

**The Effects of Income Inequality on Environmental Quality in Oil-Exporting and Oil-Importing Countries:
An application of panel quantile regressions**

Mona Taghizadeh-Alamdari¹ Hossein Asgharpur^{*2} Mohammad Reza Salmani Bishak³

1. PhD student of Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, email: mtaghizadeh507@gmail.com Orchid ID; 0009-0003-6594-4379
2. Professor in Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, email: asgharpurh@gmail.com, Orchid ID; 0002-0002-1440-8977
3. Associate Professor in Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, email: mrsalmani_2005@yahoo.com, Orchid ID; 0000-0002-9585-2710

Abstract

The main objective of this study is to investigate the effects of income inequality on carbon dioxide emissions in seven oil-importing and ten oil-exporting countries. This study covers the period 2000–2021 and employs the panel quantile approach. The findings indicate that in oil-exporting countries, income inequality is associated with a reduction in CO₂ emissions. In this group of countries, energy consumption contributes to lowering emissions, whereas trade openness plays an amplifying role. In contrast, variables such as industrialization and urbanization do not exert a statistically significant influence on CO₂ emission levels. The results for oil-importing countries reveal a different pattern: income inequality in these economies is linked to higher CO₂ emissions. Moreover, industrialization and urbanization have positive effects on emissions, while the consumption of renewable energy and trade openness help mitigate them. The study further provides evidence supporting the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis in both oil-exporting and oil-importing countries, indicating an inverted-U-shaped and statistically significant relationship between income inequality and carbon dioxide emissions.

Keywords: Income Inequality, Environmental Quality, Oil-Exporting, Oil-Importing, Panel quantile.

Introduction

In the late twentieth century, with the rapid expansion of the global economy and the increasing consumption of energy resources, global environmental problems have become progressively more serious and destructive, and the detrimental effects of these environmental pollutants cannot be overlooked. One of the major challenges faced by countries worldwide is the emission of carbon dioxide, recognized as the primary harmful greenhouse gas, particularly in large metropolitan areas. Studies indicate that CO₂ emissions are rising sharply in oil-exporting countries, which are becoming leading contributors to global CO₂ emissions. In oil-exporting nations such as Iran, due to heavy reliance on fossil fuels, CO₂ emissions have significantly increased. In contrast, oil-importing countries, owing to their lower dependence on fossil fuels and greater use of renewable energy sources, generally adopt more effective policies to mitigate greenhouse gas emissions. Moreover, it can be argued that oil prices may exert a positive influence on CO₂ emissions in oil-exporting countries. On the other hand, income inequality, as one

of the fundamental socio-economic challenges, has a direct impact on environmental quality. Numerous studies have examined the effect of income distribution inequality on carbon dioxide emissions within the framework of the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis. The EKC proposes a theoretical relationship between environmental degradation and per capita income. According to this hypothesis, the curve takes the form of an inverted U-shape, suggesting that at the initial stages of income growth, environmental pollution increases; however, in the long run, with further increases in per capita income, pollution levels decline, thereby improving environmental quality. Considering that the oil-based economic structure of countries may influence the relationship between income inequality and pollution emissions, and that the association between pollution emissions and income inequality may vary (asymmetrically) across different quantiles of CO₂ emissions, it is therefore essential to investigate the effects of income distribution inequality on carbon dioxide emissions in two groups of oil-importing and oil-exporting countries using the panel quantile method over the period 2000–2021.

Method

The objective of this paper is to investigate the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis, specifically the impact of income inequality on carbon dioxide emissions, in a selected group of oil-exporting and oil-importing countries. To examine this relationship, a quantile panel analysis was conducted over the period 2000–2021. The selection of these countries was based on data availability, with all information obtained from the World Bank World Development Indicators (WDI). The econometric analysis was performed using Stata software.

The empirical model of this study, based on Wang et al. (2023), aims to examine the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis, that is, the impact of income inequality on carbon dioxide emissions in a selected group of oil-importing and oil-exporting countries.

$$CO_{2it} = C_{it} + \alpha_1 GDP_{it} + \alpha_2 (GDP_{it})^2 + \beta x + \varepsilon_{it}$$

Where **CO₂**: Represents Per capita carbon dioxide emissions, **GDP**: Indicates Gross Domestic Product per capita, **GDP²**: indicates squared Gross Domestic Product per capita and **x** refers to other control variables such as degree of trade openness, renewable energy consumption, degree of urbanization, Gini coefficient and industrial structure.

Results

According to the results of the panel quantile estimation for oil-exporting countries, the squared term of GDP exhibits a negative effect on carbon dioxide emissions across all quantiles, indicating that the impact of per capita income on CO₂ emissions follows an inverted U-shape. In none of the quantiles do the variables of urbanization and industrialization show a significant effect on CO₂ emissions in oil-exporting countries. Renewable energy consumption has a negative and significant impact on CO₂ emissions up to the fifth quantile, but from the seventh quantile onward, its effect becomes insignificant. Furthermore, in oil-exporting countries, trade openness exerts a positive effect on CO₂ emissions. In addition, the Gini coefficient demonstrates negative effects on CO₂ emissions across all quantiles. On the other hand, in oil-importing countries, the squared term of GDP also shows a negative effect on CO₂ emissions, confirming the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis. Across all quantiles of

CO₂ emissions, unlike in oil-exporting countries, the degree of urbanization has a positive and significant effect on CO₂ emissions in oil-importing countries. Renewable energy consumption, similar to oil-exporting countries, exerts a negative effect on CO₂ emissions. Trade openness, however, has a negative effect on CO₂ emissions across all quantiles. Industrialization in oil-importing countries contributes positively to CO₂ emissions. Moreover, in contrast to oil-exporting countries, the Gini coefficient—as an indicator of income inequality—shows positive effects on CO₂ emissions across all quantiles in oil-importing countries.

Conclusion

This study, focusing on the effects of income inequality on carbon dioxide emissions in oil-importing and oil-exporting countries, reveals that the environmental impact of income inequality varies depending on the economic conditions and energy structures of the countries. The results of the quantile panel model for the period 2000–2021 indicate that in oil-exporting countries, a higher Gini coefficient—reflecting greater income inequality—generally leads to a reduction in CO₂ emissions. This suggests that such countries may utilize oil revenues to implement policies such as investing in carbon capture and storage technologies, expanding renewable energy, and optimizing industrial consumption, thereby reducing dependence on fossil fuels and mitigating emissions. In contrast, oil-importing countries experience an increase in CO₂ emissions when the Gini coefficient rises, as weak enforcement of environmental policies and subsidies for fossil fuels exacerbate this trend. Overall, the differing effects of the Gini coefficient on CO₂ emissions between these two groups of countries are closely linked to their energy consumption patterns and the nature of their environmental policy frameworks.

Funding: There is no funding support.

Conflict of interest: Authors declared no conflict of interest.

Authors' contributions: Authors contributed to the conceptualization and writing of the article.

اثرات نابرابری در آمد بر کیفیت محیط زیست در کشورهای صادرکننده و واردکننده نفت: کاربردی از رویکرد پانل کوانتایل

منا تقی زاده علمداری^۱ حسین اصغرپور^{۲*} محمدرضا سلمانانی بی شک^۳

^۱ دانشجوی دکتری اقتصاد مالی، دانشکده اقتصاد و مدیریت دانشگاه تبریز.

ایمیل: mtaghizadeh507@gmail.com، شناسه ارکید: 0009-0003-6594-4379

^۲ استاد اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت دانشگاه تبریز.

ایمیل: asgharpurh@gmail.com، شناسه ارکید: 0002-0002-1440-8977

^۳ دانشیار اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت دانشگاه تبریز.

ایمیل: mrsalmani_2005@yahoo.com، شناسه ارکید: 0000-0002-9585-2710

چکیده

هدف اصلی این مقاله بررسی اثرات نابرابری توزیع درآمدی بر انتشار گاز دی اکسید کربن در ۷ کشور واردکننده و ۱۰ کشور صادرکننده نفت می باشد. این پژوهش در دوره زمانی ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۱ و با بهره گیری از رویکرد پانل کوانتایل انجام شده است. نتایج این مطالعه نشان می دهد که در کشورهای صادرکننده نفت، نابرابری درآمدی با کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن همراه بوده است. در این گروه از کشورها، مصرف انرژی نقش کاهنده و درجه ی باز بودن تجاری نقش افزاینده در انتشار این آلاینده ایفا کرده اند. در مقابل، متغیرهایی مانند صنعتی شدن و شهرنشینی تأثیر معنی داری بر سطح انتشار دی اکسید کربن نداشته اند. یافته های به دست آمده در کشورهای واردکننده نفت نیز حاکی از آن است که نابرابری درآمدی در این گروه از کشورها با افزایش انتشار دی اکسید کربن همراه بوده است. همچنین، صنعتی شدن و درجه شهرنشینی در این کشورها تأثیر مثبت بر انتشار این گاز داشته اند، در حالی که مصرف انرژی های تجدیدپذیر و درجه ی باز بودن تجاری نقش کاهنده ای در این زمینه ایفا کرده اند. همچنین، یافته های تحقیق دلالت بر این دارد که در هر دو گروه از کشورهای صادرکننده و واردکننده نفت، فرضیه زیست محیطی کوزنتس مورد تایید است، به طوری که تأثیر نابرابری درآمد بر انتشار دی اکسید کربن به صورت U معکوس بوده و از لحاظ آماری معنی دار است.

کلیدواژه: نابرابری درآمد، کیفیت محیط زیست، صادرکننده نفت، واردکننده نفت، پانل کوانتایل

طبقه بندی JEL: J0، C21، D33

۱. مقدمه

با توجه به اهمیت انکارناپذیر کیفیت محیط‌زیست در سلامت و رفاه انسان‌ها، یکی از عواملی که توجه به آن قدمتی کهن دارد مسائل مربوط به تخریب و آلودگی محیط‌زیست است. آلودگی محیط‌زیست را می‌توان ناشی از فعالیت‌های صنعتی و انسانی دانست. به گونه‌ای که فعالیت‌های انسانی نظیر احتراق سوخت‌های فسیلی و جنگل زدایی را می‌توان از عوامل موثر در تخریب محیط‌زیست برشمرد. بحران و توسعه‌نیافتگی، افزایش بی‌رویه جمعیت، تخریب محیط‌زیست، فقر و سوء تغذیه، انواع ناهنجاری‌ها و شکاف درآمدی بین فقیر و غنی از جمله معطلاتی هستند که چالش‌های دشواری را در ارتباط با کیفیت محیط‌زیست در مقابل همه جوامع قرار داده است. در اواخر قرن بیستم، با توسعه سریع اقتصاد جهانی و مصرف روز افزون منابع انرژی، مشکلات زیست-محیطی جهانی به طور فزاینده‌ای جدی‌تر و مخرب‌تر شده است و آثار زیان بار این آلاینده‌های زیست‌محیطی قابل اغماض نیست. از عوامل مهمی که کشورهای مختلف جهان با آن دست و پنجه نرم می‌کنند، انتشار گاز دی‌اکسید کربن به عنوان نخستین گاز گلخانه‌ای^۱ مضر به ویژه در شهرهای بزرگ جهان می‌باشد که موجب گرم شدن کره زمین، ذوب شدن یخ‌های قطبی، تغییرات اقلیمی شدید گردیده و در نهایت به مرگ موجودات و انسان‌ها منجر خواهد شد. طبق داده‌های آژانس بین‌المللی انرژی، انتشار کربن جهانی، از اوایل دهه ۱۹۷۰ تا ۴۰ درصد افزایش یافته است (IEA^۲، ۲۰۱۳). بر اساس پروژه جهانی کربن^۳، از سال ۲۰۲۰، ایالات متحده آمریکا، چین، روسیه، آلمان و بریتانیا، به‌عنوان پنج کشور نخست منتشرکننده کربن جهان هستند و پس از آنها سایر کشورهای صادرکننده نفت مانند کانادا، اندونزی، عربستان سعودی، برزیل، مکزیک و استرالیا قرار دارند (بلوکهین^۴، ۲۰۲۰). مطالعات نشان می‌دهد که انتشار CO₂ به شدت در کشورهای صادرکننده نفت در حال افزایش است و این کشورها در حال تبدیل شدن به کشورهای برتر انتشار CO₂ در سراسر جهان هستند. علاوه بر این، طبق گزارش مرکز تحقیقات تغییرات آب و هوایی تیندال^۵، در صورتی که کشورهای صادرکننده نفت، خواهان کاهش دما در کره زمین هستند، بایستی تولید نفت و گاز را تا سال ۲۰۳۴ متوقف کنند^۶ (گازی و همکاران^۷، ۲۰۲۲). در کشورهای صادرکننده نفت مانند ایران، به دلیل وابستگی شدید به استفاده از سوخت‌های فسیلی، انتشار آلاینده CO₂ افزایش یافته است. مطابق آمار منتشر شده از مصرف سوخت‌های فسیلی در ایران از سال ۱۹۶۵ الی ۲۰۲۱، مقدار مصرف سوخت‌های فسیلی از ۳۶۹۴.۹۵ کیلووات ساعت در سال ۱۹۶۵، به مقدار ۳۹۲۰۵.۷۵ کیلووات ساعت در سال ۲۰۲۱ افزایش یافته است. آشکار است که این افزایش ۱۰ برابری مصرف سوخت‌های فسیلی در طی چند دهه گذشته، آثار مضرى مانند انتشار گاز دی‌اکسید کربن را در بر خواهد داشت. در مقابل، کشورهای واردکننده نفت، به دلیل وابستگی

¹ Green House Gasses (GHG)

² International Energy Agency

³ Global Carbon Project

⁴ Blokhin

⁵ Tyndall Center for Climate Change Research

⁶ <https://punchng.com/climate-change-nations-must-end-oil-production-report-says/>

⁷ Gazi et al.

