

Heterogeneous analysis of the impact of natural resource rents and economic globalization on the ecological footprint: Testing the N-shaped Environmental Kuznets Curve hypothesis in N11 countries

**Ali
Hasanvand**

Assistant Professor of Economics, Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Lorestan University, Khorramabad, Iran

**Bahar
Salarvand***

Ph.D. in Economics, Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Lorestan University, Khorramabad, Iran

Abstract

This study investigates the determinants of the ecological footprint in N11 countries (Bangladesh, Egypt, Indonesia, Iran, South Korea, Mexico, Nigeria, Pakistan, the Philippines, Turkey, and Vietnam) over the period 2000–2022. The main objective is to test the N-shaped Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis and to examine the role of natural resource rents and economic globalization, with an emphasis on the heterogeneity of effects across different pollution levels. To this end, the Method of Moments Quantile Regression (MMQR) is employed for the 10th, 25th, 50th, 75th, and 90th quantiles, and panel regression with Driscoll–Kraay standard errors is applied to confirm the robustness of the results. The findings strongly confirm the existence of an N-shaped relationship between economic growth and the ecological footprint. This implies that in the early stages of development, GDP growth increases environmental degradation; then, after the first turning point, it temporarily reduces it; and finally, after the second turning point, it increases pollution again. A key finding of the study is the heterogeneous effect of natural resource rents: in lower quantiles (low pollution), natural resource rents have a strong and significant increasing effect on the ecological footprint (a coefficient of 0.10 in the 10th quantile), but this effect diminishes as pollution levels rise and becomes insignificant in the 90th quantile (a coefficient of 0.02). In contrast, economic globalization exerts a significantly negative effect on the ecological footprint across all quantiles (coefficients ranging from -0.94 to -1.07), supporting the halo effect hypothesis and rejecting the pollution haven hypothesis. The Driscoll–Kraay model results fully confirm the robustness of the findings. The study underscores that uniform policies are not effective for all countries; low-pollution countries should focus on preventive resource management and environmental governance, while high-pollution countries need structural reforms, energy transition, and urbanization control. Moreover, smart utilization of globalization through facilitating green FDI, clean technology transfer, and participation in green trade agreements is recommended.

Keywords: Ecological footprint, resource curse, economic globalization, N-shaped Environmental Kuznets Curve

* Corresponding Author: bahar.salarvand@gmail.com

How to Cite: xxxxxxxx



تحلیل ناهمگن تأثیر رانت منابع طبیعی و جهانی شدن اقتصادی بر رد پای اکولوژیک: آزمون فرضیه N شکل کوزنتس در کشورهای N11

استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

علی حسنونند

دکتری اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

بهار سالاروند *

چکیده

در این پژوهش به بررسی عوامل تعیین کننده رد پای اکولوژیک در کشورهای N11 (بنگلادش، مصر، اندونزی، ایران، کره جنوبی، مکزیک، نیجریه، پاکستان، فیلیپین، ترکیه و ویتنام) طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۲۲ پرداخته شده است. هدف اصلی، آزمون فرضیه N شکل منحنی زیست محیطی کوزنتس و بررسی نقش رانت منابع طبیعی و جهانی شدن اقتصادی با تأکید بر ناهمگنی اثرات در سطوح مختلف آلودگی است. بدین منظور از روش رگرسیون چندک گشتاوری برای چندک های ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۹۰ درصد و رگرسیون پانلی با خطاهای استاندارد دریسکول-کری برای تأیید استحکام نتایج استفاده شد. یافته ها به طور قاطع وجود رابطه N شکل بین رشد اقتصادی و رد پای اکولوژیک را تأیید می کنند؛ به این معنا که در مراحل اولیه توسعه، رشد GDP منجر به افزایش تخریب محیط زیست، سپس پس از نقطه عطف اول به کاهش موقت آن، و در نهایت پس از نقطه عطف دوم مجدداً به افزایش آلودگی منجر می شود. یافته کلیدی این مطالعه، ناهمگنی اثر رانت منابع طبیعی است: در چندک های پایین (آلودگی کم)، رانت منابع اثر قوی و معنادار بر افزایش رد پای اکولوژیک دارد (ضریب ۰/۱۰ در چندک ۱۰)، اما این اثر با افزایش سطح آلودگی کاهش می یابد و در چندک ۹۰ غیر معنادار می شود (ضریب ۰/۰۲). برعکس، جهانی شدن اقتصادی در تمام چندک ها اثر کاهنده معناداری بر رد پای اکولوژیک دارد (ضرایب منفی از ۰/۹۴ تا -۱/۰۷)، که فرضیه هالوی آلودگی را تأیید و فرضیه پناهگاه آلودگی را رد می کند. نتایج مدل دریسکول-کری استحکام کامل یافته ها را تأیید می نماید. این پژوهش تأکید می کند که سیاست های یکسان برای همه کشورها کارآمد نیستند؛ کشورهای با آلودگی پایین باید بر مدیریت پیشگیرانه منابع و حکمرانی زیست محیطی، و کشورهای با آلودگی بالا باید بر اصلاحات ساختاری، گذار انرژی و کنترل شهرنشینی تمرکز کنند. همچنین، بهره برداری هوشمندانه از جهانی شدن از طریق تسهیل سرمایه گذاری مستقیم خارجی سبز، انتقال فناوری پاک و پیوستن به توافق نامه های تجاری سبز توصیه می شود.

کلیدواژه ها: رد پای اکولوژیک، نفرین منابع، جهانی شدن اقتصادی، منحنی زیست محیطی
کوزنتس N شکل

مقدمه

منابع طبیعی نقشی بنیادین در ساختار و توسعه اقتصادی هر کشور ایفا می کنند. بهره برداری صحیح و پایدار از این منابع می تواند محرک اصلی رشد اقتصادی و بهبود رفاه جامعه باشد. کشورهای یازده گانه N11 (مصر، بنگلادش، اندونزی، مکزیک، ایران، نیجریه، فیلیپین، پاکستان، کره جنوبی، ویتنام و ترکیه) به عنوان اقتصادهای نوظهور با برخورداری از منابع طبیعی فراوان، پتانسیل بالایی برای تبدیل شدن به پیشگامان توسعه اقتصادی در آینده نزدیک دارند. این گروه از کشورها که توسط گلدمن ساکس شناسایی شده اند، با جمعیتی بیش از یک میلیارد نفر و تولید ناخالص داخلی حدود شش تریلیون دلار، در حال تجربه سطوح بالایی از رشد اقتصادی و صنعتی شدن هستند. این روند توسعه، تقاضای روزافزون برای انرژی را به دنبال داشته که عمدتاً از طریق سوخت های فسیلی و منابع تجدیدناپذیر تأمین می شود (شهباز^۱، ۲۰۱۹؛ خان و همکاران^۲، ۲۰۲۲).

با این حال، این مسیر توسعه با چالش های جدی زیست محیطی همراه است. منابع طبیعی تجدیدناپذیر، ضمن نقش آفرینی در افزایش تولید ناخالص داخلی، به آلودگی و تخریب کیفیت محیط زیست نیز منجر می شوند (شهباز و همکاران^۳، ۲۰۲۲). مطالعات متعددی این دوگانگی را مستند ساخته اند؛ از یک سو، منابع طبیعی عنصری ضروری برای افزایش تولید ناخالص داخلی محسوب می شوند (اپو و فاها^۴، ۲۰۲۰)؛ چراکه پیشرفت اقتصادی می تواند به بهبود زیرساخت ها، کاهش فقر و ایجاد فرصت های شغلی منجر شود. از سوی دیگر، این توسعه اقتصادی می تواند پیامدهای نامطلوبی بر کیفیت محیط زیست به جا بگذارد (زو و همکاران^۵، ۲۰۲۴). برای نمونه، محمد و همکاران (۲۰۲۱) تأیید کردند که منابع طبیعی در کشورهای عضو بریکس، محیط زیست را تخریب می کنند. شیتو و همکاران^۶ (۲۰۲۱) نیز مستند ساختند که منابع طبیعی و تولید ناخالص داخلی، رد پای اکولوژیک را در ۴۵ کشور افزایش می دهند. همچنین ناتانیل و همکاران^۷ (۲۰۲۱) نشان دادند که منابع طبیعی به افزایش گازهای گلخانه ای منجر می شوند.

¹ Shahbaz

² Khan et al.

³ Shehzad et al.

⁴ Epo & Faha

⁵ Zhu et al.

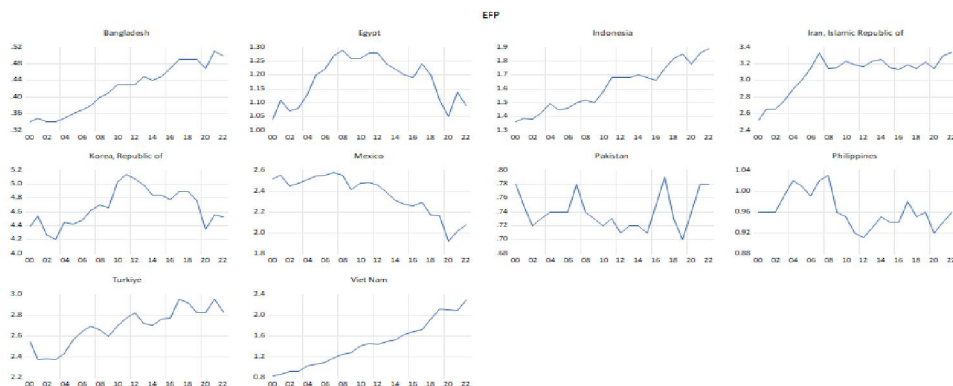
⁶ Shittu et al.

⁷ Nathaniel et al.

شواهد تجربی از کشورهای N11 نیز این دوغانگی توسعه اقتصادی و تخریب زیست‌محیطی را به خوبی نمایان می‌سازند. بر اساس شکل (۱)، شاخص ردپای اکولوژیک که تقاضای یک جمعیت برای منابع زیستی و خدمات اکوسیستمی را اندازه‌گیری می‌کند، در اکثر کشورهای مورد مطالعه طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۲۲ روندی صعودی داشته است. این روند نشان می‌دهد که رشد اقتصادی و توسعه، اغلب به قیمت افزایش فشار بر محیط زیست حاصل شده است. کره جنوبی با ثبت ردپای اکولوژیک ۴/۳۹ هکتار جهانی سرانه در سال ۲۰۰۰ که به ۴/۵۳ در سال ۲۰۲۲ رسید، دارای بالاترین ردپای اکولوژیک در این گروه است که منعکس‌کننده الگوی مصرف و تولید یک کشور صنعتی پیشرفته می‌باشد. پس از آن، ایران با افزایش از ۲/۵۳ به ۳/۳ و ترکیه با رشد از ۲/۵۴ به ۲/۹۵ در جایگاه‌های بعدی قرار می‌گیرند. این ارقام بار زیست‌محیطی سنگین و چالش‌های جدی پایداری در این کشورها را نشان می‌دهند. به ویژه رشد سریع ردپای اکولوژیک در ویتنام که از ۰/۸۲ به ۲/۰۸ جهش کرده، قابل توجه است و پیامد مستقیم رشد اقتصادی سریع این کشور بوده و زنگ خطر برای سیاست‌گذاران جهت ادغام ملاحظات زیست‌محیطی در برنامه‌های توسعه محسوب می‌شود. سایر کشورها همچون اندونزی (از ۱/۳۶ به ۱/۸۶)، مصر (از ۱/۰۴ به ۱/۱۴) و بنگلادش (از ۰/۳۴ به ۰/۵۱) نیز افزایش‌هایی را تجربه کرده‌اند. در این میان، تعداد محدودی از کشورها روندی متمایز نشان داده‌اند؛ مکزیک با کاهش ردپای اکولوژیک از ۲/۵۲ به ۲/۰۱ یک دستاورد مثبت و نادر را به ثبت رسانده که می‌تواند ناشی از بهبود بهره‌وری منابع و اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی مؤثر باشد. پاکستان و فیلیپین نیز با حفظ مقادیر تقریباً ثابت و نسبتاً پایین (به ترتیب حدود ۰/۷۸ و ۰/۹۴) فشار کمتری بر اکوسیستم جهانی وارد می‌کنند.

شکل ۱: ردپای اکولوژیکی در کشورهای N11

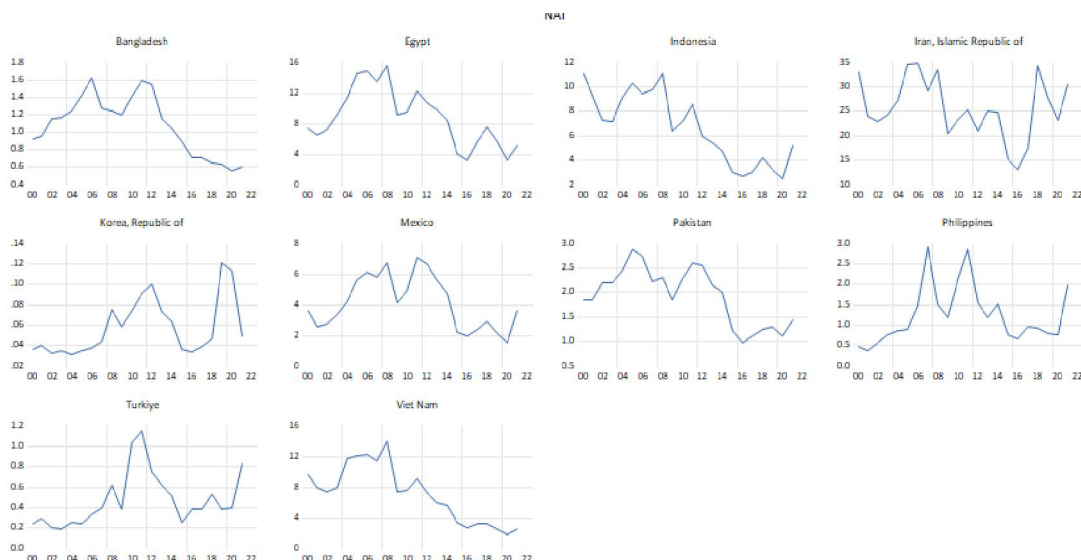
نام خانوادگی نویسنده اول و دوم (بیش از دو نویسنده نام خانوادگی نویسنده اول و همکاران | ۵



منبع: Global footprint Network (GFN)

در مقابل، شکل (۲) روند شاخص رانت منابع طبیعی را نشان می‌دهد که بیانگر سهم درآمدهای حاصل از بهره‌برداری منابع طبیعی در اقتصاد ملی است. این شاخص در اکثر کشورهای مورد بررسی طی دو دهه گذشته روندی نزولی را تجربه کرده است. این کاهش می‌تواند نشان‌دهنده تنوع‌بخشی اقتصادی، کاهش ذخایر منابع یا نوسانات قیمت جهانی باشد. ایران، با وجود کاهش قابل توجه از ۳۳/۰۸ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۲۳/۲۳ درصد در سال ۲۰۲۰، همچنان بالاترین سطح وابستگی اقتصادی به منابع طبیعی را در این گروه حفظ کرده که نشان‌دهنده نقش محوری بخش نفت و گاز در اقتصاد این کشور است. کاهش‌های شدید دیگری نیز مشاهده می‌شود؛ این شاخص در اندونزی از ۱۱/۱۲ به ۲/۴۳ و در ویتنام از ۹/۶۹ به ۱/۸۱ درصد سقوط کرده است. این تحول در ویتنام می‌تواند نمادی از یک گذار ساختاری موفق به سمت اقتصاد صنعتی و خدماتی باشد. در سایر کشورها نیز این روند کاهشی مشهود است؛ مصر شاهد کاهش از ۷/۴۱ به ۳/۲۵، مکزیک از ۳/۵۷ به ۱/۵۵، بنگلادش از ۰/۹۲ به ۰/۵۶ و پاکستان از ۱/۸۳ به ۱/۴۳ درصد بوده‌اند. در مقابل، کره جنوبی به عنوان یک اقتصاد پیشرفته و صنعتی، با مقادیر ناچیز و تقریباً ثابت (حدود ۰/۰۴ درصد) عملاً وابستگی اقتصادی به رانت منابع طبیعی نشان نمی‌دهد. تنها استثنای این روند عمومی، فیلیپین و ترکیه هستند که افزایش جزئی در این شاخص را تجربه کرده‌اند.

