

Examining the Impact of Import Diversification and Concentration on the Ecological Footprint: Evidence from OPEC Member Countries

Fereshteh Mohamadian^{*}, Mustafa Abbas Dhaiban^{**}

Alaa Falah Lateef^{***}

Abstract

OPEC member countries, due to their high dependence on fossil fuels and significant share in greenhouse gas emissions, play a crucial role in global environmental changes, and their trade structure can significantly affect environmental sustainability. In this study, using annual data for eleven OPEC member countries during the period 1995–2022 and employing the CS-ARDL panel cointegration method, the impact of import structure—including two components: diversity and concentration—on the ecological footprint has been examined. The results indicate that increasing import diversity in the long run leads to a rise in the ecological footprint, while import concentration has no significant effect. These findings provide partial support for the “pollution haven” hypothesis, suggesting that the expansion of diverse imports, especially from countries with lower environmental standards, may result in higher pollutant emissions. Furthermore, the results show that technological advancement and the use of renewable energy sources contribute to reducing environmental degradation, whereas industrial growth has a positive effect on the ecological footprint. Therefore, revising trade policies,

^{*} Assistant Professor of Department of Economics, University of Ilam, Ilam, Iran (Corresponding Author),
F.Mohamadian@ilam.ac.ir

^{**} Master's student in Economics, Faculty of Humanities, Ilam University, Ilam, Iran,
Mmabbas709@gmail.com

^{***} Master's student in Economics, Faculty of Humanities, Ilam University, Ilam, Iran,
Alaafaljubouri@gmail.com

Date received: 10/10/2025, Date of acceptance: 02/12/2025



promoting clean technologies, and expanding the use of renewable energies are essential steps toward reducing the ecological footprint and achieving sustainable development among OPEC member countries.

Keywords: Ecological footprint, Import diversification, Import concentration, OPEC member countries, CS-ARDL.

JEL Classification: F18, Q56, Q37, C33.

بررسی تأثیر تنوع و تمرکز واردات بر ردپای اکولوژیکی: شواهدی از کشورهای عضو اوپک

فرشته محمدیان*

مصطفی عباس ذبیان**، علاء فلاح لطیف***

چکیده

کشورهای عضو اوپک به دلیل وابستگی بالا به منابع فسیلی و سهم قابل توجه در انتشار گازهای گلخانه‌ای، نقش تعیین‌کننده‌ای در تحولات زیست‌محیطی جهان دارند و ساختار تجاری آن‌ها می‌تواند بر پایداری محیط‌زیست اثرگذار باشد. بنابراین در این تحقیق با استفاده از داده‌های سالانه یازده کشور عضو اوپک در دوره ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۲ و روش هم‌انباشتگی داده‌های تابلویی CS-ARDL، تأثیر ساختار واردات شامل دو مؤلفه تنوع و تمرکز بر ردپای اکولوژیکی بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش تنوع واردات در بلندمدت به افزایش ردپای اکولوژیکی منجر می‌شود، در حالی که تمرکز واردات تأثیر معناداری بر آن ندارد. این یافته‌ها تأییدکننده نسبی فرضیه «پناهگاه آلودگی» هستند به این معنا که گسترش واردات متنوع، به‌ویژه توسط کشورهایی با استانداردهای زیست‌محیطی پایین‌تر، می‌تواند موجب افزایش انتشار آلاینده‌ها شود. علاوه بر این نتایج نشان می‌دهد، پیشرفت فناوری و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش تخریب محیط‌زیست مؤثر هستند در حالی که رشد صنعتی اثر مثبت بر رد پای اکولوژیکی دارد. بنابراین، بازنگری در سیاست‌های تجاری، توسعه فناوری‌های پاک و گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر

* استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران (نویسنده مسئول)، F.Mohamadian@ilam.ac.ir

** دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران،
Mmabbas709@gmail.com

*** دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران،
Alaafaljubouri@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۱



برای کاهش ردپای اکولوژی و حرکت به سوی توسعه پایدار در کشورهای عضو اوپک ضروری است.

کلیدواژه‌ها: ردپای اکولوژیکی، تنوع واردات، تمرکز واردات، کشورهای عضو اوپک، CS-ARDL.

طبقه‌بندی JEL: F18, Q56, Q37, C33.

۱. مقدمه

تخریب محیط‌زیست یکی از چالش‌های اساسی قرن حاضر به شمار می‌رود و رشد فزاینده فعالیت‌های انسانی، از بهره‌برداری بی‌رویه از منابع طبیعی گرفته تا مصرف گسترده انرژی‌های فسیلی و الگوهای نامتوازن تولید و تجارت، تهدیدی جدی برای تحقق اهداف توسعه پایدار محسوب می‌شود (Cramer et al, 2018; Destek et al, 2019; Yu et al, 2020). برای سنجش این پیامدهای زیست‌محیطی، شاخص ردپای اکولوژیکی به عنوان معیاری جامع در نظر گرفته می‌شود که برخلاف انتشار دی‌اکسیدکربن، صرفاً به هوا محدود نبوده، بلکه تمامی ابعاد تخریب محیط‌زیست از جمله مصرف زمین، منابع آب، آلودگی خاک و کاهش تنوع زیستی را در برمی‌گیرد (Rees, 1992; Wackernagel, 1994). بر اساس این شاخص در حال حاضر، بیش از ۸۰ درصد مناطق جهان با بحران‌های زیست‌محیطی روبه‌رو هستند و فشارهای اکولوژیکی به سطحی رسیده است که ادامه روندهای اقتصادی و اجتماعی بدون اصلاحات اساسی در سیاست‌های زیست‌محیطی دشوار خواهد بود (Hassan, 2024). مطالعات پیشین نشان می‌دهند که ساختار تجارت خارجی، به‌ویژه ترکیب و تنوع واردات، می‌تواند نقش مهمی در پایداری محیط‌زیست ایفا کند (Hu et al, 2020; Sharma et al, 2023). در این زمینه، دو فرضیه کلیدی مطرح است: نخست، منحنی کوزنتس زیست‌محیطی (EKC: Environmental Kuznets Curve) که بیان می‌کند در مراحل اولیه توسعه اقتصادی، آلودگی افزایش می‌یابد، اما با پیشرفت فناوری، تجارت و اجرای سیاست‌های محیط‌زیستی، این روند معکوس می‌شود (Hettige et al, 1995). دوم، نظریه پناهگاه آلودگی (PHH: Pollution Haven Hypothesis) که بر این فرض استوار است که کشورهای توسعه‌یافته، به منظور کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی، صنایع آلاینده را به کشورهای در حال توسعه منتقل می‌کنند (Ren et al, 2014; Cole, 2004).

بررسی روندهای اقتصادی در کشورهای عضو اوپک، شامل ایران، عربستان سعودی، امارات متحده عربی، کویت، عراق، نیجریه، الجزایر، گینه، کنگو، گابن، ونزوئلا و لیبی نشان می‌دهد که طی دوره ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۲، شاخص تمرکز واردات از ۰/۱۰۳ به ۰/۱۹۱ افزایش یافته است. این روند، بیانگر وابستگی فزاینده این کشورها به تعداد محدودی از تأمین‌کنندگان خارجی است؛ پدیده‌ای که در کشورهایی مانند ایران و ونزوئلا، به دلیل محدودیت‌های تجاری، شدت بیشتری داشته است. در مقابل، شاخص تنوع واردات تغییر محسوسی نداشته و در محدوده ۰/۴۳ تا ۰/۴۴ ثابت باقی مانده است، که نشان‌دهنده عدم تحول اساسی در گستره جغرافیایی منابع وارداتی این کشورها است. هم‌زمان، متوسط شاخص ردپای اکولوژیکی از ۱/۳۹ در سال ۱۹۹۵ به ۲/۴۱ در سال ۲۰۲۲ افزایش یافته است. برای مثال، در ایران و عراق، افزایش مصرف انرژی‌های فسیلی و گسترش فعالیت‌های صنعتی موجب رشد چشمگیر ردپای اکولوژیکی شده است، درحالی‌که در کشورهایی مانند امارات و عربستان سعودی، سیاست‌های محیط‌زیستی و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز تا حدی این اثرات را تعدیل کرده‌اند. این روندها نشان می‌دهد که وابستگی بیش‌ازحد به تأمین‌کنندگان خاص و تمرکز واردات، می‌تواند پیامدهای منفی زیست‌محیطی به همراه داشته باشد. با این حال، بیشتر مطالعات گذشته مرتبط با کشورهای اوپک بر تأثیر کلی تجارت بر محیط‌زیست تمرکز داشته‌اند و نقش ترکیب و تنوع واردات کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از این‌رو این تحقیق به بررسی اثر تنوع و تمرکز واردات بر ردپای اکولوژیکی در کشورهای عضو اوپک با استفاده از داده‌های دوره ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۲ و مدل هم‌انباشتگی داده‌های تابلویی CS-ARDL می‌پردازد. استفاده از شاخص ردپای اکولوژیکی، که طیف وسیعی از پیامدهای زیست‌محیطی را پوشش می‌دهد، زمینه ارائه تحلیلی جامع‌تر را فراهم ساخته و می‌تواند به تدوین سیاست‌های مؤثر در راستای پایداری زیست‌محیطی و توسعه پایدار کمک کند. در ادامه ساختار مقاله به صورت زیر سازمان یافته است که بخش بعد به مبانی نظری، بخش سوم به پیشینه پژوهش و بخش چهارم به روش‌شناسی تحقیق می‌پردازد. بخش پنجم به بررسی و تحلیل نتایج حاصل از برآورد مدل اختصاص دارد و نتیجه‌گیری و پیشنهادها نیز موضوع بخش ششم است.

۲. ادبیات نظری

ادبیات نظری نشان می‌دهد که مکانیزم اقتصادی-زیست‌محیطی که باعث می‌شود تنوع و تمرکز واردات منجر به افزایش یا کاهش ردپای اکولوژیکی شود، پیچیده و چندوجهی است و تحت تأثیر عواملی چون ماهیت واردات، ساختار اقتصادی کشور واردکننده و کارایی استفاده از منابع قرار دارد (Caglar et al, 2021؛ Sharma et al, 2020؛ Yu et al, 2019؛ Shahbaz et al, 2015). بنابراین، هنگام واردات کالاهای سرمایه‌ای و مصرفی، ضروری است که پیامدهای اقتصادی و زیست‌محیطی آن‌ها به دقت مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا، گزارش برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد (UNEP: United Nations Environment Programme) نشان می‌دهد که واردات خودروهای دست‌دوم به کشورهای در حال توسعه و کم‌درآمد، یکی از عوامل تشدید آلودگی هوا بوده است. افزون بر این، نه تنها واردات کالاهای صنعتی، بلکه واردات محصولات مصرفی نیز اغلب موجب افزایش مصرف منابع طبیعی همچون سوخت‌های فسیلی و محصولات کشاورزی شده و در نتیجه، ردپای اکولوژیکی را گسترش داده است. در این زمینه، سه مرحله عمده و پیوسته در تأثیرگذاری واردات بر محیط‌زیست قابل تشخیص است، نخست، مرحله حمل‌ونقل که در آن افزایش جریان کالاها از کشورهای صادرکننده به مقصد، موجب گسترش استفاده از وسایل حمل‌ونقل بین‌المللی و افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی می‌شود. این امر نه تنها منجر به افزایش انتشار دی‌اکسید کربن و سایر آلاینده‌ها می‌شود، بلکه توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل نیز می‌تواند موجب تخریب زیست‌بوم، آلودگی منابع آبی و صوتی شود (Sadorsky, 2012).

