



Investigating the role of ICT and natural resource rent in human development and environmental quality: evidence from N11 countries and the SUR approach

Ali Hasanvand¹ | Bahar Salarvand²

1. Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: hasanvand.al@lu.ac.ir

2. Corresponding Author, Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: bahar.salarvand@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 12 April 2025

Received in revised form 08 June 2025

Accepted 23 September 2025

Published online 21 September 2025

Keywords:

Human development,

Ecological footprint,

Information and

Communication technology

(ICT),

Resource curse.

ABSTRACT

The resource curse hypothesis challenges the complex relationship between natural resource abundance and economic development. This study aims to investigate the simultaneous relationships between human development and ecological footprint, along with their determinants—including information and communication technology (ICT), natural resource rent, industrial value-added, urbanization, globalization, financial development, and particularly the interactive effect of ICT and resource rent—in N-11 countries (with a focus on Iran) during 2007–2021. To this end, the Seemingly Unrelated Regression (SUR) equations method was employed. The results reveal that ICT plays a dual role: while significantly enhancing human development with a coefficient of 0.30, it exacerbates the ecological footprint with a coefficient of 0.11, highlighting the conflict between technological progress and environmental sustainability. Natural resource rent significantly reduces human development (coefficient: -0.11) and substantially increases the ecological footprint (coefficient: 0.10), confirming the resource curse hypothesis. Industrial value-added and urbanization both strengthen human development (coefficients: 0.31 and 0.33) but also elevate the ecological footprint (coefficients: 0.05 and 0.41). Financial development, despite significantly boosting human development (coefficient: 0.18), exerts substantial environmental pressure (coefficient: 0.61), underscoring the necessity for green financial policies. The interactive effect of ICT and resource rent, which increases human development (coefficient: 0.06) and reduces the ecological footprint (coefficient: -0.06), suggests that ICT advancement can help mitigate the resource curse in N-11 countries. These findings hold critical implications for policymakers in the studied countries to strike a balance between human development and environmental sustainability.

Classification JEL: O15, O33, Q32, Q56

Cite this article: Hasanvand, A., & Salavand, B. (2025). Investigating the role of ICT and natural resource rent in human development and environmental quality: evidence from N11 countries and the SUR approach. *Journal of Natural Environment*, 78 (2), 267-283. DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2025.392316.2788>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2025.392316.2788>

بررسی نقش ICT و رانت منابع طبیعی بر توسعه انسانی و کیفیت محیط زیست: شواهدی از کشورهای N11 و رویکرد SUR

علی حسنونند^۱ | بهار سالاروند^۲

۱. گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. رایانامه: hasanvand.al@lu.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. رایانامه: bahar.salarvand@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	فرضیه نفرین منابع، ارتباط پیچیده بین وفور منابع طبیعی و توسعه اقتصادی را به چالش می کشد. این پژوهش با هدف بررسی روابط همزمان بین توسعه انسانی و رد پای اکولوژیک و عوامل مؤثر بر آنها، شامل فناوری اطلاعات و ارتباطات، رانت منابع طبیعی، ارزش افزوده صنعت، شهرنشینی، جهانی شدن، توسعه مالی و به ویژه اثر تعاملی ICT و رانت منابع، در کشورهای N-11 (با تأکید بر ایران) طی دوره ۲۰۲۱-۲۰۰۷ انجام شده است. بدین منظور از روش رگرسیون سیستم معادلات همزمان به ظاهر نامرتب استفاده شد. نتایج نشان می دهد ICT نقش دوگانه ای دارد: ضمن افزایش معنی دار توسعه انسانی با ضریب ۰/۳۰، باعث تشدید رد پای اکولوژیک با ضریب ۰/۱۱ نیز می شود که گویای تعارض بین پیشرفت فناوری و پایداری محیط زیستی است. رانت منابع طبیعی، با کاهش معنی دار توسعه انسانی با ضریب ۰/۱۱- و افزایش چشمگیر رد پای اکولوژیک با ضریب ۰/۱۰، فرضیه نفرین منابع را تأیید می کند. ارزش افزوده صنعت و شهرنشینی هر دو توسعه انسانی را تقویت (ضرایب ۰/۳۱ و ۰/۳۳) اما رد پای اکولوژیک را نیز افزایش می دهند (ضرایب ۰/۰۵ و ۰/۴۱). توسعه مالی با وجود افزایش قابل توجه توسعه انسانی با ضریب ۰/۱۸ فشار زیادی بر محیط زیست با ضریب ۰/۶۱ وارد می کند، که لزوم سیاست های مالی سبز را برجسته می سازد. اثر تعاملی ICT و رانت منابع، با افزایش توسعه انسانی با ضریب ۰/۰۶ و کاهش رد پای اکولوژیک با ضریب ۰/۰۶- نشان می دهد که توسعه ICT می تواند به شکستن نفرین منابع در کشورهای N-11 کمک کند. این یافته ها برای سیاست گذاران کشورهای مورد مطالعه در جهت ایجاد تعادل بین توسعه انسانی و پایداری محیط زیستی اهمیت دارد.

کلیدواژه ها:
توسعه انسانی،
رد پای اکولوژیک،
فناوری اطلاعات و ارتباطات،
نفرین منابع.

طبقه بندی JEL: Q56 :Q32 :O33 :O15

استناد: حسنونند، علی؛ و سالاروند، بهار (۱۴۰۴). بررسی نقش ICT و رانت منابع طبیعی بر توسعه انسانی و کیفیت محیط زیست: شواهدی از کشورهای N11 و رویکرد SUR. محیط زیست طبیعی، ۷۸ (۲)، ۲۶۷-۲۸۳.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2025.392316.2788>



© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

منابع طبیعی نقشی حیاتی در توسعه اقتصادی و اجتماعی ایفا می کنند و به عنوان پایه ای برای رشد و بهبود رفاه عمل می نمایند. این منابع شامل مواد خام، انرژی و ظرفیت های بیولوژیک زمین هستند که محرک رشد اقتصادی بوده و می توانند رفاه جامعه را افزایش دهند (Wang et al., 2023). با این حال، دهه ها تجربه توسعه در کشورهای مختلف، به ویژه کشورهای در حال توسعه، نشان داد که این رابطه به این سادگی نیست و در بسیاری از موارد، وفور منابع نه تنها به رشد پایدار منجر نشده، بلکه موانعی جدی بر سر راه آن ایجاد کرده است. بهره برداری بی رویه از منابع، در کنار رشد جمعیت و صنعتی شدن، تعادل محیط زیستی را برهم زده و موجب دگرگونی های ساختاری در اقتصادها شده است (Azami et al., 2023). تحقیقات نشان می دهند که منابع طبیعی می توانند سهم قابل توجهی در رشد اقتصادی داشته باشند، اما تأثیر آنها بر اساس شیوه های حکمرانی و مدیریت متفاوت است. مدیریت ضعیف می تواند منجر به "نفرتین منابع" شود، جایی که کشورهای غنی از منابع، رشدی کندتر و نابرابری بیشتری را تجربه می کنند (Barbier, 2003; Jiao et al., 2023). سازوکارهایی مانند بیماری هلندی، اثر ازدحامی، تضعیف نوآوری و گسترش فساد نهادی، از جمله پیامدهای شناخته شده این پدیده اند (Corden, 1984; Gylfason, 2001; Robinson et al., 2006). در مقابل، با حکمرانی مناسب، منابع طبیعی می توانند اشتغال ایجاد کرده، رشد را تحریک نموده و فقر را کاهش دهند (Dyomina, 2023). مدیریت مؤثر این منابع به ویژه در کشورهای در حال توسعه ضروری است، زیرا بهره برداری صحیح از آنها می تواند به ثبات اقتصادی منجر شود (Shabir et al., 2020).

نظریه نفرتین منابع، که ریشه در مشاهدات تجربی از عملکرد اقتصادی ضعیف تر برخی کشورهای غنی از منابع (به ویژه نفت و مواد معدنی) نسبت به کشورهای با منابع محدودتر دارد، برای اولین بار به طور نظام مند توسط Ross (۱۹۹۹) برای توضیح چرایی عدم توفیق این کشورها در دستیابی به رشد پایدار مطرح شد (Su et al., 2020; Rahim et al., 2021). این نظریه صرفاً به رابطه مستقیم منابع و رشد نمی پردازد، بلکه تلاش می کند سازوکارهایی را شناسایی کند که از طریق آنها، وفور منابع می تواند اثرات نامطلوبی بر اقتصاد و جامعه داشته باشد. یکی از شناخته شده ترین این سازوکارها، پدیده «بیماری هلندی» است. این اصطلاح، که برگرفته از تجربه اقتصادی هلند پس از کشف ذخایر بزرگ گاز طبیعی در دریای شمال در دهه ۱۹۶۰ است (Corden, 1984)، به وضعیتی اشاره دارد که در آن، رونق ناگهانی در یک بخش صادراتی منابع طبیعی (بخش پرونق) منجر به آسیب دیدن سایر بخش های قابل تجارت اقتصاد، مانند صنعت و کشاورزی (بخش عقب مانده) می شود. مکانیسم اصلی این پدیده، افزایش ارزش واقعی نرخ ارز است. درآمدهای هنگفت ارزی ناشی از صادرات منابع، عرضه ارز را در بازار داخلی افزایش داده و منجر به تقویت پول ملی می شود. این تقویت نرخ ارز، واردات کالاها را ارزان تر و صادرات کالاهای غیرمنابعی را گران تر می کند و در نتیجه، رقابت پذیری بین المللی بخش های صنعت و کشاورزی را کاهش می دهد. در بلندمدت، این امر می تواند به کوچک شدن این بخش ها، کاهش تنوع اقتصادی و وابستگی شدید به درآمدهای نوسانی و پایان پذیر منابع طبیعی منجر شود (Corden, 1984). شواهد این پدیده در بسیاری از کشورهای صادرکننده نفت و الماس مانند ونزوئلا، جمهوری دموکراتیک کنگو و آنگولا که با وجود ثروت طبیعی با مشکلات توسعه ای دست و پنجه نرم می کنند، نیز مورد بحث قرار گرفته است (Rahim et al., 2021). سازوکار مهم دیگر، «اثر جانشینی و تضعیف نوآوری» یا اثر ازدحامی^۱ است. سودآوری بالای بخش منابع طبیعی، سرمایه ها و استعدادهای کمیاب را به سمت این بخش جذب می کند و منابع کمتری برای سرمایه گذاری و توسعه در سایر بخش های اقتصاد باقی می ماند. از آنجا که صنایع منبع محور، به خصوص در مراحل اولیه استخراج، اغلب به فناوری های پیچیده و سرمایه انسانی با مهارت بالا نیاز کمتری نسبت به صنایع تولیدی پیشرفته دارند (Gylfason, 2001)، این تمرکز می تواند انگیزه برای نوآوری فناورانه، تحقیق و توسعه و انباشت سرمایه انسانی در کل اقتصاد را تضعیف کند. به عبارت دیگر، توهم ثروت بادآورده ناشی از منابع ممکن است ضرورت تلاش برای افزایش بهره وری و رقابت پذیری از طریق نوآوری را کمرنگ سازد (Papyrakis and Gerlagh, 2007). علاوه بر این، وفور رانت منابع طبیعی (درآمدی که بدون تلاش تولیدی و صرفاً به دلیل مالکیت منبع به دست می آید) می تواند تأثیرات مخربی بر «کیفیت نهادی و حکمرانی» داشته باشد. این درآمدها می توانند انگیزه هایی برای رقابت بر سر تصاحب رانت^۲ به جای تولید ثروت