کمر به سوخت‌های فسیلی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر؛ معمولاً سیاست‌های مناسبی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اتخاذ می‌کنند. از طرفی، می‌توان گفت قیمت نفت نیز ممکن است بر انتشار CO₂ در کشورهای صادرکننده نفت تاثیر مثبتی داشته باشد (توک‌پاح و همکاران^۱، ۲۰۲۴). از سوی دیگر، نابرابری درآمدی به عنوان یکی از چالش‌های اساسی اقتصادی-اجتماعی، تأثیر مستقیمی بر کیفیت محیط‌زیست دارد. نابرابری درآمدی در اقتصاد جهانی از جمله مبرم‌ترین و چالش برانگیزترین موضوعاتی است که نیازمند توجه جدی دولت‌ها، نهادها و آژانس‌های اقتصادی جهانی مانند بانک جهانی، صندوق بین‌المللی پول و سازمان ملل متحد است. از اهمیت والای این متغیر اقتصادی می‌توان چنین بیان کرد که کاهش نابرابری درآمدی یکی از اهداف ۱۷ گانه سازمان توسعه پایدار (SDGs^۲)، در کشورها است و این هدف مهم بدین صورت مطرح می‌گردد که تا سال ۲۰۳۰، بایستی درآمد افراد ۴۰ درصد دهک پایین درآمدی افزایش یافته و حداقل به نرخی معادل و یا بالاتر از میانگین درآمد ملی کشورها برسد (علی و همکاران^۳، ۲۰۱۶). مطالعات فراوانی به تاثیر نابرابری توزیع درآمدی در انتشار گاز دی‌اکسید کربن در قالب فرضیه کوزنتس زیست-محیطی (EKC^۴) پرداخته‌اند. بویسی^۵ (۱۹۹۴)، نخستین کسی بود این موضوع را مطرح کرد که توزیع درآمد به صورت معنی-داری بر کیفیت محیط‌زیست تأثیرگذار است. منحنی کوزنتس زیست محیطی، یک رابطه نظری میان تخریب محیط‌زیست و درآمد سرانه را مطرح می‌کند. به گونه‌ای که مطابق فرضیه منحنی کوزنتس زیست محیطی، شکل این منحنی به صورت U معکوس بوده و نشان می‌دهد در ابتدا با افزایش درآمد سرانه، انتشار آلاینده‌های محیط‌زیست رو به افزایش است اما در بلندمدت با افزایش بیشتر درآمد سرانه، انتشار آلاینده‌ها کاهش یافته و در نتیجه کیفیت محیط‌زیست را بهبود می‌بخشد (گاندآ^۶، ۲۰۲۵).

مطالعات متعددی در چارچوب فرضیه کوزنتس زیست‌محیطی به بررسی اثرات نابرابری درآمدی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن پرداخته‌اند. با این حال ارزیابی این فرضیه به تفکیک کشورهای واردکننده و صادرکننده نفت مورد توجه قرار نگرفته است. با توجه به اینکه ساختار نفتی کشورها می‌تواند چگونگی رابطه بین نابرابری درآمدی و انتشار آلودگی را تحت تاثیر قرار دهد و از سوی دیگر، ممکن است رابطه بین انتشار آلودگی و نابرابری درآمدی در چندک‌های مختلف دی‌اکسید کربن متفاوت (نامتقارن) باشد، لذا بررسی اثرات نابرابری توزیع درآمدی بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در دو گروه از کشورهای واردکننده و صادرکننده نفت با روش

¹ Tokpah et al.

² Sustainable Development Goals

³ Ali et al.

⁴ Environmental Kuznets curve

⁵ Boyce

⁶ Ganda

پانل کوانتایل^۱ در دوره زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۰ بسیار حائز اهمیت بوده و نتایج آن می‌تواند سیاست‌گذاران اقتصادی و زیست‌محیطی کشور را یاری نماید. بدین منظور، تحقیق حاضر به شکل ذیل سازمان‌دهی شده است:

در ابتدا مبانی نظری در مورد منحنی کوزنتس زیست‌محیطی و ارتباط نابرابری درآمد و کیفیت محیط‌زیست مطرح شده و پیشینه خارجی و داخلی در ارتباط با موضوع مورد تحقیق مرور می‌گردد. در ادامه، پس از معرفی روش و مدل تحقیق، نتایج حاصل مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در پایان نیز به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادهایی پرداخته می‌شود.

۲. مبانی نظری

۲-۱. مفهوم منحنی کوزنتس زیست محیطی

منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) یکی از رایج‌ترین مدل‌های شبیه‌سازی اقتصادی-زیست‌محیطی است که برای تحلیل سیاست‌ها استفاده می‌شود (زو و همکاران^۲، ۲۰۲۲؛ کوندار و همکاران^۳، ۲۰۲۱؛ مائو و همکاران^۴، ۲۰۲۲). این منحنی نخستین بار در دهه ۱۹۹۰ توسط گروسمن و کروگر^۵ (۱۹۹۱) و در مطالعه اثرات بالقوه تشکیل منطقه تجارت آزاد شمالی بر محیط‌زیست مطرح شده است. در ادامه، باندیوپادیای و شفیک^۶ (۱۹۹۲)، با فرض ثبات تکنولوژی، افزایش فعالیت‌های اقتصادی را به عنوان عامل تخریب محیط‌زیست معرفی کرده است (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۱، ص ۷۶).

بر اساس منحنی EKC، مقدار درآمد با کیفیت زیست‌محیطی رابطه U معکوس دارد. به طوری‌که در ابتدا با افزایش درآمد سرانه، انتشار آلاینده دی‌اکسید کربن سرانه نیز افزایش می‌یابد تا هنگامی که به نقطه عطف خاصی در درآمد برسند، پس از آن، افزایش هر چه بیشتر درآمد سرانه، با کاهش انتشار CO₂ همراه است (گروسمن و کروگر، ۱۹۹۵). مفهوم EKC توسط گزارش بانک جهانی بازسازی و توسعه (IBRD^۷) در سال ۱۹۹۲ رایج شد، که استدلال می‌کرد: «این دیدگاه که فعالیت‌های اقتصادی بیشتر به طور اجتناب‌ناپذیری به محیط‌زیست آسیب می‌رساند، مبتنی بر فرضیات ثابت بودن تکنولوژی، سلیق و سرمایه‌گذاری‌های زیست-محیطی است» و همچنین عنوان می‌کرد: «با افزایش درآمدها، تقاضا برای بهتر شدن کیفیت محیط‌زیست و منابع موجود برای سرمایه‌گذاری افزایش می‌یابد». در حقیقت منحنی کوزنتس زیست‌محیطی، فرضیه‌ای است که ارتباط میان درآمد سرانه و میزان

¹ Panel Quantile

² Zou et al.

³ Koondhar et al.

⁴ Mao et al.

⁵ Grossman and Krueger

⁶ Bandyopadhyay & Shafik

⁷ International Bank for Reconstruction and Development

آلودگی محیط‌زیست را در اثر مقیاس^۱، اثر ترکیب^۲ و اثر تکنولوژی^۳ خلاصه می‌کند. اثر مقیاس بیان می‌کند که اگر تغییری در ساختار یا فناوری اقتصاد ایجاد نشود، افزایش حجم تولید و رشد فعالیت‌های اقتصادی منجر به افزایش آلودگی و سایر اثرات زیست‌محیطی می‌شود. به عبارت بهتر، بدون اصلاحات ساختاری یا تکنولوژیکی، رشد اقتصادی به تنهایی می‌تواند پیامدهای منفی برای محیط‌زیست به دنبال داشته باشد. طرفداران فرضیه EKC معتقدند که در سطوح بالاتر توسعه، تغییرات ساختاری در اقتصاد به سمت صنایع و خدمات دانش بنیان، همراه با افزایش آگاهی‌های زیست‌محیطی، اجرای مقررات سخت‌گیرانه و به کارگیری فناوری‌های پیشرفته‌تر، منجر به کاهش تدریجی تخریب محیط‌زیست می‌شود (پانایوتو^۴، ۱۹۹۳، ص ۱). اثر ترکیب می‌تواند از تغییرات ساختاری در اقتصاد ناشی شود. تغییراتی که از طریق تحول در ترکیبات ورودی و خروجی صنایع، کاهش انتشار آلاینده‌ها و افزایش کیفیت محیط‌زیست را سبب خواهد شد. در حوزه ورودی‌های تولید، این تغییرات شامل جایگزینی مواد اولیه و منابع انرژی با گزینه‌هایی است که آسیب کمتری به محیط‌زیست وارد می‌کنند. برای نمونه، جایگزینی گاز طبیعی به جای زغال سنگ و استفاده از زغال سنگ با گوگرد کم به جای نوع پرگوگرد آن از جمله اقدامات مؤثر در کاهش آلاینده‌ها محسوب می‌شود. در بخش خروجی‌ها نیز، روند توسعه اقتصادی معمولاً با تغییر در ساختار فعالیت‌ها همراه است. در مراحل اولیه توسعه، انتقال از بخش کشاورزی به سمت صنایع سنگین منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌گردد. با این حال، در مراحل پیشرفته‌تر، ساختار اقتصادی به سمت خدمات و تولیدات سبک‌تر حرکت می‌کند؛ صنایعی که به طور نسبی سهم کمتری در انتشار آلاینده‌ها در واحد تولید دارند. این تغییر ساختار، می‌تواند تأثیر مثبتی بر کاهش فشار زیست‌محیطی داشته باشد. در نهایت، اثر تکنولوژی (اثر فنی) از طریق ارتقای بهره‌وری، نقش بسزایی در بهبود کیفیت محیط‌زیست ایفا می‌کند. افزایش بهره‌وری تولید به معنای استفاده بهینه‌تر از منابع و کاهش ورود آلاینده‌ها در ازای هر واحد تولید است. این دستاوردها اغلب با هدف‌گذاری مستقیم برای کاهش انتشار آلاینده‌ها حاصل می‌شوند. نمونه‌هایی از این نوآوری‌ها عبارتند از: پیاده‌سازی فرآیندهای تولید پاک‌تر، یا به کارگیری فناوری‌هایی که میزان ضایعات و آلودگی‌ها را در ازای هر واحد ورودی به حداقل می‌رسانند (استرن^۵، ۲۰۰۴، ص ۱۴۲۱).

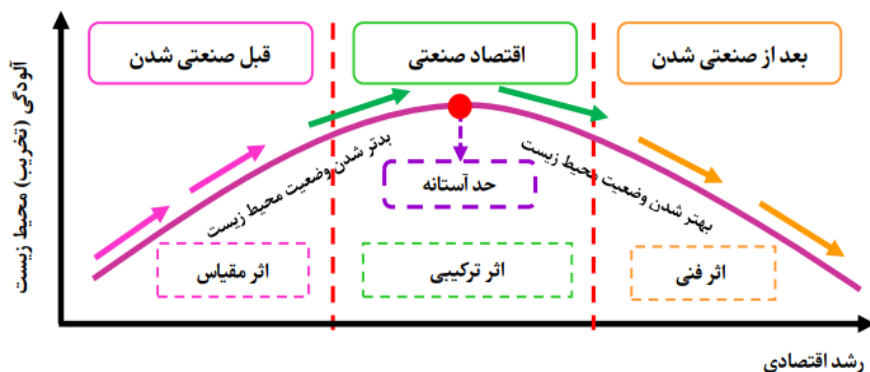
¹ Scale effect.

² Composition effect.

³ Technology effect.

⁴ Panayotou

⁵ Stern



نمودار ۱. شکل فرضیه EKC

منبع: فاخر، (۱۳۹۹).

نمودار ۱. نشان می‌دهد که در منحنی کوزنتس زیست‌محیطی، رابطه‌ای غیرخطی بین رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست وجود دارد. در مراحل اولیه توسعه (قبل از صنعتی شدن)، افزایش تولید و مصرف منابع موجب رشد آلودگی می‌شود (اثر مقیاس). با ادامه رشد و تغییر ساختار اقتصادی، ترکیب فعالیت‌ها از صنایع آلاینده به سمت بخش‌های خدماتی و فناوری محور تغییر می‌کند (اثر ترکیب). در مراحل پیشرفته توسعه (بعد از صنعتی شدن)، به‌کارگیری فناوری‌های پاک و سیاست‌های زیست‌محیطی موجب کاهش آلودگی می‌شود (اثر فنی). در نتیجه، منحنی به شکل U وارونه بوده و پس از رسیدن به حد آستانه، کیفیت محیط‌زیست بهبود می‌یابد. از طرفی می‌توان بیان کرد منحنی کوزنتس زیست‌محیطی، تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل اقتصادی، اجتماعی و نهادی شکل می‌گیرد. در مطالعه حاضر، یکی از متغیرهای مؤثر که مورد بررسی قرار گرفته، نابرابری درآمدی است که با استفاده از ضریب جینی اندازه‌گیری شده است. می‌توان استدلال کرد، افزایش ضریب جینی، به‌عنوان شاخصی از نابرابری بیشتر، موجب جابه‌جایی منحنی به سمت بالا می‌شود؛ به‌عبارتی، در سطوح مشابهی از درآمد سرانه، کشورهایی با نابرابری بیشتر، سطح بالاتری از انتشار CO_2 را تجربه می‌کنند. در مقابل، کاهش ضریب جینی و بهبود عدالت درآمدی باعث می‌شود منحنی به سمت پایین حرکت کند، که نشان‌دهنده کاهش نسبی آلودگی در مسیر رشد اقتصادی است.