دوم، مرحله تولید که به فرآیند تولید کالاهای وارداتی در کشورهای مبدأ مربوط می‌شود. در این مرحله، اغلب کالاهای صادراتی در کشورهایی تولید می‌شوند که استانداردهای زیست‌محیطی ضعیف‌تری دارند و برای حفظ مزیت رقابتی، از سوخت‌های فسیلی ارزان و فناوری‌های پراآلاینده استفاده می‌کنند. این وضعیت موجب افزایش گازهای گلخانه‌ای و زباله‌های صنعتی در مقیاس جهانی شده و نشان‌دهنده نوعی انتقال آلودگی از کشورهای واردکننده به صادرکننده است (Salman et al, 2019).

سوم، مرحله مصرف که به تأثیر مصرف کالاهای وارداتی در کشور مقصد مربوط می‌شود. واردات کالاهایی همچون وسایل الکترونیکی، خودروها و تجهیزات خانگی، به افزایش مصرف انرژی، افزایش تولید زباله و گسترش الگوهای مصرفی منجر می‌شود که در

مجموع، ردپای اکولوژیکی کشورها را افزایش می‌دهد (Liddle, 2018). بنابراین، واردات می‌تواند هم به افزایش ردپای اکولوژیکی و هم به کاهش آن منجر شود.

واردات کالاها و خدمات باعث انتقال ردپای اکولوژیکی «تجسم‌یافته» (Embodied Ecological Footprint) در فرآیند تولید آنها از کشور مبدأ به کشور واردکننده می‌شود. این بدان معناست که مصرف منابع و تولید آلاینده‌ها در کشور تولیدکننده، به ردپای اکولوژیکی کشور واردکننده اضافه می‌شود (Apaydin, 2020). علاوه بر این، تنوع در واردات می‌تواند به معنای افزایش حجم کلی کالاهای وارداتی و در نتیجه افزایش ردپای تجسم‌یافته باشد (Sharma et al, 2023). افزایش مصرف و رشد اقتصادی نیز می‌تواند از طریق جهانی‌شدن تجارت و افزایش واردات به افزایش مصرف کلی در یک کشور منجر شود که این خود تقاضا برای منابع را بالا برده و ردپای اکولوژیکی را افزایش می‌دهد (Apaydin, 2020). از سوی دیگر، واردات کالاهایی که تولید آنها به شدت به منابع طبیعی یا انرژی وابسته است، مانند سوخت‌های فسیلی یا محصولات کشاورزی با تولید فشرده، می‌تواند به طور مستقیم ردپای اکولوژیکی را افزایش دهد (Zhong, 2001).

در مقابل، واردات می‌تواند به کاهش ردپای اکولوژیکی نیز کمک کند. تنوع واردات می‌تواند به افزایش کارایی استفاده از منابع منجر شود، چرا که دسترسی به طیف وسیع‌تری از کالاها و فناوری‌ها از طریق واردات متنوع، ممکن است یک کشور را قادر سازد تا منابع خود را به شکل کارآمدتری مدیریت کند و از این طریق به کاهش ردپای اکولوژیکی کمک کند (Xu et al, 2003). به ویژه واردات فناوری‌های سبز و محصولات دوستدار محیط‌زیست می‌تواند موجب کاهش شدت مصرف منابع و آلودگی در کشور واردکننده شود. همچنین، در صورتی که یک کشور کالاهایی را وارد کند که تولید آنها در داخل کشور به منابع بیشتری نیاز دارد و در عوض کالاهایی را صادر کند که در تولید آنها مزیت نسبی و کارایی بالاتری دارد، می‌تواند به کاهش کلی ردپای اکولوژیکی در سطح جهانی کمک کند.

در مطالعات مختلف، تجارب کشورهای بریکس نشان‌دهنده این است که تنوع واردات به عنوان کاتالیزوری برای افزایش ردپای اکولوژیکی عمل می‌کند (Sharma et al, 2023). در ترکیه، جهانی‌شدن و افزایش واردات منجر به افزایش ردپای اکولوژیکی در زمینه مصرف، تولید و واردات شده است (Apaydin, 2020). همچنین، در ایالات متحده نیز افزایش واردات به افزایش ردپای اکولوژیکی منجر شده است (Cutcu et al, 2025). در چین، تحلیل‌ها نشان داده‌اند که افزایش تنوع ردپای اکولوژیکی می‌تواند ظرفیت توسعه را افزایش دهد و رابطه

مثبتی بین تنوع ردپای اکولوژیکی و کارایی استفاده از منابع وجود دارد. این مطالعات بیانگر آن است که افزایش تنوع ردپای اکولوژیکی می‌تواند منجر به کاهش ردپای اکولوژیکی شود، بدون اینکه کیفیت زندگی به خطر بیفتد (Xu et al, 2003). در نهایت، تراز تجاری در این زمینه می‌تواند تأثیر محصولات وارداتی و صادراتی بر مصرف را تعدیل کند (Zhong, 2001). بنابراین رابطه بین تنوع واردات و ردپای اکولوژیکی به طور کلی پیچیده و چندوجهی است. به طور عمده، افزایش واردات تمایل به افزایش ردپای اکولوژیکی دارد (Apaydin, 2020؛ Cutcu et al, 2025؛ Sharma et al, 2023). با این حال، تنوع در ردپای اکولوژیکی که تحت تأثیر تنوع واردات قرار دارد، می‌تواند از طریق افزایش کارایی استفاده از منابع، به کاهش ردپای اکولوژیکی منجر شود (Xu et al, 2003). بنابراین، این رابطه می‌تواند هم مثبت (افزایش‌دهنده) و هم منفی (کاهش‌دهنده) باشد که به ترکیب و ماهیت کالاهای وارداتی و نحوه مدیریت منابع در کشور واردکننده بستگی دارد.

۳. مروری بر ادبیات تحقیق

۱.۳ مطالعات داخلی

بررسی تأثیر تجارت بر محیط‌زیست همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است، اما نقش تنوع واردات در این زمینه کمتر مورد تحلیل قرار گرفته است. با این حال، تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که سطح تنوع واردات می‌تواند پیامدهای متفاوتی برای پایداری زیست‌محیطی داشته باشد. در ایران پژوهش‌های مختلفی به بررسی اثرات تجارت و عوامل اقتصادی بر محیط‌زیست پرداخته‌اند به عنوان مثال محنت‌فر و همکاران (Mehnatfar et al, 2024) با استفاده از روش کوانتایل، تأثیر پیچیدگی اقتصادی و باز بودن تجارت را بر ردپای اکولوژیکی ۱۸ کشور در حال توسعه آسیا، از جمله ایران، طی دوره ۱۹۹۰-۲۰۲۱ بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که پیچیدگی اقتصادی در چندک‌های پایین موجب کاهش ردپای اکولوژیکی شده، اما در چندک‌های میانی به دلیل افزایش فعالیت‌های صنعتی، به تخریب بیشتر محیط‌زیست منجر شده است. همچنین، تجارت آزاد تأثیر مثبتی بر کیفیت محیط‌زیست داشته، در حالی که جهانی‌شدن و توسعه مالی موجب افزایش ردپای اکولوژیکی شده‌اند.

شیخ‌زین‌الدین و همکاران (Sheikhzeinoddin et al, 2024) در پژوهشی با استفاده از مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) به بررسی رابطه بین ردپای اکولوژیکی سرانه و

بررسی تأثیر تنوع و تمرکز واردات بر ردپای ... (فرشته محمدیان و دیگران) ۱۸۱

توسعه اقتصادی در ایران طی دوره ۱۹۹۰-۲۰۱۸ پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که اثر مقیاس و مصرف انرژی موجب افزایش ردپای اکولوژیکی شده است، اما اثر تکنیک و سیاست‌های تجاری آزاد باعث کاهش تخریب محیط‌زیست شده‌اند.

پارساشریف و همکاران (Parsasharif et al, 2021) نیز با استفاده از روش پانل خودتوضیح برداری با وقفه‌های گسترده (PVAR) تأثیر تولید ناخالص داخلی سرانه، مصرف انرژی، بازبودن تجارت و توسعه مالی را بر ردپای اکولوژیکی در کشورهای منتخب آسیا و اروپا طی دوره ۱۹۹۲-۲۰۱۳ بررسی کردند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که مصرف انرژی، توسعه مالی و تولید ناخالص داخلی سرانه تأثیر مثبتی بر ردپای اکولوژیکی دارند، در حالی که بازبودن تجارت و توان دوم تولید ناخالص داخلی سرانه اثرات کاهشی بر ردپای اکولوژیکی دارند که تأییدکننده فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس است.

فاخر و همکاران (Fakher et al, 2018) با استفاده از سیستم معادلات همزمان، اثر باز بودن تجاری و مالی را بر ردپای اکولوژیکی کشورهای منتخب در حال توسعه طی دوره ۱۹۹۴-۲۰۱۴ بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش باز بودن تجاری موجب افزایش ردپای اکولوژیکی و کاهش کیفیت محیط‌زیست شده است.

طاهری و همکاران (Taheri et al, 2012) نیز در مطالعه‌ای مشابه، اثر تجارت بر انتشار آلودگی را در کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران، طی دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ بررسی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که افزایش تجارت منجر به افزایش انتشار آلودگی شده است، در حالی که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر معناداری بر افزایش آلودگی نداشته است.

۲.۳ مطالعات خارجی

در حوزه مطالعات خارج از کشور نیز گوش و همکاران (Ghosh et al, 2025) با مطالعه ۱۰۲ کشور در حال توسعه و ۳۶ کشور توسعه‌یافته طی دوره ۱۹۹۵-۲۰۲۰، تأثیر تنوع واردات محصولات را در کنار عواملی نظیر درآمد، قیمت نفت، منابع طبیعی، جمعیت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر تقاضای انرژی بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که بین تقاضای کل انرژی و تنوع واردات در هر دو گروه کشورها هم‌انباشتگی بلندمدت معناداری وجود دارد. در مطالعه‌ای مشابه، دای و دو (Dai & Du, 2023) اثر تنوع تجاری، رانت منابع طبیعی، سیاست‌های زیست‌محیطی، منابع انرژی تجدیدپذیر و رشد اقتصادی را

بر ردپای اکولوژیکی کشورهای بریکس طی دوره ۱۹۹۵-۲۰۲۱ بررسی کردند. آن‌ها با استفاده از روش رگرسیون گشتاورهای کوانتیلی (MMQR: Method of Moments Quantile) دریافتند که رانت منابع طبیعی و رشد اقتصادی موجب افزایش فشار زیست‌محیطی شده، در حالی که تنوع تجاری، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی اثرات منفی صنعتی‌سازی را کاهش داده‌اند. مطالعه شارما و همکاران (Sharma et al, 2023) که بر داده‌های ۱۹۹۵-۲۰۱۸ کشورهای بریکس متمرکز بود، نشان داد که تنوع واردات منجر به افزایش ردپای اکولوژیکی شده است، در حالی که تمرکز واردات، با کاهش وابستگی به منابع خارجی و افزایش کارایی، اثرات مثبتی بر محیط‌زیست داشته است.