شکل ۲: رانت منابع طبیعی در کشورهای N11



منبع: بانک جهانی

تحلیل این دو شاخص یک الگوی متناقض و پیچیده را آشکار می‌سازد: از یک سو وابستگی اقتصادی به استخراج منابع طبیعی در حال کاهش است که نشانه‌ای مثبت از تنوع‌بخشی اقتصادی محسوب می‌شود، اما از سوی دیگر، ردپای اکولوژیک و فشار مصرف بر محیط زیست در حال افزایش است. این دوگانگی بر پیچیدگی رابطه میان رشد اقتصادی، منابع طبیعی و محیط زیست تأکید می‌کند و ضرورت اتخاذ رویکردهای توسعه پایدار را برجسته می‌سازد. در همین راستا، مطالعات متعددی به بررسی رابطه میان رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست پرداخته‌اند. برخی از این مطالعات نشان داده‌اند که تولید ناخالص داخلی با محیط زیست نسبتاً سازگار است و منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) وجود دارد (شهزاد و همکاران، ۲۰۲۱، ۲۰۲۰؛ کاهوتو^۱، ۲۰۰۶). با این حال، نارایان و همکاران^۲ (۲۰۱۶) نشان دادند که تولید ناخالص داخلی در ۱۸۱ اقتصاد در حال تخریب محیط زیست است و فرضیه EKC تنها در ۲۱ کشور معتبر است. بنابراین، اجماع کلی در رابطه با فرضیه EKC وجود ندارد و این امر برجسته ساختن تأثیر منابع طبیعی بر محیط زیست با در نظر گرفتن تولید ناخالص داخلی را برای کشورهای N11 حائز اهمیت می‌سازد.

¹ Kahuthu

² Narayan et al.

علاوه بر این، نقش جهانی‌شدن در تخریب محیط زیست نیز قابل انکار نیست. جهانی‌شدن فرآیند تجارت و تولید را تقویت کرده و مصرف انرژی را افزایش می‌دهد که به نوبه خود کیفیت محیط زیست را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کشورهای N11 در حال مصرف بیش از حد سوخت‌های فسیلی مانند نفت، زغال‌سنگ و گاز هستند. جهانی‌شدن اقتصادی به افزایش تولید ناخالص داخلی کمک می‌کند و این رشد به نوبه خود به تأسیس واحدهای صنعتی بیشتر یاری می‌رساند که بیش از پیش کیفیت محیط زیست را تخریب می‌کنند (ژو و همکاران، ۲۰۲۴). بنابراین، بررسی نقش جهانی‌شدن در کنار منابع طبیعی و رشد اقتصادی برای درک جامع وضعیت زیست‌محیطی این کشورها ضروری است.

در این پژوهش، از شاخص ردپای اکولوژیک به عنوان شاخص نشان‌دهنده کیفیت محیط زیست استفاده می‌شود. این شاخص، معیاری جامع از تخریب منابع طبیعی توسط فعالیت‌های انسانی ارائه می‌دهد و آماری درباره ظرفیت زیستی موجود و تخریب آن توسط بشر را نشان می‌دهد (سان و همکاران^۱، ۲۰۲۳؛ ژو و همکاران، ۲۰۲۴). بنابراین، ردپای اکولوژیک معیاری دقیق‌تر و جامع‌تر از تخریب محیط زیست نسبت به شاخص‌های سنتی مانند انتشار دی‌اکسید کربن فراهم می‌آورد. با توجه به اهمیت این موضوع، پژوهش حاضر بر ضرورت توسعه اقتصادی پایدار در کشورهای N11 تأکید می‌کند و پیامدهای زیست‌محیطی نامطلوب استخراج منابع طبیعی را برجسته می‌سازد. این موضوع با چندین هدف از اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد، به ویژه پیشبرد تولید و مصرف پایدار (هدف ۱۲) و اقدام اقلیمی (هدف ۱۳) همسو است. هدف اصلی این تحقیق، یافتن جایگاه واقعی منابع طبیعی در ایجاد معضلات زیست‌محیطی در کشورهای N11 و همچنین ارزیابی نقش جهانی‌شدن در این رابطه است.

علاوه بر این، این پژوهش به آزمون فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس به شکل N با وجود منابع طبیعی و جهانی‌شدن می‌پردازد. فرضیه N شکل، که توسط توراس و بایس^۲ (۱۹۹۸) مطرح شد، بیان می‌کند که رابطه U شکل معکوس سنتی میان درآمد و آلودگی در بلندمدت به همین صورت باقی نمی‌ماند و پس از مدتی، افزایش تولید ناخالص داخلی مجدداً شروع به آلوده کردن کیفیت محیط زیست می‌کند. این فرضیه در سال‌های اخیر توجه فزاینده‌ای را به خود جلب کرده، اما شواهد تجربی متناقضی در مورد آن وجود دارد. با در

¹ Sun et al.

² Torras & Boyce

نظر گرفتن این پیشینه، پژوهش حاضر به پرسش‌های زیر برای کشورهای N11 پاسخ می‌دهد: (۱) آیا رانت منابع طبیعی کیفیت محیط زیست را در کشورهای N11 تخریب می‌کند؟ (۲) آیا جهانی شدن می‌تواند به بهبود کیفیت محیط زیست کمک کند یا آن را تخریب می‌کند؟ (۳) آیا فرضیه N شکل EKC در کشورهای N11 وجود دارد؟ (۴) آیا تأثیرات این متغیرها در سطوح مختلف تخریب محیط زیست (چندک‌های مختلف ردپای اکولوژیک) متفاوت است؟

بدین منظور، این پژوهش با به کارگیری رویکرد رگرسیون چندکی مبتنی بر گشتاور (MMQR) و روش استحکام‌بخش Driscoll-Kraay، به تحلیل ناهمگنی تأثیرات در سطوح مختلف فشار زیست‌محیطی می‌پردازد و بدین ترتیب، سهم نوآورانه‌ای را به ادبیات موجود اضافه می‌کند.

ساختار باقیمانده مقاله به شرح زیر است: بخش دوم چارچوب نظری و پیشینه پژوهش را ارائه می‌دهد، بخش سوم روش‌شناسی تحقیق را تشریح می‌کند، بخش چهارم به تحلیل یافته‌ها اختصاص دارد و بخش پنجم، نتیجه‌گیری و پیامدهای سیاستی را مورد بحث قرار می‌دهد.

چارچوب نظری

رابطه میان رشد اقتصادی، بهره‌برداری از منابع طبیعی، جهانی شدن و تخریب محیط زیست بر سه پایه نظری استوار است که هر یک از زوایای متفاوتی به تبیین این پیوندها می‌پردازند.

فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس^۱ که توسط گروسمن و کروگر^۲ (۱۹۹۱) بر اساس مشاهدات تجربی معرفی شد، رابطه U شکل معکوس میان سطح درآمد سرانه و شاخص‌های آلودگی محیط زیست را بیان می‌کند. بر اساس این فرضیه، در مراحل اولیه توسعه اقتصادی، رشد درآمد به افزایش آلودگی محیط زیست منجر می‌شود؛ زیرا اقتصاد عمدتاً بر بخش‌های کشاورزی و صنعتی سنگین متکی است که مصرف انرژی بالا و فناوری‌های آلاینده دارند. با این حال، پس از عبور از یک نقطه آستانه درآمدی، رشد بیشتر درآمد از طریق سه مکانیسم اصلی به بهبود کیفیت محیط زیست کمک می‌کند. در اینجا، اثر مقیاس^۳ بیانگر افزایش

^۱ Environmental Kuznets Curve

^۲ Grossman & Krueger

^۳ Scale Effect

فعالیت اقتصادی و تولید است که به طور بالقوه آلودگی را افزایش می‌دهد. اثر ترکیب^۱ تغییر ساختار اقتصادی از صنایع سنگین و آلاینده به سمت بخش خدمات و صنایع با فناوری پیشرفته‌تر را نشان می‌دهد که معمولاً آلودگی کمتری تولید می‌کنند. اثر فناوری^۲ بیانگر دسترسی به فناوری‌های پاک‌تر و کارآمدتر است که در سطوح بالاتر درآمد امکان‌پذیر می‌شود. علاوه بر این، با افزایش درآمد، تقاضای عمومی برای کیفیت محیط زیست افزایش یافته و فشار بر دولت‌ها برای تشدید مقررات زیست‌محیطی بیشتر می‌شود (گروسمن و کروگر، ۱۹۹۵). با این حال، فرضیه سنتی EKC با چالش‌هایی مواجه شده است. توراس و بایس (۱۹۹۸) فرضیه N شکل^۳ را مطرح کردند که بیان می‌کند رابطه U شکل معکوس در بلندمدت به همین صورت باقی نمی‌ماند. بر اساس این فرضیه، در مراحل بسیار بالای توسعه، افزایش بیشتر رفاه و گسترش الگوهای مصرف‌گرایانه (پارادوکس رفاه) مجدداً به افزایش آلودگی منجر می‌شود؛ زمانی که اثر مقیاس بر اثر فناوری و ترکیب غالب شود. این وضعیت ممکن است به دلیل استفاده ناکارآمد از فناوری‌های بهینه، افزایش مصرف انرژی برای حفظ سطح بالای رفاه، یا کمبود منابع برای تخصیص به بهبود بیشتر ساختار صنعتی رخ دهد (آلورز-هرانز و بالسالوبره-لورنت^۴، ۲۰۱۵؛ دو و همکاران^۵، ۲۰۱۸).

نظریه نقرین منابع^۶ دومین پایه نظری این پژوهش را تشکیل می‌دهد. این نظریه که توسط ساکس و وارنر^۷ (۱۹۹۵، ۲۰۰۱) تدوین شد، بیان می‌کند کشورهای غنی از منابع طبیعی، برخلاف انتظارات، رشد اقتصادی کندتری نسبت به کشورهای فاقد منابع دارند. این پارادوکس از طریق چندین کانال رخ می‌دهد: بیماری هلندی^۸ که با افزایش ارزش پول ملی در نتیجه صادرات منابع، سایر بخش‌های صادراتی را تضعیف می‌کند؛ ضعف نهادی و فساد که وفور منابع منجر به رانت‌جویی و تضعیف کیفیت نهادها می‌شود؛ و تأخیر در تنوع‌بخشی اقتصادی که اتکای بیش از حد به درآمدهای منابع، انگیزه برای سرمایه‌گذاری در سایر بخش‌ها را کاهش می‌دهد. در بُعد زیست‌محیطی، کشورهای غنی از منابع، به جای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک و توسعه پایدار، بر استخراج سریع منابع تمرکز می‌کنند

¹ Composition Effect

² Technique Effect

³ N-shaped EKC

⁴ Alvarez-Herranz & Balsalobre-Lorente

⁵ Du et al.

⁶ Resource Curse Theory

⁷ Sachs & Warner

⁸ Dutch Disease

که موجب تخریب محیط زیست، فرسایش خاک، آلودگی آب‌های زیرزمینی و کاهش تنوع زیستی می‌شود (ونگ و دونگ^۱، ۲۰۱۹؛ باز و همکاران^۲، ۲۰۲۰). مطالعات اخیر کاگلار و همکاران^۳ (۲۰۲۴a، ۲۰۲۴b، ۲۰۲۴c) بر بُعد رانت منابع طبیعی تأکید کرده‌اند که بُعد نهادی و سیاسی-اقتصادی استخراج منابع را در بر می‌گیرد و نشان می‌دهند حتی در کشورهای توسعه‌یافته، مدیریت ضعیف رانت منابع به نتایج زیست‌محیطی نامطلوب منجر می‌شود.

فرضیه‌های جهانی‌شدن و محیط زیست سومین پایه نظری را تشکیل می‌دهند که دو دیدگاه متضاد را ارائه می‌کنند. جهانی‌شدن به معنای افزایش وابستگی متقابل اقتصادها از طریق تجارت، سرمایه‌گذاری و انتقال فناوری است که می‌تواند از دو طریق بر کیفیت محیط زیست تأثیر بگذارد.

