

Research Paper

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 Gatea² 

¹ Prof. in Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran. Email: sadeghiseyedkamal@gmail.com

² PhD Candidate in Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran. Email: nawalkazem7976@gmail.com



[10.22080/jeem.2025.28418.1025](https://doi.org/10.22080/jeem.2025.28418.1025)

Received:

January 14, 2025

Accepted:

April 18, 2025

Available online:

September 22, 2024

Keywords:

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

JEL Classification:

C32, N55, O17, O44.

Abstract

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 the 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 is 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 the 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.

© 2023 UMZ. All rights reserved.

***Corresponding Author:** Seyed Kamal Sadeghi

Address: Faculty of Economics and Management,
University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Email: sadeghiseyedkamal@gmail.com

Extended Abstract

1. Abstract

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

2. 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 the informal economy can have a significant destructive impact on the environment (Eregba 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.

3. 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, the 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 is 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 the ARDL bounds test. This test, which was introduced by Pesran and Shin (1998) and expanded by Pesran et al. (2001), is used to determine the existence or absence of a long-run relationship between the variables. If the existence of a long-term relationship is confirmed, in the second stage, the short-term and long-term model is estimated. Moreover, in order to test the unit root, before estimating the model, the Augmented Generalized Dickey-Fuller (ADF) test is performed.

4. Results

The results indicate that the shadow economy has a positive long-run effect on CO₂ emissions. The reason for this relationship can be attributed to the increased number of small informal economic units that use polluting technologies, poor health infrastructure, and inefficient inputs. Moreover, energy consumption also has a significant positive effect on CO₂ Emissions. This result shows that increasing energy consumption damages the environment by 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 the technology effect. Also, the 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 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 the Granger causality test, shadow economy, energy consumption, and economic growth Granger cause CO₂ emissions.

5. Conclusion

Based on the results, the 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

The authors declared no conflict of interest

علمی

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

سیدکمال صادقی*^۱، نوال کاظم قاطع^۲ 

^۱ استاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. ایمیل: sadeghiseyedkamal@gmail.com
^۲ دانشجوی دکتری تخصصی، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. ایمیل: nawalkazem7976@gmail.com

 [10.22080/jeem.2025.28418.1025](https://doi.org/10.22080/jeem.2025.28418.1025)

چکیده

در دهه‌های اخیر، دستیابی به رشد اقتصادی در اکثر کشورهای جهان منجر به مشکلات زیست‌محیطی از جمله گرم‌شدن 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 هستند. بر اساس این، با توجه به اهمیت جهانی محافظت از محیط زیست از یک سو و نقش برجسته اقتصاد غیررسمی در تخریب محیط زیست به‌ویژه در کشورهای درحال 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 براساس نتایج تخمین کوتاه‌مدت، تراکم جمعیت و صنعتی‌شدن نیز تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. علاوه‌براین، ضریب تصحیح خطای مدل نشان می‌دهد که در هر دوره حدود ۹۵ درصد از انحراف کوتاه‌مدت، تعدیل می‌گردد. براساس نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌گردد که سیاست‌گذاران 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.

تاریخ دریافت:

۲۵ دی ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش:

۲۹ فروردین ۱۴۰۴

تاریخ انتشار:

۱۰ مهر ۱۴۰۳

کلیدواژه‌ها:

اقتصاد ایران؛ اقتصاد سایه؛
انتشار دی‌اکسیدکربن؛ روش
خودرگرسیون با وقفه‌های
توزیعی (ARDL)؛ مصرف انرژی

طبقه‌بندی:

C32, N55, O17, O44.

© کلیه حقوق اثر متعلق به دانشگاه مازندران است

* نویسنده مسئول: سیدکمال صادقی

آدرس: دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. ایمیل: sadeghiseyedkamal@gmail.com

۱ مقدمه

یکی از اهداف مهم اقتصادی همه کشورهای جهان، دستیابی به رشد اقتصادی است؛ 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 این‌رو امروزه، توسعه پایدار یک تعهد اجباری برای همه کشورهای جهان به‌شمار می‌رود که سیاست‌گذاران و فعالان عرصه اقتصاد باید برای دستیابی به آن تلاش کنند (جعفری گرجی و همکاران، ۱۴۰۱). درواقع از آنجایی که 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، 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، بازبودن 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. درواقع به دلیل عدم امکان تخمین و محاسبه دقیق اقتصاد سایه، پیامدهای ناشی از آن و نظارت و کنترل مصرف انرژی، همچنین فقدان مقررات محدودکننده فناوری‌های آلاینده، بخش اقتصاد غیررسمی می‌تواند تأثیر مخرب قابل توجهی بر محیط زیست بگذارد (ارگا و همکاران^۲، 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 همکاران^۳، ۲۰۲۱). بر اساس این، 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 به‌ویژه گاز دی‌اکسیدکربن یکی از اساسی‌ترین مسائل مربوط به تخریب محیط زیست به‌شمار می‌رود. به همین دلیل، در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه، کاهش سرعت گرم‌شدن زمین، قراردادهای بین‌المللی متعددی تدوین شده است. معاهده کیوتو^۴ یکی از این قراردادها می‌باشد که کشورها را متعهد به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و به‌ویژه گاز CO₂ کرده است (اؤزتورک و آجاراچی^۵، 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

^۴ Kyoto

^۵ Ozturk and Acaravci

^۱ Hardi et al

^۲ Eregba et al

^۳ Canh et al

دوره زمانی ۱۳۶۹-۱۴۰۲ با به کارگیری رویکرد خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) می‌باشد.

