T. (2024). Energy Poverty and Shadow Economy: Evidence from Africa. *International Journal of Energy Sector Management* https://doi.org/10.1108/IJESM-04- 2023-0018.

Alvarado, R., Tillaguango, B., Murshed, M., Ochoa-Moreno, S., Rehman, A., Isik, C., and Alvarado-Espejo, J. (2022). Impact of the Informal Economy on the Ecological Footprint: The Role of Urban Concentration and Globalization. *Economic Analysis and Policy*, Vol. 75, pp. 750–767.

Basbay, M. M., Elgin, C., and Torul, O. (2016). Energy Consumption and the Size of the Informal Economy. *Economics*, Vol. 10, pp. 1-28.

Behboudi, D., and Barghi Golezani, E. (2008). Energy Consumption and Economic Growth Effects on Environment in Iran (1967-2004*). Journal of Quantitative Economics*, Vol. 5 (4), pp. 35-53 (In Persian).

Biswas, A. K., Farzanegan, M., and Marcel, T. (2012). Pollution, Shadow Economy and Corruption: Theory and Evidence. *Ecological Economics*. Vol. 75 (3), pp. 114-125.

Blackman, A. (2000). Informal Sector Pollution Control: What Policy Options Do We Have? *World Development*, Vol. 28, pp. 2067–2082.

Borghesi, S. (2000). Income Inequality and the Environmental Kuznets Curve. *Fondazione Eni Enrico Mattei Working Paper*, Milan, Italy, Nota di Lavoro, No. 83.2000.

Buehn, A. and Schneider, F. (2012). Shadow Economies around the World: Novel Insights, Accepted Knowledge and New Estimates. *International Tax and Public Finance*, Vol. 19, pp. 139-171.

در حال انتشار (In Press)

Butt, S., Faisal, F., Chohan, M. A., and Ramakrishnan, S. (2024). Do Shadow Economy and Institutions Lessen the Environmental Pollution? Evidence from Panel of ASEAN-9 Economies. *Journal of the Knowledge Economy*, Vol. 15, pp. 4800-4828.

Canh, N. P., Schinckus, C., Thanh, S. D., and Chong, F. H. L. (2021). The Determinants of the Energy Consumption: A Shadow Economy-Based Perspective. *Energy*, Vol. 225, No. 120210.

Chen, H., Hao, Y., Li, J., and Song, X. (2018). The Impact of Environmenta Regulation, Shadow Economy, and Corruption on Environmental Quality: Theory and Empirical Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 195, pp. 200-214.

Chu, L. K., and Hoang, D. P. (2022). The Shadow Economy-Environmental Quality Nexus in OECD Countries: Empirical Evidence from Panel Quantile Regression. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 29 (43), pp. 65233-65258.

Dada, J. T., Olaniyi, C. O., Ajide, F. M., Adeiza, A., and Arnaut, M. (2022). Informal Economy and Ecological Footprint: The Case of Africa. *Environmental Scienceand Pollution Research*, Vol. 29 (49), pp. 74756–74771.

Dhawan, R., Jeske, K., and Silos, P. (2010). Productivity, Energy Prices and the Great Moderation: A New Link. *Review of Economic Dynamics*, Vol. 13 (3), pp. 715–724.

Elgin, C., and Oztunali, O. (2014). Pollution and Informal Economy. *Economic Systems*, Vol. 38 (3), pp. 333-349.

Eregha, P. B., Nathaniel, S. P., and Vo, X. V. (2023). Economic Growth, Environmental Regulations, Energy Use, and Ecological Footprint Linkage in the Next-11 Countries: Implications for Environmental Sustainability. *Energy and Environoment*, Vol. 34 (5), pp. 1327-1347.

Farazmand, H., Kamranpour, S., and Ghorbannezhad, M. (2013). The Relationship Between Financial Development, Economic Growth and Energy Consumption in The Iran: A Band ARDL and Toda-Yamamoto Test Approch. *Quarterly Journal of Quantitative Economics*, Vol. 10 (1), pp. 33-58 (In Persian).

Grossman, G., and Krueger, A. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economic Research Working Paper*, Vol. 3914, NBER, Cambridge.

Haas, C., Jahns, H., Kempa, K., and Moslener, U. (2023). Deep Uncertainty and the Transition to a Low-Carbon Economy. *Energy Research and Social Science*, Vol. 100, No. 103060.

Hardi, I., Afjal, M., Can, M., Mutig, I., Ghalieb, R. N., and Teuku, I. R. (2024). Shadow Economy, Energy Consumption, and Ecological Footprint in Indonesia. *Sustainable Futures*, Vol. 8, No. 100343.

Holtz-Eakin, D., and Selden, T. M. (1995). Stoking the fires? CO2 emissions and economic growth. *Journal of Public Economics*, Vol. 57 (1), pp. 85-101.

Huynh, C. M. (2020). Shadow Economy and Air Pollution in Developing Asia: What is the Role of Fiscal Policy? *Environmental Economics and Policy Studies*, Vol. 22, pp. 357-381.

Hu, H., Xie, N., Fang, D., and Zhang, X. (2018). The Role of Renewable Energy Consumption and Commercial Services Trade in Carbon Dioxide Reduction: Evidence from 25 Developing Countries. *Applied Energy*, Vol. 211, pp. 1229–1244.