فرضیه پناهگاه آلودگی^۴ که توسط کوپلند و تیلور^۵ (۲۰۰۴) تدوین شد، بیان می‌کند آزادسازی تجاری و جهانی‌شدن منجر به انتقال صنایع آلاینده از کشورهای پیشرفته با مقررات سختگیرانه زیست‌محیطی به کشورهای در حال توسعه با مقررات سهل‌گیرانه‌تر می‌شود. این جابه‌جایی مکانی فعالیت‌های آلاینده، به افزایش آلودگی در کشورهای میزبان منجر می‌شود و شواهد تجربی متعددی این الگو را برای تجارت و سرمایه‌گذاری خارجی تأیید کرده‌اند (کول، ۲۰۰۴). در مقابل، فرضیه هالوی آلودگی^۶ استدلال می‌کند که جهانی‌شدن از طریق چندین مکانیسم می‌تواند به بهبود کیفیت محیط‌زیست کمک کند: انتقال فناوری‌های پاک و کارآمد از کشورهای توسعه‌یافته به اقتصادهای در حال توسعه، فشار تجاری برای رعایت استانداردهای زیست‌محیطی بین‌المللی به منظور حفظ دسترسی به بازارهای جهانی، دسترسی به منابع مالی و سرمایه‌گذاری‌های سبز، و اشاعه دانش و بهترین شیوه‌های مدیریت محیط‌زیست (احمد و همکاران، ۲۰۲۲؛ شهباز و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین، تأثیر نهایی جهانی‌شدن بر محیط‌زیست به ساختار اقتصادی، کیفیت نهادها و نوع جهانی‌شدن (اقتصادی، اجتماعی یا سیاسی) در هر کشور بستگی دارد و می‌تواند در مواردی به صورت پناهگاه آلودگی و در موارد دیگر به شکل هالوی آلودگی ظاهر شود.

¹ Wang & Dong

² Baz et al.

³ Caglar et al.

⁴ Pollution Haven Hypothesis

⁵ Copeland & Taylor

⁶ Pollution Halo Hypothesis

پیشینه پژوهش

ادبیات تجربی رابطه میان رشد اقتصادی، منابع طبیعی، جهانی شدن و تخریب محیط زیست را به صورت گسترده مورد بررسی قرار داده‌اند. با این حال، نتایج متناقضی در مورد اعتبار فرضیه‌های مختلف، به ویژه فرضیه N شکل EKC، وجود دارد. در این بخش، مطالعات موجود در دو دسته خارجی و داخلی مرور می‌شوند.

• پیشینه خارجی

ژو و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی به بررسی تأثیرات جهانی شدن اقتصاد و منابع طبیعی بر ردپای اکولوژیک در ۱۱ اقتصاد نوظهور (کشورهای N11) پرداختند. هدف اصلی آن‌ها آزمون فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس به شکل N برای این کشورها بود. آن‌ها در این مطالعه از داده‌های سالیانه طی دوره زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۲۲ استفاده کرده و برای تحلیل‌های اقتصادسنجی خود در کوتاه‌مدت و بلندمدت، از مدل پیشرفته خودرگرسیون با وقفه‌های گسترده مقطعی (CS-ARDL) بهره گرفتند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که اتکا به درآمدهای حاصل از منابع طبیعی، اثر مخربی بر کیفیت محیط زیست داشته و ردپای اکولوژیک را به میزان ۰/۰۳ درصد افزایش می‌دهد. در مقابل، یافته‌ها حاکی از آن بود که جهانی شدن اقتصاد و رشد تولید ناخالص داخلی در بلندمدت به پایداری زیست‌محیطی کمک کرده و به ترتیب موجب کاهش ردپای اکولوژیک به میزان ۰/۰۳ درصد و ۳/۱۲- (می‌شوند. با این حال، این مطالعه شواهدی دال بر تأیید فرضیه منحنی کوزنتس N شکل برای این گروه از کشورها پیدا نکرد.

ناتانیل (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای به بررسی پیوند میان ردپای اکولوژیک و بهزیستی انسان در گروه کشورهای Next-11 پرداخت. او با اشاره به اینکه دستیابی همزمان به پایداری زیست‌محیطی و بهبود رفاه انسانی برای این کشورها چالش‌برانگیز بوده است، به تحلیل این رابطه پرداخت. در این پژوهش، او با به کارگیری تکنیک‌های تخمین پیشرفته‌ای که قادر به کنترل مشکلاتی نظیر ناهمگنی، درون‌زایی و وابستگی مقطعی میان کشورها هستند، به تحلیل این رابطه پرداخت. یافته‌های کلیدی این مطالعه یک رابطه دوسویه و بده-بستان قوی میان این دو شاخص را آشکار ساخت؛ به طوری که بهبود بهزیستی انسان (که با شاخص توسعه انسانی سنجیده شده) به قیمت افزایش ردپای اکولوژیک تمام می‌شود و متقابلاً، افزایش ردپای اکولوژیک نیز با بهبود موقتی بهزیستی همراه است. علاوه بر این، نتایج نشان داد که توسعه مالی و ظرفیت زیستی موجب افزایش ردپای اکولوژیک می‌شوند، در حالی که منابع طبیعی و جهانی شدن به کاهش آن کمک می‌کنند. این پژوهش همچنین یک استثنای قابل

توجه را برجسته کرد: به جز کشور مصر، در سایر کشورهای این گروه، بهبود بهزیستی انسان به تشدید فشار بر محیط زیست منجر می‌شود.

پاپاداس^۱ (۲۰۲۴) در پژوهشی، به کاوش در پیوند میان رشد اقتصادی، ترکیب انرژی، بخش خدمات، باز بودن تجاری و کیفیت محیط زیست در گروه کشورهای Next-11 پرداخت. او با اشاره به وجود یک شکاف پژوهشی مهم، بیان کرد که مطالعات پیشین کمتر به تأثیرات متفاوت این عوامل در سطوح مختلف مصرف منابع پرداخته‌اند. برای پر کردن این شکاف، پاپاداس در این مطالعه از تحلیل رگرسیون پانل کوانتایل بهره گرفت؛ روشی که به او اجازه داد تا تأثیر متغیرها را نه تنها به صورت میانگین، بلکه در چندک‌های مختلف توزیع متغیر وابسته (کیفیت محیط زیست) نیز بررسی کند. نتایج او نشان داد که رشد اقتصادی، به ویژه در چندک‌های بالاتر مصرف منابع (یعنی در کشورها یا دوره‌هایی با سطح مصرف بالا)، تأثیر منفی و معناداری بر پایداری زیست‌محیطی دارد. در مقابل، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر اثر مثبتی بر پایداری داشته، در حالی که اتکا به انرژی‌های تجدیدناپذیر و همچنین باز بودن تجاری، پیامدهای نامطلوبی برای محیط زیست به همراه دارند.

ناتانیل و همکاران (۲۰۲۱) در یکی از مطالعات پیشگامانه در این زمینه، به بررسی نقش یک متغیر کلیدی، یعنی مقررات زیست‌محیطی، بر ردپای اکولوژیک در کشورهای Next-11 طی دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۶ پرداختند. آنها با استفاده از تحلیل‌های اقتصادسنجی پانل دیتا که وابستگی مقطعی بین کشورها را کنترل می‌کردند، به این نتیجه دست یافتند که مقررات زیست‌محیطی موجود در کشورهای Next-11 در کاهش ردپای اکولوژیک بی‌تأثیر بوده‌اند. علاوه بر این، نتایج نشان داد که مصرف بیشتر انرژی و باز بودن تجاری بین‌المللی به افزایش ردپای اکولوژیک منجر می‌شوند. همچنین، فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) برای این گروه از کشورها تأیید شد که نشان می‌دهد در مراحل اولیه، رشد اقتصادی به تخریب محیط زیست می‌انجامد اما پس از عبور از یک سطح آستانه، می‌تواند به بهبود آن کمک کند. یافته‌های خاص هر کشور نیز حاکی از آن بود که اگرچه تأثیر مصرف انرژی در تخریب محیط زیست در تمام ۱۱ کشور یکسان و منفی است، اما اثرات مقررات زیست‌محیطی، رشد اقتصادی و تجارت بین‌الملل از کشوری به کشور دیگر متفاوت (ناهمگون) است.

¹ Papadas

ارغا و همکاران^۱ (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای دیگر، به بررسی تأثیر مقررات زیست‌محیطی بر ردپای اکولوژیک در کشورهای Next-11 پرداختند. آنها با تأکید بر عدم قطعیت در یافته‌های پیشین در مورد کارایی مقررات زیست‌محیطی در اقتصادهای نوظهور، به دنبال ارائه شواهد تجربی مستحکم در این زمینه بودند. برای اطمینان از اعتبار نتایج، آنها از مجموعه‌ای از تکنیک‌های پیشرفته اقتصادسنجی پانل شامل (CCEMG، AMG، CS-ARDL) طی بازه زمانی ۱۹۹۰ الی ۲۰۱۷ بهره گرفتند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که مقررات زیست‌محیطی در کاهش تخریب محیط زیست در این کشورها کارآمد نیستند. علاوه بر این، نتایج تأیید کرد که رشد اقتصادی، تجارت و مصرف انرژی به تشدید ردپای اکولوژیک دامن می‌زنند. یافته‌های مختص به هر کشور نیز تأیید کرد که مصرف انرژی و رشد اقتصادی به طور یکسان در تمام ۱۱ کشور موجب تخریب محیط زیست می‌شوند و این نتیجه در هر سه مدل به کار رفته، پایدار و سازگار بود.

عثمان و همکاران^۲ (۲۰۲۲) در تحقیقی به بررسی عوامل تعیین‌کننده رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست در هشت کشور منطقه قطب شمال طی دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۷ پرداختند. آنها با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی پیشرفته پانل دیتا نسل دوم که وابستگی مقطعی میان کشورها را در نظر می‌گیرد، تأثیر متغیرهای توسعه مالی، منابع طبیعی، جهانی‌شدن و مصرف انرژی (تفکیک‌شده به تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر) را بر انتشار گازهای گلخانه‌ای و رشد اقتصادی تحلیل کردند. نتایج مدل زیست‌محیطی آنها نشان داد که توسعه مالی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر به طور معناداری به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و بهبود کیفیت محیط زیست منجر می‌شوند. در مقابل، بهره‌برداری از منابع طبیعی، رشد اقتصادی، مصرف انرژی‌های تجدیدنپذیر و جهانی‌شدن از عوامل تشدیدکننده تخریب محیط زیست در این منطقه بوده‌اند. از منظر رشد اقتصادی، یافته‌های پژوهش حاکی از آن بود که تمامی متغیرهای توضیحی شامل توسعه مالی، منابع طبیعی، جهانی‌شدن و هر دو نوع مصرف انرژی، نقشی مثبت و معنادار در تقویت رشد اقتصادی کشورهای قطب شمال ایفا کرده‌اند. این مطالعه بر نقش دو گانه و پیچیده متغیرهایی مانند منابع طبیعی و جهانی‌شدن تأکید دارد که از یک سو به رشد اقتصادی کمک کرده و از سوی دیگر، می‌توانند فشار بر محیط زیست را افزایش دهند.

جهانگیر و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) در کشورهای برتر تولیدکننده انرژی هسته‌ای برای دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ پرداختند.

¹ Eregha et al.

² Usman et al.

آن‌ها با هدف بررسی وجود یک منحنی EKC به شکل N، از رویکرد نوین و پویای اثرات مشترک همبسته^۱ استفاده کردند تا رابطه بین رشد اقتصادی و ردپای اکولوژیک (به عنوان شاخص تخریب محیط زیست) را تحلیل کنند. نتایج کلیدی پژوهش آن‌ها، وجود فرضیه منحنی EKC به شکل N را در این گروه از کشورها تأیید کرد. این یافته نشان می‌دهد که علی‌رغم توسعه انرژی هسته‌ای، رشد اقتصادی در این کشورها در مراحل بالاتر مجدداً به افزایش تخریب محیط زیست منجر می‌شود که بیانگر وابستگی مستمر بخش انرژی آن‌ها به سوخت‌های فسیلی است. علاوه بر این، نتایج تجربی نشان داد که تولید انرژی هسته‌ای، مخارج نظامی و سرمایه انسانی دارای اثر منفی و معنادار بر ردپای اکولوژیک هستند و به بهبود کیفیت محیط زیست کمک می‌کنند. این مطالعه پیشنهاد می‌کند که برای جلوگیری از شکل‌گیری مجدد رابطه مثبت بین رشد و آلودگی (مرحله سوم منحنی N)، این کشورها باید سبب انرژی خود را به نفع منابع پاک‌تر مانند انرژی هسته‌ای و تجدیدپذیر متنوع‌تر سازند.

کوستاکیس و آروزو-کارود^۲ (۲۰۲۳) به منظور آزمون فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) در کشورهای گروه G7 طی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸، از یک رویکرد نوآورانه بهره بردند. آن‌ها به جای استفاده از شاخص‌های کلی آلودگی مانند انتشار CO₂، از ردپای اکولوژیک کلی و اجزای تفکیک‌شده آن (شامل ردپای کربن، زمین‌های ساخته‌شده، زمین‌های زراعی، مناطق ماهیگیری، زمین‌های جنگلی و مراتع) به عنوان شاخص تخریب محیط زیست استفاده کردند. نتایج تحلیل داده‌های پانل آن‌ها نشان داد که فرضیه EKC برای ردپای اکولوژیک کلی تأیید می‌شود، اما تأثیر رشد تولید ناخالص داخلی بر هر یک از اجزای آن نابرابر و متفاوت است. بر اساس کشش‌های بلندمدت، تولید انرژی تجدیدپذیر به طور قابل توجهی به بهبود پایداری محیط زیست و کاهش ردپای اکولوژیک کمک می‌کند. همچنین، جهانی‌شدن نیز به عنوان عاملی در جهت کاهش شاخص‌های آلودگی شناسایی شد، در حالی که پیچیدگی اقتصادی به تخریب بیشتر محیط زیست در این کشورها دامن می‌زند.

• پیشینه داخلی

مریدیان و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای به آزمون اعتبار فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) برای اقتصاد ایران با تمرکز بر نقش پیچیدگی اقتصادی پرداختند. آن‌ها با استفاده از داده‌های سری زمانی و به‌کارگیری روش خودرگرسیون با وقفه‌های گسترده

^۱ Dynamic Common Correlated Effects

^۲ Kostakis & Arauzo-Carod

فوریه و آزمون علیت متغیر با زمان، روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت میان رشد اقتصادی، پیچیدگی اقتصادی، مصرف انرژی و ردپای بوم‌شناختی را بررسی کردند. نتایج تحقیق وجود یک رابطه هم‌انباشتگی بلندمدت میان متغیرها را تأیید نمود. برآوردهای مدل نشان داد که مصرف انرژی و رشد اقتصادی در هر دو افق زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت، تأثیری مثبت و معنادار بر افزایش ردپای بوم‌شناختی ایران دارند. علاوه بر این، یافته‌ها حاکی از آن بود که فرضیه EKC برای ایران معتبر نیست، زیرا رشد اقتصادی به تنهایی نتوانسته است منجر به کاهش تخریب محیط زیست در بلندمدت شود. نکته قابل توجه در این پژوهش، تأثیر منفی و معنادار پیچیدگی اقتصادی بر ردپای بوم‌شناختی بود که نشان می‌دهد توسعه تولیدات و صادرات با فناوری پیچیده‌تر می‌تواند به کاهش فشار بر محیط زیست در ایران کمک کند.