۲ پیشینه نظری پژوهش

الف) اقتصاد سایه

در مطالعات علمی متعدد، واژه‌های مختلفی از جمله اقتصاد زیرزمینی، اقتصاد پنهان و اقتصاد غیررسمی برای توصیف اقتصاد سایه به کار 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 کسب و کارهای ثبت نشده، اشتغال غیررسمی، تجارت غیرقانونی و فرار مالیاتی را دربرگیرد. 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 می‌شود. 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 کرد:

۱) نظریه اول، به رابطه مثبت بین اقتصاد سایه و کیفیت محیط زیست اشاره می‌کند. مبنای این

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 جزء کشورهای در حال توسعه است که درآمد سرانه نسبتاً 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 توسعه یافته است (بوهن و اشنایدر، 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^۲، شاخص اقتصاد سایه در ایران، از حدود ۱۴/۵ درصد در سال ۲۰۰۷ به حدود ۱۸/۴ درصد در سال ۲۰۱۵ رسیده است. همچنین براساس 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 علی-رغم سیاست‌های اتخاذ شده برای مقابله با قاچاق، نتایج مطلوبی حاصل نشده است (مفیدی و همکاران، ۱۴۰۳). بر اساس این، 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 کوتاه-مدت اقتصاد سایه بر انتشار دی‌اکسید کربن با تأکید بر نقش مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران در

^۲ www.theglobaleconomy.com

^۱ Buehn and Schneider

قدیمی، بازدهی کمی در مصرف انرژی و سایر نهاده‌های تولیدی داشته و منجر به تخریب بیشتر محیط زیست می‌شوند. بر اساس این، فعالیت‌های اقتصادی غیررسمی به دلیل استفاده از فناوری‌های منسوخ، ناکارآمدی مصرف انرژی را تقویت می‌کند و منجر به کاهش کیفیت محیط زیست می‌شود. آجیده و داد^۵ (۲۰۲۴) نیز بر این باور است که اقتصاد غیررسمی منجر به کاهش بهره‌وری انرژی و تخریب محیط زیست می‌گردد. بنابراین، ارتقاء کیفیت زیست‌محیطی مستلزم یک استراتژی جامع در راستای ارتقاء انرژی‌های تجدیدپذیر، بهبود بهره‌وری انرژی و ادغام اقتصاد غیررسمی در چارچوب‌های تنظیم شده است تا از این طریق شیوه‌های زیست-محیطی پایدار و کاهش تخریب محیط زیست ترویج گردد.

بر اساس این، بلکمن^۶ (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 به‌شمار 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، فناوری‌های 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،

دیدگاه، نظریه داوان و همکاران^۱ (۲۰۱۰) است که درباره رابطه بین بهره‌وری و قیمت انرژی بوده و توسط باسبای و همکاران^۲ (۲۰۱۶) توسعه یافته است. باسبای و همکاران (۲۰۱۶) یک مدل تعادل عمومی تصادفی پویا طراحی نموده‌اند که در آن، انرژی علاوه بر اینکه به‌عنوان سرمایه‌گذاری از کل درآمد در نظر گرفته می‌شود، به‌عنوان نهاده تولید نیز به همراه نیروی کار و سرمایه فیزیکی استفاده می‌شود. بنابراین، انرژی به‌عنوان عامل تولید مورد نیاز تولیدکنندگان است و از طریق سرمایه‌گذاری خانوارها تأمین می‌شود. براساس 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 را محدود می‌کند و در نتیجه سرمایه‌گذاری را در انرژی 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).

نظریه دوم، براساس الگوی ارائه‌شده توسط بیسواس و همکاران^۳ (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^۴ (۲۰۲۲) و دادا و همکاران^۵ (۲۰۲۲) بر این باورند که گسترش بخش غیررسمی اقتصاد به‌طور مستقیم منجر به افزایش آلودگی می‌شود؛ چراکه عمدتاً قوانین زیست‌محیطی در این بخش رعایت نمی‌شود. همچنین اکثر این فعالیت‌ها به دلیل دورماندن از فناوری‌های دیجیتال و استفاده از فناوری‌های

^۵ Dada et al^۶ Ajide and Dada^۷ Blackman^۱ Dhawan et al^۲ Basbay et al^۳ Biswas et al^۴ Alvarado et al

