



An Assessment of the Relationship between Energy Subsidies and Ecological Footprint in the Form of the Environmental Kuznets Curve in Selected Countries

Mohammad Sayadi¹, Mohsen Ebrahimi²,

Zeynab Hassanzadeh¹

1. Department of Economics of Energy and Resources, Faculty of Economics, University of Kharazmi, Tehran, Iran.

2. Department of Economics of Public Affairs, Faculty of Economics, University of Kharazmi, Tehran, Iran.

* Corresponding author

Article Info	Abstract
Article Type: Research Article	One of the most important issues that has received special attention in recent decades is the issue of ecological footprint and how to reduce it in order to maintain the quality of the environment in human societies. In this regard, the subsidies paid by countries for fossil fuels can affect the ecological footprint. The main goal of this study is to examine the relationship between energy subsidies and ecological footprint among a selection of countries with the highest share of energy subsidies in GDP from 2010 to 2021 in the form of the environmental Kuznets curve. The method used in this study is the generalized method of moments (GMM) and other independent explanatory variables including GDP, urbanization rate, renewable energy consumption, foreign direct investment, government effectiveness and research and development expenditure. The variables of population density, value added of the industrial sector, and political stability have been used as instrumental variables. The research findings confirm the existence of a third-order Kuznets curve between per capita energy subsidy and ecological footprint. Which is in accordance with the hypothesis that the relationship between these two variables is N-shaped. The effect of gross domestic product (GDP) on the ecological footprint is positive and statistically significant at all levels. Foreign direct investment (FDI) and urbanization rate (UR) have a positive effect on the ecological footprint, and the effect of research and development (RD) expenditure on the ecological footprint is negative but statistically insignificant. The effect of government effectiveness (GOV) on the ecological footprint is positive and statistically significant at all levels, and the effect of renewable energy (RE) consumption on the ecological footprint is negative and statistically significant.
Article History: Received: 21 Feb. 2025 Revised: 25 May 2025 Accepted: 07 June 2025 Published: 12 Sep. 2025	
Keywords: Ecological Footprint, Energy Subsidy, Environmental Kuznets Curve, GMM Model.	
JEL Classification: C32, Q27, Q29, Q43, Q49.	

Sayadi, M., Ebrahimi, M., & Hassanzadeh, Z. (2025). An Assessment of the Relationship between Energy Subsidies and Ecological Footprint in the Form of the Environmental Kuznets Curve in Selected Countries. *Journal of Economic Research*, 60(2), 1098-1128.



©The Authors retain the copyright and full publishing rights.

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: [10.22059/jte.2025.390874.1008988](https://doi.org/10.22059/jte.2025.390874.1008988)

ارزیابی رابطه بین یارانه انرژی و ردپای اکولوژیکی در قالب منحنی

کوزنتس محیط‌زیستی در کشورهای منتخب

محمد صیادی^{۱*}، محسن ابراهیمی^۲، زینب حسن زاده^۱

۱. گروه اقتصاد انرژی و منابع، دانشکده اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، شهر تهران، کشور ایران.

۲. گروه اقتصاد امور عمومی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، شهر تهران، کشور ایران.

* نویسنده مسئول

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۳ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۸ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۶/۲۲ کلیدواژه‌ها: ردپای اکولوژیکی، یارانه انرژی، منحنی کوزنتس محیط‌زیستی، مدل GMM. طبقه‌بندی JEL: C32, Q27, Q29, Q43, Q49.	یکی از مهم‌ترین مسائلی که در دهه‌های اخیر توجه ویژه‌ای شده است، ردپای اکولوژیکی و چگونگی کاهش آن به منظور حفظ کیفیت محیط‌زیست در جوامع انسانی است. در کنار سایر متغیرهای کلیدی، میزان یارانه پرداخت شده به سوخت‌های فسیلی می‌تواند ردپای اکولوژیکی را متأثر سازد. در همین راستا، هدف اصلی این تحقیق بررسی ارتباط بین یارانه انرژی و ردپای اکولوژیکی در بین منتخبی از کشورهای با بیشترین سهم یارانه انرژی از GDP از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ در قالب منحنی کوزنتس محیط‌زیستی است. روش مورد استفاده در این مطالعه، روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) و سایر متغیرهای توضیحی مستقل شامل تولید ناخالص داخلی، نرخ شهرنشینی، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، اثربخشی دولتی و هزینه تحقیق و توسعه می‌باشد، از متغیرهای تراکم جمعیتی، ارزش افزوده بخش صنعت، ثبات سیاسی به عنوان متغیرهای ابزاری استفاده شده است. یافته‌های تحقیق، وجود یک منحنی کوزنتس درجه سوم (مطابق فرضیه N شکل) بین یارانه انرژی سرانه و ردپای اکولوژیکی را تأیید می‌کند؛ در سطوح اولیه متغیر یارانه انرژی، ردپای اکولوژیکی افزایش یافته، در سطوح میانی متغیر یارانه انرژی، اثر این متغیر بر ردپای اکولوژیکی منفی و سطوح بالای متغیر یارانه انرژی، اثر مثبت بین یارانه انرژی و ردپای اکولوژیکی ظاهر می‌شود. اثر تولید ناخالص داخلی (GDP) بر ردپای اکولوژیکی مثبت و از نظر آماری در همه سطوح معنادار است. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) و نرخ شهرنشینی (UR) اثری مثبت بر ردپای اکولوژیکی دارند و اثر هزینه تحقیق و توسعه (RD) بر ردپای اکولوژیکی منفی ولی از نظر آماری بی‌معنی است. تأثیر اثربخشی دولت (GOV) بر ردپای اکولوژیکی مثبت و از نظر آماری در همه سطوح معنادار و اثر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (RE) بر ردپای اکولوژیکی منفی و از نظر آماری بی‌معنی‌دار است.

صیادی، محمد، ابراهیمی، محسن، و حسن‌زاده، زینب. (۱۴۰۴). ارزیابی رابطه بین یارانه انرژی و ردپای اکولوژیکی در قالب منحنی کوزنتس محیط‌زیستی در کشورهای منتخب. *تحقیقات اقتصادی*، ۶۰ (۲)، ۱۰۹۸ - ۱۱۲۸.



© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: 10.22059/jte.2025.390874.1008988

۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین مسائلی که در دهه‌های اخیر توجه ویژه‌ای شده، مسئله کاهش ردپای اکولوژیکی و حفظ کیفیت محیط‌زیست در جوامع انسانی است. ردپای اکولوژیکی^۱ به عنوان شاخصی که نخستین بار توسط واکرناگل و ریس^۲ (۱۹۹۸) معرفی شد، نشان‌دهنده محدودیت‌های محیط‌زیستی کشورها و میزان عبور انسان‌ها از این محدودیت‌ها است. این شاخص حاصلجمع ردپای انسان‌ها در زمینه زراعی، چراگاه‌ها، ماهیگیری، جنگل، انتشار دی‌اکسیدکربن و زیرساخت‌ها است. به عبارت دیگر، ردپای اکولوژیکی نشان‌دهنده مقدار زمین و دریای مورد نیاز برای تأمین مصارف انسان‌ها در کشورهای مختلف است. علاوه بر این می‌توان گفت این شاخص، شاخص اندازه‌گیری ظرفیت بیولوژیکی مورد نیاز برای تولید کالاها و خدمات مصرفی افراد یک کشور و نیز ظرفیت مورد نیاز برای جذب آلودگی‌های تولید شده توسط آنها می‌باشد. همانطور که تعریف فوق نشان می‌دهد، ردپای اکولوژیکی در قیاس با سایر شاخص‌های محیط‌زیستی دیگر مثل انتشار دی‌اکسیدکربن، نگاه جامع‌تری به مقوله تخریب محیط‌زیست داشته و به همین دلیل در تحقیق حاضر از این شاخص به عنوان نماینده کیفیت محیط‌زیست بهره گرفته شده است

ردپای اکولوژیکی از متغیرهای مختلفی تأثیر می‌پذیرد که بی‌شک تولید و مصرف سوخت‌های فسیلی از جمله متغیرهای مهم و مؤثر بر آن می‌تواند به شمار رود (واکرناگل^۳، ۲۰۰۷). از سویی، تولید و مصرف سوخت‌های فسیلی در کشورهای مختلف می‌تواند ارتباط تنگاتنگی با نوع و میزان یارانه انرژی (سوخت‌های فسیلی) داشته باشد. یارانه انرژی^۴ به پرداخت‌های دولتی اطلاق می‌شود که به منظور کاهش قیمت انرژی برای مصرف‌کنندگان، به ویژه در کشورهای در حال توسعه و یا کشورهای تولیدکننده انرژی، انجام می‌شود. این یارانه‌ها می‌توانند به دو صورت مستقیم (مثل پرداخت‌های نقدی به مصرف‌کنندگان یا تولیدکنندگان) و یا غیرمستقیم (مثل کاهش مالیات‌ها یا کاهش هزینه‌های تولید انرژی) اعمال شوند (ممی‌پور و همکاران، ۱۴۰۱). پرداخت یارانه انرژی به تولید و مصرف سوخت‌های فسیلی می‌تواند با تشویق تولید و مصرف چنین سوخت‌های موجب تخریب بیشتر محیط زیست و افزایش ردپای اکولوژیکی گردد. هر چند که

1. Ecological Footprint
2. Wackernagel and Rees

3. Wackernagel
4. Energy Subsidy

لزوماً ممکن است رابطه خطی بین این دو متغیر برقرار نباشد. بر همین اساس، هدف اصلی این تحقیق بررسی ارتباط بین یارانه انرژی و ردپای اکولوژیکی در قالب منحنی کوزنتس محیط‌زیستی برای منتخبی از کشورهای با بیشترین سهم یارانه انرژی از تولید ناخالص داخلی است. روش مورد استفاده نیز روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) است. خاطر نشان می‌شود، هرچند بررسی اثر متغیرهای مختلف بر میزان و شدت ردپای اکولوژیکی در مطالعات متعددی مورد بررسی قرار گرفته است، اما بررسی‌ها نشان می‌دهد، مطالعات اندکی رابطه بین یارانه انرژی و ردپای اکولوژیکی را مورد ارزیابی قرار داده‌اند که نتیجه این تحقیق می‌تواند به تعمیق یافته‌های این حوزه کمک نماید. این تحقیق بدین صورت سازماندهی شده است که پس از مقدمه، در بخش دوم به بررسی پیشینه تحقیق پرداخته می‌شود. بخش سوم به تبیین مبانی نظری اختصاص یافته است. بخش چهارم به ارائه روش‌شناسی می‌پردازد. بخش پنجم به تحلیل یافته‌های تجربی تحقیق می‌پردازد. بخش ششم نیز به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری تحقیق اختصاص یافته است.