همچنین، دوزان و همکاران (Doğan et al, 2022) در پژوهشی که کشورهای OECD را طی دوره ۱۹۹۰-۲۰۱۵ بررسی کرد، دریافتند که افزایش تنوع واردات به بهبود بهره‌وری انرژی و کاهش شدت انرژی و انتشار کربن منجر شده است. نتایج این مطالعه که با استفاده از روش‌های حداقل مربعات تعمیم‌یافته (FGLS: Feasible Generalized Least Squares) و حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح‌شده (FMOLS: Fully modified ordinary least squares) به دست آمد، نشان داد که کشورهای توسعه‌یافته توانسته‌اند از طریق سیاست‌های تجاری هوشمندانه، آثار منفی واردات بر محیط‌زیست را به حداقل برسانند.

در پژوهشی دیگر، منگ و همکاران (Meng et al, 2022) تأثیر تنوع تجاری، نوآوری‌های سبز و انرژی‌های تجدیدپذیر را بر انتشار کربن در کشورهای بریکس طی دوره ۱۹۹۵-۲۰۲۰ بررسی کردند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که افزایش تنوع تجاری و توسعه فناوری‌های سبز به کاهش انتشار کربن کمک کرده و موجب بهبود کیفیت محیط‌زیست شده است.

هو و همکاران (Hu et al, 2020) تأثیر تنوع واردات محصولات و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار دی‌اکسید کربن را در یک پنل شامل ۳۵ اقتصاد توسعه‌یافته و ۹۳ اقتصاد در حال توسعه طی دوره ۱۹۹۵-۲۰۱۴ بررسی کردند. در این پژوهش، مدل‌های تجربی بر اساس یک چارچوب نظری محیط‌زیستی طراحی شده و از برآوردهای اثرات همبسته مشترک، به‌ویژه میانگین گروهی (CCE-MG: Common Correlated Effects Specifically Mean) و میانگین گروهی تقویت‌شده (AMG: Augmented Mean Group) استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که تنوع واردات محصولات در اقتصادهای توسعه‌یافته تأثیر منفی و در اقتصادهای در حال توسعه تأثیر مثبت و معناداری بر انتشار کربن دارد. همچنین،

افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر به کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن کمک کرده و نقش مهمی در دستیابی به اهداف تغییرات اقلیمی ایفا می‌کند.

برخلاف مطالعات پیشین که عمدتاً بر تأثیر کلی تجارت بر محیط‌زیست تمرکز داشته‌اند، این پژوهش به‌طور ویژه به بررسی تأثیر تنوع و تمرکز واردات بر ردپای اکولوژیکی در کشورهای عضو اوپک می‌پردازد. شکاف‌های موجود در ادبیات تحقیق نشان می‌دهند که بیشتر مطالعات پیشین، به‌ویژه در زمینه تأثیر تجارت بر محیط‌زیست، بر کشورهای در حال توسعه یا گروه‌های خاصی مانند بریکس متمرکز بوده‌اند و نتایج آن‌ها ممکن است برای کشورهای عضو اوپک که ویژگی‌های اقتصادی و زیست‌محیطی خاصی دارند، قابل‌تعمیم نباشد. برای مثال، مطالعات محنت‌فر و همکاران (Mehnatfar et al, 2024) و شیخ‌زین‌الدین و همکاران (Sheikhzeinoddin et al, 2024) بر تأثیر پیچیدگی اقتصادی و سیاست‌های تجاری آزاد در ایران و کشورهای در حال توسعه تمرکز کرده‌اند، اما نتایج آن‌ها به‌ویژه در زمینه تأثیرات تنوع واردات بر ردپای اکولوژیکی کشورهای اوپک، چندان مورد توجه قرار نگرفته است. همچنین، پژوهش‌های گوش و همکاران (Ghosh et al, 2025) و دای و دو (Dai & Du, 2023) بر تأثیر تنوع واردات در کشورهای در حال توسعه و گروه بریکس تأکید دارند، در حالی که کشورهایمانند اعضای اوپک که به منابع فسیلی وابسته‌اند، ممکن است ویژگی‌های خاصی در این زمینه داشته باشند که نتایج متفاوتی را به‌دنبال دارد. کشورهای عضو اوپک عمدتاً به منابع فسیلی وابسته‌اند و ساختار تجاری آن‌ها بیشتر به صادرات نفت و گاز و وسایل مصرفی معطوف است، که این ویژگی‌ها می‌تواند تأثیرات متفاوتی بر واردات و پایداری زیست‌محیطی داشته باشد. به علاوه، این کشورها معمولاً استانداردهای زیست‌محیطی پایین‌تری دارند و ممکن است واردات کالاهایی با مصرف انرژی بالا و آلایندهی بیشتر را تجربه کنند. در حالی که بسیاری از تحقیقات پیشین به بررسی تأثیر تجارت آزاد یا تنوع واردات در کشورهای توسعه‌یافته پرداخته‌اند، این تحقیق به‌طور خاص بر کشورهای عضو اوپک متمرکز است تا شکاف موجود در ادبیات تحقیق را پر کند.

۴. روش‌شناسی

۱.۴ مدل و متغیرها

به پیروی از مطالعه شارما و همکاران (Sharma et al, 2023) مدل تحقیق به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

$$EFP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 IMD_{it} + \alpha_2 IVA_{it} + \alpha_3 TEC_{it} + \alpha_4 REC_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱)$$

که در آن ردپای اکولوژیکی، IMD تنوع بخشی به واردات، IVA ارزش افزوده صنعتی، TEC نوآوری فناوری و REC مصرف انرژی تجدیدپذیر است. α ضرایب و اندیس های i و t به ترتیب نشان‌دهنده کشورهای مورد مطالعه (شامل ایران، عربستان سعودی، امارات متحده عربی، کویت، عراق، نیجریه، الجزایر، گینه استوایی، کنگو، گابن و لیبی است و به دلیل در دسترس نبودن داده‌ها کشور ونزوئلا از جامعه مورد بررسی حذف شد) و دوره زمانی (۱۹۹۵ تا ۲۰۲۲) هستند. علاوه بر این معادله (۲) برای ارزیابی تأثیر تمرکز واردات بر ردپای اکولوژیکی در کشورهای عضو اوپک استفاده شده است. این شاخص امکان بررسی این موضوع را فراهم می‌کند که آیا تمرکز بر تعداد محدودی از اقلام وارداتی در بلندمدت به کنترل ردپای اکولوژیکی کمک کرده است یا خیر.

$$EFP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 IMC_{it} + \alpha_2 IVA_{it} + \alpha_3 TEC_{it} + \alpha_4 REC_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۲)$$

در معادله (۲)، به جز متغیر تمرکز واردات (IMC) سایر متغیرها همان موارد ذکر شده در معادله (۱) هستند. لازم به ذکر است داده‌های EFP از شبکه ردپای جهانی، شاخص‌های تنوع بخشی به واردات و تمرکز واردات از کنفرانس تجارت و توسعه سازمان ملل متحد (آنکتاد) و ارزش افزوده صنعتی و انرژی تجدیدپذیر از بانک جهانی جمع‌آوری شده است. همچنین برای ایجاد همگنی مقیاس، سری‌های داده به فرم لگاریتم طبیعی تبدیل شده‌اند.

لازم به ذکر است که با توجه به وابستگی ساختاری اقتصاد کشورهای عضو اوپک به درآمدهای نفتی، کیفیت حکمرانی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، تلاش شد تا با گسترش مدل پیشنهادی شارما و همکاران (Sharma et al, 2023)، این متغیرها نیز بر اساس داده‌های بانک جهانی و در چارچوب مدل وارد برآوردها شوند. با این حال، بررسی‌ها نشان داد که ورود متغیر رانت نفتی موجب ایجاد همخطی قابل توجه میان برخی متغیرهای کلیدی مدل و در نتیجه کاهش معناداری ضرایب و افت کیفیت برازش مدل‌ها می‌شود.

افزون بر این، داده‌های مربوط به کیفیت نهادی (WGI) در سال‌های ۱۹۹۷، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۱ موجود نبود و داده‌های سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) نیز برای برخی کشورها، به‌ویژه لیبی، در دوره مورد بررسی کامل و قابل اتکا نبودند. بنابراین، مشابه رویکرد شارما و همکاران (Sharma et al, 2023)، این متغیرها در مدل نهایی استفاده نشدند. در نتیجه، برای دستیابی به اهداف تحقیق، مدل‌های پژوهش مطابق معادلات (۱) و (۲) در نظر گرفته شد. در ادامه، سه شاخص، تنوع‌بخشی به واردات، تمرکز واردات و شاخص فناوری معرفی می‌شوند.

۱.۱.۴ تنوع واردات

با استفاده از مقادیر قدر مطلق، معادله (۳) مکانیزمی را برای محاسبه تنوع‌بخشی واردات یا انحراف یک کشور از واردات کلی جهان ارائه می‌دهد.

$$IMD_j = \sum_i \|I_{ij} - I_i\| / 2 \quad (3)$$

در معادله (۳)، I_{ij} سهم کالای وارداتی (i) از کل واردات کشور (j) را نشان می‌دهد. به‌طور مشابه، I_i سهم یک کالای وارداتی را در کل واردات جهان نشان می‌دهد. اگر مقدار مطلق به عدد یک نزدیک باشد، نشان‌دهنده تنوع‌بخشی بیشتر واردات یک کشور است، در حالی که مقدار نزدیک به صفر بیانگر عدم تنوع در واردات است (Finger & Kreinin, 1979).

۲.۱.۴ شاخص تمرکز واردات

این شاخص به عنوان شاخص هرfindahl-هیرشمن (Herfindahl-Hirschman Index) نیز شناخته می‌شود، مقادیری بین صفر تا یک را ارائه می‌دهد (Finger & Kreinin, 1979).

$$IMC_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \frac{(CI_{ij} WI_j)^2}{1 - \sqrt{\frac{1}{n}}}}{1 - \sqrt{\frac{1}{n}}}} - \sqrt{\frac{1}{n}} \quad (4)$$

در معادله (۴)، IMC شاخص تمرکز واردات یک کشور را نشان می‌دهد. علاوه بر این، CI_{ij} مقدار واردات کالا ی i برای کشور j را نمایش می‌دهد. به‌طور مشابه، واردات جهانی به‌صورت $WI_j = \sum_{i=1}^n CI_{ij}$ تعریف می‌شود. در نهایت، تعداد کالاها در معادله (۴) با n نشان داده شده است (Sharma et al, 2023).