بنابراین براساس این استدلال، می‌توان بیان کرد 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 کرده است. هو و همکاران^۲ (۲۰۱۸) نقش حیاتی سیاست‌های انرژی را در شکل‌دهی به پیامدهای اقتصادی و زیست‌محیطی اقتصاد سایه برجسته کرده‌اند. هاس و همکاران^۳ (۲۰۲۳) و سد میکوا و همکاران^۴ (۲۰۲۱) نیز استدلال می‌کنند 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. براساس دیدگاه مایر و کنت^۵ (۲۰۰۷)، در دوران بعد از انقلاب صنعتی، به‌ویژه در دهه‌های اخیر، مصرف انرژی به‌طور فزاینده‌ای رشد کرده است و به همین دلیل، تولید انرژی مصرفی از منبع سوخت‌های فسیلی به‌سرعت در حال افزایش است. با توجه به اینکه یکی از عوامل اساسی انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، مصرف سوخت‌های فسیلی است، می‌توان بیان کرد که این امر منجر به افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌گردد. بنابراین، مصرف انرژی می‌تواند سهم قابل توجهی از آلودگی محیط زیست را به خود اختصاص دهد. (شیم^۶، ۲۰۰۶). در حالت کلی، علی‌رغم این واقعیت که تئوری‌های محکمی درباره تأثیر مصرف انرژی بر آلودگی محیط زیست وجود ندارد، می‌توان بیان کرد که رشد مصرف انرژی‌های فسیلی یکی از عوامل اساسی افزایش آلاینده‌ها است (نصراللهی و غفاری گولک، ۱۳۸۸).

هزینه‌های زیست‌محیطی را در نظر نمی‌گیرند. (۵) اقتصاد سایه به‌عنوان منبع مهمی برای ایجاد اشتغال جوانان به‌ویژه در مناطق محروم به‌شمار می‌رود (مداح و محمدنیا سروی، ۱۳۹۵).

۳) نظریه سوم توسط الگین و اوزتونالی^۱ (۲۰۱۴) با بسط الگوی تعادل عمومی پویا ارائه شده است. براساس الگوی طراحی‌شده در این نظریه، فرضیه کوزنتس مبنی بر وجود یک رابطه به شکل U معکوس بین شاخص‌های آلودگی محیط زیست و اقتصاد غیررسمی برقرار است. براساس 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؛ چراکه تولید در بخش غیررسمی به‌عنوان یک بخش کاربر، نیروی کار بسیار بیشتری نسبت به سرمایه فیزیکی به کار می‌گیرد؛ چراکه براساس 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؛ چراکه بخش غیررسمی از قوانین و مقررات دولت از جمله استانداردهای زیست‌محیطی پیروی نمی‌کند. بر اساس این، کانال اول، اثر مقیاس بخش غیررسمی و کانال دوم، اثر مقررات‌زدایی نامیده می‌شود. براساس 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.

⁴ Sedmikova et al

⁵ Mayer and Kent

⁶ Shim

¹ Elgin and Oztunali

² Hu et al

³ Haas et al

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^۱ (۱۹۹۱) منحنی زیست محیطی کوزنتس^۲ (EKC) را ارائه داده و استدلال می کنند که در مراحل ابتدایی توسعه اقتصادی، کیفیت محیط زیست کاهش می یابد؛ اما بعد از رسیدن به یک حد معین از توسعه اقتصادی، کیفیت محیط زیست همراه با افزایش رشد اقتصادی، بهبود می یابد (زراء نژاد، ۱۴۰۲). علت این امر آن است که بعد از گذر از یک حد آستانه ای از رشد اقتصادی، از یک سو، ساختار اقتصادی به سمت صنایع و خدمات دانش محور سوق می یابد و از سوی دیگر، آگاهی درباره حفاظت از محیط زیست افزایش می یابد. بنابراین، این فرضیه، یک رابطه به شکل U معکوس بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست در نظر می گیرد. 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 نهاده ها و اثر فناوری شناخته شده اند. در کانال اثر مقیاس، افزایش تولید با سطح معینی از فناوری و نسبت نهاده ها منجر به آلودگی محیط زیست می شود و بنابراین، براساس این کانال، رابطه بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست مثبت است. براساس اثر ترکیب نهاده ها، با افزایش نهاده های آسیب زا، تأثیر مخرب رشد اقتصادی بر محیط زیست افزایش می یابد. در کانال مربوط به اثر فناوری، با تغییر فناوری تولید و پیشرفت تولید به سمت فناوری پاک، آلودگی ناشی از تولید کاهش می یابد (بهبودی و برقی گلعذانی، ۱۳۸۷). در مقابل مطالعاتی همچون شفیق^۳ (۱۹۹۴) و هالتز-ایکین و سلدن^۴ (۱۹۹۵) استدلال می کنند که در هر شرایطی رشد اقتصادی منجر به انتشار آلاینده ها می گردد و

بین این دو متغیر رابطه یکنواخت و مثبت وجود دارد. صنعتی شدن اقتصاد نیز عامل دیگری است که می تواند کیفیت محیط زیست را تحت تأثیر قرار دهد. براساس دیدگاه نمایر^۵ (۲۰۰۳)، بخش تولید آلوده کننده تر از بخش خدمات است. بنابراین، صنعتی شدن می تواند در کنار بهبود رشد اقتصادی، منجر به افزایش آلودگی محیط زیست گردد. همچنین، براساس مطالعات پیشین، تراکم جمعیت نیز عامل تعیین کننده ای در کیفیت محیط زیست است. براساس مطالعاتی همچون بورقسی^۶ (۲۰۰۰) و کلیک^۷ (۲۰۰۲) تراکم جمعیت از طریق افزایش تقاضای زمین های کشاورزی، مصرف انرژی و آب، به افزایش آلاینده ها و کاهش کیفیت محیط زیست کمک می کند.

