

## The Effect of Information and Communication Technology on Environmental Quality with an Emphasis on the Pollution Haven Hypothesis in OPEC<sup>1</sup>

Fatemeh Arianfar<sup>2</sup>, Zahra (Mila) Elmi<sup>3</sup>, Usef EisazadehRosan<sup>4</sup>

Received: 2023/02/07

Accepted: 2023/04/16

### Abstract

Nowadays, knowledge and technology are tangled in human life. It is expected that technology advancement and its role in daily human life will reduce pollution. Foreign direct investment (FDI), as one of the driving factors of economic growth, has destroyed the environment in most host countries (pollution haven hypothesis). Considering the importance of environmental quality and the intertwining of human life with information and communication technology (ICT), this study aims to investigate the impact of ICT and FDI on the emission of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) as an indicator of the quality of the environment in the OPEC member countries during the period of 2008-2019. The estimation results with the Generalized Moments Method show a U relationship between information and communication technology and carbon dioxide emissions. Furthermore, it confirms the hypothesis that foreign investment pollutes host countries' environment. With regard to the formation of the global village, it is expected that governments, as supporters of society's health, will direct foreign investment towards the use of clean and environmentally friendly energy by applying laws protecting clean production and closely monitoring it.

**Keywords:** Information and Communication Technology (ICT), Foreign Direct Investment (FDI), CO<sub>2</sub> Emissions, OPEC, Generalized Moments Method.

**JEL Classification:** C23, O32, Q43, Q51.

1 . DOI: 10.22051/IEDA.2023.42848.1347

2. M.Sc. Student, Department of Economics, Mazandaran University, Sari, Iran. (mail:samiraarianfar@gmail.com).

3. Professor, Department of Economics, Mazandaran University, Sari, Iran. (Corresponding Author). (z.elmi@umz.ac.ir).

4. Asistant Professor, Department of Economics Science, Mazandaran University, Sari, Iran. (eisazadeh@umz.ac.ir).

مقاله پژوهشی

اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط‌زیست با تأکید بر فرضیه پناهگاه آلودگی در کشورهای عضو اوپک<sup>۱</sup>

فاطمه آریان‌فر<sup>۲</sup>، زهرا میلا علمی<sup>۳</sup> و یوسف عیسی‌زاده روشن<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۸

چکیده

امروزه دانش و فناوری با زندگی بشر عجین شده است و انتظار بر این است که پیشرفت تکنولوژی و میزان نقش‌آفرینی آن در زندگی روزمره بشر، موجب کاهش آلودگی شود. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) به عنوان یکی از عوامل محرک رشد اقتصادی، باعث تخریب محیط‌زیست در اکثر کشورهای میزبان شده است (فرضیه پناهگاه آلودگی). با توجه به اهمیت کیفیت محیط‌زیست و درهم‌آمیختگی زندگی بشر با فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، این مطالعه جهت بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی‌اکسید کربن (CO<sub>2</sub>) به عنوان شاخصی برای کیفیت محیط‌زیست در کشورهای عضو اوپک طی دوره ۲۰۱۹ - ۲۰۰۸ با روش گشتاورهای تعمیم‌یافته انجام گرفته است. نتایج برآورد بیانگر وجود رابطه U بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی‌اکسید کربن است. همچنین تأییدی بر فرضیه آلودگی زیست محیطی سرمایه‌گذاری خارجی برای کشورهای میزبان است. با توجه به شکل‌گیری دهکده جهانی، انتظار بر این است که دولت‌ها به عنوان حامی سلامت جامعه، با اعمال قوانین مدافع تولید پاک و نظارت دقیق بر آن، سرمایه‌گذاری خارجی را به سمت استفاده از انرژی پاک و دوستدار محیط زیست هدایت کنند.

**واژگان کلیدی:** فناوری اطلاعات و ارتباطات، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)، انتشار CO<sub>2</sub>، اوپک،

روش گشتاورهای تعمیم‌یافته.

**طبقه‌بندی موضوعی:** C23, O32, Q43, Q51

۱. کد DOI مقاله: 10.22051/IEDA.2023.42848.1347

۲. کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران، ساری، ایران. (fatemeh.s.arianfar@gmail.com)

۳. استاد، دانشگاه مازندران، ساری، ایران. (نویسنده مسئول). (z.elmi@umz.ac.ir)

۴. استادیار، گروه علوم اقتصادی، دانشگاه مازندران، ساری، ایران. (y.eisazadeh@umz.ac.ir)

## مقدمه<sup>۱</sup>

عصر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) از اوایل دهه ۱۹۹۰ آغاز شد و به تدریج زندگی بشر را دستخوش تغییرات اساسی قرار داد. فناوری اطلاعات و ارتباطات به عنوان ابزاری جدید با امکان تغییر در آینده با تأثیر گذاری بر فعالیتهای اقتصادی مانند تجارت و سرمایه گذاری خارجی، نزدیک تر کردن فرهنگها و جوامع، و حذف مرزهای جغرافیایی ظاهر شد (احمد و لی، ۲۰۲۱). اگرچه تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات به پیشرفت اقتصادی کشور محدود نمی شود، اما انقلاب فناوری و توسعه زیرساخت های عظیم در بخش اطلاعات و فناوری می تواند بر پایداری زیست محیطی از نظر استفاده، هزینه و اثرات جایگزینی تأثیر بگذارد. در درجه اول، توسعه زیرساخت ها در فناوری اطلاعات و ارتباطات، ماشین ها و انواع تجهیزات مختلف را در بر می گیرد، که مصرف انرژی را در طول عملکرد خود تشویق می کند و منجر به افزایش انتشار CO<sub>2</sub> می شود (چن و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۹). نصب، توزیع و تولید و توسعه ICT مواد زائد و سمومی را منتشر می کند که تخریب محیط زیست را افزایش می دهد (پارک و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۸).

امروزه یکی از تهدیدهای مهم جهان تغییرات آب و هوایی اقلیم است. افزایش دمای کره زمین، تغییر در الگوهای بارش، از بین رفتن یخ دریا و کوچک شدن یخچال های طبیعی، تهدید قریب الوقوعی را برای جهان به تصویر می کشد. بر اساس گزارش سازگاری و تاب آوری با تغییرات اقلیمی بانک جهانی<sup>۵</sup> در سال ۲۰۱۹، تغییرات آب و هوایی یا به عبارتی تغییرات اقلیم ۳۲۰ میلیارد دلار ضرر به دنیا وارد کرد که بیشترین خسارت آن برای کشورهای با درآمد پایین و متوسط ثبت گردید. این گزارش هم چنین پیش بینی می کند که تغییرات اقلیمی بیش از ۱۰۰ میلیون نفر را تا سال ۲۰۳۰ به فقر سوق خواهد داد. علاوه بر این، تغییرات آب و هوایی باعث خواهد شد که بیش از ۱۴۳ میلیون نفر تا سال ۲۰۵۰ مهاجر آب و هوا شوند. در نهایت، این گزارش بر نیاز به کاهش انتشار کربن در جهان به عنوان عامل مهم این تغییرات اقلیمی تأکید دارد. با این حال، انتشار دی اکسید کربن در سطح جهان در حال افزایش است. به عنوان مثال، با توجه به بانک داده های شاخص های توسعه جهانی (WDI) انتشار CO<sub>2</sub> جهانی از ۹٫۵ میلیون تن متریک در سال ۱۹۶۰ به ۳۴ میلیون متریک تن در سال ۲۰۱۸ افزایش یافت.

فناوری اطلاعات و ارتباطات، یکی از عوامل مهم در متحول نمودن حیات انسان طی دهه های اخیر بوده است و تقریباً نمی توان بخشی از زندگی امروز بشر (به صورت مستقیم یا غیرمستقیم) را یافت که از قابلیت های این فناوری بهره مند نشده باشد. بخش قابل توجهی از رشد و توسعه اقتصادی کشورها به ویژه کشورهای توسعه یافته طی دهه اخیر در سایه استفاده مطلوب از قابلیت های این فناوری و فرصت های ایجاد

۱. این مقاله بر گرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه مازندران با عنوان " نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط زیست کشورهای عضو اوپک " به راهنمایی دکتر زهرا میلا علمی است.

2. Ahmed & Le

3. Chen *et al.*

4. Park *et al.*

5. <http://documents1.worldbank.org>



شده از آن حاصل شده است (پروین شعار گنگچین، ۱۳۹۳). فناوری اطلاعات و ارتباطات در محیط اجتماعی و کسب و کار امروزی ضروری است. کاهش سریع هزینه ICT سرمایه‌گذاری عظیم بر روی ICT را تسهیل کرده، بازسازی اقتصادی را القا کرده و بخشی از زندگی روزمره ما شده است. فناوری اطلاعات و ارتباطات توانسته رشد اقتصادی، آموزش، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، توسعه مالی، حکمرانی خوب، تجارت و مصرف انرژی را تسهیل کند. علیرغم این تسهیلات، اثرات زیست‌محیطی ICT در مطالعات مورد توجه دانشگاهیان و سیاست‌گذاران شتاب بیشتری یافته است (آپیا اوتو و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۲۲).

طبق مطالعه هیگون و همکاران<sup>۲</sup>، (۲۰۱۷) فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌تواند سه اثر اصلی بر محیط زیست داشته باشد. (الف) اثر جایگزینی<sup>۳</sup>، (ب) اثر استفاده<sup>۴</sup>، و (ج) اثر هزینه<sup>۵</sup>. اثر جایگزینی استدلال می‌کند که ICT ها کیفیت محیطی را بهبود می‌بخشد. بنابراین، فناوری اطلاعات و ارتباطات، ایمیل‌ها، کتاب‌های الکترونیکی، سیستم‌های حمل و نقل هوشمند، سیستم‌های اقتصادی اشتراک‌گذاری (ماشین‌های مشترک، دوچرخه و پاوربانک)، دوربین‌های کنترل ترافیک، شهرهای هوشمند، دولت الکترونیک، تجارت الکترونیک، آموزش آنلاین را هدایت کرده‌اند، در نتیجه مصرف انرژی و انتشار CO<sub>2</sub> را کاهش می‌دهند. برعکس، فناوری اطلاعات و ارتباطات از طریق اثر استفاده و اثر هزینه، محیط را آلوده می‌کنند. مصرف انرژی از طریق تولید، پردازش، توزیع و تثبیت ابزارهای فناوری اطلاعات و ارتباطات افزایش می‌یابد که به معنای افزایش انتشار CO<sub>2</sub> است. همچنین، مصرف سریع فناوری اطلاعات و ارتباطات، قیمت کالاها و خدمات را کاهش می‌دهد و در نتیجه تقاضای محصول، مصرف انرژی و انتشار CO<sub>2</sub> را افزایش می‌دهد. با توجه به این نظریه‌های متضاد در مورد تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیطی، ادبیات انتشارات فناوری اطلاعات و ارتباطات نیز یافته‌های ناهمگنی را ایجاد کرده است. به عنوان مثال، برخی از محققان معتقدند که فناوری اطلاعات و ارتباطات، کیفیت محیطی را بهبود می‌بخشد، در حالی که برخی دیگر اظهار می‌دارند که فناوری اطلاعات و ارتباطات، محیط‌زیست را تخریب می‌کند. این یافته‌های متناقض می‌تواند نشان دهد که تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار CO<sub>2</sub> می‌تواند به کیفیت ICT بستگی دارد.

به‌طور خلاصه، بهره‌گیری از قابلیت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات در عرصه‌های مختلف بدون شک تبعات قابل توجهی (مثبت یا منفی) در حوزه محیط‌زیست نیز از خود به جای گذاشته و می‌گذارد و این موضوع با توجه به نقش و اهمیت محیط‌زیست، به ویژه طی دهه‌های اخیر می‌تواند به صورت خاص مورد توجه قرار گیرد. بنابراین، به نظر می‌رسد مطالعه و بررسی تبعات به کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط‌زیست در کشورهای مختلف با سطوح توسعه‌یافتگی متفاوت، می‌تواند دستاوردهای جدیدی را به ویژه برای سیاست‌گذاران به همراه داشته باشد.

1. Appiah-Otoo *et al.*
2. Higón *et al.*
3. Substitution Effect
4. Use Effect
5. Cost Effect

از دیگر عوامل مهم مؤثر بر آلودگی محیط زیست، سرمایه گذاری خارجی است. با شتاب جهانی شدن اقتصاد، جریان سرمایه بین المللی، به ویژه سرمایه گذاری مستقیم خارجی (FDI) بیشتر شده است. اما نحوه اثر گذاری سرمایه گذاری مستقیم خارجی بر کیفیت زیست محیطی به ویژه در کشورهای در حال توسعه مبهم است.

سرمایه گذاری مستقیم خارجی به عنوان یکی از مهمترین فعالیت های اقتصاد بین المللی، نقش حیاتی در توسعه اقتصادی و زیست محیطی ایفا کرده است که همواره موضوع داغ مطالعات قبلی بوده است. افزایش ورودی FDI ممکن است با تغییرات آب و هوایی جهانی مرتبط باشد. از این رو، برخی از مطالعات پیشین به بررسی تأثیرات ورودی FDI بر انتشار کربن توجه کرده اند. با این حال، بسیاری از مطالعات موجود، ارتباط متناقضی بین جریان ورودی FDI و آلودگی محیط زیست را ادعا کرده اند. از یک طرف، همانطور که فرضیه پناهگاه آلودگی نشان می دهد، جریان های سرمایه گذاری مستقیم خارجی ممکن است تخریب محیط زیست را تشدید کند. این فرضیه بیان می کند که شرکت ها در صنایع فشرده آلاینده به احتمال زیاد در کشورها یا مناطقی با استانداردهای زیست محیطی نسبتاً پایین مستقر هستند که ممکن است منجر به سطوح بیش از حد یا کمتر از حد مطلوب آلودگی شود. چندین مطالعه شواهدی را برای حمایت از اثر پناهگاه آلودگی ارائه می کنند و دریافته اند که جریان سرمایه گذاری مستقیم خارجی باعث تشدید انتشار کربن می شود (کول<sup>۱</sup>، ۲۰۰۴؛ کول و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۱؛ رحمان و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۹). استرن<sup>۴</sup> (۲۰۰۰) معتقد است که سرمایه گذاری مستقیم خارجی به علت اثر گذاری بر رشد اقتصادی می تواند بر کیفیت زیست محیطی اثر بگذارد. آنها با تأکید بر فرضیه زیست محیطی کوزنتس که بیانگر رابطه U معکوس بین رشد اقتصادی و کیفیت زیست محیطی است، استدلال می کنند کشورهای در حال توسعه که هنوز در نیمه چپ این منحنی قرار دارند، با افزایش میزان سرمایه گذاری مستقیم خارجی که به رشد اقتصادی آنها کمک می کند، وضعیت زیست محیطی خود را بدتر می کنند. برخی دیگر از محققان به استناد فرضیه پناهگاه آلودگی نتیجه می گیرند که ورود سرمایه گذاری مستقیم خارجی به کشورهای در حال توسعه منجر به افزایش آلودگی و تخریب محیط زیست می شود. زیرا کشورهای توسعه یافته، به ویژه آنها که در صنایع آلاینده فعالیت دارند، عمدتاً تمایل دارند این نوع از صنایع را به کشورهای گسیل دارند که استانداردهای زیست محیطی ضعیف تری در آنها برقرار است. نتیجه این نوع سرمایه گذاری افزایش آلودگی زیست محیطی در کشور میزبان است (به نقل از فهیمی فرد، ۱۳۹۹).

از سوی دیگر، جریان سرمایه گذاری مستقیم خارجی می تواند با انتقال فناوری های نوآورانه، ارتقای توسعه مالی و بهبود مدیریت به کشورهای میزبان خود کمک کند (نایر-ریچرت و واینهولد<sup>۵</sup>، ۲۰۰۱؛ بوز و

1. Cole
2. Cole *et al.*
3. Rahman *et al.*
4. Stern
5. Nair-Reichert & Weinhold



کوهلی<sup>۱</sup>، (۲۰۱۸). در واقع به شرکت‌ها اجازه می‌دهد محصولات و فناوری‌های سازگار با محیط‌زیست را اتخاذ کنند، در نتیجه به کاهش انتشار کربن و افزایش کیفیت محیطی کمک کنند (زنگ و ایستین<sup>۲</sup>، ۲۰۱۲). علاوه بر این، مطالعاتی نیز نشان می‌دهند که یک رابطه غیرخطی بین ورودی FDI و انتشار کربن وجود دارد (شهباز و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۵؛ الشوبیری و الهداد<sup>۴</sup>، ۲۰۱۹). جریان ورودی FDI ممکن است در ابتدا انتشار کربن را افزایش دهد، اما پس از یک نقطه آستانه، افزایش ورودی FDI باعث کاهش انتشار کربن خواهد شد.

بنابراین با توجه به دیدگاه‌های متفاوت در خصوص تأثیر ICT و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر عملکرد زیست محیطی کشورهای در حال توسعه، در این مطالعه ضمن آزمون فرضیه U معکوس بین ICT و انتشار آلودگی، به فرضیه پناهگاه آلودگی در کشورهای منتخب اوپک (براساس حداکثر داده) با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم یافته پرداخته می‌شود. برای این منظور در بخش دوم مطالعه، ادبیات موضوع و پیشینه تحقیقات مرتبط با موضوع تحقیق ارائه می‌گردد. در بخش سوم ضمن ارائه الگوی تحقیق، توصیف داده‌ها ارائه می‌شود. سپس نتایج تخمین الگو به روش گشتاورهای تعمیم یافته تفسیر می‌گردد. پایان بخش این مقاله جمع‌بندی و ارائه پیشنهاد است.

#### ادبیات نظری تحقیق

دی‌اکسیدکربن رایج‌ترین گاز گلخانه‌ای است و حدود ۷۶ درصد از گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد. بزرگ‌ترین گاز گلخانه‌ای بعدی متان است و پس از آن اکسیدهای نیتروژن و گازهای فلئوئوردار آزاد شده توسط فرآیندهای صنعتی قرار دارند. بیشتر دی‌اکسیدکربن (۹۰ درصد)، از سوزاندن سوخت‌های فسیلی، یعنی زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی به دست می‌آید. نیروگاه‌های زغال سنگ و گاز طبیعی برق تولید می‌کنند. محصولات مبتنی بر نفت مانند بنزین، سوخت دیزل و سوخت هوانوردی بیشترین انرژی مورد استفاده در حمل و نقل را تأمین می‌کنند. صنعت هم‌چنین از سوخت فسیلی برای تولید برق و گرمای مورد نیاز فرآیندهای صنعتی استفاده می‌کند. ساختمان‌های مسکونی و تجاری از برق برای تهیه مطبوع و روشنایی و از نفت و گاز طبیعی برای گرمایش استفاده می‌کنند. تغییرات کاربری زمین و تخریب جنگل‌ها برای پاکسازی زمین برای محصولات کشاورزی و حیوانات، منبع دیگری از دی‌اکسیدکربن است. درختان و سایر مواد گیاهی دی‌اکسید کربن را به عنوان بخشی از فتوسنتز جذب می‌کنند و به‌طور طبیعی دی‌اکسیدکربن را از جو حذف می‌کنند. هنگامی که جنگل‌ها نابود می‌شوند، باید دی‌اکسیدکربن بیشتری در جو باقی بماند یا توسط اقیانوس‌ها جذب شود.

1. Bose & Kohli
2. Zeng & Eastin
3. Shahbaz *et al.*
4. Alshubiri & Elheddad

از شروع قرن جدید، رابطه بین عوامل اقتصادی و عوامل غیراقتصادی با انتشار دی اکسیدکربن به طور چشمگیری مورد تجزیه و تحلیل تجربی قرار گرفته است. از دیدگاه عوامل اقتصادی، عوامل موثر بر انتشار CO<sub>2</sub> عبارتند از رشد اقتصادی، توسعه مالی، جهانی شدن، سرمایه‌گذاری خارجی و غیره. از دیدگاه عوامل غیراقتصادی، عواملی که بر انتشار CO<sub>2</sub> تأثیر می‌گذارند عبارتند از انرژی، گردشگری، فناوری اطلاعات و ارتباطات و غیره (چی و منگ<sup>۱</sup>، ۲۰۲۳).

فناوری اطلاعات و ارتباطات یکی از عوامل مهم غیراقتصادی موثر بر محیط‌زیست است. تأثیر ICT بر محیط زیست بحث برانگیز است. زوال محیط ناشی از ICT عمدتاً در سه جنبه منعکس شده است. اول، کاربرد ICT مانند تلفن‌های همراه، مراکز داده و شبکه‌های هوشمند، نیاز به انرژی زیادی دارد. دوم، تولید زیاله‌های الکترونیکی است و سوم، ICT می‌تواند بهره‌وری عوامل اقتصادی را افزایش دهد، رشد اقتصادی را ترویج کند، انرژی زیادی مصرف کند و به این ترتیب محیط‌زیست را تخریب کند. هرچند برخی از محققان بر این باورند که ICT ممکن است محیط زیست را بهبود ببخشد، مانند معرفی فناوری صرفه‌جویی در انرژی و کاهش انتشار، و شبکه‌های سبز (لنرفورس و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۵؛ دنیش<sup>۳</sup>، ۲۰۱۹).

ادبیات موجود در مورد اثرات زیست محیطی ICT از یافته‌های ترکیبی تشکیل شده است. اکثر این مطالعات رابطه مستقیم بین ICT و CO<sub>2</sub> را بررسی می‌کنند. یافته‌ها به منطقه و سطح درآمد کشورها بستگی دارد. تخمین‌ها نشان می‌دهد که رابطه می‌تواند به طور یکنواخت افزایشی، یکنواخت کاهش‌ی یا غیرخطی باشد (آووم و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۲۰؛ گودیل و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۲۰؛ فیصل و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۲۰).

فناوری اطلاعات و ارتباطات اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر محیط‌زیست دارد. اثرات زیست‌محیطی مستقیم ICT شامل منابع مورد استفاده و انتشارات ناشی از تولید، استفاده و دفع سخت افزار ICT است. اثرات غیرمستقیم محیطی فناوری اطلاعات و ارتباطات، تغییرات ناشی از فناوری اطلاعات و ارتباطات در الگوهای مصرف و تولید، هم‌چنین در حوزه‌هایی غیر از فناوری اطلاعات و ارتباطات و پیامدهای زیست‌محیطی این تغییرات است (پوری و هیلتی<sup>۷</sup>، ۲۰۱۸؛ هیلتی و ایبیش<sup>۸</sup>، ۲۰۱۵). مطالعاتی که اثرات غیرمستقیم را ارزیابی می‌کنند اغلب به این نتیجه می‌رسند که ICT از منظر زیست محیطی مطلوب هستند (مانند کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) و در مجموع به وضوح بزرگتر از اثرات مستقیم آن هستند (بیزر و هیلتی<sup>۹</sup>، ۲۰۱۸؛ پاملین و سومولانی<sup>۱۰</sup>، ۲۰۰۷).

