سال ۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، صفحات: ۸۷ - ۱۱۱
نشریه سیاست‌ها و تحقیقات اقتصادی
DOI: 10.22034/jepr.2024.140299.1167

نابرابری درآمد و رابطه رشد اقتصادی – آلودگی محیط‌زیست در ایران: رویکرد رگرسیون انتقال ملایم

محبوبه فراهتی[۱]
فرزانه ملکی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۸

چکیده

این پرسش همواره مطرح بوده است که آیا رشد اقتصادی می‌تواند کاهش آلودگی زیست‌محیطی را به دنبال داشته باشد؟ دراین‌خصوص، مطالعه حاضر با درنظرگرفتن سرانه تولید ناخالص داخلی و ردپای اکولوژیکی سرانه به‌عنوان شاخص‌های رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست، به بررسی ارتباط میان این دو متغیر در ایران طی دوره زمانی ۱۳۶۳-۱۴۰۰ می‌پردازد. نتایج حاصل از به‌کارگیری رویکرد رگرسیون انتقال ملایم (STR) با در نظرگرفتن شاخص نابرابری درآمدی جینی به‌عنوان متغیر انتقال، نشان می‌دهند که رشد اقتصادی در چارچوب یک ساختار دو رژیمی بر ردپای اکولوژیکی سرانه تأثیرگذار است. طبق نتایج در رژیم اول، زمانی‌که نابرابری درآمد کمتر از سطح آستانه‌ای $GINI^{*}$=۰/۴۱۸۷۷۷ است، افزایش رشد اقتصادی موجب کاهش رد پای اکولوژیکی می‌شود ولی در رژیم دوم، وقتی نابرابری درآمد از این سطح آستانه‌ای عبور می‌کند، رشد اقتصادی موجب افزایش رد پای اکولوژیکی می‌شود. طبق نتایج در صورتی‌که نابرابری درآمد کمتر از سطح آستانه‌ای $GINI^{*}$=۰/۴۱۸۷۷۷ باشد، اجرای سیاست‌های کلان اقتصادی در راستای بهبود رشد اقتصادی می‌تواند منجر به کاهش آلودگی زیست‌محیطی شود. بنابراین توصیه می‌شود که برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران اقتصادی به موازات سیاست‌های رشدی سیاست‌های کاهش نابرابری درآمد را نیز به‌طور جدی پیگیری نمایند تا به کاهش آلودگی زیست محیطی دست یابند.

واژگان کلیدی: ردپای اکولوژیکی، رشد اقتصادی، نابرابری درآمد، رگرسیون انتقال ملایم، ایران
طبقه‌بندی JEL: C50 ،O53 ،O15 ،O44

---

* این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی داخلی نوع الف در دانشگاه سمنان است که با استفاده از اعتبار پژوهشی (پژوهانه) دانشگاه سمنان با شماره ۱۴۰۳۲۰۷ ط/۲۲۶/۱۴۰۳ انجام شده است.

۱. استادیار، گروه اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران (نویسنده مسئول) m.farahati@semnan.ac.ir

۲. کارشناس ارشد اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران Farzanemaleki2023@semnan.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه، تخریب سریع محیط‌زیست و توسعه زیرساخت‌های مدرن باعث ایجاد چالش‌های حیاتی برای زندگی انسان شده است (آگیلا[1]، ۲۰۲۰). جهان در عصر حاضر، در بحرانی‌ترین دوران خود از نظر تخریب منابع طبیعی، افزایش آلاینده‌های زیست‌محیطی، تغییرات آب‌وهوایی و پایان ذخایر فسیلی قرار دارد. در این راستا، نگرانی عمومی در سراسر جهان در مورد کیفیت محیط‌زیست تلاش‌های زیادی را برای یافتن عوامل تعیین‌کننده تخریب محیط‌زیست برانگیخته است. نگرانی‌های مربوط به حقایق زیست‌محیطی به اوایل دهه هفتاد برمی‌گردد، در این زمینه، می‌توان به گزارش باشگاه رم با عنوان «محدودیت‌های رشد» بر ارتباط احتمالی کیفیت و تخریب زیست‌محیطی با رشد اقتصادی اشاره نمود (میدوز و همکاران[2]، ۱۹۷۲).

رشد اقتصادی معمولاً منجر به خسارت‌های زیست‌محیطی مانند استفاده فزاینده از منابع طبیعی و انتشار حجم زیادی از آلاینده‌های گلخانه‌ای می‌شود. ازاین‌جهت رشد اقتصادی با تخریب محیط‌زیست و انباشت آلودگی همراه است. رشد اقتصادی بالا، به محور اصلی تمام سیاست‌های دولت در کشورهای درحال‌توسعه برای مبارزه با فقر تبدیل شده است. از طرفی، مشکلات جهانی آلودگی محیط‌زیست نیز منجر شده تا آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی به یک مشکل اساسی تبدیل شود. براین‌اساس، تمامی کشورها تلاش می‌کنند با برنامه‌ریزی درست و به‌کارگیری شیوه‌های مناسب و مدرن، نه‌تنها به اهداف اقتصادی خود دست یابند، بلکه خسارت‌های زیست‌محیطی ناشی از رشد اقتصادی را نیز به حداقل مقدار ممکن برسانند.

جنبه زیست‌محیطی رشد اقتصادی به طور گسترده از طریق فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC[3]) مورد بررسی قرار گرفته است (دانیش و همکاران[4]، ۲۰۱۹). به اعتقاد گروسمن و کروگر[5] (۱۹۹۵)، ارتباط میان آلودگی هوا و درآمد در بلندمدت یک رابطه درجه‌دو است که به‌عنوان منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) شناخته می‌شود که به یک مفهوم اساسی برای تعریف ارتباط میان کیفیت محیطی و رشد اقتصادی تبدیل شده است. فرضیه EKC نشان می‌دهد که در مرحله اولیه رشد اقتصادی، تخریب محیط‌زیست افزایش می‌یابد، اما پس از آن، در سطح معینی از درآمد، روند معکوس می‌شود و رشد اقتصادی تخریب محیط‌زیست را کاهش می‌دهد (کایکا و زرواس[6]، ۲۰۱۳).

---

1 . Aguila
2. Meadows et al. (2010)
3. Environmental Kuznets Curv
4. Danish et al. (2019)
5. Grossman and Krueger (1996)
6. Kaika and Zervas

امروزه ردپای اکولوژیکی[1] (EF) به‌عنوان معیاری جامع و ضروری برای تخریب محیط‌زیست در نظر گرفته می‌شود، زیرا کل ظرفیت زیستی موردنیاز برای تولید منابع مصرف‌شده در یک کشور و جذب آلودگی ناشی از فعالیت‌های بشر را در نظر می‌گیرد. ردپای اکولوژیکی می‌تواند تأثیرات فعالیت‌های انسانی بر هوا، خاک و آب را بهتر از سایر شاخص‌های آلودگی در یک کشور یا منطقه منعکس کند. بر اساس داده‌های ارائه‌شده از شبکه ردپای جهانی[2] (GFN) مصرف جهانی کنونی ۵۰ درصد فراتر از ظرفیت بیولوژیکی زمین است. شاخص EF که پایداری محیطی را اندازه‌گیری می‌کند، به ما این امکان را می‌دهد که به رابطه بین طبیعت و انسان از دیدگاه جدیدی بپردازیم. علاوه بر این، داده‌های ردپای اکولوژیکی امکان ردیابی اثر درآمد بر ظرفیت‌های بیولوژیکی داخلی و خارجی را می‌دهد و ازاین‌رو درک بهتری ارائه می‌نماید. از این منظر، شاخص ردپای اکولوژیکی به‌ویژه در بررسی فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس EKC که رابطه سیستماتیک بین تغییرات درآمد و کیفیت محیط‌زیست را توصیف می‌کند، اهمیت دارد (دانیش و همکاران، ۲۰۱۹).

یکی از راه‌های کاهش ردپای اکولوژیکی، حفظ منابع طبیعی است. به‌عنوان‌مثال، کاهش مصرف آب و انرژی، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و حفاظت از زیستگاه‌های طبیعی، همگی به کاهش اثرات زیست‌محیطی کمک می‌کنند (ساسموکو و همکاران[3]، ۲۰۲۲). علاوه بر این، انجام کشاورزی و جنگلداری پایدار که می‌تواند به کاهش فرسایش خاک و حفظ تنوع زیستی کمک کند، حائز اهمیت است (شانگ و همکاران[4]، ۲۰۲۳). افزایش آگاهی در موردنیاز به حفظ منابع طبیعی و عواقب عدم انجام این کار برای آینده زمین مهم است. انجام اقدامات پیشگیرانه برای کاهش ردپای اکولوژیکی و حفظ منابع طبیعی به ما کمک می‌کند تا آینده بهتری را برای خود و نسل‌های آینده تضمین کنیم. علاوه بر رشد اقتصادی، نابرابری درآمدی نیز بر کیفیت محیط‌زیست اثرگذار است. سطح حفاظت از محیط‌زیست به دو اثر مطلق و نسبی درآمد بستگی دارد. درحالی‌که در اثر مطلق همراه با رشد درآمد سرانه، ممکن است توانایی پرداخت برای امکانات زیست‌محیطی افزایش یابد؛ ولی در اثر نسبی، نابرابری درآمدی ممکن است تمایل به پرداخت را با تغییر ترجیحات رای‌دهندگان میانه از مصرف کالاهای عمومی (امکانات زیست‌محیطی) به‌شدت کاهش دهد.

هدف از این پژوهش آن است که تأثیر نابرابری درآمد بر ارتباط میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست را در ایران بررسی نماییم. بدین منظور بعد از مقدمه، در بخش دوم، مبانی نظری ارائه شده است. بخش سوم به پیشینه تحقیق اختصاص‌یافته است. در بخش چهارم، روش تحقیق و در

1. Ecological Footprint
2. Global Footprint Network
3. Sasmoko et al. (2022)
4. Shang et al. (2023)

بخش پنجم، نتایج تجربی ارائه و تحلیل یافته‌های پژوهش انجام می‌گیرد و در بخش ششم، نتیجه‌گیری ارائه شده است.