۳ پیشینه تجربی

چن و همکاران^۸ (۲۰۱۸) تأثیر مقررات محیط زیست، اقتصاد سایه و فساد بر کیفیت محیط زیست را در چین در دوره زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۲ بررسی کردند. این مطالعه با به کارگیری روش رگرسیون گشتاورهای تعمیم یافته (GMM) به این نتیجه رسیده است که مقررات زیست محیطی سختگیرانه و سطح اقتصاد سایه به طور مثبت با آلودگی محیط زیست چین ارتباط دارند. با این حال، نتایج همچنین نشان می دهد که کنترل زیست محیطی سخت گیرانه تر به کاهش آلودگی در سطح معینی از اقتصاد سایه کمک می کند. علاوه بر این، متغیرهای فساد و توسعه صنایع ثانویه، منجر به افزایش تخریب محیط زیست می گردند. در مقابل، افزایش هزینه تحقیق و توسعه در عملیات صنعتی سازگار با محیط زیست می تواند به کاهش آلودگی کمک کند.

⁵ Neumayer

⁶ Borghesi

⁷ Klick

⁸ Chen et al

¹ Grossman and Krueger

² Environmental Kuznets Curve

³ Shafik

⁴ Holtz-Eakin and Selden

ای، بعد از یک نقطه آستانه‌ای، تأثیر جهانی‌شدن، تجارت و اندازه بازار بر انتشار آلاینده‌ها مهم‌تر است.

طیب سهیل و همکاران^۳ (۲۰۲۱) با به‌کارگیری روش ARDL و داده‌های مربوط به کشورهای جنوب آسیا بین سال‌های ۱۹۹۱-۲۰۱۹ اثرات متقارن و نامتقارن اقتصاد سایه را بر انرژی پاک و آلودگی هوا مورد مطالعه قرار دادند. یافته‌های حاصل از این پژوهش بیان‌گر این است که یافته‌های کوتاه‌مدت ARDL برای مدل انرژی پاک نشان می‌دهد که اقتصاد سایه مصرف انرژی پاک را در پاکستان و سریلانکا افزایش می‌دهد، درحالی‌که 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. به‌علاوه نتایج غیرخطی ARDL نشان می‌دهد که مؤلفه‌های مثبت اقتصاد سایه به‌طور قابل توجهی مصرف انرژی پاک را تنها در پاکستان افزایش می‌دهد. باین‌حال، مؤلفه‌های منفی اقتصاد سایه در همه کشورهای جز سریلانکا و نپال منفی است. با وجود این، جزء منفی بخش غیررسمی اقتصاد باعث کاهش انتشار CO₂ در هند و افزایش انتشار CO₂ در بنگلادش و نپال می‌شود.

چو و هوانگ^۴ (۲۰۲۲) رابطه بین اقتصاد سایه و کیفیت محیط زیست را در کشورهای OECD در دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ با به‌کارگیری 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 براساس آزمون علیت، جهت این رابطه از سمت اقتصاد سایه به سمت آلودگی محیط زیست است. همچنین، اثرات زیست‌محیطی متغیرهای بازبودن

هوین^۱ (۲۰۲۰) با استفاده از آمار و اطلاعات ۲۲ کشور درحال توسعه آسیایی در دوره زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ و با به‌کارگیری روش رگرسیون داده‌های تابلویی با اثرات ثابت و روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی، به بررسی تأثیر اقتصاد سایه بر آلودگی هوا و نقش سیاست مالی را در تعدیل این رابطه 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 را بر کیفیت محیط زیست کاهش دهد. به‌طور خاص، براساس نتایج مطالعه مذکور، افزایش مخارج دولت تأثیر مثبت اقتصاد سایه را بر آلودگی هوا کاهش می‌دهد، اما افزایش مالیات آن را تشدید می‌کند، اما تأثیر منفی مخارج دولت در مقایسه با تأثیر مثبت مالیات، بیشتر است.

سد میکووا و همکاران (۲۰۲۱) با به‌کارگیری آزمون هم‌انباشتگی جوهانسون و روش ARDL و با استفاده از آمار و اطلاعات کشورهای اتحادیه اروپا و اوکراین در بازه زمانی ۲۰۰۵-۲۰۱۶ به بررسی رابطه بین مصرف انرژی و سطح اقتصاد سایه پرداختند. نتایج این مطالعه تأثیر معنی‌دار فعالیت‌های اقتصادی سایه را بر مصرف انرژی تأیید و وابستگی آن‌ها را به پیشرفت علمی و فناوری کشور 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.