حری و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی با تمرکز بر اقتصاد ایران، به بررسی نقش توسعه مالی و مصرف انرژی بر تخریب محیط زیست در چارچوب فرضیه EKC پرداختند. آن‌ها با استفاده از داده‌های سری زمانی برای دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۷ و بهره‌گیری از روش خودرگرسیون با وقفه‌های گسترده، تأثیر این متغیرها را بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن به عنوان نماینده آلودگی هوا تحلیل کردند. نتایج برآورد مدل بلندمدت نشان داد که توسعه مالی در ایران تأثیری منفی و معنادار بر انتشار CO₂ داشته و به کاهش آلودگی کمک می‌کند. در مقابل، مصرف انرژی به عنوان یک عامل اصلی، منجر به افزایش انتشار CO₂ می‌شود. یکی از یافته‌های کلیدی این پژوهش، مشابه با مطالعات دیگر در این حوزه، رد فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در بلندمدت برای ایران بود؛ به این معنی که افزایش درآمد به خودی خود نتوانسته است کیفیت محیط زیست را بهبود بخشد.

موسوی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی عوامل مؤثر بر آلودگی محیط زیست در ایران برای دوره ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ پرداختند. آن‌ها در این مطالعه، تأثیر رشد اقتصادی، مصرف فرآورده‌های نفتی (به عنوان نماینده مصرف انرژی)، توسعه مالی و درجه باز بودن اقتصاد را بر شاخص آلودگی آزمون کردند و از روش‌های هم‌انباشتگی جوهانسن-جوسیلیوس و الگوی خودرگرسیون با وقفه‌های گسترده بهره بردند. نتایج تحقیق نشان داد که میان درآمد سرانه و آلودگی محیط زیست رابطه‌ای مثبت و میان مربع درآمد سرانه و آلودگی رابطه‌ای منفی و معنادار وجود دارد. بر این اساس، نویسندگان نتیجه‌گیری کردند که فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) برای ایران صادق است، هرچند اقتصاد کشور همچنان در بخش صعودی این منحنی قرار دارد. همچنین، همانطور که انتظار می‌رفت، مصرف فرآورده‌های نفتی تأثیر مثبت و معناداری بر تشدید آلودگی دارد. با این حال، در این پژوهش

رابطه معناداری میان متغیرهای توسعه مالی و باز بودن اقتصاد با آلودگی محیط زیست یافت نشد.

اعظمی و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه‌ای تطبیقی، رابطه میان رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن را با تفکیک کشورها به دو گروه ۲۶ کشور توسعه‌یافته و ۴۱ کشور در حال توسعه طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ بررسی کردند. آن‌ها با استفاده از آزمون‌های هم‌انباشتگی وسترلاند و کائو و برآوردگرهای FGLS و PCSE، به نتایج قابل توجهی دست یافتند. یافته‌ها نشان داد مصرف انرژی تجدیدپذیر در هر دو گروه کشورها تأثیری مثبت و معنادار بر بهبود کیفیت محیط زیست دارد، اما قدرت این تأثیر در کشورهای توسعه‌یافته بیشتر است. در مقابل، مصرف انرژی‌های فسیلی در هر دو گروه موجب تخریب محیط زیست می‌شود. مهم‌ترین یافته این پژوهش، تأیید رابطه N شکل میان رشد و آلودگی برای هر دو گروه کشور بود. این نتیجه، فرضیه سنتی EKC را به چالش می‌کشد و نشان می‌دهد که نمی‌توان صرفاً به رشد اقتصادی به عنوان راه‌حلی نهایی برای مشکلات زیست‌محیطی در بلندمدت اتکا کرد، زیرا ممکن است پس از یک دوره بهبود، تخریب زیست‌محیطی مجدداً افزایش یابد.

شکوهی فرد و همکاران (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای که می‌توان آن را امتداد و به‌روزرسانی پژوهش‌های پیشین دانست، مجدداً به بررسی عوامل تعیین‌کننده آلودگی محیط زیست در ایران برای دوره زمانی جدیدتر ۱۳۷۲ تا ۱۴۰۱ پرداختند. آن‌ها با استفاده از روش‌های هم‌انباشتگی جوهانسن-جوسیلیوس و الگوی ARDL، اثرات رشد اقتصادی، مصرف فرآورده‌های نفتی، توسعه مالی و باز بودن اقتصاد را تحلیل کردند. نتایج این پژوهش، یافته‌های مطالعه موسوی و همکاران (۱۳۹۶) را با داده‌های جدید تأیید کرد. بر این اساس، یک رابطه مثبت میان درآمد سرانه و یک رابطه منفی میان مربع درآمد سرانه با آلودگی محیط زیست مشاهده شد که نشان‌دهنده اعتبار فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) برای ایران است. همچنین، مصرف فرآورده‌های نفتی به عنوان یک عامل کلیدی در تشدید آلودگی شناسایی شد. مشابه با مطالعه قبلی، در این پژوهش نیز رابطه آماری معناداری میان توسعه مالی و باز بودن اقتصاد با سطح آلودگی در ایران یافت نشد.

عسگری و همکاران (۱۴۰۱) با رویکردی متفاوت، اعتبار فرضیه EKC را در ایران با تأکید بر نقش متغیرهای توسعه‌ای همچون سرمایه انسانی و جهانی‌شدن آزمودند. آن‌ها برای تحلیل داده‌های سری زمانی دوره ۱۳۵۸ تا ۱۳۹۶ از رویکرد ARDL تعمیم‌یافته استفاده کردند که قابلیت لحاظ کردن شکست ساختاری در مدل را داراست. نتایج این پژوهش به طور مشخص فرضیه سنتی EKC را برای ایران رد کرد. در عوض، یک رابطه U شکل میان

سطح درآمد و آلودگی (هم برای انتشار CO₂ و هم برای ردپای اکولوژیک) شناسایی شد؛ به این معنا که با افزایش درآمد، ابتدا آلودگی کاهش یافته و سپس مجدداً روندی صعودی به خود می‌گیرد. یافته‌های دیگر نشان داد که جهانی‌شدن، باز بودن تجارت و درآمد به تشدید آلودگی منجر می‌شوند، در حالی که سرمایه انسانی به عنوان یک عامل کلیدی در کاهش بلندمدت ردپای اکولوژیک عمل می‌کند. نکته قابل توجه دیگر آن بود که اگرچه مصرف انرژی تجدیدپذیر به کاهش ردپای اکولوژیک کمک می‌کند، اما تأثیر معناداری بر کاهش انتشار دی‌اکسید کربن نداشته است، که این امر به ناکافی بودن مقیاس استفاده از این انرژی‌ها در ایران اشاره دارد.

مرور جامع ادبیات موجود، چندین شکاف پژوهشی مهم را در حوزه رابطه میان رشد اقتصادی، منابع طبیعی، جهانی‌شدن و تخریب محیط زیست آشکار می‌سازد که این مطالعه در پی رفع آن‌ها و ارائه سهم‌های علمی در این زمینه است. اگرچه پژوهش‌های متعددی به بررسی فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس پرداخته‌اند، اما در مورد شکل دقیق این رابطه، به ویژه در کشورهای N11، اجماع روشنی وجود ندارد. در حالی که برخی مطالعات مانند جهانگیر و همکاران (۲۰۲۳) شواهدی از وجود رابطه N شکل میان رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست ارائه کرده‌اند، مطالعات دیگری همچون ژو و همکاران (۲۰۲۴) نتوانسته‌اند چنین رابطه‌ای را برای این گروه از کشورها تأیید کنند. این تناقض نشان می‌دهد که هنوز نیاز به تحقیقات بیشتر با استفاده از روش‌های پیشرفته‌تر و داده‌های به‌روزتر وجود دارد تا بتوان به درک دقیق‌تری از ماهیت پویای این رابطه دست یافت.

علاوه بر این، یکی از محدودیت‌های اساسی ادبیات موجود، توجه ناکافی به نقش رانت منابع طبیعی به عنوان یک متغیر مستقل و تأثیرگذار است. اکثر مطالعات پیشین تمرکز خود را بر مصرف انرژی یا بهره‌برداری صرف از منابع طبیعی قرار داده‌اند، در حالی که بُعد نهادی و سیاسی-اقتصادی رانت منابع، که می‌تواند تأثیرات کاملاً متفاوتی بر محیط زیست داشته باشد، نادیده گرفته شده است. رانت منابع طبیعی نه تنها بیانگر حجم استخراج منابع است، بلکه نحوه مدیریت، تخصیص و به‌کارگیری درآمدهای حاصل از آن را نیز منعکس می‌کند. همان‌طور که مطالعات اخیر نشان داده‌اند، مدیریت ضعیف رانت منابع می‌تواند منجر به تشدید فشار بر محیط زیست، تضعیف نهادها و حتی ظهور پدیده نفرین منابع شود. بنابراین، لحاظ کردن این متغیر در مدل‌های تجربی می‌تواند دریچه‌ای نوین برای درک عمیق‌تر پیوند میان وفور منابع طبیعی و پیامدهای زیست‌محیطی در اقتصادهای نوظهور فراهم آورد.

از سوی دیگر، اکثر پژوهش‌های انجام شده در این حوزه، از روش‌های اقتصادسنجی مبتنی بر میانگین استفاده کرده‌اند که تنها تصویری کلی و میانگین از رابطه میان متغیرها ارائه می‌دهند. این رویکرد قادر به آشکارسازی ناهمگنی‌های بالقوه در تأثیرات متغیرها در سطوح مختلف تخریب محیط زیست نیست. به عبارت دیگر، ممکن است تأثیر رشد اقتصادی، رانت منابع یا جهانی‌شدن بر ردپای اکولوژیک در کشورهایی که آلودگی پایین دارند، کاملاً متفاوت از کشورهایی باشد که با سطح بالایی از تخریب محیط زیست مواجه هستند. این مسئله از آن جهت حائز اهمیت است که می‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند تا سیاست‌های زیست‌محیطی متناسب با موقعیت خاص کشور خود طراحی کنند. علی‌رغم اهمیت این موضوع، مطالعات محدودی به بررسی این ناهمگنی‌ها پرداخته‌اند و این یک شکاف مهم در ادبیات موجود محسوب می‌شود. علاوه بر این، مطالعات پیشین در مورد کشورهای N11 یا از داده‌های قدیمی‌تر استفاده کرده‌اند که تحولات اخیر در اقتصاد جهانی را در بر نمی‌گیرند، یا تمامی ابعاد مهم (منابع طبیعی، جهانی‌شدن و فرضیه N شکل) را به صورت همزمان و جامع بررسی نکرده‌اند. همچنین، برخی از مطالعات به جای استفاده از شاخص‌های جامع تخریب محیط زیست مانند ردپای اکولوژیک، تنها بر انتشار دی‌اکسید کربن تمرکز کرده‌اند که نمی‌تواند تصویری کامل از فشار انسان بر اکوسیستم‌ها ارائه دهد.

در راستای رفع این شکاف‌های پژوهشی، سهم اصلی این مطالعه در پنج بُعد کلیدی خلاصه می‌شود. نخست، این پژوهش برای نخستین بار به صورت جامع و همزمان، فرضیه N شکل منحنی زیست‌محیطی کوزنتس، نقش رانت منابع طبیعی و تأثیر جهانی‌شدن اقتصادی را برای کشورهای N11 آزمون می‌کند و بدین ترتیب، تصویری کامل‌تر و یکپارچه از عوامل تعیین‌کننده ردپای اکولوژیک در این گروه از اقتصادهای نوظهور ارائه می‌دهد. دوم، این مطالعه از روش پیشرفته رگرسیون چندکی مبتنی بر گشتاور (MMQR) بهره می‌برد که امکان تحلیل ناهمگنی تأثیرات در چندک‌های مختلف توزیع ردپای اکولوژیک را فراهم می‌آورد و بینش‌های دقیق‌تری نسبت به روش‌های سنتی مبتنی بر میانگین ارائه می‌دهد. این رویکرد به پژوهشگر اجازه می‌دهد تا بفهمد که چگونه تأثیر متغیرهای مستقل در کشورهای با سطح پایین آلودگی متفاوت از کشورهای با آلودگی بالا عمل می‌کند. سوم، این پژوهش از داده‌های به‌روز تا سال ۲۰۲۲ استفاده می‌کند که امکان لحاظ کردن تحولات اخیر اقتصادی و زیست‌محیطی را فراهم می‌آورد و اعتبار نتایج را در

شرایط کنونی افزایش می‌دهد. چهارم، تمرکز این مطالعه بر ردپای اکولوژیک به عنوان معیاری جامع‌تر از تخریب محیط زیست، برتری آن را نسبت به مطالعاتی که تنها بر انتشار کربن تمرکز دارند، نمایان می‌سازد؛ چرا که ردپای اکولوژیک نه تنها انتشار گازهای گلخانه‌ای، بلکه تمامی ابعاد فشار بر منابع طبیعی و اکوسیستم‌ها را در بر می‌گیرد. پنجم، برای تأمین استحکام و پایایی نتایج، این مطالعه از روش Driscoll-Kraay به عنوان آزمون استحکام استفاده می‌کند که قادر به مدیریت مشکلات همبستگی مقطعی و ناهمسانی واریانس در داده‌های پانل است. در مجموع، این سهم‌ها این مطالعه را به یک افزوده ارزشمند به ادبیات موجود تبدیل می‌کند و انتظار می‌رود که بینش‌های سیاستی مهمی برای کشورهای N11 در مسیر دستیابی به توسعه پایدار، مدیریت بهینه منابع طبیعی و تعامل سازنده با فرآیند جهانی‌شدن ارائه دهد. نتایج این پژوهش می‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند تا سیاست‌های متمایز و مبتنی بر شواهد علمی را برای کاهش ردپای اکولوژیک و حفاظت از محیط زیست در چارچوب اهداف توسعه اقتصادی طراحی و اجرا کنند.