۲-۲. اثرات نابرابری درآمد بر انتشار CO_2

از منظر نظری ارتباط میان نابرابری درآمد و انتشار CO_2 به وسیله چند مکانیسم قابل تفسیر است. مکانسیم ارائه شده توسط بویس (۱۹۹۴) بیان می‌کند که افزایش نابرابری در قدرت و ثروت، اصلی‌ترین عامل مخرب محیط‌زیست می‌باشد. طبق این دیدگاه، در جوامعی با توزیع نابرابر درآمد و منابع، اقشار ثروتمند غالباً کنترل بیشتری بر فرآیندهای تصمیم‌گیری و نحوه تخصیص منابع

دارند. این گروه‌ها ممکن است سیاست‌ها و رویکردهایی را اتخاذ کنند که هزینه‌های زیست‌محیطی آن متوجه اقشار فقیرتر جامعه شود، در حالی که خود از تبعات منفی آن مصون می‌مانند. بنابراین، دیدگاه بویس (۱۹۹۴)، به این صورت نتیجه‌گیری می‌شود که شکاف میان طبقات اجتماعی نه تنها عدالت اجتماعی را به خطر می‌اندازد، بلکه کیفیت محیط‌زیست را نیز به طور مستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد. اقتصاددانانی از جمله شور^۱ (۱۹۹۸) و جورگنسون و همکاران^۲ (۲۰۱۷، ص ۴۱)، از اثر ویلن^۳ (۲۰۰۹) برای توضیح ارتباط میان نابرابری درآمد و انتشار آلاینده CO₂ بهره گرفتند. طبق استدلال آنها، نابرابری در درآمد با ایجاد اثر ویلن، با ایجاد انگیزه مصرف‌گرایی در هر یک از آحاد جامعه، آنها را وادار به افزایش مصرف کالاها و خدماتی می‌کند که گاهی خطرات اجتناب ناپذیری برای محیط‌زیست به همراه دارند. این نوع مصرف مبتنی بر رقابت اجتماعی، اغلب شامل کالاهایی با ردپای کربنی بالا است و در نتیجه، تأثیر مستقیمی بر افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. از سوی دیگر، نابرابری درآمدی می‌تواند الگوی زندگی افراد را نیز تحت تأثیر قرار دهد. به گونه‌ای که هر فرد به منظور تامین نیازهای مصرفی خود، مدت زمان بیشتری را به کار کردن و استفاده از کالاهای مختلف اختصاص دهد که این رفتارها نیز با افزایش فعالیت‌های اقتصادی و مصرف انرژی همراه بوده و می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای نظیر CO₂ را در جامعه افزایش دهد. به طور خلاصه می‌توان بیان کرد؛ نابرابری در درآمد از طریق مکانیسم فرهنگ مصرف‌گرایی منجر به ایجاد آلودگی در جامعه می‌شود. در مقابل، راولین و همکاران^۴ (۲۰۰۰، ص ۵) و هائو و همکاران^۵ (۲۰۱۶)، فرضیه میل نهایی به انتشار آلودگی (MPE^۶) را مطرح می‌کنند و بر این باورند که سطح مصرف فردی به عنوان عاملی موثر در ایجاد میل نهایی بر انتشار می‌باشد و اثرپذیری کیفیت محیط‌زیست از میزان نابرابری توزیع درآمدی به نسبت میل نهایی به انتشار در اقشار کم‌درآمد و اقشار پردرآمد وابسته است (بالوچ و همکاران^۷، ۲۰۱۸). این فرضیه بیان می‌کند که اگر میل نهایی به انتشار آلودگی در میان افراد کم‌درآمد بیش از افراد ثروتمند باشد، کاهش نابرابری درآمد ممکن است به صورت غیرمنتظره‌ای منجر به افزایش سطح آلاینده‌ها شود. علت این امر در تفاوت توان مالی و انتخاب‌های مصرفی نهفته است؛ به گونه‌ای که اقشار کم‌درآمدتر، به دلیل محدودیت‌های مالی، بیشتر به کالاها و خدماتی روی می‌آورند که دارای ردپای زیست

¹ Schor

² Jorgenson et al.

³ Veblen effect

⁴ Ravallion et al.

⁵ Hao et al.

⁶ Marginal Propensity to Emit

⁷ Baloch et al.

محیطی بالاتری هستند، چرا که محصولات پاک و کم‌آلاینده غالباً قیمت بالاتری دارند و از دسترس آن‌ها خارج‌اند (خان و همکاران^۱، ۲۰۲۵، ص ۲).

علاوه بر موارد مذکور می‌توان بیان کرد؛ افراد فقیرتر جامعه که عمدتاً کشاورزان و کارگران غیر ماهر را شامل می‌شود به دلیل محدودیت‌های اقتصادی و ساختارهای معیشتی از طریق گسترش جنگل‌زدایی و مصرف سوخت‌های فسیلی با هدف تجاری‌سازی کشاورزی منجر به انتشار هر چه بیشتر آلاینده‌ها در محیط‌زیست می‌شوند. این فعالیت‌ها اغلب در راستای تجاری‌سازی اقتصادی انجام می‌گیرند، اما پیامد آنها افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. از طرفی، ثروتمندان به عنوان صاحبان سرمایه نقش مهمی را در استفاده از سوخت‌های فسیلی به منظور تولید کالاها و خدمات خود در جامعه ایفا می‌کنند و مسئول انتشار چشمگیر آلاینده‌ها در جو کره زمین هستند (خان و همکاران، ۲۰۲۵، ص ۴). این مورد از لحاظ نظری با استدلال بویس (۱۹۹۴) مطابقت دارد که ثروتمندان به احتمال زیاد باعث افزایش انتشار CO₂ می‌شوند که برای محیط‌زیست مضر است (آسکوايه و همکاران^۲، ۲۰۱۴، ص ۵).

برای بررسی فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس ابتدا از یک مدل پایه استفاده شده است که رابطه غیرخطی بین تولید ناخالص داخلی سرانه و انتشار دی‌اکسید کربن را بررسی می‌کند. این مدل به صورت زیر تعریف شده است:

$$CO_2 = \alpha_0 + \alpha_1 GDP + \alpha_2 GDP^2 + \varepsilon_t \quad (1)$$

در گام بعدی، برای تحلیل دقیق‌تر و بررسی اثرات سایر عوامل اقتصادی و جمعیتی، مدل گسترش‌یافته‌ای به کار گرفته شده است که در آن علاوه بر GDP، ضریب جینی (GINI) و جمعیت (P) نیز وارد مدل شده است (یونیتا و همکاران^۳، ۲۰۲۳):

$$CO_2 = \alpha_0 + \alpha_1 GDP + \alpha_2 GINI + \alpha_3 P + \varepsilon_t \quad (2)$$

۳. پیشینه تحقیق

اوزار و ایوب اوغلو^۴ (۲۰۱۹)، به بررسی تأثیر توزیع درآمد بر انتشار CO₂ در ترکیه طی سال‌های ۱۹۸۴ الی ۲۰۱۴ با استفاده از آزمون خودرگرسیون با وقفه توزیعی (ARDL^۵) پرداخته‌اند. نتایج حاصل از برآورد مدل نشان می‌دهد که نابرابری درآمدی تأثیر

¹ Khan et al.

² Acquaye et al.

³ Yunita et al.

⁴ Uzar & Eyuboglu

⁵ AutoRegressive Distributed Lag

مثبتی بر انتشار CO₂ در کشور ترکیه دارد. چن و همکاران^۱ (۲۰۲۰)، با استفاده از تکنیک رگرسیون کوانتایل همزمان^۲ به بررسی آثار نابرابری درآمدی بر کیفیت محیط زیست پرداخته‌اند. نتیجه این مطالعه برای شماری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه گروه G20 در دوره زمانی ۲۰۱۵-۱۹۸۸، مؤید آن است که در کشورهای در حال توسعه، توزیع درآمد برابرتر، منجر به کاهش انتشار CO₂ می‌گردد، در حالی که در اکثر کشورهای توسعه یافته، نابرابری درآمدی به سختی بر انتشار CO₂ تأثیر می‌گذارد. چو^۳ (۲۰۲۱)، به بررسی اثرات نابرابری درآمد بر انتشار آلاینده‌های زیست محیطی پرداخته است. این مطالعه با بهره‌گیری از آمار و اطلاعات ۳۳ کشور عضو OECD^۴ در دوره زمانی ۲۰۱۴-۱۹۹۰ صورت پذیرفته است. نتایج حاصل از برآورد پانل نامتوازن نشانگر آن است که تأثیر نابرابری درآمد بر کیفیت محیط زیست به کیفیت نهادی وابسته است و در کشورهایی با کیفیت نهادهای بالا، افزایش نابرابری در توزیع درآمدی سبب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌گردد. وانگ و همکاران^۵ (۲۰۲۳)، با بهره‌گیری از داده‌های آماری ۵۶ کشور در دوره زمانی ۲۰۱۸-۲۰۰۳ و با استفاده از رویکرد پنل آستانه‌ای^۶ به بررسی روابط میان نابرابری درآمدی و انتشار دی‌اکسید کربن پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه برای کشورهای با نابرابری درآمد پایین نشان می‌دهد که رشد اقتصادی به‌طور چشمگیری انتشار دی‌اکسید کربن را افزایش می‌دهد. همچنین نتایج این مطالعه برای کشورهای با نابرابری درآمد بالا نشان می‌دهد؛ در ابتدا رشد اقتصادی از افزایش انتشار گاز دی‌اکسید کربن جلوگیری می‌کند، اما با افزایش بیشتر نابرابری درآمد، رشد اقتصادی منجر به افزایش انتشار این آلاینده می‌شود. ارجان و همکاران^۷ (۲۰۲۴)، به بررسی فرضیه کوزنتس زیست-محیطی در منتخبی از کشورهای اتحادیه اروپا و در دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۵ پرداخته‌اند. یافته‌های به دست آمده از تخمین خودرگرسیون برداری پانل (PVAR)^۸ نشان می‌دهد؛ نابرابری‌های درآمدی منجر به افزایش انتشار CO₂ در این کشورها می‌شود. خان و همکاران (۲۰۲۵)، به بررسی ارتباط بین نابرابری درآمد و انتشار گاز دی‌اکسید کربن در کشور بنگلادش با استفاده از رویکرد خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی و برای دوره زمانی ۲۰۲۱-۱۹۸۰ پرداخته‌اند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که افزایش یک درصدی در سهم درآمد افراد پردرآمد منجر به افزایش انتشار سرانه CO₂ تا ۰.۵۲ درصد می‌گردد. تمیزی (۱۳۹۴)، به بررسی عوامل اثرگذار بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در شماری از کشورهای در حال توسعه و در دوره ۲۳ ساله ۲۰۱۴-۱۹۹۲ با

¹ Chen et al.

² Simultaneous Quantile Regression

³ Cho

⁴ Organization for Economic Co-operation and Development

⁵ Wang et al.

⁶ Panel Threshold

⁷ Ercan et al.

⁸ Panel Vector Autoregressive

بهره‌گیری از تکنیک میانگین‌گیری مدل بیزی^۱ پرداخته است. یافته‌های این مطالعه بیانگر آن است که نابرابری درآمد اثر کاهنده‌ای بر انتشار CO₂ داشته است. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۵)، به بررسی ارتباط میان نابرابری درآمدی و میزان انتشار کربن دی‌اکسید در ایران در دوره زمانی ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۱ و با استفاده از رویکرد خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که با بهبود توزیع درآمد در ایران، میزان انتشار سرانه دی‌اکسید کربن کاهش پیدا می‌کند. لعل خضری و کریمی پتانلار (۱۳۹۸)، با بررسی داده‌های آماری سری زمانی برای دوره ۱۳۹۴-۱۳۵۷ و روش خودرگرسیون با وقفه-های توزیعی؛ به مطالعه آثار نابرابری توزیع درآمدی در ایران پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق بیانگر وجود اثرات مثبت متغیر ضریب جینی به عنوان نماینده توزیع نابرابری درآمد بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن می‌باشد. جباری و سالم (۱۴۰۲)، در مطالعه خود با استفاده از اطلاعات ۳۱ استان کشور ایران و با بهره‌گیری از رویکرد پانل کوانتایل طی دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۸۸ به بررسی عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن پرداختند. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که نابرابری درآمد اثرات مثبت و معنی‌دار بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن دارد. اعظمی و حسینی (۱۴۰۴)، با بهره‌گیری از مدل فضایی پویای کامل^۲ و داده‌های سالانه ۱۳۹۵-۱۳۸۶، به بررسی اثرات نابرابری درآمدی بر کیفیت محیط‌زیست در استان‌های ایران پرداخته‌اند. در این مطالعه فرضیه کوزنتس زیست-محیطی تایید شده و نتایج بیانگر آن است که نابرابری درآمد اثرات مثبت بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد.

همان‌طور که مشاهده شد، نابرابری در توزیع درآمد می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کیفیت محیط‌زیست و انتشار آلاینده‌ها از جمله گاز دی‌اکسید کربن داشته باشد. یکی از خلاهای موجود در مطالعات پیشین این است که تأثیر نابرابری درآمدی بر انتشار دی‌اکسید کربن به صورت تکنیک پانل کوانتایل و به تفکیک کشورهای صادرکننده و واردکننده نفت بررسی نشده است. از این رو، این مطالعه در نظر دارد با توجه به تفاوت در ساختار نفتی این کشورها و امکان تأثیر متفاوت نابرابری درآمدی بر انتشار دی‌اکسید کربن در این دو گروه از کشورها، به بررسی این رابطه در دهک‌های مختلف انتشار CO₂ بپردازد.