شائو و همکاران^۲ (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر زیست-محیطی اقتصاد سایه، جهانی‌شدن، تجارت و اندازه بازار در ۱۳۴ کشور در دوره زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸ پرداخته و با به‌کارگیری رویکرد رگرسیون آستانه‌ای و روش رگرسیون بلندمدت FMOLS داده‌های تابلویی دریافتند که در کوتاه‌مدت و بلندمدت، اقتصاد زیرزمینی تأثیر منفی بر انتشار گازهای آلاینده محیط زیست دارد. همچنین، براساس نتایج برآورد آستانه-

³ Tayyab Sohail et al

⁴ Chu and Hoang

¹ Huynh

² Shao et al

تجارت، شدت انرژی، انرژی تجدیدپذیر و درآمد نیز در سطوح مختلف آلودگی، یکسان نیستند.

سیلوا و همکاران^۱ (۲۰۲۳) با به کارگیری 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 بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ثابت و رگرسیون از داده‌های ۱۴۵ کشور از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۷ ارتباط بین اقتصاد سایه و انتشار دی‌اکسیدکربن را ارزیابی کردند. این مطالعه کشورها را به دو گروه تقسیم‌بندی کردند. گروه اول، شامل ۴۲ کشور بود که شامل اکثر کشورهای اتحادیه اروپا، بریتانیا و همچنین بزرگ‌ترین اقتصادهای توسعه یافته مانند ایالات متحده و ژاپن رُبود و گروه دوم، شامل ۱۰۳ کشور بود که اقتصاد ضعیف‌تری داشتند. این مطالعه فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس را برای مجموعه کل کشورها تأیید نمی‌کند. با وجود این، برای هر گروه از کشورها، به‌تنهایی فرضیه کوزنتس را تأیید می‌کنند. علاوه‌براین، 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 تأثیر اقتصاد سایه و مصرف انرژی را بر ردپای اکولوژیکی آندونزی مطالعه کردند. یافته‌های پژوهش مذکور تأیید می‌کند که هر دو عامل به‌طور 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^۲ (۲۰۲۴) با بهره‌گیری از داده‌های تابلویی کشورهای ASEAN و با به کارگیری رویکرد ARDL اثرات اقتصاد سایه و کیفیت نهادها را بر

آلودگی محیط زیست بررسی نموده و دریافتند که یک ارتباط هم‌انباشتگی بلندمدت بین متغیرهای مذکور وجود دارد. همچنین، براساس نتایج مطالعه مذکور، فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس به صورت یک رابطه N شکل تأیید می‌شود، 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 ازجمله ایران در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۲ 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 آلوده‌کننده محیط زیست اثر مثبت و معنی‌داری دارند؛ بدین معنی که رشد اقتصاد سایه‌ای بر شاخص‌های آلوده‌کننده محیط زیست ازجمله انتشار دی‌اکسیدکربن، مصرف سوخت فسیلی و مساحت جنگل به‌ترتیب با ضرایب ۰/۹۱، ۰/۴۷، ۰/۵۳ تأثیر می‌گذارد.

زروکی و همکاران (۱۴۰۰) با به کارگیری رهیافت تانزی و با بهره‌گیری از آمار و اطلاعات ایران در دوره زمانی ۱۳۵۷-۱۳۹۸ حجم اقتصاد زیرزمینی را برآورد کردند و همچنین، با استفاده از روش خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی خطی (ARDL) و غیرخطی (NARDL) تأثیر 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 را بر مصرف انرژی نشان می‌دهد؛ به این

² Butt et al¹ Silva et al

دریافتند که اقتصاد سایه و حاکمیت قوانین رابطه مستقیم با آلودگی دارد. همچنین، براساس نتایج مطالعه مذکور، اثر بازخوردی حاکمیت قوانین و اقتصاد سایه منجر به کاهش آلودگی می‌شود.

۴ روش مطالعه

هدف پژوهش حاضر، ارزیابی تأثیر اقتصاد سایه و مصرف انرژی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در ایران در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۲ با به‌کارگیری روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) است. 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.

معادله (۱)

$$CO_2 = f(SH, ENER, GDP)$$

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 اشنايدر^۱ (۲۰۱۸) معرفی می‌شود. 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) براساس تأیید تأثیر مجموعه‌ای از متغیرها بر آن می‌پردازد. برای گردآوری این شاخص، از پایگاه داده‌ها اقتصاد جهانی^۲ استفاده شده است.