۳.۱.۴ پیشرفت فناوری

پیشرفت تحقیق و توسعه در یک کشور ممکن است تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله تخصیص بودجه برای تحقیق و توسعه، کیفیت آموزش فنی و سیاست‌های دولت در زمینه ترویج تحقیق قرار گیرد (Sinha et al, 2020). در مورد کشورهای عضو اوپک، نمی‌توان انکار کرد که کمک‌های مالی تحقیقاتی، سیاست‌های پژوهشی دولت‌های مربوطه و زیرساخت‌های تحقیقاتی ممکن است با یکدیگر متفاوت بوده باشند. در این صورت، هر شاخص جایگزین برای نوآوری فناوری ممکن است تأثیر متفاوتی بر ردپای اکولوژیکی در میان کشورهای اوپک داشته باشد. بنابراین، برای رسیدگی به این موضوع، یک شاخص نوآوری ایجاد شده است که در آن سوابق سالانه مربوط به علائم تجاری، ثبت اختراعات و کمک‌های مالی تحقیقاتی (به دلار آمریکا) برای هر کشور در نظر گرفته شده است. پس از اعمال مکانیزم مؤلفه‌های اصلی (Principal Component) بر معادله (۵)، شاخص نوآوری به دست می‌آید که در آن به هر یک از مؤلفه‌های در نظر گرفته شده وزن‌های مناسبی اختصاص داده شده است.

$$TCH_{it} = \beta_0 + \beta_1 TA_{it} + \beta_2 PA_{it} + \beta_3 GR_{it} + \mu_{it} \quad (5)$$

در معادله بالا، TA، PA و GR به ترتیب نشان‌دهنده علائم تجاری، ثبت اختراعات و کمک‌های مالی تحقیقاتی برای کشور i در دوره t هستند. نتایج تحلیل مؤلفه اصلی برای شاخص‌های پیشرفت فناوری در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. نتایج تحلیل مؤلفه اصلی برای شاخص‌های پیشرفت فناوری

مؤلفه	مقدار ویژه (واریانس)	درصد واریانس (درصد)	درصد تجمعی واریانس (درصد)
PC1	۲/۷۶۴	۰/۹۲۱	۰/۹۲۱
PC2	۰/۱۸۵	۰/۰۶۱	۰/۹۸۳
PC3	۰/۰۴۹	۰/۰۱۶	۱
مؤلفه‌های اصلی (بردارهای ویژه نرمال شده)			
متغیر اولیه	PCA1	PCA2	PCA3
TA	۰/۵۸۲	-۰/۴۷۳	۰/۶۶۱
PA	۰/۵۶۲	۰/۸۲۱	۰/۰۹۳
GR	۰/۵۸۷	-۰/۳۱۷	-۰/۷۴۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به بخش پایینی جدول سه مؤلفه اصلی PCA1، PCA2 و PCA3 به دست آمده است که هر یک از آنها به صورت یک ترکیب خطی از متغیرهای اولیه TA، PA و GR تعریف می‌شود. افزون بر این مقادیر ویژه ماتریس واریانس کوواریانس متغیرهای اولیه در بخش بالایی جدول گزارش شده‌اند، هر یک از این مقادیر ویژه بیانگر واریانس یکی از مؤلفه‌های اصلی است و بردار ویژه استاندارد شده مربوطه نیز بیانگر وزن‌ها با ضرایب متغیرهای اولیه در ترکیب خطی تشکیل‌دهنده آن مؤلفه است. هر یک از مؤلفه‌های اصلی درصدی از کل واریانس متغیرهای اولیه را توضیح می‌دهد که در بخش بالایی جدول گزارش شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود مؤلفه‌های اصلی PCA1، PCA2 و PCA3 به ترتیب ۰/۹۲، ۰/۰۶ و ۰/۰۱ درصد از کل واریانس متغیرهای اولیه را توضیح می‌دهند. بر این اساس اولین مؤلفه اصلی (PCA1) به تنهایی ۰/۹۲ درصد از کل واریانس یا تغییرپذیری متغیرها را توضیح می‌دهد و به‌عنوان وزن شاخص کلی پیشرفت فناوری انتخاب می‌شود.

در جدول (۲)، میانگین متغیرهای تحقیق طی سه بازه زمانی ۱۹۹۵-۲۰۰۸، ۲۰۰۸-۲۰۰۹ و ۲۰۲۲-۱۹۹۵ برای کشورهای مورد بررسی ارائه شده است. بررسی این داده‌ها تصویری روشن از وضعیت ایران در مقایسه با سایر کشورها و متوسط اوپک در زمینه‌های زیست‌محیطی، تجاری، صنعتی و فناورانه ترسیم می‌کند. در زمینه ردپای اکولوژیکی، متوسط ایران معادل ۱/۷ واحد ثبت شده که بالاتر از میانگین اوپک یعنی ۱/۴ واحد است. این رقم حاکی از فشار زیست‌محیطی بالاتری در ایران نسبت به بسیاری از کشورهای عضو اوپک است، به‌ویژه کشورهایی مانند نیجریه، گینه و کنگو که ردپایی بین ۰/۶ تا ۰/۹ واحد دارند. تنها کشورهایی نظیر امارات (۶/۳) و عربستان (۲/۹) دارای میزان بالاتری هستند که به‌واسطه ساختارهای مصرف انرژی و اقتصادهای پرکربن قابل توجیه‌اند. در شاخص تنوع واردات، ایران با مقدار ۰/۴۱ دقیقاً در سطح متوسط اوپک قرار دارد. کشورهایی مانند کنگو (۰/۵۵) و عراق (۰/۵۳) از تنوع وارداتی بیشتری برخوردارند که به افزایش تاب‌آوری آنها در برابر شوک‌های خارجی کمک می‌کند. در مقابل، کشورهایی همچون عربستان (۰/۳۴) و امارات (۰/۳۵) دارای سبد وارداتی محدودتری هستند. اگرچه وضعیت ایران در این زمینه قابل قبول است، اما با توجه به نوسانات جهانی، افزایش تنوع واردات می‌تواند یکی از راهبردهای کلیدی در بهبود پایداری اقتصادی کشور باشد. بررسی شاخص تمرکز واردات نیز نشان می‌دهد که ایران با عدد ۰/۰۷، کم‌ترین میزان تمرکز را در بین کشورهای اوپک دارد. این ساختار متنوع وارداتی، ریسک وابستگی به یک یا چند کشور محدود را کاهش

می‌دهد و نوعی مزیت راهبردی محسوب می‌شود. در مقابل، کشورهای مانند کنگو (۰/۲۵) و گینه (۰/۲۱) به دلیل تمرکز بالای واردات، بیشتر در معرض آسیب‌های ناشی از تحولات تجاری هستند. ایران از این منظر، وضعیت بهتری نسبت به متوسط اوپک (۰/۱۳) دارد. در خصوص ارزش افزوده بخش صنعت (بر حسب دلار ثابت ۲۰۱۵)، ایران با میانگین ۱۳۱/۸ میلیارد دلار در جایگاه سوم پس از عربستان (۲۴۰/۳ میلیارد دلار) و امارات (۱۴۱/۴ میلیارد دلار) قرار دارد. این نشان‌دهنده سهم قابل‌توجه بخش صنعت در ساختار اقتصادی کشور است. میانگین شاخص فناوری نیز برتری برجسته ایران نسبت به سایر اعضای اوپک را نمایش می‌دهد. با میانگین ۵۲۸۴۸، ایران فاصله معناداری با سایر کشورها دارد و حتی از عربستان (۲۶۵۰) و امارات (۱۳۱۶) نیز پیشی گرفته است. این شکاف فناورانه، بیانگر ظرفیت بالای کشور در تولید دانش و نوآوری است و می‌تواند پایه‌گذار توسعه پایدار و کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی در بلندمدت باشد. در زمینه مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، ایران با میانگین ۰/۰۹ درصد در سطحی پایین‌تر از کشورهای آفریقایی مانند نیجریه (۸۳/۹ درصد) و کنگو (۹۵/۷ درصد) قرار دارد. با این حال، عملکرد آن نسبت به کشورهای عربستان (۰/۰۱ درصد) و امارات (۰/۲۳ درصد) مطلوب‌تر است. این آمار نشان می‌دهد که با وجود ظرفیت‌های گسترده در حوزه انرژی‌های پاک، گذار ایران به سمت این منابع همچنان محدود باقی مانده و نیازمند سیاست‌گذاری فعال و سرمایه‌گذاری هدفمند است. به طور کلی بر اساس جدول (۱)، ایران در برخی شاخص‌ها همچون تمرکز واردات و فناوری عملکردی فراتر از میانگین اوپک دارد و از جایگاهی رقابتی برخوردار است. با این حال، در حوزه‌هایی مانند ردپای اکولوژیکی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، کشور نیازمند تغییر مسیر به سمت الگوهای پایدارتر توسعه است.

جدول ۲. متوسط متغیرهای تحقیق برای کشورهای مورد بررسی

متغير	دہائی اکولوزی	متوسط دورہ	ایران	الجزائر	کنگو	گینہ	گابن	عراق	کویت	لیبی	نیجریہ	عروستان	امارات
		۱۹۹۵-۲۰۰۸	۱/۵	۰/۹	۰/۶	۰/۷	۱/۲	۰/۸	۳/۷	۱/۸	۰/۶	۲/۲	۶/۹
		۲۰۰۹-۲۰۲۲	۲	۰/۱	۰/۷	۱/۱	۱/۴	۱	۵/۲	۲/۵	۰/۶	۳/۷	۵/۷
ک			۱/۷	۱/۲	۰/۶	۰/۹	۱/۳	۰/۹	۴/۴	۰/۴	۰/۶	۲/۹	۶/۳