روش

هدف پژوهش حاضر بررسی ارتباط بین رانت منابع طبیعی، جهانی‌شدن، تولید ناخالص داخلی با ردپای اکولوژیکی در کشورهای N11 هست. این پژوهش به منظور بررسی تجربی، داده‌های سالانه را برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲، و برای کشورهای N11 به جز نیجریه به دلیل عدم دسترسی به داده‌ها در نظر گرفته است. داده‌های رانت منابع طبیعی و تولید ناخالص داخلی از بانک جهانی و داده‌های جهانی‌شدن و ردپای اکولوژیکی به ترتیب از موسسه KOF و شبکه ردپای جهانی به دست آمده است. جدول (۱) جزئیات و منبع متغیرها را نشان می‌دهد.

جدول ۱: معرفی متغیرها

متغیرها	نماد	واحد	منبع
ردپای اکولوژیکی	EF	Gha per person	Global footprint Network (GFN)
رانت منابع طبیعی	NAT	Of GDP%	World data indicators (WDI)
تولید ناخالص داخلی سرانه	GDP	constant US dollars	WDI
مربع تولید ناخالص داخلی سرانه	GDP S	constant US dollars	WDI
مکعب تولید ناخالص داخلی سرانه	GDP Q	constant US dollars	WDI

KOF	index ۰-۱۰۰	EG	جهانی شدن
-----	-------------	----	-----------

در اینجا، GDP نشان‌دهنده افزایش تولید ناخالص داخلی یک کشور تقسیم بر کل جمعیت آن است که میانگین تولید ناخالص داخلی تولید شده به ازای هر فرد را نشان می‌دهد. NAT نشان‌دهنده درآمد حاصل از استخراج و استفاده از منابع طبیعی است که می‌تواند عمیقاً بر توسعه اقتصادی تأثیر بگذارد و در عین حال به طور بالقوه باعث تخریب محیط زیست شود. EG، بیانگر جهانی شدن هست که وابستگی متقابل رو به رشد اقتصادها از طریق سرمایه‌گذاری، تجارت و فناوری را بر روند رشد و تخصیص منابع بین کشورها نشان می‌دهد. EF، اثر زیست‌محیطی یک جمعیت را با تعیین کمیت منابع طبیعی و خدمات اکوسیستمی لازم برای پشتیبانی از مصرف و ضایعات آنها ارزیابی می‌کند و از این رو، پایداری بلندمدت فعالیت اقتصادی آنها را نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر، با توجه به مطالعات پیشین، مدل زیر تجزیه و تحلیل می‌شود:

$$\ln EF_t = F(EG_{it}, GDP_{it}, GDPs_{it}, GDPq_{it}, NAT_{it}) \quad (1)$$

$$\ln EF_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln EG_{it} + \beta_2 \ln GDP_{it} + \beta_3 \ln GDPs_{it} + \beta_4 \ln GDPq_{it} + \beta_5 \ln NAT_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

در این الگو، GDP_{it} تولید ناخالص داخلی سرانه کشور i در سال t (دلار ثابت ۲۰۱۵، لگاریتم طبیعی) است که داده‌های آن از بانک جهانی اخذ شده است. $GDPs_{it}$ و $GDPq_{it}$ توان دوم و سوم تولید ناخالص داخلی سرانه هست. EG_{it} شاخص جهانی شدن است که داده‌های این متغیر از موسسه KOF استخراج شده است. NAT_{it} نشان‌دهنده رانت منابع طبیعی است که داده‌های این متغیر نیز از بانک جهانی گرفته شده‌اند. در الگوی فوق، $(i = 1, \dots, N)$ نمایانگر کشورها، $(t = 1, \dots, T)$ نشان دهنده سال‌ها، (β_0) عرض از مبدأ، (ε_{it}) جمله خطا و (β_1) تا (β_5) ضرایب متغیرهای مستقل می‌باشند. لازم به ذکر است که همه متغیرها به صورت لگاریتمی در رگرسیون به کار رفته است.

رگرسیون کوانتایل مبتنی بر گشتاور

روش اصلی برآورد در این مطالعه، رگرسیون چندکی گشتاورها (MMQR) است. این روش که توسط ماچادو و سیلوا (۲۰۱۹) معرفی شده، به دلیل مقاومت در برابر نقاط پرت، بهترین تکنیک برآورد محسوب می‌شود (آدبایو و همکاران، ۲۰۲۲). MMQR دارای مزایای متعددی نسبت به روش‌های سنتی است؛ برخلاف رگرسیون خطی سنتی که تنها بر میانگین تمرکز دارد، MMQR کل توزیع داده‌ها را در نظر می‌گیرد و می‌تواند مقادیر غیرمتقاطع برای صدک‌های مختلف را برآورد کند (حوسام و همکاران، ۲۰۲۴). همچنین،

نام خانوادگی نویسنده اول و دوم (بیش از دو نویسنده نام خانوادگی نویسنده اول و همکاران | ۲۱

MMQR اجازه می‌دهد تا اثرات پراکندگی شرطی ناهمگن متغیرها بر کل توزیع بررسی شود و برای مدیریت غیرخطی بودن، روابط نامتقارن، ناهمگنی و درونزایی مناسب است (رزاق و همکاران^۱، ۲۰۲۲).

چندک شرطی $(Q_\pi(\pi|\tilde{X}))$ برای مدل مقیاس-مکانی در MMQR به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Y_{it} = \beta_i + \tilde{X}_{it}\theta + (\alpha_i + Z_{it}\gamma)\varepsilon_{it} \quad (۳)$$

معادله (۳) احتمال $(P(\alpha_i + \hat{Z}_{it}\gamma > 0) = 1)$ را نشان می‌دهد، که در آن $(\theta), (\beta), (\alpha), (\gamma)$ پارامترهای مورد نیاز برای برآورد هستند. همچنین در معادله فوق، $(i = 1, \dots, n)$ اثر ثابت ویژه و Z بردار K -بعدی از مؤلفه های X است که با مؤلفه (l) زیر تبدیل شده اند:

$$\hat{Z}_j = \hat{Z}_j(\hat{X}), \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (۴)$$

در معادله (۴)، ε_{it} نشان دهنده متعامد بودن با $\tilde{X}_{it}$ است و با دستیابی به شرایط گشتاوری که ناهمگنی شدید ندارند، سازگار است؛ بنابراین، چندک شرطی Y در معادله (۳) به صورت زیر فرموله می‌شود:

$$Q_\pi(\pi | \tilde{X}_{it}) = (\beta_i + \alpha_i q(\pi)) + \tilde{X}_{it}\theta + \hat{Z}_{it}\gamma q(\pi) \quad (۵)$$

که در آن، $Q_\pi(\pi | \tilde{X}_{it})$ نشان دهنده توزیع چندکی Y_{it} است. بنابراین، Q_π به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\min_q \sum_i \sum_t \rho_\pi(R_{it} - (\alpha_i + \hat{Z}_{it}\gamma)q) \quad (۶)$$

که در آن $\rho_\pi(R = (\pi - 1)AI\{A \leq 0\} + TAI\{A > 0\})$ تابع زیان چندکی استاندارد است (حوسام و همکاران، ۲۰۲۴).

یافته‌ها

آمار توصیفی متغیرها

جدول (۲)، آمار توصیفی متغیرهای کلیدی پژوهش را برای کل نمونه نمایش می‌دهد. این آمار شامل میانگین، انحراف معیار، و مقادیر حداقل و حداکثر برای هر متغیر است و دیدگاه اولیه‌ای را در مورد توزیع و پراکندگی داده‌ها فراهم می‌آورد. تمامی متغیرها به صورت لگاریتمی وارد مدل شده‌اند تا مشکلات مربوط به ناهمسانی واریانس کاهش یافته و ضرایب به صورت کشش قابل تفسیر باشند. مطابق با نتایج، متغیر لگاریتم ردپای اکولوژیکی، به طور میانگین دارای مقدار $0/42$ است. دامنه تغییرات این متغیر بین $1/07$ - و $1/63$ قرار دارد که نشان‌دهنده تفاوت قابل توجه در سطح تخریب محیط زیست در میان کشورها و در طول زمان است. همچنین میانگین متغیر رانت منابع طبیعی $0/70$ است، اما انحراف معیار آن بسیار بالا و برابر با $1/72$ می‌باشد. این مقدار انحراف معیار، که بیش از دو برابر میانگین است، حاکی از ناهمگونی شدید در میزان برخورداری از منابع طبیعی در میان کشورهای مورد مطالعه است. به این معنا که در نمونه، هم کشورهای با وفور منابع طبیعی و هم کشورهای با کمبود شدید منابع وجود دارند. این پراکندگی بالا اهمیت بررسی اثرات ناهمگن این متغیر بر ردپای اکولوژیکی را دوچندان می‌کند. همچنین میانگین درآمد سرانه در کشورهای نمونه $8/24$ (در مقیاس لگاریتمی) است. انحراف معیار $0/96$ و دامنه مقادیر (از $6/43$ تا $10/42$) نشان‌دهنده وجود تنوع در سطح توسعه اقتصادی کشورهاست. این تنوع برای آزمون فرضیه منحنی محیطی کوزنتس (EKC) که رابطه غیرخطی بین درآمد و آلودگی را فرض می‌کند، یک ویژگی مطلوب به شمار می‌آید. به طور مشابه، متغیر لگاریتم جهانی شدن دارای میانگین $4/08$ و انحراف معیار معادل $0/15$ است. همچنین، دامنه تغییرات آن از $3/63$ تا $4/37$ نسبتاً محدود است. این آمار نشان می‌دهد که سطح جهانی شدن در میان کشورهای نمونه و در طول دوره زمانی مورد بررسی، نسبتاً همگن بوده و تفاوت‌های چشمگیری با یکدیگر ندارند. این همگونی نسبی می‌تواند به این معنا باشد که اثرات جهانی شدن بر ردپای اکولوژیکی، در صورت وجود، ممکن است در سراسر نمونه از ثبات بیشتری برخوردار باشد. به طور خلاصه، آمار توصیفی حاکی از وجود ناهمگونی قابل توجه در متغیرهای ردپای اکولوژیکی، منابع طبیعی و سطح درآمد است، در حالی که متغیر جهانی شدن از همگنی بیشتری برخوردار است. این ویژگی‌ها، استفاده از مدل‌های پانل دیتای چندکی که قادر به کنترل و تحلیل این ناهمگونی‌ها هستند را ضروری می‌سازد.

جدول ۲: آمار توصیفی متغیرها

متغیرها	آمار توصیفی
---------	-------------

بیشترین مقدار	کمترین مقدار	انحراف معیار	میانگین	مشاهدات	
۱/۶۳	-۱/۰۷	۰/۷۰	۰/۴۲	۲۳۰	lnEF
۴/۳۷	۳/۶۳	۰/۱۵	۴/۰۸	۲۳۰	lnEG
۳/۵۴	-۳/۴۶	۱/۷۲	۰/۷۰	۲۲۰	lnNAT
۱۰/۴۲	۶/۴۳	۰/۹۶	۸/۲۴	۲۳۰	lnGDP

منبع: یافته‌های پژوهش

آزمون‌های قبل از برآورد

با توجه به ماهیت متغیرهای مورد مطالعه و ارتباطات اقتصادی و سیاسی بین کشورها، وجود وابستگی مقطعی در بین اعضای پانل محتمل است. این پدیده به این معناست که شوک‌ها یا تغییرات در یک کشور می‌تواند به سایر کشورها نیز سرایت کند. برای بررسی این موضوع، از آزمون پسران استفاده شد. فرضیه صفر این آزمون، وجود وابستگی مقطعی ضعیف (یا عدم وجود وابستگی قوی) است. همانطور که نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد، آماره CD برای تمامی متغیرهای مدل از نظر آماری در سطح ۱٪ معنادار است و تمامی مقادیر p-value برابر ۰/۰۰ هستند. بنابر نتایج، رد فرضیه صفر به شدت بیانگر وجود وابستگی مقطعی قوی در بین داده‌ها است. این یافته تأیید می‌کند که استفاده از روش‌های تخمین نسل اول پانل دیتا (که فرض استقلال مقاطع را دارند) منجر به نتایج اریب و نامعتبر خواهد شد و لزوم استفاده از روش‌های نسل دوم، که نسبت به این پدیده مقاوم هستند، را ضروری می‌سازد.

جدول ۳: آزمون وابستگی مقطعی

متغیرها	آمار توصیفی			
	CD-test	p-value	corr	abs(corr)
lnEF	۵/۸۹	۰/۰۰	۰/۱۸	۰/۴۷
lnEG	۲۵/۸۱	۰/۰۰	۰/۸۰	۰/۸۰
lnNAT	۱۴/۱۶	۰/۰۰	۰/۴۵	۰/۴۸
lnGDP	۲۸/۱۴	۰/۰۰	۰/۸۷	۰/۸۷

منبع: یافته‌های پژوهش

از طرفی، یکی از پیش‌شرط‌های بنیادین در تحلیل سری‌های زمانی و داده‌های پانل، بررسی ویژگی مانایی یا مرتبه انباشتگی متغیرها است. این بررسی برای جلوگیری از نتایج رگرسیون کاذب و همچنین انتخاب مدل تخمینی مناسب، حیاتی است. با توجه به اینکه نتایج آزمون‌های مقدماتی وجود وابستگی مقطعی قوی را در بین کشورهای مورد مطالعه تأیید کرد، استفاده از آزمون‌های ریشه واحد نسل اول که بر فرض استقلال مقاطع استوارند،

می‌تواند به نتایج اریب و نامعتبر منجر شود. از این رو، در این پژوهش برای ارزیابی مانایی متغیرها از آزمون ریشه واحد دیکی-فولر تعمیم یافته مقطعی^۱ که توسط پسران (۲۰۰۷) توسعه یافته است، بهره گرفته شد. این آزمون با لحاظ کردن میانگین‌های مقطعی در معادله آزمون، وابستگی مقطعی را به طور مؤثری کنترل کرده و آماره‌های معتبری برای قضاوت در مورد وجود ریشه واحد ارائه می‌دهد. فرضیه صفر در آزمون CADF بیانگر وجود ریشه واحد (نامانا بودن متغیر) و فرضیه جایگزین نشان‌دهنده عدم وجود ریشه واحد (مانا بودن متغیر) است. نتایج این آزمون، که برای تمامی متغیرهای مدل هم در سطح و هم پس از یک بار تفاضل‌گیری انجام شد، نشان‌دهنده ترکیبی از مرتبه‌های انباشتگی در میان متغیرهاست.

جدول ۴: آزمون ریشه واحد نسل دوم

متغیرها	CADF test	
	تفاضل مرتبه اول	در سطح
lnEF	-۴/۱۹ (۰/۰۰)	-۱/۹۸ (۰/۲۳)
lnEG	-	-۲/۲۹ (۰/۰۴)
lnNAT	-۳/۹۰ (۰/۰۰)	-۱/۵۷ (۰/۷۳)
lnGDP	-	-۲/۴۲ (۰/۰۱)

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج مربوط به آزمون‌های ریشه واحد نسل دوم در جدول (۴) گزارش شده است. نتایج حاصل از این آزمون‌ها وضعیت مانایی متغیرها در سطح را به شرح زیر نشان می‌دهد:

تحلیل نتایج به تفکیک نشان می‌دهد که متغیر وابسته، ردپای اکولوژیک لگاریتمی، با آماره $t\text{-bar}$ برابر با -۱/۹۸ و مقدار ارزش احتمال ۰/۲۳ و همچنین متغیر منابع طبیعی لگاریتمی با آماره $t\text{-bar}$ برابر با -۱/۵۷ و مقدار ارزش احتمال ۰/۷۳، در سطح نامانا هستند؛ زیرا مقادیر احتمال آنها از سطوح معناداری مرسوم (۱٪، ۵٪ و ۱۰٪) بزرگتر است و بنابراین فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد رد نمی‌شود. با این حال، پس از یک بار تفاضل‌گیری، هر دوی این متغیرها به شدت مانا می‌شوند؛ به طوری که آماره $t\text{-bar}$ برای لگاریتم رد پای

¹ Cross-sectionally Augmented Dickey-Fuller

اکولوژیکی و لگاریتم رانت منابع طبیعی به ترتیب به $4/19$ و $3/90$ با ارزش احتمال برابر با $0/00$ می‌رسد. این یافته تأیید می‌کند که متغیرهای لگاریتم ردپای اکولوژیکی و لگاریتم رانت منابع طبیعی از مرتبه انباشتگی یک، یا به اختصار $I(1)$ ، هستند. در مقابل، نتایج برای سایر متغیرهای مستقل متفاوت است. متغیر لگاریتم شاخص جهانی شدن با آماره t -bar برابر با $2/29$ و ارزش احتمال $0/04$ و متغیر تولید ناخالص داخلی سرانه لگاریتمی با آماره t -bar برابر با $2/42$ و ارزش احتمال $0/01$ هر دو در سطح معناداری 5% فرضیه صفر ریشه واحد را رد می‌کنند. این بدین معناست که این دو متغیر در سطح، مانا بوده و از مرتبه انباشتگی صفر یا $I(0)$ برخوردارند. به طور خلاصه، نتایج آزمون ریشه واحد پانلی CADF مشخص کرد که داده‌های این پژوهش ترکیبی از متغیرهای $I(0)$ و $I(1)$ هستند. این یافته، به بررسی آزمون هم‌انباشتگی نسل دوم صحنه می‌گذارد.

با توجه به اینکه هدف پژوهش حاضر بررسی روابط بلندمدت هست و تفاضل گیری از متغیرهای نامانا منجر به از دست دادن مشاهدات می‌شود؛ لذا بررسی وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرها از طریق آزمون هم‌انباشتگی ضروری است. در این پژوهش، از آزمون هم‌انباشتگی نسل دوم وسترلوند (۲۰۰۵) استفاده شد که نسبت به وابستگی مقطعی مقاوم است. فرضیه صفر در این آزمون عدم وجود هم‌انباشتگی است. نتایج آزمون در جدول (۵) نشان می‌دهد که آماره نسبت واریانس برابر با $1/91$ با مقدار ارزش احتمال $0/02$ می‌باشد. از آنجایی که این مقدار p -value کمتر از سطح 5% است، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود هم‌انباشتگی رد می‌شود. این یافته به طور مستدل نشان می‌دهد که یک رابطه تعادلی و پایدار بلندمدت بین ردپای اکولوژیکی و متغیرهای توضیحی مدل شامل تولید ناخالص داخلی سرانه (و توان‌های آن)، شاخص جهانی شدن و منابع طبیعی وجود دارد. تأیید هم‌انباشتگی، اعتبار مدل رگرسیونی تخمین زده شده را به عنوان یک رابطه بلندمدت معتبر، تقویت می‌کند.

جدول ۵: آزمون هم‌جمعی پانل

Westerlund Co-integration test	
Variance ratio	$-1/91$
	$(0/02)$

منبع: یافته‌های پژوهش

آزمون مهم دیگر، بررسی همگونی یا ناهمگونی ضرایب شیب در بین کشورهای مختلف پانل است. فرضیه صفر در آزمون دلتای تعدیل شده پسران و یاماگاتا (۲۰۰۸) بر همگون بودن ضرایب دلالت دارد. نتایج آزمون در جدول (۶) نشان می‌دهد که آماره دلتا $8/80$ و آماره

دلتای تعدیل شده ۱۰/۶۶ هر دو در سطح معناداری ۱٪ قرار دارند. این نتیجه قاطع، فرضیه صفر مبنی بر همگونی ضرایب را رد کرده و وجود ناهمگونی قابل توجه در شیب‌ها را تأیید می‌کند. به عبارت دیگر، تأثیر متغیرهای مستقلی مانند رشد اقتصادی، جهانی شدن و منابع طبیعی بر ردپای اکولوژیک در بین کشورهای مورد مطالعه یکسان نیست و از کشوری به کشور دیگر تفاوت دارد. این یافته، انتخاب مدل رگرسیون کوانتایل را بیش از پیش توجیه می‌کند، زیرا این روش به ذات خود قادر است تفاوت در ضرایب را نه تنها بین کشورها، بلکه در سطوح مختلف توزیع متغیر وابسته نیز به تصویر بکشد.

جدول ۶: آزمون همگنی شیب پسران

آزمون	آماره	ارزش احتمال
Delta	۸/۸۰	(۰/۰۰)
.adj	۱۰/۶۶	(۰/۰۰)

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج مدل

در این پژوهش به منظور بررسی جامع عوامل مؤثر بر ردپای اکولوژیک در کشورهای N11، از دو رویکرد مکمل اقتصادسنجی استفاده شد. ابتدا، برای تحلیل ناهمگن تأثیر متغیرهای مستقل در سراسر توزیع شرطی متغیر وابسته، از مدل رگرسیون چندک گشتاوری برای چندک‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۹۰ بهره گرفته شد. این روش برتری قابل توجهی نسبت به رگرسیون خطی سنتی دارد، زیرا اجازه می‌دهد اثرات متغیرها در نقاط مختلف توزیع ردپای اکولوژیک به طور جداگانه بررسی شوند و امکان شناسایی الگوهای را فراهم می‌کند که در تحلیل میانگین پنهان می‌مانند. سپس، به منظور تأیید استحکام نتایج و بررسی اثرات میانگین با در نظر گرفتن همبستگی سریالی، ناهمسانی واریانس و همبستگی متقاطع در داده‌های پانلی، از مدل دریسکول و کری استفاده گردید. نتایج هر دو مدل در جدول (۷) ارائه شده است.

جدول ۷: نتایج مدل

مدل MMQR						استحکام نتایج	
Location	10 th	25 th	50 th	75 th	90 th	Driscoll-Kraay	متغیر

۱۷/۵۸	۱۴/۱۹	۱۵/۶۰	۱۸/۰۴	۱۹/۴۴	۲۰/۴۴	۱۷/۵۸	LnGDP
(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	
-۱/۹۱	-۱/۶۰	-۱/۷۳	-۱/۹۶	-۲/۰۹	-۲/۱۸	-۱/۹۱	LnGDP2
(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	
۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	LnGDP3
(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	
-۱/۰۱	-۰/۹۴	-۰/۹۷	-۱/۰۲	-۱/۰۵	-۱/۰۷	-۱/۰۱	LnEG
(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	
۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۶	LnNAT
(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۱۲)	(۰/۰۰)	
-۵۰/۵۴	-۳۹/۸۶	-۴۴/۳۱	-۵۱/۹۹	-۵۶/۴۰	-۵۹/۵۸	-۵۰/۵۴	عرض از مبدأ
(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	
۲۲۰	۲۲۰	۲۲۰	۲۲۰	۲۲۰	۲۲۰	۲۲۰	تعداد مشاهدات

منبع: یافته‌های پژوهش

- رابطه N شکل بین رشد اقتصادی و ردپای اکولوژیک

نتایج برآوردی به وضوح حاکی از وجود یک رابطه غیرخطی پیچیده بین رشد اقتصادی و ردپای اکولوژیک در کشورهای N11 است. الگوی علامت‌های ضرایب متغیرهای درآمدی در تمامی چندک‌های مورد بررسی و مدل میانگین به صورت مثبت، منفی و مجدداً مثبت است که نشانگر تأیید فرضیه N شکل منحنی زیست‌محیطی کوزنتس می‌باشد. ضریب متغیر لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه در تمامی چندک‌ها مثبت و معنادار در سطح ۱ درصد است. مقدار این ضریب از ۱۴/۱۹ در چندک ۱۰ به ۲۰/۴۴ در چندک ۹۰ افزایش می‌یابد. این افزایش یکنواخت نشان می‌دهد که حساسیت ردپای اکولوژیک به رشد اقتصادی در کشورها یا دوره‌هایی که از قبل سطوح بالاتری از آلودگی را تجربه می‌کنند، قوی‌تر است. به عبارت دیگر، در سطوح بالای ردپای اکولوژیک، هر واحد افزایش در درآمد سرانه، فشار بیشتری بر محیط زیست وارد

می‌کند. در مدل دریسکول-کری نیز این ضریب برابر $17/58$ و معنادار است که اثر میانگین مثبت را تأیید می‌نماید. ضریب توان دوم متغیر درآمد در تمامی چندک‌ها منفی و معنادار در سطح ۱ درصد است. مقدار مطلق این ضریب از $1/60$ در چندک ۱۰ به $2/18$ در چندک ۹۰ افزایش می‌یابد. این الگو بیانگر آن است که پس از رسیدن به یک آستانه درآمدی مشخص، افزایش بیشتر درآمد به کاهش ردپای اکولوژیک منجر می‌شود و این اثر کاهنده در کشورهای با آلودگی بالاتر (چندک‌های بالا) قوی‌تر است. نتایج مدل دریسکول-کری با ضریب $1/91$ - این یافته را تأیید می‌کند. با این حال، یافته کلیدی و حائز اهمیت این پژوهش، ضریب مثبت و معنادار توان سوم متغیر درآمد است که در تمامی چندک‌ها حدود $0/07$ و در سطح ۱ درصد معنادار است. این ضریب نشان می‌دهد که پس از عبور از یک آستانه درآمدی بسیار بالا، رشد اقتصادی مجدداً به افزایش ردپای اکولوژیک منجر می‌شود. ثبات این ضریب در سراسر چندک‌ها حاکی از آن است که این اثر بازگشتی یک ویژگی ساختاری در فرآیند توسعه است و وابسته به سطح اولیه آلودگی نیست. ترکیب این سه ضریب، مسیر توسعه را به سه مرحله تقسیم می‌کند: مرحله اول که با افزایش سریع آلودگی همراه است، مرحله دوم که با کاهش موقت آلودگی مشخص می‌شود، و مرحله سوم که در آن آلودگی مجدداً روند صعودی می‌گیرد. این الگوی N شکل نشان‌دهنده پیچیدگی رابطه رشد-محیط زیست است و اینکه صرفاً افزایش درآمد نمی‌تواند تضمین‌کننده پایداری بلندمدت باشد.

- اثر متغیر رانت منابع طبیعی

تحلیل اثرات رانت منابع طبیعی بر ردپای اکولوژیک، الگوی ناهمگن و قابل توجهی را آشکار می‌سازد. ضریب این متغیر در چندک‌های مختلف به صورت یکنواخت کاهشی است و از نظر معناداری نیز تغییر می‌کند. در چندک ۱۰ (کشورها یا دوره‌هایی با پایین‌ترین سطح ردپای اکولوژیک)، ضریب رانت منابع طبیعی برابر $0/10$ و در سطح ۱ درصد معنادار است. این بدان معناست که در این سطح، هر ۱ درصد افزایش در رانت منابع طبیعی منجر به $0/10$ درصد افزایش در ردپای اکولوژیک می‌شود. این قوی‌ترین اثر مشاهده‌شده در میان تمام چندک‌هاست.

با حرکت به سمت چندک‌های بالاتر، اندازه و معناداری این اثر کاهش می‌یابد. در چندک ۲۵، ضریب به $0/08$ کاهش می‌یابد، در چندک ۵۰ به $0/05$ ، و در چندک ۷۵

به ۰/۰۳ می‌رسد که همگی همچنان در سطح ۱ درصد معنادار هستند. اما در چندک ۹۰ (کشورها یا دوره‌هایی با بالاترین سطح ردپای اکولوژیک)، ضریب به ۰/۰۲ کاهش می‌یابد و از نظر آماری معنادار نیست. این الگوی کاهشی نشان می‌دهد که تأثیر رانت منابع طبیعی بر تخریب محیط زیست به سطح آلودگی موجود بستگی دارد. در مراحل اولیه که ردپای اکولوژیک پایین است، وابستگی به رانت منابع به شدت با افزایش تخریب محیط زیست همراه است. اما در کشورها یا دوره‌هایی که به سطوح بحرانی آلودگی رسیده‌اند، رانت منابع دیگر یک عامل تعیین‌کننده نیست و عوامل دیگری نقش غالب را ایفا می‌کنند. مدل دریسکول-کری با ارائه یک ضریب میانگین برابر ۰/۰۶ و معنادار در سطح ۱ درصد، تأیید می‌کند که در مجموع، رانت منابع طبیعی اثر مثبت معناداری بر افزایش ردپای اکولوژیک دارد، اما تحلیل چندک نشان می‌دهد که این اثر میانگین، ناهمگنی قابل توجهی را در خود پنهان کرده است.