ENER: مصرف انرژی سرانه

GDP: نرخ رشد تولید ناخالص داخلی

در این میان، در راستای افزایش قابلیت اعتماد نتایج و براساس مطالعات پیشین، تأثیر کوتاه‌مدت دو متغیر تراکم جمعیت (POP) و شاخص صنعتی-

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 درحال توسعه طی سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۰ تأثیر اقتصاد سایه، جهانی‌شدن اطلاعات، تجارت و اندازه بازار بر انتشار گازهای آلاینده را تجزیه و تحلیل کردند. 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 به‌کارگیری 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 درحال توسعه در دوره زمانی ۲۰۰۹-۲۰۲۰ پرداخته و

² www.theglobaleconomy.com

¹ Medina and Schneider

معادله (۲)

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

در اینجا، ε_t نشان‌دهنده جمله خطا، Δ نشان-دهنده تفاضل و r_1, q_1, p_1, m_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:

$$\begin{aligned} H_0: a_1 = b_1 = c_1 = d_1 = e_1 = f_1 = 0 \\ H_1: a_1 \neq 0, b_1 \neq 0, c_1 \neq 0, d_1 \neq 0, e_1 \neq 0, f_1 \neq 0. \end{aligned}$$

در این آزمون که توسط پسران و همکاران (۲۰۰۱) برای تعیین وجود یا عدم وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها ارائه شده، دو کرانه بحرانی مطرح شده است. کرانه بالایی برای سری زمانی $I(1)$ و کرانه پایین برای سری زمانی $I(0)$ می‌باشد. اگر مقدار آماره

شدن (IND) (درصد ارزش افزوده بخش صنعت از کل تولید ناخالص داخلی) به عنوان متغیرهای برون‌زا در نظر گرفته می‌شود. در این پژوهش، برای جمع-آوری داده‌های سری زمانی مربوط به انتشار دی-اکسیدکربن، مصرف انرژی، ارزش افزوده بخش صنعت، رشد اقتصادی و تراکم جمعیت از پایگاه داده‌های بانک جهانی^۱ و برای گردآوری شاخص اقتصاد سایه از پایگاه داده‌ها اقتصاد جهانی^۲ استفاده شده است.

برای تخمین مدل و ارزیابی رابطه بلندمدت و کوتاه‌مدت متغیرهای مذکور با انتشار دی-اکسیدکربن در این پژوهش، رویکرد آزمون کرانه‌ای ARDL استفاده می‌گردد. روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) اولین بار توسط پسران و شین^۳ (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. درواقع، روش ARDL صرف‌نظر از اینکه متغیرهای مورد استفاده در مدل از نوع $I(0)$ یا $I(1)$ هستند، قابل کاربرد است. علاوه-براین، این رویکرد برای نمونه‌های 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، برآوردگرهای 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 مقادیر گذشته سایر متغیرهای مستقل نیز تصریح می‌شود (چرنی و جوینی^۴، ۲۰۱۷). به پیروی از پسران و همکاران (۲۰۰۱)، مدل کلی رهیافت ARDL برای معادله (۱) را می‌توان به صورت معادله (۲) نوشت.

³ Pesaran and Shin⁴ Cherni and Jouini¹ www.worldbank.org² www.theglobaleconomy.com

معادله (۴)

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

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).

۵ یافته‌ها

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

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)

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

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

جدول ۱. نتایج آزمون ریشه واحد

متغیر	آماره آزمون ADF	ارزش احتمال آزمون ADF
انتشار دی اکسید کربن سرانه (CO2)	-۲/۰۱۶	۰/۲۷۹۴
تفاضل مرتبه اول انتشار دی اکسید 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

گزارش شده است. شایان ذکر است که متغیر توان دوم رشد اقتصادی در راستای بررسی فرضیه زیست محیطی کوزنتس به دلیل عدم معنی داری حذف شده است.

بعد از بررسی ریشه واحد متغیرهای، به برآورد الگو و روابط بلندمدت و کوتاه مدت متغیرها پرداخته می شود. نتایج حاصل از برآورد بلندمدت در جدول (۲) و نتایج حاصل از برآورد کوتاه مدت در جدول (۳)

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

بنابراین، این امر منجر به افزایش انتشار گاز دی اکسید کربن می شود. این نتیجه منطبق بر بسیاری از مطالعات نظری و تجربی پیشین از قبیل بیسواس و همکاران (۲۰۱۲)، بلکمن (۲۰۰۰)، مداح و محمدنیا سروی (۱۳۹۵) می باشد. علاوه بر این، مصرف انرژی نیز تأثیر مثبت و معنی داری بر انتشار گاز دی اکسید کربن دارد. این نتیجه نشان می دهد که افزایش مصرف انرژی از طریق افزایش استفاده از سوخت های فسیلی به کیفیت محیط زیست آسیب می رساند و نقش قابل توجهی در انتشار گاز دی اکسید کربن دارد. رابطه مثبت بین مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن نیز منطبق بر بسیاری از مطالعات پیشین از جمله مایر و کنت (۲۰۰۰)، شیم (۲۰۰۶) و نصراللهی و غفاری (۱۳۸۸) است. متغیر