۲- پیشینه تحقیق

پیشینه تحقیق را بر اساس موضوع می‌توان در دسته (۱) رابطه رشد اقتصادی و ردپای اکولوژیکی، (۲) تأثیر ترکیب مصرف انرژی بر ردپای اکولوژیکی، (۳) نقش تجارت بین‌الملل و باز بودن تجاری بر ردپای اکولوژیکی و (۴) نقش نهادها و محیط سیاست‌گذاری بر ردپای اکولوژیکی تقسیم‌بندی کرد.

دسته اول مطالعات به بررسی رابطه رشد اقتصادی و ردپای اکولوژیکی اختصاص دارد. مولائی و بشارت (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای به بررسی ارتباط بین تولید ناخالص داخلی و ردپای اکولوژیکی به عنوان شاخص تخریب محیط زیست در ایران با استفاده از مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی گسترده (ARDL) در طی دوره ۲۰۱۱-۱۹۶۵ پرداختند. نتایج نشان می‌دهد، افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت تأثیر مثبتی بر ردپای اکولوژیکی سرانه دارد. ضریب تصحیح خطای بدست آمده در این مدل نشان می‌دهد که ۷۳ درصد از عدم تعادل ردپای اکولوژیکی سرانه تعدیل می‌شود و به سمت روند بلند مدت خود نزدیک می‌شود. دلیری (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای به بررسی ارتباط بین رد پای اکولوژیکی و رشد اقتصادی در

کشورهای عضو گروه D-8 آزمون فرضیه زیست محیطی کوزنتس با استفاده از مدل PSTR در طی دوره ۲۰۱۶-۱۹۶۱ پرداختند. نتایج برآورد سری زمانی بیانگر آن است که ارتباط غیرخطی در هر هشت کشور وجود دارد اما فرضیه کلاسیک کوزنتس تنها در مالزی، مصر و ترکیه وارونه نبود. در ایران ارتباط بین ناخالص داخلی سرانه و شاخص رد پای اکولوژیک سرانه به شکل N است و در سطوح تولید ناخالص داخلی سرانه ۵۸۶۴ دلار و ۱۰۵۱۴ دلار جهت ارتباط این دو متغیر تغییر خواهد کرد. از سوی دیگر آزمون فرضیه کوزنتس با استفاده از مدل‌های انتقال ملایم پانلی نشان داد که در بین این کشورها ارتباط غیرخطی با یک حد آستانه بین تولید ناخالص داخلی و رد پای اکولوژیک وجود داشته است. به گونه‌ای که در رشدهای اقتصادی زیر ۸/۳ درصد ارتباط مستقیم و در رشدهای اقتصادی بالای ۸/۳ ارتباط عکس بین تولید ناخالص داخلی و جای پای اکولوژیک وجود دارد. قادری و پرورش (۱۴۰۲) اثر متغیرهای انرژی‌های تجدیدپذیر، مصرف سوخت فسیلی، رشد اقتصادی، شهرنشینی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران را از طریق مدل متداول خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) تحت فرضیه منحنی کوزنتس زیست‌محیطی (EKC) در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ را مورد بررسی قرار داده‌اند. یافته‌ها به شدت از وجود یک رابطه U شکل معکوس بین انتشار دی‌اکسیدکربن و تولید ناخالص داخلی سرانه، در کوتاه‌مدت، حمایت می‌کنند. نتایج روابط بلندمدت نشان می‌دهد که رشد تولید ناخالص داخلی سرانه منجر به افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود و حکایت از یک رابطه مثبت دارد. همچنین نتایج تاثیر انرژی تجدیدناپذیر و انتشار دی‌اکسیدکربن نشان می‌دهد که استفاده از سوخت‌های فسیلی باعث افزایش سطح انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران چه در کوتاه‌مدت چه در بلندمدت و اثر مثبتی دارد. گو^۱ و همکاران (۲۰۲۲) این مطالعه از مدل رگرسیون چندجمله‌ای هم‌انباشته^۲ استفاده می‌کند که شامل سایر متغیرهای توضیحی تخریب محیطی مانند شهرنشینی، شدت انرژی و جهانی شدن است. یک رابطه هم‌انباشتگی بلندمدت معتبر بین متغیرهای در نظر گرفته شده شناسایی شد. یک پانل رگرسیون چندجمله‌ای هم‌انباشته (واگنر، ۲۰۱۵؛ واگنر و هونگ، ۲۰۱۶) از نظر آماری اعتبارسنجی شده است و منحنی U شکل معکوس در پانل ۴۸ اقتصاد پیچیده تأیید

شده است. با در نظر گرفتن شاخص پیچیدگی اقتصادی، فرضیه EKC برای این تحلیل پانل صادق است. تحلیل حاضر در پانل ۴۸ اقتصاد پیچیده در جهان نشان می‌دهد که این کشورها چگونه می‌توانند تعادل بین پیچیدگی فزاینده ساختار تولیدی خود و نگرانی‌های زیست‌محیطی را مدیریت کنند. اثر فزاینده شهرنشینی و شدت انرژی بر ردپای اکولوژیکی در پانل کشورهای مورد بررسی شناسایی شد.

دسته دوم مطالعات به بررسی تأثیر ترکیب مصرف انرژی بر ردپای اکولوژیکی می‌پردازد. اصفهانی و همکاران (۱۴۰۱) اثر پویای مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر (شامل انرژی‌های فسیلی) و تجدیدپذیر (شامل انرژی‌های پاک) بر محیط زیست در کشورهای منتخب در حال توسعه طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۷ مطالعه گردید. به منظور تحلیل اثرات زیست‌محیطی از شاخص ردپای اکولوژیک استفاده شد و علاوه بر انرژی، متغیرهای باز بودن تجاری، رشد اقتصادی و نرخ باروری نیز به عنوان سایر متغیرهای اثرگذار در الگو در نظر گرفته شد. برای تحلیل اثرات پویای مصرف انرژی بر ردپای اکولوژیکی روش پویای پانلی گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) به کار گرفته شد. نتایج حاصل از برآورد نشان داد که مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر و تجدیدپذیر بر ردپای اکولوژیکی کشورهای منتخب در حال توسعه به ترتیب اثر مثبت و منفی داشته‌اند. جعفری و همکاران (۱۴۰۳) به بررسی تأثیر یارانه انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر محیط زیست در ۲۲ کشور منتخب در دوره زمانی ۲۰۱۰-۲۰۲۰ می‌پردازد. در این پژوهش از روش داده‌های تابلویی پویا و تخمین زن گشتاورهای تعمیم‌یافته استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که کشورهای پویا که یارانه‌های اختصاص یافته برای انرژی‌های تجدیدپذیر بالاتر است، تأثیر یارانه انرژی کل بر محیط زیست منفی می‌باشد. این در حالی است که برای کشورهایی که از یارانه انرژی تجدیدناپذیر بیشتری استفاده می‌کنند، این اثر مثبت می‌باشد. محمود و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۲۰ و به کمک روش CS-ARDL نشان می‌دهد انرژی‌های تجدیدپذیر، فناوری اطلاعات و ارتباطات و ثبات دولت، عوامل اساسی در کاهش آلودگی زیست‌محیطی در کشورهای G11^۱ هستند. بنابراین، با توجه به یافته‌ها، این کار افزایش استفاده از

1. Ecuador, Georgia, EL Salvador, Honduras, Morocco, Pakistan, Paraguay

منابع انرژی تجدیدپذیر مانند خورشیدی، باد و انرژی آبی را در ترکیب انرژی کل کشورهای مختلف پیشنهاد می‌کند. استفاده از انرژی تجدیدپذیر کیفیت هوا را بهبود می‌بخشد و محیط طبیعی را از تخریب بیشتر نجات می‌دهد. کشورها همچنین باید فناوری‌های ارتباطی خود را در بخش اقتصادی تقویت کنند. علاوه بر این، سیاست‌گذاران باید سیاست‌های مورد نیاز را نیز معرفی کنند که استفاده از انرژی تجدیدپذیر را در کشورهای مختلف ترویج کند. این امر باعث می‌شود مردم از منابع انرژی پاک در سطوح داخلی و تجاری استفاده کنند.

قادری و پرورش (۱۴۰۲) اثر متغیرهای انرژی‌های تجدیدپذیر، مصرف سوخت فسیلی، رشد اقتصادی، شهرنشینی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران را از طریق مدل متداول خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) تحت فرضیه منحنی کوزنتس زیست‌محیطی (EKC) در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ را مورد بررسی قرار داده‌اند. یافته‌ها به شدت از وجود یک رابطه U شکل معکوس بین انتشار دی‌اکسیدکربن و تولید ناخالص داخلی سرانه، در کوتاه‌مدت، حمایت می‌کنند. نتایج روابط بلندمدت نشان می‌دهد که رشد تولید ناخالص داخلی سرانه منجر به افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود و حکایت از یک رابطه مثبت دارد. همچنین نتایج تاثیر انرژی تجدیدناپذیر و انتشار دی‌اکسیدکربن نشان می‌دهد که استفاده از سوخت‌های فسیلی باعث افزایش سطح انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران چه در کوتاه‌مدت چه در بلندمدت و اثر مثبتی دارد.

دسته سوم مطالعات به بررسی نقش تجارت بین‌الملل و باز بودن تجاری بر ردپای اکولوژیکی دارد. در این بین، شیخ زین‌الدین و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی رابطه کوتاه‌مدت و بلندمدت و تعیین عوامل اثرگذار بر ردپای اکولوژیکی سرانه در ایران برای بازه زمانی ۱۹۹۰ الی ۲۰۱۸ پرداختند. متغیرهای مصرف انرژی، تجارت آزاد، رشد اقتصادی و نسبت سرمایه به نیروی کار در مدل ARDL در نظر گرفته شد. همچنین به منظور تجزیه و تحلیل پیامد تجارت بر ردپای اکولوژیکی، اثر تجارت به اثرات مقیاس، تکنیک و ترکیب تجزیه شد. نتایج مطالعه نشان داد که اثر مقیاس و تکنیک بر ردپای اکولوژیکی به ترتیب دارای اثر مثبت و منفی می‌باشند در نتیجه فرضیه زیست‌محیطی منحنی کوزنتس برای ایران رد نمی‌شود. علاوه بر این، مصرف انرژی و اثر ترکیب به تشدید ردپای اکولوژیکی کمک می‌کنند در حالی که آزاد بودن تجارت باعث کاهش

تخریب محیط زیست می‌شود. بر مبنای ضریب تصحیح خطای بدست آمده، سالانه ۱۱ درصد از عدم تعادل ردپای اکولوژیکی سرانه تعدیل می‌شود و به سمت روند بلندمدت خود نزدیک می‌شود. ای‌هه‌نو و همکاران (۲۰۲۳) با بررسی اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) و تجارت بین‌المللی بر ردپای محیط‌زیست در ۳۷ کشور آفریقایی برای دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ را بررسی می‌کند. یافته‌ها ناهمگونی قابل توجهی در تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تجارت بین‌المللی بر ردپای زیست‌محیطی در کوتاه‌مدت را نشان داد. با این وجود، این مطالعه نشان می‌دهد که در درازمدت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به طور قابل توجهی ردپای اکولوژیکی را کاهش می‌دهد در حالی که تجارت بین‌المللی تأثیر قابل توجهی بر محیط‌زیست ندارد. آنها معمولاً با چندین مزیت اقتصادی، مانند انتقال فناوری، اقتصادی و جمعیت در حفظ ردپای اکولوژیکی در درازمدت قابل توجه است.