- اثر متغیر جهانی شدن اقتصادی

برخلاف انتظارات مبتنی بر فرضیه پناهگاه آلودگی، نتایج نشان می‌دهند که جهانی شدن اقتصادی در تمامی چندک‌ها اثر کاهنده معناداری بر ردپای اکولوژیک دارد. ضریب این متغیر در همه سطوح منفی و در سطح ۱ درصد معنادار است. در چندک ۱۰، ضریب جهانی شدن اقتصادی برابر ۰/۹۴- است که نشان می‌دهد افزایش ۱ درصدی در شاخص جهانی شدن، منجر به کاهش ۰/۹۴ درصدی در ردپای اکولوژیک می‌شود. این اثر کاهنده با حرکت به سمت چندک‌های بالاتر تقویت می‌شود به طوری که ۰/۹۷- در چندک ۲۵، ۱/۰۲- در چندک ۵۰، ۱/۰۵- در چندک ۷۵ و ۱/۰۷- در چندک ۹۰. این الگوی افزایشی در اندازه اثر کاهنده جهانی شدن نشان می‌دهد که کشورها یا دوره‌هایی که با سطوح بالاتری از آلودگی مواجه هستند، بیشتر از یکپارچگی با اقتصاد جهانی بهره می‌برند. به عبارت دیگر، در شرایطی که فشار زیست‌محیطی بالاست، جهانی شدن می‌تواند نقش مؤثرتری در کاهش تخریب محیط زیست ایفا کند. نتایج مدل دریسکول-کری با ضریب ۱/۰۱- و معنادار در سطح ۱ درصد، اثر میانگین منفی جهانی شدن را تأیید می‌کند. یکنواختی جهت اثر (منفی) در تمامی چندک‌ها و مدل میانگین، شواهد قوی علیه فرضیه پناهگاه آلودگی و به نفع فرضیه هالوی آلودگی فراهم می‌کند.

- استحکام نتایج

مقایسه نتایج حاصل از روش MMQR و مدل دریسکول-کری نشان می‌دهد که یافته‌ها از استحکام بالایی برخوردار هستند. تمامی ضرایب در مدل دریسکول-کری از نظر علامت، اندازه نسبی و معناداری با نتایج میانه (چندک ۵۰) و میانگین موقعیت (Location) در MMQR سازگار هستند. این سازگاری نشان می‌دهد که نتایج وابسته به انتخاب روش خاص نیستند و در برابر مشکلات رایج داده‌های پانل (همبستگی سریالی، ناهمسانی واریانس و همبستگی متقاطع) مقاوم می‌باشند. همچنین، معناداری آماری بالای تمام ضرایب در سطح ۱ درصد (به جز ضریب رانت منابع در چندک ۹۰)، اطمینان بالایی نسبت به یافته‌ها ایجاد می‌کند. تعداد مشاهدات (۲۲۰ مشاهده از ۱۰ کشور طی ۲۲ سال) نیز برای برآورد پارامترها کافی است.

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف پر کردن شکاف‌های مهم در ادبیات اقتصاد محیط زیست، به بررسی عوامل تعیین‌کننده تخریب محیط زیست با تمرکز بر نقش رشد اقتصادی، جهانی‌شدن اقتصادی و رانت منابع طبیعی در ده کشور عضو گروه N11 پرداخت. این کشورها به دلیل جمعیت کلان، سهم قابل‌توجه در تولید جهانی و تنوع در ساختار اقتصادی، نمایندگان مناسبی از اقتصادهای نوظهور هستند که در مسیر گذار به توسعه پایدار با چالش‌های پیچیده زیست‌محیطی مواجه‌اند. استفاده از روش رگرسیون چندکی گشتاوری و رگرسیون پانلی دریسکول-کری، امکان شناسایی ناهمگنی اثرات و تأیید استحکام نتایج را فراهم کرد. یافته‌های این پژوهش درک عمیق‌تری از پویایی‌های پیچیده میان توسعه اقتصادی، بهره‌برداری از منابع طبیعی، یکپارچگی جهانی و پیامدهای زیست‌محیطی ارائه می‌دهد و تلویحات مهمی برای سیاست‌گذاری پایدار در اقتصادهای نوظهور به همراه دارد. یافته اصلی این پژوهش، تأیید قاطع فرضیه N شکل منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در کشورهای N11 است. نتایج رگرسیون چندکی گشتاوری نشان داد که رابطه میان رشد اقتصادی و ردپای اکولوژیک در تمام چندک‌های توزیع آلودگی، الگوی N شکل را دنبال می‌کند، به این معنا که در مراحل اولیه توسعه، افزایش درآمد سرانه با تشدید تخریب محیط زیست همراه است، سپس در سطوح درآمدی متوسط کاهش موقت آلودگی مشاهده می‌شود، اما در نهایت در سطوح درآمدی بسیار

بالا، آلودگی مجدداً افزایش می‌یابد. این یافته با مطالعات جهانگیر و همکاران (۲۰۲۳) که N شکل را در کشورهای توسعه‌یافته طی دوره ۲۰۱۶-۱۹۹۲ تأیید کردند، سان و همکاران (۲۰۲۳) که در ۳۵ کشور OECD طی ۲۰۲۰-۱۹۹۰ به نتایج مشابهی دست یافتند، و اعظمی و همکاران (۱۴۰۳) که در اقتصادهای منتخب نفتی و غیرنفتی فرضیه N شکل را تأیید نمودند، همسو است. این سازگاری نشان می‌دهد که رابطه N شکل یک پدیده جهانی است که در کشورهای با سطوح مختلف توسعه قابل مشاهده است و نمی‌توان آن را صرفاً به یک گروه خاص از اقتصادها محدود کرد.

با این حال، یافته‌های ما با ژو و همکاران (۲۰۲۴) که فرضیه N شکل را در همین گروه کشورها رد کردند و تنها شکل U معکوس را تأیید نمودند، متناقض است. این تفاوت می‌تواند به دلایل روش‌شناختی توجیه شود؛ آن‌ها از روش CS-ARDL استفاده کردند که اثرات میانگین را برآورد می‌کند و ناهمگنی موجود در توزیع ردپای اکولوژیک را نادیده می‌گیرد، در حالی که روش MMQR به کار رفته در این مطالعه نشان داد که رابطه N شکل در تمام چندک‌های توزیع ردپای اکولوژیک به صورت یکنواخت وجود دارد. این امر تأکید می‌کند که انتخاب روش اقتصادسنجی می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر نتایج داشته باشد و استفاده از روش‌های ناهمگن برای آشکارسازی پویایی‌های پنهان در داده‌ها ضروری است. تأیید فرضیه N شکل تلویحات مهمی برای پایداری بلندمدت دارد؛ وجود نقطه عطف سوم نشان می‌دهد که کشورهای N11 نمی‌توانند صرفاً بر رشد اقتصادی تکیه کنند و امیدوار باشند که به طور خودکار به محیط زیست پاک‌تری دست یابند. مسیر توسعه این کشورها مملو از خطرات زیست‌محیطی است؛ حتی اگر در مرحله دوم موفق به کاهش موقت آلودگی شوند، ریسک بازگشت مجدد به آلودگی بالا در سطوح درآمدی بسیار بالا وجود دارد. دلایل بازگشت آلودگی در مرحله سوم را می‌توان به مصرف‌گرایی افراطی، پارادوکس جونز، برون‌سپاری آلودگی، و اشباع نشدن تقاضا برای انرژی نسبت داد، که این امر ضرورت مداخلات سیاستی پیوسته و تهاجمی را در تمام مراحل توسعه برجسته می‌کند.

یافته کلیدی دوم این پژوهش، ناهمگنی اثر رانت منابع طبیعی است که پژوهش حاضر آن را نفرین منابع مرحله‌ای نامگذاری کرده است. نتایج نشان داد که تأثیر مخرب رانت منابع بر محیط زیست به مرحله توسعه و سطح آلودگی موجود بستگی دارد؛ اثر رانت

منابع در چندک‌های پایین توزیع ردپای اکولوژیک به طور معناداری مثبت و قوی است، اما در چندک‌های بالاتر این اثر کاهش می‌یابد و حتی در برخی موارد ناچیز می‌شود. مطالعات گذشته عموماً بر اثرات میانگین تمرکز داشته‌اند. برای نمونه، هی و همکاران^۱ (۲۰۲۴) رابطه میان رانت مواد معدنی، تخریب منابع طبیعی و ردپای اکولوژیک را در کشورهای با آلایندگی بالا بررسی کرده‌اند؛ یافته‌های آنان نشان می‌دهد نوع منابع و کارایی استخراج می‌تواند اثر متفاوتی بر محیط‌زیست داشته باشد. همچنین توآتی و بن-سلها^۲ (۲۰۲۴) با تمرکز بر کشورهای غنی از منابع در منطقه MENA نشان داده‌اند که بهره‌برداری ناپایدار از منابع طبیعی در بلندمدت اثر منفی قابل توجهی بر شاخص‌های زیست‌محیطی دارد.

پژوهش حاضر با تلفیق شواهد موجود نشان می‌دهد که اثر رانت منابع در مراحل مختلف توسعه اقتصادی یکنواخت نیست. در مراحل اولیه، کشورها فاقد زیرساخت نهادی و فناوری پاک هستند و رانت منابع معمولاً موجب تمرکز اقتصاد بر صنایع انرژی‌بر، کندی در تنوع‌بخشی، و گسترش فساد می‌شود. اما در مراحل بالاتر، با رشد فناوری و بهبود حکمرانی، استخراج منابع و استفاده از انرژی کارآمدتر می‌گردد و اثر تخریبی آن کاهش می‌یابد. در نتیجه، سیاست‌های مدیریت منابع باید متناسب با سطح توسعه کشورها طراحی شوند؛ نسخه‌ی واحدی برای همه‌ی اقتصادهای غنی از منابع وجود ندارد.

همچنین مطالعات پیشین از جمله اوکان و همکاران^۳ (۲۰۲۴) نشان داده‌اند که جهانی‌شدن در برخی کشورهای BRICS، به‌ویژه برزیل، اثر کاهنده‌ای بر ردپای اکولوژیک دارد. همچنین، احمد و همکاران (۲۰۲۲) با بررسی کشورهای G7 دریافتند که جهانی‌شدن تجاری و سرمایه‌گذاری در فناوری سبز، عرضه‌ی انرژی پاک را تقویت کرده و پایداری زیست‌محیطی را ارتقا می‌دهد.

نتایج این پژوهش با این شواهد هم‌سو است: جهانی‌شدن از طریق انتقال فناوری‌های پاک، فشار نهادی برای رعایت استانداردهای زیست‌محیطی، سرمایه‌گذاری‌های سبز، و انتشار دانش زیست‌محیطی، موجب کاهش فشار اکولوژیک می‌شود. شدت بیشتر اثر در

¹ He et al.² Touati & Ben-Salha³³ Ucan et al.

چندک‌های بالاتر بیانگر این نکته است که کشورهایی با سطح آلودگی بالاتر، انگیزه و ظرفیت بیشتری برای جذب فناوری‌های پاک و استفاده از فرصت‌های جهانی شدن دارند. بدین‌سان جهانی شدن، در صورت همراهی با سیاست‌های توانمندساز داخلی، می‌تواند نقش کلیدی در گذار به توسعه‌ی سبز ایفا کند.

بر اساس یافته‌های این پژوهش، توصیه‌های سیاستی متمایز برای کشورهای N11 در مراحل مختلف توسعه ارائه می‌شود. برای کشورهای با سطح آلودگی پایین که در مرحله اول N شکل قرار دارند، مدیریت پیشگیرانه رانت منابع از طریق تأسیس صندوق‌های ثروت ملی برای سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر، تقویت حکمرانی زیست‌محیطی با ایجاد نهادهای شفاف برای نظارت بر استخراج منابع، و تنوع‌بخشی زود هنگام اقتصادی برای کاهش وابستگی به منابع طبیعی ضروری است. این اقدامات می‌تواند از بروز نفرین منابع در مراحل اولیه توسعه جلوگیری کند. برای کشورهای در حال گذار که در مرحله دوم N شکل هستند، تسریع گذار انرژی از طریق جایگزینی تدریجی سوخت‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر، ارتقای کارایی انرژی در صنایع و حمل‌ونقل و ساختمان‌ها، و مدیریت شهرنشینی پایدار با توسعه حمل‌ونقل عمومی و برنامه‌ریزی شهری کم‌کربن توصیه می‌شود تا از کاهش موقت آلودگی بهره ببرند و از ورود به مرحله سوم جلوگیری کنند.

برای کشورهای با سطح آلودگی بالا که نزدیک به مرحله سوم N شکل هستند، اصلاحات ساختاری تهاجمی برای بازطراحی الگوهای تولید و مصرف، اعمال مالیات کربن و تعرفه‌های زیست‌محیطی برای افزایش هزینه فعالیت‌های آلاینده، و فرهنگ‌سازی برای مصرف پایدار به منظور کاهش مصرف‌گرایی افراطی ضروری است تا از بازگشت مجدد آلودگی جلوگیری شود. سیاست‌های کلی برای همه کشورها شامل تسهیل سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی سبز با ایجاد مشوق‌های سرمایه‌گذاری برای شرکت‌های خارجی دارای فناوری پاک، پیوستن به توافق‌نامه‌های تجاری سبز برای انتقال فناوری و دسترسی به بازارهای جهانی، و ایجاد اتحادهای منطقه‌ای برای همکاری در زمینه انرژی تجدیدپذیر و مدیریت منابع است.

سپاسگزاری

نویسندگان این مطالعه بر خود واجب می‌دانند مراتب قدردانی صمیمانه خود را از پیشنهادات شایسته داوران و هیأت تحریریه محترم نشریه وزین پژوهشنامه اقتصادی به عمل بیاورند.