۲. مبانی نظری

بسیاری از دوستداران محیط‌زیست معتقدند که رشد اقتصادی لزوماً مستلزم کاهش کیفیت محیطی است (کول[۱]، ۱۹۹۹). در اوایل دهه هفتاد میلادی بسیاری از صاحب‌نظران رشد اقتصادی و حفظ محیط زیست را در تضاد با یکدیگر در نظر می‌گرفتند. اما در اواخر دهه‌ی هشتاد و اوایل دهه‌ی نود میلادی با معرفی مفهوم توسعه پایدار، رشد اقتصادی با تأکید بر حفظ و کیفیت محیط‌زیست مورد توجه قرار گرفت (دهقانیان و همکاران، ۱۳۸۸). گروسمن و کروگر[۲] (۱۹۹۱) نشان داده‌اند که رابطه U معکوس شکل میان تغییرات درآمد و کیفیت محیط‌زیست وجود دارد و این رابطه توسط پانایوتو[۳] (۱۹۹۳) تحت عنوان منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) نامگذاری شد.

طبق این منحنی در سطوح اولیه رشد اقتصادی که هم‌زمان نیز تخریب محیط‌زیست افزایش می‌یابد مسئله رشد اقتصادی دارای اولویت است و به‌نوعی آثار مخرب رشد اقتصادی بر محیط‌زیست نادیده گرفته می‌شود که این نتیجه می‌تواند در اثر فرضیه پناهندگی آلاینده و یا ارزان‌بودن نهاده محیط‌زیست و داشتن مزیت نسبی باشد. با افزایش روند رشد اقتصادی محیط‌زیست دارای اهمیت بیشتری خواهد شد و بنگاه‌های تولیدکننده آلاینده، ملزم به درونی‌سازی هزینه‌های تخریب زیست‌محیطی خواهند شد و یا قوانین زیست‌محیطی با شدت بیشتری پیگیری می‌شوند، بنابراین همراه با رشد اقتصادی شاخص‌های آلودگی محیط‌زیست کاهش می‌یابد (مرادیان، ۱۳۹۶).

رشد اقتصادی عظیم، به‌نوعی به مصرف سوخت‌های فسیلی مربوط می‌شود که با تولید گازهای گلخانه‌ای عظیم (GHGs[4]) در محیط موجب گرم‌شدن جو می‌شود (هاناکی و پرتغال - پریرا[۵]، ۲۰۱۸؛ توما[۶] و همکاران، ۲۰۲۰). باتوجه‌به این واقعیت که انتشار CO2 عامل اصلی تغییرات آب‌وهوایی است، اکثر مطالعات از CO2 به‌عنوان شاخصی برای آلودگی محیط‌زیست استفاده نموده‌اند. بااین‌حال، استفاده از این شاخص به‌عنوان تنها نماینده آلودگی محیط‌زیست مورد انتقاد قرار گرفته است (واکرناگل و ریس[۷]، ۱۹۹۸ و المولالی و همکاران[۸]، ۲۰۱۵). به همین دلیل بسیاری از پژوهشگران در صدد بررسی عوامل مؤثر بر تخریب محیط‌زیست با استفاده از شاخص ردپای اکولوژیکی (EF)، برآمده‌اند.

---

[1] . Cole (1999)
[2]. Grossman & Krueger
[3]. Panayotou
[4]. Greenhouse Gas
[5] . Hanaki & Portugal-Pereira (2018)
[6] . Toma et al. (2020)
[7]. Wackernagel & Rees (1998)
[8] . Al-Mulali et al. (2015)

مفهوم ردپای اکولوژیکی (EF) در ابتدا توسط ریس (۱۹۹۲) توسعه یافت و بعداً توسط واکرناگل و ریس (۱۹۹۸) معرفی شد. EF شش مؤلفه مبنی بر زمین‌های جنگلی، زمین‌های مسکونی، چراگاه، مزارع، زمین‌های ماهیگیری و ردپای کربن را اندازه‌گیری می‌کند که می‌توان آن را به‌عنوان فشار فعالیت انسان بر طبیعت توصیف کرد (بارتلموس[1]، ۲۰۰۸؛ کیتز و واکرناگل[2]، ۲۰۰۹). شاخص EF وسعت زمین و نواحی آبی موردنیاز برای دفع زباله و میزان بهره‌وری بیولوژیکی کشورها را در سراسر جهان نشان می‌دهد. با استفاده از داده‌های ردپای اکولوژیکی، می‌توان مساحت زمین و آب موردنیاز برای بازتولید منابع طبیعی تهی شده توسط انسان را اندازه‌گیری نمود (آیدین و همکاران[3]، ۲۰۱۹). به بیانی دیگر، EF به این معنا است که اگر کل مساحت موردنیاز برای حمایت از مصرف نهایی یک جمعیت انسانی بیشتر از آنچه که به‌صورت محلی در دسترس است باشد، نشان می‌دهد که جمعیت با تصاحب ظرفیت محیط‌زیست مناطق دیگر، تقاضاهای خود را برآورده می‌نماید (فرنگ[4]، ۲۰۰۱).

فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس بیان می‌کند که افزایش آلودگی همواره با افزایش رشد، بیشتر نمی‌شود. این فرضیه ادعا می‌کند سطحی از درآمد وجود دارد که اگر جامعه به آن سطح از درآمد برسد، آلودگی هم‌زمان با افزایش درآمد کاهش خواهد یافت. یکی از عواملی که منجر به کاهش آلودگی می‌شوند تقاضای عمومی بیشتر برای حفاظت از محیط‌زیست است (گروسمن و کروگر، ۱۹۹۶). این عامل به طور گسترده‌ای به‌عنوان مهم‌ترین محرک برای بخش روبه‌کاهش EKC شناخته می‌شود (بارت و گرادی[5]، ۲۰۰۰). باتوجه‌به این که تقاضا برای کیفیت محیط‌زیست به آگاهی عمومی بستگی دارد. مردم در جوامع نابرابر برخلاف افرادی که در جامعه‌ای برابر که در آن اطلاعات زیست‌محیطی به‌صورت عمومی افشا می‌شود زندگی می‌کنند کمتر مستلزم حفاظت از محیط‌زیست هستند. علاوه بر این از نظر تئوری نابرابری درآمد با تغییر ترجیح رای‌دهندگان میانه، بر سیاست‌های عمومی تأثیر می‌گذارد. وقتی رای‌دهندگان میانه ضعیف هستند، بیشتر به سلامت مادی اهمیت می‌دهند و کمتر مایل به پرداخت هزینه برای حفاظت از محیط‌زیست هستند. علاوه بر این در کشورهای دموکراتیک، جوامع با نابرابری بالا تمایل کمتری به حمایت از حفاظت از محیط‌زیست دارند. زیرا فقرا بیشتر نگران بقای روزانه هستند و علاقه کمتری به زندگی دارند. (ریدزوان[6]، ۲۰۱۹)؛ بنابراین نابرابری درآمد می‌تواند بر ارتباط میان رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست اثر بگذارد.

در سطوح اولیه رشد و توسعه اقتصادی، مردم نسبت به مباحث زیست‌محیطی اطلاعات زیادی ندارند که این موضوع می‌تواند باعث افزایش آلودگی شود. اما در طی مراحل بعدی رشد، آگاهی مردم نسبت به مباحث زیست‌محیطی افزایش می‌یابد به‌طوری‌که برای آن‌ها حفظ و نگهداری محیط‌زیست به‌عنوان

---

1. Bartelmus (2008)
2. Kitzes and Wackernagel (2009)
3. Aydin et al. (2019)
4. Ferng (2001)
5. Barrett and Graddy (2000)
6. Ridzuan (2019)

یک اولویت ویژه در جامعه تلقی می‌گردد. در این شرایط دولت با اعمال سیاست‌هایی مانند وضع مقررات سخت‌گیرانه در مقابل آلوده‌کنندگان محیط‌زیست جهت پاسخگویی به تقاضای جامعه به داشتن محیط‌زیستی پاک استفاده می‌نماید. این عوامل باعث می‌شود تا در مراحل بالای رشد اقتصادی، آلودگی در سطح پایین‌تری قرار بگیرد (اعظمی و همکاران، ۱۳۹۷).

اولین‌بار بویس (۱۹۹۴) از دیدگاه نظری به بررسی چگونگی تأثیر نابرابری بر تخریب محیط‌زیست پرداخته است. بویس استدلال می‌کند که نابرابری بیشتر نرخ ترجیح زمانی محیطی را برای فقرا و ثروتمندان افزایش می‌دهد (یعنی نگرانی برای آینده زمین را کاهش می‌دهد) همچنین زمانیکه نابرابری افزایش می‌یابد، فقرا تمایل به بهره‌برداری بیش از حد از سرمایه طبیعی دارند، زیرا آن را تنها منبعی می‌دانند که در اختیار دارند و منبع درآمدی فوری است که می‌تواند تضمینی برای تامین بقای روزنه آنها باشد. از سوی دیگر، نابرابری اقتصادی اغلب با بی‌ثباتی سیاسی و خطر شورش همراه است. این امر باعث می‌شود افراد ثروتمندی که باید بیشتر هزینه‌های مالی حفاظت از محیط‌زیست را متحمل شوند، به جای سرمایه‌گذاری در دفاع از منابع طبیعی محلی، سیاست بهره‌برداری از محیط‌زیست و سرمایه‌گذاری در خارج از کشور (جایی که عدم اطمینان سیاسی کمتر است) را ترجیح دهند. بنابراین، براساس گزارش بویس افزایش نابرابری، هم ثروتمند و هم فقیر را به تخریب بیشتر محیطی که در آن زندگی می‌کنند، ترغیب می‌کند.

