



Analyzing the Asymmetric Effect of Income per Capita, Capital Inflow, and Oil Price on CO2 Emission in IRAN : NARDL Approach

Seyed Kamal Sadeghi¹ , Haidar Hamid Rashid Aj Aj²

1. Corresponding Author, Professor of Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran. seyedkamal-sadeghi@tabrizu.ac.ir

2. Phd student in Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran.. haidarhamid369@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	This study examines the asymmetric effects of per capita income, oil prices, industrial value added, and foreign direct investment on CO2 emissions in Iran through a non-linear distributed lag autoregression model (NARDL) from 1989 to 2023. This study also discusses the pollution safe haven hypothesis and the Kuznets U-shaped curve simultaneously and asymmetrically for Iran. Based on the results of this study, only the per capita income variable has a linear relationship with CO2 emissions, while the other variables have a non-linear relationship. The model results showed that OPEC oil prices have an inverse relationship with pollution emissions only in positive shocks. For the foreign investment variable, only a negative shock positively affects pollution emissions, which indicates that Iran is not a pollution-safe haven for other countries. Also, industrial value added only has a positive effect on positive shocks. On the other hand, per capita income has a negative effect on pollution emissions. Finally, this study's findings showed that the U-shaped Kuznets curve is not true for Iran
Article history: Received: September 2024 Accepted: March 2025	
JEL: C22, O40, D63.	
Keywords: Co2, NARDL, Kuznets curve.	
Cite this article: Sadeghi, s. k., & Rashid Aj Aj, H. H. (2025). Analyzing the Asymmetric Effect of Income per Capita, Capital Inflow, and Oil Price on CO2 Emission in IRAN: NARDL Approach. <i>Applied Theories of Economic</i> , 11(4), 137-154. http://doi.org/10.22034/ecoj.2025.63212.3343 .	
	© The Author(s). DOI: 10.22034/ecoj.2025.63212.3343.
	Publisher: University of Tabriz

Introduction

The energy sector has a major contribution to industrial and economic activities, and industrial growth causes an increase in energy consumption and a decrease in environmental quality. One of the most important issues in reducing the quality of life in this century is climate change, which is considered a threat to the environment because it brings various environmental problems. The environmental impact of economic development is based on a dual assumption called the Environmental Kuznets Curve (EKC) by Grossman and Kruger (1995). It identifies an inverted U-shaped relationship between the level of growth and greenhouse gas emissions (economic and CO₂), whereby population pollution across a country increases as the economy grows up to a certain level, whereas the country enjoys increasing prosperity itself decreases again. Iran's economy heavily depends on the oil and gas sector, making it vulnerable to global oil price fluctuations and international sanctions. By addressing CO₂ emissions and investing in renewable energy sources, Iran can diversify its economy and reduce its dependence on fossil fuels. This diversification can increase economic stability and resilience to external shocks while creating new job opportunities in the green energy sector. In recent years, Iran has always been one of the world's largest exporters of oil and gas. This gives the country easy access to fossil fuels. Fuels are the main source and cause of air pollution. On the other hand, many other factors affect CO₂ emission. Factors that return to economic growth. Since Iran is a developing country, wrong policies should also be adopted in this sector, which will lead to pollution. For example, as stated, one of these policies is to pay attention to continuous domestic growth. In this case, they provided evidence of an inverted U-shaped relationship between greenhouse gas emissions and the economic growth of a country, which is called the hypothesis of the Environmental Kuznets Curve (EKC). There have been various studies on the fixed linear effects of variables affecting pollution and carbon dioxide diffusion, but the non-linear relationship of these variables with pollution has never been discussed. As a result, it seems logical that this existing gap should be filled. In this regard, in this study, the asymmetric relationship between per capita incomes, oil price, the added value of the industrial sector, and foreign direct investment on CO₂ emissions in Iran is investigated through the autoregression model with breaks. Distributed non-linear (NARDL) was paid from 1989 to 2023.

Methodology

So far, no study has discussed the effect of these variables in a non-linear manner, and this study discusses both the pollution safe haven hypothesis and the U-shaped Kuznets curve simultaneously and asymmetrically for Iran with the NARDL method.

Results and Discussion

Based on the results obtained from this research, it can be seen that only the per capita income variable has a linear relationship with CO₂ emissions, while the other variables have a non-linear relationship.

Other research findings showed that the OPEC oil price has an inverse relationship with the emission of pollution in positive shocks, while the negative oil price shocks have no relationship with the emission of pollution. The relationship between positive oil price shocks and CO₂ emissions is complex and can vary depending on various factors, including economic behavior, energy consumption patterns, and technological adaptations.

Another important finding is the impact of foreign direct investment on the spread of pollution. Based on the results, it can be seen that the positive shock has no effect on pollution, while the negative shock of direct investment has a positive effect on the spread of pollution. This is proof that Iran is not a safe haven for foreign investors.

As mentioned in this research, in addition to examining the pollution shelter hypothesis, Kuznets' inverted U-shaped hypothesis has also been investigated in Iran. To check this theory, the second power of per capita income has been included in the model. The results show that the coefficient of this variable on pollution is positive and, of course, significant. Although its positive effect is very small, this finding emphasizes the rejection of the U-shaped hypothesis between per capita income and pollution.

The added value of the industrial sector also shows a completely asymmetric behavior. This means that the effects of this variable in positive shocks have a positive effect on air pollution, while in negative shocks, it has a negative effect on the spread of pollution in the country, so policymakers should pay close attention to this part of the economy.



تحلیل تاثیر نامتقارن درآمدرسرا نه، جریان ورودی سرمایه و قیمت نفت بر انتشار CO₂ در ایران: رویکرد NARDL

سید کمال صادقی^۱، حیدر حمید رشید عجم^۲

۱. نویسنده مسئول، استاد گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: sk.sadeghi@gmail.com

۲. دانشجوی دکتری گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: ahaidarhamid369@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	این پژوهش در تلاش است تا تاثیرات نامتقارن درآمدرسرا نه، قیمت نفت، ارزش افزوده بخش صنعت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار CO ₂ در ایران را از طریق مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیع‌شده غیرخطی (NARDL) طی دوره ۱۳۶۸ تا ۱۴۰۲ مورد بررسی قرار دهد. همچنین در این مطالعه سعی می‌شود هردو فرضیه پناهگاه امن آلودگی و منحنی U شکل کوزنتس به طور همزمان و نامتقارن برای ایران مورد بحث قرار گیرد. براساس نتایج بدست آمده از این تحقیق تنها متغیر درآمدرسرا نه ارتباط خطی با انتشار CO ₂ دارد؛ درحالی که سایر متغیرها دارای ارتباط غیرخطی هستند. نتایج مدل نشان داد که قیمت نفت اوپک تنها در شوک‌های مثبت با انتشار آلودگی رابطه عکس دارد. برای متغیر سرمایه‌گذاری خارجی تنها شوک منفی دارای اثری مثبت بر انتشار آلودگی است که این نشان دهنده این است که ایران پناهگاه امن آلودگی سایر کشورها نمی‌باشد. همچنین ارزش افزوده بخش صنعت هم تنها در شوک‌های مثبت اثر مثبت را دارد. از طرفی درآمدرسرا نه دارای اثری منفی بر انتشار آلودگی است. در نهایت یافته‌های این تحقیق نشان داد که منحنی U شکل کوزنتس برای ایران صادق نمی‌باشد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۶	
JEL: F64، F62، Q53.	
واژه‌های کلیدی: دی اکسید کربن، خود رگرسیون با وقفه‌های توزیع شده نامتقارن، منحنی کوزنتس.	

استناد: صادقی، سید کمال و رشید عجم، حیدر حمید (۱۴۰۳). تحلیل تاثیر نامتقارن درآمدرسرا نه، جریان ورودی سرمایه و قیمت نفت بر انتشار CO₂ در ایران: رویکرد NARDL. نظریه‌های کاربردی اقتصاد، ۴(۱۱)، ۱۳۷-۱۵۴.

DOI: 10.22034/eco.j.2025.63212.3343

حق مؤلف © نویسنده‌گان.