منابع

- اعظمی، سمیه؛ رحمانی، حمید؛ دل انگیزان؛ سهراب. (۱۴۰۳). منحنی زیست محیطی کوزنتس N شکل: شواهدی از کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته. پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ۱۴(۵۵)، ۹۳-۱۰۹.
- حری، حمیدرضا؛ جلاتی، سید عبدالمجید؛ جعفری، سعید. (۱۳۹۲). بررسی تأثیر توسعه مالی و مصرف انرژی بر تخریب زیست محیطی در ایران در چارچوب فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC). پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۲(۶)، ۲۷-۴۸.
- شکوهی فرد، سیامک؛ سلمانپور زنوز، علی؛ حاضری نیری، هاتف. (۱۴۰۳). اثرات مصرف انرژی و بخش مالی بر آلودگی محیط زیست مطالعه موردی: ایران. جغرافیا و روابط انسانی، ۷(۳)، ۱۷۲-۱۸۸.
- عسگری، حشمت اله؛ هواس بیگی، فاطمه؛ مریدیان، علی. (۱۴۰۱). آزمون فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس در اقتصاد ایران با تأکید بر نقش متغیرهای توسعه ای: رویکرد ARDL تعمیم یافته با شکست ساختاری. تحلیل های اقتصادی توسعه ایران، ۱۸(۱)، ۱۹۹-۲۳۴.
- مریدیان، علی؛ یارمحمدیان، ناصر؛ مطلبی، معصومه؛ شادمهر، افسانه. نقش پیچیدگی اقتصادی در ردیابی بوم شناختی: بررسی فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC) برای ایران. فصلنامه پژوهشنامه اقتصاد و برنامه ریزی، ۲۶(۲)، ۱۵۳-۱۷۹.
- موسوی، سید کاظم؛ سلمانپور زنوز، علی؛ شکوهی فرد، سیامک. (۱۳۹۶). اثر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و توسعه مالی بر آلودگی محیط زیست در ایران طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۶۵. مطالعات علوم محیط زیست، ۲(۳)، ۴۵۴-۴۶۳.

References

- Adebayo, T. S., Akadiri, S. S., Adedapo, A. T., & Usman, N. (2022). Does interaction between technological innovation and natural resource rent impact environmental degradation in newly industrialized countries? New evidence from method of moments quantile regression. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(2), 3162-3169.
- Ahmed, Z., Wang, Z., Mahmood, F., Hafeez, M., & Ali, N. (2019). Does globalization increase the ecological footprint? Empirical evidence from Malaysia. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(18), 18565-18582. <https://doi.org/10.1007/S11356-019-05224-9>
- Ahmed, Z., Zhang, B., & Cary, M. (2021). Globalization, economic growth, and ecological footprint: Evidence from symmetric and asymmetric ARDL. *Ecological Indicators*, 121, 107060. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107060>

- Alvarez-Herranz, A., & Balsalobre-Lorente, D. (2015). Energy regulation in the EKC model with a dampening effect. *Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 2 (3), 1000137. <https://doi.org/10.4172/2380-2391.1000137>
- Asgari, H., Havasbeigi, F., & Moridian, A. (2022). Testing the Environmental Kuznets Curve hypothesis in Iran's economy with emphasis on the role of development variables: A generalized ARDL approach with structural breaks. *Iranian Economic Development Analysis*, 8(1), 199-234. [In Persian].
- Azami, S., Rahmani, H., & Delangizaan, S. (2024). N-shaped Environmental Kuznets Curve: Evidence from developing and developed countries. *Journal of Economic Growth and Development Research*, 14(55), 93-109. [In Persian]
- Baz, K., Xu, D., Ali, H., Ali, I., Khan, I., & Akram, R. (2020). Asymmetric impact of energy consumption and economic growth on ecological footprint: Using asymmetric and nonlinear approach. *Science of The Total Environment*, 718, 137364. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137364>
- Bilgili, F., Ulucak, R., Koçak, E., & İlkay, S. Ç. (2020). Does globalization matter for environmental sustainability? Empirical investigation for Turkey by Markov Regime switching models. *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (1), 1087–1100. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06830-5>
- Caglar, A. E., Avci, S. B., Ahmed, Z., & Gökçe, N. (2024b). Assessing the role of green investments and green innovation in ecological sustainability: from a climate action perspective on European countries. *Science of The Total Environment*, 928, 172527. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172527>
- Caglar, A. E., Avci, S. B., Daştan, M., & Destek, M. A. (2024f). Investigation of the effect of natural resource dependence on environmental sustainability under the novel load capacity curve hypothesis. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 31 (4), 431–446. <https://doi.org/10.1080/13504509.2023.2296495>
- Caglar, A. E., Avci, S. B., Gökçe, N., & Destek, M. A. (2024e). A sustainable study of competitive industrial performance amidst environmental quality: New insight from novel Fourier perspective. *Journal of Environmental Management*, 366, 121843. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121843>
- Caglar, A. E., Daştan, M., & Avci, S. B. (2024a). Persistence of disaggregate energy RD&D expenditures in top-five economies: Evidence from artificial neural network approach. *Applied Energy*, 365, 123216. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123216>
- Caglar, A. E., Daştan, M., Avci, S. B., Ahmed, Z., & Gönenç, S. (2024d). Modeling the influence of mineral rents and low-carbon energy on environmental quality: New insights from a sustainability perspective. *Natural Resources Forum*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12472>
- Caglar, A. E., Gökçe, N., & Şahin, F. (2024g). Sustaining environment through municipal solid waste: evidence from European Union economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 31 (5), 6040–6053. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31494-5>
- Caglar, A. E., Gönenç, S., & Destek, M. A. (2024c). The influence of nuclear energy research and development investments on environmental sustainability: evidence from the United States and France. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 31 (7), 861–872. <https://doi.org/10.1080/13504509.2024.2341797>

- Danish, & Ulucak, R. (2020). How do environmental technologies affect green growth? Evidence from BRICS economies. *Science of The Total Environment*, 712, 136504. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136504>
- Danish, Ulucak, R., & Khan, S. U. D. (2020). Determinants of the ecological footprint: Role of renewable energy, natural resources, and urbanization. *Sustainable Cities and Society*, 54, 101996. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101996>
- Du, G., Liu, S., Lei, N., & Huang, Y. (2018). A test of environmental Kuznets curve for haze pollution in China: Evidence from the panel data of 27 capital cities. *Journal of Cleaner Production*, 205, 843–851. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.330>
- Dunlap, R. E., & Jorgenson, A. K. (2012). Environmental problems. In G. Ritzer (Ed.), *The Wiley-Blackwell encyclopedia of globalization*. Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9780470670590.wbeog174>
- Epo, B. N., & Faha, D. R. N. (2020). Natural resources, institutional quality and economic growth: An African tale. *The European Journal of Development Research*, 32 (4), 1184–1209. <https://doi.org/10.1057/s41287-019-00222-6>
- Eregha, P. B., Nathaniel, S. P., & Vo, X. V. (2023). Economic growth, environmental regulations, energy use, and ecological footprint linkage in the Next-11 countries: Implications for environmental sustainability. *Energy & Environment*, 34(5), 1327-1347.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement (Working Paper No. 3914). National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/papers/w3914>
- Hari, H. R., Jalaei, S. A. M., & Jafari, S. (2013). Examining the effect of financial development and energy consumption on environmental degradation in Iran within the framework of the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis. *Iranian Energy Economics Research Journal*, 2(6), 27-48. [In Persian]
- Houssam, N., Ibrahim, D. M., & El-Aasar, K. M. (2024). Insights from the N11 economies on drivers of the clean energy transition. *Utilities Policy*, 90, 101818.
- Jahanger, A., Hossain, M. R., Onwe, J. C., Ogwu, S. O., Awan, A., & Balsalobre-Lorente, D. (2023). Analyzing the N-shaped EKC among top nuclear energy generating nations: A novel dynamic common correlated effects approach. *Gondwana Research*, 116, 73-88. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gr.2022.12.012>
- Kahuthu, A. (2006). Economic growth and environmental degradation in a global context. *Environment, Development and Sustainability*, 8 (1), 55–68. <https://doi.org/10.1007/s10668-005-0785-3>
- Khan, S., Murshed, M., Ozturk, I., & Khudoykulov, K. (2022). The roles of energy efficiency improvement, renewable electricity production, and financial inclusion in stimulating environmental sustainability in the Next Eleven countries. *Renewable Energy*, 193, 1164–1176. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.065>
- Kirikaleli, D., Adebayo, T. S., Khan, Z., & Ali, S. (2021). Does globalization matter for ecological footprint in Turkey? Evidence from dual adjustment approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28 (11), 14009–14017. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11654-7>
- Kostakis, I., & Arauzo-Carod, J.-M. (2023). The key roles of renewable energy and economic growth in disaggregated environmental degradation: Evidence from highly developed, heterogeneous and cross-correlated countries. *Renewable Energy*, 206, 1315-1325. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.02.106>

- Lacheheb, M., Abd. Rahim, A. S., & Sirag, A. (2015). Economic growth and carbon dioxide emissions: Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Algeria. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5 (4), 1133-1140.
- Layachi, O. B. (2019). Effects of energy prices on environmental pollution: Testing environmental Kuznets curve for Algeria. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9 (6), 332-338. <https://doi.org/10.32479/ijee.8312>
- Le, T. H., Chang, Y., & Park, D. (2016). Openness and environmental quality: International evidence. *Energy Policy*, 92, 45-55. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.01.030>
- Machado, J. A., & Silva, J. S. (2019). Quantiles via moments. *Journal of Econometrics*, 213(1), 145-173.
- Moridian, A., Yarmohammadian, N., Matlabi, M., & Shadmehr, A. (n.d.). The role of economic complexity in ecological footprint: Examining the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis for Iran. *Quarterly Journal of Economics and Planning*, 26(2), 153-179. [In Persian].
- Mousavi, S. K., Salmanpour Zonouz, A., & Shokoohifard, S. (2017). The effect of economic growth, energy consumption, and financial development on environmental pollution in Iran during 1986-2016. *Environmental Science Studies*, 2(3), 454-463. [In Persian].
- Muhammad, B., Khan, M. K., Khan, M. I., & Khan, S. (2021). Impact of foreign direct investment, natural resources, renewable energy consumption, and economic growth on environmental degradation: Evidence from BRICS, developing, developed and global countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28 (17), 21789-21798. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12084-1>
- Narayan, P. K., Saboori, B., & Soleymani, A. (2016). Economic growth and carbon emissions. *Economic Modelling*, 53, 388-397. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.10.027>
- Nathaniel, S. P. (2021). Ecological footprint and human well-being nexus: accounting for broad-based financial development, globalization, and natural resources in the Next-11 countries. *Future Business Journal*, 7(1), 24.
- Nathaniel, S. P., Murshed, M., & Bassim, M. (2021). The nexus between economic growth, energy use, international trade and ecological footprints: the role of environmental regulations in N11 countries. *Energy, Ecology and Environment*, 6(6), 496-512.
- Nathaniel, S. P., Nwulu, N. I., & Bekun, F. V. (2021). Natural resource, globalization, urbanization, human capital, and environmental degradation in Latin American and Caribbean countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28 (5), 6207-6221. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10850-9>
- Papadas, D. (2024). Exploring the nexus of economic growth, energy mix, services, trade openness, and environmental quality: Evidence from N11 countries. *Development and Sustainability in Economics and Finance*, 2, 100028.
- 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.
- Pesaran, M. H., & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142(1), 50-93. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.010>
- Razzaq, A., Sharif, A., An, H., & Aloui, C. (2022). Testing the directional predictability between carbon trading and sectoral stocks in China: New insights using cross-quantilogram and rolling window causality approaches. *Technological Forecasting and Social Change*, 182, 121846.

- Sabir, S., & Gorus, M. S. (2019). The impact of globalization on ecological footprint: Empirical evidence from the South Asian countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26 (32), 33387–33398. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06458-3>
- Shahbaz, M. (2019). Globalization-emissions nexus: Testing the EKC hypothesis in Next-11 countries (MPRA Paper No. 93959). University Library of Munich, Germany. <https://mpa.ub.uni-muenchen.de/93959/>
- Shehzad, K., Xiaoxing, L., & Sarfraz, M. (2021). Envisaging the asymmetrical association among FDI, ICT, and climate change: A case from developing country. *Environmental and Climate Technologies*, 25 (1), 123–137. <https://doi.org/10.2478/ruect-2021-0009>
- Shehzad, K., Xiaoxing, L., Sarfraz, M., & Zulfiqar, M. (2020). Signifying the imperative nexus between climate change and information and communication technology development: A case from Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (24), 30502–30517. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09128-x>
- Shehzad, K., Zeraibi, A., & Zaman, U. (2022). Testing the N-shaped environmental Kuznets curve in Algeria: An imperious role of natural resources and economic globalization. *Resources Policy*, 77, 102700. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102700>
- Shittu, W. O., Adedoyin, F. F., Shah, M. I., & Musibau, H. O. (2021). An investigation of the nexus between natural resources, environmental performance, energy security and environmental degradation: Evidence from Asia. *Resources Policy*, 73, 102227. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102227>
- Shokoohifard, S., Salmanpour Zonouz, A., & Hazeriniari, H. (2024). Effects of energy consumption and the financial sector on environmental pollution: The case of Iran. *Geography and Human Relations*, 7(3), 172–188. [In Persian]
- Sun, Y., Tian, W., Mehmood, U., Zhang, X., & Tariq, S. (2023). How do natural resources, urbanization, and institutional quality meet with ecological footprints in the presence of income inequality and human capital in the Next Eleven countries? *Resources Policy*, 85, 104007. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104007>
- Torras, M., & Boyce, J. K. (1998). Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25 (2), 147–160. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00177-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00177-8)
- Usman, M., Jahanger, A., Makhdam, M. S. A., Balsalobre-Lorente, D., & Bashir, A. (2022). How do financial development, energy consumption, natural resources, and globalization affect Arctic countries' economic growth and environmental quality? An advanced panel data simulation. *Energy*, 241, 122515. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122515>
- Wang, J., & Dong, K. (2019). What drives environmental degradation? Evidence from 14 Sub-Saharan African countries. *Science of The Total Environment*, 656, 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.354>
- Westerlund, J. (2005). New simple tests for panel cointegration. *Econometric Reviews*, 24(3), 297–316.
- Yavuz, E., Kilic, E., & Caglar, A. E. (2024). A new hypothesis for the unemployment-environment dilemma: is the environmental Phillips curve valid in the framework of load capacity factor in Türkiye? *Environment, Development and Sustainability*, 26(11), 29475–29492.
- Yilanci, V., & Gorus, M. S. (2020). Does economic globalization have predictive power for ecological footprint in MENA counties? A panel causality test with a Fourier function. *Environmental Science and*

Pollution Research, 27 (32), 40552–40562.
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-10092-9>

Zafar, M. W., Saud, S., & Hou, F. (2019). The impact of globalization and financial development on environmental quality: evidence from selected countries in the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). *Environmental Science and Pollution Research*, 26 (13), 13246–13262. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04761-7>

Zhu, Z., Jia, Q., Xie, S., Song, K., Zhang, T., Cai, R., & Wang, H. (2024). Estimating the impacts of economic globalization and natural resources on ecological footprints within the N-shaped EKC in the Next 11 economies. *Scientific Reports*, 14(1), 27465.