بررسی تأثیر تنوع و تمرکز واردات بر ردپای ... (فرشته محمدیان و دیگران) ۱۸۹

متغیر	تنوع واردات			تمرکز واردات			ارزش افزوده بخش صنعت			شاخص فناوری			مصرف انرژی تجدیدپذیر		
	متوسط دوره	۱۹۹۵-۲۰۰۸	۲۰۰۹-۲۰۲۲	کل	۱۹۹۵-۲۰۰۸	۲۰۰۹-۲۰۲۲	کل	۱۹۹۵-۲۰۰۸	۲۰۰۹-۲۰۲۲	کل	۱۹۹۵-۲۰۰۸	۲۰۰۹-۲۰۲۲	کل	۱۹۹۵-۲۰۰۸	۲۰۰۹-۲۰۲۲
	ایران	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۱۱۷۷۸۶	۱۴۵۹۲۴	۱۳۱۸۵۵	۱۸۰۲	۱۰۳۸۹۴	۵۲۸۴۸	۰/۸۷	۰/۹۳	۰/۹۰
	الجزایر	۰/۴۷	۰/۰۳	۰/۴۵	۰/۰۸	۰/۱۴	۵۶۷۵۲	۳۴۷۸	۶۱۲۱۵	۲۵/۱۹	۳۷۸۲	۱۵۰۶	۰/۴۴	۰/۰۷	۰/۳۰
کنگو	۰/۵۱	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۸۵	۰/۳۶	۱۶۰۳۲	۵۶۲۰	۱۶۰۳۲	۱۰۸۲۶	۰/۰۲	۴۵/۱۴	۲۲/۵۸	۹۷/۴۴	۹۵/۹۵	۹۵/۶۹
گینه	۰/۴۵	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۲۱	۰/۲۱	۷۲۸۹	۸۵۱۷	۷۲۸۹	۷۵۰۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۷/۰۳	۵/۴۹	۲۱/۲۶
گابن	۰/۴۴	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۰۸	۰/۲۲	۶۵۹۸	۷۱۳۶	۶۵۹۸	۶۸۶۷	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۳	۷۸/۲۱	۸۵/۷۴	۸۱/۹۸
عراق	۰/۵۹	۰/۴۷	۰/۵۳	۰/۱۴	۰/۰۶	۷۳۵۸۰	۳۵۸۸۰	۷۳۵۶۴	۵۴۷۲۲	۶	۳۲۷	۱۶۶	۰/۸۴	۱/۰۵	۰/۹۵
کویت	۰/۴۵	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۲۳	۰/۰۹	۶۳۰۰۸	-	۶۳۰۰۸	۶۳۰۰۸	۰/۰۷	۴۲۵	۲۱۲	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲
لیبی	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۱۱	۳۷۱۵۲	۳۷۸۸۸	۳۷۱۵۲	۱۰۳۳۱	۰/۸۵	۰/۰۰	۰/۶۹	۲/۵۴	۲/۸۲	۰/۳۳
نیجریه	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۰۸	۰/۱۵	۹۱۸۳۰	۷۱۷۲۶	۹۱۸۳۰	۸۱۷۷۸	۰/۰۱	۴۰۵۹	۲۰۳۰	۵۸/۶۸	۸۲/۱۹	۸۳/۹۴
عربستان	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۰۸	۰/۰۸	۲۸۱۱۱۰	۱۹۹۶۶۱	۲۸۱۱۱۰	۳۴۰۳۸۵	۳۸	۵۲۶۲	۲۶۵۰	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۱
امارات	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۰۸	۰/۱۲	۱۵۵۲۹۱	۱۱۷۳۳۵	۱۵۵۲۹۱	۱۴۱۷۸۹	۰/۰۰	۲۶۳۲	۱۳۱۶	۰/۱۰	۰/۳۵	۰/۲۳

ماخذ: یافته‌های پژوهش

۲.۴ روش برآورد مدل

شوکی‌های اقتصادی در یک کشور ممکن است از طریق کانال‌های تجاری یا اجتماعی-سیاسی بر سایر کشورها تأثیر بگذارند (Sharma et al, 2021). ارتباطات اقتصادی بین کشورهای عضو اوپک می‌تواند به ایجاد همگرایی بلندمدت منجر شود. بنابراین، بررسی وابستگی متقابل (CD: Cross-Country Dependency) بین کشورها در دوره مطالعه ضروری است. برای انجام این کار، از آزمون پیشنهادی پسران (Pesaran, 2004)، استفاده می‌شود. در صورتی که مقادیر محاسبه شده این آزمون معنادار باشند، فرضیه صفر مبنی بر عدم همگرایی بین کشورها رد خواهد شد. به عبارت دیگر، وجود همگرایی بین کشوری تأیید شده و در نتیجه، استفاده از آزمون‌های سستی بررسی مانایی ممکن است معتبر نباشد. آزمون پسران (Pesaran, 2004)، به‌ویژه در شرایطی مناسب است که تعداد کشورها کم اما بازه زمانی مطالعه نسبتاً طولانی باشد. روش محاسبه این آزمون در معادله (۶) ارائه شده است.

$$CD = \frac{\sqrt{2TI}}{CO(CO-1)} \left(\sum_{i=1}^{CO-1} \sum_{j=i+1}^{CO} rc_{ij} \right) \quad (6)$$

در معادله (۶)، TI نشان‌دهنده دوره زمانی مطالعه و CO معرف کشورهای مورد بررسی است. مقدار rc_{ij} نشان‌دهنده مقادیر همبستگی ترکیبی است که از باقی‌مانده‌های مدل محاسبه می‌شود. در صورتی که همگرایی بین کشوری تأیید شود، لازم است از آزمون‌هایی برای بررسی مانایی استفاده شود که بتوانند مانایی را در حضور وابستگی بین کشوری تعیین کنند. در چنین شرایطی، آزمون‌های سستی مانند دیکی-فولر تعمیم یافته (ADF: Augmented Dickey-Fuller) و لوین-لین-چو (LLC: Levin-Lin-Chu) ممکن است یک سری زمانی را مانا گزارش کنند، در حالی که در واقع ممکن است این سری زمانی نامانا باشد. استفاده از داده‌های نامانا می‌تواند منجر به نتایج نادرست و در نهایت، سیاست‌گذاری‌های اشتباه شود. در این زمینه، آزمون پسران (Pesaran, 2007)، گزینه مناسبی است، زیرا این آزمون علاوه بر در نظر گرفتن وابستگی بین کشوری، شکست‌های ساختاری احتمالی در سری‌های زمانی را نیز لحاظ می‌کند. این آزمون که مبتنی بر آمار دیکی-فولر تعمیم‌یافته است، تحت عنوان آزمون CADF شناخته می‌شود. روش اقتصادسنجی مربوط به آزمون CADF در معادله (۷) ارائه شده است.

$$\Delta \chi_{i,t} = \alpha_i + \theta_1 \chi_{i,t} + \gamma \Delta \bar{\chi}_{i,1} + \phi_1 \Delta \bar{\chi}_t + \mu_{i,t} \quad (7)$$

در معادله (۷)، میانگین مقاطع عرضی ($\bar{\chi}$) با استفاده از فرمول $\bar{\chi}_t = n^{-1} \sum_{i=1}^n \chi_{it}$ محاسبه می‌شود، جایی که ۱۱ کشور ($i = 1, \dots, 11$) در یک بازه زمانی ($t = 1, \dots, T$) مشخص مورد مطالعه قرار می‌گیرند. همبستگی احتمالی میان χ_{it} از طریق میانگین‌گیری از مقادیر آن بررسی می‌شود. در این آزمون، $\theta_i = 0$ به عنوان فرضیه صفر در نظر گرفته می‌شود، در حالی که $\theta_i < 0$ فرضیه جایگزین را نشان می‌دهد. علاوه بر این آزمون وسترلوند (Westerlund, 2007) برای بررسی ارتباط بلندمدت بین متغیرهای مورد مطالعه زمانی مناسب است که مجموعه داده‌های پانلی دارای همگرایی یا وابستگی باشد. در کشورهای اوپک، احتمال وابستگی متقابل بین کشورها را نمی‌توان نادیده گرفت. بنابراین، در چنین شرایطی از این آزمون هم‌وابستگی استفاده می‌شود تا ارتباط بین متغیرها تأیید شود. در صورتی که مقادیر محاسبه‌شده این آزمون از نظر آماری معنادار باشند، می‌توان اطمینان حاصل کرد که مدل‌های انتخاب‌شده برای تحلیل بلندمدت مناسب هستند. از مزایای دیگر آزمون وسترلوند (Westerlund, 2007) این است که جمله تصحیح خطا را همراه با سرعت تعدیل ارائه می‌دهد و همچنین امکان استفاده از روش بوت‌استرپ را برای محاسبه چهار مقدار آزمون متمایز فراهم می‌کند (Altıntaş & Kassouri, 2020). سازوکار محاسباتی ارائه‌شده در معادله (۸) به تعیین مقادیر متمایز برای آزمون وسترلوند کمک می‌کند.

$$\Delta \chi_{i,t} = \gamma_i c_t + \phi_i (\chi_{i,t-1} - \alpha Z_{i,t-1}) + \sum_{m=1}^{pt} \phi_{i,m} \Delta \chi_{i,t-m} + \sum_{m=-qt}^{pt} \beta_{i,m} \Delta Z_{i,t-m} + \mu_{i,t} \quad (8)$$

برای انجام تحلیل، داده‌های بین‌کشوری در برابر زمان مورد استفاده قرار می‌گیرند و به ترتیب با (i) و (t) نمایش داده می‌شوند. ضرایب مربوط به جملات تصحیح خطا و مؤلفه‌های روند یا ثابت نیز به ترتیب با ϕ_i و c_t نشان داده می‌شوند. برای محاسبه مقادیر $(\bar{\mu}_{i,t})$ و $(\bar{\beta}_{i,t})$ از روش حداقل مربعات استفاده می‌شود. سپس، با استفاده از روش اقتصادسنجی ارائه‌شده در معادله (۹)، مقادیر واریانس نیوی-وست (Newey-West variance) محاسبه می‌شوند.

$$\bar{\varepsilon}_{i,t} = \sum_{m=-qi}^{pi} \bar{\beta}_{i,t} \Delta Z_{i,t-m} + \bar{\mu}_{i,t} \quad (9)$$

پس از آن، مقادیر $\bar{\Phi}_i = \frac{\bar{\Phi}_{ui}}{\bar{\Phi}_{zi}}$ محاسبه خواهند شد. برای برآورد هر دو نوع تخمین زن واریانس ($\bar{\Phi}_{zi}$ و $\bar{\Phi}_{ui}$) از مقادیر $(\bar{\epsilon}_{i,t})$ و $\Delta\chi_{i,t}$ استفاده می‌شود. علاوه بر این، مقادیر $Gt\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\Phi_i}{ste\Phi_i}\right)$ و $Ga\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{T\bar{\Phi}_i}{\bar{\Phi}_{i,(l)}}\right)$ با استفاده از انحراف معیار (ste) تخمین زده می‌شوند. به‌طور مشابه، مقادیر $Pt\left(\frac{\bar{\Phi}}{ste\Phi}\right)$ و $Pa(T\bar{\Phi})$ محاسبه خواهند شد. برای انجام این کار، فرایند $set(\bar{\Phi}) = (este_n^2)^{-1/2} \left(\sum_{i=1}^n \sum_{t=2}^T \bar{\Phi}_{i,t-1}^2 \right)$ اجرا می‌شود. در اینجا $este_n^2 = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \frac{\Phi_i}{\bar{\Phi}_{i,(l)}} \right)$ و انحراف معیار $(\bar{\delta}_i)$ که از معادله (۹) محاسبه شده‌اند برای به دست آوردن مقدار $este_n^2$ استفاده می‌شوند.