ناشر: دانشگاه تبریز



۱- مقدمه

بخش انرژی به عنوان یکی از ستون‌های اصلی فعالیت‌های صنعتی و اقتصادی، نقش محوری در توسعه کشورها ایفا می‌کند. رشد صنعتی که اغلب با افزایش تقاضا برای انرژی همراه است، به‌ویژه در کشورهایی مانند ایران که به منابع سوخت‌های فسیلی وابسته‌اند، می‌تواند به تشدید مصرف انرژی و در نتیجه کاهش کیفیت محیط زیست منجر شود (ناتانیال و همکاران^۱، ۲۰۲۰، حاتم راد و همکاران^۲، ۱۴۰۱). در قرن بیست و یکم، یکی از جدی‌ترین تهدیدها برای کیفیت زندگی بشر، تغییرات اقلیمی است که با ایجاد دگرگونی‌هایی در الگوهای آب‌وهوایی، اکوسیستم‌ها و جوامع انسانی را به چالش می‌کشد. این تغییرات، که ریشه در افزایش گازهای گلخانه‌ای دارند، مشکلاتی چون رویدادهای شدید جوی مانند طوفان، سیل و خشکسالی را به دنبال داشته و به عنوان تهدیدی جدی برای محیط‌زیست و پایداری جهانی شناخته می‌شوند (اوزکان و همکاران^۳، ۲۰۱۹). در میان گازهای گلخانه‌ای، دی‌اکسید کربن (CO₂) به عنوان عامل اصلی گرمایش جهانی مورد توجه قرار گرفته است. بسیاری از اقتصاددانان و کارشناسان محیط‌زیست، از جمله گوزگور^۴ (۲۰۱۷) و بک و کیم^۵ (۲۰۱۳)، گرمایش جهانی را بزرگ‌ترین چالش پیش روی بشریت توصیف کرده‌اند که می‌تواند نسل‌های آینده را با خطر نابودی مواجه کند. گزارش‌های هیات بین‌دولتی تغییرات اقلیمی^۶ (IPCC)، نیز نشان می‌دهد که انتشار CO₂ طی دو دهه اخیر به سرعت افزایش یافته و مسئول بخش عمده اثرات گلخانه‌ای است. استرن (۲۰۰۷) در ارزیابی خود، خسارات اقتصادی ناشی از گرمایش زمین را فراتر از مجموع زیان‌های جنگ‌های جهانی اول و دوم برآورد کرده و بر ضرورت اقدام فوری برای مهار این بحران تأکید ورزیده است. این پیامدها تنها به حوزه اقتصاد محدود نمی‌شود؛ تغییرات اقلیمی با افزایش دما و تغییر الگوهای بارش، بهره‌وری کشاورزی را کاهش داده، امنیت غذایی را تهدید می‌کند و با ذوب یخ‌های قطبی و بالا آمدن سطح دریاها، جوامع ساحلی و تنوع زیستی را در معرض خطر قرار می‌دهد. علاوه بر این، تغییرات اقلیمی ابعاد اجتماعی و عدالت‌محور نیز دارد. جوامع کم‌درآمد و کشورهای در حال توسعه، که اغلب فاقد منابع کافی برای سازگاری با شرایط متغیر یا جبران خسارات زیست‌محیطی هستند، به‌طور نامتناسبی از اثرات منفی آلودگی و گرمایش جهانی رنج می‌برند (IPCC، ۲۰۲۱). این نابرابری‌ها، همراه با تهدیداتی که متوجه تنوع زیستی و خدمات اکوسیستمی (مانند گرده‌افشانی، تصفیه آب و تنظیم بیماری‌ها) است، ضرورت توجه به محرک‌های انتشار CO₂ را دوچندان کرده است. از این رو، دستیابی به رشد پایدار و کاهش اثرات گرمایش جهانی، پژوهشگران و سیاست‌گذاران را به سمت بررسی دقیق‌تر عوامل مؤثر بر انتشار CO₂ سوق داده تا از این طریق بتوانند سیاست‌هایی مؤثر برای بهبود کیفیت محیط‌زیست طراحی کنند. تلاش‌های جهانی برای مقابله با این بحران نیز سابقه‌ای طولانی دارد. در سال ۱۹۹۷، پروتکل کیوتو به عنوان یکی از مهم‌ترین توافق‌نامه‌های بین‌المللی با امضای ۱۹۲ کشور، از جمله ایران، شکل گرفت تا انتشار شش گاز گلخانه‌ای کلیدی، شامل CO₂، متان (CH₄)، اکسید نیتروژن (N₂O)، هیدروفلوئوروکربن‌ها (HFCs)، پرفلوئوروکربن‌ها (PFCs) و هگزا فلوراید گوگرد (SF₆) را کنترل کند (هالچیگلو^۷، ۲۰۰۹). با این حال، مطالعه حاضر به‌طور خاص بر CO₂ تمرکز دارد، زیرا این گاز به دلیل حجم بالای انتشار و ارتباط مستقیم با مصرف سوخت‌های فسیلی، مهم‌ترین شاخص تخریب محیط‌زیست محسوب می‌شود. پژوهش‌های متعددی، از جمله شریف و همکاران

^۱ Nathaniel et al.^۲ Hatam rad et al. (2022)^۳ Ozcan & et al.^۴ Gozgor^۵ Baek & Kim^۶ Intergovernmental Panel on Climate Change^۷ Halicioglu

(۲۰۱۹)، اردوغان و همکاران (۲۰۲۰) و فاطمه و همکاران (۲۰۲۰)، تأیید کرده‌اند که مصرف انرژی تجدیدناپذیر، به‌ویژه از طریق احتراق سوخت‌هایی مانند نفت، گاز و زغال‌سنگ، عامل اصلی افزایش انتشار CO_2 است (ارتور انتون^۱، ۲۰۲۰؛ لی و جیا^۲، ۲۰۲۰؛ اوسمانی و همکاران^۳، ۲۰۲۰). در این میان، رشد اقتصادی که هدف اصلی بسیاری از کشورها از جمله ایران است، به‌طور جدایی‌ناپذیری با مصرف انرژی گره خورده است. نظریه منحنی کوزنتس زیست‌محیطی (EKC)، ارائه‌شده توسط گروسمن و کروگر (۱۹۹۵)، رابطه‌ای U شکل معکوس میان رشد اقتصادی و آلودگی ترسیم می‌کند؛ به این معنا که با افزایش درآمد سرانه تا سطح معینی، انتشار گازهای گلخانه‌ای افزایش می‌یابد، اما پس از آن با بهبود فناوری و سیاست‌گذاری، این روند معکوس می‌شود. اقتصاد ایران، که به شدت به درآمدهای نفتی وابسته است، نه تنها در برابر نوسانات قیمت جهانی نفت و تحریم‌های بین‌المللی آسیب‌پذیر است، بلکه با چالش‌های زیست‌محیطی ناشی از این وابستگی نیز مواجه است. سرمایه‌گذاری در منابع انرژی تجدیدپذیر می‌تواند ضمن کاهش انتشار CO_2 ، به تنوع‌بخشی اقتصاد، افزایش ثبات و ایجاد فرصت‌های شغلی در بخش انرژی سبز منجر شود. با وجود مطالعات گسترده‌ای که تاکنون به بررسی اثرات خطی متغیرهایی نظیر درآمد سرانه، قیمت نفت و سرمایه‌گذاری بر انتشار CO_2 پرداخته‌اند، تحلیل روابط نامتقارن و غیرخطی این عوامل کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این شکاف پژوهشی، ضرورت استفاده از رویکردهای نوین را برای درک بهتر دینامیک‌های موجود برجسته می‌کند. بر این اساس، مطالعه حاضر با بهره‌گیری از مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی (NARDL)، به بررسی تأثیر نامتقارن درآمد سرانه، جریان ورودی سرمایه (سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی)، قیمت نفت و ارزش افزوده بخش صنعت بر انتشار CO_2 در ایران طی دوره ۱۳۶۸ تا ۱۴۰۲ می‌پردازد. این تحلیل نه تنها به روشن شدن اثرات مثبت و منفی این متغیرها کمک می‌کند، بلکه می‌تواند مبنایی برای سیاست‌گذاری‌های زیست‌محیطی و اقتصادی در راستای توسعه پایدار فراهم آورد.

در ادامه، مقاله به شرح ذیل می‌باشد: بخش ۲ مبانی نظری بیان گشته و سپس در بخش سوم مروری بر ادبیات و پیشینه تحقیق انجام گشته است، در بخش ۴ سعی شده تا در مورد عدم اطمینان و روش‌های میانگین‌گیری بیزین به طور خلاصه بحث گردد و در نهایت در بخش پایانی به نتیجه‌گیری و بحث پرداخته شده است.

۲- ادبیات موضوع

کشور ایران همواره جز بزرگترین صادرکنندگان نفت و گاز در دنیا بوده است. این خود باعث می‌شود تا این کشور به راحتی به سوخت‌های فسیلی دسترسی داشته باشد. این سوخت‌ها خود منشا و دلیل اصلی آلودگی هوا می‌باشند. از طرفی عوامل متعدد دیگری نیز بر پخش CO_2 تأثیرگذار است. عواملی که به رشد اقتصادی باز می‌گردد. ذینفعان اقتصادی در ایران با پیگیری سیاست‌های نادرست به آلودگی‌های شدید در سطح کشور دامن زده‌اند. سیاست‌های افزایش تولید بدون درونی‌سازی هزینه‌های داخلی برخی صنایع و بدون در نظر گرفتن مزیت‌های منطقه‌ای از جمله سیاست‌های تشدیدکننده وضعیت موجود هستند. در مبانی نظری این موضوع عموماً بر یک رابطه U شکل معکوس بین انتشار گازهای گلخانه‌ای و رشد اقتصادی یک کشور تأکید شده است که به عنوان فرضیه منحنی کوزنتس زیست‌محیطی (EKC) شناخته می‌شود، که یک کشور ممکن است تخریب محیط زیست را برای رشد اقتصادی افزایش دهد. از آن پس سیاست‌گذاران معمولاً به دنبال انرژی پاک برای رشد ممتد خواهند رفت تا با تثبیت نرخ رشد

¹ Arturo Antón

² Lin & Jia

³ Usmani et al.