۳. پیشینه پژوهش

در ادامه، برخی مطالعات انجام شده داخلی و خارجی در خصوص منحنی زیست‌محیطی کوزنتس مرور می‌شوند:

جدول ۱: مروری بر مطالعات انجام شده

نام نویسندگان	نمونه – دوره	مدل	نتایج
کاراهان - دورسون[1] (۲۰۲۴)	ترکیه ۱۹۷۰-۲۰۱۷	خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی[2] (ARDL)	تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی EF)
ماساگونی و بودیونو[3] (۲۰۲۳)	اندونزی ۱۹۷۰-۲۰۱۹	ARDL	عدم تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی CO2)
وانگ و همکاران[4] (۲۰۲۳)	۵۶ کشورتوسعه یافته با سطوح درآمدی پایین-متوسط و بالا ۲۰۰۳-۲۰۱۸	رگرسیون پانل آستانه‌ای	عدم تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی CO2)
بولوت[5] (۲۰۲۱)	ترکیه ۱۹۷۰-۲۰۱۶	ARDL	تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی EF)

1. Dursun
2. Auto regressive distributed lag
3. Massagony & Budiono
4. Wang et al.
5. Bulut

نام نویسندگان	نمونه – دوره	مدل	نتایج
انصاری و همکاران[1] (۲۰۲۰)	کشورهای شورای همکاری خلیج‌فارس (GCC) ۱۹۹۱-۲۰۱۷	حداقل مربعات معمولی پویا[2] (DOLS) و حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده[3] (FMOLS)	عدم تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی EF)
ریدزوان[4] (۲۰۱۹)	کشورهای درحال‌توسعه ۱۹۹۱-۲۰۱۰	روش پانل دیتا	تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی SO2)
دستک و همکاران[5] (۲۰۱۸)	کشورهای اتحادیه اروپا ۱۹۸۰-۲۰۱۳	روش پانل دیتا	عدم تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی EF)
بیلگیلی و همکاران[6] (۲۰۱۶)	برای ۱۷ کشور OECD ۱۹۷۷-۲۰۱۰	حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده (FMOLS) و روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS)	تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی CO2)
احمد و لانگ[7] (۲۰۱۲)	پاکستان ۱۹۷۱-۲۰۰۸	ARDL	تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی CO2)
یوبیدالله[8] (۲۰۱۱)	بریتانیا ۱۹۷۰-۲۰۰۸	مدل سری زمانی	تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی CO)
هونگ و شاو[9] (۲۰۰۴)	تایوان ۱۹۸۸-۱۹۹۷	حداقل مربعات دومرحله‌ای	تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی CO / NO2)
عبدالهی و قادری (۱۴۰۲)	ایران ۱۹۸۸-۲۰۲۱	ARDL	تأثیر منفی رشد اقتصادی بر ردپای اکولوژیکی در کوتاه‌مدت و بلندمدت (شاخص آلودگی EF)
صادقی و همکاران (۱۴۰۰)	ایران ۱۹۶۰-۲۰۱۷	ARDL	تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی N2O)
حیدری و همکاران (۱۳۹۹)	۶۰ کشور از نقاط گوناگون جهان ۱۹۹۲-۲۰۱۲	روش پانل دیتا	تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی مصرف سرانه آب)
اعظمی و همکاران (۱۳۹۷)	ایران داده‌های سری زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۳ و داده‌های استانی ۱۳۷۹-۱۳۹۳	برآورد پارامتریک و ناپارامتریک	تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی CO2)
ارسطو و ابراهیمی (۱۳۹۶)	کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) ۲۰۰۰-۲۰۱۴	روش پانل دیتا	تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی CO2)

[1] . Ansari et al.
[2]. Dynamic ordinary least squares
[3]. Fully modified ordinary least squares
[4] . Ridzuan
[5]. Destek et al.
[6]. Bilgili et al.
[7]. Ahmed & Long
[8]. Ubaidillah
[9]. Hung & Shaw

نام نویسندگان	نمونه – دوره	مدل	نتایج
مسنن مظفری و صبوحی (۱۳۹۲)	ایران ۱۹۷۵-۲۰۰۰	سیستم معادلات هم‌زمان	عدم تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی CO2)
مهرآرا و همکاران (۱۳۹۱)	۱۳ کشور عضو اوپک ۱۹۸۰-۲۰۰۸	رگرسیون انتقال ملایم پانل	تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی مصرف سرانه انرژی)
میرشجاعیان حسینی و رهبر (۱۳۹۰)	حوزه جغرافیایی کشورهای آسیایی ۱۹۹۹-۲۰۰۷	مدل داده‌های تلفیقی فضایی	تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی CO2)
سلیمی‌فر و دهنوی (۱۳۸۸)	۲۴ کشور در حال توسعه و ۲۶ کشور عضو OECD ۱۹۸۰-۲۰۰۵	روش پانل دیتا	تأیید فرضیه EKC (شاخص آلودگی CO2)
پورکاظمی و ابراهیمی (۱۳۸۷)	خاورمیانه شامل سیزده کشور از جمله ایران ۱۹۸۰-۲۰۰۳	روش پانل دیتا (مدل ساده و مدل لگاریتمی)	نتایج مدل ساده بیانگر تأیید فرضیه EKC و نتایج مدل لگاریتمی بیانگر عدم تأیید فرضیه EKC است. (شاخص آلودگی CO2)

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که مشاهده می‌شود، در مطالعات انجام‌شده تأثیر رشد اقتصادی بر آلودگی محیط زیست بررسی شده است. همچنین، در دو مطالعه، یکی توسط رزیدوان (۲۰۱۹) که برای یک نمونه بزرگ از کشورها (تعداد ۱۷۰-۱۷۴ کشور) انجام شده و دیگری توسط وانگ و همکاران (۲۰۲۳) که برای مجموعه‌ای از ۵۶ کشور با سطوح مختلف درآمدی صورت گرفته است، تأثیر نابرابری درآمد بر ارتباط میان رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش، تأثیر نابرابری درآمد بر ارتباط میان رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست را به‌صورت تجربی برای ایران بررسی می‌کنیم.

۴. روش تحقیق

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر نابرابری درآمد بر ارتباط میان رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست در ایران به پیروی از ریدزوان (۲۰۱۹) و وانگ و همکاران (۲۰۲۳) طی دوره زمانی ۱۳۶۳-۱۴۰۰ است. بدین منظور معادله رگرسیونی به‌صورت زیر در نظر گرفته شده است:

$$EF_t = \phi' \boldsymbol{w}_t + (\emptyset' \boldsymbol{w}_t) G(\gamma, c, s_t) + u_t \quad (۱)$$

که در آن EF ردپای اکولوژیکی سرانه (به‌عنوان شاخص آلودگی محیط‌زیست) و $\boldsymbol{w_t}$ برداری از متغیرهای GDP تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت ۱۳۹۰ (به عنوان شاخص رشد اقتصادی)، GINI شاخص نابرابری درآمد، OPEN باز بودن تجاری (سهم مجموع صادرات و واردات از کل تولید ناخالص داخلی) و FUS مصرف سرانه سوخت‌های فسیلی است. $\phi' = (\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4)'$ بردار ضرایب قسمت خطی و $\emptyset' = (\emptyset_1, \emptyset_2, \emptyset_3, \emptyset_4)'$ بردار ضرایب قسمت غیرخطی است. همچنین، G تابع انتقال، γ پارامتر سرعت انتقال، c سطح آستانه و s متغیر انتقال است که می‌تواند هر یک از متغیرهای الگو، وقفه‌های آن یا متغیری خارج از الگو باشد.

منبع هر یک از متغیرهای مدل در جدول (۲) گزارش شده است:

جدول ۲: معرفی متغیرهای مدل

متغیر	نماد	واحد	منبع
رد پای اکولوژیکی سرانه	EF	هکتار جهانی	شبکه جهانی ردپا[1]
تولید ناخالص داخلی سرانه	GDP	میلیارد ریال	بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران
ضریب جینی	GINI	-	مرکز آمار ایران
بازبودن تجاری (سهم مجموع صادرات و واردات از کل تولید ناخالص داخلی)	OPEN	-	بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران
مصرف سرانه سوخت‌های فسیلی	FUS	کیلووات‌ساعت	بررسی آماری انرژی جهان[2]

منبع: یافته‌های پژوهش

برخی از آماره‌های توصیفی مربوط به داده‌ها در جدول (۳) گزارش شده است:

جدول ۳: توصیف آماری داده‌ها

متغیر	تعداد مشاهدات	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
GDP	۳۸	۶۷/۴۰۳۷۱	۱۲/۱۲۰۱۸	۴۵/۲۵۶۳۱	۸۵/۶۱۵۳۲
GINI	۳۸	۰/۴۱۵۱۳۷	۰/۰۲۸۰۲۲	۰/۳۵۲۲۰۰	۰/۴۶۴۲۰۰
EF	۳۸	۲/۶۰۸۴۰۹	۰/۷۸۲۳۰۳	۱/۳۴۶۸۵۹	۳/۸۷۱۳۷۴
OPEN	۳۸	۰/۴۲۰۴۱۱	۰/۱۱۱۸۱۲	۰/۱۴۸۶۹۳	۰/۶۶۸۳۳۵
FUS	۳۸	۲۴۳۲۸/۶۶	۸۸۰۷/۴۱۶	۱۱۹۰۷/۳۴	۳۷۸۷۹/۳۶

منبع: یافته‌های پژوهش

این آماره‌ها به‌عنوان معیارهایی از گرایش مرکزی (میانگین) و تغییرپذیری (انحراف معیار، کمینه و بیشینه)، ویژگی‌های توزیعی داده‌های هر یک از متغیرها را تلخیص می‌نمایند.