^۱ Crowding-out Effect^۲ Rent-seeking

ایجاد کنند، فساد را گسترش دهند، شفافیت و پاسخگویی دولت را کاهش دهند و به تضعیف نهادهای دموکراتیک و حاکمیت قانون منجر شوند (Robinson et al., 2006). نهادهای ضعیف نیز به نوبه خود قادر به مدیریت مؤثر درآمدهای منابع و هدایت آنها به سمت سرمایه‌گذاری‌های مولد و توسعه پایدار نخواهند بود. در نهایت، نوسانات شدید قیمت کالاهای اولیه در بازارهای جهانی، که کشورهای وابسته به صادرات منابع را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بودجه‌ریزی دولت و برنامه‌ریزی اقتصادی بلندمدت را بسیار دشوار کرده و می‌تواند منجر به چرخه‌های بی‌ثبات کننده رونق و رکود در اقتصاد شود و سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت را دلسرد کند. عواملی چون زوال فناوری نیز در این میان مطرح شده‌اند (Fleming et al., 2015).

با وجود این مبانی نظری قوی، شواهد تجربی در مورد دامنه و شدت نفرین منابع یکدست و قطعی نیست. مطالعات تأثیرگذار متعددی، به‌ویژه کارهای اولیه Sachs و Warner (۱۹۹۵) که با استفاده از رگرسیون‌های مقطعی برای نمونه وسیعی از کشورها، همبستگی منفی معناداری بین سهم صادرات منابع طبیعی در GDP و نرخ رشد اقتصادی یافتند، از وجود این پدیده حمایت می‌کنند. بسیاری از مطالعات جدیدتر نیز با استفاده از داده‌ها و روش‌های به‌روزر به نتایج مشابهی دست یافته‌اند و اثرات منفی وفور منابع بر رشد را در زمینه‌های مختلف تأیید کرده‌اند (Dwumfour and Ntow-Gyamfi, 2018; Asif et al., 2020; Khan et al., 2020). برخی مطالعات موردی نیز این یافته‌ها را تقویت می‌کنند؛ برای مثال، Ahmed و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی اقتصاد ایران در بازه زمانی ۲۰۱۱-۱۹۶۵، نتیجه گرفتند که وفور منابع طبیعی به مانعی در مسیر توسعه اقتصادی این کشور تبدیل شده است. Ampofo و همکاران (۲۰۲۰) نیز وجود نفرین منابع را در استرالیا، هند و جمهوری دموکراتیک کنگو تأیید کردند و Sun و Wang (۲۰۲۱) اثر بازدارنده بهره‌برداری از منابع بر رشد اقتصادی چین را نشان دادند. برخی مطالعات حتی به رشد اقتصادی منفی در نتیجه وابستگی به منابع اشاره کرده‌اند (Hussain et al., 2009). در مقابل این دیدگاه، گروه قابل توجهی از پژوهش‌ها، فرضیه نفرین منابع را به چالش کشیده و یا دامنه آن را محدودتر دانسته‌اند. این مطالعات استدلال می‌کنند که منابع طبیعی، به‌خودی خود نفرین نیستند و در صورت وجود سیاست‌های مکمل مناسب، نهادهای قوی و مدیریت صحیح، می‌توانند به موتور رشد اقتصادی تبدیل شوند (Brunnschweiler, 2008; Peach and Starbuc., 2011). برای نمونه، Brunnschweiler (۲۰۰۸) با استفاده از روش حداقل مربعات دومرحله‌ای نشان داد که منابع خاک به‌طور مثبت بر رشد اقتصادی اثر می‌گذارند. Hasan و همکاران (۲۰۱۹) نیز با استفاده از مدل اقتصادسنجی خودرگرسیون با وقفه توزیعی (ARDL) برای پاکستان، اثر مثبت و معنی‌دار منابع طبیعی بر GDP را در بازه زمانی ۲۰۱۴-۱۹۷۰ نشان دادند. برخی مطالعات نیز اساساً اثر منابع بر رشد را خنثی و بی‌اهمیت دانسته‌اند (Davis, 1995). این نتایج متناقض و گاه متضاد، به‌خوبی نشان می‌دهد که تأثیر نهایی منابع طبیعی بر توسعه اقتصادی یک مسئله پیچیده و وابسته به شرایط است و نمی‌توان یک حکم کلی و جهان‌شمول برای همه کشورها و همه منابع صادر کرد. عواملی مانند کیفیت نهادها، سطح توسعه انسانی، سیاست‌های تجاری و مالی، نوع منبع طبیعی (نقطه‌ای یا پخش‌ی) و شرایط اقتصاد جهانی نقش تعیین‌کننده‌ای در تبدیل منابع به موهبت یا نفرین دارند (Lesage and Pace, 2009; Adams et al., 2019; Rahim et al., 2021).

در دهه‌های اخیر و همزمان با برجسته شدن چالش‌های مدل‌های توسعه منبع‌محور، نقش دانش، فناوری و نوآوری به‌عنوان نیروهای محرکه اصلی رشد و توسعه پایدار در نظریه‌های جدید رشد اقتصادی (مانند نظریه رشد درون‌زا) بیش‌ازپیش مورد تأکید قرار گرفته است (Li et al., 2023). در این میان، فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) به‌عنوان یک فناوری با کاربرد عام و زیرساخت حیاتی جامعه اطلاعاتی و اقتصاد دانش‌بنیان، جایگاه ویژه‌ای یافته است. تأثیرات تحول‌آفرین توسعه و کاربرد ICT بر جنبه‌های مختلف اقتصاد، جامعه و حتی زندگی روزمره انسان‌ها طی دو دهه اخیر به‌طور فزاینده‌ای مشهود بوده است (Huang et al., 2022). این فناوری با کاهش هزینه‌های جستجو، مذاکره و نظارت، کارایی بازارها و تخصیص منابع را بهبود می‌بخشد (Matambalya and Wolf, 2001). ICT می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای مقابله با اثرات منفی نفرین منابع عمل کند. این فناوری با تسهیل تنوع‌بخشی به اقتصاد، کاهش وابستگی به منابع طبیعی و کمک به انباشت سرمایه انسانی و نوآوری، می‌تواند به کشورهای وابسته به منابع کمک کند تا مسیرهای توسعه پایدارتر را دنبال کنند (Entel., 2021)، همچنین، ICT می‌تواند به غلبه بر محدودیت‌های جغرافیایی و افزایش شفافیت در حکمرانی کمک کند (Gai et al., 2022). با این حال، تصویر ICT کاملاً روشن

نیست و رابطه آن را با پایداری محیط زیستی در بحث توسعه پایدار نمی توان نادیده گرفت (Arianfar and Elmi, 2023). از یک سو، بخش ICT خود به یک مصرف کننده عمده منابع و انرژی تبدیل شده است و مراکز داده و دستگاه های الکترونیکی به میزان زیادی انرژی مصرف می کنند، که منجر به تولید دی اکسید کربن و زباله های الکترونیکی می شود (Khan et al., 2020). اگر این انرژی عمدتاً از منابع فسیلی تأمین شود، ردپای کربن ICT می تواند قابل توجه باشد. علاوه بر مصرف انرژی در مرحله استفاده، چرخه عمر محصولات ICT نیز پیامدهای محیط زیستی دارد. تولید قطعات الکترونیکی پیچیده نیازمند استخراج مواد اولیه کمیاب و گاه پرمخاطره، مصرف آب و انرژی فراوان و استفاده از مواد شیمیایی خطرناک است (Arianfar and Elmi, 2023). همچنین، سرعت بالای نوآوری و منسوخ شدن فناوری ها منجر به تولید حجم عظیمی از زباله های الکترونیکی می شود که دفع و بازیافت ایمن آنها یک چالش جهانی بزرگ است. از سوی دیگر، ICT پتانسیل های قابل توجهی برای کمک به حفاظت از محیط زیست و گذار به اقتصاد سبز دارد. این فناوری می تواند به بهبود بهره وری انرژی و کاهش فشار بر منابع طبیعی کمک کند و پتانسیل کاهش ۲۰ درصدی انتشار دی اکسید کربن تا سال ۲۰۳۰ را داشته باشد (Azami et al., 2023). همچنین، ICT می تواند از طریق غیرمادی سازی اقتصاد (جایگزینی محصولات و خدمات فیزیکی با معادل های دیجیتال مانند کنفرانس های ویدئویی به جای سفرهای کاری، کتاب های الکترونیکی به جای کاغذی) به کاهش فشار بر منابع طبیعی کمک کند. در نهایت، ICT نقش مهمی در افزایش آگاهی عمومی در مورد مسائل محیط زیستی و تسهیل بسیج اجتماعی و فشار بر تصمیم گیرندگان برای اتخاذ سیاست های پایدارتر دارد (Pouri and Hilty, 2018; Bieser and Hilty., 2018).