محقق یا محققین	دوره زمانی و کشور مورد بررسی	روش مورد استفاده	نتایج
اوزار و ایوب اوغلو (۲۰۱۹)	ترکیه (۱۹۸۴-۲۰۱۴)	ARDL	نابرابری درآمد اثر مثبت بر انتشار CO ₂ دارد.
چن و همکاران (۲۰۲۰)	شماری از کشورهای توسعه-یافته و در حال توسعه G7 (۱۹۸۸-۲۰۱۵)	رگرسیون کوانتایل همزمان	در کشورهای در حال توسعه، توزیع درآمد برابرتر، منجر به کاهش CO ₂ می‌-

^۱ Bayesian Model Averaging

^۲ Full Dynamic Spatial Model

گردد، در حالی که در اکثر کشورهای توسعه یافته، نابرابری درآمدی به سختی بر انتشار CO ₂ تأثیر می گذارد.			
افزایش نابرابری در توزیع درآمدی سبب افزایش انتشار CO ₂ می گردد.	پانل نامتوازن	۳۳ کشور OECD (۱۹۹۰-۲۰۱۴)	چو (۲۰۲۱)
در کشورهای با نابرابری درآمد پایین، رشد اقتصادی انتشار CO ₂ را افزایش می دهد لیکن در کشورهای با نابرابری درآمد بالا رشد اقتصادی در نهایت منجر به افزایش انتشار CO ₂ می شود.	پنل آستانه ای	۵۶ کشور (۲۰۰۳-۲۰۱۸)	وانگ و همکاران (۲۰۲۳)
نابرابری های درآمدی منجر به افزایش انتشار CO ₂ در این کشورها می شود.	خودرگرسیون برداری پانلی	شماری از کشورهای اتحادیه اروپا (۲۰۰۵-۲۰۱۹)	ارجان و همکاران (۲۰۲۴)
افزایش یک درصدی در سهم درآمد افراد پردرآمد منجر به افزایش انتشار سرانه CO ₂ تا ۰.۵۲ درصد می گردد.	ARDL	بنگلادش (۱۹۸۰-۲۰۲۱)	خان و همکاران (۲۰۲۵)
نابرابری درآمد اثرات کاهنده ای بر انتشار CO ₂ داشته است.	میانگین گیری مدل بیزی	کشورهای در حال توسعه (۱۹۹۲-۲۰۱۴)	تمیزی (۱۳۹۴)
با بهبود توزیع درآمد، میزان انتشار سرانه CO ₂ کاهش پیدا می کند.	ARDL	ایران (۱۳۵۷-۱۳۹۱)	ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۵)
نابرابری درآمد اثرات مثبتی بر انتشار CO ₂ دارد.	ARDL	ایران (۱۳۵۷-۱۳۹۴)	لعل خضری و کریمی پتانلار (۱۳۹۸)
نابرابری درآمد اثرات مثبتی بر انتشار CO ₂ دارد.	پانل کوانتایل	استان های ایران (۱۳۸۸-۱۳۹۸)	جباری و سالم (۱۴۰۲)
نابرابری درآمد اثرات مثبتی بر انتشار CO ₂ دارد.	مدل فضایی پویای کامل	استان های ایران (۱۳۸۶-۱۳۹۵)	اعظمی و حسینی (۱۴۰۴)

۴. روش‌شناسی تحقیق

مطالعه حاضر به لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی بوده و از نظر تجزیه و تحلیل، از نوع تحقیقات تحلیلی محسوب می‌شود. همچنین، آمار و اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش، به روش کتابخانه‌ای گردآوری و استخراج شده است. در این پژوهش به منظور بررسی اثرات نابرابری درآمد بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در چارچوب فرضیه کوزنتس زیست محیطی، از داده‌های وب سایت بانک جهانی در طی دوره زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۰ برای تعدادی از کشورهای صادرکننده و واردکننده نفت استفاده شده است. در این مطالعه، کشورهای برتر صادرکننده نفت و کشورهای برتر واردکننده نفت بر اساس در دسترس بودن داده‌ها در طی دوره زمانی مورد بررسی، به عنوان کشورهای مورد مطالعه انتخاب گردیده‌اند. همچنین، در این مطالعه از نرم‌افزار اقتصادسنجی Stata استفاده شده است.

۴-۱. معرفی مدل و متغیرهای تحقیق

مدل تجربی این تحقیق بر اساس مطالعه وانگ و همکاران (۲۰۲۳)، به منظور بررسی فرضیه کوزنتس زیست محیطی یا به عبارتی دیگر، تاثیر نابرابری درآمد بر انتشار آلاینده گاز دی‌اکسید کربن را در منتخبی از کشورهای واردکننده و صادرکننده نفت در دوره زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۰ مورد بررسی قرار می‌دهد. الگوی تجربی تحقیق حاضر به اقتباس از مطالعه وانگ و همکاران (۲۰۲۳)، به صورت زیر می‌باشد:

$$CO_{2it} = C_{it} + \alpha_1 GDP_{it} + \alpha_2 (GDP_{it})^2 + \beta x + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

در رابطه (۳)، شرح متغیرها عبارتند از:

CO_2 انتشار سرانه دی‌اکسید کربن، GDP تولید سرانه، GDP^2 مجذور تولید سرانه، x بیانگر سایر متغیرهای کنترلی نظیر درجه باز بودن تجاری، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، درجه شهرنشینی، ضریب جینی و ساختار صنعتی می‌باشد. ε_{it} نیز معرف خطای مدل می‌باشد.

جدول ۱. معرفی متغیرهای تحقیق

متغیر	علامت اختصاری	تعریف	منبع داده‌ها
دی‌اکسید کربن	CO2	میزان انتشار سرانه دی‌اکسید کربن (متریک-تن)	بانک جهانی
تولید سرانه	GDP	تولید سرانه بر حسب دلار و به قیمت	بانک جهانی

	۲۰۲۱		
بانک جهانی	نسبت جمعیت شهری به کل جمعیت	URB	درجه شهرنشینی
بانک جهانی	سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از کل مصرف انرژی	REN	مصرف انرژی تجدیدپذیر
بانک جهانی	نسبت مجموع صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی	OPEN	درجه بازبودن تجاری
بانک جهانی	نسبت ارزش افزوده صنعتی به تولید ناخالص داخلی	IND	صنعتی شدن
بانک جهانی	ضریب جینی	GINI	نابرابری درآمد

در این مطالعه به منظور بررسی اثرات نابرابری درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن، از داده‌ها و اطلاعات کشورهای صادرکننده و واردکننده نفت استفاده شده است. انتخاب این کشورها بر اساس در دسترس بودن داده‌ها در عمده‌ترین کشورهای صادرکننده و واردکننده نفت صورت گرفته است. کشورهای صادرکننده نفت مورد مطالعه در این تحقیق شامل؛ ایران، روسیه، نروژ، مکزیک، قزاقستان، اکوادور و کانادا می‌باشد. همچنین کشورهای واردکننده نفت مورد مطالعه در تحقیق حاضر شامل؛ آمریکا، آلمان، هلند، اسپانیا، ایتالیا، انگلستان، فرانسه، سوئد، فنلاند و بلژیک می‌باشد. لازم به ذکر است که محدودیت در داده‌ها ممکن است سبب شده باشند تا همه کشورهای وارد کننده یا صادر کننده در مدل لحاظ نشود.

۴-۲. معرفی رویکرد پانل کوانتایل

مدل رگرسیون کوانتایل که یکی از محبوب‌ترین تکنیک‌های اقتصادسنجی است، نخستین بار توسط کونکر و باسرت^۱ (۱۹۷۸) ارائه شد. این تکنیک نوین در بسیاری از مطالعات خارجی و داخلی با اهداف مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف اصلی بهره‌گیری از رگرسیون کوانتایل این است که با دید جامع و سنجیده‌تر مدلی برآورد می‌شود که امکان دخالت متغیرهای مستقل نه تنها در مرکز ثقل داده‌ها بلکه در تمام بخش‌های توزیع به خصوص در بخش‌های ابتدایی و انتهایی توزیع فراهم می‌گردد. رگرسیون کوانتایل برخلاف رگرسیون معمولی و روش حداقل مربعات معمولی^۲ که از میانگین متغیر وابسته به دست می‌آید، به برازش حداقل مجموع قدرمطلق باقی‌مانده‌های موزون برای تخمین پارامترهای مدل می‌پردازد که به آن روش حداقل قدرمطلق انحرافات^۳ گفته می‌شود (جباری و سالم، ۱۴۰۲). رویکرد رگرسیون کوانتایل به دلیل دارا بودن برخی محاسن نسبت به روش حداقل مربعات معمولی، محققان را به استفاده از این روش ترغیب کرده است. مزیت اصلی بهره‌گیری از رویکرد کوانتایل، به این صورت است که

¹ Koenker & Bassett

² Ordinary Least Squares

³ Least Absolute Deviations

امکان تجزیه و تحلیل روابط میان متغیرهای توضیحی و متغیر وابسته (انتشار گاز دی اکسید کربن) را در چندک‌های مختلف توزیع شرطی فراهم می‌کند. همچنین، رگرسیون کوانتایل در صورت وجود ناهمسانی واریانس در مدل، بهتر عمل می‌کند (کونکر و پورتنی^۱، ۱۹۹۶). علاوه بر موارد مطرح شده، تکنیک کوانتایل روشی است که در برابر داده‌های پرت^۲ مقاومت می‌کند (کونکر^۳، ۲۰۰۵).

فرم کلی رویکرد اقتصادسنجی پانل کوانتایل را می‌توان به صورت رابطه (۴) نوشت:

$$y_{it} = x_{it}\beta_{\tau} + u_{\tau it}, \quad 0 < \tau < 1 \quad (4)$$

$$Quant_{\tau}(y_{it}|x_{it}) = x'_{it}\beta_{\tau} \quad (5)$$

رابطه (۵)، نشان‌دهنده تابع کوانتایل شرطی y_i به شرط x_i می‌باشد که شرط $Quant_{\tau}(u_{\tau i}|x_{it}) = 0$ در آن برقرار است. همانطور که قبلاً ذکر شد، بررسی اثرات متغیرهای توضیحی بر متغیر وابسته (انتشار دی اکسید کربن) در رگرسیون کوانتایل از حداقل کردن قدرمطلق خطاها (u) برآورد می‌شود. بنابراین، تخمین ضرایب مدل تحقیق؛ از حداقل سازی قدرمطلق خطاهای موزون به دست می‌آید و به صورت رابطه (۶) ارائه می‌شود:

$$\min \sum_{y_{it} \geq x'_{it}\beta} \tau |y_{it} - x'_{it}\beta| + \sum_{y_{it} < x'_{it}\beta} (1 - \tau) |y_{it} - x'_{it}\beta| \quad (6)$$

رابطه (۶)، بیانگر تابع هدف برای رگرسیون پانل کوانتایل بوده و به برآورد ضرایب مدل می‌پردازد. همچنین، تابع زیان^۴ برای هر خطا ($u = y_{it} - x'_{it}\beta_{\tau}$) به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\rho_{\tau}(u) \begin{cases} \tau u \rightarrow u \geq 0 \\ (\tau - 1)u \rightarrow u < 0 \end{cases} \quad (7)$$

در رابطه (۷)، حالت اول که برابر با $u \geq 0$ می‌باشد یعنی مقدار زیان برابر با τu (خطاهای مثبت با وزن τ) می‌باشد و زمانی که $u < 0$ باشد زیان برابر $(\tau - 1)u$ ، (خطاهای منفی با وزن $\tau - 1$) می‌باشد (ژنگ و همکاران، ۲۰۱۶).

۵. یافته‌های تجربی

¹ Koenker & Portnoy

² Outliers

³ Koenker

⁴ Check Function

در این مطالعه چنانچه گفته شد از روش پانل کوانتایل با اثرات ثابت استفاده شد که با پیروی از مطالعات ماچادو و سیلوا^۱ و پاول^۲، در این پژوهش از رگرسیون کوانتایلی پنلی با اثرات ثابت^۳ می‌توان دید که این رویکرد در مقایسه با برآوردگرهای میانگین‌محور مانند PMG-ARDL یا FMOLS از مزیت‌های اقتصادسنجی قابل توجهی برخوردار است. این روش نسبت به متغیرهای ناپایا مقاوم بوده و نیازی به وجود هم‌انباشتگی بین متغیرها و یا مانا نمودن ندارد؛ زیرا به‌طور مستقیم، کوانتایل‌های شرطی متغیر وابسته را مدل‌سازی می‌کند و به جای تمرکز بر میانگین، رفتار توزیع کامل متغیر وابسته را مورد توجه قرار می‌دهد.

برخلاف مدل‌های کلاسیک خطی پنلی که برای جلوگیری از رگرسیون کاذب به آزمون‌های پیشینی ریشه واحد و هم‌انباشتگی نیاز دارند، چارچوب رگرسیون کوانتایلی روابط را در نقاط مختلف توزیع شرطی برآورد می‌کند و به همین دلیل نسبت به ناهمسانی واریانس، غیرنرمال بودن داده‌ها و وجود نقاط پرت مقاوم است. به‌ویژه، برآوردگری که توسط ماچادو و سیلوا (۲۰۱۹) توسعه یافته و توسط پاول (۲۰۲۲) پیاده‌سازی شده، امکان لحاظ کردن اثرات ثابت را بدون نیاز به تفاضل‌گیری از داده‌ها یا تحمیل قیود مانایی فراهم می‌کند. این ویژگی، روش مذکور را برای تحلیل داده‌های کلان پنلی، به‌ویژه در مقایسه میان کشورهای صادرکننده و واردکننده نفت، که در آن‌ها درجات متفاوتی از مانایی و ناهمگنی ساختاری وجود دارد، بسیار مناسب می‌سازد.

در تحقیق حاضر اثرات نابرابری درآمدی بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در دوره زمانی ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۱ و با رویکرد پانل کوانتایل در دهک‌های (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰)، در کشورهای صادرکننده نفت مورد بررسی و آزمون قرار گرفته است و نتایج در جدول (۲)، بیان شده است.