گروسمن و کروگر[3]، تأثیر تجارت بر محیط‌زیست را به سه اثر مقیاس، اثر ترکیب و اثر فناوری تفکیک کردند. اثر مقیاس بیانگر تغییر در اندازه و مقیاس فعالیت‌های تولیدی، اثر ترکیبی بیانگر تغییر در ساختار یا ترکیب کالاهای تولیدی و اثر فناوری بیانگر تغییر در شیوه‌های تولید مخصوصاً فناوری‌های سازگار با محیط‌زیست است (گروسمن و کروگر، ۱۹۹۱). اثر مقیاس سبب افزایش تخریب محیط‌زیست و اثر فناوری سبب کاهش تخریب محیط‌زیست می‌شود. در ارتباط با اثر ترکیب، اگر کشوری در کالاهای آلاینده مزیت نسبی داشته باشد، اثر ترکیب به واسطه تغییر ترکیب کالاهای تولیدی کشور به سمت کالاهای آلاینده، بر محیط‌زیست اثر منفی می‌گذارد و اگر کشوری به دلیل وجود مزیت نسبی در کالاهای پاک، ترکیب کالاهای تولیدی‌اش به سمت کالاهای پاک تغییر یابد، در این صورت اثر ترکیب، موجب دستیابی به نتایج زیست‌محیطی مثبت می‌شود. به طور

[1]. Global Footprint Network
[2]. Statistical Review of World Energy
[3]. Grossman and Krueger

خلاصه، اگر اثر فناوری بر اثر مقیاس و ترکیب در کشوری با مزیت نسبی در صنایع آلاینـده، غالب شود یا اگر اثر فناوری همراه با اثر ترکیب در کشوری با مزیت نسـبی در صـنایع پـاک، بـر اثـر مقیاس غالب شود، در این صورت تجارت باز آثار مثبتی بر محیط‌زیست بر جای خواهد گذاشـت (گروسمن و کروگر، ۱۹۹۶).

در طی سال‌های گذشته تخریب و آلودگی محیط‌زیست به‌عنوان یک مسئله بین‌المللی موردتوجه بسیاری از محققان و سیاست‌گذاران بوده است. یکی از علت‌های اصلی آلودگی و تخریب محیط‌زیست، گرم‌شدن تدریجی جهان در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌خصوص انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی به‌صورت سوخت‌های فسیلی است. در سال‌های گذشته توجه زیادی به گاز دی‌اکسیدکربن شده است که یک گاز گلخانه‌ای مهم و یک آلاینده جهانی کلیدی به شمار می‌آید و به‌طورکلی، انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی نظیر زغال‌سنگ، گاز طبیعی و نفت است (حسین[1]، ۲۰۱۱). مصرف این سوخت‌ها می‌تواند اثرات زیست‌محیطی کوتاه‌مدتی مانند آلودگی هوای محلی و اثرات زیست‌محیطی بلندمدتی مانند تغییرات آب‌وهوایی داشته باشد (هی و همکاران، ۲۰۱۹).

در این پژوهش از الگوی رگرسیون انتقال ملایم (STR) استفاده می‌شود که این الگو یکی از مدل‌های مهم تغییر رژیمی است که در آن علاوه بر اینکه محدودیت شکل تابعی خاص در روابط میان متغیرها وجود ندارد، رابطه غیرخطی احتمالی بین متغیرها با استفاده از متغیر آستانه و تابع انتقال به‌صورت پیوسته مدل‌سازی می‌شود (مارتین و همکاران[2]، ۲۰۱۳). در این الگو تغییر در رژیم‌ها یا شکست‌های ساختاری به‌صورت درون‌زا با کمک الگو مشخص می‌شود و از این جهت نیاز به وارد کردن متغیر موهومی یا بررسی جداگانه شکست ساختاری نیست. همچنین، این الگو علاوه بر اینکه قابلیت تعیین تعداد دفعات و زمان تغییر رژیم را دارد، سرعت انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر را نیز نشان می‌دهد (جعفری صمیمی و همکاران، ۱۳۹۳). در این مدل‌ها انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر توسط تابع لجستیک[3] یا تابع نمایی[4] مشخص می‌شود. تابع انتقال لجستیک و نمایی به‌ترتیب به‌صورت زیر هستند:

$$G(\gamma, c, s_t) = \frac{1}{1+\exp\left[-\gamma(s_t-c)\right]} \qquad (۲)$$

$$G(\gamma, c, s_t) = 1 - \frac{1}{1+\exp\left[-\gamma(s_t-c)^2\right]} \qquad (۳)$$

در این توابع γ (سرعت انتقال میان رژیم‌ها) مثبت در نظر گرفته می‌شود. هر چه γ افزایش یابد سرعت انتقال میان رژیم‌ها بیشتر خواهد بود. زمانیکه γ به سمت بینهایت میل می‌کند ($\gamma \to \infty$)،

1. Hossain (2011)
2. Martin et al. (2023)
3. Logestic Function
4. Exponential Function

الگوی انتقال ملایم به مدل رگرسیون آستانه‌ای تبدیل می‌شود. در این حالت اگر $s_t > c$ باشد، $G = 1$ است و زمانی‌که $s_t < c$ است، $G = 0$ خواهد بود. از طرفی، زمانی‌که $\gamma \to 0$، الگوی انتقال ملایم به مدل رگرسیون خطی تبدیل می‌شود.

به‌منظور استفاده از الگوی رگرسیون انتقال ملایم لازم است وجود رابطه غیرخطی میان متغیرها آزمون شود. بدین منظور لازم است فرضیه $\gamma = 0$ در الگوی (۱) آزمون شود. استفاده از روش‌های معمول برای آزمون فرضیه $H_0: \gamma = 0$ به دلیل غیرخطی بودن الگوی (۱) و غیرقابل شناسایی بودن ضرایب آن امکان پذیر نخواهد بود. بنابراین، رابطه (۱) با تقریب تابع انتقال بر اساس بسط تیلور به‌صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$EF_t = \beta_0' \boldsymbol{w}_t + \sum_{j=1}^{3} \beta_j' \boldsymbol{w}_t \, s_t^j + u_t^* \quad t = 1, \dots, T \qquad (۴)$$

فرضیه صفر خطی‌بودن به‌صورت $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ است که بر اساس آماره ضریب لاگرانژ یا نسبت F آزمون می‌شود.

متغیر انتقال مناسب بر اساس تئوری یا آزمون‌های آماری تعیین می‌شود. بر اساس آزمون‌های آماری متغیری که فرض صفر خطی‌بودن را با سطح احتمال قوی‌تری رد نماید به‌عنوان متغیر انتقال انتخاب می‌شود. پس از تأیید رابطه غیرخطی میان متغیرها لازم است با استفاده از ضرایب بسط تیلور و آزمون متوالی تراسویرتا[1] فرم تابع انتقال را مشخص نمود؛ بنابراین فرضیه‌های زیر مبتنی بر رابطه (۴) آزمون می‌شوند:

H3: b3= 0

H2: b2=0 b3 =0

H1: b1=0 b2=b3 =0

اگر فرضیه H2 رد شود و دو فرضیه دیگر را نتوانیم رد کنیم، مدل *ESTR* (الگوی انتقال رژیم نمایی) یا الگوی *LSTR2* (الگوی انتقال رژیم لجستیک با دو بار تغییر رژیم) انتخاب می‌شود. اگر فرضیه H1 یا H3 رد شود، مدل به‌صورت *LSTR1* (الگوی انتقال رژیم لاجستیک با یک‌بار تغییر رژیم) است و در صورت رد هر سه فرضیه، سطح احتمال قوی‌ترین رد فرضیه صفر (کمترین *p-value*) را در نظر می‌گیریم. در ادامه مدل با استفاده از الگوریتم نیوتن - رافسون[2] و روش حداکثر درستنمایی برآورد می‌شود و در پایان ارزیابی مدل بر اساس آزمون‌های تشخیص انجام می‌شود.

۵. نتایج

ابتدا وضعیت مانایی سری‌های زمانی با استفاده از آزمون فیلیپس - پرون[3] با درنظرگرفتن عرض از مبدأ و روند زمانی بررسی می‌شود. نتایج در جدول (۴) گزارش شده است:

1. Terasvirta Sequential Tests
2. Newton-Raphson
3. Phillips-Perron

جدول ۴: نتایج آزمون ریشه واحد

در سطح		
متغیر	آماره آزمون	p-value
EF	-۸/۳۷۳۲۲۸	۰/۰۰۰۰
GDP	-۵/۶۵۰۷۶۱	۰/۰۰۰۲
FUS	-۳/۶۱۱۸۱۰	۰/۰۴۲۴
OPEN	-۳/۸۸۰۸۵۳	۰/۰۲۳۰
GINI	-۴/۷۱۴۵۲۶	۰/۰۰۲۹

منبع: یافته‌های پژوهش

طبق نتایج فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد برای تمام متغیرهای مدل رد می‌شود که این امر نمایانگر مانایی متغیرهای مدل است. در مرحله بعد، بر اساس تئوری و مبانی موجود نابرابری درآمد را به‌عنوان متغیر انتقال در نظر گرفته‌ایم. براین‌اساس، وجود رابطه غیرخطی میان متغیرها در قالب الگوی غیرخطی STR آزمون می‌شود:

جدول ۵: آزمون‌های خطی بودن و تعیین نوع مدل

نام آزمون	فرضیه صفر	سطح احتمال
Linearity Tests	H04: b1=b2=b3 = b4=0	۰/۰۰۶۵
	H03: b1=b2=b3 =0	۰۰/۰۰۳۶
	H02: b1=b2= 0	۰/۰۰۳۱
	H04: b1= 0	۰/۰۰۰۳
Terasvirta sequential Tests	H3: b3= 0	۰/۱۷۳۱
	H2: b2=0 b3 =0	۰/۵۹۸۴
	H1: b1=0 b2=b3 =0	۰/۰۰۰۳

منبع: یافته‌های تحقیق

طبق نتایج در جدول (۵) فرضیه صفر مبنی بر خطی بودن الگو در سطح معنی‌داری یک درصد رد می‌شود. در نتیجه باید از بین الگوهای غیرخطی، مناسب‌ترین آن انتخاب شود. طبق نتایج آزمون متوالی تراسورتا در جدول (۵)، با توجه به آنکه فرضیه H1 در سطح معنی‌داری یک درصد رد می‌شود، الگوی لاجستیک با یک نقطه آستانه انتخاب می‌شود. بر این اساس، نتایج برآورد مدل به‌صورت زیر است.