در کنار مباحث رشد اقتصادی و محیط زیست، پارادایم توسعه در دهه های اخیر شاهد گذار از تمرکز صرف بر معیارهای اقتصادی مانند تولید ناخالص داخلی (GDP) به سمت مفاهیم جامع تر و انسان محورتر مانند «توسعه انسانی» بوده است. GDP، اگرچه سنجهای کاربرد برای اندازه گیری فعالیت اقتصادی است، اما محدودیت های ذاتی فراوانی در انعکاس رفاه واقعی انسان ها دارد (Nathaniel, 2021a). از این رو، به جای آن، شاخص HDI به عنوان ترکیبی از سه بعد اصلی توسعه انسانی شامل طول عمر، دسترسی به دانش و سطح زندگی، تصویری جامع تر از پیشرفت جوامع ارائه می دهد (Li et al., 2023). در کنار توسعه انسانی، نگرانی ها در مورد تأثیرات محیط زیستی فعالیت های اقتصادی نیز افزایش یافته است. شاخص «ردپای اکولوژیکی (EF)» برای اندازه گیری فشار فعالیت های انسانی بر ظرفیت اکولوژیکی زمین توسعه یافته است و با مقایسه آن با ظرفیت زیستی اکوسیستم ها، وضعیت پایداری یا ناپایداری را ارزیابی می کند. رابطه پیچیده ای بین توسعه انسانی و EF وجود دارد، زیرا رشد انسانی می تواند مصرف منابع و انرژی را افزایش دهد و در نتیجه ردپای اکولوژیکی را افزایش دهد (Nathaniel, A2021). مطالعات تجربی نشان می دهند که برخی عوامل مانند سرمایه انسانی و آموزش می توانند ردپای اکولوژیکی را کاهش دهند، در حالی که عوامل دیگری چون شهرنشینی و توسعه مالی، به ویژه در غیاب مقررات محیط زیستی، ممکن است باعث افزایش EF شوند (Saud et al., 2020; Kassouri and Altintas, 2020). همچنین، جهانی شدن اثرات متضادی بر کیفیت محیط زیست در کشورهای مختلف دارد (Shahbaz et al., 2019; Acheampong et al., 2019; Liu et al., 2020). فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) نیز می تواند به ارتقای HDI کمک کند، اما تأثیرات منفی مانند افزایش ردپای کربن را به همراه دارد (Asongu and Le Roux., 2017; Acheampong et al., 2022).

بنابراین، هدف اصلی این پژوهش، پر کردن این شکاف های تحقیقاتی از طریق بررسی تجربی و همزمان نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و رانت منابع طبیعی (به تنهایی و در تعامل با یکدیگر) بر دو پیامد کلیدی توسعه پایدار، یعنی توسعه انسانی (سنجیده شده با HDI) و کیفیت محیط زیست (سنجیده شده با ردپای اکولوژیکی)، در گروه کشورهای N-11 برای دوره زمانی ۲۰۰۷ الی ۲۰۲۱ است. این مطالعه همچنین اثرات سایر عوامل تعیین کننده مهم که در ادبیات شناسایی شده اند، شامل ارزش افزوده بخش صنعت، شهرنشینی، جهانی شدن و توسعه مالی را نیز در مدل سازی کنترل می کند. برای دستیابی به این هدف، از روش اقتصادسنجی رگرسیون سیستم معادلات همزمان به ظاهر نامرتبط^۳ (SUR) استفاده می شود. این روش امکان برآورد همزمان دو معادله رگرسیونی (یکی برای HDI و دیگری برای EF) را فراهم می کند و مهم تر از آن، امکان وجود همبستگی بین جملات خطای این دو معادله را در نظر می گیرد. این امر به ویژه زمانی مهم است که عوامل پنهان یا اندازه گیری نشده ای وجود داشته باشند

³ Seemingly Unrelated Regression

که همزمان بر هر دو متغیر وابسته (HDI و EF) تأثیر بگذارند، یا زمانی که شوک‌های مشترکی هر دو را تحت تأثیر قرار دهند. استفاده از SUR به برآوردهای کاراتری نسبت به برآورد جداگانه هر معادله با روش OLS منجر می‌شود. انتظار می‌رود نتایج این مطالعه، با ارائه شواهد کمی دقیق از روابط متقابل بین فناوری، منابع، توسعه انسانی و محیط‌زیست در این گروه مهم از کشورها، به درک عمیق‌تری از چالش‌ها و فرصت‌های پیش روی آنها کمک کند و بینش‌های ارزشمندی را برای سیاست‌گذاران به‌منظور طراحی راهبردهایی که بتوانند اهداف دوگانه و گاه متعارض ارتقای رفاه انسانی و حفاظت از محیط‌زیست را به بهترین نحو متعادل سازند، ارائه دهد. به‌ویژه، روشن شدن نقش تعاملی ICT و منابع طبیعی می‌تواند به سیاست‌گذاری در زمینه سرمایه‌گذاری‌های فناورانه در کشورهای غنی از منابع کمک کند.

به‌منظور دستیابی به این هدف، ادامه این مطالعه به شرح زیر ساماندهی شده است: بخش دوم به بررسی مطالعات پیشین مرتبط می‌پردازد؛ بخش بعدی به ارائه مجموعه داده‌ها، شاخص‌ها و روش‌شناسی مورد استفاده را به‌طور دقیق تشریح می‌کند. در بخش چهارم، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها ارائه می‌گردد و بخش پایانی به بحث پیرامون یافته‌ها و ارائه نتیجه‌گیری نهایی و پیشنهادها سیاستی اختصاص یافته است.

Tayari و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی پویایی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات و تخریب محیط‌زیست باتوجه به ۱۱۳ کشور منتخب در حال توسعه با بهره‌گیری از روش پنل دیتا در دوره زمانی ۲۰۱۸-۱۹۹۲ پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که افزایش ضریب نفوذ تلفن همراه موجب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، دی‌اکسیدکربن، و اثر ردپای اکولوژیک می‌شود، در حالی که اینترنت باعث کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود. در کوتاه‌مدت، رشد اقتصادی تخریب محیط‌زیست را بدتر می‌کند، ولی در بلندمدت فرضیه کوزنتس تأیید می‌شود.

Azami و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط‌زیست در آلوده‌کننده‌های بزرگ آسیایی در بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۰ برای دو گروه کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته باتوجه به رویکرد پانل دیتا پرداختند. نتایج نشان داد در هر دو گروه کشورها، فرضیه کوزنتس تأیید می‌شود؛ مصرف انرژی و تجارت، کیفیت محیط‌زیست را کاهش می‌دهند، اما حکمرانی خوب آن را بهبود می‌بخشد. در کشورهای در حال توسعه، ICT تأثیر منفی دارد، اما در کشورهای توسعه‌یافته تأثیر معنی‌داری ندارد و فقط دسترسی به اینترنت باعث بهبود محیط‌زیست می‌شود.

Zabihi و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی و شاخص توسعه انسانی با بهره‌گیری از روش رگرسیون به‌ظاهر نامرتب (SUR) باتوجه به شواهدی از کشورهای منا (MENA) باتوجه به داده‌های پانل در بازه سالانه ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ پرداختند. نتایج نشان داد ICT تأثیر مثبت و معنی‌داری بر رشد اقتصادی (۰/۰۰۳ درصد) و توسعه انسانی (۰/۱۹۲ واحد) دارد. همچنین، بازبودن تجاری، سرمایه‌گذاری خارجی و تشکیل سرمایه ناخالص نیز به‌طور مثبت و معنی‌دار بر هر دو شاخص اثر گذاشته‌اند.

Jafari Parvizkhanlou و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات و رشد اقتصادی بر آلودگی محیط‌زیست باتوجه به کشورهای حوزه خلیج فارس طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۰ با استفاده از روش پانل دیتا پرداختند. نتایج نشان داد که فناوری اطلاعات و ارتباطات تأثیر مستقیم و مجذور آن تأثیر منفی و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. نتیجه حاکی از وجود رابطه‌ای به شکل U وارون بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی‌اکسیدکربن بود. رشد اقتصادی تأثیر مستقیم و توان دوم آن بر انتشار دی‌اکسیدکربن تأثیر منفی دارد که حاکی از تأیید فرضیه کوزنتس است. همچنین مصرف سرانه انرژی و تجارت تأثیر مستقیم و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است.

Fallahi و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی تأثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر کیفیت محیط‌زیست ایران با استفاده از روش هم‌انباشتگی ARDL در دوره زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۸ پرداختند. نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده تأثیر مثبت خطوط تلفن ثابت و همراه و همچنین مخارج دولت در حوزه ICT بر کیفیت محیط‌زیست است، درحالی‌که با افزایش کاربران اینترنت، کیفیت محیط‌زیست کاهش می‌یابد.

Rahim و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی ارتباط وفور منابع طبیعی و توسعه سرمایه انسانی و تقویت رشد اقتصادی و بررسی فرضیه نفرین منابع در کشورهای یازده گانه آینده در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ پرداختند. نتایج، فرضیه نفرین منابع را تأیید کرده و نشان دادند که افزایش درآمدهای منابع طبیعی رشد اقتصادی را تضعیف می کند. در مقابل، عواملی مانند سرمایه انسانی، توسعه مالی، صنعتی سازی، نوآوری و تجارت بین الملل رشد اقتصادی را تقویت می کنند. همچنین توسعه سرمایه انسانی می تواند آثار منفی نفرین منابع را کاهش دهد.