دسته چهارم مطالعات به بررسی نقش نهادها و محیط سیاست‌گذاری بر ردپای اکولوژیکی تمرکز دارد. به طور نمونه، همتی و خوشکلام (۱۳۹۹) تأثیر آزادی اقتصادی و حکمرانی بر ردپای اکولوژیکی (کشورهای منتخب در حال توسعه) را در قالب روش داده‌های پانل مورد ارزیابی قرار داده‌اند. یافته‌های این تحقیق حاکی از تأثیر آزادی اقتصادی و حکمرانی بر ردپای اکولوژیکی کشورهای منتخب در حال توسعه به ترتیب مثبت (و معنی‌دار) و منفی (و معنی‌دار) است. صیادی و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه‌ای به ارزیابی تأثیر متغیرهای اقتصادی-نهادی-انرژی بر ردپای اکولوژیکی با استفاده از مدل پانل کوانتایل در کشورهای منتخب منطقه منا پرداخته‌اند. یافته‌ها حاکی از اثرگذاری ضرایب متغیرها بر ردپای اکولوژیکی مطابق مبانی نظری مورد انتظار است، به نحوی که تولید ناخالص داخلی سرانه، نسبت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، درجه شهرنشینی و بی‌ثباتی سیاسی نیز اثر مثبت و معناداری بر ردپای اکولوژیکی دارند و شاخص باز بودن تجاری، کنترل فساد، شاخص دموکراسی و بهره‌وری انرژی نیز اثر منفی و معناداری بر ردپای اکولوژیکی می‌گذارند. این اثرگذاری در کوانتایل مختلف ثابت نبوده است، به نحوی که میزان اثرگذاری متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه، بهره‌وری انرژی، نسبت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، درجه شهرنشینی و بی‌ثباتی سیاسی در کوانتایل‌های بالا به مراتب بیش‌تر از کوانتایل‌های پایین

است. توپداغ^۱ و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی ردپای اکولوژیکی به عنوان یک مفهوم مورد استفاده برای تاکید بر ناپایداری ظاهری شیوه‌های فعلی و نابرابری در مصرف منابع در میان کشورها پرداخته‌اند. برای این منظور، با در نظر گرفتن داده‌های فعلی تجزیه و تحلیل مقطعی بارویکرد رگرسیون چندک در چارچوب ساختار مدل STIRPAT برای ۱۵۴ کشور که با توجه به سطح درآمد آن‌ها در سال ۲۰۱۶ تخصیص داده شد انجام شد. با توجه به یافته‌های رگرسیون کمی، ضرایب شاخص رفاه و توسعه مالی مثبت و از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد. نولامبه^۲ و اریگیت (۲۰۲۲) نقش انرژی‌های تجدیدپذیر، ردپای اکولوژیکی و نهادها را بر رشد اقتصادی در کشورهای آفریقایی فرانسوی زیان با استفاده از روش گشتاور تعمیم‌یافته (GMM) تحلیل می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که انرژی‌های تجدیدپذیر با رشد اقتصادی همبستگی منفی دارد، برای ردپای اکولوژیکی، همبستگی مثبت و از نظر آماری معنی‌دار است که رشد اقتصادی را به تخریب محیط‌زیست مرتبط می‌کند. در بین متغیرهای نهادی، پاسخگویی، ثبات سیاسی و حاکمیت قانون بر رشد اقتصادی تأثیر مثبت و معناداری دارند، در حالی که اثربخشی حکمرانی، کیفیت نظارتی و کنترل فساد رابطه مثبت دارند؛ اما از نظر آماری تأثیر معناداری ندارند. محمود و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۲۰ و به کمک روش CS-ARDL، در کنار متغیرهایی مانند انرژی‌های تجدیدپذیر و فناوری اطلاعات و ارتباطات، به نقش ثبات دولت بر کاهش آلودگی محیط‌زیست در کشورهای G11 پرداخته است.

بررسی مطالعات پیشینیه تحقیق نشان می‌دهد، مطالعات متعددی در خصوص عوامل مؤثر بر ردپای اکولوژیکی صورت گرفته است. این در حالی است که بررسی رابطه بین یارانه انرژی و ردپای اکولوژیکی در قالب منحنی کوزنتس محیط‌زیستی انجام نگرفته است. همچنین در نظر گرفتن اثر متغیرهای انرژی‌های تجدیدپذیر، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، اثربخشی دولت و هزینه تحقیق و توسعه بر ردپای اکولوژیکی درک جامعی از عوامل مؤثر ارائه می‌دهد. علاوه بر این، در این تحقیق برای کنترل ناهمسانی و درون‌بابی متغیرها از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته استفاده شده است. خاطر نشان می‌شود، تمرکز این مطالعه بر کشورهای با بیشترین سهم یارانه انرژی از تولید ناخالص داخلی (از جمله ایران) است.

1. Topdağ

2. Nulambeh

۳- مبانی نظری پژوهش

یکی از مهم‌ترین شاخص‌هایی که بررسی آن کمک شایانی به فهم میزان حمایت کشورهای جهان از بهبود کیفیت محیط زیست می‌کند، ردپای اکولوژیکی است (همتی و خوشکلام، ۱۳۹۹). ردپای اکولوژیکی شاخصی از پایداری است (نیج کمپ^۱ و همکاران، ۲۰۰۴). وجود ردپای اکولوژیکی، به‌عنوان شاخصی از کارایی اکولوژیکی (ویدمن^۲ و همکاران، ۲۰۰۶) نیز محسوب می‌شود، هنگامی که ردپای اکولوژیکی از ظرفیت بیولوژیکی پیشی می‌گیرد، به این معناست که زمین نمی‌تواند جوابگوی نیاز مصرف بشر باشد. بر این اساس، افزایش ردپای اکولوژیکی موجب خسارت جبران‌ناپذیری برای کره زمین است (کیتز^۳ و همکاران، ۲۰۰۷). در این بخش، نحوه اثرگذاری متغیرهای کلیدی تحقیق بر ردپای اکولوژیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱- یارانه انرژی و اثرات اقتصادی و محیط‌زیستی آن

یارانه‌ها در طبقه‌بندی بر اساس انعکاس در بودجه شامل یارانه آشکار و ضمنی است؛ یارانه‌های آشکار شامل تمامی یارانه‌هایی است که در بودجه دولت وجود داشته و دربرگیرنده مجموع یارانه‌های مستقیم و غیرمستقیم است (پرمه، ۱۳۸۴) و یارانه ضمنی مربوط به کالا یا خدمتی است که از سوی دولت مورد حمایت قرار گرفته؛ ولی هزینه آن در بودجه دولت منعکس نشود. پرداخت این‌گونه یارانه‌ها در اقتصاد ایران شامل یارانه‌های نرخ ارز، سوخت و اعتبارات می‌باشد (همان منبع). آژانس بین‌المللی انرژی از رویکرد شکاف قیمت^۴ برای محاسبه میزان یارانه پرداختی به انرژی استفاده می‌کند. این رویکرد کمی‌سازی یارانه‌های مصرفی توسط کاسمو^۵ (۱۹۸۷)، لارسن و شاه^۶ (۱۹۹۲)، و کادی^۷ و همکاران (۲۰۱۰) نیز استفاده شده است.

هدف اولیه یارانه حامل‌های انرژی توزیع انرژی از طریق کشش عرضه و تقاضا، ثبات قیمت و کمک به اقشار کم‌درآمد جامعه برای استفاده از حداقل امکانات رفاهی است (ممی‌پور و همکاران، ۱۴۰۱). طبق تعریف آژانس بین‌المللی انرژی (IEA^۸) یارانه انرژی به هر اقدامی از

1. Nijkamp

2. Wiedmann

3. Kitzes

4. price-gap approach

5. Kosmo

6. Larsen and Shah

7. Coady

8. International Energy Agency

جانب دولت اطلاق می‌شود که اساساً در ارتباط با بخش انرژی باشد و سبب شود هزینه‌های مربوط به تولید و مصرف انرژی کاهش یابد. به این صورت که قیمت را برای تولیدکنندگان انرژی بالا ببرد و یا بالعکس قیمت را برای مصرف‌کنندگان انرژی پایین بیاورد. ملاحظات اجتماعی چون رعایت حال اقشار فقیر و محروم جامعه یکی از دلایل اختصاص یارانه‌ها به انرژی است. همچنین دولت می‌تواند با اعطای یارانه به یک نوع انرژی و یا فناوری خاص سرمایه‌گذاران را تشویق به سرمایه‌گذاری برای افزایش ظرفیت تولید و یا تحقیق و تکمیل فن‌آوری‌های جدید کند (عباسیان و اسدیگی، ۱۳۹۰).

پرداخت یارانه حامل‌های انرژی دارای اثرات خارجی منفی همچون شفاف نبودن و ناکارآمدی اقتصاد است (جوهانسون و کریسترم، ۲۰۱۹). علاوه بر این، یارانه‌ها از طریق تشویق مصرف بیش از اندازه انرژی موجب افزایش تقاضای واردات و کاهش صادرات می‌شود. از سوی دیگر، پرداخت یارانه موجب تشویق تصنیص صنایع سرمایه‌بر، کاهش انگیزه جهت سرمایه‌گذاری در انرژی تجدیدپذیر و سرعت‌بخشیدن به استهلاک منابع طبیعی باعث عدم تخصیص بهینه منابع می‌شود. همچنین، بیشتر فواید یارانه‌ها توسط خانوارهای با درآمد بالا کسب می‌شود؛ چون امکان و دسترسی مصرف انرژی بیشتری نسبت به فقرا دارند که این امر منجر به افزایش نابرابری در جامعه می‌گردد و مصرف بیش از اندازه انرژی باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، آلودگی هوا، آلودگی آب، تخریب چشم‌اندازها، و کاهش ذخایر سوخت‌های فسیلی تجدیدناپذیر می‌شود (گلی و واحدیان، ۱۳۹۵؛ بختیاری، ۱۳۹۲). پیامدهای نامطلوب سیاست پرداخت یارانه انرژی دولت‌ها را بر آن داشته است که سیاست اصلاح یارانه‌های انرژی را در پیش بگیرند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰؛ گلی و واحدیان، ۱۳۹۵؛ شاه‌مرادی و همکاران، ۱۳۹۰).

۳-۲- اثر یارانه انرژی بر ردپای اکولوژیکی

در کشورهای صادرکننده نفت، یارانه بیش از حد منجر به توسعه صنایع ناکارآمد و انرژی‌بر با ظرفیت اشتغال کمتر و کم‌توان در رقابت در عرصه‌های بین‌المللی می‌شود. یارانه منابع مالی را تخلیه می‌کند و باعث ازدحام بیش از حد سرمایه‌گذاری عمومی در زیر ساختار عمومی،

آموزش و پرورش و سلامتی می‌شود (ونقیاسندی^۱، ۲۰۱۲). در سطح جهانی تحقیقات تجربی متعددی در مورد یارانه انرژی بر موضوعات مختلف مرتبط با ارزیابی خود بر اثرات کلان اقتصادی، زیست‌محیطی تمرکز کرده‌اند (OECD؛ کوجیما و کاپلو^۲، ۲۰۱۵؛ کودی^۳ و همکاران، ۲۰۱۵؛ کلمنتز^۴ و همکاران، ۲۰۱۳).

یارانه‌ها از طریق تأثیر منفی بر تراز مالی و بدهی دولت منجر به کاهش رشد اقتصادی می‌گردند. علاوه بر این، یارانه‌ها با پایین نگه‌داشتن قیمت‌ها منجر به کاهش سود یا ایجاد زیان برای تولیدکنندگان انرژی شده و سرمایه‌گذاری در بخش انرژی را کاهش می‌دهد که به تبع آن رشد اقتصادی با کاهش مواجه می‌گردد. از طرفی یارانه باعث مصرف بی‌رویه فرآورده‌های نفتی، ذغال سنگ و گاز طبیعی گردیده و انگیزه سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و کارا را کاهش می‌دهد و منجر به افزایش گرمایش زمین و آلودگی منطقه‌ای می‌شود. افزایش ترافیک جاده‌ها و بالا رفتن نرخ تصادفات و تخریب جاده‌ها از دیگر اثرات منفی پرداخت یارانه سوخت است. در نهایت یارانه‌های انرژی دارای پیامدهای اقتصادی گسترده‌ای بوده و زمانی که برای حمایت از مصرف‌کنندگان هدف‌گذاری می‌شود، منجر به بدتر شدن تراز مالی، افزایش هزینه‌های عمومی و کاهش سرمایه‌گذاری خصوصی در بخش انرژی می‌گردند. علاوه بر این یارانه‌ها از طریق تشویق مصرف بیش از اندازه انرژی، تشویق تصنیص صنایع سرمایه‌بر، کاهش انگیزه جهت سرمایه‌گذاری در انرژی تجدیدپذیر و سرعت‌بخشیدن به استهلاک منابع طبیعی باعث عدم تخصیص بهینه منابع می‌شوند. همچنین بیشتر فواید یارانه‌ها توسط خانوارهای با درآمد بالا کسب می‌شود که این امر منجر به افزایش نابرابری در جامعه می‌گردد و نسل‌های آینده را از طریق اثرات زیان‌بار افزایش مصرف انرژی بر گرم‌شدن جهان، تخت تأثیر قرار می‌دهد (گلی و واحیدیان ۱۳۹۵).

افزایش مصرف انرژی به ویژه انرژی‌های غیرتجدیدپذیر می‌تواند ردپای اکولوژیکی یک کشور را افزایش دهد. به عبارت دیگر، هر چه یارانه‌های انرژی باعث افزایش مصرف منابع فسیلی شوند، ردپای اکولوژیکی کشور نیز به دلیل استفاده بیشتر از این منابع و انتشار گازهای گلخانه‌ای افزایش می‌یابد (سولارین^۵، ۲۰۲۰). این رابطه می‌تواند به صورت خطی و یا غیرخطی باشد. منحنی

1. Vagliasindi

2. Kojima and Koplow

3. Coady

4. Clements

5. Solarin

کوزنتس محیط زیستی نشان‌دهنده رابطه غیرخطی بین توسعه اقتصادی و آثار زیست‌محیطی است. به طور معمول، در مراحل اولیه توسعه اقتصادی، افزایش تولید و مصرف منابع می‌تواند باعث افزایش آلودگی و تخریب محیط زیست شود، اما پس از رسیدن به یک نقطه خاص از توسعه (معمولاً در کشورهای با درآمد بالا)، آگاهی زیست‌محیطی، تغییرات سیاستی، و استفاده از فناوری‌های پاک باعث کاهش ردپای اکولوژیکی می‌شود. این منحنی می‌تواند بصورت منحنی درجه سه بین متغیر محیط زیستی (ردپای اکولوژیکی) و مصرف انرژی (و یا یارانه انرژی) نیز وجود داشته باشد (آکالین^۱، ۲۰۲۱).

۳-۳- کانال‌های ارتباط بین تولید ناخالص داخلی و ردپای اکولوژیکی

به نظر می‌رسد که فعالیت‌های انسانی مبتنی بر رشد اقتصادی تهدیدی برای اکوسیستم مستقر در کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه باشد (بکون و همکاران، ۲۰۱۹). علی‌رغم همه تلاش‌های سیاست‌گذاران و عوامل محیطی، سطح انتشار کربن در کل جهان در سال ۲۰۱۷ به میزان ۱۰۴ درصد افزایش یافت. به صورت مطلق، این افزایش ۴۶۰ میلیون تن برآورد شده است (آچیم پونگ^۲، ۲۰۱۹). در انتشار کلی آلودگی، سهم مناطق درحال توسعه به طور قابل توجهی بیشتر از کشورهای توسعه‌یافته باقی‌مانده است. مطابق با این موضوع، آژانس بین‌المللی انرژی (IEA، ۲۰۱۸) در گزارش خود تأیید کرد که منابع انرژی با کربن شدید و تلاش‌های رشد اقتصادی به افزایش سطح ردپای اکولوژیکی در کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه کمک کرده است. حتی کانال‌های مرتبط مانند مصرف انرژی (انگ، ۲۰۰۷)، سرمایه‌گذاری خارجی (ژو و همکاران، ۲۰۱۶)، شهرنشینی (افریدی و همکاران، ۲۰۱۹)، گسترش تجارت (فیض‌اور-رحمان و همکاران، ۲۰۰۷)، رشد جمعیت (شهباز و سینه‌ها، ۲۰۱۹) تحریف اکوسیستم ایجاد شده در سال‌های قبل را تقویت کرده است. رشد اقتصادی همراه با تخریب جدی محیط‌زیست، زمینه را برای بررسی عوامل تعیین‌کننده کیفیت محیط زیستی را در بلندمدت هموار کرد (کنجیلال و گوش، ۲۰۱۳؛ آولا و همکاران، ۲۰۱۹).

¹. Akalin

². Acheampong

بررسی‌ها نشان می‌دهد، افزایش سطح درآمد سرانه ناشی از تغییر رژیم، استانداردهای زندگی مردم را بهبود بخشید، که به نوبه خود ممکن است تنظیمات جمعیتی مانند امید به زندگی و نرخ باروری را تغییر دهد (بروکنر و شواندت، ۲۰۱۴). با توجه به در دسترس بودن فرصت‌های شغلی، تراکم جمعیت در شهرهای بزرگ صنعتی جنوب و جنوب شرق آسیا با سرعت شگفت‌انگیزی افزایش یافته است که به نوبه خود مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر را افزایش داده است. به نظر می‌رسد، افزایش استفاده از منابع انرژی با کربن شدید کاتالیزوری برای افزایش ردپای اکولوژیکی در کشورهای در حال توسعه جنوب و جنوب شرقی آسیا باشد (دوگان و همکاران، ۲۰۲۰؛ شارما و همکاران، ۲۰۲۰). با اشاره به گزارش اکونومیک تایمز (۲۰۱۹). در تأیید این بیانیه، مقالات منتشر شده در بانکوک پست، روئنجیت (۲۰۱۹) و داو (۲۰۱۹) گزارش کردند که سطوح آلودگی شهرهای بزرگ واقع در هند، چین، بنگلادش و پاکستان بسیار بالاتر از سطح استاندارد هستند و ردپای اکولوژیکی بالاتر از ظرفیت زیست‌محیطی است. ردپای اکولوژیکی به مجموعه از اثرات زیست‌محیطی اشاره دارد که به عنوان نتیجه فعالیت‌های انسانی، مانند تولید زباله، مصرف انرژی، تولید گازهای گلخانه‌ای، غیره، در محیط زیست ایجاد می‌شود. این اثرات می‌توانند به صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر محیط زیست تأثیر بگذارند و در نهایت به تخریب زیست‌بوم و کاهش تنوع زیستی منجر شوند، اندازه‌گیری ردپای اکولوژیکی معمولاً شامل اندازه‌گیری مصرف منابع طبیعی مانند آب، انرژی، مواد مختلف، همچنین اندازه‌گیری انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های مختلف است. این اندازه‌گیری‌ها معمولاً با استفاده از روش‌های مختلفی انجام می‌شود که شامل تحلیل دوره حیات کامل^۱، استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی، سیستم‌های اندازه‌گیری مستقیم می‌شوند. تأثیر زیست‌محیطی ردپای اکولوژیکی بسیار گسترده و چندگانه هستند. این تأثیرات می‌توانند شامل تغییرات اقلیمی، کاهش تنوع زیستی، آلودگی هوا و آب، کاهش کیفیت خاک، غیره باشند. این تأثیر نه تنها بر محیط زیست، بلکه بر اقتصاد و جوامع نیز تأثیر می‌گذارند. در ادبیات اقتصادی، رابطه بین تولید ناخالص داخلی و ردپای اکولوژیکی به صورت U معکوس منحنی محیط زیستی کوزنتس (EKC)^۲ معروف است (دستک^۳ و همکاران، ۲۰۱۹). به این صورت

1. Life Cycle Analysis

3. Destek

2. Environmental Kuznets Curve

که اگر بین تولید ناخالص داخلی و ردپای اکولوژیکی در سطوح پایین درآمد رابطه مثبت و بین تولید ناخالص داخلی و ردپای اکولوژیکی در سطوح بالای درآمد رابطه منفی وجود داشته باشد، رابطه بین تولید ناخالص داخلی و تخریب محیط زیست به شکل U معکوس است (استرن^۱، ۲۰۰۴ و مولائی و بشارت، ۱۳۹۴). بر این اساس، در مراحل بالای رشد و توسعه اقتصادی، پیشرفت تکنولوژی، افزایش دانش و آگاهی مردم، افزایش سطح سرمایه گذاری در محیط زیست، کنترل آلودگی را موجب می شود (سینها و شهباز^۲، ۲۰۱۸). در برخی مطالعات تجربی دیگر، بصورت یک رابطه N شکل را نیز بین تولید ناخالص داخلی و ردپای اکولوژیکی تأیید شده است.

۴- روش‌شناسی تحقیق

استفاده از داده‌های پانل و مدل‌های پویا در این نوع داده‌ها امکان می‌دهد که پویایی روابط به طور بهتری درک شود. در مدل‌های اقتصادسنجی، پویایی از طریق واردکردن وقفه‌ها یا وقفه‌های متغیر وابسته به عنوان متغیر توضیحی در مدل مشخص می‌شود (بالتاجی^۳، ۲۰۰۱). حتی اگر حضور ضریب وقفه‌دار متغیر وابسته در مدل از جنبه نظری چندان اهمیت نداشته باشد، وجود آن می‌تواند به برآورد دقیق‌تر ضرایب سایر متغیرها کمک کند. مدل مورد نظر به صورت زیر است:

$$y_{it} = \rho y_{i,t-1} + x_{it}\beta + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (۱)$$

این روش، روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) نامیده می‌شود. این روش برای به‌دست‌آوردن پارامترهای سازگار به تعداد زیادی دوره‌های زمانی نیاز ندارد و برای پانلهایی با تعداد مقاطع زیاد و دوره‌های زمانی کم نیز مناسب است. به تبعیت از دیملس و پاپایون^۴ (۲۰۱۰) یک تابع تولید کاب داگلاس به صورت کلی معرفی می‌شود.

$$EF_{it}^1 = SUBP_{it}(SUBP_{it})^2(SUBP_{it})^3(GDP_{it})(Z_{it})e^{u_i} \quad (۲)$$

که در آن متغیرها به صورت زیر تعریف شده‌اند: EF ردپای اکولوژیکی؛ GDP تولید ناخالص داخلی سرانه؛ SUBP متغیر یارانه انرژی سرانه (بر حسب میلیون دلار ثابت سال ۲۰۱۵ که بر جمعیت تقسیم شده است)؛ Z بردار سایر متغیرهای توضیحی، u نشان‌دهنده انعطاف‌پذیری سایر متغیرهای

1. Stern

2. Sinha and Shahbaz

3. Baltaji

4. Dimelis and Papaioannou

توضیحی دیگر از جمله متغیرهای مثل، جمعیت، مؤلفه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی، توسعه زیست‌محیطی، مشارکت اجتماعی، سرمایه‌گذاری و متغیرهای نهادی و i معرف کشور و t معرف زمان مورد نظر است و جزء آخر معادله هم معرف خطای سیستماتیک کشورها در طول زمان می‌باشد. بعد از گرفتن لگاریتم و پذیرش بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس معادله به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$L(EF_{it}^1) = \beta_0 + \beta_1 L(SUBP_{it}) + \beta_2 L(SUBP_{it}^2) + \beta_3 L(SUBP_{it}^3) + \beta_4 L(GDP_{it}) + \beta_5 L(Z_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

در معادله ۳ میزان یارانه انرژی سرانه می‌تواند به عنوان عملکردی از نسبت ردپای اکولوژیکی بیان شود. برای کاهش اثرات همگرایی در میان نمونه مورد مطالعه^۱ در معادله ۳ تفاضل مرتبه اول و لگاریتم گرفته شده است.

لازم به ذکر است، فرم تبعی مدل، یک فرم تابع درجه سوم در قالب منحنی کوزنتس محیط‌زیستی است. در صورتی که فرضیه $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ رد شود، به معنای عدم وجود هیچ نوع رابطه بین یارانه انرژی و ردپای اکولوژیکی است. چنانچه فرضیه $\beta_2 = \beta_3 = 0$ رد اما فرضیه $\beta_1 = 0$ رد نشود، رابطه خطی بین دو متغیر برقرار است. چنانچه فرضیه $\beta_1 = \beta_2 = 0$ رد نشود، رابطه درجه دوم و به همین ترتیب در نهایت چنانچه فرضیه $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ رد نشود، یک رابطه درجه سه بین دو متغیر برقرار است.

مبنای تجربی استفاده از متغیرهای تحقیق نیز بدین صورت است که از ردپای اکولوژیکی (EF)^۲ به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده است. همچنین به تبعیت از مطالعات تجربی دستک و همکاران، (۲۰۱۹)، سولارین (۲۰۲۰)، متغیرهای تولید ناخالص داخلی (GDP)^۳ به عنوان متغیر مستقل در کنار متغیر یارانه انرژی سرانه (SUBP)^۴ و به پیروی از مطالعات توپداغ^۵ و همکاران (۲۰۲۰)، آکالین (۲۰۲۱) و همتی و خوشکلام (۱۳۹۹)، سایر متغیرهای توضیحی دیگر از جمله

۱. نمونه آماری شامل ۱۵ کشور ایران، عربستان سعودی، الجزایر، اندونزی، امارات متحده عربی، قزاقستان، آرژانتین، ازبکستان، مکزیک، پاکستان، آذربایجان، کلمبیا، سریلانکا، تایلند، ویتنام است که بالاترین نسبت یارانه انرژی به تولید ناخالص داخلی را دارا هستند.

۲. Ecological Footprint (EF)

۳. Gross Domestic Product (GDP)

۴. Energy Subsidy (SUB)

۵. Topdag

جمعیت شهری (UR)^۱، اثر بخشی دولت (GOV)^۲، هزینه تحقیق و توسعه (R&D)^۳، مصرف انرژی پاک (RE)^۴، سرمایه گذاری مستقیم خارجی (FDI)^۵ به عنوان متغیرهای کنترلی و تراکم جمعیت (POP)^۶، ارزش افزوده صنعت (INV)^۷، ثبات سیاسی (POS)^۸ به عنوان متغیرهای ابزاری به پیروی از مطالعه بارو^۹ (۱۹۹۱) مورد استفاده قرار گرفته است. انتظار می رود که این متغیرها بر ردپای اکولوژیکی اثر معناداری داشته باشند.

۵- تجزیه و تحلیل یافته های تجربی تحقیق

نتایج بررسی مانایی متغیرها که با استفاده از آزمون های ریشه واحد داده های تابلویی انجام گرفته است در جدول (۱) ارائه شده است. این آزمون ها در دو حالت با عرض از مبدأ و با روند و با عرض از مبدأ و بدون روند انجام گرفته اند. نتایج کلی این آزمون ها نشان دهنده مانایی متغیرها در سطح تفاضل مرتبه اول می باشد. در ادامه آزمون هم انباشتگی بیانگر آن است که پسماندهای مدل مانا بوده و متغیرها هم انباشته هستند و رابطه بلندمدت دارند و می توانیم متغیرها را در سطح وارد مدل کنیم. لذا مشکل رگرسیون کاذب در تخمین ها با استفاده از سطح متغیرها وجود نخواهد داشت.

جدول ۱. نتایج آزمون های ریشه واحد

متغیرها	Prob	Chu و Levin, Lin	Prob	ADF – Fisher	Prob
بدون روند	۰/۰۰۰۰	-۴/۴۸۵۱۲	۰/۰۰۱۲	۵۶/۲۸۳۵	
با روند	۰/۰۰۰۰	-۴/۵۹۶۹۵	۰/۰۰۷۳	۳۹/۲۲۸۷	LEF
بدون روند	۰/۰۰۰۲	-۳/۵۱۴۸۶	۰/۰۰۰۲	۶۵/۵۱۶۸	
با روند	۰/۰۰۰۰	-۶/۷۳۷۷۷	۰/۰۲۲۸	۴۷/۳۸۸۱	LSUBP
بدون روند	۰/۰۰۰۰	-۴/۰۴۲۳۸	۰/۰۰۰۷	۵۸/۰۳۲۷	LGDP
بدون روند	۰/۰۰۰۰	-۸/۱۹۹۶۸	۰/۰۰۰۰	۸۷/۰۱۲۵	
با روند	۰/۰۰۰۰	-۸/۷۰۶۶۰	۰/۰۰۰۷	۶۱/۰۱۶۰	FDI
با روند	۰/۰۰۰۰	-۴/۲۲۶۶۴	۰/۰۴۱۳	۴۴/۶۷۸۵	POP

¹. Urban population (UR)

². Government Effectiveness (GOV)

³. Research and Development Expenditure (R&D)

⁴. Renewable energy consumption (RE)

⁵. Foreign direct investment (FDI)

⁶. Population density (POP)

⁷. Industry value added (INV)

⁸. Political Stability (POS)

⁹. Barro

بدون روند	۰/۰۰۰۱	-۳/۸۸۳۶۷	۰/۰۰۰۲	۵۳/۵۳۸۵
LUR	با روند	۰/۰۰۰۰	-۵/۳۶۲۶۳	۴۹/۶۱۸۰
GOV	بدون روند	۰/۰۰۰۰	-۳/۹۶۹۱۸	۴۶/۰۶۷۰
LINV	بدون روند	۰/۰۰۳۲	-۲/۷۲۹۵۱	۱۰۱/۰۲۰
LINV	با روند	۰/۰۰۲۶	-۲/۷۹۲۳۹	۶۷/۱۹۰۹
RD	بدون روند	۰/۰۰۵۰	-۲/۵۷۵۷۳	۷۵/۶۰۴۷
RD	با روند	۰/۰۹۸۰	-۱/۲۹۲۹۴	۵۵/۷۲۸۰
RE	بدون روند	۰/۰۰۰۰	-۵/۷۲۱۲۶	۹۲/۵۵۰۲
RE	با روند	۰/۰۰۰۱	-۳/۶۶۹۶۳	۶۳/۱۹۸۰
PS	بدون روند	۰/۰۰۰۰	-۵/۰۷۷۷۵	۷۴/۹۷۷۸
PS	با روند	۰/۰۰۰۰	-۴/۰۶۰۳۴	۵۵/۱۰۲۷
LSUBP2	بدون روند	۰/۰۰۰۲	-۳/۵۱۴۸۶	۶۵/۵۱۶۸
LSUBP2	با روند	۰/۰۰۰۰	-۶/۷۳۷۷۷	۴۷/۳۸۸۱
LSUBP3	بدون روند	۰/۰۰۰۲	-۳/۵۱۴۸۶	۶۵/۵۱۶۸
LSUBP3	با روند	۰/۰۰۰۰	-۶/۷۳۷۷۷	۴۷/۳۸۸۱

منبع: یافته‌های پژوهش.

جدول ۲. نتایج آزمون هم‌انباشتگی

متغیرها	Prob	Chu و Levin, Lin	Prob	ADF – Fisher
resid	۰/۰۰۰۰	-۶/۴۳۴۳۸	۰/۰۴۱۸	۴۴/۶۲۴۳

منبع: یافته‌های پژوهش.

یکی از روش‌های تخمین مدل داده‌های تابلویی پویا، روش آرلانو – باند (۱۹۹۱) است. این روش مبتنی بر رویکرد گشتاورهای تعمیم‌یافته یا به اصطلاح GMM است. در این مطالعه برای بررسی اعتبار متغیرهای ابزاری مورد استفاده برای تخمین مدل‌ها از آزمون سارگان و برای بررسی خودهمبستگی اجزاء اخلاص از آزمون آرلانو – باند استفاده شده است.