Jafari Gorji, M., Najaf Beigi, R., Faghihi, A., and Kameli, M. J. (2023). Providing a Model of Sustainable Banking Development in Iranian Governmental Bank with an Emphasis on Green Banking. *Journal of Iranian Social Development Studies*, Vol. 15 (2), pp. 21-46 (In Persian).

Klick, J. (2002). Autocrats and the Environment or It's Easy Being Green. *George Mason University Working Paper*, Series 02-16.

Maddah, M., and Mohammadnia Sarvi, Z. (2016). Empirical Analysis the Relationship among corruption, Shadow Economy and Environmental pollution (LISREL Approach). *Quarterly Journal of Quantitative Economics*, Vol. *13* (4), pp. 1-18 (In Persian).

Mayer, R, and Kent, J. (2007). Energy Consumption, Economic Growth and Prices: A Reassessment Using Panel VECM for Developed and Developing Countries. *Energy Policy*, Vol. 35, pp. 2481–2490.

Medina, L., and Schneider, F. (2018). Shadow Economies Around the World: What Did We Learn Over the Last 20 Years*? IMF Working Paper*, WP/18/17.

Mirzaei, A., Esfanjari Kenari, R., Mahmoodi, A., and Shabanzadeh, M. (2016). Shadow Economy and its Role in Control of Environmental Damages of MENA Countries. *Economic Growth and Development Research*, Vol. 6 (24), pp. 107-118 (In Persian).

Mofidi Zad, M., Paytakhti Oskouyi, S. A., Ale Omran, R., and Tamizi, A. (2024). Determinants of Goods Smuggling in Iran: An Approach of Bayesian Econometrics. *Karagah*, Accepted and Published Oline, Ready to publish. doi: 10.22034/det.2024.1276734.1456 (In Persian)

Montazeri, J. (2019). The Determinants of Government Debt Size in Iran's Economy: New Evidence from an ARDL Approach. *Journal of Iranian Economic Issues*, Vol. 5 (2), pp. 105-124.

Nasrollahi, Z., and Ghaffari Gulak, M. (2010). Economic Development and Environmental Pollution in the Kyoto Protocol Member and Siuthwest Asian Countries (With an Emphasis on the Environmental Kuznets Curve). *Macroeconomics Research Letter*, Vol. 9.1 (35), pp. 105-126 (In Persian).

Neumayer, E. (2003). Weak Versus Strong Sustainability: Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms. Edward Elgar Publishing, Northampton.

Ozturk, I., and Acaravci, A. (2013). The Long-Run and Causal Analysis of Energy, Growth, Openness and Financial Development on Carbon Emissions in Turkey. *Energy Economics*, Vol. 36, pp. 262–267.

Pesaran, M. H., and Shin, Y. (1998) An Autoregressive Distributed-Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis. *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium*, Vol. 31, pp. 371-413. http://dx.doi.org/10.1017/CCOL0521633230.011

(In Press)

Pesaran, M. H. Shin, Y. and Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics,* Vol. 16, pp. 289-326.

Sedmikova, E., Vasylieva, T., Tiutiunyk, I., and Navickas, M. (2021). Energy Consumption in Assessment of Shadow Economyi *European Journal of Interdisciplinary Studies,* Vol. 13 (2), pp. 47–64.

Shafik, N. (1994). Economic Development and Environmental Quality: An Econometric Analysis. *Oxford Economic Papers*, Vol. 46, pp. 757-773.

Shahbazi, K., Jafarzadeh, H., and Hasanzadeh, K. (2023). Investigating the Effect of Asymmetric Shocks of the Shadow Economy on Energy Consumption in Terms of Financial Development in Iran. *Qunrterly Energy Economics Review*, Vol. 19 (76), pp. 57-86 (In Persian).

Shao, J., Tillaguango, B., Alvarado, R., Ochoa-Moreno, S., and Alvarado-Espejo, J. (2021). Environmental Impact of the Shadow Economy, Globalisation, Trade and Market Size: Evidence Using Linear and Non-Linear Methods. *Sustainability*, Vol. 13, 6539.

Shim J. H. (2006), The Reform of Energy Subsides for the Enhancement of Marine Sustainability, Case of South Korea. *University of Delaware.*

Silva, N., Alberto Fuinhas, J., and Shirazi, M. (2023). On the Link between Shadow Economy and Carbon Dioxide Emissions: An Analysis of Homogeneous Groups of Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 30, pp. 114336–114357.

Tavakolian, H., Montazer-Hojat, A. H., and Andayesh, Y. (2024). Investigating the Effect of Shadow Economy, Corruption and Rule of Law on Environmental Pollution in Selected Developing Oil Countries. *Journal of Natural Environment*, Vol. 77 (2), pp. 299-309 (In Persian).

Tayyab Sohail, M., Ullah, S., Tariq Majeed, M., Usman, A., and Andlib, Z. (2021). The Shadow Economy in South Asia: Dynamic Effects on Clean Energy Consumption and Environmental Pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 28, pp. 29265–29275.

Zaroki, S., Abdi Seyyedkolaee, M., and Poursaeidi, M. (2022). Estimating the Volume of Underground Economy and its Asymmetric Impact on Energy Consumption in Iran. *Economic Policies and Research*, Vol 1 (1), pp. 58-96 (In Persian).

Zarra Nezhad, M., and Amirnia, A. (2023). Economic and Social Factors Affecting Environmental Pollution with an Emphasis on Mazut Consumption in Iran. *Iranian Energy Economics*, Vol. 12 (46), pp. 69-92 (In Persan).