Li و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در آزمون فرضیه نفرین منابع در کشورهای N11 و BRICS براساس مدل ARDL پانلی و مدل رگرسیون کوانتایل پرداختند و بررسی کردند که آیا توسعه ICT می تواند نفرین منابع را در کشورهای N11 و BRICS طی دوره ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۹ به تأخیر اندازد یا حتی از آن اجتناب کند. نتایج نشان دهنده ناهمگنی در تأثیر وابستگی منابع بر شاخص توسعه انسانی در کشورهای N11 و BRICS در سطوح کمی مختلف است. به طور مشخص، نفرین منابع در کشورهای N11 وجود دارد، در حالی که موهبت منابع در کشورهای BRICS رخ می دهد. توسعه ICT تأثیر منفی درآمد منابع طبیعی بر HDI را در کشورهای N11 کاهش داده، اما تأثیرات مثبت این درآمدها بر HDI را در کشورهای BRICS تقویت کرده است.

Cheng و Liu (۲۰۲۳) به بررسی ارتباط توسعه مالی و فناوری اطلاعات و ارتباطات و تأثیر چگونگی فرضیه نفرین منابع مالی در کشورهای در حال توسعه طی سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۱ و با روش CS-ARDL پرداختند. نتایج نشان داد که منابع طبیعی رابطه معکوسی با توسعه اقتصادی دارند که نشان دهنده مشکل نفرین منابع در این اقتصادهاست. همچنین توسعه مالی و فناوری اطلاعات و ارتباطات، رشد پایدار را تقویت می کنند. نقش تعدیل کننده غیرمستقیم ICT و FD نشان می دهد که در کشورهای غنی از منابع با بخش مالی توسعه یافته و زیرساخت های ICT پیشرفته، منابع به صورت کارآمد مصرف شده و به پیشرفت اقتصادی فراگیر می انجامد.

Zhu و همکاران^۴ (۲۰۲۴) به بررسی برآورد تأثیرات جهانی سازی اقتصادی و منابع طبیعی بر ردپای اکولوژیک در چارچوب منحنی N شکل کوزنتس محیط زیستی در اقتصادهای یازده گانه آینده در بازه زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۲۲ در گروه کشورهای N11 پرداختند. نتایج نشان داد که درآمد حاصل از منابع طبیعی تأثیر منفی بر کیفیت محیط زیست دارد و جهانی سازی اقتصادی و تولید ناخالص داخلی به ترتیب تأثیرات مثبت و منفی بر ویژگی های محیط زیستی نشان می دهند. این مطالعه به ضرورت بازنگری در سیاست های استخراج منابع و تقویت نظارت ها برای دستیابی به تعادل بین رشد اقتصادی و حفاظت از محیط زیست اشاره دارد.

روش شناسی پژوهش

مدل رگرسیون به ظاهر نامرتب تجمیعی: روش رگرسیون به ظاهر نامرتب (SUR) به عنوان یک ابزار اقتصادسنجی کارآمد معرفی می شود که در مقایسه با تخمین تک معادله ای، دقت و کارایی بالاتری دارد. این روش با در نظر گرفتن همبستگی میان جملات خطای معادلات همزمان، از کل اطلاعات موجود بهره می گیرد و محدودیت های بین معادلات را نیز در نظر می گیرد، به ویژه در شرایط محدودیت داده، نتایج قابل اعتمادی ارائه می دهد (Souri, 2016; Zabihi et al., 2021). مدل رگرسیون به ظاهر نامرتب (SUR) یک سیستم معادلات خطی است که دارای خطاهایی هست که در عرض معادلات برای یک مقطع معین همبسته هستند، اما در بین مقاطع ناهمبسته هستند. این مدل شامل $j=1...m$ معادله رگرسیون خطی برای $i=1...N$ مقطع است. مجموعه ای از رگرسیون های جداگانه را در نظر بگیرید که به صورت زیر بیان می شوند:

$$y_j = X_j \beta_j + u_j \quad (۱)$$

در این رابطه، y_j و u_j بردارهای n بعدی هستند، β_j بردار پارامتر p_j بعدی است، و X_j ماتریس متغیرهای کمکی $n * p_j$ می باشد. اگر m معادله با هم در نظر گرفته شوند، می توان آن را به صورت زیر توصیف کرد:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & X_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_m \end{bmatrix} \quad (۲)$$

در اینجا فرض بر این است که جملات خطا دارای میانگین صفر بوده و در بین افراد مستقل و هم واریانس هستند، به طوری که u_j مفروضات زیر را برآورده می کند:

میانگین جملات خطا ۰ $E(\{u_j|X\}) = 0$

واریانس عبارت خطا در معادله $j: E(\{u_j u_j | X\}) = \sigma_{jj} I_N$

کوواریانس عبارات خطا در معادلات j و j' : $E(\{u_j u_{j'} | X\}) = \sigma_{jj'} I_N$ که $j \neq j'$

ماتریس کلی واریانس کوواریانس: $\Omega = E(uu') = \sum \otimes I_N$

به طور کلی، برای مدل های رگرسیون خطی منفرد، برآورد حداقل مربعات معمولی (OLS) برای هر معادله، یک برآوردگر سازگار از β را به دست می دهد، اما برآوردگر کارا به صورت زیر است:

$$\widehat{\beta}_{GLS} = \{X'(\Sigma^{-1} \otimes I_N)\}^{-1} \{X'(\Sigma^{-1} \otimes I_N)y\} \quad (۳)$$

با $Var(\hat{\beta})\{X(\Sigma^{-1} \otimes I_N)X\}^{-1}$

بنابراین، روش های برآورد شامل دو مرحله است:

- **مرحله اول:** هر معادله با استفاده از OLS برآورد می شود، و خطاهای حاصل از معادلات m برای برآورد Σ با استفاده از

$$\widehat{\sigma}_{jj} = \widehat{u}_j \widehat{u}_j / N \text{ و } \widehat{u}_j = y_j - X_j \widehat{\beta}_j$$

- **مرحله دوم:** جایگزین $\widehat{\Sigma}$ برای Σ برآوردگر GLS:

$$\widehat{\beta}_{GLS} = \{X'(\widehat{\Sigma}^{-1} \otimes I_N)X\}^{-1} \{X'(\widehat{\Sigma}^{-1} \otimes I_N)y\}$$

همان طور که برای آزمون فرضیه بین معادله ای (cross-equation testing) مطرح است، می توانیم این فرضیه را آزمون کنیم که آیا ضرایب به طور مشترک به طور معنی داری از صفر متفاوت هستند $\beta_j = \beta_j = 0$ یا اینکه آیا ضرایب به طور معنی داری از یکدیگر متفاوت هستند $\beta_j = \beta_j$ (Moon and Perron., 2006).

الگوی تحقیق: مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و رانت منابع طبیعی (NRR) بر توسعه انسانی (HDI) و ردپای اکولوژیک (EFP) در گروه منتخب کشورهای نوظهور (N11) طی دوره زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۷ انجام شده است. کشورهای مورد بررسی شامل بنگلادش، مصر، اندونزی، ایران، مکزیک، نیجریه، پاکستان، فیلیپین، کره جنوبی، ترکیه و ویتنام می باشند. با توجه به ماهیت داده ها، از رویکرد داده های تابلویی برای برآورد مدل های مورد نظر استفاده خواهد شد. برای مدل سازی تحقیق حاضر از مطالعه Nathaniel (۲۰۲۱) و Li و همکاران (۲۰۲۳) بهره گرفته شده است. در این پژوهش، از آنجا که توسعه انسانی و ردپای اکولوژیک به صورت همزمان به عنوان متغیرهای وابسته مورد بررسی قرار می گیرند و انتظار می رود تحت تأثیر مجموعه ای از متغیرهای توضیحی مشترک قرار داشته باشند و همچنین ممکن است جملات خطای معادلات آن ها با یکدیگر همبسته باشند، از سیستم معادلات همزمان رگرسیون های به ظاهر نامرتبط (SUR)^۶ به صورت پانلی استفاده شده است. این روش همبستگی بین جملات خطای معادلات را در نظر می گیرد و منجر به برآوردهای کارآتر می شود.

مدل مورد نظر تحقیق حاضر به صورت زیر در نظر گرفته می شود:

$$HDI_{it} = \beta_0_{it} + \beta_1 ICT_{it} + \beta_2 NRR_{it} + \beta_3 Industry_{it} + \beta_4 Urban_{it} + \beta_5 Globalization_{it} \quad \text{مدل I}$$

$$+ \beta_6 FDI_{it} + \beta_6 ICT * NRR_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$EFP_{it} = \beta_0_{it} + \beta_1 ICT_{it} + \beta_2 NRR_{it} + \beta_3 Industry_{it} + \beta_4 Urban_{it} + \beta_5 Globalization_{it} \quad \text{مدل II}$$

$$+ \beta_6 FDI_{it} + \beta_6 ICT * NRR_{it} + \varepsilon_{it}$$

^۶ کشورها و دوره زمانی مذکور براساس موجودی داده ها انتخاب شده است.

^۶Seemingly Unrelated Regressions

که در این معادلات، HDI: شاخص توسعه انسانی است که از یک شاخص ترکیبی شامل امید به زندگی، دانش و استاندارد زندگی تشکیل شده است و توسط UNDP تهیه و گزارش می‌شود، همچنین EFP: شاخص ردپای اکولوژیک است که توسط شبکه جهانی ردپا گزارش می‌شود. ICT: بیانگر توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات است که مطابق با Li و همکاران (۲۰۲۳) از چهار مؤلفه شامل اشتراک تلفن ثابت (در ازای هر ۱۰۰ نفر)، اشتراک تلفن همراه (در ازای هر ۱۰۰ نفر)، اشتراک پهن‌بند ثابت (در ازای هر ۱۰۰ نفر) و افراد استفاده‌کننده از اینترنت (درصد جمعیت) تشکیل شده است. داده‌های این متغیر از پایگاه داده بانک جهانی اخذ شده است و با کمک روش تحلیل مؤلفه اساسی (PCA) به صورت یک شاخص تجمع شده است.