جدول ۲. نتایج حاصل از برآورد مدل برای کشورهای صادرکننده نفت

متغیر	gdp	gddp	Urb	ren	open	ind	gini	C
Q-reg(1)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	-۲/۱۸ (۰/۰۲۶)	-۰/۲۱ (۰/۴۵۸)	-۰/۱۷ (۰/۰۰۶)	۰/۰۱۴ (۰/۴۳۶)	-۰/۳۲ (۰/۴۹۳)	-۰/۲۱ (۰/۰۰۰)	۱۰/۹۸ (۰/۰۰۳)
Q-reg(2)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	-۳/۰۸ (۰/۰۰۰)	-۰/۰۲ (۰/۵۰۶)	-۰/۱۴ (۰/۰۰۶)	۰/۰۱ (۰/۲۱۶)	-۰/۰۱ (۰/۷۱۹)	-۰/۲۱ (۰/۰۰۰)	۹/۲۵ (۰/۰۰۳)
Q-reg(3)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	-۳/۵۹ (۰/۰۰۰)	-۰/۰۱ (۰/۵۴۹)	-۰/۱۳ (۰/۰۰۷)	۰/۰۲ (۰/۱۲۵)	-۰/۰۰ (۰/۹۰۱)	-۰/۲۱ (۰/۰۰۰)	۸/۲۹ (۰/۰۰۵)
Q-reg(4)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	-۳/۹۹ (۰/۰۰۰)	-۰/۰۱ (۰/۵۹۵)	-۰/۱۲ (۰/۰۰۹)	۰/۰۲ (۰/۰۷۶)	۰/۰۰ (۰/۹۳۰)	-۰/۲۱ (۰/۰۰۰)	۷/۵۲ (۰/۰۰۸)

¹ Machado & Silva

² Powell

³ Panel Quantile Regression with Fixed Effects

۵/۷۵ (۰/۰۳۱)	-۰/۲۱ (۰/۰۰۰)	۰/۰۲ (۰/۵۲۸)	۰/۰۳ (۰/۰۲۱)	-۰/۱۰ (۰/۰۲۳)	-۰/۰۰ (۰/۷۴۳)	-۴/۹۲ (۰/۰۰۰)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	Q-reg(5)
۴/۵۷ (۰/۰۸۶)	-۰/۲۰ (۰/۰۰۰)	۰/۰۳ (۰/۳۲۴)	۰/۰۳ (۰/۰۱۰)	-۰/۰۸ (۰/۰۵۵)	-۰/۰۰ (۰/۸۶۸)	-۰/۵۴ (۰/۰۰۰)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	Q-reg(6)
۳/۶۲ (۰/۱۸۰)	-۰/۲۰ (۰/۰۰۰)	۰/۰۴ (۰/۲۱۵)	۰/۰۳ (۰/۰۰۷)	-۰/۰۷ (۰/۱۱۱)	-۰/۰۰ (۰/۹۷۰)	-۶/۰۴ (۰/۰۰۰)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	Q-reg(7)
۲/۹۶ (۰/۲۹۰)	-۰/۲۰ (۰/۰۰۰)	۰/۰۵ (۰/۱۶۶)	۰/۰۳ (۰/۰۰۶)	-۰/۰۶ (۰/۱۷۶)	۰/۰۰۱ (۰/۹۶۲)	-۶/۳۸ (۰/۰۰۰)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	Q-reg(8)
۱/۸۲ (۰/۵۵۳)	-۰/۲۰ (۰/۰۰۰)	۰/۰۶ (۰/۱۱۷)	۰/۰۴ (۰/۰۰۶)	-۰/۰۴ (۰/۳۴۱)	۰/۰۰ (۰/۸۶۰)	-۶/۹۸ (۰/۰۰۰)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	Q-reg(9)

منبع: یافته‌های پژوهش

مقادیر داخل پرانتز بیانگر ارزش احتمال آزمون است.

بر اساس نتایج جدول (۲)، مجذور تولید ناخالص داخلی در تمامی دهک‌ها منفی و معنی‌دار بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن بوده و این امر دلالت بر این دارد که تاثیر تولید سرانه بر انتشار دی‌اکسید کربن به صورت U معکوس می‌باشد. به عبارتی، در سطوح پایین رشد اقتصادی، با افزایش درآمد، نابرابری افزایش یافته ولی با افزایش رشد اقتصادی و دستیابی به سطوح بالاتر تولید ناخالص داخلی، میزان انتشار این گاز کاهش یافته است. علت این امر را می‌توان در ساختار اقتصادی این کشورها جست‌وجو کرد؛ از منظر ساختاری، درآمدهای قابل توجه حاصل از صادرات منابع نفتی، به این کشورها امکان سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک، تدوین و اجرای سیاست‌های زیست محیطی و فراهم‌سازی زیرساخت‌های لازم برای گذار به توسعه پایدار را می‌دهد. همچنین با بهبود سطح رفاه عمومی، آگاهی و تقاضای اجتماعی برای حفظ محیط‌زیست افزایش یافته و زمینه‌ساز تحولاتی مثبت در مدیریت زیست محیطی شده است. بنابراین، این روند را می‌توان نشانه‌ای از حرکت تدریجی این کشورها به سوی توسعه پایدار دانست. همچنین، یافته‌ها بیانگر آن است که منحنی کوزنتس زیست محیطی در کشورهای صادرکننده نفت در تمامی دهک‌ها صادق است. نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه ایکه و همکاران^۱ (۲۰۲۰) و بهبودی و همکاران (۱۳۸۷) برای کشورهای صادرکننده نفت همسو و سازگار است.

در هیچ یک از دهک‌ها، متغیرهای شهرنشینی و صنعتی‌شدن در کشورهای صادرکننده نفت تأثیر معنی‌داری بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن نداشته است. این امر نشان می‌دهد که برخلاف انتظار، روند شهرنشینی و توسعه صنعتی در این گروه از کشورها لزوماً به افزایش یا کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن منجر نشده است.

¹ Ike et al.

مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر تا دهک پنجم اثرات منفی و معنی‌دار بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن دارد ولی از دهک هفتم به بعد تاثیر معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسید کربن ندارد. بر اساس نتایج جدول (۲)، شدت اثرگذاری مصرف انرژی تجدیدپذیر بر انتشار دی‌اکسید کربن در دهک‌های پایین قوی‌تر از دهک‌های بالاتر است. به عبارت دیگر، در کشورهایی که سطح آلودگی پایین‌تری دارند، در مقایسه با کشورهایی که سطح آلودگی بالاتری دارند، افزایش استفاده از منابع انرژی پاک به کاهش قابل‌توجه این آلاینده منجر می‌شود. در صورتی که، از دهک ششم به بعد، این اثر منفی ولی از لحاظ آماری بی‌معنی می‌باشد، به گونه‌ای که در کشورهایی با سطوح بالاتر آلودگی، رابطه مشخصی میان مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش انتشار این گاز وجود ندارد. این یافته‌ها حاکی از آن است که اثربخشی انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش آلودگی محیط زیست ممکن است در مراحل اولیه توسعه زیست محیطی آشکارتر باشد و در مراحل پیشرفته‌تر نیازمند سیاست‌های مناسب و اصلاحات ساختاری برای اثرگذاری مؤثرتر باشد. قابل توجه است که نتایج این مطالعه تا دهک سوم با پژوهش کازرونی و همکاران (۱۳۹۸) که بر کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه متمرکز بوده، هم‌راستا است؛ در حالی که با نتایج مطالعه حری و همکاران (۱۳۹۲) در تضاد است، زیرا که طبق مطالعه آنها اثرات مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار CO₂ مثبت می‌باشد.

همچنین، طبق یافته‌های جدول (۲)؛ در کشورهای صادرکننده نفت، درجه باز بودن تجارت اثرات مثبت بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن دارد. این اثرات تا دهک چهارم بی‌معنی بوده ولی از دهک پنجم معنی‌دار می‌باشد. افزایش درجه باز بودن تجارت می‌تواند به رشد صنایع انرژی‌بر و آلاینده منجر شود، زیرا دسترسی به منابع ارزان قیمت انرژی فسیلی و تمرکز بر صادرات کالاهای آلاینده، انگیزه اقتصادی لازم برای گسترش این بخش‌ها را افزایش می‌دهد. در چنین شرایطی، کشورها برای حفظ جایگاه اقتصادی خود ممکن است به سمت تولید و صادرات محصولات با شدت انتشار آلاینده بالا حرکت کنند؛ که این خود نشانه‌ای از اثر منفی تجارت آزاد بر کیفیت محیط‌زیست است. از سوی دیگر، اثر مقیاس بیان می‌کند؛ هنگامی که تجارت گسترش پیدا می‌کند، تولید و فعالیت‌های صنعتی رشد می‌کنند تا پاسخگوی تقاضای داخلی و خارجی باشند. این رشد تولید، به ویژه در کشورهایی که به انرژی‌های فسیلی وابسته هستند، باعث افزایش انتشار CO₂ می‌شوند. همچنین، فرضیه پناهگاه آلودگی بیان می‌کند در صورتی که کشورهای صادرکننده نفت، بخشی از درآمدهای حاصل از صادرات نفت را به واردات تکنولوژی انرژی‌بر و آلاینده صرف نمایند، این امر از طریق افزایش تجارت (افزایش درجه باز بودن تجاری)، می‌تواند آلودگی محیط‌زیست را سبب گردد. نتایج این بخش از تحقیق با یافته‌های روسی^۱ (۲۰۲۳) و هو و ایکه^۱ (۲۰۱۹) همسو است.

¹ Rossi

بر اساس نتایج به دست آمده در جدول (۲)، نابرابری درآمدی که با ضریب جینی اندازه‌گیری می‌شود، در همه دهک‌ها اثرات منفی و معنی‌دار بر انتشار گاز CO₂ دارد. هنگامی که ضریب جینی بالا باشد، بخش قابل‌توجهی از جمعیت در طبقات پایین درآمدی قرار می‌گیرند که به دلیل محدودیت‌های مالی، مصرف انرژی آنها به‌طور طبیعی کمتر است. این افراد توانایی کمی برای خرید خودروهای شخصی، استفاده از سیستم‌های گرمایش و سرمایش پیشرفته، یا انجام سفرهای هوایی دارند که همه از منابع عمده تولید گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شوند. بنابراین، تمرکز مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها بیشتر در میان گروه‌های ثروتمند باقی می‌ماند، که تعداد آنها در مقایسه با کل جمعیت اندک است. این تمرکز مصرف انرژی ممکن است باعث شود که انتشار کلی گاز دی‌اکسید کربن در سطح ملی نسبتاً کمتر باشد. لیو و همکاران (۲۰۱۹)، گائو و فان^۲ (۲۰۲۳)، خان و همکاران (۲۰۲۵)، به نتایج مشابه با این پژوهش رسیده و بر اثرات منفی نابرابری درآمدی بر انتشار دی‌اکسید کربن اذعان دارند.

در ادامه این مطالعه، به بررسی اثرات نابرابری درآمدی بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در دوره زمانی ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۱ پرداخته شده و نتایج حاصل از رویکرد پانل کوانتایل در کشورهای واردکننده به شرح جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج حاصل از برآورد مدل برای کشورهای واردکننده نفت

متغیر	Gdp	gddp	urb	ren	open	ind	gini	C
Q-reg(1)	۰/۰۰ (۰/۰۰۱)	-۷/۲۷ (۰/۰۰۹)	۰/۲۷ (۰/۰۰۰)	-۰/۱۵ (۰/۰۰۰)	-۰/۰۴ (۰/۰۰۰)	۰/۵۲ (۰/۰۰۰)	۰/۲۹ (۰/۰۰۰)	-۶۴/۶ (۰/۰۰۰)
Q-reg(2)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	-۸/۲۴ (۰/۰۰۱)	۰/۲۸ (۰/۰۰۰)	-۰/۱۴ (۰/۰۰۰)	-۰/۰۴ (۰/۰۰۰)	۰/۵۵ (۰/۰۰۰)	۰/۳۱ (۰/۰۰۰)	-۶۹/۷ (۰/۰۰۰)
Q-reg(3)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	-۹/۰۱ (۰/۰۰۰)	۰/۲۸ (۰/۰۰۰)	-۰/۱۴ (۰/۰۰۰)	-۰/۰۴ (۰/۰۰۰)	۰/۵۷ (۰/۰۰۰)	۰/۳۳ (۰/۰۰۰)	-۷۳/۷ (۰/۰۰۰)
Q-reg(4)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	-۹/۶۶ (۰/۰۰۰)	۰/۲۹ (۰/۰۰۰)	-۰/۱۴ (۰/۰۰۰)	-۰/۰۴ (۰/۰۰۰)	۰/۵۸ (۰/۰۰۰)	۰/۳۴ (۰/۰۰۰)	-۷۷/۱۳ (۰/۰۰۰)
Q-reg(5)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	-۱/۰۳ (۰/۰۰۰)	۰/۳۰ (۰/۰۰۰)	-۰/۱۳ (۰/۰۰۰)	-۰/۰۴ (۰/۰۰۰)	۰/۶۰ (۰/۰۰۰)	۰/۳۵ (۰/۰۰۰)	-۸۰/۵ (۰/۰۰۰)
Q-reg(6)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	-۱/۰۸ (۰/۰۰۰)	۰/۳۰ (۰/۰۰۰)	-۰/۱۳ (۰/۰۰۰)	-۰/۰۴ (۰/۰۰۰)	۰/۶۱ (۰/۰۰۰)	۰/۳۷ (۰/۰۰۰)	۴/۵۷ (۰/۰۰۰)
Q-reg(7)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	-۱/۲۱ (۰/۰۰۰)	۰/۳۱ (۰/۰۰۰)	-۰/۱۳ (۰/۰۰۰)	-۰/۰۴ (۰/۰۰۰)	۰/۶۴ (۰/۰۰۰)	۰/۳۹ (۰/۰۰۰)	-۰/۸۹ (۰/۰۰۰)
Q-reg(8)	۰/۰۰ (۰/۰۰۰)	-۱/۳۰ (۰/۰۰۰)	۰/۳۲ (۰/۰۰۰)	-۰/۱۲ (۰/۰۰۰)	-۰/۰۴ (۰/۰۰۰)	۰/۶۶ (۰/۰۰۰)	۰/۴۱ (۰/۰۰۰)	-۹۴/۳ (۰/۰۰۰)

¹ Ho & Iyke

² Gao & Fa

(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	
-۱۰۴/۶	۰/۴۵	۰/۷۰	-۰/۰۵	-۰/۱۲	۰/۳۳	-۱/۴۹	۰/۰۰	Q-reg(9)
(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۲)	(۰/۰۰۰)	

منبع: یافته‌های پژوهش

مقادیر داخل پرانتز بیانگر ارزش احتمال آزمون است.