براساس جدول (۲)، متغیر اقتصاد سایه در سطح معنی داری ۵ درصد و متغیرهای مصرف انرژی و رشد اقتصادی در سطح معنی داری ۱۰ درصد، معنی دار هستند. مشاهده می گردد که در بلندمدت، اقتصاد سایه تأثیر مثبت و معنی داری بر انتشار دی اکسید کربن داشته اند. این بدان معنی است که افزایش اندازه اقتصاد سایه در بلندمدت به دلیل اثر مقررات زدایی منجر به کاهش کیفیت محیط زیست می گردد. درواقع، هرچه اندازه اقتصاد سایه در کشور ایران بیشتر شود، تعداد واحدهای اقتصادی غیررسمی کوچکی که از فناوری های آلاینده، زیرساخت های بهداشتی ضعیف و نهادهای غیرکارا استفاده می کنند و محدودیت به رعایت قوانین زیست محیطی نیز ندارند، افزایش می یابد و

پیشین از قبیل شفیق (۱۹۹۴) و هالتز-ایکین و سلدن (۱۹۹۵) است. همچنین ضریب تصحیح خطای مدل، ۰/۹۴۹- می‌باشد. با توجه به اینکه ضریب مذکور منفی بوده و از لحاظ جبری، کوچک‌تر از ۱ است، می‌توان گفت که نتایج حاصل از رگرسیون بلندمدت، قابل اعتماد است و در هر دوره حدود ۹۵ درصد از انحراف کوتاه‌مدت، تعدیل می‌شود. نتایج برآورد کوتاه‌مدت مدل نیز در جدول (۳) قابل مشاهده است.

رشد اقتصادی نیز تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. این امر نشان می‌دهد که کشور ایران از مراحل اولیه توسعه اقتصادی بیان‌شده در منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در راستای دست-یابی 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 کرد که در ایران، اثر مقیاس و اثر ترکیب نهاده‌ها بر اثر فناوری غالب است. این نتیجه منطبق بر برخی مطالعات

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

کوتاه‌مدت، بنا به 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، به‌طور موقت منجر به بهبود کیفیت محیط زیست می‌شود. این

براساس جدول (۳)، مدل مورد بررسی براساس معیار آکائیک، $ARDL(1,4,4)$ است. مشاهده می‌گردد که در کوتاه‌مدت، 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

نتیجه منطبق بر دیدگاه برخی مطالعات از جمله زروکی و همکاران (۱۴۰۰) است. همچنین، مصرف انرژی و رشد اقتصادی طبق انتظار در کوتاه مدت نیز رابطه مثبتی با انتشار گاز دی اکسید کربن دارند. براساس جدول، متغیرهای تراکم جمعیت و صنعتی شدن نیز تأثیر کوتاه مدت مثبت و معنی داری بر انتشار گاز دی اکسید کربن دارند. می توان بیان کرد که صنعتی شدن به دلیل عدم استفاده از فناوری های پاک در فرآیند 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 سوخت های فسیلی و در نتیجه افزایش آلودگی محیط زیست همراه با صنعتی شدن اشاره کرده اند، سازگار است. علاوه بر این، رابطه مثبت بین صنعتی شدن و انتشار دی اکسید کربن، تأییدی بر سایر مطالعات از قبیل نمایر (۲۰۰۳) و امامی میبدی و همکاران (۱۳۹۳) نیز می-

باشد. تأثیر مثبت تراکم جمعیت بر انتشار گاز دی اکسید کربن را نیز می توان این گونه توضیح داد که با افزایش تراکم جمعیت، تقاضا برای خوراک، پوشاک و مسکن افزایش می یابد. این امر منجر به افزایش بهره برداری از زمین های کشاورزی، مصرف انرژی، جنگل زدایی و مسائلی از این قبیل می گردد و بنابراین، به کاهش کیفیت محیط زیست می انجامد. 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 کرانه ای باند انجام شده و نتایج آن، در جدول (۴) گزارش شده است. با توجه به اینکه F محاسبه شده بزرگ تر از کرانه بالا می باشد و بنابراین در هر سه سطح معنی داری، فرضیه عدم هم انباشتگی رد می شود، می توان بیان کرد که هم انباشتگی بلندمدت بین متغیرها وجود دارد.

جدول ۴. نتایج آزمون باند مدل

نتیجه	کرانه پایین I(0)	کرانه بالا I(1)	
رد فرضیه صفر	۵/۴۷۸	۷/۵۱۱	۱٪
رد فرضیه صفر	۳/۶۸۳	۵/۲۰۴	۵٪
رد فرضیه صفر	۲/۹۶۵	۴/۲۷۴	۱۰٪
F محاسبه شده	۱۰/۱۳۱		هم انباشتگی بلندمدت وجود دارد.

شایان ذکر است که در راستای اطمینان از قابلیت اعتماد مدل برآورد شده، آزمون علیت گرنجری

متغیرهای مورد بررسی انجام می گیرد. 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.