از آنجا که ممکن است وابستگی تجاری میان کشورهای عضو اوپک به همگرایی اقتصادی و زیست‌محیطی در این کشورها منجر شده باشد. در این چارچوب، عوامل اقتصادی مورد بررسی احتمالاً تأثیر مشابهی بر ردپای اکولوژیکی کشورهای عضو اوپک داشته‌اند. از این رو، با بهره‌گیری از رویکرد CS-ARDL، ضرایب مشترک برآورد می‌شوند تا زمینه تدوین یک چارچوب سیاستی مشترک برای کنترل آلودگی زیست‌محیطی فراهم شود. سایر روش‌های پانلی، از جمله حداقل مربعات کاملاً اصلاح‌شده (FMOLS) و میانگین گروهی (MG: Mean Group) در صورت وجود همگرایی میان کشورها، قدرت تبیین کمتری دارند (Sharma et al, 2023). علاوه بر این، امکان محاسبه ضرایب برای دو دوره زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت را همراه با نرخ تعدیل فراهم می‌کند. این روش همچنین توانایی مدیریت کارآمد شکست‌های ساختاری و شوک‌های مشترک را دارد (Sharma et al, 2023). بنابراین برای دستیابی اهداف تحقیق، با بهره‌گیری از مدل CS-ARDL، تأثیرات کوتاه‌مدت و بلندمدت تنوع واردات، تمرکز واردات، ارزش افزوده صنعتی، نوآوری فناوری و مصرف انرژی تجدیدپذیر بر ردپای اکولوژیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد زیرا به شناسایی الگوهای اقتصادی و زیست‌محیطی در کشورهای اوپک کمک می‌کند و می‌تواند مبنای سیاست‌گذاری برای کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی و ارتقاء پایداری در این کشورها باشد.

۵. نتایج برآورد مدل

برای بررسی همخطی متغیرهای مدل از ماتریس همبستگی استفاده شده است که نتایج آن در جدول (۳) نشان می‌دهد که همبستگی شدیدی بین متغیرهای مدل وجود ندارد.

بررسی تأثیر تنوع و تمرکز واردات بر ردپای ... (فرشته محمدیان و دیگران) ۱۹۳

جدول ۱. نتایج آزمون همبستگی بین متغیرها

REC	TEC	INV	IMD	IMC	EFP	Correlation
						Probability
					۱ ---	EFP
				۱ ---	-۰/۱۶۱ ۰/۰۰۴	IMC
			۱ --	-۰/۵۲۷ ۰/۰۰۰	-۰/۵۷۸ ۰/۰۰۰	IMD
		۱ --	-۰/۰۰۷ ۰/۸۹۱	-۰/۱۳۱ ۰/۰۲۱	-۰/۰۴۰ ۰/۴۷۷	INV
	۱ --	۰/۳۲۰ ۰/۰۰۰	-۰/۳۴۹ ۰/۰۰۰	-۰/۱۷۷ ۰/۰۰۱	-۰/۱۳۶ ۰/۰۱۶	TEC
۱	-۰/۲۹۸ ۰/۰۰۰	۰/۰۲۱ ۰/۷۰۴	۰/۴۳۶ ۰/۰۰۰	۰/۲۶۸ ۰/۰۰۰	-۰/۶۵۶ ۰/۰۰۰	REC

مأخذ: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد، به دلیل احتمال وجود اشتراکات اقتصادی بین کشورهای عضو اوپک، این کشورها ممکن است شوک‌های مشترک بین کشوری ایجاد کرده باشند. بنابراین، برای تأیید این موضوع، از آزمون‌های وابستگی مقطعی (CD) استفاده شد که نتایج آن‌ها در جدول (۴) ارائه شده است. بر اساس نتایج آزمون، فرضیه صفر رد می‌شود؛ این بدان معناست که کشورهای مورد بررسی در گروه اوپک شوک‌های مشترکی ایجاد کرده‌اند و در بلندمدت بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند؛ بنابراین، لازم است برای بررسی پایایی سری‌ها از آزمون CADF استفاده شود.

جدول ۲. نتایج آزمون وابستگی مقطعی

متغیر	نماد	آماره	احتمال
ردپای اکولوژی	EFP	۱۵/۳۵۹***	۰/۰۰۰
تنوع واردات	IMD	۰/۹۱	۰/۳۶۳
تمرکز واردات	IMC	۱/۱۵۲	۰/۲۴۹
ارزش افزوده بخش صنعت	INV	۱۹/۷۵۲***	۰/۰۰۰

متغیر	نماد	آماره	احتمال
شاخص فناوری	TECH	۱۱/۳۲۴***	۰/۰۰۰
مصرف انرژی تجدیدپذیر	REC	-۰/۱۶۲	۰/۸۷۱

نکته: **، نشان‌دهنده معناداری در سطح ۱ درصد است.

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در جدول (۵) نتایج آزمون ریشه واحد CADF ارائه شده است که بر اساس آن؛ پس از در نظر گرفتن وابستگی مقطعی میان کشورها متغیرهای تحقیق در درجات مختلفی از (۰) I و (۱) I مانا می‌شوند، که این امر بررسی رابطه بلندمدت میان متغیرها را ضروری می‌کند. برای انجام این بررسی، آزمون وسترلوند (Westerlund, 2007) انجام شده است.

جدول ۳. نتایج آزمون ریشه واحد CADF

متغیر	نماد	در سطح		در تفاضل اول	
		آماره	احتمال	آماره	احتمال
ردپای اکولوژی	EFP	-۲/۱۰۳	۰/۱۲۷	-۴/۰۱۹***	۰/۰۰۰
تنوع واردات	IMD	-۱/۳۵۰	۰/۹۲۴	-۳/۲۳۳***	۰/۰۰۰
تمرکز واردات	IMC	-۱/۷۶۳	۰/۵۰۹	-۴/۰۲۳***	۰/۰۰۰
ارزش‌افزوده بخش صنعت	INV	-۲/۳۸۷**	۰/۰۱۷	-۳/۳۹۳***	۰/۰۰۰
شاخص فناوری	TECH	-۲/۱۸۷*	۰/۰۷۷	-۳/۱۶۳***	۰/۰۰۰
مصرف انرژی تجدیدپذیر	REC	-۱/۹۶۲	۰/۲۵۵	-۳/۲۲۴***	۰/۰۰۰

نکته: **، *، به ترتیب نشان‌دهنده معناداری در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد است.

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در جدول (۶) مقادیر محاسبه‌شده برای آزمون وسترلوند (Westerlund, 2007) در هر دو مدل معنادار هستند، این نتیجه نشان می‌دهد که بین ردپای اکولوژیکی و متغیرهای تنوع واردات و تمرکز واردات یک هم‌انباشتگی بلندمدت برقرار است. بنابراین، می‌توان انتظار داشت که این دو تابع متمایز، نتایج معناداری برای تدوین سیاست‌ها ارائه دهند.

جدول ۴. نتایج آزمون هم‌انباشتگی و سترلند

آمار ه	مدل تنوع واردات		مدل تمرکز واردات	
	ارزش	احتمال روبست (Robust p-value)	ارزش	احتمال روبست
Gt	-۳/۳۶۴***	۰/۰۰۰	-۳/۵۶۹***	۰/۰۰۰
Ga	-۱۰/۵۰۳***	۰/۰۰۰	-۴/۹۵۰	۱/۰۰۰
Pt	-۱۰/۵۵۶***	۰/۰۰۰	-۱۰/۵۵۴***	۰/۰۰۰
Pa	-۱۵/۸۱۳***	۰/۰۰۰	-۱۴/۱۳۲***	۰/۰۰۰

نکته: ***، **، * به ترتیب نشان‌دهنده معناداری در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد است.

مأخذ: یافته‌های پژوهش

پس از تأیید وجود رابطه بلندمدت، مدل‌های تحقیق از روش CS-ARDL برآورد می‌شود. چودیک و پسران (Chudik & Pesaran, 2015) بیان می‌کنند که ترکیب پویایی و ناهمگنی ضرایب در مدل پانل دیتا ایجاب می‌کند که علاوه بر متوسط‌های مقطعی متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی مشاهده شده، تعداد نامحدودی از وقفه‌هایشان برای حذف عوامل مشترک مشاهده نشده به مدل مورد نظر افزوده شود. از آنجایی که چنین عملی در نمونه‌های محدود امکان‌پذیر نیست، آنان پیشنهاد می‌کنند که طول وقفه‌ها بر اساس $[T^{1/3}]$ تعیین شود؛ بنابراین برای برآورد مدل در این تحقیق وقفه ۳ در نظر گرفته شد که بر اساس معیار اطلاعاتی آکائیک (AIC)، تعداد وقفه‌های بهینه برای متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی در مدل تصحیح خطا به ۱ کاهش یافت. نتایج برآورد مدل‌های تحقیق با استفاده از روش CS-ARDL در جدول (۷) ارائه شده است. یافته‌ها برای کشورهای عضو اوپک نشان می‌دهد که وقفه ردپای اکولوژیکی در هر دو مدل دارای تأثیر منفی و معنادار در سطح یک درصد است (۰/۸- در مدل تنوع واردات و ۰/۹- در مدل تمرکز واردات). همچنین، ضریب تصحیح خطا که منفی و معنادار به دست آمده، بیانگر آن است که در صورت وقوع یک شوک زیست‌محیطی، اقتصادهای اوپک با سرعت بالایی به تعادل بازمی‌گردند. در کوتاه‌مدت، تنوع واردات تأثیر مثبت و معناداری بر ردپای اکولوژیکی کشورهای اوپک دارد (با ضریب ۰/۳۳۸ در سطح ۵ درصد)، که نشان‌دهنده افزایش فشار بر محیط‌زیست در نتیجه گسترش منابع تأمین کالاها است. این اثر می‌تواند ناشی از افزایش واردات کالاهای صنعتی و مصرفی با ردپای کربنی بالا، تغییر در ساختار تجاری و رشد حمل‌ونقل بین‌المللی