طبق نتایج به دست آمده در جدول (۳)، اثر منفی و معنی‌دار مجذور تولید ناخالص داخلی بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در کشورهای صادرکننده نفت همانند کشورهای واردکننده نفت نشان‌دهنده تأیید فرضیه کوزنتس زیست‌محیطی می‌باشد. این رابطه به معنای آن است که در مراحل اولیه رشد اقتصادی، به واسطه افزایش فعالیت‌های صنعتی و مصرف سوخت‌های فسیلی، سطح آلودگی محیط‌زیست افزایش می‌یابد؛ اما پس از عبور از سطح مشخصی از درآمد سرانه، این کشورها به سمت استفاده از فناوری‌های پاک، بهبود زیرساخت‌های زیست‌محیطی و ارتقای سیاست‌های پایدار حرکت کرده‌اند. همزمان با افزایش رفاه و آگاهی عمومی، تقاضای اجتماعی برای حفظ محیط‌زیست نیز افزایش یافته که این امر زمینه‌ساز کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از جمله دی‌اکسید کربن می‌باشد.

در تمامی دهک‌های انتشار دی‌اکسید کربن، برخلاف کشورهای صادرکننده نفت، متغیر درجه شهرنشینی اثر مثبت و معنی‌دار بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در کشورهای واردکننده نفت دارد. در فرآیند شهرنشینی، تقاضا برای حمل و نقل، مسکن و خدمات شهری افزایش می‌یابد که همگی وابسته به مصرف سوخت‌های فسیلی هستند. همچنین، در این کشورها، رشد شهرنشینی ممکن است با تمرکز جمعیت در مناطق پر مصرف و افزایش فعالیت‌های اقتصادی همراه باشد که منجر به افزایش انتشار آلاینده‌ها می‌شود. نتایج این مطالعه با ژنگ و همکاران^۱ (۲۰۱۷)، شنگ و گو^۲ (۲۰۱۶)، نگونگ و همکاران^۳ (۲۰۲۲) و ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۵) همسو و سازگار است.

بر اساس یافته‌های جدول (۳)، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای واردکننده نفت همانند کشورهای صادرکننده نفت تأثیر منفی و معنی‌داری بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن دارد. در این گروه از کشورها ممکن است افزایش استفاده از منابع انرژی پاک مانند باد، خورشید و زیست‌توده منجر به کاهش سطح آلاینده‌های زیست‌محیطی شده است. یافته‌های حاصل حاکی از آن است که این کشورها با توسعه زیرساخت‌های انرژی تجدیدپذیر توانسته‌اند انرژی موردنیاز خود را از منابع داخلی و پاک تأمین کنند. این

¹ Zhang et al.

² Sheng & Guo

³ Ngong

تغییر در الگوی مصرف انرژی علاوه بر اینکه موجب کاهش وابستگی به سوخت‌های آلاینده شده است، بلکه نقش مهمی در کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای ایفا کرده است. مطالعاتی مانند دوئرو و همکاران^۱ (۲۰۲۰)، اسلامی و همکاران^۲ (۲۰۲۲) و کائو و همکاران^۳ (۲۰۲۲) نیز بر اثر منفی مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار گاز CO₂ تاکید کرده‌اند.

بر اساس یافته‌های جدول (۳)، برخلاف کشورهای صادرکننده نفت، در کشورهای واردکننده نفت، درجه باز بودن تجارت در تمامی دهک‌ها تأثیر منفی و معنی‌دار بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن دارد؛ به عبارتی، با افزایش آزادی تجاری، میزان انتشار این آلاینده کاهش یافته است. این شواهد تجربی می‌تواند دلالت بر این داشته باشد که کشورهای واردکننده نفت با گسترش تجارت و واردات تجهیزات و دانش فنی از کشورهای توسعه‌یافته، قادرند مصرف انرژی خود را بهینه کرده و سطح آلودگی را کاهش دهند. افزون بر این، گسترش تجارت موجب افزایش رقابت‌پذیری و بهره‌وری در بخش تولید می‌شود. این تحول می‌تواند صنایع را به سمت استفاده از منابع انرژی پاک و کم‌مصرف‌تر هدایت کند. نتایج مطالعه‌ی امیری و همکاران (۱۳۹۵) نیز با بهره‌گیری از روش داده‌های پانلی غیرخطی در کشورهای منطقه منا نشان می‌دهد که تأثیر درجه باز بودن تجاری بر کاهش شدت انتشار دی‌اکسید کربن در سطوح درآمدی بالا محسوس‌تر است.

طبق نتایج جدول (۳)، فرآیند صنعتی‌شدن در کشورهای واردکننده نفت اثر مثبت و معنی‌داری بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن دارد که این نتیجه مطابق با انتظارات تئوریک است زیرا توسعه صنایع اغلب با افزایش مصرف انرژی فسیلی همراه است و به تبع آن، سطح آلودگی زیست‌محیطی بالا می‌رود. در این کشورها، ممکن است تمرکز بر رشد اقتصادی و توسعه صنعتی، بدون اجرای سیاست‌های مؤثر زیست‌محیطی، منجر به افزایش چشمگیر در میزان انتشار دی‌اکسید کربن شود. یافته‌های مطالعاتی از جمله دینگ و لی^۴ (۲۰۱۷) و ریحان و توسپکوا^۵ (۲۰۲۲) نیز بر اثرات مثبت صنعتی‌شدن بر انتشار آلاینده دی‌اکسید کربن تاکید کرده‌اند.

همچنین، در کشورهای واردکننده نفت برخلاف کشورهای صادرکننده نفت، ضریب جینی به‌عنوان شاخص نابرابری درآمدی، در تمامی دهک‌ها اثر مثبت و معنی‌داری بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن دارد؛ به طوری‌که در تمامی دهک‌های مورد بررسی، با افزایش نابرابری، میزان انتشار این آلاینده نیز افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج، این رابطه در دهک‌های درآمدی بالاتر شدیدتر است، زیرا در

¹ Dogru et al.

² Islami et al.

³ Cao et al.

⁴ Ding & Li

⁵ Raihan & Tuspekova

جوامعی با نابرابری درآمدی بالاتر، گروه‌های ثروتمند معمولاً مصرف انرژی بیشتری دارند و زندگی آنها با تولید آلاینده‌های بیشتر همراه است. از سوی دیگر، نابرابری درآمدی می‌تواند مانع از اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی مؤثر شود، چرا که تمرکز منابع و تصمیم‌گیری‌ها در دست گروه‌های خاص قرار می‌گیرد. یافته‌های این پژوهش مبنی بر اثرات مثبت ضریب جینی بر انتشار دی-اکسید کربن با مطالعات هایله‌مریم و همکاران^۱ (۲۰۲۰)، گائو و فان (۲۰۲۳) و خان و همکاران (۲۰۲۵) همسو و سازگار است.

در ادامه به آزمون‌های پس از تخمین پرداخته شد. جدول ۴ نشان‌دهنده آزمون قرینگی چارکی^۲ است.

جدول ۴. نتایج آزمون قرینگی چارک‌ها

آزمون	آماره χ^2	احتمال
آزمون والد	۵۳/۹۱۷	۰/۰۰۹۰

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۵. نتایج آزمون قرینگی چارک‌ها به تفکیک متغیرها

چارک‌ها	متغیرها	مقدار محدودیت	خطای استاندارد	احتمال
۰/۱ و ۰/۹	GDP	-۰/۰۰۰۰۳۹۹	۰/۰۰۰۰۷۰۹	۰/۵۷۳۳
	GINI	-۰/۰۳۶۷	۰/۱۰۷۰	۰/۷۳۱۷
	IND	۰/۱۲۸۷	۰/۰۷۵۴	۰/۰۸۷۷
	OPEN	-۰/۰۵۹۸	۰/۰۳۳۱	۰/۰۷۱۱
	URB	-۰/۱۳۹۵	۰/۰۶۸۴	۰/۰۴۱۴
	YEAR	۰/۱۱۴۹	۰/۰۷۴۹	۰/۱۲۵۰
	REN	۰/۰۹۰۵	۰/۰۵۸۷	۰/۱۲۳۲
	C	-۲۲۱/۲۰	۱۵۴/۱۴	۰/۱۵۱۳
۰/۲ و ۰/۸	GDP	-۰/۰۰۰۰۱۱۶	۰/۰۰۰۰۶۰۸	۰/۸۴۹۳
	GINI	-۰/۰۳۵۳	۰/۰۹۱۸	۰/۷۰۰۶
	IND	۰/۱۴۱۸	۰/۰۶۴۶	۰/۰۲۸۲
	OPEN	-۰/۰۶۳۰	۰/۰۲۸۴	۰/۰۲۶۸
	URB	-۰/۱۴۰۹	۰/۰۵۸۷	۰/۰۱۶۳
	YEAR	۰/۱۰۷۳	۰/۰۶۴۳	۰/۰۹۴۹
	REN	۰/۰۴۹۱	۰/۰۵۰۴	۰/۳۲۹۳
	C	-۲۰۶/۲۶	۱۳۲/۲۳	۰/۱۱۸۸
۰/۳ و ۰/۷	GDP	-۰/۰۰۰۰۱۵۸	۰/۰۰۰۰۴۹۶	۰/۷۵۰۵

^۱ Hailemariam et al.

^۲ Symmetric Quantiles Test

۰/۵۱۸۷	۰/۰۷۴۸	-۰/۰۴۸۳	GINI
۰/۰۱۵۰	۰/۰۵۲۷	۰/۱۲۸۳	IND
۰/۰۱۰۱	۰/۰۲۳۲	-۰/۰۵۹۶	OPEN
۰/۱۲۸۸	۰/۰۴۷۸	-۰/۰۷۲۷	URB
۰/۱۶۰۹	۰/۰۵۲۴	۰/۰۷۳۵	YEAR
۰/۳۴۹۵	۰/۰۴۱۱	۰/۰۳۸۴	REN
۰/۱۸۷۴	۱۰۷/۸۳	-۱۴۲/۱۴	C
۰/۳۴۶۷	۰/۰۰۰۰۳۵۳	-۰/۰۰۰۰۳۳۲	GDP
۰/۲۳۴۶	۰/۰۵۳۲	-۰/۰۶۳۳	GINI
۰/۵۹۰۹	۰/۰۳۷۵	۰/۰۲۰۲	IND
۰/۵۷۵۹	۰/۰۱۶۵	-۰/۰۰۹۲	OPEN
۰/۹۲۳۱	۰/۰۳۴۰	-۰/۰۰۳۳	URB
۰/۵۷۴۶	۰/۰۳۷۳	۰/۰۲۰۹	YEAR
۰/۳۵۲۲	۰/۰۲۹۲	۰/۰۲۷۲	REN
۰/۶۱۰۶	۷۶/۷۱	-۳۹/۰۶	C

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج آزمون والد نشان می‌دهد که مقدار آماره χ^2 برابر ۵۳/۹۱ و احتمال آن معادل ۰/۰۰۰۹ است. از آنجا که این مقدار کمتر از ۰/۰۵ است، فرضیه صفر مبنی بر قرینه بودن ضرایب در چارک‌های متقارن نسبت به میانه ($T=۰/۵$) رد می‌شود. بدین معنا که روابط بین متغیرهای اقتصادی و انتشار CO2 نامتقارن هستند و اثرگذاری متغیرها در چارک‌های پایین و بالا به صورت متفاوتی عمل می‌کند.

به‌طور خاص، در چارک‌های (۰/۱-۰/۹) و (۰/۲-۰/۸)، متغیرهای صنعتی‌شدن، باز بودن تجارت و شهرنشینی در سطوح اطمینان ۵ تا ۱۰ درصد معنی‌دار هستند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که در کشورهای با انتشار بالاتر (چارک‌های بالای توزیع)، اثر صنعتی‌شدن و شهرنشینی بر افزایش آلودگی شدیدتر است، در حالی که باز بودن تجارت تا حدی اثر کاهنده دارد. به بیان دیگر، تجارت می‌تواند با تسهیل انتقال فناوری‌های پاک‌تر، تا حدی از شدت آلودگی در چارک‌های بالاتر بکاهد، اما صنعتی‌شدن و رشد شهرنشینی همچنان اثر تشدید داری دارند. در چارک‌های میانی (۰/۳-۰/۷)، همچنان ضرایب صنعتی‌شدن و باز بودن تجارت، معنی‌دار باقی می‌مانند که نشان‌دهنده پایداری الگوی اثرگذاری این متغیرها در گستره‌ی وسیع‌تری از توزیع است. با این حال، در چارک‌های نزدیک به میانه (۰/۴-۰/۶)، هیچ‌کدام از ضرایب تفاوت معنی‌داری ندارند، که بیانگر نوعی تعادل نسبی در اثرگذاری متغیرها در محدوده میانی توزیع انتشار CO2 است. از نظر مفهومی، این نتایج نشان‌دهنده وجود عدم تقارن رفتاری در واکنش انتشار CO2

نسبت به تغییرات متغیرهای اقتصادی است؛ به گونه‌ای که افزایش صنعتی‌شدن یا شهرنشینی در چارک‌های بالای انتشار، اثر مضاعفی بر تخریب زیست‌محیطی دارد، در حالی که در چارک‌های پایین‌تر چنین شدتی مشاهده نمی‌شود.