همچنین متغیرهای NRR، Industry و Urban به ترتیب نشان‌دهنده رانت منابع طبیعی (%GDP)، ارزش افزوده بخش صنعت (%GDP) و نرخ شهرنشینی (%Population) هست که داده‌های این متغیرها از پایگاه داده بانک جهانی اخذ شده است. سایر متغیرهای توضیحی شامل Globalization و FDI بیانگر شاخص جهانی شدن و شاخص توسعه مالی هست که به ترتیب از پایگاه داده KOF و IMF اخذ شده است. در نهایت متغیر $NRR * ICT$ نمایانگر اثر تعاملی این دو متغیر هست. قابل ذکر هست که با توجه به این که متغیرها از واحد یکسان برخوردار نیستند؛ بنابراین تمامی متغیرها با روش Z-Score استانداردسازی و سپس در معادله رگرسیونی برآورد شده‌اند.

یافته‌های پژوهش

آمار توصیفی متغیرها: قبل از برآورد الگوی تحقیق، ابتدا مروری بر آمارهای توصیفی متغیرهای مربوط به نمونه مورد بررسی انجام می‌شود. آمارهای توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار، کمترین و بیشترین مقدار متغیرها در جدول ۱ گزارش شده است. براساس نتایج، میانگین شاخص توسعه انسانی ۰/۶۹ هست که کمترین مقدار آن ۰/۴۷۹ مربوط به کشور نیجریه در سال ۲۰۰۷ و بیشترین مقدار آن ۰/۹۲۶ است که مربوط به کشورهای کره جنوبی در سال ۲۰۲۱ می‌باشد. همچنین شاخص ردپای اکولوژیک به طور متوسط مقدار ۱/۸۶ برای کشورهای N11 بوده که کمترین این مقدار ۰/۳۸ و مربوط به کشور بنگلادش در سال ۲۰۰۷ بوده و بیشترین مقدار ۵/۱۴ و مربوط به کشور کره جنوبی در سال ۲۰۱۱ می‌باشد. اندازه میانگین رانت منابع طبیعی نیز برای کشورهای مورد بررسی ۵/۷۷ درصد بوده که کمترین مقدار آن ۰/۰۳ برای کشور کره جنوبی و بیشترین مقدار آن ۳۴/۲۳ برای کشور ایران می‌باشد.

جدول ۱- آمار توصیفی متغیرها

متغیرها	آمار توصیفی			
	تعداد مشاهدات	میانگین	انحراف معیار	حداقل حداکثر
شاخص توسعه انسانی	۱۶۵	۰/۶۹	۰/۱۱	۰/۴۷ ۰/۹۲
شاخص ردپای اکولوژیک	۱۶۵	۱/۸۶	۱/۲۶	۰/۳۸ ۵/۱۴
توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات	۱۶۵	۶۸/۱۷	۳۳/۳۱	۱۰/۴۷ ۱۵۴/۳۳
رانت منابع طبیعی	۱۶۵	۵/۷۷	۷/۳۰	۰/۰۳ ۳۴/۲۳
ارزش افزوده بخش صنعت	۱۶۵	۳۱/۹۴	۶/۸۱	۱۸/۰۹ ۴۸/۲۳
نرخ شهرنشینی	۱۶۵	۵۴/۳۲	۱۸/۰۷	۲۸/۲۳ ۸۱/۹۳
شاخص جهانی شدن	۱۶۵	۶۱/۲۱	۸/۴۳	۴۵/۹۰ ۷۸/۱۶
شاخص توسعه مالی	۱۶۵	۰/۳۷	۰/۱۶	۰/۱۴ ۰/۸۵

منبع: یافته‌های پژوهش

آزمون ریشه واحد: در روش‌های سنتی اقتصادسنجی، شرط اصلی برای برآورد معتبر ضرایب مدل، ایستایی متغیرهاست؛ یعنی سری‌های زمانی باید میانگین و واریانس ثابتی در طول زمان داشته باشند (Zabihi et al., 2021). در صورتی که شوک وارده به متغیر اثری دائمی بگذارد، آن متغیر غیرایستا تلقی شده و دارای ریشه واحد است که می‌تواند منجر به رگرسیون کاذب شود (Noferesti, 2000). در آزمون‌های ایستایی، فرض صفر وجود ریشه واحد و فرض مقابل، ایستایی سری زمانی را بررسی می‌کند. اگر متغیرها در سطح ایستا نباشند اما با تفاضل‌گیری ایستا شوند، می‌توان از رگرسیون کاذب جلوگیری کرد، ولی اطلاعات بلندمدت از بین می‌رود. در این شرایط، استفاده از روش هم‌جمعی توصیه می‌شود که امکان برآورد مدل را بدون نگرانی از نتایج کاذب فراهم

می‌سازد. همچنین، تأکید شده است که آزمون ایستایی تنها در صورتی معتبر است که دوره زمانی مطالعه کافی باشد (Souri, 2016). باتوجه به اینکه برآورد مدل بدون در نظر گرفتن ایستایی متغیرها ممکن است منجر به رگرسیون کاذب شود، بنابراین ابتدا ایستایی متغیرها تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این کار از آزمون‌های Lin, Levin, و Chu (۲۰۰۲) و دیکی فولر تعمیم یافته-فیشر استفاده شده است. نتایج آزمون‌های ایستایی در جدول ۲ گزارش شده است.

جدول ۲- آزمون مانایی متغیرها

متغیرها	Levin, Lin & Chu				ADF - Fisher Chi-square			
	با عرض از مبدأ		با عرض از مبدأ و روند		با عرض از مبدأ		با عرض از مبدأ و روند	
	مقدار	ارزش	مقدار	ارزش	مقدار	ارزش	مقدار	ارزش
	آماره	احتمال	آماره	احتمال	آماره	احتمال	آماره	احتمال
شاخص توسعه انسانی	-۴/۹۴	۰/۰۰	-۱/۹۵	۰/۰۲	۳۲/۶۹	۰/۰۶	۲۷/۳۵	۰/۱۹
شاخص ردپای اکولوژیک	-۰/۳۳	۰/۳۶	-۴/۲۳	۰/۰۰	۲۹/۰۸	۰/۱۴	۴۴/۰۷	۰/۰۰
توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات	۰/۴۳	۰/۶۷	-۵/۴۰	۰/۰۰	۱۴/۶۲	۰/۸۷	۲۸/۹۱	۰/۰۱
رانت منابع طبیعی	-۲/۰۹	۰/۰۱	-۱/۸۱	۰/۰۳	۲۰/۷۲	۰/۵۳	۲۵/۷۷	۰/۲۶
ارزش افزوده بخش صنعت	-۲/۶۱	۰/۰۰	-۴/۲۹	۰/۰۰	۲۴/۶۶	۰/۳۱	۲۹/۹۱	۰/۱۲
نرخ شهرنشینی	-۱۰/۶۴	۰/۰۰	۱/۵۶	۰/۹۴	۶۷/۹۳	۰/۰۰	۴۸/۲۱	۰/۰۰
شاخص جهانی شدن	-۴/۰۲	۰/۰۰	-۱/۱۶	۰/۱۲	۳۲/۵۵	۰/۰۶	۱۳/۴۹	۰/۹۱
شاخص توسعه مالی	-۷/۳۳	۰/۰۰	-۱۰/۰۳	۰/۰۰	۶۶/۵۹	۰/۰۰	۸۳/۰۱	۰/۰۰
اثر تعاملی توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات و رانت منابع طبیعی	۰/۶۹	۰/۷۵	-۵/۹۶	۰/۰۰	۱۹/۹۴	۰/۵۸	۳۵/۲۶	۰/۰۳

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۲ نتایج آزمون مانایی متغیرها با استفاده از روش‌های لوین، لین و چو (LLC) و آزمون ADF-Fisher Chi-square را نشان می‌دهد که به‌منظور بررسی وجود ریشه واحد در متغیرهای تحقیق انجام شده است. متغیرها در دو حالت شامل عرض از مبدأ و عرض از مبدأ به‌همراه روند مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که برخی متغیرها مانند توسعه مالی، فناوری اطلاعات و ارتباطات و ردپای اکولوژیک در هر دو آزمون LLC و ADF-Fisher (با عرض از مبدأ و روند) از مانایی برخوردارند. در مقابل، متغیرهایی مانند توسعه انسانی، رانت منابع طبیعی، ارزش افزوده بخش صنعت و نرخ شهرنشینی تنها در برخی موارد (مانند LLC با عرض از مبدأ) مانا تشخیص داده شده‌اند. علاوه بر این، متغیر ردپای اکولوژیک و فناوری اطلاعات و ارتباطات نیز در صورت در نظر گرفتن روند در آزمون LLC و ADF-Fisher، مانایی نشان می‌دهند، اما بدون روند غیرمانا هستند. این تفاوت‌ها نشان‌دهنده حساسیت نتایج به انتخاب مدل (با یا بدون روند) و روش آزمون است. به‌طور کلی، متغیرهای توسعه مالی و نرخ شهرنشینی به‌طور سازگار در هر دو روش و با هر دو مشخصات مدل، مانایی از خود نشان می‌دهند، درحالی‌که سایر متغیرها مانا نیستند. متغیرهای نامانای بعد از یک مرتبه تفاضل‌گیری مانا شدند ولی با توجه به این که تفاضل‌گیری باعث از دست رفتن برخی از داده‌ها می‌شود؛ بنابراین برای جلوگیری از رگرسیون کاذب و همچنین حفظ داده‌ها، لازم است وجود روابط بلندمدت و هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل مورد آزمون قرار گیرد. برای این منظور از آزمون پدرونی استفاده شده و نتایج این آزمون در جدول ۳ گزارش شده است.