باشد. در بلندمدت نیز این رابطه مثبت و معنادار است (با ضریب ۰/۱۷۷ در سطح ۵ درصد)، که بیانگر اثر مثبت گسترش شرکای تجاری بر تخریب محیط‌زیست در این کشورها است. مطابق با نتایج این مطالعه، هو و همکاران (Hu et al, 2020) و شارما و همکاران (Sharma et al, 2023) نشان دادند که تنوع‌بخشی به واردات در کشورهای در حال توسعه منجر به افزایش انتشار کربن شده است. در مورد کشورهای اوپک لازم است به دلایل ساختاری دیگری که ممکن است این اثرات منفی را تشدید کنند، توجه داشت. وابستگی کشورهای اوپک به درآمد نفتی یکی از عوامل اساسی است که باعث می‌شود این کشورها بیشتر به منابع فسیلی خود تکیه کنند و توجه کمی به اثرات زیست‌محیطی ناشی از واردات کالاهای صنعتی و مصرفی داشته باشند. این وابستگی به نفت موجب می‌شود که سیاست‌های اقتصادی و تجاری بیشتر به سودآوری از منابع فسیلی متمرکز شود، در حالی که پایداری زیست‌محیطی در اولویت قرار نمی‌گیرد. علاوه بر این، ضعف در سیاست‌های زیست‌محیطی و عدم نظارت مؤثر بر واردات کالاهای آلاینده نیز از دیگر دلایل ساختاری است که می‌تواند باعث اثر منفی تنوع واردات بر محیط زیست شود. به عبارت دیگر، گسترش واردات کالاهای آلاینده بدون توجه به استانداردهای زیست‌محیطی می‌تواند فشار بیشتری بر محیط‌زیست وارد آورد، خصوصاً در کشورهایی که به طور گسترده به فناوری‌های آلاینده و انرژی‌های فسیلی متکی هستند. این در حالی است که نتایج نشان می‌دهد، تمرکز واردات در کوتاه‌مدت تأثیر مثبت اما غیرمعنادار داشته و در بلندمدت نیز همچنان غیرمعنادار باقی می‌ماند. این یافته نشان می‌دهد که وابستگی وارداتی به تعداد محدودی از کشورها یا کالاها تأثیر مستقیمی بر پایداری زیست‌محیطی کشورهای اوپک ندارد. ارزش افزوده بخش صنعت در کوتاه‌مدت تأثیر مثبت و معناداری بر ردپای اکولوژیکی دارد (با ضرایب ۰/۱۲۲ در مدل تنوع واردات و ۰/۲۱۷ در مدل تمرکز واردات، هر دو در سطح ۱۰ درصد). این نتیجه مشابه نتایج مطالعه وانگ و همکاران (Wang et al, 2011) نشان می‌دهد که رشد صنعتی در کشورها منجر به افزایش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها شده است. در بلندمدت نیز این رابطه همچنان مثبت و معنادار باقی می‌ماند (با ضرایب ۰/۰۶۷ در مدل تنوع واردات و ۰/۱۱۳ در مدل تمرکز واردات، هر دو در سطح ۱۰ درصد)، که تأیید می‌کند بخش صنعت در کشورهای اوپک موجب افزایش ردپای اکولوژیکی می‌شود.

شاخص فناوری در کوتاه‌مدت و بلندمدت در هر دو مدل تنوع و تمرکز واردات تأثیر منفی اما غیرمعناداری بر ردپای اکولوژیکی دارد. این نتیجه بیانگر آن است که فناوری‌های موجود در کشورهای اوپک تأثیر قابل توجهی بر کاهش تخریب محیط‌زیست نداشته‌اند. این مسئله می‌تواند ناشی از وابستگی این کشورها به فناوری‌های صنعتی آلاینده و عدم استفاده گسترده از فناوری‌های پاک باشد. مطابق با نتایج این مطالعه، سینه‌ها و همکاران (Sinha et al, 2021) نیز گزارش کردند که نوآوری فناوری در کاهش ردپای محیط‌زیستی کشورهای منطقه آسیا-اقیانوسیه ناکارآمد بوده است. علاوه بر این، مطالعه آن‌ها نشان داد که بیشتر هزینه‌های این کشورها احتمالاً صرف افزایش تولید صنعتی شده، که به نوبه خود موجب افزایش تولید صنعتی، اما به بهای کاهش کیفیت زیست‌محیطی شده است. این درحالی است که مصرف انرژی تجدیدپذیر در کوتاه‌مدت در هر دو مدل تأثیر منفی بر ردپای اکولوژیکی دارد، اما این تأثیر تنها در مدل تمرکز واردات از نظر آماری نزدیک به سطح معناداری است (در مدل تنوع واردات، ضریب -0.284 با احتمال 0.249 و در مدل تمرکز واردات، ضریب -0.329 با احتمال 0.094). این نتیجه حاکی از آن است که کشورهایی از اوپک که سهم بیشتری از انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد مصرفی خود دارند، تا حدی توانسته‌اند اثرات منفی زیست‌محیطی را کاهش دهند، اگرچه این اثر هنوز به طور کامل تثبیت نشده است. در بلندمدت، تأثیر این متغیر در مدل تنوع واردات اندک و غیرمعنادار است (با ضریب -0.009 و احتمال 0.804)، اما در مدل تمرکز واردات اثر منفی آن تا حدی تقویت شده و به سطح معناداری نزدیک شده است (با ضریب -0.162 و احتمال 0.089). این یافته نشان می‌دهد که در برخی کشورهای اوپک، هرچند استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در بلندمدت می‌تواند کاهش ردپای اکولوژیکی را تسریع کند، اما این روند هنوز در مراحل اولیه قرار دارد و برای دستیابی به تأثیرات پایدار و معنادار، گذار به این منابع نیازمند زمان، سرمایه‌گذاری و سیاست‌های حمایتی بیشتری است. در همین راستا، شارما و همکاران (Sharma et al, 2021) نیز بر لزوم استفاده گسترده از انرژی تجدیدپذیر (در کشورهای منتخب جنوب و جنوب شرق آسیا) تأکید کردند، زیرا فرآیندهای تولید در این کشورها عمدتاً بر پایه سوخت‌های فسیلی است. به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که در کشورهای عضو اوپک، تنوع واردات و رشد صنعتی موجب افزایش ردپای اکولوژیکی شده است، در حالی که انرژی‌های تجدیدپذیر و نوآوری‌های فناورانه می‌توانند اثرات کاهشی داشته باشند.

جدول ۵. نتایج برآورد مدل‌های تحقیق CS-ARDL

مدل تنوع واردات		مدل تمرکز واردات		نماد	متغیر
احتمال	ضریب	احتمال	ضریب		
					نتایج برآورد کوتاه‌مدت
۰/۰۰۰	-۰/۹۸۱***	۰/۰۰۰	-۰/۸۲۸***	L.EFP	وقفه ردپای اکولوژی
-	-	۰/۰۴۶	۰/۳۳۸**	IMD	تنوع واردات
۰/۱۳۸	۰/۰۸۷	-	-	IMC	تمرکز واردات
۰/۰۷۹	۰/۲۱۷*	۰/۰۶۶	۰/۱۲۲*	INV	ارزش افزوده بخش صنعت
۰/۶۶۲	۰/۰۰۲	۰/۷۳۳	-۰/۰۰۲	TECH	شاخص فناوری
۰/۰۹۴	-۰/۳۲۹*	۰/۲۴۹	-۰/۲۸۴	REC	مصرف انرژی تجدیدپذیر
					نتایج برآورد بلندمدت
-	-	۰/۰۲۶	۰/۱۷۷**	Lr_IMD	تنوع واردات
۰/۱۷۰	۰/۰۴۷	-	-	Lr_IMC	تمرکز واردات
۰/۰۷۵	۰/۱۱۳*	۰/۰۵۱	۰/۰۶۷*	Lr_INV	ارزش افزوده بخش صنعت
۰/۶۶۳	۰/۰۰۱	۰/۸۰۴	-۰/۰۰۰۹	Lr_TECH	شاخص فناوری
۰/۰۸۹	-۰/۱۶۲*	۰/۲۳۹	-۰/۱۳۵	Lr_REC	مصرف انرژی تجدیدپذیر
۰/۰۰۰	-۱/۹۸۱***	۰/۰۰۰	-۱/۸۲۸***	ECM	ضریب تصحیح خطا
۰/۳۵		۰/۴۵		R2	ضریب تعیین

نکته: ***، **، * به ترتیب نشان‌دهنده معناداری در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد است.

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۶. نتیجه‌گیری

کشورهای عضو اوپک به دلیل وابستگی شدید به منابع فسیلی و سهم بالای آن‌ها در انتشار گازهای گلخانه‌ای، نقش مهمی در تحولات زیست‌محیطی جهانی دارند. وابستگی این کشورها به صادرات نفت، آن‌ها را در معرض نوسانات بازارهای جهانی قرار داده و ساختارهای اقتصادی آن‌ها را تحت تأثیر قرار داده است. در چنین شرایطی، بررسی تأثیر تنوع و تمرکز واردات بر ردپای اکولوژیکی از اهمیت بالایی برخوردار است، چراکه وابستگی به تعداد محدودی از تأمین‌کنندگان خارجی یا گسترش شرکای تجاری پیامدهای زیست‌محیطی و اقتصادی متفاوتی برای این کشورها دارد. این تحقیق با استفاده از داده‌های دوره ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۲ و روش برآورد CS-ARDL، به تحلیل اثرات متغیرهای تنوع و تمرکز واردات، صنعتی شدن، فناوری و مصرف انرژی تجدیدپذیر بر ردپای اکولوژی در

کشورهای عضو اوپک پرداخت. نتایج برآورد مدل‌ها نشان داد که در بلندمدت، تنوع واردات تأثیر مثبت و معناداری بر ردپای اکولوژیکی داشته است، به این معنا که افزایش منابع تأمین کالاها منجر به فشار بیشتر بر محیط‌زیست شده است. این امر می‌تواند ناشی از افزایش واردات کالاهای با آلاینده‌گی بالا، گسترش زنجیره تأمین جهانی و رشد حمل‌ونقل بین‌المللی باشد. در مقابل، تمرکز واردات اثر مثبت اما غیرمعناداری بر ردپای اکولوژیکی داشته است که نشان می‌دهد وابستگی به تعداد محدودی از تأمین‌کنندگان خارجی اثر تعیین‌کننده‌ای بر پایداری زیست‌محیطی کشورهای اوپک نداشته است. این یافته‌ها بیانگر تأیید نسبی فرضیه «پناهگاه آلودگی» است. مطابق این فرضیه، کشورهای با الزامات زیست‌محیطی کمتر، مقصد ترجیحی برای صنایع آلاینده از سایر نقاط جهان هستند. همچنین، نتایج نشان داد که ارزش افزوده بخش صنعت در بلندمدت تأثیر مثبت و معناداری بر ردپای اکولوژیکی دارد به این معنا که رشد صنعتی این کشورها با افزایش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها همراه بوده است. این تأثیر در کوتاه‌مدت نیز مشاهده شده که نشان‌دهنده اثرات فوری و مداوم فعالیت‌های صنعتی بر محیط‌زیست است. شاخص فناوری در بلندمدت و کوتاه‌مدت تأثیر معناداری بر ردپای اکولوژیکی نشان نداد که می‌تواند ناشی از وابستگی این کشورها به فناوری‌های صنعتی آلاینده و عدم بهره‌گیری گسترده از فناوری‌های پاک باشد. مصرف انرژی تجدیدپذیر در بلندمدت تأثیر منفی بر ردپای اکولوژیکی داشت، این یافته نشان می‌دهد که برخی کشورهای اوپک با افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر توانسته‌اند اثرات منفی زیست‌محیطی را کاهش دهند، هرچند این روند هنوز تثبیت نشده است. بر اساس این یافته‌ها، کشورهای عضو اوپک باید سیاست‌هایی در جهت تنوع‌بخشی به منابع تأمین انرژی و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی اتخاذ کنند. این سیاست‌ها می‌توانند شامل سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و ایجاد زیرساخت‌های لازم برای انتقال و توزیع این انرژی‌ها باشند. همچنین سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک و بهبود بهره‌وری انرژی در بخش صنعت، می‌تواند اثرات منفی رشد صنعتی بر محیط‌زیست را کاهش دهد. در این راستا، کشورهای عضو اوپک باید به دنبال تسهیل دسترسی به انرژی‌های تجدیدپذیر و ایجاد سیاست‌های تشویقی برای مصرف این منابع باشند. این سیاست‌ها می‌توانند شامل اعطای یارانه‌ها، معافیت‌های مالیاتی یا مشوق‌های ویژه برای استفاده از انرژی‌های سبز باشد. بعلاوه، کشورهای اوپک می‌توانند با بازنگری در ساختار تجاری و تنظیم سیاست‌های وارداتی که با در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی همراه باشد، به کاهش اثرات منفی ناشی از تنوع‌بخشی به واردات کمک