آزمون بعدی آزمون برابری شیب چارک‌ها^۱ است که بررسی می‌کند؛ آیا ضرایب متغیرهای توضیحی در چارک‌های مختلف توزیع متغیر وابسته (CO₂) برابر هستند یا خیر. این آزمون برای تشخیص ناهمگنی اثر متغیرها در سطوح مختلف انتشار CO₂ استفاده می‌شود.

جدول ۶. خلاصه آزمون برابری شیب

آزمون	آماره χ^2	احتمال
آزمون والد	۱۵۸/۶۰	۹/۵۸e-۱۲

منبع: یافته‌های پژوهش

مقدار χ^2 بسیار بالا و احتمال تقریباً صفر نشان می‌دهد که فرض صفر (برابری ضرایب در تمام چارک‌ها) رد می‌شود. بنابراین اثرگذاری متغیرهای اقتصادی و زیست‌محیطی بر انتشار CO₂ در چارک‌های مختلف متفاوت است و روابط بین متغیرها نامتقارن و چارک-محور است.

جدول ۷. جزئیات محدودیت و ضرایب در تمام چارک‌ها

چارک‌ها	متغیر	مقدار محدودیت	خطای استاندارد	احتمال
۰/۱ و ۰/۲	GDP	۷/۶۸۴e-۰۶	۲/۴۸۹e-۰۵	۰/۷۵۸
	GINI	۰/۰۴۲۹۱	۰/۰۳۷۵۸	۰/۲۵۴
	IND	۰/۰۰۰۴۷	۰/۰۲۶۴۷	۰/۹۸۶
	OPEN	۰/۰۰۴۰۸	۰/۰۱۱۶۴	۰/۷۲۶
	URB	-۰/۰۲۸۶۹	۰/۰۲۴۰۲	۰/۲۳۲
	YEAR	۰/۰۲۹۱۱	۰/۰۲۶۳۲	۰/۲۶۹
	REN	۰/۰۱۲۷۷	۰/۰۲۰۶۳	۰/۵۳۶
۰/۲ و ۰/۳	GDP	-۱/۳۶۵e-۰۵	۲/۴۵۵e-۰۵	۰/۵۷۸
	GINI	-۰/۰۰۰۷۲	۰/۰۳۷۰۶	۰/۹۸۴
	IND	۰/۰۲۹۲۰	۰/۰۲۶۱۰	۰/۲۶۳
	OPEN	-۰/۰۰۳۸۱	۰/۰۱۱۴۸	۰/۷۴۰

¹ Quantile Slope Equality Test

•/٤٢•	•/•٢٣٦٩	-•/•١١٧٣	URB	•/٤ و •/٣
•/٤٢٧	•/•٢٥٩٥	•/•٢•٦•	YEAR	
•/٢٣٢	•/•٢•٣٥	•/•٢٤٣٢	REN	
•/٨•٦	٢/٥٧٨e-•٥	-٦/٣١٩e-•٦	GDP	
•/٧٨٤	•/•٣٨٩٢	-•/•١•٦٧	GINI	
•/••٣	•/•٢٧٤١	•/•٨•٥٤	IND	
•/••••٣	•/•١٢•٥	-•/•٥••١	OPEN	
•/••١١	•/•٢٤٨٨	-•/•٨١١٧	URB	
•/•٢•	•/•٢٧٢٦	•/•٦٣٦٤	YEAR	
•/•٣•	•/•٢١٣٧	•/•٤٦٢٦	REN	•/٥ و •/٤
•/٢٤٩	٢/٥•٥e-•٥	-٢/٨٨٥e-•٥	GDP	
•/٣١٥	•/•٣٧٨١	-•/•٣٨•١	GINI	
•/٢٤٢	•/•٢٦٦٣	•/•٣١١٩	IND	
•/٩٣٦	•/•١١٧١	•/•••٩٤	OPEN	
•/٨٦١	•/•٢٤١٧	•/••٤٢٤	URB	
•/٣٧٣	•/•٢٦٤٨	•/•٢٣٦١	YEAR	
•/١٦١	•/•٢•٧٦	•/•٢٩١•	REN	
•/٨٥٣	٢/٣٣٧e-•٥	٤/٣٦٦e-•٦	GDP	•/٦ و •/٥
•/٤٧٤	•/•٣٥٢٨	•/•٢٥٢٧	GINI	
•/٦٥٧	•/•٢٤٨٥	•/•١١•٣	IND	
•/٣٥٢	•/•١•٩٣	•/•١•١٦	OPEN	
•/٧٣٨	•/•٢٢٥٦	•/••٧٥٣	URB	
•/٩١٣	•/•٢٤٧١	•/••٢٦٨	YEAR	
•/٩٢٢	•/•١٩٣٧	•/••١٩•	REN	
•/٣•٦	٢/٣٢١e-•٥	-٢/٣٧٥e-•٥	GDP	
•/٤٦٤	•/•٣٥•٣	-•/•٢٥٦٥	GINI	•/٧ و •/٦
•/٢٦٤	•/•٢٤٦٨	-•/•٢٧٥٦	IND	
•/٩٧١	•/•١•٨٥	•/•••٣٩	OPEN	
•/٥٩٨	•/•٢٢٣٩	-•/•١١٨•	URB	
•/٦٥١	•/•٢٤٥٣	•/•١١•٩	YEAR	
•/•٦٩	•/•١٩٢٣	•/•٣٥••	REN	
•/٤٦•	٢/٤١٦e-•٥	-١/٧٨٦e-•٥	GDP	
•/٧•٦	•/•٣٦٤٨	-•/•١٣٧٤	GINI	
•/٥٤٣	•/•٢٥٦٩	•/•١٥٦٥	IND	•/٨ و •/٧
•/٩٦٧	•/•١١٣•	-•/•••٤٧	OPEN	

۰/۰۱۵	۰/۰۲۳۳۲	۰/۰۵۶۵۳	URB	۰/۸ و ۰/۹
۰/۶۰۴	۰/۰۲۵۵۵	-۰/۰۱۳۲۶	YEAR	
۰/۴۹۷	۰/۰۲۰۰۲	۰/۰۱۳۶۱	REN	
۰/۱۹۰	۲/۷۴۸e-۰۵	۳/۶۰۴e-۰۵	GDP	
۰/۲۸۶	۰/۰۴۱۴۸	۰/۰۴۴۳۰	GINI	
۰/۶۴۲	۰/۰۲۹۲۲	۰/۰۱۳۶۰	IND	
۰/۹۴۳	۰/۰۱۲۸۵	۰/۰۰۰۹۲	OPEN	
۰/۲۵۵	۰/۰۲۶۵۲	-۰/۰۳۰۱۵	URB	
۰/۴۵۹	۰/۰۲۹۰۵	۰/۰۲۱۵۱	YEAR	
۰/۲۰۹	۰/۰۲۲۷۷	-۰/۰۲۸۶۱	REN	

منبع: یافته‌های پژوهش

جزئیات نشان می‌دهد که در چارک‌های میانی (۰/۴-۰/۶)، ضرایب اغلب متغیرها غیرمعنی‌دار هستند و نزدیک به صفر قرار دارند، اما در چارک‌های پایین و بالا، متغیرهایی مانند صنعتی‌شدن، باز بودن تجاری و شهرنشینی معنی‌دار هستند. این امر نشان می‌دهد که در کشورهایی با انتشار بالا یا پایین CO₂، اثرات صنعتی‌شدن، باز بودن تجارت و شهرنشینی به‌طور متفاوتی بر آلودگی محیط‌زیست تاثیر می‌گذارند. به عبارت دیگر، در چارک‌های بالا، صنعتی‌شدن و رشد شهرنشینی به شدت انتشار CO₂ را افزایش می‌دهند، در حالی که باز بودن تجارت می‌تواند با انتقال فناوری‌های پاک، اثر کاهنده داشته باشد و این نتیجه استفاده از روش کوانتایل را تایید می‌کند.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

پژوهش حاضر با تمرکز بر اثرات نابرابری درآمدی بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن، در کشورهای واردکننده و صادرکننده نفت، نشان داد که اثرات نابرابری درآمدی بر کیفیت محیط‌زیست، بسته به شرایط اقتصادی و ساختار انرژی کشورها، متفاوت است. نتایج حاصل از مدل پانل کوانتایل در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ بیانگر آن است که در کشورهای صادرکننده نفت، ضریب جینی بالا که نشان‌دهنده نابرابری درآمدی بیشتر است، معمولاً منجر به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود؛ بدین صورت می‌توان استدلال کرد که این کشورها می‌توانند از محل درآمدهای نفتی، با اتخاذ سیاست‌هایی مانند سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جذب و ذخیره‌سازی کربن، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و بهینه‌سازی مصارف صنعتی، تلاش می‌کنند وابستگی به سوخت‌های فسیلی و انتشار آلاینده‌ها را کاهش دهند. مقایسه نتایج این مطالعه با پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که یافته‌های مطالعه حاضر مبنی بر اثرات منفی نابرابری درآمدی بر انتشار CO₂ با مطالعات لیو و همکاران (۲۰۱۹)، گائو و فان (۲۰۲۳) و خان و همکاران (۲۰۲۵) هم‌راستا است و می‌توان آن را به توانایی این کشورها در استفاده از درآمدهای نفتی برای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جذب و

ذخیره‌سازی کربن، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و بهینه‌سازی مصرف صنعتی نسبت داد. در مقابل، کشورهای واردکننده نفت در صورت افزایش ضریب جینی با افزایش انتشار دی‌اکسید کربن مواجه می‌شوند؛ زیرا ضعف در اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی و یارانه سوخت‌های فسیلی موجب تشدید این روند می‌شود. به طور کلی، تفاوت در اثرگذاری ضریب جینی بر انتشار کربن دی‌اکسید بین این دو گروه از کشورها، به الگوی مصرف انرژی و نوع سیاست‌گذاری‌های زیست‌محیطی آنها وابسته است. یافته‌های این تحقیق مبنی بر اثرات مثبت نابرابری درآمد بر انتشار CO₂ با مطالعات قو و ژنگ^۱ (۲۰۱۱)، ارجان و همکاران^۲ (۲۰۲۴) و گازوانی و حمدی^۳ (۲۰۲۵) همسو و سازگار است. این تفاوت را می‌توان ناشی از ضعف در اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی، وابستگی بیشتر به سوخت‌های فسیلی، و محدودیت‌های مالی در این کشورها دانست که مانع از سرمایه‌گذاری مؤثر در فناوری‌های پاک می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از اثر نابرابری درآمدی و سایر متغیرهای مدل بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن، لازم است سیاست‌های تفکیک‌شده‌ای در کشورهای واردکننده و صادرکننده نفت اتخاذ شود. با توجه به اینکه در کشورهای واردکننده نفت، رابطه بین نابرابری با انتشار آلودگی مثبت و معنی‌دار بوده است، لذا در کشورهای واردکننده نفت، دولت‌ها به منظور کنترل آلودگی محیط-زیست، باید نابرابری درآمد را کاهش دهند. اما به دلیل اینکه در کشورهای صادرکننده نفت رابطه منفی و معنی‌دار بین نابرابری درآمدی و آلودگی محیط‌زیست وجود دارد، لذا کنترل نابرابری درآمدی می‌تواند منجر به افزایش آلودگی محیط‌زیست شود. از سوی دیگر، به دلیل اینکه کاهش نابرابری درآمدی یکی از اهداف کلان اقتصادی دولت‌ها محسوب می‌شود، از این رو، دولت‌ها بایستی با اتخاذ اقدامات مناسب از جمله گسترش مصرف انرژی تجدیدپذیر بتوانند اثرات کاهش نابرابری درآمدی بر آلودگی محیط‌زیست را کنترل نمایند. چرا که بر اساس شواهد تجربی این تحقیق، رشد مصرف انرژی تجدیدپذیر در این گروه از کشورها باعث کاهش آلودگی محیط‌زیست می‌شود. از آنجا که تاثیر درجه باز بودن اقتصاد بر کیفیت محیط‌زیست در کشورهای صادرکننده نفت مثبت و معنی‌دار بوده است، لذا می‌توان چنین استنباط کرد که این کشورها عمدتاً به دلیل تولید نفت و مشتقات آن با انتشار آلاینده بالایی مواجه بوده و از طرفی با اتکا به درآمدهای نفتی، به واردات تکنولوژی آلاینده اقدام کرده و به نوعی پناهگاه آلودگی کشورهای توسعه یافته شده‌اند. از این رو توصیه می‌شود در این کشورها از طریق وضع مقررات مناسب، واردات تکنولوژی آلاینده با محدودیت مواجه شود و برای تولید نفت، فرآورده‌های نفتی و مشتقات مربوطه از تکنولوژی روز و کم آلاینده استفاده شود. این امر می‌تواند با تخصیص بخشی از درآمدهای نفتی به واردات تکنولوژی‌های پیشرفته کم آلاینده میسر شود.

¹ Qu & Zhang

² Ercan et al.