1. Chi & Meng
2. Lennerfors *et al.*
3. Danish
4. Avom *et al.*
5. Godil *et al.*
6. Faisal *et al.*
7. Pouri & Hilty
8. Hilty & Aebischer
9. Bieser & Hilty
10. Pamlin & Szomolányi





افزایش تقاضای انرژی دستگاه‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) توجه محققان و سیاست‌گذاران را به خود جلب کرده است. با توجه به اینکه دستگاه‌های ICT تقریباً در تمام بخش‌های اقتصاد استفاده می‌شوند، هر تلاشی برای کاهش تغییرات آب و هوایی باید ردپای کربن بخش ICT را در نظر بگیرد. انتشار از بخش ICT اثرات مستقیم و انتشار از بخش‌های دیگر با استفاده از ICT اثرات غیرمستقیم هستند. اثرات غیرمستقیم فناوری اطلاعات و ارتباطات، الگوهای تولید و مصرف را در حوزه‌هایی غیر از فناوری اطلاعات و ارتباطات تغییر می‌دهد و پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از آن را نشان می‌دهد (همان منبع).

اثرات مستقیم ICT بر محیط‌زیست و همچنین اثرات غیرمستقیم از طریق تعامل با انرژی‌های تجدیدپذیر، نوآوری، تجارت و توسعه مالی توسط هالدار و ستی<sup>۱</sup>، (۲۰۲۲) برای ۱۶ کشور نوظهور از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ بررسی شد. طبق این مطالعه، افزایش استفاده از اینترنت، مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجارت، انتشار CO<sub>2</sub> را کاهش می‌دهد، در حالی که افزایش مصرف انرژی تجدید ناپذیر، انتشار CO<sub>2</sub> را افزایش می‌دهد. تعامل بین نوآوری و استفاده از اینترنت به طور مشترک انتشار CO<sub>2</sub> را کاهش می‌دهد. به طور مشابه، انرژی‌های تجدیدپذیر، نوآوری، تجارت و توسعه مالی انتشار CO<sub>2</sub> ناشی از افزایش استفاده از موبایل را کاهش می‌دهند. فرضیه EKC برای استفاده از اینترنت و موبایل وجود دارد.

سرمایه‌گذاری خارجی یکی از عوامل اقتصادی مهم موثر بر زیست بوم کشورهای مقصد سرمایه‌گذاری باشد. طبق شهباز و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۸) جهانی شدن باعث کاهش انتشار کربن برای کشورهای توسعه‌یافته و افزایش انتشار کربن برای کشورهای نوظهور خواهد شد. این امر ممکن است مربوط به کاربرد فناوری سبز باشد. طبق نتایج این بررسی اکثر کشورها سعی می‌کنند صنعتی شدن خود را با جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و با تکیه بر تجارت خارجی، مصرف منابع انرژی سنتی به حد افراطی برای ترویج رشد سریع اقتصادی انجام دهند. این اقدامات به ناچار کیفیت زیست محیطی کل کشور را تحت تاثیر قرار داده و منجر به تخریب محیط‌زیست می‌شود. تاثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار کربن در کشورهای توسعه‌یافته یا کشورهای در حال توسعه مشابه تحقیقات در مورد تاثیر ICT بر انتشار کربن است.

از نظر تئوری، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) بر محیط‌زیست می‌تواند دو اثر احتمالی داشته باشد. این اثر می‌تواند منفی باشد، به این معنا که افزایش جریان ورودی FDI می‌تواند منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای شود. این مطابق با پناهگاه آلودگی<sup>۳</sup> (PHH) است که استدلال می‌کند که تولید "کشیف" می‌تواند همراه با سرمایه خارجی به ویژه در کشورهای در حال توسعه باشد. دو دلیل اصلی در رابطه با PHH وجود دارد. اول، رقابت شدید بین کشورهای در حال توسعه برای جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی ممکن است منجر به کاهش استانداردهای زیست‌محیطی برای شرکت‌های خارجی شود، بنابراین شرکت‌های کشورهای توسعه‌یافته را تشویق

1. Haldar & Sethi
2. Shahbaz *et al.*
3. Pollution Haven Hypothesis (PHH)



می‌کند تا تولیدات خود را با آلودگی شدید به کشورهای در حال توسعه منتقل کنند (گلوب و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۱). دوم، افزایش هزینه‌های کاهش آلودگی در بخش‌های خاص در کشورهای توسعه‌یافته، فعالیت‌های افزایش آلودگی را در کشورهای توسعه‌یافته پرهزینه می‌کند (اسکلند و هریسون<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳). به عنوان مثال، اسکلند و هریسون به مواردی اشاره می‌کنند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی آمریکا به سمت صنایعی که با هزینه‌های کاهش آلودگی بالایی در داخل مواجه هستند، منحرف شده است.

برخلاف نظریه پناهگاه آلودگی، تأثیر FDI بر محیط زیست می‌تواند مثبت باشد. به این ترتیب، افزایش FDI منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. که در تئوری، به عنوان فرضیه هاله آلودگی شناخته می‌شود. اثر هاله با این فرض است که شرکت‌های خارجی از نظر انرژی کارآمدتر هستند و در مقایسه با شرکت‌های داخلی از فرآیندهای تولید پاک‌تری استفاده می‌کنند. حتی اگر FDI از تمیزترین فناوری استفاده نکند، احتمال استفاده از ف

ناوری پاک‌تر از فناوری‌های موجود توسط شرکت‌های داخلی در کشورهای در حال توسعه بیشتر است. علاوه بر این، از طریق سرریزهای فناوری، این احتمال وجود دارد که شرکت‌های خارجی فناوری‌های سبز خود را به شرکت‌های محلی منتقل کنند و در نتیجه منجر به کاهش کلی در انتشار گازهای گلخانه‌ای شوند. از طریق FDI، این امکان وجود دارد که فناوری‌ها و شیوه‌های دوستدار محیط زیست یا سبز به کشورهای در حال توسعه منتقل شوند (گلوب و همکاران، ۲۰۱۱). از نظر تجربی، این فرضیه در بسیاری از مطالعات پشتیبانی شده است. به عنوان مثال اسکلند و هریسون، (۲۰۰۳) دریافتند که سرمایه‌گذاری خارجی ایالات متحده در کشورهای در حال توسعه از نظر انرژی کارآمدتر است و در مقایسه با هم‌تایان محلی خود به طور قابل توجهی از انرژی پاک استفاده می‌کند.

## مروری بر ادبیات پژوهش از دیدگاه تجربی

### پژوهش‌های داخلی

سعدی‌پور، (۱۳۹۰) در پایان‌نامه خود، اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر میزان انتشار CO<sub>2</sub> را برای ۲۶ کشور در حال توسعه و ۲۶ کشور منتخب OECD با استفاده از مدل منحنی زیست محیطی کوزنتس و روش داده‌های تابلویی و طی دوره زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۸ بررسی کرده است. براساس نتایج این تحقیق، تولید ناخالص داخلی سرانه و تعداد خطوط تلفن ثابت در هر دو گروه از کشورها اثر مثبت و معناداری بر انتشار CO<sub>2</sub> داشته است، اما اثر درجه باز بودن اقتصاد بر انتشار CO<sub>2</sub> در کشورهای OECD منفی ولی در کشورهای در حال توسعه مثبت و معنی‌دار است.

فلاحی و همکاران، (۱۳۹۱) به بررسی اثرات تکنولوژی ارتباطات و اطلاعات بر کیفیت محیط زیست ایران با استفاده از روش هم‌انباشستگی ARDL در دوره زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۸ پرداخته‌اند. نتایج به دست

1. Golub *et al.*
2. Eskeland & Harrison

آمده نشان دهنده تأثیر مثبت خطوط تلفن ثابت و همراه و همچنین مخارج دولت در حوزه ICT بر کیفیت محیط زیست است، در حالی که با افزایش کاربران اینترنت، کیفیت محیط زیست کاهش می‌یابد.

علوی‌پور و همکاران، (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای به بررسی آماری استفاده کشورها از فناوری اینترنت در موارد مختلف پرداختند و سپس با روش تجزیه و تحلیل نقاط قوت و ضعف، فرصت‌ها، تهدیدها، آثار این فناوری بر توسعه پایدار محیط‌زیست را بررسی کردند. نتایج نشان داد که این آثار هم به صورت مثبت و هم به صورت منفی وجود دارند. به عنوان مثال امکان پایش محیط‌زیست، ایجاد سیستم‌های شبکه‌ای هوشمند، امکان داندود دیجیتال جهت کاهش کالای فیزیکی سنتی و تغییرات سبک زندگی (مصرف‌گرایی سبز) از آثار مثبت است و مصرف بالای انرژی تجهیزات هاستینگ فناوری ارتباطات و اطلاعات مراکز داده، پسماندهای الکترونیک، انتشار امواج مضر از آثار منفی استفاده از فاوا در روند توسعه پایدار است. به طور کلی استفاده درست از فناوری اطلاعات و ارتباطات باعث ارتقای ظرفیت مدیریت و برنامه‌ریزی محیط زیست، مدیریت بحران‌های طبیعی، افزایش بهره‌وری انرژی در مقیاس جهانی و ظهور «اقتصادسبز» به عنوان یک موتور جدید رشد اقتصاد در سراسر جهان می‌شود.

مرادحاصل و مزینی، (۱۳۹۲) به بررسی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط‌زیست به تفکیک در دو گروه از کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه (از جمله ایران) برای دوره زمانی ۲۰۰۵ - ۱۹۹۰ با استفاده از روش داده‌های تابلویی پرداختند. نتایج حکایت از آن دارد که هم‌زمان با افزایش شدت آلودگی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی، فناوری اطلاعات و ارتباطات توانسته در کشورهای توسعه‌یافته روند فزاینده انباشت آلودگی را تعدیل نماید و از این مجرا کیفیت محیط‌زیست بهبود یابد. اما این موضوع در کشورهای در حال توسعه چندان محسوس نیست. به نظر می‌رسد، تفاوت موجود میان کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه در زمینه نهادینه شدن استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات در این رابطه نقش به‌سزایی ایفا می‌نماید.

قاسمی‌نژاد، (۱۳۹۵) در پایان‌نامه خود اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار دی‌اکسیدکربن را در کشورهای منتخب (نمونه‌ای متشکل از ۳۰ کشور در حال توسعه و ۱۹ کشور توسعه‌یافته) در فاصله سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ با استفاده از مدل IPAT<sup>۱</sup> بررسی کرده است. نتایج مطالعه حاکی از یک رابطه بلندمدت بین انتشار دی‌اکسیدکربن و متغیرهای مستقل بوده و اینکه اثر فناوری اطلاعات بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای توسعه‌یافته منفی و در حال توسعه مثبت است.

بیرامی اصل تکانلو، (۱۳۹۶) در پایان‌نامه خود به مقایسه تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر آلودگی محیط‌زیست در کشورهای D8 و G7 با استفاده از داده‌های پانل و با بهره‌گیری از منحنی زیست‌محیطی کوزنتس طی دوره ۲۰۱۵-۱۹۹۵ پرداخته است. طبق نتایج بدست آمده رشد اقتصادی و گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشورهای گروه G7 باعث کاهش آلودگی و در کشورهای گروه D8 باعث افزایش آلودگی می‌شود.

جعفری پرویزخانلو و همکاران، (۱۴۰۰) به بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات و رشد اقتصادی بر انتشار دی اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس در طول دوره زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۰ با استفاده از روش داده‌های تابلویی پرداختند. بر اساس نتایج، فناوری اطلاعات و ارتباطات تأثیر مستقیم و مجذور آن تأثیر منفی بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس داشته است.

در مطالعه مشابهی و همکاران، (۱۴۰۰) تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر بهره‌وری سبز در ایران با استفاده از آزمون همجمعی جوهانسون- جوسیلوس در بازه زمانی ۱۳۵۹-۱۳۹۲ مورد بررسی قرار گرفته است. یافته‌ها نشان‌دهنده تأثیر مثبت شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات و تأثیر منفی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر شاخص بهره‌وری سبز در ایران بوده است. همچنین الگوی تصحیح خطای برداری نشان‌دهنده کندی روند تعدیل از عدم تعادل به سمت تعادل است.

هاشمی‌دیزج و همکاران، (۱۴۰۱) تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در انرژی‌های تجدیدپذیر و ناپذیر را بر تخریب محیط زیست با بررسی فرضیه پناهگاه آلودگی در کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی در طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۹ بررسی نمودند. به این منظور از آزمون ARDL PMG برای بدست آوردن روابط بلندمدت و کوتاه‌مدت بین متغیرهای پژوهش و همچنین آزمون علیت گرنجر برای بررسی رابطه علیت بین متغیرها استفاده نمودند. بر اساس نتایج این مطالعه، افزایش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در بخش انرژی‌های تجدیدناپذیر و رشد اقتصادی همراه با میزان تحصیلات و اندازه جمعیت، از فرضیه پناهگاه آلودگی حمایت می‌کند اما سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی فرضیه هاله آلودگی را رد می‌کند.

### پژوهش‌های خارجی

مطالعه‌ای با عنوان منحنی کوزنتس زیست محیطی اصلاح شده برای ارزیابی توسعه پایدار توسط کوستانتینی و مارتینی<sup>۱</sup>، (۲۰۰۶) با استفاده از داده‌های تابلویی برای طیف گسترده‌ای از کشورها (از جمله کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه) انجام گردید. در این مطالعه اثر تعداد خطوط اینترنت، تلفن ثابت و همراه به ازای هر ۱۰۰۰ نفر را بر انتشار آلاینده‌های مختلف مورد بررسی قرار داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که شاخص‌های ICT تأثیر مثبت بر انتشار آلاینده‌های مختلف از جمله CO<sub>2</sub> داشته است.

در پژوهشی یی و توماس<sup>۲</sup>، (۲۰۰۷) به بررسی کلیه تحقیقات انجام شده در دسترس (شامل مقاله، پروژه تحقیقاتی، پایان نامه و ...) در زمینه اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات و کسب و کار الکترونیکی بر محیط‌زیست پرداختند. آنها بر اساس تحقیقات خود نتیجه گرفتند که با توجه به مطالعات انجام شده، کماکان قضاوت درست در خصوص اثر استفاده از فاوا بر پایداری محیط‌زیست امکان‌پذیر نیست و این مسئله نیازمند مطالعات و روش‌های جدیدی است.

1. Costantini & Martini  
2. Yi & Thomas



لی و آنگر،<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) برای دوره زمانی ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۰ در مطالعه‌ای به بررسی فناوری اطلاعات و ارتباطات، رشد اقتصادی، و سطوح انتشار کربن در کره جنوبی پرداختند. روابط تعادلی بلندمدت با استفاده از تکنیک‌های هم‌انباشتگی و علیت گرنجر با مدل‌های تصحیح خطای برداری بررسی گردید. نتایج بررسی نشان می‌دهد فناوری اطلاعات و ارتباطات اثرات مثبت قابل توجهی بر رشد اقتصادی و اثر حاشیه‌ای بر انتشار کربن نشان می‌دهد. انتشار کربن رابطه معکوس با رشد اقتصادی دارد و رشد اقتصادی تأثیر قابل توجهی بر انتشار کربن در کره جنوبی ندارد.

روابط بین فناوری ارتباطات و اطلاعات، انتشار دی‌اکسید کربن و رشد اقتصادی از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۹ برای ۹ عضو از کشورهای جنوب شرقی آسیا با استفاده از روش‌های تخمین رگرسیون هم‌انباشته توسط لی و برهمناسن<sup>۲</sup> (۲۰۱۴) بررسی گردید. نتایج آزمون نشان می‌دهد که یک رابطه تعادلی بلندمدت بین این متغیرها وجود دارد. در میان این روابط، ICT اثرات مثبت قابل توجهی را بر رشد اقتصادی و انتشار CO<sub>2</sub> نشان می‌دهد.

رابطه بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و پایداری محیطی توسط هیگون و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۷) مورد مطالعه قرار گرفت. او از داده‌های تابلویی متشکل از ۱۴۲ کشور (شامل ۱۱۶ کشور در حال توسعه و ۲۶ کشور توسعه یافته)، در دوره ۱۹۹۵-۲۰۱۰ استفاده نمود. نتایج مطالعه تجربی تایید می‌کند که رابطه بین ICT و انتشار CO<sub>2</sub> یک رابطه U شکل معکوس است. علاوه بر این، در حالی که برای نمونه کشورهای در حال توسعه، نقطه عطف ICT بسیار بالاتر از مقدار میانگین است، عکس این موضوع برای نمونه کشورهای توسعه یافته صادق است. این نتیجه نشان می‌دهد انتشار CO<sub>2</sub> در بسیاری از کشورهای توسعه یافته، با بهبود بیشتر سطح توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات کاهش می‌یابد.

مطالعه‌ای تحت عنوان "بررسی تاثیرات زیست محیطی سرمایه گذاری مستقیم خارجی" توسط کیلیچارسلان و دامرول<sup>۴</sup> (۲۰۱۷) انجام شد. این مطالعه رابطه بین سرمایه گذاری مستقیم خارجی و آلودگی را با استفاده از آزمون هم‌انباشتگی جوهانسن و مدل تصحیح خطای برداری در ترکیه برای دوره ۱۹۷۴-۲۰۱۳ بررسی می‌کند. نتیجه گیری اصلی از مطالعه این است که سرمایه گذاری مستقیم خارجی به طور مثبت بر انتشار دی اکسید کربن در دراز مدت تأثیر می‌گذارد. نتایج حاکی از اعتبار فرضیه پناهگاه آلودگی در ترکیه است.

در پژوهشی رابطه بین ICT، رشد اقتصادی، توسعه مالی و کیفیت محیطی در اقتصادهای نوظهور توسط خان و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۸) بررسی گردید. نتایج حاصل حاکی از آن است که ICT به طور قابل توجهی بر انتشار CO<sub>2</sub> تأثیر می‌گذارد، اثر تعدیل کننده فناوری اطلاعات و ارتباطات و توسعه مالی، سطح انتشار CO<sub>2</sub> را تحریک می‌کند و رشد اقتصادی به انتشار CO<sub>2</sub> کمک می‌کند. با این حال، تعامل بین ICT و GDP سطح آلودگی را کاهش می‌دهد.

1. Lee & Unger
2. Lee & Brahmašrene
3. Higón *et al.*
4. Kılıçarslan & Dumrul
5. Khan *et al.*

آسونگو و همکاران<sup>۱</sup>، (۲۰۱۸) توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات برای پایداری زیست محیطی در جنوب صحرای آفریقا را مورد مطالعه قرار دادند. این مطالعه بررسی می کند که چگونه افزایش نفوذ ICT در جنوب صحرای آفریقا می تواند با کاهش انتشار CO<sub>2</sub> به پایداری محیط زیست کمک کند. شواهد تجربی برآورد مدل با روش گشتاورهای تعمیم یافته و براساس داده های ۴۴ کشور در دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۲ بدست آمده است. ICT با ضریب نفوذ اینترنت و نفوذ تلفن همراه اندازه گیری گردید، در حالی که از انتشار CO<sub>2</sub> سرانه و انتشار CO<sub>2</sub> ناشی از مصرف سوخت مایع به عنوان نماینده ای برای تخریب محیط زیست استفاده نمودند. طبق نتایج، افزایش ICT اثر مثبتی بر انتشار سرانه CO<sub>2</sub> دارد در حالی که افزایش نفوذ تلفن همراه به تنهایی اثری منفی بر انتشار CO<sub>2</sub> ناشی از مصرف سوخت مایع دارد.

خان و همکاران<sup>۲</sup>، (۲۰۲۰) تأثیر ICT را بر انتشار گاز دی اکسید کربن برای ۹۱ کشور در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۷ با استفاده از روش داده های تابلویی بررسی نمودند. یافته های این مطالعه نشان می دهد که ICT انتشار CO<sub>2</sub> را کاهش می دهد. با این حال، مطالعه تطبیقی کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه نشان می دهد که ICT پایداری زیست محیطی را در کشورهای توسعه یافته تشویق می کند در حالی که نتایج معکوس برای کشورهای در حال توسعه یافت می شود. علاوه بر این، وجود منحنی کوزنتس زیست محیطی برای نمونه کامل و هم چنین برای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه تایید شده است.

هوانگ و همکاران<sup>۳</sup>، (۲۰۲۱) تأثیرات ورودی FDI بر انتشار کربن را با استفاده از داده های تابلویی برای اقتصادهای G20 از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۸ بررسی کردند. نتایج نشان داد که جریان سرمایه گذاری مستقیم خارجی به طور مثبت با انتشار کربن مرتبط است، و همچنین توسعه اقتصادی و کیفیت نظارتی به طور منفی به تأثیرات ورودی FDI بر انتشار کربن کمک می کند. این مطالعه نشان می دهد که اگرچه جریان ورودی FDI تمایل به افزایش انتشار دی اکسید کربن دارد، اما احتمال کاهش انتشار کربن در کشورهایی با سطوح بالاتر توسعه اقتصادی و کیفیت نظارتی بیشتر وجود است.

مطالعه تأثیر سرمایه گذاری مستقیم خارجی بر انتشار دی اکسید کربن در شرق آسیا بر اساس داده های پانل ۲۰۱۱-۲۰۲۰ توسط وانگ و هونگ<sup>۴</sup>، (۲۰۲۲) بررسی شد. اثرات بلندمدت و کوتاه مدت تجارت، سرمایه گذاری مستقیم خارجی (FDI) و رشد اقتصادی بر انتشار دی اکسید کربن این کشورها با استفاده از مدل ARDL برآورد شده است. نتایج نشان می دهد که در کوتاه مدت، افزایش سرانه تولید ناخالص داخلی (GDP) و افزایش سرمایه گذاری مستقیم خارجی انتشار دی اکسید کربن را افزایش می دهند. افزایش باز بودن تجارت در دوره فعلی باعث افزایش انتشار CO<sub>2</sub> می شود. در بلندمدت، سرانه تولید ناخالص داخلی، سرمایه گذاری مستقیم خارجی، و باز بودن تجارت تاثیر قابل توجهی بر انتشار CO<sub>2</sub> ندارند.

1. Asongu *et al.*
2. Khan *et al.*
3. Huang *et al.*
4. Wang & Hung



## ارائه مدل و روش برآورد

در این بخش از پژوهش، جهت بررسی نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط زیست کشورهای اوپک در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۹ (با استفاده از حداکثر داده‌های موجود) مدل و متغیرهای آن معرفی می‌شود. این مدل (رابطه ۱) برگرفته از مبانی نظری و مطالعات پیشین مانند مطالعه وانگ و هونگ، (۲۰۲۲) و هیگون و همکاران، (۲۰۱۷) است.

$$CO2_{it} = \alpha_i + \beta_0 ICT_{it} + \beta_1 ICT^2_{it} + \beta_2 GDP + \beta_3 FDI + \beta_4 IM + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

که در آن:

$CO2_{it}$ : انتشار دی اکسید کربن سرانه (متریک تن)<sup>۱</sup> متغیر وابسته و برگرفته از بانک جهانی است. یک متریک تن برابر ۱۰۰۰ کیلوگرم است.

$ICT_{it}$ : شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات (ساخت شاخص ترکیبی فناوری اطلاعات و ارتباطات از طریق روش مولفه اصلی<sup>۲</sup>: خطوط تلفن ثابت به ازای ۱۰۰ نفر<sup>۳</sup>، اشتراک تلفن همراه به ازای ۱۰۰ نفر<sup>۴</sup>، کاربران اینترنت به ازای هر ۱۰۰ نفر<sup>۵</sup>، مشترکان پهنای باند اینترنت ثابت به ازای هر ۱۰۰ نفر<sup>۶</sup>. این شاخص ترکیبی در این مطالعه محاسبه شده است.

$ICT^2_{it}$ : مجذور شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات که جهت بررسی رابطه غیرخطی فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار دی اکسید کربن (شاخصی برای تخریب محیط زیست) وارد مدل شد. بر اساس مطالعه هیگون و همکاران، (۲۰۱۷) انتظار بر این است که یک رابطه U وارون بین این دو متغیر وجود داشته باشد.

$GDP_{it}$ : تولید ناخالص داخلی سرانه، (برابری قدرت خرید، به ۱۰۰۰ دلار) برگرفته از داده‌های بانک جهانی. انتظار بر این است طبق مطالعه سیکدر و همکاران<sup>۷</sup>، (۲۰۲۲) یک رابطه مستقیم بین این دو متغیر وجود داشته باشد. در واقع رشد اقتصادی با ایجاد آلودگی و تشدید تخریب محیط زیست همراه باشد.

$FDI_{it}$ : سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، جریان خالص ورودی (به میلیارد دلار)<sup>۸</sup> برگرفته از داده‌های بانک جهانی. انتظار بر این است برای کشورهای عضو اوپک، رابطه مستقیم میان این متغیر و انتشار کربن وجود داشته باشد. بر اساس مطالعه شهپاز و همکاران (۲۰۱۸) اکثر کشورها سعی می‌کنند صنعتی شدن خود را با جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و با تکیه بر تجارت خارجی، مصرف منابع انرژی سنتی به

1. CO2 Emission (Metric Tons Per Capita)
2. Principal Component Analysis
3. Fixed telephone subscriptions (per 100 people)
4. Mobile cellular subscriptions (per 100 people)
5. Internet users (%)
6. Fixed broadband subscriptions (per 100 people)
7. Sikder *et al.*
8. Foreign direct investment, net inflows (BoP, current US\$)

حد افراطی برای ترویج رشد سریع اقتصادی انجام دهند. این اقدامات به ناچار کیفیت زیست محیطی کل کشور را تحت تاثیر قرار داده و منجر به تخریب محیط زیست می شود.

$IM_{it}$ : واردات کالا و خدمات (درصدی از GDP)<sup>۱</sup> برگرفته از داده های بانک جهانی. با توجه به مطالعه محمد و همکاران<sup>۲</sup>، (۲۰۲۰) انتظار بر آن است که واردات باعث افزایش انتشار کربن در کشورهای کم درآمد و کاهش انتشار کربن در کشورهای با درآمد متوسط و بالا شود.

کشورهای اوپک مورد بررسی بر اساس حداکثر داده موجود، الجزایر، آنگولا، کنگو، گینه استوایی، گابن، ایران، عراق، کویت، لیبی، نیجریه، عربستان سعودی، امارات متحده عربی، ونزوئلا است. این بررسی برای دوره ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۹ و به روش گشتاورهای تعمیم یافته گسترش یافته توسط آرلانو و باند انجام گرفته است.

قبل از برآورد الگو و ارائه آزمون های مرتبط با آن، یک توصیف داده ای برای واکاوی بهتر متغیرها صورت می گیرد.

#### توصیف داده ای متغیرها

جهت توصیف آماری و داده ای، جداول ۱ و ۲ ارائه گردید. بر اساس جدول ۱، متوسط انتشار دی اکسید کربن سرانه و سالانه برای کشورهای مورد مطالعه ۷/۹۵۶ متریک تن بوده است. برای کشورهای لیبی، کویت، عربستان سعودی و امارات متحده عربی ارقامی بالاتر از میانگین در پانل ثبت شده است. متوسط انتشار برای ایران ۷/۵۵ متریک تن بوده است. کمترین و بیشترین میانگین مقادیر مربوط به کشورهای نیجریه و کویت بوده است. بنابراین می توان گفت نیجریه از نظر آلایندگی در کشورهای مورد بررسی کمترین و کویت بیشترین نقش آفرینی را داشته است.

متوسط تولید ناخالص داخلی سرانه سالانه در کشورهای مورد بررسی ۲۶ هزار دلار بوده است. متوسط تولید ناخالص داخلی سرانه کشورهای گینه استوایی، کویت، عربستان سعودی و امارات متحده عربی بالاتر از متوسط گروه بوده است. بر اساس داده های استخراج شده از بانک جهانی، متوسط تولید ناخالص داخلی سرانه سالانه برای ایران در دوره مورد مطالعه، ۱۶/۶۷ هزار دلار بوده است. در این دوره، کنگو کمترین متوسط تولید ناخالص داخلی سرانه و کشور امارات متحده عربی بیشترین میزان آن را داشته است. متوسط شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشورهای مورد بررسی ۷۶/۸۹۹ (به ازای هر ۱۰۰ نفر) بوده است. این عدد در کشورهای گابن، ایران، کویت، لیبی، عربستان سعودی، امارات متحده عربی، ونزوئلا بالاتر از متوسط بوده است. متوسط شاخص ICT ایران معادل ۸۴/۸۳ (به ازای هر ۱۰۰ نفر) بوده است. کمترین و بیشترین میزان این شاخص مربوط به کشورهای گینه استوایی و امارات متحده عربی بوده است.

متوسط سرمایه گذاری مستقیم خارجی برای کشورهای مورد بررسی ۲/۸۷۷ میلیارد دلار بوده است. کشورهای نیجریه، ایران، عربستان سعودی و امارات متحده عربی بیشتر از متوسط بوده است.

1. Imports of goods and services (% of GDP)  
2. Muhammad *et al.*



سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی برای ایران در دوره مورد مطالعه ۳/۰۸ میلیارد دلار بوده است. کمترین و بیشترین میزان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی مربوط به کشورهای عراق و امارات متحده عربی بوده است. متوسط واردات کالاها و خدمات در کشورهای مورد بررسی ۳۵/۴۸ درصد بوده است. این عدد در کشورهای کنگو، کویت، گینه‌استوایی، امارات متحده عربی بالاتر از متوسط بوده است. متوسط واردات کالاها و خدمات در ایران معادل ۲۱/۸۱ درصد بوده است. کمترین و بیشترین میزان این شاخص مربوط به کشورهای نیجریه و امارات متحده عربی بوده است.

**جدول ۱. توصیف آماری متغیرهای الگو**

	CO2 (سرنانه و به متریک تن)	GDP (سرنانه و به هزار دلار)	ICT (شاخص ترکیبی محاسبه شده)	ICT <sup>2</sup>	FDI (به میلیارد دلار)	IM (درصدی از GDP)
میانگین (Mean)	۷/۹۵۶	۲۶/۰۰۵	۷۶/۸۹۹	۷۵۳۴/۲۵۱	۲/۸۷۷	۳۵/۴۸۲
میان (Median)	۴/۹۸۶	۱۵/۶۰۷	۶۷/۸۹۸	۴۶۱۰/۱۳۸	۱/۵۸۵	۳۱/۳۵۶
بیشترین	۲۸/۵۵۴	۹۰/۱۸۲	۱۸۲/۸۲۳	۳۳۴۲۴/۴۳	۳۹/۴۵۵	۸۵/۷۷۸
کمترین	۰/۴۹۸	۳/۸۳۹	۱۱/۶۹۰	۱۳۶/۶۶۷	-۱۰/۱۷۶	۱۰/۶۶۶
انحراف معیار	۷/۴۹۱	۲۲/۸۰۱	۴۰/۳۸۹	۷۴۳۷/۸۷۵	۶/۰۸۶	۱۵/۷۵۰
چولگی	۱/۰۹۴	۱/۱۲۵	۰/۶۲۲	۱/۴۳۶	۳/۰۴۶	۱/۱۰۱
کشیدگی	۳/۰۱۵	۲/۹۹۲	۲/۵۷۳	۴/۶۳۸	۱۷/۷۸۵	۳/۷۸۱
Jarque-Bera	۳۱/۱۶۷	۳۱/۲۶۳	۱۱/۱۸۸	۷۰/۶۵۶	۱۶۶۲/۲۰۶	۳۴/۳۹۷
Probability	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

### - شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات

با توجه به اهمیت ICT و محاسبه‌ی شاخص ترکیبی آن که در این مطالعه محاسبه شده است و نوآوری مطالعه حاضر نسبت به سایر مطالعات انجام شده در ایران به شمار می‌آید، در این قسمت شاخص مورد محاسبه به طور اجمالی بررسی می‌گردد.

جهت محاسبه و سنجش کشورها بر اساس شاخص ترکیبی فناوری اطلاعات و ارتباطات، ابتدا آمار و اطلاعات لازم از بانک جهانی و اتحادیه بین‌المللی مخابرات (ITU)<sup>۱</sup> جمع‌آوری گردید و سپس با توجه به محدودیت‌ها و تنگناهای موجود در فرایند کار، پس از گردآوری و پردازش اطلاعات و داده‌های مورد نیاز، سطوح مختلف شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشورهای عضو اوپک محاسبه گردید. در ساخت شاخص ICT از رویکردی مشابه با مطالعه لی و بره‌ماسرن،<sup>۲</sup> (۲۰۱۴) استفاده شد. یکی از ضعف‌های مطالعات گذشته در داخل کشور که در این مطالعه به آن توجه شده این است که فناوری را با یک بعد واحد مانند استفاده از اینترنت که قابل تعمیم نیست برآورد کرده

1. International Telecommunication Union  
2. Lee & Brahmasrene

اند. این مطالعه به جای محدود کردن، از معیارهای متنوع و جدید فناوری اطلاعات و ارتباطات استفاده می‌کند. شاخص ترکیبی ICT مورد استفاده در این مطالعه از هر دو مرحله توسعه ترکیب شده است: (۱) آمادگی ICT و (۲) استفاده و شدت ICT. شاخص‌های سنجش آمادگی ICT در این مطالعه شامل مشترکین تلفن ثابت به ازای هر ۱۰۰ نفر، اشتراک تلفن همراه به ازای هر ۱۰۰ نفر و رایانه شخصی است. شاخص‌های سنجش استفاده و شدت ICT شامل کاربران اینترنت به ازای هر ۱۰۰ نفر و مشترکین اینترنت پهن باند ثابت به ازای هر ۱۰۰ نفر است. برای ساختن این شاخص، از تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) استفاده شده است. چهار متغیر فوق‌الذکر با استفاده از PCA به جای استفاده جداگانه، در یک شاخص ترکیب می‌شوند. این یک رویکرد مفید برای درک تأثیر کل فناوری اطلاعات و ارتباطات در منطقه مورد نظر و پیشنهاد برخی سیاست‌ها تعیین کننده است. در واقع محاسبه این شاخص ترکیبی به جای استفاده تکی از هر از یک مؤلفه‌های مورد استفاده ICT از نوآوری این مطالعه است.

براساس میانگین شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات در جدول ۲. کشور امارات متحده عربی در بهترین وضعیت و کشور گینه استوایی در بدترین وضعیت قرار دارند. ایران با در نظر گرفتن میانگین، رتبه‌ی ششم و از نظر انحراف معیار رتبه‌ی چهارم را داراست. همچنین با نگاهی به این جدول که گزارشی از شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات در ابتدا و انتهای دوره بررسی است می‌توان اظهار نمود که تمامی کشورهای مورد بررسی صادرکننده نفت در طی این سال‌ها توانستند براساس این شاخص، بهبود وضعیت را تجربه کنند. داده‌های مربوط به ایران نشان می‌دهد که در طی این سال‌ها با رشد شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه بوده است.

**جدول ۲. شاخص ICT در کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) طی بازه‌ی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹**

نام کشور	میانگین	انحراف معیار	سال ۲۰۰۰	سال ۲۰۱۹
الجزایر	۵۲/۲۷۷	۳۳/۱۲۵	۲/۴۰۲	۹۵/۷۴۷
آنگولا	۲۱/۱۳۲	۱۵/۹۵۱	۰/۲۷۹	۴۲/۹۵۴
کنگو	۳۳/۰۲۵	۲۲/۸۴۱	۱/۴۰۹	۴۷/۲۸۶
گینه استوایی	۱۹/۴۶۸	۱۳/۹۵۱	۰/۱۸۵	۲۳/۶۷۸
گابن	۶۱/۱۷۵	۳۷/۶۲۰	۶/۸۲۱	۱۰۶/۸۷۰
ایران	۵۸/۱۸۷	۳۹/۹۴۴	۶/۳۲۷	۱۳۵/۶۶۵
عراق	۳۸/۷۰۶	۳۰/۱۴۶	۱	۹۱/۹۳۱
کویت	۹۷/۶۴۲	۴۸/۸۳۴	۲۳/۷۸۶	۱۵۲/۷۴۸
لیبی	۵۲/۰۶۸	۳۷/۶۹۷	۴/۴۲۴	۳۸/۷۵۰
نیجریه	۳۱/۳۳۲	۲۳/۵۸۷	۰/۲۰۷	۶۶/۵۸۲
عربستان سعودی	۹۱/۶۰۳	۴۹/۵۹۱	۹/۶۹	۱۳۳/۱۱۸
امارات متحده عربی	۱۲۱/۷۲	۴۶/۴۹۷	۴۸/۳۹۶	۱۸۵/۱۹۱
ونزوئلا	۶۲/۷۰۸	۳۰/۷۸۳	۱۷/۱۵۷	۴۴/۵۶۵

منبع: یافته‌های پژوهش

- بررسی سایر متغیرها در کشورهای منتخب اوپک

میانگین انتشار دی اکسید کربن در کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) در دوره مورد بررسی در جدول ۳ ارائه گردید. طبق این جدول، کویت با عدد ۲۵/۷۹ متریک تن بالاترین میانگین انتشار دی اکسید کربن را دارد. میزان انتشار CO2 توسط کویت ۳/۴۴ برابر میانگین پانل است. امارات متحده عربی با عدد ۲۲/۴۷ متریک تن (۳ برابر میانگین کل پانل) در رتبه دوم انتشار دی اکسید کربن قرار می گیرد. کشور عربستان سعودی در جایگاه سوم، دو برابر میانگین پانل انتشار CO2 دارد. نیجریه از نظر میانگین انتشار دی اکسید کربن با عدد ۰/۶۳ متریک تن در پایین ترین رتبه قرار می گیرد. طبق این جدول، کشورهای ایران، الجزایر، آنگولا، کنگو، گابن، نیجریه، گینه استوایی و ونزوئلا از نظر میانگین انتشار دی اکسید کربن در محدوده مشابه و پایین تر از کشورهای لیبی، امارات، کویت و عربستان سعودی قرار دارند.

جدول ۳ هم چنین، نشان دهنده متوسط سرمایه گذاری مستقیم خارجی (جریان ورودی) در کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ است. براساس این جدول، عربستان سعودی با میانگین ۱۱/۳۸ میلیارد دلار بالاترین میانگین سرمایه گذاری مستقیم خارجی را در بین کشورهای عضو اوپک دارا می باشد. امارات متحده عربی با میانگین ۸/۱۱ میلیارد دلار در رتبه دوم و نیجریه در جایگاه سوم قرار دارند. عراق از نظر میانگین سرمایه گذاری مستقیم خارجی با عدد ۱/۲۹- میلیارد دلار در پایین ترین رتبه قرار می گیرد. به عبارتی خروج سرمایه خارجی صورت گرفته است. ایران و ونزوئلا به ترتیب با عدد ۲/۷۰ و ۲/۱۰ میلیارد دلار در رتبه چهارم و پنجم میانگین سرمایه گذاری مستقیم خارجی قرار می گیرند.

جدول ۳. میانگین انتشار CO2، متوسط درآمد سرانه و میانگین سرمایه گذاری خارجی در بازه ۲۰۰۰ تا

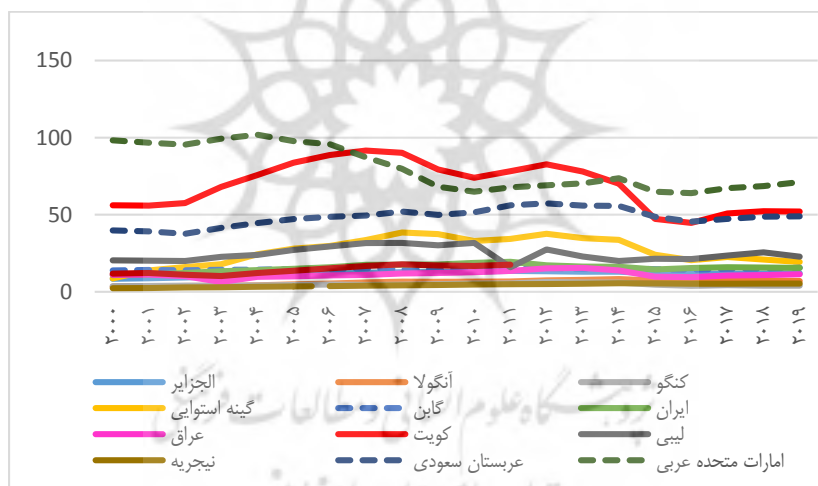
۲۰۱۹

نام کشور	میانگین CO2 بر حسب متریک تن	میانگین GDP سرانه به هزار دلار	میانگین سرمایه گذاری خارجی به میلیارد دلار
الجزایر	۳/۲۶۱۲	۱۱/۶۶۳	۱/۴۳۹
آنگولا	۰/۹۲۷	۶/۰۰۶	-۰/۳۵۴
کنگو	۱/۱۵۵	۴/۶۱۰	۱/۵۰۲
گینه استوایی	۷/۸۹۵	۲۶/۴۱۶	۰/۶۸۲
گابن	۳/۶۲۴	۱۴/۷۲۳	۰/۶۳۰
ایران	۶/۹۵۰	۱۵/۴۹۳	۲/۷۰۶
عراق	۳/۶۵۶	۱۱/۳۳۴	-۱/۲۹۱
کویت	۲۵/۷۹۰	۶۸/۸۵۸	۰/۵۹۸
لیبی	۸/۵۶۴	۲۴/۴۶۸	۰/۸۹۱
نیجریه	۰/۶۳۴	۴/۲۶۲	۴/۲۴۵
عربستان سعودی	۱۴/۹۸۳	۴۸/۲۹۲	۱۱/۳۸۲

نام کشور	میانگین CO2 بر حسب متریک تن	میانگین GDP سرانه به هزار دلار	میانگین سرمایه گذاری خارجی به میلیارد دلار
امارات متحده عربی	۲۲/۴۷۰	۸۰/۰۸۴	۸/۱۱۲
ونزوئلا	۵/۳۸۶	۱۱/۶۶۳	۲/۱۰۹
میانگین پانل	۷/۹۵۶	۲۶/۰۰۵	۲/۸۷۷
رتبه ایران	ششم	ششم	چهارم

منبع: یافته‌های پژوهش

بررسی روند تولید ناخالص داخلی سرانه (برابری قدرت خرید) در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ برای کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) در نمودار ۱ نشان می‌دهد که کشورهای امارات متحده عربی، کویت و عربستان سعودی همواره رتبه اول تا سوم را داشته‌اند هر چند که روند بی‌ثبات و غیرمنظمی را تجربه کرده‌اند. زیرا، ساختار اقتصاد این کشورها همانند سایر کشورهای عضو اوپک به قیمت نفت و درآمد حاصل از صادرات نفت بستگی دارد.



نمودار ۱. بررسی روند تولید ناخالص داخلی سرانه به هزار دلار در کشورهای اوپک

منبع: یافته‌های پژوهش

### یافته‌ها و نتایج تجربی

در داده‌های تابلویی، فرض بر این است که داده‌های مورد استفاده استقلال مقطعی دارند. پیش فرضی که می‌تواند برقرار نباشد. در این صورت نسل اول آزمون‌های ریشه واحد (مانند لوین، لین و چو، و ایم، پسران و شین) از اعتبار لازم برخوردار نیستند. بنابراین در داده‌های تابلویی، ابتدا لازم است وابستگی یا استقلال مقطعی آزمون شود. آزمون‌های متفاوتی وجود دارد که در این مطالعه از آزمون وابستگی مقطعی

بریوش- پاگان<sup>۱</sup> (۱۹۸۰) با آماره آزمون ضریب فزاینده لاگرانژ<sup>۲</sup> استفاده شده است. با توجه به نتایج آزمون وابستگی مقطعی مندرج در جدول (۴)، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود وابستگی مقطعی رد و فرضیه مقابل پذیرفته می‌شود. یعنی متغیرهای مطالعه دارای وابستگی مقطعی هستند. بنابراین برای آزمون مانایی متغیرها می‌باید از آزمون ریشه واحد پسران (۲۰۰۷) استفاده شود.

**جدول ۴. آزمون وابستگی مقطعی بریوش-پاگان (۱۹۸۰)**

متغیر	آماره	احتمال
دی اکسید کربن	۲۱۶/۴۲	۰/۰۰۰۰
شاخص ICT	۴۸۸/۲۱	۰/۰۰۰۰
سرمایه گذاری خارجی	۱۷۴/۶۷	۰/۰۰۰۰
تولید ناخالص سرانه	۲۴۷/۳۵	۰/۰۰۰۰
واردات	۱۵۲/۴۹	۰/۰۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به جدول (۵)، متغیرهای سرمایه گذاری خارجی و واردات نامانا و سایر متغیرها مانا هستند. برای اطمینان از عدم مواجهه با رگرسیون جعلی باید هم‌انباشتگی متغیرها بررسی شود. در آزمون هم‌انباشتگی فرضیه صفر بیانگر عدم وجود هم‌انباشتگی و فرضیه مقابل مبتنی بر وجود هم‌انباشتگی است.

**جدول ۵. آزمون ریشه واحد پسران (۲۰۰۷)**

متغیر	آماره (با روند قطعی)	احتمال
دی اکسید کربن	-۳/۳۶	< ۰/۰۵
شاخص ICT	-۵/۲۰	< ۰/۰۱
سرمایه گذاری خارجی	-۲/۷۶	> ۰/۱۰
تولید ناخالص سرانه	-۴/۱۰	< ۰/۰۱
واردات	-۱/۹۰	> ۰/۱۰

منبع: یافته‌های پژوهش

1. Breusch-Pagan
2. Lagrange Multiplier (LM) test statistic

با توجه به نتایج حاصل از آزمون‌های هم‌انباشتگی در جدول (۶)، آزمون‌های هم‌انباشتگی پدرونی<sup>۱</sup> (۱۹۹۹) و کائو<sup>۲</sup> (۱۹۹۹) نشان می‌دهند میان متغیرها رابطه هم‌انباشتگی وجود دارد. بنابراین نتیجه گرفته می‌شود میان متغیرهای الگو هم‌انباشتگی و رابطه بلندمدت وجود دارد. بدین ترتیب احتمال برآورد با مشکل رگرسیون جعلی وجود نخواهد داشت.

**جدول ۶. آزمون هم‌انباشتگی میان متغیرها**

احتمال	آماره	آزمون هم‌انباشتگی	
۰/۰۰۹۳	-۲/۳۵۲	Panel ADF	آزمون پدرونی
۰/۰۰۰۰	-۵/۲۴۷	Group ADF	
۰/۰۰۰۰	-۳/۳۶۴	آزمون کائو (بر اساس انگل-گرنجر)	

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از برآورد الگوی مورد مطالعه برای کشورهای مورد بررسی در دوره ۲۰۱۸ - ۲۰۰۴ با روش گشتاورهای تعمیم یافته در جدول (۷) ارائه شده است. آزمون‌های سارگان، آزمون آرلانو - باند و آزمون والد به ترتیب برای بررسی اعتبار ابزارها، همبستگی پسماند مرتبه دوم (AR(2)) و معنی‌داری کلی برآورد، درستی نتایج الگوی برآورد شده را تأیید می‌کنند.

متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاها و خدمات رابطه مثبت معنی‌دار با انتشار دی اکسید کربن دارند و متغیر شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات رابطه مثبت و مجذور آن رابطه منفی معنی‌دار با انتشار دی اکسید کربن دارد. به عبارتی ارتباط ICT با انتشار CO<sub>2</sub> به صورت U وارونه است. بنابراین در کشورهای عضو اوپک وجود یک رابطه غیرخطی بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی اکسید کربن را نمی‌توان رد کرد. وجود رابطه غیرخطی به شکل U وارون میان CO<sub>2</sub> سرانه (برحسب متریک تن) و فناوری اطلاعات و ارتباطات بدین مفهوم است که در ابتدا افزایش ICT موجب افزایش انتشار دی اکسید کربن سرانه می‌شود، اما پس از رسیدن به سطح آستانه توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات (عدد ۱۰۲/۹۳ که از مشتق متغیر وابسته نسبت به ICT محاسبه گردید)، CO<sub>2</sub> سرانه شروع به کاهش می‌کند. این نتیجه با نتایج مطالعات هیگون و همکاران، (۲۰۱۷) و احمد و لی، (۲۰۲۱) همسو است. طبق مقدار آستانه به دست آمده و جدول ۱ ارائه شده، کشورهای امارت، کویت، ایران، عربستان و گابن از این مقدار عبور کرده‌اند. بنابراین انتظار بر این است که گسترش ICT به کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن کمک کند.

1. Pedroni
2. Kao

جدول ۷. نتایج برآورد الگوی مطالعه با روش گشتاورهای تعمیم یافته

متغیر	ضرایب	آماره	احتمال
CO2(-1)	۰/۵۶۴۰۰۹	۵/۶۱۳۹۵۸	۰/۰۰۰۱
ICT	۰/۰۵۴۲۵۳	۳/۲۳۴۳۴۳	۰/۰۰۷۲
(ICT)2	-۰/۰۰۰۲۶۱	-۳/۵۶۱۶۴۸	۰/۰۰۳۹
GDP	۰/۰۳۴۲۱۱	۵/۹۳۸۴۴۶	۰/۰۰۰۱
FDI	۰/۰۵۷۶۲۷	۴/۲۳۳۳۱۹	۰/۰۰۱۲
IM	۰/۰۲۹۰۱۴	۵/۷۱۶۲۸۳	۰/۰۰۰۱
آماره سارگان			
آزمون آرلانو - باند ((AR(2))	۱/۴۸۹۷۱۷	۴/۸۶۵۵۷۵	۰/۶۷۶۳۶۴
آزمون والد (کای دو)	۳۰/۶۰۰۳۱	۱/۴۸۹۷۱۷	۰/۱۳۶۳

منبع: یافته‌های پژوهش

ضریب مثبت و معنی دار تولید ناخالص داخلی سرانه نشان دهنده افزایش انتشار دی اکسید کربن سرانه به ازای افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه است. در واقع آلودگی به ازای افزایش درآمد روند صعودی داشته است. اندازه این ضریب نشان می‌دهد اگر سرانه تولید ناخالص داخلی به طور متوسط ۱۰۰۰ دلار افزایش یابد، انتظار می‌رود انتشار دی اکسید کربن به اندازه ۰/۰۳۴ متریک تن (هر ۱ متریک تن ۱۰۰۰ کیلوگرم می‌باشد) افزایش می‌یابد. این نتیجه با نتایج ویلی و همکاران،<sup>۱</sup> (۲۰۲۲) و سیکدر و همکاران، (۲۰۲۲) همسو است. همچنین این نتیجه هم‌راستا با توصیف داده‌ای نیز می‌باشد. طبق تحلیل انجام شده کشورهای امارات، کویت و عربستان که در جایگاه یک تا سه درآمد سرانه هستند بالاترین انتشار آلودگی در میان کشورهای مورد بررسی را هم داشته‌اند.

از دیگر نتایج برآورد، اثر مثبت و معنی دار واردات کالا و خدمات بر CO2 سرانه بوده است. ضریب این متغیر نشان می‌دهد با یک واحد افزایش در سهم واردات کالا و خدمات از GDP، انتشار دی اکسید کربن سرانه در کشورهای مورد بررسی ۰/۰۲۹ متریک تن افزایش می‌یابد. به طور کلی سرمایه‌گذاری در تکنولوژی‌های جدید چه از طریق جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و چه از طریق واردات کالاهای سرمایه‌ای، موجب کاهش شدت انرژی و تسریع تخریب محیط‌زیست می‌شود. این نتیجه با مطالعات محمد و همکاران، (۲۰۲۰)، پای و همکاران،<sup>۲</sup> (۲۰۱۸) و دیویس و کالدیرا،<sup>۳</sup> (۲۰۱۰) و هو و همکاران،<sup>۴</sup> (۲۰۲۰) همسو است.

1. Weili *et al.*
2. Pié *et al.*
3. Davis & Caldeira
4. Hu *et al.*



طبق مطالعات اخیر افزایش تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، انتقال واحدهای تولیدی با آلاینده‌ی بالا از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای در حال توسعه، باعث می‌شود کشورهای توسعه‌یافته به کاهش انتشار به قیمت افزایش آلودگی در کشورهای در حال توسعه دست یابند. طبق نتایج برآورد اگر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی یک میلیارد دلار افزایش یابد، انتشار دی‌اکسید کربن در حدود ۰٫۵۷ متریک تن افزایش خواهد یافت که تأکیدی بر نظریه پناهگاه آلودگی و تشدید تخریب محیط‌زیست در کشورهای مورد نظر است. این نتیجه با مطالعه شهباز و همکاران، (۲۰۱۸) همسو است.

### بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته رابطه U معکوس شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات با انتشار گاز دی‌اکسید کربن به عنوان شاخص میزان آلودگی زیست محیطی با تأکید بر فرضیه پناهگاه آلودگی برای کشورهای منتخب عضو اوپک در برای دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۸ مورد آزمون قرار گرفت. قبل از ورود به برآورد مدل و آزمون‌های مرتبط با آن، ابتدا یک توصیف داده‌ای صورت گرفت. بر اساس این توصیف داده‌ای، کشورهای امارات متحده عربی، کویت و عربستان سعودی از نظر میانگین دوره بررسی بالاتر از سایر کشورها بودند اما ایران با توجه به سرعت گسترش فناوری، در سال ۲۰۱۹ بعد از امارات متحده عربی، کویت در جایگاه سوم قرار گرفت. در ارتباط با انتشار گاز دی‌اکسید کربن کویت، امارات و عربستان در جایگاه اول تا سوم بودند. میانگین درآمد سرانه کشورهای امارات، کویت، عربستان و گینه بالای میانگین کل پائل بوده‌است. در ارتباط با سرمایه‌گذاری خارجی، ایران بعد از کشورهای عربستان، امارات و نیجریه در رتبه چهارم قرار دارد.

جهت برآورد الگوی تحقیق برگرفته از مبانی نظری و مطالعات پیشین، در ابتدا وابستگی مقطعی داده‌ها با آزمون وابستگی مقطعی بریوش-پاگان (۱۹۸۰) مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد متغیرها دارای وابستگی مقطعی هستند. جهت بررسی مانایی متغیرها از آزمون ریشه واحد پسران (۲۰۰۷) استفاده گردید. با توجه به نتایج این آزمون و وجود متغیرهای مانا و نامانا، هم‌انباشتگی میان متغیرها با استفاده از آزمون‌های هم‌انباشتگی پدرونی (۱۹۹۹) و کائو (۱۹۹۹) برای اجتناب از رگرسیون جعلی مورد بررسی قرار گرفت. بعد از تأیید هم‌انباشتگی متغیرها، الگوی مطالعه با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته برآورد گردید. بر اساس نتایج حاصل، در کشورهای عضو اوپک وجود یک رابطه غیرخطی بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی‌اکسید کربن را نمی‌توان رد کرد. وجود رابطه غیرخطی به شکل U وارون میان CO<sub>2</sub> سرانه (برحسب متریک تن) و فناوری اطلاعات و ارتباطات بدین مفهوم است که در ابتدا افزایش ICT موجب افزایش انتشار دی‌اکسید کربن سرانه می‌شود، اما پس از رسیدن به سطح آستانه توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات سبب کاهش CO<sub>2</sub> سرانه می‌شود. از آن‌جا که کشورهای امارات، کویت، ایران، عربستان و گابن از مقدار آستانه عبور کرده‌اند انتظار براین است که گسترش ICT به کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن کمک کند.

تولید ناخالص داخلی سرانه با انتشار دی اکسید کربن سرانه رابطه مثبت و معنی دار داشته است. این نتیجه هم راستا با تحلیل داده‌ای بوده است که براساس آن، کشورهای امارات، کویت و عربستان که در جایگاه یک تا سه درآمد سرانه هستند بالاترین انتشار آلودگی در میان کشورهای مورد بررسی را هم داشته‌اند. رابطه مثبت و معنی دار سرمایه‌گذاری خارجی با انتشار آلودگی تأییدی بر فرضیه پناهگاه آلودگی در کشورهای مورد بررسی بوده است. این رابطه مثبت، نقش دولت‌ها را به عنوان حافظ سلامت مردم پر رنگ تر می‌کند. بنابراین توصیه می‌شود که دولت‌ها نظارت قوی بر ورود سرمایه خارجی داشته باشند و با وضع قوانین ضمن جلوگیری از سرمایه‌گذاری‌های خارجی غیراستاندارد یا کم کیفیت با آلودگی بالا به سمت صنایع پاک هدایت کنند و سرمایه‌گذاران خارجی را مجبور به استفاده از فناوری‌هایی نمایند که آلودگی کمتری ایجاد می‌کنند. همچنین، توصیه می‌شود دولت‌ها از طریق مالیات بر آلودگی ایجاد شده و استفاده از درآمد آن در بهسازی محیط‌زیست، در کاهش اثرات مخرب عوامل انتشار آلاینده جوی اقدام کنند.

#### ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: مقاله حامی مالی ندارد.  
مشارکت نویسندگان: تمام نویسندگان در آماده‌سازی مقاله مشارکت داشته‌اند.  
تعارض منافع: بنا بر اظهار نویسندگان در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.  
تعهد کپی‌رایت: طبق تعهد نویسندگان حق کپی‌رایت رعایت شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

## منابع

- بایرامی اصل تکنولو، میثم. (۱۳۹۶). مقایسه تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر آلودگی محیط زیست در کشورهای D8 و G8. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی.
- پروین شعار گنگچین، فرخنده. (۱۳۹۳). بررسی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط زیست کشورهای عضو منا. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه.
- جعفری پرویزخانلو، کرم؛ پایتختی اسکویی، سید علی و ازلی، رباب. (۱۴۰۰). بررسی تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات و رشد اقتصادی بر آلودگی محیط زیست: مطالعه موردی کشورهای حوزه خلیج فارس. *دوفصلنامه علمی مطالعات و سیاست های اقتصادی*. ۱۸(۱)، ۱۱۱-۱۳۸.
- سعدی پور، آرش. (۱۳۹۰). بررسی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر میزان انتشار CO2 مطالعه بین کشوری. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز.
- علوی پور، فاطمه سادات؛ احسانی، امیر هوشنگ؛ ثلثی، مرضیه و چهارآذر، فائزه. (۱۳۹۲). تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات در توسعه پایدار محیط زیست. *فصلنامه علمی آموزش محیط زیست و توسعه پایدار*. ۲(۵)، ۵۳-۷۲.
- فلاحی، فیروز؛ سجودی، سکینه و ممی پور، سیاب. (۱۳۹۱). بررسی تاثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر کیفیت محیط زیست ایران. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*. ۲(۲)، ۱۴۹-۱۷۱.
- فهیمی فرد، سیدمحمد. (۱۳۹۹). بررسی فرضیه های زیست محیطی کوزنتس (EKC)، پناهگاه آلودگی (PHH) و اثرات بازگشتی نوآوری (REH) در کشورهای گروه D8، رهیافت مدل FMOLS. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*. ۹(۳۶)، ۱۵۲-۱۰۳.
- قا سمی نژاد، محمد. (۱۳۹۵). اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر انتشار دی اکسیدکربن در کشورهای منتخب. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی.
- مرادحاصل، نیلوفر و مزینی، امیرحسین. (۱۳۹۲). ارزیابی اثر فن آوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط زیست. *پژوهش های محیط زیست*. ۴(۷)، ۱۰۳-۱۱۴.
- مشایخی، هژبر کیانی؛ خلیلی، فرزانه و عسگری، فرید. (۱۴۰۰). بررسی تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات و سرمایه گذاری مستقیم خارجی بر بهره وری سبز در ایران. *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*. ۲۳(۱)، ۲۵۳-۲۶۶.
- هاشمی دیزج، عبدالرحیم؛ فتورهچی، زهرا و نجفی، حامد. (۱۴۰۱). بررسی تأثیر سرمایه گذاری مستقیم خارجی در انرژی های تجدیدپذیر ناپذیر بر تخریبات محیط زیست در کشورهای عضو سازمان همکاری های اقتصادی (OECD). *جغرافیا و مطالعات محیطی*. ۱۱(۴۴)، ۸۰-۹۶.

## References

- Ahmed, Z; & Le, H. P. (2021). Linking information communication technology, trade globalization index, and CO2 emissions: evidence from advanced panel techniques. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 8770-8781.

Alavipoor, F. S; Ehsani, A. H; Salesi, M; & Chehrazar, F. (2013). Impact of ICT on Environmental sustainable development. *Environmental Education and Sustainable Development*, 2(5), 53-72. (In Persian).

Alshubiri, F; & Elheddad, M. (2019). Foreign finance, economic growth and CO2 emissions nexus in OECD countries. *Ijccsm*, 12(2), 161-181.

Appiah-Otoo, I; Acheampong, A. O; Song, N; & Chen, X. (2022). The impact of information and communication technology (ICT) on carbon dioxide emissions: Evidence from heterogeneous ICT countries. *Energy & Environment*, 0958305X221118877.

Asongu, S. A; Le Roux, S; & Biekpe, N. (2018). Enhancing ICT for environmental sustainability in sub-Saharan Africa. *Technological Forecasting and Social Change*, 127, 209-216.

Avom, D; Nkengfack, H; Fotio, H. K; & Totouom, A. (2020). ICT and environmental quality in Sub-Saharan Africa: Effects and transmission channels. *Technological Forecasting and Social Change*, 155, 120028.

Bayrami, M; Arbab, H; & Salem, A. (2017). Comparison of the Impact of ICT on Environmental Pollution in D8 and G7 Countries. Master's thesis. Allameh Tabataba'i University. (In Persian).

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.

Bose, S; & Kohli, B. (2018). Study of FDI trends and patterns in BRICS economies during the period 1990-2015. *Emerging Economy Stud.* 4(1), 78-101.

Breusch, T. S; & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.

Chen, X; Gong, X; Li, D; & Zhang, J. (2019). Can information and communication technology reduce CO2 emission? A quantile regression analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 32977-32992.

Chi, F; & Meng, Z. (2023). The effects of ICT and FDI on CO2 emissions in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(2), 3133-3145.

Cole, M. A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: Examining the linkages. *Ecol. Econ.* 48(1), 71-81.

Cole, M. A; Elliott, R. J. R; & Zhang, J. (2011). Growth, foreign direct investment, and the environment: Evidence from Chinese cities. *J. Regional Sci.* 51(1), 121-138.

Costantini, V; & Martini, C. (2006). A modified environmental Kuznets curve for sustainable development assessment using panel data. *International Journal of Global Environmental Issues*, 10(1-2), 84-122.

Danish. (2019). Effects of information and communication technology and real income on CO2 emissions: The experience of countries along Belt and Road. *Telematics and Informatics*, 45, 101300.

Davis, S. J; & Caldeira, K. (2010). Consumption-based accounting of CO2 emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(12), 5687-5692.

Eskeland, G. S; & Harrison, A. E. (2003). Moving to greener pastures? Multinationals and the pollution haven hypothesis. *Journal of Development Economics*, 70(1), 1-23.

Fahimifard, S. M. (2020). Studying the EKC, HHP and REH Hypothesizes in D8 Countries: FMLOS Approach. *Iranian Energy Economics*, 36(4), 103-152. (In Persian).

Faisal, F; Tursoy, T; & Pervaiz, R. (2020). Does ICT lessen CO2 emissions for fast-emerging economies? An application of the heterogeneous panel estimations. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(10), 10778-10789.

Fallahi, F; Sojudi, S; & Mamipours, S. (2012). The impact of information and communication technology (ICT) on the environmental quality in Iran. *Iranian Energy Economics*, 1(2), 149-171. (In Persian).

Ghasemi nejad, M; Jahangard, E; & Sharif, M. (2016). Impact of information and communication technology (ICT) on CO2 emissions in selected countries. Master's thesis, Allameh Tabataba'i University. (In Persian).

Godil, D. I; Sharif, A; Agha, H; & Jermsittiparsert, K. (2020). The dynamic nonlinear influence of ICT, financial development, and institutional quality on CO2 emission in Pakistan: new insights from QARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(19), 24190-24200.

Golub, S. S; Kauffmann, C; & Yeres, P. (2011). Defining and measuring green FDI. *Organization for Economic Development and Cooperation Working paper*, 102.

Haldar, A; & Sethi, N. (2022). Environmental effects of information and communication technology-exploring the roles of renewable energy, innovation, trade and financial development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 153, 111754.

Hashemi dizaj, A; Faturechi, Z; & Najafi, H. (2022). Investigating the impact of foreign direct investment on renewable energy on environmental disasters in OECD countries. *Journal of Geography and Environmental Studies*, 11(44), 80-96. (In Persian).

Higón, D. A; Gholami, R; & Shirazi, F. (2017). ICT and environmental sustainability: A global perspective. *Telematics and Informatics*, 34(4), 85-95.

Hilty, L. M; & Aebischer, B. (2015). ICT for sustainability: an emerging research field. *ICT Innovations for Sustainability*, 3-36.

Hu, G; Can, M; Paramati, S. R; Doğan, B; & Fang, J. (2020). The effect of import product diversification on carbon emissions: New evidence for sustainable economic policies. *Economic Analysis and Policy*, 65, 198-210.

Huang, Y; Chen, F; Wei, H; Xiang, J; Xu, Z; & Akram, R. (2022). The impacts of FDI inflows on carbon emissions: Economic development and regulatory quality as moderators. *Frontiers in Energy Research*, 9, 820596.

Jafariparvizkhanlou, K; Paytkhati Oskoei, S. A; & Azali, R. (2021). Investigating the impact of ICT and economic growth on environmental pollution: Case study of Persian Gulf countries. *The Journal of Economic Studies and Policies*, 8(1), 111-138. (In Persian).

Kao, C. (1999). Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. *Journal of Econometrics*, 90(1), 1-44.

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(29), 36718-36731.

Khan, N; Baloch, M. A; Saud, S; & Fatima, T. (2018). The effect of ICT on CO2 emissions in emerging economies: does the level of income matters? *Environmental Science and Pollution Research*, 25(23), 22850-22860.

Kılıçarslan, Z; & Dumrul, Y. (2017). Foreign direct investments and CO2 emissions relationship: the case of Turkey. *Business and Economics Research Journal*, 8(4), 647-660.

Lee, J. W; & Brahmasrene, T. (2014). ICT, CO2 emissions and economic growth: evidence from a panel of ASEAN. *Global Economic Review*, 43(2), 93-109.

Lee, J. W; & Unger, B. (2012). Information and communications technology, economic growth, and carbon emission levels: The case of South Korea. *Journal of Distribution Science*, 10(6), 7-15.

Lennerfors, T. T; Fors, P; & van Rooijen, J. (2015). ICT and environmental sustainability in a changing society: The view of ecological World Systems Theory. *Information Technology & People*, 28(4), 758-774.

Mashayekhi, B; Hojhabr Kiani, K; Khalili, F; & Asgari, F. (2021). The effect of information and communication technology and foreign direct investment on green productivity in Iran. *Journal of Environmental Science and Technology*, 23(1), 253-266. (In Persian).

Moradhasel, N; & Mazene, A. (2014). A comparison of planning units based on the integration of vegetation type with land type and elevation classes for selection of new protected ares. *Environmental Researches*, 4(7), 103-114. (In Persian).

Muhammad, S; Long, X; Salman, M; & Dauda, L. (2020). Effect of urbanization and international trade on CO2 emissions across 65 belt and road initiative countries. *Energy*, 196, 117102.

Nair-Reichert, U; and Weinhold, D. (2001). Causality tests for cross-country panels: A new look at FDI and economic growth in developing countries. *Oxford Bull. Econ. Stat.* 63 (2), 153-171.

Pamlin, D; & Szomolányi, K. (2007). Saving the climate@ the speed of light. First roadmap for reduced CO2 emissions in the EU and beyond. *World Wildlife Fund and European Telecommunications Network Operators' Association*.

Park, Y; Meng, F; & Baloch, M. A. (2018). The effect of ICT, financial development, growth, and trade openness on CO 2 emissions: an empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 30708-30719.

Parvin shoar Gangachin, F; Hekmati Farid, S; & Zonouzi, J. (2015). The effect of information and communication technology (ICT) on environmental quality in MENA Countries. Master's thesis. Urmia University. (In Persian).

Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61(S1), 653-670.

Pié, L; Fabregat-Aibar, L; & Saez, M. (2018). The influence of imports and exports on the evolution of greenhouse gas emissions: the case for the European Union. *Energies*, 11(7), 1644.

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 (pp. 53-65)*, Springer, Cham.



Rahman, Z. U; Chongbo, W; & Ahmad, M. (2019). An (a) symmetric analysis of the pollution haven hypothesis in the context of Pakistan: A non-linear approach. *Carbon Manag*, 10 (3), 227–239.

Saadi Poor, A; Damankeshideh, M; & Shojayi, M. (2012). The analysis of impact of information and communication technology on CO2 emission; Across- country study. Master's thesis. Islamic Azad University. (In Persian).

Shahbaz, M; Nasreen, S; Abbas, F; & Anis, O. (2015). Does foreign direct investment impede environmental quality in high-, middle-, and lowincome countries? *Energ. Econ*, 51, 275–287.

Shahbaz, M; Shahzad, S. J. H; & Mahalik, M. K. (2018). Is globalization detrimental to CO2 emissions in Japan? New threshold analysis. *Environmental Modeling & Assessment*, 23(5), 557-568.

Sikder, M; Wang, C; Yao, X; Huai, X; Wu, L; KwameYeboah, F; & Dou, X. (2022). The integrated impact of GDP growth, industrialization, energy use, and urbanization on CO2 emissions in developing countries: Evidence from the panel ARDL approach. *Science of the Total Environment*, 155795.

Stern, D. I. (2000). A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy. *Energy economics*, 22(2), 267-283.

Wang, Y; & Huang, Y. (2022). Impact of foreign direct investment on the carbon dioxide emissions of East Asian Countries based on a panel ARDL method. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 937837.

Weili, L; Khan, H; & Han, L. (2022). The impact of information and communication technology, financial development, and energy consumption on carbon dioxide emission: evidence from the Belt and Road countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(19), 1-16.

Yi, L. & Thomas, H. R. (2007). A review of research on the environmental impact of e-business and ICT. *Environment International*, 33 (6), 841-849.

Zeng, K; & Eastin, J. (2012). Do developing countries invest up? The environmental effects of foreign direct investment from less-developed countries. *World Development*, 40 (11), 2221–2233.

#### COPYRIGHTS



This license allows others to download the works and share them with others as long as they credit them, but they can't change them in any way or use them commercially.