مثبت مصرف انرژی بر انتشار دی اکسید کربن تأییدی بر مطالعاتی همچون مایر و کنت (۲۰۰۰)، شیم (۲۰۰۶) و نصراللهی و غفاری (۱۳۸۸) بوده و تأثیر مثبت رشد اقتصادی بر انتشار دی اکسید کربن تأییدی بر برخی مطالعات پیشین از قبیل شفیق (۱۹۹۴) و هالتز-ایکین و سلدن (۱۹۹۵) می باشد. علاوه بر این، مطالعات نشان می دهد که در کوتاه مدت، تراکم جمعیت و صنعتی شدن نیز بر انتشار CO₂ تأثیر مثبت و معنی داری دارند. براساس نتایج پژوهش حاضر، پیشنهادات سیاستی زیر ارائه می گردد:

- دولت باید رسمی کردن فعالیت های اقتصادی را در اولویت قرار دهد. این سیاست از طریق اقداماتی همچون ساده سازی فرآیند ثبت نام و کاهش موانع بوروکراتیک، ارائه مشوق های مالیاتی و دسترسی به خدمات مالی عملی می گردد. این اقدامات، مشاغل را وارد اقتصاد رسمی و امکان اجرای استانداردهای بهره وری انرژی را نیز فراهم می کند.
- دولت باید کمپین های هدفمندی را برای افزایش آگاهی در مورد مزایای بلندمدت رسمی سازی فعالیت های اقتصادی، از جمله دسترسی به حمایت های دولتی، افزایش ثبات کسب و کار، و بهبود شیوه های مصرف انرژی و در نتیجه، کاهش هزینه ها در طول زمان، راه اندازی کند.
- در راستای کاهش مصرف انرژی بدون نظارت در بخش های غیررسمی، دولت باید استانداردهای سختگیرانه تری را برای بهره وری انرژی با تمرکز بر صنایع آلاینده اعمال کند. این استانداردها می تواند شامل حسابرسی انرژی اجباری برای مشاغل و اعمال مجازات برای عدم رعایت آنها باشد.
- سیاست گذاران دولتی می توانند اقداماتی در راستای پذیرش منابع انرژی تجدیدپذیر

مشاهده می گردد که فرضیه صفر عدم وجود علیت از سمت دو متغیر اقتصاد سایه و رشد اقتصادی به سمت انتشار دی اکسید کربن در سطح معنی داری ۵ درصد و فرضیه صفر عدم وجود علیت از سمت متغیر مصرف انرژی به سمت انتشار دی اکسید کربن در سطح معنی داری ۱۰ درصد رد می شود. بنابراین هر سه متغیر علت گرنجری انتشار CO₂ هستند.

۶ بحث و نتیجه گیری

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 دهه های اخیر، محققان و تحلیل گران اقتصادی به دنبال ارائه راهکارهایی برای افزایش کیفیت محیط زیست بوده اند. بر اساس این، با توجه به اینکه از یک سو، شناسایی علل و عوامل انتشار گازهای گلخانه ای به ویژه دی اکسید کربن، یکی از پیش شرط های اساسی برای ارائه راهکارهای کاهش تخریب محیط زیست به شمار می رود و از سوی دیگر، اندازه اقتصاد سایه می تواند نقش قابل توجهی در انتشار گاز دی اکسید کربن داشته باشد، مطالعه حاضر به دنبال بررسی تأثیر اقتصاد سایه بر انتشار گاز دی اکسید کربن با تأکید بر نقش مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۲ با به کارگیری رویکرد ARDL بوده است. نتایج حاصل از برآورد مدل نشان می دهد که در بلندمدت، اقتصاد سایه تأثیر مثبت و معنی داری بر انتشار CO₂ دارد. درواقع، افزایش اندازه اقتصاد سایه منجر به افزایش واحدهای غیررسمی می گردد که از فناوری های قدیمی آلاینده استفاده می کنند و زیرساخت های بهداشتی ضعیفی دارند. این امر باعث می شود که افزایش شاخص اقتصاد سایه منجر به اثرات مخرب زیست محیطی 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 CO₂ می شوند. تأثیر

بهره‌گیری از منابع و کنترل انتشار CO₂، یک چارچوب نظارتی جامع ایجاد کند که بر اساس آن، همه کسب‌وکارها ملزم به رعایت محدودیت‌های 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 و نویسنده دوم محاسبات و نگارش را انجام داده است.

تضاد منافع

هیچ تضاد منافی وجود ندارد.

ازجمله انرژی خورشیدی و باد، اتخاذ گردد. به‌عنوان مثال، دولت می‌تواند برای کسب-وکارهایی که در حال‌گذار به انرژی‌های تجدیدپذیر هستند، به‌ویژه واحدهایی که از اقتصاد سایه بیرون می‌آیند، یارانه و وام کم-بهره 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، ازجمله مدیریت پسماند،

منابع

- 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.
- 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 Environmental 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 Science and 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.
- Eregba, 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 Environment*, 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 Approach. *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 Siuth-west 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>
- 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 Economy. *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 Hasan-zadeh, K. (2023). Investigating the Effect of Asymmetric Shocks of the Shadow Economy on Energy Consumption in Terms of Financial Development in Iran. *Quarterly 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 Subsidies 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 Seyyedkolaei, 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 Persian).