کنند. یکی از راهکارهای دیگر، پشتیبانی از ابتکارات فناوری و نوآوری در بخش انرژی و حمل و نقل است. کشورهای عضو اوپک می‌توانند از طریق حمایت از پژوهش و توسعه در زمینه فناوری‌های سبز و نوآوری در بخش انرژی، به‌طور مؤثرتری به سوی کاهش آلاینده‌ها و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر حرکت کنند. حمایت از شرکت‌های نوآور در بخش فناوری‌های سبز نیز می‌تواند زمینه‌ساز توسعه پایدار در این کشورها باشد. به این ترتیب کشورهای عضو اوپک باید به‌طور جدی به سمت سیاست‌های پایدار زیست‌محیطی و اقتصادی حرکت کنند تا بتوانند در راستای کاهش ردپای اکولوژیکی و بهبود وضعیت محیط‌زیست جهانی گام‌های مؤثری بردارند. برای مطالعات آتی، پیشنهاد می‌شود که علاوه بر متغیرهای اقتصادی و زیست‌محیطی مورد بررسی در این تحقیق، عوامل دیگری مانند درجه بازبودن تجاری، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و کیفیت نهادها نیز به مدل اضافه شوند. این عوامل می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر روابط اقتصادی و زیست‌محیطی کشورهای عضو اوپک داشته باشند. علاوه بر این، استفاده از روش‌های پانل پیشرفته مانند PMG، DCCE و گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) می‌تواند به بهبود دقت نتایج و ارائه تحلیل‌های پیچیده‌تر کمک کند.

کتاب‌نامه

- پارساشریف، حدیثه؛ امیرنژاد، حمید و تسلیمی، مهسا (۱۴۰۰). بررسی عوامل مؤثر بر ردپای اکولوژیکی کشورهای منتخب آسیا و اروپا. *فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۱۳(۲)، ۱۵۵-۱۷۲.
- شیخ زین الدین، آذر؛ بهرامیان، پرسیا و فتحی، فاطمه (۱۴۰۳). بررسی اثر تجارت آزاد بر ردپای اکولوژیکی در ایران. *اقتصاد تولید و بازاریابی کشاورزی*، ۱۱(۱)، ۱۵۰-۱۳۵.
- طاهری، فرزانه؛ موسوی، سیدنعمت اله و فرج‌زاده، زکریا (۱۳۹۱). تحلیل اثر تجارت بر انتشار آلودگی در میان گروهی از کشورهای در حال توسعه. *فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۴(۱۴)، ۶۷-۴۷.
- فاخر، حسینعلی؛ عابدی، زهرا و شایگانی، بیتا (۱۳۹۶). بررسی رابطه باز بودن تجاری و مالی با ردپای اکولوژیکی. *مدلسازی اقتصادی*، ۱۱(۴۰)، ۶۷-۴۹.
- محنت فر، یوسف؛ عثمانی، فریبا؛ چشمی، مهدی و آرغا، لیلا (۱۴۰۲). آیا توسعه فناوری و گسترش تجارت سبب کاهش ردپای اکولوژیکی می‌شود؟ مطالعه موردی: شواهدی از کشورهای در حال توسعه. *پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، ۱۴(۵۳)، ۹۵-۱۰۸.

- Altıntaş, H., & Kassouri, Y. (2020). Is the environmental Kuznets Curve in Europe related to the per-capita ecological footprint or CO2 emissions? *Ecological Indicators*, 113, 106187. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106187
- Apaydin, S. (2020). Effects of Globalization on Ecological Footprint: The Case of Turkey. *International Finance eJournal*. doi:https://www.semanticscholar.org/paper/d38e0b5c41c6c6f80c12bd1ddd8aaf1256f79446
- Caglar, A. E., Balsalobre-Lorente, D., & Akin, C. S. (2021). Analysing the ecological footprint in EU-5 countries under a scenario of carbon neutrality: Evidence from newly developed sharp and smooth structural breaks in unit root testing. *Journal of Environmental Management*, 295, 113155. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113155
- Cole, M. A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. *Ecological Economics*, 48(1), 71-81. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2003.09.007
- Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.-P., Iglesias, A., . . . Paz, S. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature climate change*, 8(11), 972-980. doi:https://doi.org/s41558-018-0299-2
- Cutcu, I., Eren, M. V., Cil, D., Karis, C., & Kocak, S. (2025). What is the long-run relationship between military expenditures, foreign trade and ecological footprint? Evidence from method of Maki cointegration test. *Environment, Development and Sustainability*, 27(8), 19889-19919. doi:https://doi.org/10.1007/s10668-024-04647-w
- Dai, S., & Du, X. (2023). Discovering the role of trade diversification, natural resources, and environmental policy stringency on ecological sustainability in the BRICST region. *Resources Policy*, 85, 103868. doi:https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103868
- Data.worldbank.org
- 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. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.017
- Doğan, B., Ferraz, D., Gupta, M., Huynh, T. L. D., & Shahzadi, I. (2022). Exploring the effects of import diversification on energy efficiency: Evidence from the OECD economies. *Renewable Energy*, 189, 639-650. doi:https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.03.018
- Finger, J., & Kreinin, M. (1979). A measure of export similarity and its possible uses. *Economic Journal*, 89, 905-912. doi:https://doi.org/10.2307/2231506
- Ghosh, S., Doğan, B., Khalfaoui, R., & Shahzadi, I. (2025). Does import product diversification enhance energy demand in developed and developing economies? A policy-based analysis in the context of trade sustainability. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 20(1), 2437677. doi:https://doi.org/10.1080/15567249.2024.2437677
- Hassan, A. S. (2024). Oil production and ecological footprint in Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC): the moderating role of institutions. *International Journal of Business Ecosystem & Strategy* (2687-2293), 6(4), 311-326. doi:https://doi.org/10.36096/ijbes.v6i4.508

- Hettige, H., Martin, P., Singh, M., & Wheeler, D. (1995). The industrial pollution projection system. *Available at SSRN 620486*.
- Hu, G., Can, M., Paramati, S., Doğan, B., & Fang, J. (2020). The effect of import product diversification on carbon emissions: New evidence for sustainable economic policies. *Economic Analysis and Policy*, 65, 198–210.
- Liddle, B. (2018). Consumption-based accounting and the trade-carbon emissions nexus. *Energy Economics*, 69, 71–81.
- Meng, Y., Wu, H., Wang, Y., & Duan, Y. (2022). International trade diversification, green innovation, and consumption-based carbon emissions: the role of renewable energy for sustainable development in BRICST countries. *Renewable Energy*, 198, 1243-1253. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.08.045>
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. Cambridge Working Papers. *Economics*, 1240(1), 1. doi:<https://doi.org/10.17863/CAM.5113>
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of applied econometrics*, 22(2), 265-312. doi: <https://doi.org/10.1002/jae.951>
- Rees, W. E. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and urbanization*, 4(2), 121-130. doi:<https://doi.org/10.1177/095624789200400212>
- Ren, S., Yuan, B., Ma, X., & Chen, X. (2014). International trade, FDI (foreign direct investment) and embodied CO2 emissions: A case study of Chinas industrial sectors. *China Economic Review*, 28, 123-134. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chieco.2014.01.003>
- Sadorsky, P. (2012). Energy consumption, output and trade in South America. *Energy economics*, 34(2), 476-488. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.12.008>
- Salman, M., Long, X., Dauda, L., Mensah, C., & Muhammad, S. (2019). Different impacts of export and import on carbon emissions across 7 ASEAN countries: A panel quantile regression approach. *Science of the Total Environment*, 686, 1019–1029.
- Shahbaz, M., Mallick, H., Mahalik, M. K., & Loganathan, N. (2015). Does globalization impede environmental quality in India? *Ecological Indicators*, 52, 379-393. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.025>
- Sharma, R., Kautish, P., & Uddin, G. S. (2020). Do the international economic endeavors affect CO2 emissions in open economies of South Asia? An empirical examination under nonlinearity. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 31(1), 89-110. doi:<https://doi.org/10.1108/MEQ-05-2019-0099>
- Sharma, R., Shahbaz, M., Kautish, P., & Vo, X. V. (2023). Diversified imports as catalysts for ecological footprint: examining the BRICS experience. *Environment, Development and Sustainability*, 25(4), 3153-3181. doi:<https://doi.org/10.1007/s10668-022-02177-x>
- Sinha, A., Shah, M., Sengupta, T., & Jiao, Z. (2020). Analyzing technology-emissions association in Top-10 polluted MENA countries: How to ascertain sustainable development by quantile modeling

بررسی تأثیر تنوع و تمرکز واردات بر ردپای ... (فرشته محمدیان و دیگران) ۲۰۳

- approach. *Journal of Environmental Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110602>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110602>
- Sinha, A., Sengupta, T., & Saha, T. (2021). Technology policy and environmental quality at crossroads: designing SDG policies for select Asia Pacific countries. *TIDEE: TERI Information Digest on Energy and Environment*, 20(3), 349-350.
- Unctad.statunctad.org
- Wackernagel, M. (1994). *Ecological footprint and appropriated carrying capacity: a tool for planning toward sustainability*. University of British Columbia,
- Wang, Z., Shi, C., Li, Q., & Wang, G. (2011). Impact of heavy industrialization on the carbon emissions: An empirical study of China. *Energy Procedia*, 5, 2610-2616. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.03.324>
- Westerlund, J. (2007). Testing for error correction in panel data. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 69(6), 709-748. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2007.00477.x>
- www.footprintnetwork.org
- Xu, Z., Zhang, Z., Cheng, G.-d., & Chen, D. (2003). Ecological footprint calculation and development capacity analysis of China in 1999. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao= the Journal of Applied Ecology*, 14(2), 280-285. doi:<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12827888>
- Yu, C., Nataliia, D., Yoo, S.-J., & Hwang, Y.-S. (2019). Does trade openness convey a positive impact for the environmental quality? Evidence from a panel of CIS countries. *Eurasian Geography and Economics*, 60(3), 333-356. doi:<https://doi.org/10.1080/15387216.2019.1670087>
- Yu, Y., Jiang, T., Li, S., Li, X., & Gao, D. (2020). Energy-related CO2 emissions and structural emissions' reduction in China's agriculture: An input-output perspective. *Journal of Cleaner Production*, 276, 124169. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124169>
- Zhong, X. (2001). min, CHENG Guo< dong, ZHANG Zhi< qiang. Measuring sustainable development with the ecological footprint method—take Zhangye prefecture as an example. *Acta Ecologica Sinica*, 21(9), 1484–1493.