جدول ۶: نتایج برآورد مدل

قسمت خطی مدل				قسمت غیرخطی مدل			
نام متغیر	ضریب	انحراف معیار	سطح احتمال (p-value)	نام متغیر	ضریب	انحراف معیار	سطح احتمال (p-value)
C	۱/۸۲۷۹۷۳	۰/۸۵۷۸۰۵	۰/۰۴۲۷	C	-۱/۲۴۸۲۰۰	۲/۵۵۷۹۵۵	۰/۶۲۹۷
GDP	-۰/۰۲۳۵۴۹	۰/۰۰۶۸۲۴	۰/۰۰۱۹	GDP	۰/۰۳۱۸۳۸	۰/۰۱۰۴۸۱	۰/۰۰۵۴
GINI	۲/۶۵۹۸۰۳	۱/۴۲۰۵۰۸	۰/۰۷۲۴	GINI	-۴/۰۶۶۵۷۷	۵/۱۵۱۵۳۸	۰/۴۳۷۰
FUS	۸/۲۸E-۰۵	۸/۹۲E-۰۶	۰/۰۰۰۰	FUS	۱/۴۱E-۰۵	۱/۸۱E-۰۵	۰/۴۴۲۵
OPEN	-۰/۸۵۸۵۱۱	۰/۴۷۳۷۱۳	۰/۰۸۱۵	OPEN	۰/۳۴۵۱۳۱	۰/۶۲۵۴۸۹	۰/۵۸۵۸
γ	۲۰۸/۶۱۳۰	۱۰۳/۴۶۸۲	۰/۰۵۴۲	GINI*	۰/۴۱۸۷۷۷	۰/۰۰۲۹۹۱	۰/۰۰۰۰
آماره F (p-value)				R^2			
۱۷۷/۴۳۲۸ (۰/۰۰۰۰۰۰)				۰/۹۸۶۸۵۴			

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که در جدول (۶) قابل مشاهده است، مقدار پارامتر شیب (سرعت انتقال) برابر ۲۰۸/۶۱۳۰ و سطح آستانه‌ای نابرابری درآمد معادل $GINI^*$=۰/۴۱۸۷۷۷ است، بنابراین تابع انتقال به صورت رابطه (۹) خواهد بود:

$$G(208.6130, 0.418777, GINI) = [1 + exp\{-208.6130(GINI - 0.418777)\}]^{-1} \quad (۵)$$

در رژیم اول پارامتر شیب به سمت بی‌نهایت میل می‌کند و G=0 است؛ بنابراین، در رژیم اول:

$$EF = 1.827973 - 0.023549GDP + 2.659803GINI + 8.28E - 05FUS - 0.858511OPEN \quad (۶)$$

در رژیم دوم پارامتر شیب به سمت صفر میل کرده و G=1 است؛ بنابراین، در رژیم دوم:

$$EF - 1.248200 + 0.031838GDP - 4.066577GINI + 1.41E - 05FUS + 0.345131OPEN \quad (۷)$$

طبق نتایج اثر رشد اقتصادی بر ردپای اکولوژیکی سرانه در رژیم اول منفی و از لحاظ آماری معنادار است به‌گونه‌ای که در این رژیم با یک واحد افزایش رشد اقتصادی ردپای اکولوژیکی سرانه به میزان ۰/۰۲۳۵۴۹ واحد کاهش می‌یابد ولی با عبور نابرابری درآمد از سطح آستانه‌ای $GINI^*$=۰/۴۱۸۷۷۷ و ورود به رژیم دوم، با یک واحد افزایش رشد اقتصادی ردپای اکولوژیکی سرانه به میزان ۰/۰۳۱۸۳۸ واحد افزایش می‌یابد. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش رشد اقتصادی میزان کاهش الودگی محیط زیست در رژیم اول کمتر از میزان افزایش آن در رژیم دوم است. این نتایج حاکی از رابطه غیرخطی و نامتقارن میان رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست طی دوره مورد بررسی در ایران است. طبق نتایج درصورتیکه نابرابری درآمد کمتر از سطح آستانه‌ای $GINI^*$=۰/۴۱۸۷۷۷ باشد، همراه با رشد اقتصادی کاهش آلودگی زیست محیطی را خواهیم داشت. در جوامع با نابرابری کمتر، دولت‌ها توانایی بیشتری در اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی مؤثر و بهبود زیرساخت‌های زیست‌محیطی دارند. رشد اقتصادی به افزایش منابع مالی برای تقویت این سیاست‌ها و اجرای استانداردهای زیست‌محیطی منجر می‌شود. علاوه بر این، در جوامع با نابرابری کمتر، فشار عمومی

برای حفاظت از محیط‌زیست و ارتقاء کیفیت زندگی ممکن است قوی‌تر باشد. رشد اقتصادی همچنین به افزایش آگاهی عمومی و مشارکت فعال‌تر در مسائل زیست‌محیطی کمک کرده و در نتیجه می‌تواند به کاهش آلودگی منجر شود.

این نتیجه با نتایج مطالعه رزیدوان (۲۰۱۹) همخوانی دارد. در مطالعه رزیدوان این نتیجه حاصل شد که با افزایش نابرابری درآمد دیرتر وارد شاخه نزولی منحنی زیست محیطی کوزنتس می‌شویم که همراه با رشد اقتصادی، آلودگی محیط زیست کاهش می‌یابد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود ضرایب مربوط به متغیرهای نابرابری درآمد، باز بودن تجاری و مصرف سرانه سوخت‌های فسیلی تنها در رژیم اول در سطح ۵٪ یا ۱۰٪ از لحاظ آماری معنادار هستند. به گونه‌ای که قبل از رسیدن نابرابری درآمد به سطح آستانه‌ای $GINI^{*}$=۰/۴۱۸۷۷۷، با یک واحد افزایش نابرابری درآمد ردپای اکولوژیکی سرانه به میزان ۲/۶۶۵۹۸۰۳ واحد افزایش می‌یابد. با افزایش نابرابری درآمد، به اعتقاد بویس، افراد فقیر از آنجایی که محیط‌زیست را به عنوان تنها منبع آنی درآمد می‌پندارند، بیش از حد معمول به بهره‌برداری از محیط‌زیست می‌پردازند. از سوی دیگر نابرابری اقتصادی اغلب با بی‌ثباتی سیاسی همراه است که این امر موجب می‌شود افراد ثروتمند به جای تأمین هزینه مالی حفاظت از محیط‌زیست و منابع طبیعی محلی به سمت بهره‌برداری از محیط‌زیست بومی و سرمایه‌گذاری در خارج از کشور که عدم اطمینان سیاسی پایین‌تری دارد، روی آورند، بنابراین افزایش نابرابری درآمد موجب می‌شود هر دو گروه فقیر و ثروتمند موجب تخریب بیشتر محیط‌زیست گردند.

در جوامع نابرابر، گروه‌های ثروتمند معمولاً مصرف بالاتری از منابع طبیعی دارند و از فناوری‌های پیشرفته‌تری استفاده می‌کنند. این مصرف بالا و بهره‌برداری از فناوری‌های پرمصرف می‌تواند به افزایش ردپای اکولوژیکی منجر شود، چراکه افزایش مصرف منابع و تولید آلودگی در سطح بالاتری قرار می‌گیرد. همچنین، تضاد طبقاتی در این جوامع می‌تواند به بروز اختلاف‌نظرها و مشکلاتی در زمینهٔ همکاری برای حفاظت از محیط‌زیست منجر شود که به‌نوبهٔ خود تلاش‌های جمعی برای کاهش ردپای اکولوژیکی را تضعیف می‌کند. همچنین، گروه‌های کم‌درآمد که بیشتر تحت‌تأثیر مشکلات زیست‌محیطی قرار دارند، ممکن است نتوانند به طور مؤثر بر سیاست‌های زیست‌محیطی تأثیر بگذارند.

نتایج مطالعات هراتی و همکاران (۱۳۹۶)، ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۵) و خادم الحسینی و همکاران (۱۴۰۱) نیز حاکی از تأثیر مثبت نابرابری درآمد بر آلودگی محیط زیست در ایران است.

همچنین، طبق نتایج قبل از رسیدن نابرابری درآمد به سطح آستانه‌ای معادل $GINI^{*}$=۰/۴۱۸۷۷۷، یک واحد افزایش مصرف سرانه سوخت‌های فسیلی موجب افزایش سرانه ردپای اکولوژیکی به میزان ۸/۲۸E-۰۵ واحد می‌شود. این نتیجه منطبق با نتیجه مطالعه جلیلی و همکاران (۱۳۹۵) است.