جدول ۳- نتایج آزمون پدرونی

ارزش احتمال	آماره		
۰/۰۰	۵/۲۱	Modified Phillips-Perron t	مدل I
۰/۰۰	-۵/۲۹	Phillips-Perron t	
۰/۰۰	-۵/۱۳	Augmented Dickey-Fuller t	
۰/۰۰	۴/۶۹	Modified Phillips-Perron t	مدل II
۰/۰۰	-۱۰/۳۰	Phillips-Perron t	
۰/۰۰	-۶/۲۳	Augmented Dickey-Fuller t	

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۳ نتایج آزمون پدرونی را برای بررسی وجود هم‌انباشتگی بین متغیرهای پژوهش در چارچوب دو مدل (مدل I و مدل II) ارائه می‌دهد. براساس آماره‌های گزارش شده و سطح معنی‌داری، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود هم‌انباشتگی در هر دو مدل به‌طور قوی رد می‌شود. این یافته‌ها نشان‌دهنده وجود رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای تحقیق است. رد شدن فرضیه عدم هم‌انباشتگی در هر دو مدل، بیانگر سازگاری و استحکام نتایج است و تأکید می‌کند که متغیرهای مورد مطالعه از تعادل بلندمدت برخوردارند و نتایج رگرسیون کاذب نخواهد بود.

ماتریس همبستگی جملات خطا و آزمون استقلال بروش پاگان: آزمونی که سبب تمایز روش رگرسیونی OLS و SUR شده، قطری بودن یا نبودن است. در صورت همبستگی جملات اجزای اخلاص، روش رگرسیونی OLS کارایی لازم را ندارد. Breusch-Pagan (۱۹۸۰) آزمون ضریب لاگرانژ را برای قطری بودن ارائه کرده است. در صورت اثبات وجود ارتباط بین اجزای اخلاص، استفاده از روش SUR در اولویت خواهد بود. براساس نتایج جدول ۴ ماتریس همبستگی جملات خطا در مدل SUR، ضریب همبستگی ۰/۲۶۶۲ بین جملات خطای معادلات HDI (توسعه انسانی) و EFP (ردپای اکولوژیک) نشان‌دهنده وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین این دو متغیر است که مؤید تأثیرات مشترک عوامل غیرقابل مشاهده بر هر دو بعد توسعه انسانی و محیط‌زیست است. این همبستگی که از طریق آزمون بروش-پاگان در جدول ۵ با آماره کای-دو ۱۱/۶۸ و ارزش احتمال ۰/۰۰۰۶ نیز تأیید شده است، نشان می‌دهد که فرض استقلال جملات خطا رد می‌شود و استفاده از مدل SUR به‌جای روش‌های تک‌معادله‌ای (مانند OLS جداگانه) ضروری است، زیرا این مدل با بهره‌گیری از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته (GLS)، همبستگی همزمان بین معادلات را مدل‌سازی کرده و کارایی برآوردها را افزایش می‌دهد.

جدول ۴- ماتریس همبستگی جملات خطا

شاخص توسعه انسانی	شاخص رد پای اکولوژیک
۱/۰۰	۰/۲۶
شاخص توسعه انسانی	شاخص رد پای اکولوژیک

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۵- آزمون استقلال بروش پاگان

مقدار آماره (1) chi2	ارزش احتمال
۱۱/۶۸	۰/۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

آزمون F و هاسمن: ابتدا در داده‌های پانلی باید بین دو رویکرد پانل دیتا و پولد انتخاب صورت بگیرد. جهت انتخاب صحیح مدل باتوجه به پانل دیتا یا پولد از آزمون F استفاده می‌شود که نتایج در جدول ۶ گزارش شده است. بعد از اینکه فرضیه پولد بودن رد

شد، دو رویکرد اثرات ثابت و تصادفی برای تفاوت اثرات مقطع‌ها وجود دارد بنابراین برای انتخاب بین این دو رویکرد می‌توان از آزمون هاسمن استفاده کرد. نتایج این آزمون در جدول ۷ گزارش شده است.

جدول ۶- آزمون F

مدل	مقدار	d.f.	ارزش احتمال
مدل I وابستگی مقطعی F	۸۷/۴۵	(۱۰، ۱۴۷)	۰/۰۰
وابستگی مقطعی خی ۲	۳۱۹/۸۷	۱۰	۰/۰۰
مدل II وابستگی مقطعی F	۷۴/۳۳	(۱۰، ۱۴۷)	۰/۰۰
وابستگی مقطعی خی ۲	۲۹۷/۱۹	۱۰	۰/۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۷- آزمون هاسمن

مدل	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	ارزش احتمال
مدل I وابستگی مقطعی رندوم	۲۱/۸۸	۷	۰/۰۰
مدل II وابستگی مقطعی رندوم	۷۳/۳۸	۷	۰/۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

براساس نتایج آزمون F (جدول ۶) فرض صفر مبنی بر عدم وجود اثرات سطح مقطعی در هر دو معادله با آماره‌های ۸۷/۴۵ (معادله ۱) و ۷۴/۳۳ (معادله ۲) و ارزش‌های احتمال ۰/۰۰ به‌طور قوی رد می‌شود. این یافته‌ها نشان می‌دهند که مدل پانل (با اثرات ثابت یا تصادفی) نسبت به مدل پولد مناسب‌تر است، زیرا اثرات سطح مقطعی بر متغیرهای وابسته تأثیر معنی‌داری دارند. در ادامه، آزمون هاسمن با آماره‌های کای دو ۲۱/۸۸ (معادله ۱) و ۷۳/۳۸ (معادله ۲) و ارزش‌های احتمال ۰/۰۰، فرض صفر مبنی بر تصادفی بودن اثرات مقطعی را رد کرده و استفاده از مدل اثرات ثابت را توجیه می‌کند. این نتایج حاکی از همبستگی بین اثرات مقطعی و متغیرهای توضیحی هستند که استفاده از اثرات تصادفی را منجر به برآوردهای ناسازگار می‌کند. بنابراین، ترکیب این یافته‌ها پیشنهاد می‌کند که مدل پانل با اثرات ثابت بهترین گزینه برای تحلیل داده‌هاست، زیرا هم اثرات سطح مقطعی را کنترل کرده و هم همبستگی بین متغیرها و اثرات مقطعی را در نظر می‌گیرد.

نتایج برآورد مدل تحقیق: نتایج برآورد مدل تحقیق با استفاده از رویکرد سیستم معادلات همزمان پانلی رگرسیون‌های به ظاهر نامرتب (Panel SUR)، مطابق با مبانی نظری و روش‌شناسی تشریح شده در بخش قبلی، در جدول ۸ گزارش شده است. شایان ذکر است که برای اطمینان از اعتبار آماره‌های استنباطی (آماره Z) و ارزش احتمال در حضور احتمالی ناهمسانی واریانس^۷ و خودهمبستگی^۸ در جملات خطای پانل‌ها، از انحراف معیارهای مقاوم^۹ در فرآیند تخمین استفاده شده است. نتایج مدل Panel SUR نشان می‌دهد که متغیرهای توضیحی تأثیرات متفاوت و در برخی موارد دوگانه‌ای بر توسعه انسانی (HDI) و ردپای اکولوژیک (EFP) در کشورهای N11 طی دوره مورد مطالعه دارند. فناوری اطلاعات و ارتباطات با ضریب ۰/۳ بر توسعه انسانی تأثیر مثبت و معنی‌داری دارد و به بهبود شاخص‌های آموزش، سلامت و درآمد کمک می‌کند، اما در مقابل، ضریب ۰/۱۱ آن بر ردپای اکولوژیک نشان‌دهنده افزایش فشار بر محیط‌زیست (مثلاً از طریق مصرف انرژی و زیرساخت‌های دیجیتال) است. رانت منابع طبیعی با ضریب ۰/۱۱- بر توسعه انسانی، اثر منفی ناشی از وابستگی به منابع طبیعی (پدیده نفرین منابع) را آشکار می‌کند، درحالی‌که ضریب ۰/۱ آن در رد پای اکولوژیک مؤید نقش اصلی این متغیر در تخریب محیط‌زیست است. ارزش افزوده بخش صنعت با ضرایب ۰/۳۱ بر توسعه انسانی و ۰/۰۵ بر ردپای اکولوژیک هم به رشد اقتصادی و ارتقای کیفیت زندگی کمک می‌کند و هم باعث افزایش آلودگی می‌شود. نرخ شهرنشینی نیز با ضرایب ۰/۳۳ بر توسعه انسانی و ۰/۴۱ بر ردپای اکولوژیک ضمن تسهیل دسترسی به خدمات، فشار بر منابع طبیعی را تشدید می‌کند. جهانی‌شدن هم با ضریب ۰/۱۱ بر توسعه انسانی تأثیر مثبتی دارد (انتقال فناوری و دانش)، اما ضریب ۰/۱۷- آن در ردپای اکولوژیک نشان می‌دهد که ممکن است از طریق استانداردهای محیط‌زیستی بین‌المللی، فشار بر

⁷ Heteroskedasticity⁸ Autocorrelation⁹ Robust Standard Errors

محیط زیست را کاهش دهد. توسعه مالی نیز با ضریب ۰/۱۸ بر توسعه انسانی تأثیر مثبت دارد، اما ضریب ۰/۶۱ آن در رد پای اکولوژیک بیانگر هزینه های محیط زیستی سنگین توسعه مالی هست. همچنین اثر تعاملی رانت منابع طبیعی و فناوری اطلاعات و ارتباطات نیز با ضرایب ۰/۰۶ بر توسعه انسانی ۰/۰۶- بر رد پای اکولوژیک نشان می دهد که ترکیب فناوری و منابع طبیعی می تواند تا حدی اثرات منفی رانت منابع طبیعی را تعدیل کند. به عبارتی، رانت منابع طبیعی و ICT اگر در تعامل با هم باشند فرضیه نفرین منابع رد خواهد شد.

جدول ۸- نتایج برآورد مدل

متغیرهای وابسته	متغیرهای مستقل	ضریب	انحراف معیار مستحکم	آماره Z	ارزش احتمال
شاخص توسعه انسانی	توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات	۰/۳۰	۰/۰۴	۶/۴۸	۰/۰۰
	رانت منابع طبیعی	-۰/۱۱	۰/۰۳	-۳/۱۹	۰/۰۰
	ارزش افزوده بخش صنعت	۰/۳۱	۰/۰۳	۸/۷۸	۰/۰۰
	نرخ شهرنشینی	۰/۳۳	۰/۰۳	۱۰/۷۹	۰/۰۰
	شاخص جهانی شدن	۰/۱۱	۰/۰۳	۲/۹۴	۰/۰۰
	شاخص توسعه مالی	۰/۱۸	۰/۰۵	۳/۶۰	۰/۰۰
	اثر تعاملی توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات و رانت منابع طبیعی	۰/۰۶	۰/۰۳	۲/۰۴	۰/۰۴
	عرض از مبدأ	۰/۰۰۹	۰/۰۲	۰/۴۲	۰/۶۷
	توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات	۰/۱۱	۰/۰۴	۲/۴۹	۰/۰۱
	رانت منابع طبیعی	۰/۱۰	۰/۰۲	۳/۶۴	۰/۰۰
شاخص رد پای اکولوژیک	ارزش افزوده بخش صنعت	۰/۰۵	۰/۰۲	۲/۶۸	۰/۰۲
	نرخ شهرنشینی	۰/۴۱	۰/۰۳	۱۲/۳۵	۰/۰۰
	شاخص جهانی شدن	-۰/۱۷	۰/۰۴	-۴/۲۹	۰/۰۰
	شاخص توسعه مالی	۰/۶۱	۰/۰۴	۱۲/۹۷	۰/۰۰
	اثر تعاملی توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات و رانت منابع طبیعی	-۰/۰۶	۰/۰۲	-۳/۰۵	۰/۰۰
	عرض از مبدأ	-۰/۰۰۸	۰/۰۱	-۰/۴۷	۰/۶۳

منبع: یافته های پژوهش

آزمون تفاوت معادلات: نتایج آزمون والد که برای بررسی برابری ضرایب متغیرها و عرض از مبدأ در معادلات توسعه انسانی (HDI) و رد پای اکولوژیک (EFP) هست در جدول ۹ گزارش شده است. نتایج نشان می دهد که فرض صفر مبنی بر همسانی تمام ضرایب در دو معادله به طور قوی رد می شود (آماره کای دو: ۵۰۶۲/۱۲ و ارزش احتمال ۰/۰۰). این یافته مؤید وجود تفاوت معنی دار آماری بین تأثیرات متغیرهای فناوری اطلاعات و ارتباطات، رانت منابع طبیعی، ارزش افزوده بخش صنعت، نرخ شهرنشینی، جهانی شدن، توسعه مالی و اثر تعاملی ICT*NRR در دو معادله است.

جدول ۹- آزمون تفاوت معادلات

۰/۰۰	Prob > chi2
۵۰۶۲/۱۲	chi2(۸)

منبع: یافته های پژوهش

آزمون هم خطی: نتایج آزمون هم خطی با استفاده از شاخص عامل تورم واریانس (VIF) در جدول ۱۰ گزارش شده است. نتایج نشان می دهد که مدل مورد استفاده از نظر هم خطی چندگانه در وضعیت مطلوبی قرار دارد. میانگین VIF برابر با ۳/۱۱ است که پایین تر از آستانه استاندارد (۵ یا ۱۰) است و نشان دهنده عدم وجود هم خطی شدید در مدل است. مقادیر VIF برای تک متغیرها نیز عموماً در محدوده قابل قبول قرار دارند. بالاترین مقدار VIF مربوط به متغیر توسعه مالی با مقدار ۵/۳۰ است که اندکی از آستانه ۵ فراتر رفته، اما به عنوان یک ناهنجاری جدی تلقی نمی شود. متغیرهای دیگر نظیر فناوری اطلاعات و ارتباطات با VIF

برابر ۴/۴۸ و جهانی شدن با VIF برابر ۳/۹۸ نیز در محدوده ایمن قرار دارند. متغیر تعاملی با VIF ۱/۴۴ کمترین میزان هم خطی را نشان می دهد. با توجه به این نتایج، مدل از ثبات کافی برخوردار است و ضرایب برآورد شده قابلیت اطمینان آماری دارند.

جدول ۱۰- آزمون هم خطی

متغیر	عامل تورم واریانس	معکوس عامل تورم واریانس
شاخص توسعه مالی	۵/۳۰	۰/۱۸
توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات	۴/۴۸	۰/۲۲
شاخص جهانی شدن	۳/۹۸	۰/۲۵
نرخ شهرنشینی	۲/۵۹	۰/۳۸
رانت منابع طبیعی	۲/۲۸	۰/۴۳
ارزش افزوده بخش صنعت	۱/۷۴	۰/۵۷
اثر تعاملی توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات و رانت منابع طبیعی	۱/۴۴	۰/۶۹
میانگین عامل تورم واریانس	۳/۱۱	

منبع: یافته های پژوهش

بحث و نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان می دهد که متغیرهای توضیحی مانند فناوری اطلاعات و ارتباطات، ارزش افزوده بخش صنعت و نرخ شهرنشینی، نقش محرک در بهبود شاخص توسعه انسانی (HDI) در کشورهای N11 از جمله ایران، ایفا می کنند. با این حال، وابستگی به رانت منابع طبیعی اثر منفی بر HDI و تأثیر مثبت بر افزایش رد پای اکولوژیک دارد که بیانگر چالش های جدی در مسیر توسعه پایدار است. از سوی دیگر، توسعه مالی و جهانی شدن دوگانگی دارند: توسعه مالی اگرچه به رشد اقتصادی و توسعه انسانی کمک می کند، اما می تواند فشار محیط زیستی را تشدید کند، در حالی که جهانی شدن با انتقال فناوری های سازگار با محیط زیست، می تواند فرصتی برای کاهش EFP فراهم آورد. براساس یافته های این پژوهش که نشان دهنده تأثیرات دوگانه و تعاملات پیچیده متغیرهایی نظیر ICT، رانت منابع طبیعی، صنعتی شدن، شهرنشینی، جهانی شدن و توسعه مالی بر توسعه انسانی و رد پای اکولوژیک در کشورهای N11 است، پیشنهاد های سیاستی زیر برای دستیابی به توسعه پایدار به شرح زیر ارائه می گردد:

۱. جهت دهی فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) به سوی پایداری محیط زیستی:
 - ارائه مشوق های مالیاتی و اعتباری: دولت ها می توانند با ارائه معافیت های مالیاتی، تخفیف های گمرکی برای واردات تجهیزات دوستدار محیط زیست و اختصاص وام های کم بهره به شرکت های فناوری و صنایع مختلف، آنها را به سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه و به کارگیری فناوری های سبز (مانند هوش مصنوعی برای بهینه سازی مصرف انرژی، اینترنت اشیا برای پایش آلودگی و توسعه انرژی های تجدید پذیر) تشویق کنند.
 - استاندارد گذاری و تنظیم مقررات: تدوین و اجرای استانداردهای اجباری برای بهره وری انرژی در مراکز داده و زیرساخت های ارتباطی و همچنین تشویق به استفاده از منابع انرژی پاک در تأمین برق بخش ICT می تواند به کاهش رد پای اکولوژیک این بخش کمک کند.
 - ترویج همکاری بین بخشی: تسهیل همکاری مستقیم بین شرکت های فناوری و صنایع استخراجی/سنگین برای توسعه و به کارگیری راهکارهای مبتنی بر ICT جهت بهینه سازی فرآیندهای تولید، کاهش مصرف انرژی و آب، و مدیریت پسماند (مثلاً استفاده از حس گر ها و تحلیل داده برای نگهداری پیشگیرانه و کاهش ضایعات در معادن یا کارخانجات) ضروری است.
۲. کاهش وابستگی مخرب به رانت منابع طبیعی و تنوع بخشی اقتصادی:
 - اصلاحات نهادی و شفافیت: ایجاد نهادهای مستقل و پاسخگو برای مدیریت درآمدهای حاصل از رانت منابع طبیعی و افزایش شفافیت در قراردادهای استخراجی برای جلوگیری از فساد و خروج سرمایه.

- تخصیص هدفمند درآمدها: هدایت بخش قابل توجهی از درآمدهای نفتی و معدنی به صندوق‌های توسعه پایدار یا صندوق‌های ثروت ملی که بر سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های دانش‌بنیان، بخش آموزش، بهداشت و تحقیق و توسعه متمرکز باشند، نه مصارف جاری.
- ارائه مشوق برای بخش‌های جایگزین: طراحی و اجرای برنامه‌های حمایتی و مشوق‌های مالیاتی برای رشد بخش‌های غیرنفتی با پتانسیل بالا مانند صنایع تبدیلی با ارزش افزوده بالا، گردشگری پایدار (اکوتوریسم)، و خدمات نوین که وابستگی به منابع طبیعی را کاهش داده و فرصت‌های شغلی جدید ایجاد می‌کنند.
- ۳. استفاده فعال از فرصت‌های جهانی شدن برای توسعه پایدار:
- مشارکت فعال در توافقات بین‌المللی: ایفای نقش فعال در مذاکرات و توافقات بین‌المللی محیط‌زیستی (نظیر توافق پاریس) و استفاده از سازوکارهای بین‌المللی برای دسترسی به دانش فنی، کمک‌های مالی و فناوری‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای.
- توسعه تجارت پایدار: حمایت از صادرات محصولات با اثرات محیط‌زیستی پایین و تسهیل واردات فناوری‌ها و تجهیزات مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر و کنترل آلودگی.