³ Ghazouani & Hamdi

با توجه به اثرات منفی و معنی‌دار مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و درجه باز بودن اقتصاد بر انتشار آلاینده‌گی در کشورهای واردکننده نفت، توصیه می‌شود در این کشورها به منظور ارتقای کیفیت محیط‌زیست، سهم مصرف انرژی تجدیدپذیر در کشور گسترش یابد و دولت با اتخاذ سیاست‌های مناسب اقتصادی تجارت خارجی خود را گسترش نماید. بدیهی است واردات تکنولوژی نو و کم آلاینده و صادرات محصولات کم آلاینده می‌تواند نقش اساسی در کنترل آلودگی ایفا نماید. همچنین، با توجه به اثرات مثبت و معنی‌دار متغیرهای شهرنشینی و صنعتی‌شدن در کشورهای واردکننده نفت، لازم است دولت‌ها با اتخاذ سیاست‌های تشویقی و کنترلی، درجه شهرنشینی را محدود کرده و از طریق اعمال سیاست‌های مالیات بر کربن و نیز به روز رسانی تکنولوژی‌های صنایع، انتشار آلودگی هوا را کاهش دهند. به‌ویژه، ارزیابی همزمان نابرابری درآمدی با شاخص‌هایی مانند شهرنشینی و ساختار مصرف انرژی، تصویر جامع‌تری از عوامل مؤثر بر آلودگی زیست‌محیطی ارائه می‌دهد. در مقابل، کشورهای صادرکننده نفت نیازمند راهبردهایی برای کاهش وابستگی به درآمدهای حاصل از انرژی‌های فسیلی و هدایت سرمایه‌گذاری‌ها به حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر هستند. از آنجایی که دهک‌های پردرآمد در این کشورها سهم قابل‌توجهی در مصرف حامل‌های انرژی و انتشار کربن دارند، اجرای مالیات‌های زیست‌محیطی بر مصرف انرژی‌های آلاینده در این گروه‌های پردرآمد می‌تواند مؤثر واقع شود. به‌طور کلی، توجه به ساختار توزیع درآمد و تبیین نقش نابرابری در روندهای انتشار آلاینده‌ها، می‌تواند به طراحی سیاست‌های ترکیبی در راستای تحقق اهداف توسعه پایدار و توافق‌های بین‌المللی زیست‌محیطی کمک شایانی کند.

تامین مالی

نویسندگان اعلام کردند که هیچ حمایت مالی برای این پژوهش وجود ندارد.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام کردند که هیچ گونه تضاد منافع برای این پژوهش وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان در مفهوم‌سازی و نگارش مقاله مشارکت داشتند. همه نویسندگان محتوای مقاله را تایید کردند و در مورد تمام جنبه‌های کار توافق داشتند.

منابع

[Acquaye, A., Genovese, A., Barrett, J., & Lenny Koh, S. C. \(2014\). Benchmarking carbon emissions performance in supply chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, 19\(3\), 306-321.](#)

[Alam, M. S. \(2025\). Analyzing the Heterogeneity of Economic Development and Carbon Emissions in the GCC Countries: Based on Panel Quantile Regression Approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 15\(1\), 417-428.](#)

[Ali, H. S., Hassan, S., & Kofarmata, Y. I. \(2016\). Dynamic impact of income inequality on carbon dioxide emissions in Africa: new evidence from heterogeneous panel data analysis. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 6\(4\), 760-766.](#)

[Amiri, H., Saeidpour, L., & Kalantary, A. \(2015\). Investigating the Effect of Income Threshold on Carbon Dioxide Emission Intensity in Selected MENA Countries: A Nonlinear Panel Data Approach. *Iranian Energy Economics*, 5\(17\), 39-66.](#)

[Azami, S., & Hosseini, F., \(2025\). Investigating the Impact of Income Inequality on the Quality of the Environment in Provinces of Iran: an Application of the Full Dynamic Spatial Model. *Economic growth and development research*, 15\(58\).](#)

[Blokhin, A. \(2020\). The 5 countries that produce the most carbon dioxide \(CO₂\). *Investopedia*. Available online: <https://www.investopedia.com/articles/investing/092915/5-countries-produce-most-carbon-dioxide-co2.asp> \(accessed on 31 January 2022\).](#)

[Boyce, J. K. \(1994\). Inequality as a cause of environmental degradation. *Ecological economics*, 11\(3\), 169-178.](#)

[Cao, H., Khan, M. K., Rehman, A., Dagar, V., Oryani, B., & Tanveer, A. \(2022\). Impact of globalization, institutional quality, economic growth, electricity and renewable energy consumption on Carbon Dioxide Emission in OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29\(16\), 24191-24202.](#)

[Chen, J., Xian, Q., Zhou, J., & Li, D. \(2020\). Impact of income inequality on CO₂ emissions in G20 countries. *Journal of environmental management*, 271, 110987.](#)

[Cho, H. \(2021\). Determinants of the downward sloping segment of the EKC in high-income countries: The role of income inequality and institutional arrangement. *Cogent Economics & Finance*, 9\(1\), 1954358.](#)

[Damette, O., & Delacote, P. \(2012\). On the economic factors of deforestation: what can we learn from quantile analysis?. *Economic Modelling*, 29\(6\), 2427-2434.](#)

[Ding, Y., & Li, F. \(2017\). Examining the effects of urbanization and industrialization on carbon dioxide emission: evidence from China's provincial regions. *Energy*, 125, 533-542.](#)

[Dogru, T., Bulut, U., Kocak, E., Isik, C., Suess, C., & Sirakaya-Turk, E. \(2020\). The nexus between tourism, economic growth, renewable energy consumption, and carbon dioxide emissions: contemporary evidence from OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27\(32\), 40930-40948.](#)

[Ebrahimi, M., babaei agh esmaili, M., & kafili, V. \(2016\). Income Inequality and Environmental Quality: A Case Study of Iran. *Econometric Modeling*, 2\(1\), 59-79.](#)

[Ercan, H., Savranlar, B., Polat, M. A., Yigit, Y., & Aslan, A. \(2024\). The impact of technological innovations on the environmental Kuznets curve: evidence from EU-27. *Environmental Science and Pollution Research*, 31\(13\), 19886-19903.](#)

Ercan, H., Savranlar, B., Polat, M. A., Yigit, Y., & Aslan, A. (2024). The impact of technological innovations on the environmental Kuznets curve: evidence from EU-27. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(13), 19886-19903.

Fakher, H. A. (2020). Analytical Insights on the Relationship between Economic Growth and Environmental Degradation in Framework of EKC Hypothesis and Various Environmental Indicators. *Innovation Management and Operational Strategies*, 1(3), 252-268.

Fallahi, F., Asgharpur, H., Behbudi, D., & Pournazmi, S. (2012). Testing the environmental Kuznets curve in Iran using the LSTR method. *Quarterly Energy Economics Review*, 9(32), 73-93.

Ganda, F. (2025, February). Testing the environmental Kuznets curve hypothesis in South Africa using the ARDL approach. In *Natural Resources Forum* (Vol. 49, No. 1, pp. 67-99). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.

Gao, X., & Fan, M. (2023). The effect of income inequality and economic growth on carbon dioxide emission. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(24), 65149-65159.

Gazi, M. A. I., Nahiduzzaman, M., Shaturaev, J., Dhar, B. K., & Halim, M. A. (2022). Dynamic Nexus between macroeconomic factors and CO2 emissions: Evidence from oil-producing countries. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1005814.

Ghazouani, T., & Hamdi, M. A. (2025). Income inequality, fintech innovation, and CO2 emissions: evidence from OECD countries. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 1-21.

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *Quarterly Journal of Economics*, 110, 353-377.

Hailemariam, A., Dzhumashev, R., & Shahbaz, M. (2020). Carbon emissions, income inequality and economic development. *Empirical Economics*, 59(3), 1139-1159.

Hao, Y., Zhang, Z. Y., Yang, C., & Wu, H. (2021). Does structural labor change affect CO2 emissions? Theoretical and empirical evidence from China. *Technological Forecasting and Social Change*, 171, 120936.

Ho, S. Y., & Iyke, B. N. (2019). Trade openness and carbon emissions: evidence from central and eastern European countries. *Review of Economics*, 70(1), 41-67.

Horee, H. R., Galali, S. A., & Gafare, S. (2013). Examining the Impact of Financial Development and Energy Consumption on the Environmental Degradation in Iran in the Framework of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis (EKC). *Iranian Energy Economics*, 2(6), 27-48.

IBRD (1992). *World Development Report 1992. Development and the Environment*. New York: Oxford University Press.

Ike, G. N., Usman, O., & Sarkodie, S. A. (2020). Testing the role of oil production in the environmental Kuznets curve of oil producing countries: New insights from Method of Moments Quantile Regression. *Science of the Total Environment*, 711, 135208.

Islami, F. S., Prasetyanto, K., & Kurniasari, F. (2022). The effect of population, GDP, non-renewable energy consumption and renewable energy consumption on carbon dioxide emissions in G-20 member countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(2), 103-110.

Jabari, L., & Salem, A. A. (2023). Investigating the Nonlinear Effect of Structural Labor Change on Carbon Dioxide Emissions in Iran's Provinces Using the Panel Quantile Model. *Iranian Journal of Economic Research*, 28(96), 123-162.

Jorgenson, A., Schor, J., & Huang, X. (2017). Income inequality and carbon emissions in the United States: a state-level analysis, 1997–2012. *Ecological Economics*, 134, 40-48.

Kazerouni, A., Asgharpour, H., Aghamohamadi, A., & Zokaei alamdari, E. (2019). Corruption and the Environmental Kuznets Curve in Developed and Developing Countries. *Journal of Economic modeling research*, 10(37), 7-38.

Khan, S., Brown, L., & Das, A. (2025). On Income Inequality and CO2 Emissions in Bangladesh. *World Development Sustainability*, 100211.

Koenker, R. (2005). *Quantile regression* (Vol. 38). Cambridge university press.

Koenker, R. and S. Portnoy. 1996. Quantile regression. Working paper No. 97-0100, College of commerce and business administration, University of Illinois at Urbana-Champaign.

Koenker, R., & Bassett Jr, G. (1978). Regression quantiles. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 33-50.

Koondhar MA, Shahbaz M, Memon KA, Ozturk I, Kong R (2021) A visualization review analysis of the last two decades for environmental Kuznets curve “EKC” based on co-citation analysis theory and pathfinder network scaling algorithms. *Environ Sci Pollut Res* 28:16690–16706.

Kuznets S (1955) Economic growth and income inequality. *Am Econ Rev* 45(1):1–28.

Lalkhezri, H., & karimi potanlar, S. (2019). Evaluation the Effect of Income Inequality on Carbon Dioxide Emissions in Iran (with Emphasis on Energy Intensity). *Journal of Iranian Economic Issues*, 6(1), 181-200.

Liu, Q., Wang, S., Zhang, W., Li, J., & Kong, Y. (2019). Examining the effects of income inequality on CO2 emissions: Evidence from non-spatial and spatial perspectives. *Applied Energy*, 236, 163-171.

Machado, J. A. F., & Silva, J. M. C. S. (2019). *Quantiles via moments*. *Journal of Econometrics*, 213(1), 145–173.

Mao F, Miller JD, Young SL, Krause S, Hannah DM (2022) Inequality of household water security follows a Development Kuznets Curve. *Nat Commun* 13(1):4525.

Ngong, C. A., Bih, D., Onyejiaku, C., & Onwumere, J. U. J. (2022). Urbanization and carbon dioxide (CO2) emission nexus in the CEMAC countries. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 33(3), 657-673.

Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development.

Powell, D. (2022). Quantile regression with nonadditive fixed effects. *Empirical Economics*, 63(5), 2675-2691.

Qu, B., & Zhang, Y. (2011). Effect of income distribution on the environmental Kuznets curve. *Pacific Economic Review*, 16(3), 349-370.

Raihan, A., & Tuspekova, A. (2022). Nexus between energy use, industrialization, forest area, and carbon dioxide emissions: New insights from Russia. *Journal of Environmental Science and Economics*, 1(4), 1-11.

[Ravallion, M., Heil, M., & Jalan, J. \(2000\). Carbon emissions and income inequality. *Oxford Economic Papers*, 52\(4\), 651-669.](#)

[Rossi, S. \(2023\). Exploring the relationship between economic growth, energy consumption, trade openness, and carbon dioxide emissions: A case study of Italy. *Journal of Energy and Environmental Policy Options*, 6\(3\), 19-24.](#)

[Sadeghi Shahdani, M., Mohammadi Samchouli, A., & Rastegari Koupaee, M. J. \(2021\). Investigation of Environmental Kuznets Curve for N2O Gas Emissions in Iran by ARDL Model. *Environmental Science and Technology*, 23\(6\), 175-186.](#)

[Schor, J. B. \(1998\). The overspent American: Upscaling, downshifting and the new consumer.](#)

[Sheng, P., & Guo, X. \(2016\). The long-run and short-run impacts of urbanization on carbon dioxide emissions. *Economic Modelling*, 53, 208-215.](#)

[Stern, D. I. \(2004\). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World development*, 32\(8\), 1419-1439.](#)

[Tamizi, A. \(2015\). Factors affecting carbon dioxide emissions in developing countries using a Bayesian econometric approach. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 2\(4\), 145-168.](#)

[Tokpah, J. T., Saliminezhad, A., & Ozdeser, H. \(2024\). CO2 emissions–economic growth nexus: Validity of EKC in oil- exporting and oil- importing countries. *OPEC Energy Review*, 48\(3\), 151-166.](#)

[Uzar, U., & Eyuboglu, K. \(2019\). The nexus between income inequality and CO2 emissions in Turkey. *Journal of cleaner production*, 227, 149-157.](#)

[Wang, Q., Yang, T., & Li, R. \(2023\). Does income inequality reshape the environmental Kuznets curve \(EKC\) hypothesis? A nonlinear panel data analysis. *Environmental Research*, 216, 114575.](#)

[Yunita, R., Gunarto, T., Marselina, M., & Yuliawan, D. \(2023\). The influence of GDP per capita, income inequality, and population on CO2 emission \(Environmental Kuznet Curve Analysis in Indonesia\). *International Journal of Social Science, Education, Communication and Economics \(SINOMICS JOURNAL\)*, 2\(2\), 217-230.](#)

[Zhang, N., Yu, K., & Chen, Z. \(2017\). How does urbanization affect carbon dioxide emissions? A cross-country panel data analysis. *Energy Policy*, 107, 678-687.](#)

[Zhang, Y. J., Jin, Y. L., Chevallier, J., & Shen, B. \(2016\). The effect of corruption on carbon dioxide emissions in APEC countries: a panel quantile regression analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 112, 220-227.](#)

[Zou T, Zhang X, Davidson E \(2022\) Global trends of cropland phosphorus use and sustainability challenges. *Nature* 611\(7934\):81–87.](#)