مصرف سوخت‌های فسیلی می‌تواند اثرات زیست‌محیطی کوتاه‌مدتی مانند آلودگی هوای محلی و اثرات زیست‌محیطی بلندمدتی مانند تغییرات آب‌وهوایی داشته باشد (هی و همکاران[1]، ۲۰۱۹). بزرگترین عامل آلودگی هوا سوزاندن سوخت‌های فسیلی است زیرا ذرات باقیمانده مضر برای سلامتی تولید می‌کنند (گوتیکوندا و جواهر[2]، ۲۰۱۴؛ خان و همکاران[3]، ۲۰۱۷؛ للیولد و همکاران[4]، ۲۰۲۰). با این وجود تفاوت‌هایی در میزان انتشار گازهای آلاینده بر اساس نوع سوخت وجود دارد، ذغال سنگ مسئول تولید مقادیر زیادی $CO2$ در واحد انرژی است. سپس نفت، که در مقایسه با ذغال سنگ حدود یک سوم گازهای آلاینده کمتری تولید می‌کند و در نهایت، گاز طبیعی، که نیمی از انتشار $CO2$را در مقایسه با نفت تشکیل می‌دهد (بولوک و مرت[5]، ۲۰۱۵).

سوخت‌های فسیلی، از جمله نفت، گاز و زغال‌سنگ، هنگام احتراق به انتشار دی‌اکسیدکربن و سایر گازهای گلخانه‌ای نظیر متان و نیتروژن اکسیدها منجر می‌شوند. این گازها باعث گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی می‌گردند و در نتیجه، باعث افزایش ردپای اکولوژیکی می‌شوند. علاوه بر این، فرایندهای استخراج، تولید و انتقال سوخت‌های فسیلی نیازمند بهره‌برداری وسیع از منابع طبیعی مانند آب، خاک و مواد معدنی است. این فعالیت‌ها می‌تواند به تخریب زیستگاه‌ها و کاهش تنوع زیستی بینجامد و به طور غیرمستقیم ردپای اکولوژیکی را افزایش دهد.

طبق نتایج در رژیم اول یک واحد افزایش بازبودن تجاری موجب کاهش رد پای اکولوژیکی سرانه به میزان ۰/۸۵۸۵۱۱ واحد می‌شود. طبق نتایج افزایش تجارت موجب بهبود کیفیت محیط زیست می‌شود. تجارت آزاد از طریق تخصیص و مصرف کارامدتر منابع، کشورها را قادر می‌سازد در تولید کالا و خدماتی که در آن‌ها دارای مزیت نسبی هستند، تخصص یافته و از طرفی، میزان تولید را به ازای سطوح مشخص انرژی و مواد حداکثر سازند. این استدلال بر توانایی تجارت آزاد در افزایش منابع مالی در دسترس برای حفاظت از محیط زیست از طریق ارتقای ظرفیت تولید تأکید دارد (متین و همکاران، ۱۳۹۱).

با گسترش تجارت بین‌المللی، کشورها قادرند به تخصصی سازی در تولید کالاهایی بپردازند که از نظر بهره‌وری منابع و انرژی بهینه‌تر هستند و کالاهای دیگر را از کشورهایی وارد کنند که در تولید آن‌ها کارآمدترند. این فرایند می‌تواند به کاهش مصرف منابع و کاهش ردپای اکولوژیکی منجر شود. همچنین، باز بودن تجاری می‌تواند زمینه‌ساز ورود فناوری‌های پیشرفته و پایدار به کشورها گردد. کشورهای با دسترسی گسترده‌تر به بازارهای جهانی احتمالاً قادر خواهند بود از فناوری‌های کم آلاینده و کارآمدتر بهره‌برداری کنند که این امر به نوبه خود می‌تواند به کاهش ردپای اکولوژیکی کمک کند. علاوه بر این، تجارت بین‌المللی ممکن است به کشورها فشار آورد تا استانداردهای

---

1. He et al. (2019)
2. Guttikunda and Jawahar (2014)
3. Khan et al. (2017)
4. Lelieveld et al. (2020)
5. B¨olük and Mert (2015)

زیست‌محیطی بالاتری را رعایت کنند تا بتوانند در سطح جهانی با رقبای خود به رقابت بپردازند. این فشار می‌تواند منجر به کاهش آلودگی و ارتقای کیفیت محیط‌زیست شود.

این نتیجه منطبق با نتایج مطالعات برقی اسکویی (۱۳۸۷)، مهرآبادی بشر آبادی (۱۳۸۹) و گلخندان (۱۴۰۲) مبنی بر تأثیر منفی آزاد سازی تجاری یا باز بودن تجاری بر آلودگی محیط زیست در ایران است.

در ادامه به‌منظور ارزیابی نتایج مدل، از آزمون LM برای بررسی مشکل خودهمبستگی و از آزمون ARCH برای بررسی مشکل ناهمسانی واریانس استفاده شده است که نتایج حاصل نشان‌دهنده عدم وجود مشکل خودهمبستگی و عدم وجود مشکل ناهمسانی واریانس در مدل است. همچنین نتایج به‌کارگیری آزمون والد مبتنی بر آماره F استاندارد نشان می‌دهد که کل مدل به لحاظ آماری معنی‌دار است. از طرفی طبق آماره جارکو - برا[1] (JB) فرضیه صفر نرمال بودن توزیع پسماندهای مدل نمی-تواند در سطح اطمینان قابل‌قبولی رد شود. تمامی نتایج در جدول (۷) ارائه شده است:

جدول ۷: آزمونهای تشخیص

آماره F (p-value)	آماره JB (p-value)	(p-value) LM Test	(p-value) ARCH
۱۷۷/۴۳۲۸ (۰/۰۰۰۰۰۰)	۰/۱۰۴۳۹۹ (۰/۹۴۹۱۴۰)	۰/۴۴۱۹۱۷ (۰/۶۴۷۹)	۰/۸۴۵۲۴۶ (۰/۳۶۴۲)
آماره F (p-value)		Smooth Threshold Parameter Constancy Test	
۱/۶۸۵۱۲۲ (۰/۱۶۶۸)			

منبع: یافته‌های پژوهش

همچنین، در پایین جدول (۷) نتایج آزمون باقی نماندن رابطه غیرخطی در پسماندهای مدل گزارش شده است. طبق نتایج، فرضیه صفر آزمون مبنی بر وجود نداشتن رابطه غیرخطی اضافی در پسماندهای الگو را در سطح اطمینان قابل قبولی نمی‌توانیم رد کنیم. بنابراین مدل به‌طور کلی توانسته رابطه غیرخطی میان متغیرها را تصریح نماید.

۶. نتیجه‌گیری

بررسی عوامل تأثیرگذار بر آلودگی محیط‌زیست از موضوعات اساسی در هر اقتصادی است. فرایند رشد و توسعه اقتصادی کشورها در دهه‌های گذشته به‌گونه‌ای بوده است که چالش‌های زیست‌محیطی به یکی از بزرگ‌ترین دغدغه‌های برنامه‌ریزان اقتصادی تبدیل شده است. بدین ترتیب، شناسایی عوامل مؤثر بر ارتباط میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست برای سیاست‌گذاران حائز اهمیت است. هدف این پژوهش بررسی اثر نابرابری درآمد بر ارتباط میان رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست با استفاده از داده‌های مربوط به دوره زمانی ۱۳۶۳-۱۴۰۰ برای ایران است. بدین منظور، ضریب جینی به عنوان شاخص نابرابری درآمد و سرانه تولید ناخالص داخلی حقیقی و سرانه ردپای اکولوژیکی به‌ترتیب به‌عنوان شاخص‌هایی از رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همچنین متغیرهای مصرف سرانه سوخت‌های فسیلی و بازبودن تجاری به عنوان متغیرهای کنترلی وارد مدل شده‌اند.

[1] . Jarque-Bera

نتایج حاصل از به‌کارگیری رگرسیون انتقال ملایم لاجستیک با یکبار تغییر رژیم (LSTR1) با درنظرگرفتن نابرابری درآمد به‌عنوان متغیر انتقال نشان می‌دهند رشد اقتصادی به‌صورت غیرخطی بر ردپای اکولوژیکی سرانه تأثیر دارد. بر اساس نتایج سطح آستانه‌ای نابرابری درآمد معادل $GINI^*$=۰/۴۱۸۷۷۷ و ضرایب رشد اقتصادی در رژیم اول و دوم به ترتیب برابر با ۰/۰۲۳۵۴۹- و ۰/۰۳۱۸۳۸+ است؛ بنابراین، در رژیم اول که نابرابری درآمد کمتر از سطح آستانه‌ای $GINI^*$=۰/۴۱۸۷۷۷ است، با افزایش رشد اقتصادی ردپای اکولوژیکی سرانه کاهش می‌یابد؛ ولی با افزایش نابرابری درآمد از این سطح آستانه‌ای و انتقال از رژیم اول به رژیم دوم با افزایش رشد اقتصادی ردپای اکولوژیکی سرانه افزایش می‌یابد. از طرفی در رژیم دوم که نابرابری درآمد از سطح آستانه‌ای $GINI^*$=۰/۴۱۸۷۷۷ بیشتر است، میزان اثرگذاری رشد اقتصادی بر آلودگی محیط‌زیست در مقایسه با رژیم اول بیشتر است. براین‌اساس، ارتباط میان رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست به‌صورت غیرخطی و نامتقارن است.

طبق نتایج، درصورتی‌که نابرابری درآمد مقداری کمتر از سطح آستانه‌ای $GINI^*$=۰/۴۱۸۷۷۷ داشته باشد، رشد اقتصادی می‌تواند با آلودگی زیست‌محیطی کمتری همراه باشد. ولی زمانی که نابرابری درآمد افزایش‌یافته و از سطح آستانه‌ای $GINI^*$=۰/۴۱۸۷۷۷ عبور می‌کند، هم‌زمان با رشد اقتصادی، آلودگی محیط‌زیست افزایش می‌یابد.