References

- Acheampong, A.O., Adams, S., Boateng, E., 2019. Do globalization and renewable energy contribute to carbon emissions mitigation in Sub-Saharan Africa?. *Science of the Total Environment* 677, 436-446.
- Acheampong, A.O., Opoku, E.E.O., Dzator, J., Kufuor, N.K., 2022. Enhancing human development in developing regions: Do ICT and transport infrastructure matter? *Technological Forecasting and Social Change* 180, 121725.
- Adams, D., Adams, K., Ullah, S., Ullah, F., 2019. Globalisation, governance, accountability and the natural resource 'curse': Implications for socio-economic growth of oil-rich developing countries. *Resources Policy* 61, 128-140.
- Ahmed, K., Mahalik, M.K., Shahbaz, M., 2016. Dynamics between economic growth, labor, capital and natural resource abundance in Iran: An application of the combined cointegration approach. *Resources Policy* 49, 213-221.
- Ahmed, Z., Zafar, M.W., Ali, S., 2020a. Linking urbanization, human capital, and the ecological footprint in G7 countries: an empirical analysis. *Sustainable Cities and Society* 55.
- Ampofo, G.K.M., Cheng, J., Asante, D.A., Bosah, P., 2020. Total natural resource rents, trade openness and economic growth in the top mineral-rich countries: New evidence from nonlinear and asymmetric analysis. *Resources Policy* 68.
- Asif, M., Khan, K.B., Anser, M.K., Nassani, A.A., Abro, M.M.Q., Zaman, K., 2020. Dynamic interaction between financial development and natural resources: Evaluating the 'Resource curse' hypothesis. *Resources Policy* 65. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101566>
- Asongu, S.A., Le Roux, S., 2017. Enhancing ICT for inclusive human development in Sub-Saharan Africa. *Technological Forecasting and Social Change* 118, 44-54.
- Auty, R., 2002. *Sustaining development in mineral economies: The resource curse thesis*. Routledge.
- Azami, S., Mahmoudvand, M., Soheili, K., 2023. Investigating the impact of information and communication technology on environmental quality in major Asian polluters. *Economic Development Analysis of Iran* 9(2), 45-72. (In Persian)
- Barbier, E.B., 2003. The Role of Natural Resources in Economic Development. *Australian Economic Papers* 42(2), 253-272.
- Bieser, J.C., Hilty, L.M., 2018. Assessing indirect environmental effects of information and communication technology (ICT): A systematic literature review. *Sustainability* 10(8), 2662.
- Brunnschweiler, C. N., 2008. Cursing the blessings? Natural resource abundance, institutions, and economic growth. *World Development* 36(3), 399-419.
- Corden, W.M., 1984. Booming sector and Dutch disease economics: survey and consolidation. *Oxford Economic Papers* 36(3), 359-380.

- Davis, G.A., 1995. Learning to love the Dutch disease: Evidence from the mineral economies. *World Development* 23(10), 1765-1779
- Dwumfour, R.A., Ntow-Gyamfi, M., 2018. Natural resources, financial development and institutional quality in Africa: Is there a resource curse? *Resources Policy* 59, 411-426.
- Dyomina, O., 2023. Natural Resources in Economic Development: Evolution of Theoretical Approaches. *Spatial Economics* 19, 136-159.
- Entele, B.R., 2021. Impact of institutions and ICT services in avoiding resource curse: Lessons from the successful economies. *Heliyon* 7(2), e06083.
- Fallahi, F., Sajoudi, S., Mami Pour, S., 2012. Investigating the impact of information and communication technology (ICT) on environmental quality in Iran. *Iranian Energy Economics Research Journal* 1(2), 149-171. (In Persian)
- Fleming, D.A., Measham, T.G., & Paredes, D., 2015. Understanding the resource curse (or blessing) across national and regional scales: Theory, empirical challenges and an application. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 59(4), 624-639.
- Gai, Z., Guo, Y., Hao, Y., 2022. Can internet development help break the resource curse? Evidence from China. *Resources Policy* 75, 102519.
- Gylfason, T., 2001. Natural resources, education, and economic development. *European Economic Review* 45(4-6), 847-859.
- Huang, Y., Haseeb, M., Usman, M., Ozturk, I., 2022. Dynamic association between ICT, renewable energy, economic complexity and ecological footprint: Is there any difference between E-7 (developing) and G-7 (developed) countries? *Technology in Society* 68, 101853
- Jafari Parvizkhanlou, K., Paytakhti Oskouei, S.A., Azali, R., 2021. Examining the impact of information and communication technology and economic growth on environmental pollution: A case study of Gulf Cooperation Council (GCC) countries. *Economic Studies and Policies* 8(1), 107-134. (in Persian)
- Jiao, L., Xie, B., Lu, S., 2023. Understanding the economy of natural resources: Fundamental role of natural resources in sustainable development. *Resources Policy* 86, 104237.
- Kassouri, Y., Altıntaş, H., 2020. Human well-being versus ecological footprint in MENA countries: A trade-off? *Journal of Environmental Management* 263, 110405.
- Khan, F. N., Sana, A., Arif, U., 2020. Information and communication technology (ICT) and environmental sustainability: A panel data analysis. *Environmental Science and Pollution Research* 27, 36718-36731.
- Khan, Z., Ali, M., Jinyu, L., Shahbaz, M., Siqun, Y., 2020. Consumption-based carbon emissions and trade nexus: Evidence from nine oil exporting countries. *Energy Economics* 89, 104806.
- LeSage, J., Pace, R.K., 2009. *Introduction to spatial econometrics*. Chapman and Hall/CRC.
- Li, Y.-W., Zhang, W.-W., Zhao, B., Sharp, B., Gu, Y., Xu, S.-C., Rao, L.-L., 2023. Natural resources and human development: Role of ICT in testing the resource-curse hypothesis in N11 and BRICS countries. *Resources Policy* 81, 103400
- Liu, M., Ren, X., Cheng, C., & Wang, Z., 2020. The role of globalization in CO2 emissions: A semi-parametric panel data analysis for G7. *Science of the Total Environment* 718, 137379.
- Matambalya, F., & Wolf, S., 2001. The role of ICT for the performance of SMEs in East Africa: Empirical evidence from Kenya and Tanzania.
- Moon, H.R., Perron, B., 2006. Seemingly unrelated regressions. *The New Palgrave Dictionary of Economics* 1(9), 19.
- Murphy, K. M., Shleifer, A., Vishny, R.W., 1989. Industrialization and the big push. *Journal of Political Economy* 97(5), 1003-1026.
- Nathaniel, S. P., Nwulu, N., Bekun, F., 2021. Natural resource, globalization, urbanization, human capital, and environmental degradation in Latin American and Caribbean countries. *Environmental Science and Pollution Research* 28, 6207-6221
- Papayrakis, E., & Gerlagh, R., 2007. Resource abundance and economic growth in the United States. *European Economic Review* 51(4), 1011-1039.
- Peach, J., Starbuck, C.M., 2011. Oil and gas production and economic growth in New Mexico. *Journal of Economic Issues* 45(2), 511-526.

- Pouri, M.J., Hilty, L.M., 2018. ICT-enabled sharing economy and environmental sustainability—a resource-oriented approach. In *Advances and new trends in environmental informatics: Managing disruption, big data and open science* (pp. 53-65). Springer.
- Rahim, S., Murshed, M., Umarbeyli, S., Kirikkaleli, D., Ahmad, M., Tufail, M., Wahab, S., 2021. Do natural resources abundance and human capital development promote economic growth? A study on the resource curse hypothesis in Next Eleven countries. *Resources, Environment and Sustainability* 4, 100018.
- Robinson, J.A., Torvik, R., Verdier, T., 2006. Political foundations of the resource curse. *Journal of Development Economics* 79(2), 447-468.
- Ross, M.L., 1999. The political economy of the resource curse. *World Politics* 51(2), 297-322.
- Sachs, J.D., Warner, A., 1995. Natural resource abundance and economic growth. In *National Bureau of Economic Research, Cambridge, Mass., USA*.
- Saud, S., Chen, S., Haseeb, A., 2020. The role of financial development and globalization in the environment: Accounting ecological footprint indicators for selected One-Belt-One-Road initiative countries. *Journal of Cleaner Production* 250, 119518.
- Shabbir, A., Kousar, S., Kousar, F., 2020. The role of natural resources in economic growth: New evidence from Pakistan. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, ahead-of-print.
- Shahbaz, M., Balsalobre, D., Shahzad, S.J.H., 2019. The influencing factors of CO2 emissions and the role of biomass energy consumption: Statistical experience from G-7 countries. *Environmental Modeling & Assessment* 24, 143-161.
- Su, C.-W., Khan, K., Tao, R., Umar, M., 2020. A review of resource curse burden on inflation in Venezuela. *Energy* 204, 117925.
- Sun, Z., Wang, Q., 2021. The asymmetric effect of natural resource abundance on economic growth and environmental pollution: Evidence from resource-rich economy. *Resources Policy* 72, 102085.
- Tayari, M., Mahmoudzadeh, M., Mousavi, M.H., 2023. Examining the dynamics of information and communication technology and environmental degradation: Evidence from developing countries. *Iranian Energy Economics Research Journal* 12(47), 101-127. (In Persian)
- Wang, J., Yang, J., Yang, L., 2023. Do natural resources play a role in economic development? Role of institutional quality, trade openness, and FDI. *Resources Policy* 81, 103294. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103294>
- Zabihi, S.M.Q., Salimifar, M., Ahmadi-Shadmehri, M.T., Salehnia, N., 2021. Investigating the impact of information and communication technology (innovation) on economic growth and the Human Development Index using the Seemingly Unrelated Regression (SUR) method: Evidence from MENA countries. *Applied Economics* 39(11), 1-22. (In Persian)
- 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.