جدول ۳. نتایج برآورد مدل به روش (GMM)

متغیر	ضریب	انحراف استاندارد	آماره t	احتمال
LEF(-1)	۰/۲۳۹۰۴۰	۰/۰۶۳۱۲۹	۳/۷۸۶۵۲۱	***۰/۰۰۰۲
LSUBP	۰/۱۰۴۴۳۴	۰/۰۶۱۷۲۵	۱/۶۹۱۷۷۳	**۰/۰۹۳۲
LGDP	۰/۲۹۵۹۵۷	۰/۰۹۶۳۰۵	۳/۰۷۳۱۲۵	***۰/۰۰۲۶
FDI	۴/۳۸e-۱۴	۲/۳۶e-۱۳	۰/۱۸۳۵۴۵	*۰/۸۵۴۷
LUR	۰/۲۵۰۶۹۸	۰/۱۸۷۵۱۳	۱/۳۳۶۹۶۳	*۰/۱۸۳۷
GOV	۰/۰۱۱۳۱۹	۰/۰۰۲۶۹۲	۴/۲۰۴۸۱۸	***۰/۰۰۰۰
RD	-۰/۰۲۶۴۰۷	۰/۰۱۶۰۶۹	-۱/۶۴۳۳۱۵	*۰/۱۰۲۸
RE	-۰/۰۰۲۷۲۳	۰/۰۰۱۲۲۰	-۲/۲۳۲۲۵۴	**۰/۰۲۷۴
LSUBP2	-۰/۰۰۲۶۲۵۹	۰/۰۱۳۳۴۳	-۱/۹۶۸۰۱۹	**۰/۰۵۱۳
LSUBP3	۰/۰۰۲۰۸۴	۰/۰۰۰۸۷۸	۲/۳۷۳۵۸۲	***۰/۰۱۹۱

منبع: یافته‌های پژوهش.

توضیح: *** و ** و * به ترتیب نشان‌دهنده سطح معناداری ۱ و ۵ و ۱۰ درصد می‌باشد.

نتایج برآورد مدل به روش (GMM) که در جدول (۳) گزارش شده است حاکی از آن است که اثر تولید ناخالص داخلی (GDP) بر ردپای اکولوژیکی مثبت و از نظر آماری در همه سطوح معنادار است، یعنی در کشورهای مورد مطالعه افزایش تولید ناخالص داخلی بدون توجه به حفاظت محیط‌زیست انجام می‌شود که می‌تواند به دلیل استفاده بیش از حد از سوخت‌های فسیلی باشد که با توجه به نفت‌خیز بودن این کشورها این امر قابل توجیه است. اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) و نرخ شهرنشینی (UR) بر ردپای اکولوژیکی مثبت ولی از نظر آماری بی‌معنی می‌باشد، اثر هزینه تحقیق و توسعه (RD) بر ردپای اکولوژیکی منفی ولی از نظر آماری بی‌معنی می‌باشد که اینها می‌تواند به دلیل ضعف ساختار حکومتی و قوانین حاکم بر کشورهای منتخب باشد. تأثیر اثربخشی دولت (GOV) بر ردپای اکولوژیکی مثبت و از نظر آماری در همه سطوح معنادار است این به این معنی است که اقدامات دولت‌های این کشورها برای افزایش تولید ناخالص داخلی باعث تخریب بیشتر محیط‌زیست می‌باشد و دولت‌ها نقش مخربی در محیط زیست دارند. منبع مسلط درآمدی این کشورها عموماً وابسته به صادرات نفت و مواد خام می‌باشد و این خود

دلیلی بر عدم توجه این کشورها به عوامل اثرگذار بر شاخص ردپای اکولوژیکی (EF) است. اثر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (RE) بر ردپای اکولوژیکی منفی و از نظر آماری در سطح ده درصد و پنج درصد معنی‌دار است. تأثیر یارانه انرژی سرانه (SUBP) بر ردپای اکولوژیکی مثبت و از نظر آماری در سطح ده درصد معنی‌دار می‌باشد، تأثیر یارانه انرژی سرانه توان دو منفی و از نظر آماری در سطح ده درصد معنی‌دار می‌باشد و تأثیر یارانه انرژی سرانه سه بر ردپای اکولوژیکی مثبت و از نظر آماری در سطوح ده درصد و پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. یعنی منحنی درجه‌دو و درجه سه بین ردپای اکولوژیکی و یارانه انرژی در سطح ده درصد معنی‌دار می‌باشد و منحنی درجه سه بین یارانه انرژی سرانه و ردپای اکولوژیکی در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. این نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که در سطوح اولیه پرداخت انرژی یارانه ردپای اکولوژیکی بیشتر می‌شود و باعث تخریب محیط‌زیست می‌شود از یک‌سطحی به بعد اثر پرداخت یارانه بر ردپای اکولوژیکی منفی می‌شود؛ یعنی دولت‌ها و مردم به محیط‌زیست بیشتر توجه می‌کنند؛ ولی باز از یک‌سطحی به بعد اثر مثبت بین یارانه انرژی و ردپای اکولوژیکی ظاهر می‌شود.

پس از تخمین مدل جهت بررسی معتبر بودن متغیرهای ابزاری و مشخص‌بودن معادله، از آزمون سارگان استفاده شده است. نتایج این آزمون در جدول (۴) گزارش شده است. با توجه به نتایج این جدول، که ارزش احتمال آن بالای ۵ درصد است، فرضیه صفر مبنی بر عدم همبستگی بین متغیرهای ابزاری با جملات اخلاص (معتبر بودن مدل) قابل رد کردن نیست. به عبارت دیگر استفاده از متغیرهای ابزاری برای کنترل همبستگی بین متغیرهای توضیحی و جملات اخلاص در مدل ضروری می‌باشد. در این مطالعه از متغیرهای درون‌زا و متغیر وابسته با دو وقفه، به عنوان متغیر ابزاری استفاده شده است.

جدول ۴. نتایج آزمون سارگان

مقدار آماره χ^2	ارزش احتمال
۵۸/۲۶۹۸۶	۰/۳۵۶۰۲۴

منبع: یافته‌های پژوهش.

در ادامه این پژوهش، جود خودرگرسیون جملات اخلاص با استفاده از روش آرانو و باند مورد بررسی قرار می‌گیرد. آزمون آرانو و بوند آزمون همبستگی پسماندها مرتبه اول $AR(1)$ و مرتبه دوم $AR(2)$ است. این آزمون نیز برای بررسی اعتبار و صحت متغیرهای ابزاری به کار می‌رود. آرانو و بوند (۱۹۹۱) قائلند که در تخمین GMM، باید جملات اخلاص دارای همبستگی سریالی مرتبه اول $AR(1)$ باشد یعنی ارزش احتمال آن زیر ۵ درصد باشد و دارای همبستگی سریالی مرتبه دوم $AR(2)$ نباشد، یعنی ارزش احتمال آن بالای ۵ درصد باشد بر اساس نتایج بدست آمده از بررسی خودهمبستگی بین جملات اخلاص، مرتبه خودرگرسیون از مرتبه یک بوده و تخمین زنده‌های مربوطه دارای خاصیت سازگاری بوده و اعتبار و صحت متغیرهای ابزاری تایید می‌شود.

جدول ۵. نتایج آزمون خودرگرسیون مرتبه اول و دوم

خودرگرسیون	مقدار آماره t	ارزش احتمال
مرتبه اول	۳/۰۲۶۱۴	۰/۰۰۲۵
مرتبه دوم	-۱/۳۴۷۹۹۷	۰/۱۷۷۷

منبع: یافته‌های پژوهش.

یافته‌های تحقیق حاکی از آن است که بین یارانه انرژی و ردپای اکولوژیکی یک رابطه غیرخطی وجود دارد. این بدان معناست که تأثیر یارانه انرژی بر ردپای اکولوژیکی به صورت خطی و ساده نیست و بسته به میزان یارانه تغییر می‌کند. یعنی در سطوح ابتدائی افزایش یارانه انرژی ردپای اکولوژیکی بیشتر می‌شود انگیزه برای مصرف بیشتر انرژی فسیلی افزایش یافته و این امر منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تخریب بیشتر محیط زیست می‌شود. از یک سطحی به بعد اثر پرداخت یارانه بر ردپای اکولوژیکی منفی می‌شود؛ یعنی دولت‌ها و مردم به محیط زیست بیشتر توجه می‌کنند که این امر می‌تواند به دلیل آگاهی مردم و دولت و همچنین به دلیل بهبود دسترسی به انرژی و افزایش بهره‌وری در مصرف انرژی و تسهیل دسترسی به انرژی‌های پاک‌تر و بهره‌ورتر باشد. همچنین، نتایج برآوردها بیانگر این است که پرداخت بالای یارانه‌های انرژی از یک سطحی به بعد اثر مثبت بین یارانه انرژی و ردپای اکولوژیکی ظاهر می‌شود که منجر به آسیب‌های جدی‌تر به اکوسیستم‌ها شود. به نظر می‌رسد به دلیل رفاه‌زدگی دولت و مردم و

فراموش کردن مراحل رسیدن به اکوسیستم خوب باشد. این یافته‌ها در راستای مطالعات انجام شده مولایی و همکاران (۱۳۹۹) و شارما و همکاران (۲۰۲۰) است که رابطه بین یارانه و رد پای اکولوژیکی به شکل N می‌باشد. این امر نشان می‌دهد که سیاست‌گذاران باید به دقت اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت سیاست‌های یارانه‌ای خود را بررسی کنند و با توجه به این رابطه غیرخطی، سیاست‌هایی را تدوین کنند که به حفظ محیط زیست و کاهش ردپای اکولوژیکی کمک کند.

به طور کلی، نتایج این بررسی نشان می‌دهد که سیاست‌های یارانه‌ای باید بادقت و بر اساس داده‌ها و تحلیل‌های علمی طراحی شوند تا بتوانند به طور هم‌زمان به بهبود دسترسی به انرژی و حفظ محیط‌زیست کمک کنند. توجه به رابطه غیرخطی بین یارانه انرژی و ردپای اکولوژیکی و توجه به نقاط عطف منحنی کوزنتس زیست‌محیطی می‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند تا استراتژی‌های مؤثرتری برای دستیابی به توسعه پایدار تدوین کنند. سیاست‌هایی که دوره صعود بین یارانه انرژی و ردپای اکولوژیکی کوتاه و دوره نزول بین آنها طولانی شود.

بر اساس نتایج تخمین مدل GMM، اثر تولید ناخالص داخلی (GDP) بر ردپای اکولوژیکی مثبت و در همه سطوح معنادار است. این امر می‌تواند به دلیل ساختار اقتصادی وابسته به منابع طبیعی و نفت در این کشورها باشد که منجر به نادیده‌گرفتن مسائل زیست‌محیطی در سیاست‌گذاری‌ها می‌شود. علاوه بر این، اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) و نرخ شهرنشینی (UR) بر ردپای اکولوژیکی مثبت و از نظر آماری بی‌معنی و اثر هزینه تحقیق و توسعه (RD) بر ردپای اکولوژیکی منفی و از نظر آماری بی‌معنی می‌باشد که اینها می‌تواند به دلیل ضعف ساختار حکومتی و قوانین حاکم بر کشورهای منتخب و همچنین به دلیل عدم سرمایه‌گذاری کافی در تحقیق و توسعه مرتبط با فناوری‌های پایدار و زیست‌محیطی باشد.

تأثیر اثربخشی دولتی (GOV) بر ردپای اکولوژیکی مثبت و از نظر آماری در همه سطوح معنی‌دار می‌باشد؛ یعنی اقدامات دولت‌های این کشورها برای افزایش تولید ناخالص داخلی باعث تخریب بیشتر محیط‌زیست می‌باشد و دولت‌ها نقش مخربی در محیط‌زیست دارند؛ چون منبع مسلط درآمدی این کشورها عموماً وابسته به صادرات نفت و مواد خام می‌باشد و این خود دلیلی بر عدم توجه این کشورها به عوامل اثرگذار بر شاخص ردپای اکولوژیکی (EF) است.

اثر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (RE) بر ردپای اکولوژیکی منفی و از نظر آماری معنادار است. این نشان‌دهنده این است که تلاش‌های انجام شده برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای منتخب توانسته‌اند به کاهش معناداری در ردپای اکولوژیکی منجر شوند. این موضوع ممکن است به دلیل کارآمدی در اجرای سیاست‌های انرژی تجدیدپذیر و توجه کافی به این بخش، افزایش توجه به مسائل زیست‌محیطی و استفاده از فناوری‌های پیشرفته‌تر و پایدارتر باشد.

یافته‌های تحقیق ما در راستای نتایج مطالعات مرابت و السمارا (۲۰۱۷)، شراف‌الدین و مرابت (۲۰۱۷)، آلول و همکاران (۲۰۱۹)، مشیری و دانشمند (۲۰۲۰)، قمرزمان (۲۰۲۱)، راکشیت (۲۰۲۱) و نعمت‌الهی و همکاران (۱۳۹۷) است. آنها معتقدند که رابطه‌ای نزدیک بین رشد و توسعه اقتصادی کشورها و تولید و انتشار آلودگی وجود دارد. از سوی دیگر، انرژی نه تنها موتور اصلی فعالیت‌های اقتصادی و عاملی برای بهبود کیفیت زندگی انسان‌هاست، بلکه به طور همزمان به آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز دامن می‌زند. مصرف ناکارآمد انرژی می‌تواند منجر به افزایش بیشتر آلودگی‌ها شود. اما به‌مرورزمان و پیشرفت کشورها با افزایش تولید داخلی سرانه مقدار ردپای اکولوژیکی سرانه کاهش می‌یابد.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

هدف اصلی این تحقیق بررسی رابطه بین یارانه انرژی و ردپای اکولوژیکی در بین منتخبی از کشورهای با بیشترین سهم یارانه انرژی از تولید ناخالص داخلی از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ در قالب منحنی کوزنتس محیط‌زیستی بود. روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) و متغیرهای توضیحی شامل تولید ناخالص داخلی، نرخ شهرنشینی، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، اثربخشی دولتی و هزینه تحقیق و توسعه و متغیرهای تراکم جمعیتی، ارزش افزوده بخش صنعت، ثبات سیاسی به عنوان متغیرهای ابزاری در نظر گرفته شده است. بطور خلاصه، نتایج آزمون سارگان نشان‌دهنده معتبر بودن ابزارهای انتخاب شده در مدل است. نتایج آزمون آرانو و باند خودهمبستگی جملات اخلاص را رد می‌کند. یافته‌های تحقیق حاکی از وجود یک رابطه N شکل بین متغیرهای یارانه انرژی و ردپای اکولوژیکی است. همچنین، اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و نرخ شهرنشینی بر ردپای اکولوژیکی مثبت است، هرچند از نظر آماری بی‌معنی است.

تأثیر اثربخشی دولتی بر ردپای اکولوژیکی در همه سطوح مثبت و منفی دار می‌باشد. اثر متغیرهای مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و نیز اثر هزینه تحقیق و توسعه بر ردپای اکولوژیکی منفی و است. یافته‌های به‌دست‌آمده حاکی از آن است که کشورهای منتخب در مراحل اولیه تا سطح معینی از یارانه با تخصیص یارانه انرژی، باعث تشویق به مصرف بیشتر انرژی‌های فسیلی می‌شوند. این امر نه تنها منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و دیگر آلودگی‌های محیطی می‌شود، بلکه به تخریب منابع طبیعی و افزایش ردپای اکولوژیکی نیز منجر می‌گردد. یعنی در این مراحل سیاست‌های یارانه‌ای در این کشورها، بدون در نظر گرفتن اثرات زیست‌محیطی، می‌تواند باعث آسیب‌های جدی به اکوسیستم‌ها شود. در دوره بعدی با بالا رفتن سطح رفاه مردم و همچنین آگاهی دولت و مردم نسبت به عواقب تخریب محیط‌زیست سعی بر محافظت از محیط‌زیست می‌کنند و تأثیر یارانه انرژی بر ردپای اکولوژیکی منفی می‌باشد. در مرحله بعدی با بیشتر شدن یارانه از یک سطح به بعد تأثیر یارانه انرژی بر ردپای اکولوژیکی مثبت است و این می‌تواند نشان‌دهنده ناکارآمدی سیاست‌های فعلی یارانه‌ای انرژی باشد. این ناکارآمدی می‌تواند به دلیل عدم توجه به تکنولوژی‌های پایدارتر و انرژی‌های تجدیدپذیر باشد. به عبارت دیگر، سیاست‌های یارانه‌ای کنونی بیشتر به سمت حمایت از انرژی‌های فسیلی تمایل دارند که این امر در نهایت به افزایش مصرف و تخریب بیشتر محیط‌زیست منجر می‌شود. در نهایت، باید گفت که یارانه‌های انرژی در شکل فعلی خود، به جای کمک به توسعه پایدار، باعث افزایش مشکلات محیط‌زیستی شده‌اند؛ بنابراین، اصلاحات جدی در این حوزه ضروری به نظر می‌رسد تا بتوان به کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و دستیابی به توسعه پایدار نزدیک‌تر شد.

با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق، پیشنهادات زیر قابل ارائه است: با توجه به اثر مثبت و معنادار یارانه‌های انرژی (در سطوح پایین و بالای متغیر یارانه انرژی) بر افزایش ردپای اکولوژیکی، لازم است سیاست‌گذاران کشورهای منتخب با بازنگری در سیاست‌های یارانه انرژی خود، به سمت حمایت از انرژی‌های تجدیدپذیر و پایدار حرکت کنند. در این راستا کشورهای منتخب نیازمند تدوین استراتژی‌های جامع و بلندمدت برای تحقق توسعه پایدار هستند. این استراتژی‌ها باید شامل برنامه‌های عملیاتی برای کاهش یارانه سوخت‌های فسیلی، افزایش بهره‌وری انرژی، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به منظور کاهش ردپای اکولوژیکی باشند. این تغییر

می‌تواند نه تنها به کاهش ردپای اکولوژیکی کمک کند، بلکه باعث ایجاد مزایای اقتصادی و اجتماعی در بلندمدت نیز شود. تجارب موفق اصلاح یارانه‌ها نشان می‌دهد، داشتن برنامه‌ریزی دقیق و جامع، آگاه‌سازی اذهان عمومی پیش از اجرای برنامه و درک ضرورت‌های انجام اصلاحات از سوی مردم، ایجاد هماهنگی‌های لازم با گروه‌های مختلف ذی‌نفع، تدوین بسته جبرانی گسترده برای ممانعت از گسترش فقر و نظارت بر حسن اجرای آن، نحوه زمان‌بندی اجرای اصلاحات، اتخاذ سیاست جامع در خصوص یارانه‌ها و وجود اراده سیاسی قوی از الزامات تصمیم‌گیری و اجرای قوانین در زمینه یارانه انرژی است.

تعارض منافع

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

مشارکت نویسندگان

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

منابع

اصفهان، اعظم، قبادی، سارا، و آذربایجانی، کریم. (۱۴۰۱). اثر پویای مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر بر ردپای اکولوژیک در کشورهای در حال توسعه منتخب رهیافت گشتاورهای تعمیم‌یافته. پژوهش‌های برنامه و توسعه، ۳(۱)، ۹۳-۱۱۹.

پور کاظمی، محمدحسین، و ابراهیمی، ایلناز. (۱۳۸۷). بررسی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی در خاورمیانه. پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۱۰(۳۴)، ۵۷-۷۱.

جعفری صمیمی، احمد، زروکی، شهریار و امیری لرگانی، محمد. (۱۴۰۳). تأثیر یارانه انرژی کل، یارانه انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر بر محیط‌زیست در منتخبی از کشورهای جهان. نظریه‌های کاربردی اقتصاد، ۱۱(۱)، ۱۴۹-۱۷۴.

شیخ زین الدین، آذر، بهرامیان، پریسا و فتحی، فاطمه. (۱۴۰۱). بررسی اثر تجارت آزاد بر ردپای اکولوژیکی در ایران. *اقتصاد تولید و بازاریابی کشاورزی*، ۱(۱)، ۱۲۱-۱۳۴.

شاه آبادی، ابوالفضل، و بهاری، زهره. (۱۳۹۳). تأثیر ثبات سیاسی و آزادی اقتصادی بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب توسعه یافته و در حال توسعه. *پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی*، ۴(۱۶)، ۱-۲۰.

شاه آبادی، ابوالفضل، سهرابی وفا، حسین، و سلمانی، یونس. (۱۳۹۵). تأثیر انباشت سرمایه تحقیق و توسعه و سرمایه فیزیکی بر رشد اقتصادی: شواهدی از کشورهای ایران، ترکیه و مالزی. *پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی*، ۶(۲۳)، ۷۵-۸۸.

دلیری، حسن. (۱۳۹۹). ارتباط بین جای پای اکولوژیک و رشد اقتصادی در کشورهای D8: آزمون فرضیه زیست محیطی کوزنتس با استفاده از مدل PSTR. *فصلنامه تحقیقات مدل سازی اقتصادی*، ۱۰(۳۹)، ۱۱۲-۸۱.

صیادی، محمد، ممی پور، سیاب، گلوی، مریم، و قائد، ابراهیم. (۱۴۰۲). ارزیابی تاثیر متغیرهای اقتصادی- نهادی- انرژی بر ردپای اکولوژیکی: کاربرد مدل پانل کوانتایل در کشورهای منتخب منطقه منا. *فصلنامه برنامه ریزی و بودجه*، ۲۸(۲)، ۱۱۵-۱۵۴.

ممی پور، سیاب، صیادی، محمد، و عزیزخانی، معصومه. (۱۴۰۱). تحلیل نظری سیاست های قیمت گذاری بنزین در ایران: چالش ها و راهکارها. *بررسی مسائل اقتصاد ایران*، ۹(۲)، ۲۴۹-۲۹۲.

مولائی، مرتضی، و بشارت، احسان. (۱۳۹۴). بررسی ارتباط بین تولید ناخالص داخلی و ردپای اکولوژیکی به عنوان شاخص تخریب محیط زیست. *مجله تحقیقات اقتصادی*، ۵۰(۴)، ۱۰۳۳-۱۰۱۷.

پرورش، حمزه، و قادری، سیمین. (۱۴۰۲). حکمرانی توسعه انرژی های تجدیدپذیر، تجدیدناپذیر، شهرنشینی و رشد اقتصادی بر انتشار دی اکسید کربن در ایران. *حکمرانی و توسعه*، ۳(۳)، ۷۹-۹۴.

گل خندان، ابوالقاسم. (۱۴۰۲). تأثیر ریسک سیاسی بر ردپای اکولوژیکی در ایران: رویکرد NARDL نامتقارن چند آستانه ای (MATNARDL). *سیاست ها و تحقیقات اقتصادی*، ۲(۳)، ۱۱۴-۱۴۸.

مولایی، مرتضی، بشارت، احسان و محمدی، مهرداد. (۱۳۹۹). عوامل موثر بر میزان مصرف منابع اکولوژیک در ایران با رویکرد اقتصادی. *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۲(۸)، ۳۷۷-۳۸۸.

همتی، رضوان و خوشکلام، موسی. (۱۳۹۹). تأثیر متقابل آزادی اقتصادی و حکمرانی بر ردپای اکولوژیکی (کشورهای منتخب در حال توسعه). *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*, ۱۰ (۳۷), ۱۵۹-۱۸۲.

References

Acheampong, A. O. (2019). Modelling for Insight: Does Financial Development Improve Environmental Quality? *Energy Economics*, 83, 156-179.

Akalin, G., Erdogan, S., & Sarkodie, S. A. (2021). Do Dependence on Fossil Fuels and Corruption Spur Ecological Footprint? *Environmental Impact Assessment Review*, 90, 106641.

Al-Mulali, U., & Ozturk, I. (2015). The Effect of Energy Consumption, Urbanization, Trade Openness, Industrial Output, and the Political Stability on the Environmental Degradation in the MENA (Middle East and North African) Region. *Energy*, 84, 382-389.

Barro, R. J. (1991). Economic Growth in a Cross Section of Countries. *The Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407-443.

Chow, Y. F., & Zeng, J. (2001). Foreign Capital in a Neoclassical Model of Growth. *Applied Economics Letters*, 8(9), 613-615.

Costanza, R. (1992). *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*. New York: Columbia University Press.

Charfeddine, L., & Mrabet, Z. (2017). The Impact of Economic Development and Social-Political Factors on Ecological Footprint: A Panel Data Analysis for 15 MENA Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 138-154.

Chunling, L., Memon, J. A., Thanh, T. L., Ali, M., & Kirikkaleli, D. (2021). The Impact of Public-Private Partnership Investment in Energy and Technological Innovation on Ecological Footprint: The Case of Pakistan. *Sustainability*, 13(18), 10085.

Clements, B., Gaspar, V., Gupta, S., & Kinda, T. (2015). The IMF and Income Distribution. *Inequality and Fiscal Policy, 2015*, 21-36.

Commoner, B. (2013). The Environmental Cost of Economic Growth. In *Energy, Economic Growth, and the Environment* (30-65). Washington, DC: RFF Press.

Coady, M. D., Parry, I. W., Sears, L., & Shang, B. (2015). *How large are Global Energy Subsidies?* Washington, DC: International Monetary Fund.

Destek, M. A., & Sarkodie, S. A. (2019). Investigation of Environmental Kuznets Curve for Ecological Footprint: The Role of Energy and Financial Development. *Science of the Total Environment*, 650, 2483-2489.

Dimelis, S. P., & Papaioannou, S. K. (2010). FDI and ICT Effects on Productivity Growth: A Comparative Analysis of Developing and Developed Countries. *The European Journal of Development Research*, 22(1), 79-96.

Deacon, R. T., & Norman, C. S. (2006). Does the Environmental Kuznets Curve Describe How Individual Countries Behave? *Land Economics*, 82(2), 291-315.

Duan, W., Khurshid, A., Nazir, N., & Calin, A. C. (2022). Pakistan's Energy Sector—From a Power Outage to Sustainable Supply. Examining the Role of China–Pakistan Economic Corridor. *Energy & Environment*, 33(8), 1636-1662.

Fagerberg, J., Mowery, D. C., & Verspagen, B. (2018). THE concept Freeman 'National Innovation System'. *Innovation, Economic Development and Policy: Selected Essays*, 36(6), 316-325.

Fatemi, M., Rezaei-Moghaddam, K., Karami, E., Hayati, D., & Wackernagel, M. (2021). An Integrated Approach of Ecological Footprint (EF) and Analytical Hierarchy Process (AHP) in Human Ecology: A Base for Planning toward Sustainability. *Plos One*, 16(4), e0250167.

Holdren, J. P., & Ehrlich, P. R. (1971). Impact of Population Growth. American Association for the Advancement of Science. Retrieved from <https://conservationbytes.com/wp-content/uploads/2015/09/ehrllich-holdren-1971-impact-population.pdf>

Hervieux, M. S., & Darné, O. (2014). Production and Consumption-Based Approaches for the Environmental Kuznets Curve in Latin America Using Ecological Footprint. Retrieved from <https://hal.science/hal-00958692/document>

Johnson, B., & Lundvall, B. Å. (2013). Are There Alternatives to Growth Pessimism?: Reflections on How Innovation Strategies May Contribute to Sustainable Development. Retrieved from https://vbn.aau.dk/files/175508665/Sustainable_growth_balbj.pdf

Kitzes, J., Galli, A., Wackernagel, M., Goldfinger, S., & Bastianoni, S. (2007). A 'Constant Global Hectare' Method for Representing Ecological Footprint Time Trends. Retrieved from http://www.brass.cf.ac.uk/uploads/fullpapers/Kitzes_M66.pdf

Li, J., Liu, Z., He, C., Tu, W., & Sun, Z. (2016). Are the Drylands In Northern China Sustainable? A Perspective from Ecological Footprint Dynamics from 1990 to 2010. *Science of the Total Environment*, 553, 223-231.

Luck, G. W. (2007). A Review of the Relationships between Human Population Density and Biodiversity. *Biological Reviews*, 82(4), 607-645.

Metcalfe, J. S. (1994). Evolutionary Economics and Technology Policy. *The Economic Journal*, 104(425), 931-944.

Mrabet, Z., & Alsamara, M. (2017). Testing the Kuznets Curve Hypothesis for Qatar: A Comparison between Carbon Dioxide and Ecological Footprint. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 1366-1375.

Mughal, N., Wen, J., Zhang, Q., Pekergin, Z. B., Ramos-Meza, C. S., & Pelaez-Diaz, G. (2024). Economic, Social, and Political Determinants of Environmental Sustainability: Panel Data Evidence from NEXT Eleven Economies. *Energy & Environment*, 35(1), 64-87.

Monfreda, C., Wackernagel, M., & Deumling, D. (2004). Establishing National Natural Capital Accounts Based on Detailed Ecological Footprint And Biological Capacity Assessments. *Land Use Policy*, 21(3), 231-246.

Mrabet, Z., Alsamara, M., Mimouni, K., & Mnasri, A. (2021). Can Human Development and Political Stability Improve Environmental Quality? New Evidence from the MENA Region. *Economic Modelling*, 94, 28-44.

Moshiri, S., & Daneshmand, A. (2020). How Effective Is Government Spending on Environmental Protection in a Developing Country? An Empirical Evidence from Iran. *Journal of Economic Studies*, 47(4), 789-803.

Norgaard, R. B. (1984). The Case of Methodological Pluralism. *Ecological Economics*, 1, 37-57.

Nijkamp, P., Rossi, E., & Vindigni, G. (2004). Ecological Footprints in Plural: A Meta-Analytic Comparison of Empirical Results. *Regional Studies*, 38(7), 747-765.

Narimani, M. (2014). Paradigmatic Survey of Innovation and Evolutionary Economic Studies: Is an Emerging Paradigm on the Way? *Science and Technology Policy Letters*, 3(3), 7-16.

Nulambenh, N. A., & Eryigit, K. Y. (2022). Exploring the Energy-Environment Growth Nexus in Francophone Africa in Presence of Institutions. *Environment, Development and Sustainability*, 24(8), 10069-10087.

Sinha, A., & Shahbaz, M. (2018). Estimation of Environmental Kuznets Curve for CO2 Emission: Role of Renewable Energy Generation in India. *Renewable Energy*, 119, 703-711.

Stern, D. I. (2003). International Society for Ecological Economics Internet Encyclopaedia of Ecological Economics the Environmental Kuznets Curve. *Department of Economics, Rensselaer Polytechnic Institute*, Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/237780646>

Solarin, S. A. (2020). An Environmental Impact Assessment of Fossil Fuel Subsidies in Emerging and Developing Economies. *Environmental Impact Assessment Review*, 85, 106443.

Topdağ, D., Acar, T., & Çelik, İ. E. (2020). Estimation of the Global-Scale Ecological Footprint within the Framework of STIRPAT Models: The Quantile Regression Approach. *İstanbul İktisat Dergisi*, 70(2), 339-358.

Usman, O., Alola, A. A., & Ike, G. N. (2021). Modelling the Effect of Energy Consumption on Different Environmental Indicators in the United States: The Role of Financial Development and Renewable Energy Innovations. In *Natural Resources Forum* (45, 4, 441-463). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.

Vagliasindi, M. (2012). *Implementing Energy Subsidy Reforms: Evidence from Developing Countries*. New York: World Bank Publications.

Wackernagel, M., & Galli, A. (2007). An Overview on Ecological Footprint and Sustainable Development: A Chat with Mathis Wackernagel. *International Journal of Ecodynamics*, 2(1), 1-9.

Wackernagel, M., & Rees, W. (1998). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth* (9). Gabriola Island, BC: New Society Publishers.

Wiedmann, T., Minx, J., Barrett, J., & Wackernagel, M. (2006). Allocating Ecological Footprints to Final Consumption Categories with Input–Output Analysis. *Ecological Economics*, 56(1), 28-48.