باتوجه‌به نتایج فوق، اجرای سیاست‌های کلان اقتصادی در جهت بهبود رشد اقتصادی (افزایش درآمد سرانه) درصورتی‌که نابرابری درآمد کمتر از سطح آستانه‌ای $GINI^*$=۰/۴۱۸۷۷۷ باشد می‌تواند کاهش آلودگی زیست‌محیطی (ردپای اکولوژیکی) را به دنبال داشته باشد. بر اساس نتایج توصیه می‌شود، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران اقتصادی سیاست‌های رشدی را در دستور کار خود قرار دهند؛ ولی به‌موازات این سیاست‌ها، سیاست‌های کاهش نابرابری در تدوین برنامه‌های توسعه اقتصادی - اجتماعی کشور با جدیت بیشتری پیگیری شود. پیشنهاد می‌شود که دولت برای بهبود وضعیت درآمدی اقشار جامعه از فعالیت‌های تصدی‌گرایانه در اقتصاد پرهیز نماید و با ایجاد زمینه‌های لازم جهت گسترش توزیع عادلانه‌تر امکانات در کشور، شکاف درآمدی در جامعه را به حداقل برساند. همچنین دولت می‌تواند با پرداخت یارانه به طبقات پایین درآمدی کشور، ایجاد نظام مالیاتی کارآمد، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مناطق کمتر توسعه‌یافته و محروم، اجرای برنامه‌های حمایتی مانند کمک‌هزینه مسکن، بیمه بیکاری، کمک‌های نقدی به اقشار ضعیف و گسترش دسترسی به خدمات بهداشتی و درمانی با هزینه‌های کمتر و افزایش بودجه برای آموزش‌وپرورش، دسترسی به آموزش رایگان و باکیفیت برای همه اقشار جامعه به توزیع برابرتر درآمد در جامعه کمک نمایند

نتایج نشان می‌دهند سرانه سوخت‌های فسیلی، بازبودن تجارت و نابرابری درآمد تنها در رژیم اول تأثیر معناداری بر سرانه ردپای اکولوژیکی دارند. به‌گونه‌ای که افزایش سرانه سوخت‌های فسیلی و افزایش نابرابری درآمد موجب افزایش سرانه ردپای اکولوژیکی می‌شود درحالی‌که همراه با افزایش باز بودن تجاری آلودگی محیط‌زیست کاهش می‌یابد. در این راستا، دولت می‌تواند به‌منظور کاهش مصرف

سوخت‌های فسیلی اقدام به سرمایه‌گذاری در انرژی خورشیدی، بادی و سایر منابع پاک و حمایت از فناوری‌های نوین در زمینه این نوع انرژی‌ها نماید. همچنین، حذف یا کاهش تدریجی یارانه‌هایی که به مصرف سوخت‌های فسیلی اختصاص داده می‌شوند و انتقال این منابع به انرژی‌های پاک از دیگر اقداماتی است که دولت می‌تواند به‌منظور کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی انجام دهد. از طرفی، حذف تعرفه‌ها و موانع تجاری برای واردات و صادرات محصولات و خدمات سازگار با محیط‌زیست و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و حمایت از شرکت‌هایی که در حوزه تولیدات و خدمات زیست‌محیطی فعالیت می‌کنند می‌تواند همراه با بازبودن تجاری کاهش آلودگی محیط‌زیست را به همراه داشته باشد.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان به‌صورت یکسان در نوشتن این مقاله مشارکت داشته‌اند.

References

Abdulahi, F., & Qadri, S. (2023). Investigating the impact of natural resources and human capital on Iran's ecological footprint. *Governance and Development Journal*, 3(1), 99-120. (in persian)

Ahmed, K.,& Long, W.(2012). Environmental Kuznets Curve and Pakistan: An Empirical Analysis. *Procedia Economics and Finance*, 1, 4-13.

Al-Mulali, U., Saboori, B., & Ozturk, I. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Vietnam. *Energy Policy* ,76: 123–131.

Ansari, M. A., Ahmad, M. R., Siddique, S., & Mansoor, K. (2020). An environment Kuznets curve for ecological footprint: Evidence from GCC countries. *Carbon Management*, 11(4), 355-368.

Ariastoo, A., & Ebrahimi, S. (2017). An empirical test of the environmental Kuznets curve: Evidence from OPEC countries. The 6th International Conference on Management, Economics and Human Sciences. (in persian)

Aydin, C., Esen, Ö ., & Aydin, R. (2019). Is the ecological footprint related to the Kuznets curve a real process or rationalizing the ecological consequences of the affluence? Evidence from PSTR approach. Ecological Indicators, 98, 543-555.

Azami, S., Sharfi, M., & Moradian, F. (2018). Parametric and Non-parametric Estimation of Environmental Kuznets Curve in Iran. *Quarterly Journal of Economic Researches and Policies*, 26(87), 221-247. (in persian)

B¨olük, G., & Mert, M. (2015). The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: an ARDL approach. Renew. Sustain. *Energy Rev*, 52, 587–595.

Barghi, O. M. (2008). The impact of trade liberalization on the greenhouse gases (CO2Emission) in EKC. Journal of Economic Research, 43(1), 1-21. (in persian)

Barrett, S., & Graddy, K. (2000). Freedom, growth, and the environment. *Environment and Development Economics*, 5(4), 433-456.

Bartelmus, P. (2008). *Quantitative Eco-nomics: How Sustainable are Our Economies?*. Springer Science & Business Media.

Bilgili, F., Koçak, E., & Bulut, U. (2016). The dynamic impact of renewable energy consumption on CO_2 emissions: A revisited Environmental Kuznets Curve approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 838-845.

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

Bulut, U. (2021). Environmental sustainability in Turkey: an environmental Kuznets curve estimation for ecological footprint. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, *28*(3), 227-237.

Cole, M.A. (1999). Limits to Growth , Sustainable Developmant and Environmental Kuznets Curves: An Examination of the Environmental Impact of Economic Development .*Sustainable Development*, 7, 109-123.

Danish, W. Z., & Wang, Z. (2019). Investigation of the ecological footprint's driving factors: what we learn from the experience of emerging economies. Sustain Cities Soc 49: 101626.

Dehghanian, S., Kochaki, A., & Kolahi Ahari, A. (2009). Environmental Economy. Mashhad: Ferdowsi University Press. (In Persian)

Destek, M. A., Ulucak, R., & Dogan, E. (2018). Analyzing the environmental Kuznets curve for the EU countries: the role of ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, *25*(29), 29387-29396.

Ebrahimi, M., Babaei, A. E. M., & Kafili, V. (2017). Income inequality and environmental quality: a case study of Iran. *The Journal of Econometric Modelling*, 2(1), 59-79.

Ferng, J. J. (2001). Using composition of land multiplier to estimate ecological footprints associated with production activity. *Ecological Economics*, 37(2), 159–172.

Golkhandan, A. (2023). Impact of Political Risk on Ecological Footprint in Iran: Multiple Asymmetric Thresholds NARDL (MATNARDL) Approach. *Economic Policies and Research*, 2(3), 114-148. (in persian)

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1996). The Inverted-U: what does it mean?. *Environment and Development Economics*, 1(11), 119-122.

Grossman, G.M., & Krueger, A.B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. Working Paper No. 3914.

Guttikunda, S. K., & Jawahar, P. (2014). Atmospheric emissions and pollution from the coal-fired thermal power plants in India. *Atmospheric Environment*, *92*, 449-460.

Hanaki, K., & Portugal-Pereira, J. (2018). The effect of biofuel production on greenhouse gas emission reductions. *Biofuels and sustainability: holistic perspectives for policy-making*, 53-71.

Harati, J., dehghani, A., taghizadeh, H., & amini T. (2016). The Effects of Economic and Political Inequality on Quality of Environment in Selected Countries: GMM Panel Analysis. *The Journal of Economic Modeling Research*, 7 (23), 197-232. (in persian)

He, P., Chen, L., Zou, X., Li, S., Shen, H., & Jian, J. (2019). Energy taxes, carbon dioxide emissions, energy consumption and economic consequences: a comparative study of nordic and G7 countries. *Sustainability*, *11*(21), 6100.

Heidari, M., Khadimaliozadeh, A., & Khorsandi, M. (2020). Investigating The Effect of Economic Growth On Water Resources Consumption; In The Framework of The Environmental Kuznets Curve EKC (Case Study: Selected Countries 1992-2012*). Journal of Agricultural Economics Research*, 12(45), 163-180. (in persian)

Hossain, M.S. (2011). Panel estimation for CO2 emissions, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries. *Energy Policy*, (39)11, 6991–6999.

Hung, M. F., & Shaw, D. (2004). Economic growth and the environmental Kuznets curve in Taiwan: a simultaneity model analysis. *en in Boldrin, M., Chen, BL y Wang, P.(eds.), Human Capital, Trade and Public Policy in Rapidly Growing Economies: From Theory to Empirics*, 269-290.

Jafari Samimi A., Montazeri Montazeri Shoorekchali., J & Tatar, M. (2014). Life Expectancy and Economic Growth in Iran: Smooth Transition Regression (STR) Approach. *Economic Growth and Development Research*, 4(13): 117-128.

Jalili, Z., Alavi Rad, A., & Sharifi, E. (2016). Simultaneous Consumption of Renewable and Nonrenewable Energy, in Environmental Kuznets Curve in Some Selected OPEC Countries: PMG Method. *Iranian Energy Economics*, *6*(21), 63-92. (in persian)

Kaika, D., & Zervas, E. (2013). The environmental Kuznets curve (EKC) theory. Part B: Critical issues. Energy Policy 62, 1403–1411.

Karahan-Dursun, P. (2024). Testing the EKC hypothesis using ecological footprint by considering biocapacity and human capital in Türkiye: A dynamic analysis. *Panoeconomicus*, 1-30.

Khademol Hosseini, J., Mousavi, S. N., & Khodaparast Shirazi, J. (2022). The Effect of Income Inequality on SO2 and SPM Emissions. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, *53*(2), 539-551. (in persian)

Khan, M. N., B. Nurs, C. Z., Mofizul Islam, M., Islam, M. R., & Rahman, M. M. (2017). Household air pollution from cooking and risk of adverse health and birth outcomes in Bangladesh: a nationwide population-based study. *Environmental Health*, *16*, 1-8.