میزان تخریب زیست محیطی کم و کمتر گردد. ایران کشوری در حال توسعه است و ممکن است بر اساس فرضیه کوزنتس همچنان در بخش صعودی نمودار یعنی افزایش تولید و افزایش آلودگی باشد و در نتیجه لازم است تا سیاست های درست جهت حفظ کیفیت محیط زیست اتخاذ نمود.

در انتخاب متغیرهای تحقیق بایستی در ابتدا گفته شود که همگرایی انتشار، مانند فرضیه EKC، در بین سیاست گذاران اهمیت دارد، زیرا نه تنها نشان دهنده مناسب بودن سیاست های اتخاذ شده است که اهداف اقتصادی را برآورده می کند، بلکه نگرانی های زیست محیطی را نیز مد نظر قرار می دهد (ساتو، ۲۰۱۴). در حالی که اکثر آثار ادبیات صرفاً رشد را به عنوان عوامل اصلی تعیین کننده انتشار کربن در نظر می گیرند، با این حال، ایتکونن (۲۰۱۲) دریافت که مدل انرژی-انتشار-خروجی (EEO) اثرات کل اقتصادی را کمتر از حد برآورد می کند. این خود منجر به یک باور بیش از حد خوش بینانه می شود که انتشار کربن از طریق رشد اقتصادی کاهش می یابد. در نتیجه در این تحقیق اثرات متغیرهای نرخ رشد اقتصادی، سرمایه گذاری مستقیم خارجی، قیمت نفت بر انتشار کربن دی اکسید مورد مطالعه قرار داده شده است. سرمایه گذاری مستقیم خارجی (FDI) می تواند به طور قابل توجهی بر انتشار CO₂ کشور میزبان از طریق کانال های مختلف تأثیر بگذارد. این تأثیرات بسته به ماهیت سرمایه گذاری، صنایع درگیر و محیط نظارتی کشور میزبان می تواند مثبت و منفی باشد. برای مثال سرمایه گذاری مستقیم خارجی می تواند منجر به انتقال فناوری های پیشرفته، پاک تر و کارآمدتر از کشورهای توسعه یافته به کشورهای در حال توسعه شود. شرکت های چندملیتی اغلب فناوری های برتر و شیوه های مدیریتی را ارائه می کنند که می تواند کارایی انرژی را بهبود بخشد و انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش دهد. و از طرفی می تواند منجر به افزایش فعالیت اقتصادی و تولید صنعتی شود که ممکن است منجر به مصرف انرژی و انتشار CO₂ بیشتر شود. این امر به ویژه در صنایع سنگین مانند فولاد، سیمان و مواد شیمیایی مشهود است. تأثیر FDI بر انتشار CO₂ نیز به محیط نظارتی کشور میزبان بستگی دارد. کشورهایی که مقررات زیست محیطی سختگیرانه دارند می توانند اثرات منفی افزایش فعالیت های صنعتی را با اجرای استانداردهای انتشار و ترویج شیوه های پایدار کاهش دهند. از مهمترین فرضیه های تأثیر منفی سرمایه گذاری خارجی بر آلودگی فرضیه ی پناهگاه آلودگی است. براساس این فرضیه شرکت های چند ملیتی ممکن است فعالیت های خود را با آلودگی شدید به کشورهایی با مقررات زیست محیطی ضعیف منتقل کنند و منجر به انتشار بیشتر CO₂ در آن کشورها شود (اصفهانی و نادری^۱، ۱۳۹۵).

رشد اقتصادی محرک اصلی توسعه یک کشور است، اما پیامدهای زیست محیطی قابل توجهی نیز دارد، به ویژه در مورد انتشار CO₂. رابطه بین رشد اقتصادی و انتشار CO₂ پیچیده است و تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله مرحله توسعه اقتصادی، ساختار اقتصاد، الگوهای مصرف انرژی و پیشرفت های تکنولوژیکی است. براساس فرضیه منحنی کوزنتس زیست محیطی (EKC)، رابطه بین رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست (از جمله انتشار CO₂) از یک U شکل معکوس پیروی می کند یعنی در مراحل اولیه توسعه اقتصادی، صنعتی شدن و شهرنشینی منجر به افزایش مصرف انرژی، عمدتاً از سوخت های فسیلی می شود. این منجر به انتشار بیشتر CO₂ می شود. اما پس از رسیدن به سطح معینی از درآمد سرانه، رابطه بین رشد اقتصادی و انتشار CO₂ تغییر می کند. اقتصادهای ثروتمندتر می توانند فناوری های پاک تری داشته باشند، مقررات زیست محیطی سخت تری را اجرا کنند و به سمت صنایع خدمات محور حرکت کنند. در هر صورت می توان گفت تأثیر رشد اقتصادی بر انتشار CO₂ نیز به ترکیب اقتصاد بستگی

^۱ Esfahani & Naderi (2016)

دارد، به این معنا که آیا بخش صنعتی که عموماً متکی به سوخت های فسیلی است بخش مهمی از رشد اقتصادی کشور را بدوش می کشد یا خیر.

رابطه بین رشد اقتصادی و انتشار CO_2 چند وجهی است، که شامل عوامل مختلفی مانند مرحله توسعه اقتصادی، ترکیب بخشی، الگوهای مصرف انرژی، پیشرفت های تکنولوژیکی، چارچوب های سیاست و پویایی تجارت بین المللی است. در حالی که رشد اقتصادی می تواند منجر به افزایش انتشار CO_2 شود، به ویژه در مراحل اولیه توسعه، همچنین ابزاری برای سرمایه گذاری در فناوری های پاک تر و اجرای شیوه های پایدار فراهم می کند. با اتخاذ سیاست های مناسب و ترویج سرمایه گذاری های سبز، کشورها می توانند به رشد اقتصادی دست یابند و در عین حال اثرات زیست محیطی خود را به حداقل برسانند (قمرزمان و کریم، ۲۰۲۴).

در نهایت قیمت نفت نقش مهمی در شکل دهی الگوهای مصرف انرژی جهانی و در نتیجه انتشار CO_2 دارد. رابطه بین قیمت نفت و انتشار CO_2 نیز بسیار پیچیده و نیاز به حساسیت بالایی دارد، زیرا شامل اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر تولید انرژی، مصرف، فعالیت های اقتصادی و نوآوری های تکنولوژیکی است. به طور بسیار خلاصه در اثر مستقیم می توان به نواسانات قیمت نفت اشاره کرد که مصرف و استفاده از نفت را در بخش تولیدی و سایر بخش های اقتصادی مورد دستخوش قرار می دهد. اما در رابطه غیر مستقیم قیمت نفت و آلودگی می توان گفت که نفت با توجه به جایگاهش در تولید کالاها و صادرات در هردو کشور صادر و وارد کننده نفت بشدت بر رشد اقتصادی آنها اثرگذار است و در نتیجه به صورت غیرمستقیم توانایی تغییرات آلودگی را نیز دارا می باشد. به بیان دیگر قیمت نفت از طریق اثرات آن بر مصرف انرژی، فعالیت های اقتصادی، نوآوری های تکنولوژیکی و تصمیم گیری های سیاستی، به طور قابل توجهی بر انتشار CO_2 تأثیر می گذارد. قیمت بالای نفت می تواند با تشویق به بهره‌وری انرژی، منابع انرژی جایگزین و فناوری های پاک تر باعث کاهش انتشار CO_2 شود. برعکس، قیمت های پایین نفت می تواند با افزایش مصرف سوخت فسیلی و کاهش انگیزه های اقتصادی برای سرمایه گذاری در انرژی پاک منجر به افزایش انتشار CO_2 شود. سیاست گذاران باید این پویایی ها را برای طراحی استراتژی های موثر برای مدیریت انتشار CO_2 و ترویج انتقال انرژی پایدار در نظر بگیرند. در این بخش سعی می شود تا تحقیقات انجام شده در داخل و خارج در مورد حوزه مورد تحقیق به اختصار بیان گردند:

میکایلوف و همکاران^۲ (۲۰۱۸) به بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و انتشار CO_2 در آذربایجان در طول دوره ۱۹۹۲-۲۰۱۳ پرداختند. در این راستا، از روش های Johansen، ARDLBT، DOLS، FMOLS و CCR برای بررسی هم انباشتگی و تخمین ضرایب بلندمدت استفاده کردند. نتایج حاصل از روش های مختلف هم انباشتگی با یکدیگر همخوانی نشان دادند که رشد اقتصادی در بلندمدت تأثیر مثبت و معنی داری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد که نشان می‌دهد فرضیه EKC برای آذربایجان صادق نیست. این مقاله نتیجه‌گیری می‌کند که اقدامات برای افزایش کارایی انرژی، ابزار قیمت گذاری کربن در تولید و فعالیت های تجاری بین المللی-داخلی، و برنامه های آگاهی اجتماعی در سراسر کشور برای آموزش در مورد پیامدهای منفی آلودگی را می توان به عنوان سیاست های زیست محیطی مرتبط با هدف کاهش انتشار کربن در نظر گرفت.

ناماهاوو و همکاران^۳ (۲۰۲۱) به طور تجربی تأثیر بلندمدت شدت انرژی، مصرف انرژی تجدیدپذیر، و رشد اقتصادی را بر انتشار CO_2 در مناطق و سطح درآمد بیش از ۵۰ کشور آفریقایی از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸ مورد بررسی قرار داد. در این راستا از روش های

^۱ Qamruzzaman & Karim

^۲ Mikayilov et al.

^۳ Namahoro et al.

آزمون علیت، و پاسخ ضربه ای و تجزیه و تحلیل تجزیه واریانس استفاده کردند. یافته‌های برآوردگرهای پانل نشان داد که مصرف انرژی تجدیدپذیر به کاهش انتشار CO₂ کمک می‌کند، در حالی که شدت انرژی باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در مناطق و سطوح درآمد و در سطح آفریقا می‌شود. رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن در سطح آفریقا تأثیر منفی گذاشت، اما این تأثیر در مناطق و سطوح درآمد متفاوت بود. آزمون علیت علت دو طرفه بین انتشار CO₂ و عوامل تعیین کننده آن در آفریقا و برخی مناطق و سطوح درآمد را تأیید کرد. مجدداً، علیت یک طرفه در سراسر مناطق و سطوح درآمد بسیار مورد حمایت قرار گرفت. علاوه بر این، نتایج پاسخ ضربه و تجزیه واریانس تجزیه و تحلیل نشان داد که هم شدت انرژی و هم رشد اقتصادی تغییرات بالاتری را در انتشار CO₂ به حساب می‌آورند، در حالی که انرژی‌های تجدیدپذیر به میزان زیادی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در ۱۰ سال نقش داشته است. یافته‌های ما بینش جدیدی را در مورد توسعه کشور، سطح درآمد و مناطق برای سیاست‌گذاران منطقه‌ای و دولتی مرتبط با کاهش موثر انتشار CO₂ دریافت می‌کند.

سالاری و همکاران^۱ (۲۰۲۱) به بررسی رابطه بین انتشار دی‌اکسید کربن (CO₂)، مصرف انرژی و رشد اقتصادی (GDP) در ایالات متحده در سطح ایالت طی سال‌های ۱۹۹۷-۲۰۱۶ پرداختند. این مطالعه از رویکردهای کمی مختلف از جمله مدل‌های ایستا و همچنین مدل‌های پویا برای اندازه‌گیری اثرات تولید ناخالص داخلی و انواع مختلف مصرف انرژی از جمله انرژی کل، تجدیدناپذیر، تجدیدپذیر، صنعتی و مسکونی بر انتشار CO₂ در سراسر ایالت‌ها استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که یک رابطه بلندمدت بین انواع مختلف مصرف انرژی و انتشار CO₂ در سطح حالت برای هر دو مدل استاتیک و دینامیک وجود دارد. مصرف انرژی کل، تجدیدناپذیر، صنعتی و مسکونی تأثیر مثبتی بر انتشار CO₂ دارند، در حالی که مصرف انرژی تجدیدپذیر رابطه منفی با انتشار CO₂ دارد. یافته‌ها یک رابطه شکل U معکوس بین انتشار CO₂ و تولید ناخالص داخلی را نشان می‌دهد که شواهد کافی برای تأیید فرضیه منحنی کوزنتس زیست محیطی (EKC) در سراسر ایالت‌ها ارائه می‌دهد.

اونوفریه و همکاران^۲ (۲۰۲۲) بررسی پویایی رابطه بین رشد اقتصادی و انتشار CO₂ در ۲۷ کشور عضو اتحادیه اروپا در یک پانل برای دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۷ پرداختند. در این راستا آنها از روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS)، و تکنیک‌های هم‌جمعی استفاده کردند. نتایج حاکی از وجود یک رابطه هم‌انباشته بلندمدت بین رشد و انتشار CO₂ در کشورهای اتحادیه اروپا است و روش DOLS نشان‌دهنده اثر آماری معنی‌دار رشد اقتصادی بر انتشار CO₂ برای هر دو نسخه برآوردگر است و نشان می‌دهد که به طور متوسط، یک درصد تغییر در تولید ناخالص داخلی منجر به ۰.۰۷۲ تغییر در انتشار CO₂ می‌شود. این مطالعه همچنین نشان می‌دهد که سطوح درآمد بالاتر منجر به افزایش تقاضا برای حفاظت از محیط‌زیست می‌شود و بر نیاز به طراحی سیاست‌های زیست‌محیطی که قادر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در دوره‌های رشد اقتصادی هستند، تأکید می‌کند.

یو و همکاران^۳ (۲۰۲۲) به بررسی رابطه علی بین رشد اقتصادی، پیچیدگی اقتصادی و انتشار CO₂ با استفاده از داده‌های تابلویی ۹۵ کشور برای دوره ۱۹۹۶-۲۰۱۵ پرداختند. در این راستا آنها از رویکرد پانل گرنجر استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که علیت دو طرفه در بین رشد اقتصادی، پیچیدگی اقتصادی و انتشار CO₂ برای همه گروه‌ها وجود دارد. با این حال، بزرگی اثرات برای گروه‌های مختلف ناهمگن است. در مورد کشورهای کم درآمد، پیچیدگی اقتصادی برای انتشار CO₂ مثبت و قابل توجه است، در حالی که انتشار CO₂ برای پیچیدگی اقتصادی منفی است. علاوه بر این، یک تعامل مثبت بین پیچیدگی اقتصادی و انتشار

¹ Salari et al.

² Onofrei et al.

³ You et al.

CO₂ برای کشورهای با درآمد متوسط وجود دارد. با این حال، در مورد کشورهای با درآمد بالا، افزایش پیچیدگی اقتصادی ممکن است به طور موثر انتشار CO₂ را کاهش دهد و انتشار CO₂ می‌تواند به طور قابل توجهی پیچیدگی اقتصادی را افزایش دهد. علاوه بر این، پیچیدگی اقتصادی به طور چشمگیری تولید ناخالص داخلی را در کشورهای کم درآمد کاهش خواهد داد. این یافته‌ها برای شاخص‌های مختلف پیچیدگی اقتصادی قوی هستند.

اقبال و همکاران^۱ (۲۰۲۳) به بررسی اثرات انتشار کربن، مصرف انرژی تجدیدپذیر، FDI و صادرات بر رشد اقتصادی کشورهای بریکس از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ پرداختند. در این راستا آنها از روش‌های ARDL، PMG، (MG) و آزمون علیت پانل Dumitrescu Hurlin برای استنتاج تجربی استفاده کردند. برآورد مدل PMG نشان می‌دهد که انتشار کربن، مصرف انرژی تجدیدپذیر، صادرات، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و پس‌انداز تأثیر مثبت بلندمدتی بر رشد اقتصادی دارند، در حالی که نرخ‌های بهره و باز بودن تجارت بر رشد اقتصادی تأثیر منفی می‌گذارند. نتایج FMOLS و DOLS نیز استحکام نتایج بلندمدت PMG را تایید می‌کند. علاوه بر این، نتایج علیت پانل Dumitrescu Hurlin نشان دهنده یک رابطه علی دو طرفه بین انتشار کربن و رشد اقتصادی و بین رشد اقتصادی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، همچنین علیت یک طرفه از صادرات و نیروی کار به رشد اقتصادی است. این نشان می‌دهد که افزایش انتشار کربن و FDI منجر به افزایش رشد اقتصادی، همچنین افزایش رشد اقتصادی، انتشار CO₂ و افزایش FDI در اقتصادهای BRICS می‌شود.

بوامه و همکاران^۲ (۲۰۲۳) به تجزیه و تحلیل تأثیری و ارزیابی چگونگی تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و سایر متغیرها بر سطوح انتشار CO₂ است با استفاده از داده‌های ۴۱ کشور آفریقایی از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۹ استفاده نمودند. در این راستا آنها از روش‌های حداقل مربعات تلفیقی، مدل‌های اثرات ثابت و تصادفی و روش تعمیم لحظه‌ها، یافته‌ها استفاده نمودند. نتایج نشان داد که در کشورهای آفریقایی پذیرفته‌شده، فرضیه‌های پناهگاه آلودگی وجود ندارد. با این حال، جریان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به افزایش و کاهش سطح انتشار CO₂ کمک می‌کند. علاوه بر این، ساختار مالی و تولید ناخالص داخلی سرانه باعث افزایش سطح انتشار CO₂ کشورهای آفریقایی می‌شود، در حالی که باز بودن تجارت باعث کاهش می‌شود. بر اساس یافته‌های فوق، این مطالعه توصیه می‌کند که دولت، سیاست‌گذاران، صنایع و کارکنان ذی‌نفع کشورهای شاغل در این مطالعه باید: سیاست‌ها، قوانین و مقرراتی را اعمال و اجرا کنند که سرمایه‌گذاری‌های خارجی آلاینده را بازدارند یا مجازات کنند و سرمایه‌گذاری‌های پاک را تشویق کنند.

محمودی و همکاران^۳ (۱۴۰۰)، در مطالعه خود به بررسی رابطه بین انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی‌های تجدیدناپذیر، رشد اقتصادی، کیفیت حکمرانی و انتشار CO₂ به عنوان شاخصی از کیفیت محیط زیست در کشورهای توسعه یافته و کشورهای در حال توسعه آسیایی بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۹ پرداخته است. آزمون علیت داده‌های تابلویی در کوتاه‌مدت نشان‌دهنده رابطه علیت یک طرفه از سمت رشد اقتصادی به انرژی تجدیدناپذیر و تأیید فرضیه حفاظت در هر دو گروه است. همچنین رابطه علیت یک طرفه از سمت تولید ناخالص داخلی به سمت انتشار CO₂ و کیفیت حکمرانی در هر گروه از کشورها مشاهده می‌شود. نتایج حاصل از برآوردگر حداقل مربعات معمولی پویا در هر دو گروه حاکی از تأثیر مثبت رشد اقتصادی و انرژی تجدیدناپذیر بر انتشار CO₂

¹ Iqbal² Boamah et al.³ Mahmodi et al. (2021)

است. همچنین ضرایب به دست آمده بیانگر این است که افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود شاخص کیفیت حکمرانی موجب کاهش انتشار CO₂ و بهبود کیفیت محیط زیست می‌شود.

سنجری و همکاران^۱ (۱۴۰۱)، تأثیر نامتقارن نااطمینانی سیاست اقتصادی و قیمت نفت بر انتشار دی اکسید کربن در ایران، طی بازه زمانی ۲۰۱۸-۱۹۸۱ را بررسی کردند. آنها برای این منظور، از روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی (NARDL) استفاده کردند. نتایج حاصل از برآورد این پژوهش، نشان دهنده تأثیر نامتقارن نااطمینانی سیاست اقتصادی بر انتشار کربن است؛ به طوری که تأثیر تغییرات مثبت متغیر نااطمینانی سیاست اقتصادی در کوتاه مدت و بلندمدت بر انتشار کربن، مثبت و معنی دار بوده، درحالی که بین تغییرات منفی متغیر نااطمینانی سیاست اقتصادی با انتشار کربن در کوتاه مدت و بلندمدت، رابطه معنی داری وجود ندارد. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که تأثیر قیمت نفت بر انتشار کربن، متقارن است، به طوری که بین قیمت نفت با انتشار کربن در کوتاه مدت، رابطه معنی داری وجود ندارد، اما بین تغییرات این متغیر با انتشار کربن در بلندمدت، رابطه مثبت و معنی داری وجود دارد.

آرانی و همکاران^۲ (۱۴۰۱)، در تحقیق خود انتشار CO₂ را به عنوان معیاری برای آلودگی محیط‌زیست در ایران با استفاده از مدل دوربین فضایی (SDM) و در چارچوب داده‌های تابلویی فضایی در میان استان‌های ایران طی دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۲ مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در مجموع GDP سرانه واقعی باعث افزایش انتشار CO₂ در سطح استان‌ها می‌شود، چرا که ضریب مثبت GDP سرانه واقعی از ضریب منفی GDP سرانه واقعی فضایی بزرگ‌تر است. یکی دیگر از متغیرهای بسیار مهم در افزایش انتشار CO₂ سطح استان‌ها، شدت مصرف انرژی و وقفه فضایی آن می‌باشد که بالاترین ضرایب معنادار و مثبت را در مدل این مقاله دارد. همچنین قیمت وزنی انرژی استانی و وقفه فضایی آن نیز تأثیر معنادار و منفی را بر انتشار CO₂ داشته است. هر چند افزایش درجه شهرنشینی تأثیر معناداری بر انتشار CO₂ همان استان نداشته است، اما افزایش درجه شهرنشینی استان‌های همجوار باعث افزایش انتشار CO₂ شده است.

تاجی زری و ایزدخواستی^۳ (۱۴۰۱)، به بررسی اثر تجارت بین‌الملل و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در کشورهای گروه دی - هشت با رویکرد داده‌های پانل پرداختند. در این مطالعه از داده‌های سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۸ بانک جهانی استفاده شده است. نتایج حاصل شده نشان می‌دهد که ضریب مربوط به متغیر تولید ناخالص داخلی مثبت و برای توان دوم آن، منفی به دست آمده است که فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در کشورهای مورد مطالعه تأیید می‌شود. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار دی‌اکسید کربن اثر معنی داری ندارد. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که صادرات و واردات کالاها و خدمات اثر مثبت و معنی داری بر انتشار دی‌اکسید کربن داشته‌اند. شدت انرژی و نسبت جمعیت شهرنشینی نیز تأثیری مثبت و معنی دار بر انتشار دی‌اکسید کربن داشته‌اند.

ذبیحی و همکاران^۴ (۱۴۰۲)، در پژوهش خود به دنبال بررسی نقش ریسک‌های اقتصادی، مالی و سیاسی در کاهش سرانه انتشار کربن با بهره‌گیری از رویکرد بسیار رگرسیون کوانتایل بر کوانتایل (QQR) در بازه زمانی سالانه ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ برای کشور ایران پرداختند. نتایج به دست آمده، بیانگر آن است که متغیر ریسک اقتصادی در تمام کوانتایل‌ها (۰.۰۵ تا ۰.۹۵) تأثیر مثبت بر سرانه

^۱ Sanjari et al. (2022)

^۲ Arani et al. (2022)

^۳ Tajizari & Izadkhasti (2022)

^۴ Zabihi et al. (2023)

انتشار کربن در تمام کوانتایل‌ها (۰.۰۵ تا ۰.۹۵) داشته است و این ارتباط مثبت در کوانتایل‌های (۰.۳ تا ۰.۹۵) متغیر ریسک اقتصادی و کوانتایل‌های (۰.۰۵ تا ۰.۴۵) سرانه انتشار کربن نسبتاً قوی‌تر بوده است؛ متغیر ریسک مالی در تمام کوانتایل‌ها (۰.۰۵ تا ۰.۹۵) تأثیر مثبت بر سرانه انتشار کربن در تمام کوانتایل‌ها (۰.۰۵ تا ۰.۹۵) داشته است و این ارتباط مثبت در کوانتایل‌های (۰.۰۵ تا ۰.۹۵) متغیر ریسک مالی و کوانتایل‌های (۰.۴ تا ۰.۵۵) سرانه انتشار کربن قوی‌تر بوده است؛ همچنین متغیر ریسک سیاسی در تمام کوانتایل‌ها (۰.۰۵ تا ۰.۹۵) تأثیر مثبت بر سرانه انتشار کربن در تمام کوانتایل‌ها (۰.۰۵ تا ۰.۹۵) داشته است و این ارتباط مثبت در کوانتایل‌های (۰.۰۵ تا ۰.۳۵) متغیر ریسک سیاسی و کوانتایل‌های (۰.۴۵ تا ۰.۵۵) سرانه انتشار کربن قوی‌تر بوده است. بدین ترتیب، لزوم توجه به ثبات اقتصادی، مالی و سیاسی در کشور ایران برای بهبود کیفیت محیط‌زیست و کاهش انتشار کربن از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است.

همانطور که دیده می‌شود تا بحال هیچ مطالعه‌ای همزمان تأثیر این متغیرها را کنار هم به صورت غیرخطی مورد بحث قرار نداده است و در این مطالعه سعی می‌شود هر دو فرضیه پناهگاه امن آلودگی و منحنی U شکل کوزنتس به صورت همزمان و نامتقارن برای ایران مورد بحث قرار گیرد.

۳- روش‌شناسی تحقیق

۳-۱- خصوصیات مدل و ارتباط کوزنتسی

همانطور که بیان شد در این تحقیق از مدل NARDL استفاده می‌شود. در این راستا داده‌های تحقیق از سال ۱۹۸۵ الی ۲۰۲۲ برای مدل مفهومی زیر که براسا مقاله‌های قازوانی^۱ (۲۰۲۱) و سرینو^۲ (۲۰۲۲) ایجاد شده از بانک مرکزی و بانک جهانی جمع‌آوری گشته شد.

$$CO_2 = f(gdpper, gdpper2, oil, fdi, ind) \quad (1)$$

در مدل (۱) CO_2 نشان دهنده میزان انتشار این آلاینده در کشور، $gdpper$ درآمد سرانه با قیمت ثابت ۲۰۱۵ با نفت است، $gdpper2$ توان دوم درآمد سرانه، oil قیمت نفت اوپک، fdi جریان ورودی سرمایه خارجی و ind ارزش افزوده بخش صنعت می‌باشد. در ادامه مدل مورد استفاده مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت. مدل NARDL مدلی بسط یافته نامتقارن از مدل ARDL می‌باشد. مدل اولیه ARDL توسط پسران و همکاران (۲۰۰۱)، ارائه شد که در سال‌های اخیر با اضافه نمودن یک مبحث نامتقارنی به مبانی اولیه آن توسط شین^۳ (۲۰۱۴) باعث شد که این مدل اخیر بسیار زیاد مورد توجه محققان قرار بگیرد. همانطور که گفته شد این روش دارای مزایایی است که در این مطالعه استفاده شده است که به طور خلاصه به شرح زیر است:

اول از همه، این روش برخلاف بسیاری از روش‌های سری زمانی مطرح در اقتصاد سنجی می‌تواند از معادلاتی استفاده کند که متغیرها هم انباشتگی یکسانی ندارند. به عبارت دیگر، از این روش در مواردی استفاده می‌شود که متغیرهای مورد استفاده در دارای هم انباشتگی $I(0)$ یا $I(1)$ باشد، البته شایان ذکر است که در درجات بالاتر هم انباشتگی این متد کارایی ندارد. از مهمترین خصیصه‌ها در اقتصاد سنجی کارایی مدل مورد استفاده است. این کارایی در بسیار از مدل‌ها به حجم نمونه بالا بستگی دارد، این در حالی است که روش به کار گرفته شده در این تحقیق در حضور نمونه‌های بسیار پایین نیز این کارایی برقرار است و در نتیجه نتایج آزمون‌های آماری چون t کاملاً قابل اتکا است. نتیجه این امر این است که اگر حتی میان داده‌های مورد تحقیق همبستگی و

¹ Ghazouani

² Sreenu

³ shin

درونزایی نیز وجود داشته باشد این روش که مبتنی بر روش ARDL است کاملاً معتبر است و جواب هایی بادقت بالا را ارائه می دهد که به محقق این اجازه را می دهد که تا بیشتر بر ساخت مدل تمرکز کند تا ارتباط میان متغیرهای درونزا (پسرا و همکاران، ۲۰۰۱). بنابراین، با استفاده از این رویکرد، می توان به طور مشترک هم انباشتگی و همچنین نامتقارنی را در یک معادله مدل کرد و این چارچوب از نظر نمونه های کوچک در مقایسه با سایر تکنیک های هم انباشتگی مرسوم عملکرد بالاتری دارد. مزیت دیگر چارچوب NARDL این است که آزمایش هم انباشتگی پنهان را قادر می سازد، که از حذف روابطی که در مدل های خطی معمولی آشکار نیستند، جلوگیری می کند. از این رو می توان بین هم انباشتگی خطی، هم انباشتگی غیرخطی (نامتقارن) و عدم هم انباشتگی با استفاده از تکنیک مدل سازی NARDL تمایز قائل شد.

توجه به این نکته مهم است که تمایز اولیه بین ARDL غیرخطی و ARDL خطی، توانایی اولی برای ثبت عدم تقارن های ناشی از شوک های مثبت و منفی به متغیرهای کلان اقتصادی است. پس از بررسی ریشه واحد داده ها، مرحله دوم تست عدم تقارن است. قبل از ارائه مدل NARDL بهتر است مدل ARDL مورد بررسی قرار داده شود تا از طرق آن بتوان معادله اصلی NARDL را استخراج کرد. مدل کلی ARDL به شکل زیر است.

$$\Delta \ln CO2_t = \gamma + \Phi_1 \ln co2_{t-1} + \Phi_2 \ln gdpper_{t-1} + \Phi_3 \ln gdpper2_{t-1} + \Phi_4 \ln oil_{t-1} + \Phi_5 \ln FDI_{t-1} + \Phi_6 \ln ind_{t-1} + \sum_{i=1}^p \lambda_i \Delta \ln co2_{t-i} + \sum_{i=1}^p \eta_i \Delta \ln gdpper_{t-i} + \sum_{i=1}^p \theta_i \Delta \ln gdpper2_{t-i} + \sum_{i=1}^p \omega_i \Delta \ln oil_{t-i} + \sum_{i=1}^p \psi_i \Delta \ln FDI_{t-i} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta \ln ind_{t-i} + \epsilon_t \quad (2)$$

معادله از دو بخش تشکیل شده است: بخش اول روابط بلندمدت را نشان می دهد و بخش دوم اثرات کوتاه مدت را نشان می دهد و Δ تفاضل مرتبه اول میان متغیرها می باشد. اگر رابطه بلند مدت میان متغیرها براساس آزمون های این روش تایید گردد آنگاه مدل بلند مدت زیر قابل استخراج است.

$$\Delta \ln CO2_t = \sum_{i=1}^p \Lambda_i \Delta \ln co2_{t-i} + \sum_{i=1}^p \Lambda_i \Delta \ln gdpper_{t-i} + \sum_{i=1}^p \Lambda_i \Delta \ln gdpper2_{t-i} + \sum_{i=1}^p \Lambda_i \Delta \ln oil_{t-i} + \sum_{i=1}^p \Lambda_i \Delta \ln FDI_{t-i} + \sum_{i=1}^p \Lambda_i \Delta \ln ind_{t-i} + \epsilon_t \quad (3)$$

شین و همکاران (۲۰۱۴)، مدل NARDL حول رابطه تعادل بلندمدت نامتقارن ارائه دادند. به آن معنا که متغیر در لحظه به حالت شوک مثبت یا شوک منفی قابل تشخیص هست که به صورت زیر قابل ساخته شدن است:

$$y_t = \beta^+ x_t^+ + \beta^- x_t^- + u_t \quad (4)$$

که u_t خطای میانگین است، β^+ ، β^- پارامترهای بلندمدت نامتقارن هستند و x_t بردار رگرسیون هایی است که به صورت زیر تجزیه می شوند

$$x_t = x_0 + x_t^+ + x_t^- \quad (5)$$

جایی که x_0 یک مقدار اولیه دلخواه است و

$$x_t^+ = \sum_{j=1}^t \Delta x_j^+ = \sum_{j=1}^t \max(\Delta x_j, 0) \quad (6)$$

$$x_t^- = \sum_{j=1}^t \Delta x_j^- = \sum_{j=1}^t \min(\Delta x_j, 0) \quad (7)$$

در نهایت، مدل NARDL با مشخصات ARDL(p,q) را می توان به صورت زیر نوشت:

$$\Delta y_t = u + \omega_1 y_{t-1} + \beta^+ x_{t-1}^+ + \beta^- x_{t-1}^- + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_j \Delta y_{t-j} + \sum_{j=1}^{q-1} (\beta^+ \Delta x_{t-j}^+ + \beta^- \Delta x_{t-j}^-) + \epsilon_t \quad (8)$$

در ادامه این تحقیق به نتایج بدست آمده از این روش در بخش بعدی پرداخته خواهد شد.

۴- یافته‌های تحقیق

در ابتدا، همانطور که گفته شد شرط اصلی استفاده از روش NARDL این است که متغیرها با یکبار تفاضل گیری مانا شوند یعنی درجه ریشه واحد آنها بیشتر از یک نباشد (شین، ۲۰۱۴). در این راستا نتایج مانایی متغیرها در جدول (۱) نشان داده شده‌اند.

جدول (۱): جدول بررسی مانایی متغیرها با دیکی فولر و دیکی فولر تعمیم یافته

متغیرها	First difference	Level
	Prob	Prob
CO ₂	۰/۰۰۰	-
دارمد سرانه	۰/۰۰۰	-
قیمت نفت اوپک	۰/۰۰۰	-
سرمایه گذاری مستقیم خارجی	-	۰/۰۳
ارزش افزوده بخش صنعت	۰/۰۰۰	-

منبع: یافته‌های تحقیق

همانطور که مشخص است هیچ یک از متغیرها از I(2) نیستند و در نتیجه می‌توان از این متد برای برآورد مدل استفاده نمود. قبل از استفاده از این متد بایستی مشخص گردد که کدام متغیرها رابطه ای نامتقارن با متغیر وابسته دارند. در این راستا از مون نامتقارنی انجام شد و نتایج بدست آمده در جدول (۲) نشان داده شده‌است.

جدول (۲): نتایج ازمون غیر خطی

متغیرها	Prob
دارمد سرانه	۰/۶۷
قیمت نفت اوپک	۰/۰۰۰
سرمایه گذاری مستقیم خارجی	۰/۰۰۰
ارزش افزوده بخش صنعت	۰/۰۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج نشان دهنده این است که تنها متغیر درآمد سرانه ارتباط خطی با انتشار CO₂ دارد درحالی که سایرمتغیرها دارای ارتباط نامتقارن‌اند. نتایج تخمین مدل در جدول ۳ نشان داده شده‌اند:

جدول (۳): نتایج حاصل از NARDL

متغیرها	ضریب	انحراف معیار	t آماره	Prob
توان دوم دارمد سرانه	8.2e-05	2.5e-05	۳/۲۶	۰/۰۰
دارمد سرانه	-۰/۴۸	۰/۱۸	-۲/۶۶	۰/۰۱
قیمت نفت اوپک (تغییرات مثبت)	-۱/۲۳	۰/۵۳	-۲/۳۲	۰/۰۲
قیمت نفت اوپک (تغییرات منفی)	۰/۲۰	۰/۲۹	۰/۶۸	۰/۴۹

۰/۱۲	-۱/۵۷	۱۲/۵۸	-۱۹/۸۱	سرمایه گذاری مستقیم خارجی (تغییرات مثبت)
۰/۰۰	۳/۱۹	۳۱/۹۷	۱۰۲/۲۹	سرمایه گذاری مستقیم خارجی (تغییرات منفی)
۰/۰۰	۲/۷۹	۴/۹۴	۱۳/۸۱	ارزش افزوده بخش صنعت (تغییرات مثبت)
۰/۴۰	-۰/۸۳	۳/۳۷	-۲/۸۱	ارزش افزوده بخش صنعت (تغییرات منفی)

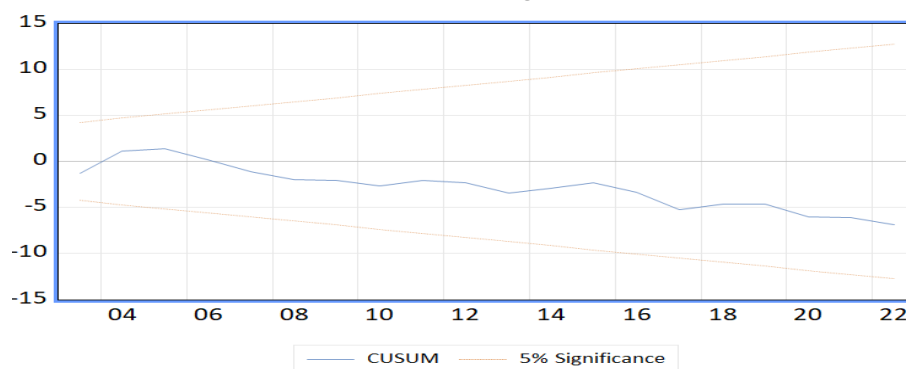
منبع: یافته‌های تحقیق

در ادامه برای صحت سنجی نتایج آزمون‌های تکمیلی ارائه شده است. جدول (۴) نشان دهنده این آزمون‌ها است. در ابتدا آزمون F که نشان دهنده این است که در بلند مدت آیا رابطه‌ای هم‌انباشته میان متغیرهای وابسته و توضیحی است مورد بررسی قرار گرفت. براساس این آزمون چنانچه سطح آماره F از کرانه بالا $I(1)$ بیشتر باشد می‌توان گفت که رابطه بلند مدت وجود دارد در نتیجه رابطه گزارش شده قابل استناد است. نتایج بدست آمده بر اساس جدول ۴ این یافته را تایید می‌کند.

جدول (۴): آزمون‌های تشخیصی NARDL

F=4.85	10%		5%		1%	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
Asymptotic	۲/۲۲	۳/۱۷	۲/۵	۳/۵	۳/۰۷	۴/۲۳
آزمون‌ها				Prob		
نرمالیتی				۰/۳۷		
ناهمسانی واریانس				۰/۶۲		
خودهمبستگی سریالی				۰/۱۶		
فرم تبعی مدل				۰/۴۸		

منبع: یافته‌های تحقیق



شکل (۱): تست CUSUM

منبع: یافته‌های تحقیق

براساس جدول ۴ با توجه به آماره‌ها می‌توان گفت که مدل همسانی واریانس دارد. همچنین شرط عدم خودهمبستگی سریالی نیز برقرار است. از طرفی آزمون رمزی و آزمون CUSUM نشان می‌دهد که هم فرم تبعی مدل صحیح است و هم مدل پایدار است. بر اساس نتایج جدول (۳) همانطور که دیده می‌شود قیمت نفت اوپک در شوک‌های مثبت رابطه عکسی با انتشار آلودگی رابطه عکسی دارد درحالی‌که شوک‌ها منفی قیمت نفت رابطه‌ای با انتشار آلودگی ندارد. رابطه بین شوک‌های مثبت قیمت نفت و انتشار CO_2 پیچیده است و بسته به عوامل مختلفی از جمله رفتار اقتصادی، الگوهای مصرف انرژی و سازگاری‌های تکنولوژیکی می‌تواند متفاوت باشد. با این حال، چندین مکانیسم قابل قبول وجود دارد که از طریق آنها یک شوک مثبت قیمت نفت (افزایش قیمت نفت) ممکن است منجر به کاهش انتشار CO_2 شود، مثلاً هنگامی که قیمت نفت به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد، درآمدهای ارزی دولت افزایش یافته و این می‌تواند از طریق سیاست‌گذاری و سرمایه‌گذاری دولتی، مصرف مشتقات نفتی پُرآلاینده را کاهش دهد. در ایران، این امر عمدتاً از طریق جایگزینی با گاز طبیعی و در مقیاس محدودتر، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای رخ داده است.

نتایج تحلیل نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) اثری نامتقارن بر انتشار CO_2 در ایران طی دوره ۱۳۶۸ تا ۱۴۰۲ دارد؛ به‌طوری‌که شوک مثبت FDI (افزایش سرمایه‌گذاری) تأثیری معنی‌دار بر افزایش انتشار CO_2 ندارد، اما شوک منفی (کاهش سرمایه‌گذاری) به‌طور قابل‌توجهی انتشار CO_2 را افزایش می‌دهد. این یافته حاکی از آن است که FDI در ایران، برخلاف فرضیه پناهگاه آلودگی، اغلب با انتقال فناوری‌های مدرن و کارآمد همراه بوده که به کاهش شدت کربن کمک کرده است، در حالی که کاهش آن، وابستگی به فناوری‌های داخلی قدیمی و آلاینده‌تر را تشدید می‌کند. از دیگر یافته‌های مهم و جالب این تحقیق تأثیر منفی درآمد سرانه بر انتشار آلودگی است. درآمد سرانه می‌تواند از طریق مکانیسم‌های مختلف منجر به کاهش انتشار CO_2 شود. تغییرات مثبت درآمد اغلب منجر به پیشرفت‌های تکنولوژیکی، بهره‌وری انرژی و تغییرات اقتصادی ساختاری می‌شود که شدت کربن را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، مردم و دولت‌های ثروتمندتر به احتمال زیاد قوانین و سیاست‌های زیست‌محیطی سختگیرانه‌ای را با هدف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای طراحی و اجرا می‌کنند. همچنین، سطوح درآمد بالاتر با آگاهی و تقاضای عمومی بیشتر برای زندگی شیوه‌های پایدار محیطی مرتبط است، که بیشتر به کاهش انتشار CO_2 کمک می‌کند. در این تحقیق علاوه بر بررسی فرضیه پناهگاه آلودگی سعی شده تا فرضیه U شکل معکوس کوزنتس نیز در ایران مورد بررسی قرار گیرد. برای بررسی این تئوری توان دوم درآمد سرانه در مدل لحاظ گردیده شده است. نتایج جدول (۲) که بر اساس نتایج بدست آمده ضریب این متغیر بر آلودگی مثبت و البته معنی‌دار است. هرچند اثر مثبت آن بسیار ناچیز است این یافته بر رد فرضیه وجود U شکل بودن میان درآمد سرانه و آلودگی تأکید می‌نماید.

در نهایت یافته‌ها تایید می‌کنند که ارزش افزوده بخش صنعت یک رفتار کاملاً نامتقارن را از خودش نشان می‌دهد. به این معنا که تأثیرات این متغیر در شوک‌های مثبت اثری مثبت بر آلودگی هوا دارد در حالی که در شوک‌های منفی تأثیرات منفی بر انتشار آلودگی در کشور دارد در نتیجه بایستی سیاست‌گذاران بشدت به این بخش از اقتصاد توجه کنند زیرا هرچند این بخش به عنوان پیش‌ران در بخش تولیدات و رشد کشور شناخته می‌شود اما نتایج نشان می‌دهد که در کشور ایران این صنایع با تکنولوژی‌های پاک همراه نیستند و بشدت بر آلودگی کشور اثر داشته‌اند.

۵- نتیجه گیری

مطالعه انتشار CO₂ برای سیاست گذاران، پژوهشگران و جامعه جهانی اهمیت دارد زیرا این مطالعات به توسعه استراتژی‌های مؤثر برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و مقابله با تغییرات اقلیمی کمک می‌کند. با درک بهتر عوامل مؤثر بر انتشار CO₂، می‌توان سیاست‌های مناسب برای کاهش تأثیرات منفی آن را تدوین کرد و به انتقال به اقتصاد پایدار و کم‌کربن کمک نمود. همچنین، مطالعات انتشار CO₂ به افزایش آگاهی عمومی در مورد چالش‌های زیست‌محیطی و ضرورت تغییر رفتارهای مصرفی کمک می‌کند. برای کاهش انتشار CO₂ و مقابله با تغییرات آب‌وهوایی، کشورها باید سیاست‌های اقتصادی و محیط‌زیستی متناسب با شرایط خاص خود را اتخاذ کنند. این سیاست‌ها می‌تواند شامل ترویج سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک، بهبود بهره‌وری انرژی، و تشویق به استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر باشد. همچنین، تحلیل دقیق و مداوم از تأثیرات اقتصادی و محیط‌زیستی هر یک از این عوامل می‌تواند به تدوین استراتژی‌های مؤثر کمک کند. از طرفی ایران در سال‌های اخیر همواره جز بزرگترین صادرکنندگان نفت و گاز در دنیا بوده است. این خود باعث می‌شود تا این کشور به راحتی به سوخت‌های فسیلی دسترسی داشته باشد. سوخت‌هایی که منشأ و دلیل اصلی آلودگی هوا می‌باشد. از طرفی عوامل متعدد دیگری نیز بر پخش CO₂ تاثیر گذار است

در حقیقت در ایران هیچ مطالعه به رویکرد تأثیرات نامتقارن عوامل مؤثر بر آلودگی در نپرداخته است در این راستا در این تحقیق سعی شد تا به بررسی تأثیرات غیرخطی درآمد سرانه، قیمت نفت، ارزش افزوده بخش صنعت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار CO₂ در ایران از طریق مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیع‌شده غیرخطی (NARDL) طی دوره ۱۳۶۸ تا ۱۴۰۲ پرداخته شود. همچنین در این مطالعه سعی می‌شود هردو فرضیه پناهگاه امن آلودگی و منحنی U شکل کوزنتس به صورت همزمان و نامتقارن برای ایران مورد بحث قرار گیرد. قبل از آنکه به طور پیش فرض به بررسی رابطه غیر خطی متغیرهای مستقل با وابسته پرداخته شود ابتدا بایستی فرضیه غیرخطی بودن این متغیرها مورد تأیید قرار می‌گرفت که براساس نتایج بدست آمده از این تحقیق می‌توان دید که تنها متغیر درآمد سرانه ارتباط خطی با انتشار CO₂ دارد درحالی که سایرمتغیرها دارای ارتباط غیرخطی است. دیگر یافته‌های تحقیق نشان داد که قیمت نفت اوپک در شوک‌های مثبت رابطه عکسی با انتشار آلودگی رابطه عکسی دارد درحالی‌که شوک‌ها منفی قیمت نفت رابطه‌ای با انتشار آلودگی ندارد. رابطه بین شوک‌های مثبت قیمت نفت و انتشار CO₂ پیچیده است و بسته به عوامل مختلفی از جمله رفتار اقتصادی، الگوهای مصرف انرژی و سازگاری‌های تکنولوژیکی می‌تواند متفاوت باشد.

از یافته‌های مهم دیگر تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار آلودگی است. بر اساس نتایج می‌توان مشاهده کرد که شوک مثبت تأثیری بر آلودگی ندارد در حالی که شوک منفی سرمایه‌گذاری مستقیم تأثیر مثبتی بر انتشار آلودگی دارد. این دقیقاً مویید این نکته است که کشور ایران برای سرمایه‌گذاران خارجی به عنوان پناهگاه امن آلودگی محسوب نمی‌شود. از آن طرف درآمد سرانه تأثیر منفی بر انتشار آلودگی دارد. درآمد سرانه بالاتر می‌تواند به افزایش سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پایدار و انرژی‌های تجدیدپذیر، اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی کارآمدتر و افزایش آگاهی عمومی منجر شود. این عوامل می‌توانند به کاهش انتشار CO₂ کمک کنند و در نهایت به بهبود شرایط زیست‌محیطی و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی منجر شوند. با این حال، اهمیت دارد که کشورها سیاست‌های مناسبی را برای استفاده بهینه از افزایش درآمد سرانه در جهت کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی اتخاذ کنند.

چنانچه بیان شد، در این تحقیق علاوه بر بررسی فرضیه پناهگاه آلودگی سعی شده تا فرضیه U شکل معکوس کوزنتس نیز در ایران مورد بررسی قرار گیرد. برای بررسی این تئوری توان دوم درآمد سرانه در مدل لحاظ گردیده شده است. نتایج بدست آمده ضریب این متغیر بر آلودگی مثبت و البته معنی دار است. هرچند اثر مثبت آن بسیار ناچیز است این یافته بر رد فرضیه وجود U شکل بودن میان درآمد سرانه و آلودگی تاکید می نماید.

ارزش افزوده بخش صنعت نیز یک رفتار کاملاً نامتقارن را از خودش نشان می دهد. به این معنا که تاثیرات این متغیر در شوک های مثبت اثری مثبت بر آلودگی هوا دارد در حالی که در شوک های منفی تاثیرات منفی بر انتشار آلودگی در کشور دارد در نتیجه بایستی سیاست گذاران بشدت به این بخش از اقتصاد توجه کنند زیرا هرچند این بخش به عنوان پیش ران در بخش تولیدات و رشد کشور شناخته می شود اما نتایج نشان می دهد که در کشور ایران این صنایع با تکنولوژی های پاک همراه نیستند و بشدت بر آلودگی کشور اثر داشته اند.

تضاد منافع

نویسندگان نبود تضاد منافع را اعلام می دارند.

فهرست منابع

1. Abdollahi Arani, Mo., Mansouri, N., Jani, S., & Aghaei, N. (2014). Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth: A Spatial Analysis Among Iranian Provinces. *Economic Growth and Development Research*, 13 (49), 33-54 (In Persian).
2. Antón, A. (2020). Taxing crude oil: A financing alternative to mitigate climate change?. *Energy Policy*, 136, 111031.
3. Baek, J., & Kim, H. S. (2013). Is economic growth good or bad for the environment? Empirical evidence from Korea. *Energy Economics*, 36, 744-749.
4. Boamah, V., Tang, D., Zhang, Q., & Zhang, J. (2023). Do FDI Inflows into African Countries Impact Their CO2 Emission Levels?. *Sustainability*, 15(4), 3131.
5. Esfahani, H., & Naderi, M. (2016). Foreign Direct Investment and the Pollution Shelter Hypothesis. *Quarterly Journal of Planning and Budgeting*, 21(4), 3-14 (In Persian).
6. Ghazouani, T. (2021). Impact of FDI inflow, crude oil prices, and economic growth on CO2 emission in Tunisia: Symmetric and asymmetric analysis through ARDL and NARDL approach. *Environmental Economics*, 12(1), 1.
7. Gozgor, G. (2017). Does trade matter for carbon emissions in OECD countries? Evidence from a new trade openness measure. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(36), 27813-27821.
8. Halicioglu, F. (2009). An econometric study of CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy policy*, 37(3), 1156-1164.
9. Hatamrad, S., Safari, B., & Yarmohammadian, N. (2016). Evaluating the Effect of Factors Affecting City Size with an Economic Approach Using a Dynamic System Model (Case Study: Isfahan City). *Applied Theories of Economics*, 9(3), 202-171 (In Persian).
10. Iqbal, A., Tang, X., & Rasool, S. F. (2023). Investigating the nexus between CO2 emissions, renewable energy consumption, FDI, exports and economic growth: evidence from BRICS countries. *Environment, Development and Sustainability*, 25(3), 2234-2263.
11. Mikayilov, J. I., Galeotti, M., & Hasanov, F. J. (2018). The impact of economic growth on CO2 emissions in Azerbaijan. *Journal of cleaner production*, 197, 1558-1572.
12. Mahmoudi, M., & Dehmardeh, N. (2014). Investigating the Impact of Renewable and Non-Renewable Energy Consumption, Economic Growth and Governance Quality on CO2 Emissions in Asian Countries. *Economics and Modeling*, 12 (4), 181-215 (In Persian).
13. Namahoro, J. P., Wu, Q., Zhou, N., & Xue, S. (2021). Impact of energy intensity, renewable energy, and economic growth on CO2 emissions: Evidence from Africa across regions and income levels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147, 111233.
14. Nathaniel, S., Anyanwu, O., & Shah, M. (2020). Renewable energy, urbanization, and ecological footprint in the Middle East and North Africa region. *Environmental science and pollution research*, 27(13), 14601-14613.
15. Negin Taji, Z., & Izadkhasti, H. (2014). The impact of international trade and foreign direct investment on carbon dioxide emissions in D8 member countries using a panel data approach. *Iranian Journal of Energy Economics*, 11(44), 161-192 (In Persian).
16. Onofrei, M., Vatamanu, A. F., & Cigu, E. (2022). The relationship between economic growth and CO2 emissions in EU countries: A cointegration analysis. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 934885.
17. Ozcan, B., Ulucak, R., & Dogan, E. (2019). Analyzing long lasting effects of environmental policies: evidence from low, middle and high income economies. *Sustainable Cities and Society*, 44, 130-143.
18. Qamruzzaman, M., & Karim, S. (2024). Green energy, green innovation, and political stability led to green growth in OECD nations. *Energy Strategy Reviews*, 55, 101519.
19. Salari, M., Javid, R. J., & Noghanibehambari, H. (2021). The nexus between CO2 emissions, energy consumption, and economic growth in the US. *Economic Analysis and Policy*, 69, 182-194.
20. Sreenu, N. (2022). Impact of FDI, crude oil price and economic growth on CO2 emission in India: symmetric and asymmetric analysis through ARDL and non-linear ARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42452-42465.
21. Sanjari Kenar Sandal, N., Elias Pour, B., & Babaki, R. A. (2016). The Asymmetric Impact of Economic Policy Uncertainty and Oil Prices on Carbon Dioxide Emissions in Iran. *Economic Research (Sustainable Growth and Development)*, 22 (4), 233-260 (In Persian).
22. Stern, N. (2007). Climate. Stern review: The economics of climate change. *New England Journal of Public Policy*, 21(2), 4.
23. Usmani, R. S. A., Saeed, A., Abdullahi, A. M., Pillai, T. R., Jhanjhi, N. Z., & Hashem, I. A. T. (2020). Air pollution and its health impacts in Malaysia: a review. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 13, 1093-1118.
24. You, W., Zhang, Y., & Lee, C. C. (2022). The dynamic impact of economic growth and economic complexity on CO2 emissions: An advanced panel data estimation. *Economic Analysis and Policy*, 73, 112-128.
25. Zabihi, S. M. Ghaem., Akbari, F., & Salehnia, N. (2016). Investigating the Role of Economic, Financial and Political Risks on Carbon Emissions in Iran: A Quantile-by-Quantile Regression (QQR) Approach. *Iranian Economic Research*, 28(96), 7-52 (In Persian).