Kitzes, J., & Wackernagel, M. (2009). Answers to common questions in ecological footprint accounting. *Ecological indicators*, 4 (9), 812–817.

Lelieveld, J., Pozzer, A., Pöschl, U., Fnais, M., Haines, A., & Münzel, T. (2020). Loss of life expectancy from air pollution compared to other risk factors: a worldwide perspective. *Cardiovascular research*, *116*(11), 1910-1917.

Martin, V., Hurn, S., & Harris, D. (2013). *Econometric modelling with time series: specification, estimation and testing*. Cambridge University Press.

Massagony, A., & Budiono. (2023). Is the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis valid on CO2 emissions in Indonesia?. *International Journal of Environmental Studies*, *80*(1), 20-31.

Meadows, D.H., Randers, J., Meadows, D.L., & Behrens, W.W. (1972).The limits to growth: a report for the club of Rome's project on the predicament of York: Universe Books.

Mehrabi Bashar Abadi, H., jalaei Esfand Abadi, S.A., Baghestani, A.A., & sherafatmand, H. (2010). Impact of Trade Liberalization on Environment Pollution in Iran. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 2(41), 11-19. (in persian)

Mehrara, M., Amiri, H., & Hasani, M. (2012). Energy Consumption and Income: An International Panel Smooth Transition Model of the Kuznets Curve. *Quarterly Journal of Economic Research and Policy*, 20(62), 171-194. (in persian)

Moradian, F. (2017). parametric and non-parametric estimation of Kuznets environmental curve (case study of Iran). Master's thesis, Razi University. (In Persian)

Mosnan Mozafari, M., & Sabohi, M. (2013). Environmental Kuznets Curve Determination Using Simultaneous Equation System: A case study of Iran. *Journal of Environmental Science and Technology*, 15(3), 75-80. (in persian)

Poor kazemi, M.H., & Ebrahimi, I. (2008). Examining Environmental Kuznets Curve in Middle EAST. *Iranian Journal of Economic Research*, 34, 57-71. (in persian)

Rees, W.E. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment & Urbanization*, 4 (2),121–130.

Ridzuan, s. (2019). Inequality and the environmental Kuznets curve. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1472-1481.

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

Salimifar, M., & Dehnavi, J. (2009). The Comparison of the Environmental Kuznets Curve in Developing and OECD Countries: A Panel Data Analysis. *Journal of Monetary and Financial Economics*, 16(29), 181-200. (in persian)

Sasmoko, S., Akhtar, M.Z., Khan, H.R., Sriyanto,S., Jabor, M.K., Rashid, A., & Zaman, K. (2022). How Do Industrial Ecology, Energy Efficiency, and Waste Recycling Technology (Circular Economy) Fit into China's Plan to Protect the Environment? Up to Speed. *Recycling*, *7*(6), 83.

Shahdani, M. S., Samchouli, A. M., & Koupaei, M. J. R. Investigation of Environmental Kuznets Curve for N2O Gas Emissions in Iran by ARDL Model.

Shang, M., Ma, Z., Su, Y., Shaheen, F., Khan, H. ur R., Tahir, L.M., Sasmoko, Anser, M.K., & Zaman, K. (2023). Understanding the importance of sustainable ecological innovation in reducing carbon emissions: investigating the green energy demand, financial development, natural resource management, industrialisation and urbanization channels. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 36(2), 1–73.

Toma, P., Miglietta, P.P., Morrone, D., & Porrini, D. (2020). Environmental Risks and Efficiency Perfor-mances: The Vulnerability of Italian Forestry Firms. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 27,2793–2803.

Ubaidillah, N.Z. (2011). The Relationship between Income and Environment in UK's Road Transport Sector. Is There an EKC? *International Conference on Economics and Finance Research*.

Wackernagel, M., & Rees, W. (1998). *Our ecological footprint: reducing human impact on the earth* (Vol. 9). New society publishers.

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.

Vol 3, No 2, Summer 2024, Page: 87-111
The Economic Policies And Research
DOI: 10.22034/jepr.2024.140299.1167

Income Inequality and the Economic Growth-Environmental Pollution Nexus in Iran: Smooth Transition Regression (STR) Approach

Mahboobeh Farahati[1]

Farzaneh Maleki[2]

Received: 23/08/2024 Accepted: 11/09/2024

Introduction

The world is currently grappling with an extraordinary crisis characterized by the degradation of natural resources, escalating environmental pollution, climate change, and the depletion of fossil fuels. This has sparked widespread public concern over environmental quality, prompting considerable efforts to pinpoint the driving forces behind environmental degradation. Economic growth is often linked to environmental damage as it amplifies resource consumption and greenhouse gas emissions. The relationship between economic growth and environmental impact is frequently analyzed through the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis (Danish et al., 2019), which suggests that while environmental harm worsens in the early stages of economic development, after a certain income level is reached, further growth can actually mitigate environmental damage. One key factor in reducing pollution is the rising demand for environmental protection from the public (Grossman & Krueger, 1996), widely regarded as the main driver behind the EKC's downward slope (Barrett & Graddy, 2000). Public awareness plays a crucial role, as more equal societies tend to prioritize environmental quality due to easier access to environmental information. In contrast, income inequality can influence public policy by altering the preferences of the median voter, with economically disadvantaged voters likely prioritizing material well-being over environmental concerns and being less willing to bear the associated costs (Ridzuan, 2019). Thus, income inequality significantly affects the relationship between economic growth and environmental pollution.

1. Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Economics, Management and Administrative Sciences, University of Semnan, Semnan, Iran, Corresponding Author Email: m.farahati@semnan.ac.ir
2. M.Sc. in Economics, Department of Economics, Faculty of Economics, Management and Administrative Sciences, University of Semnan, Semnan, Iran, Email: Farzanemaleki2023@semnan.ac.ir

Methodology

In this study, we empirically examine the impact of income inequality on the relationship between economic growth and environmental pollution in Iran from 1984 to 2021, using the nonlinear Smooth Transition Regression (STR) model and the per capita Ecological Footprint (EF) pollution index. The Ecological Footprint (EF) is currently regarded as a comprehensive and crucial measure of environmental degradation, as it encompasses the total biological capacity needed to produce the resources consumed by a country and to absorb the pollution generated by human activities. The regression equation is specified as follows:

$$EF_t = \phi' \boldsymbol{w}_t + (\emptyset' \boldsymbol{w}_t) G(\gamma, c, s_t) + u_t \qquad (1)$$

where EF represents the per capita ecological footprint (as an index of environmental pollution), and $\boldsymbol{w_t}$ is a vector of variables such as GDP (Gross Domestic Product per capita at constant 2011 prices as an index of economic growth), GINI (income inequality index), Open (the share of total exports and imports in GDP), and FUS (per capita fossil fuel consumption).

Here, $\phi' = (\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4)'$ is the vector of linear coefficients, and $\emptyset' = (\emptyset_1, \emptyset_2, \emptyset_3, \emptyset_4)'$ is the vector of nonlinear coefficients. Additionally, G is the transition function, γ is the transition speed parameter, c is the threshold level, and s is the transition variable, which can be any of the model variables, their lags, or an external variable.

In the Smooth Transition Regression (STR) model, the transition from one regime to another is characterized by a logistic or exponential function. To apply the STR model, it is essential first to test for a nonlinear relationship between the variables. The appropriate transition variable is determined based on theoretical considerations or statistical tests, and the transition function form is specified using Taylor expansion coefficients and Terasvirta sequential tests. The model is estimated using the Newton-Raphson algorithm and the maximum likelihood method, and is then evaluated through diagnostic tests and graphical analysis. Income distribution data are sourced from reports by the Statistical Center of Iran. Per capita ecological footprint data are obtained from the Global Footprint Network, while per capita fossil fuel consumption data (in kilowatt-hours) are from the Statistical Review of World Energy. Data on per capita GDP (constant 2011) and trade openness indicators are provided by the Central Bank of the Islamic Republic of Iran.

Results and Discussion

The results derived from the application of logistic smooth transition regression, with income inequality as the transition variable, reveal a threshold level of income inequality at GINI*=0.418777. The coefficients for economic growth in the two regimes are -0.023549 in the first and +0.031838 in the second. In the first regime, where income inequality is below the threshold (GINI*), economic growth reduces the per capita ecological footprint. However, once income inequality surpasses the threshold and a transition occurs to the second regime, economic growth instead increases the per capita ecological footprint. Additionally, the second regime, where income inequality exceeds GINI*=0.418777, shows a stronger effect of economic growth on environmental

pollution than in the first regime. Importantly, the coefficients for income inequality, trade openness, and per capita fossil fuel consumption are statistically significant only in the first regime. In particular, before income inequality reaches the GINI* threshold, rising income inequality and fossil fuel consumption are associated with a higher per capita ecological footprint, while greater trade openness correlates with a reduced per capita ecological footprint.

Conclusion

The findings of this study highlight the dual impact of economic growth on the per capita ecological footprint within a two-regime framework. In the first regime, where income inequality remains below the threshold of GINI* = 0.418777, economic growth contributes to a reduction in the ecological footprint. However, once income inequality surpasses this threshold, entering the second regime, economic growth instead drives an increase in the per capita ecological footprint. Notably, the reduction in environmental pollution during the first regime is smaller in magnitude than the increase observed in the second regime. These results indicate that when income inequality is kept below the GINI* threshold, growth-oriented macroeconomic policies can effectively mitigate environmental pollution. Thus, it is advisable for economic planners and policymakers to focus on reducing income inequality while pursuing growth strategies to promote a more sustainable reduction in environmental pollution.

Keywords: Ecological Footprint, Economic Growth, Income Inequality, Smooth Transition Regression, Iran.
JEL Classification: O44, O15, O53, C50.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی