نشریه علمی پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)
مقاله پژوهشی/ سال X، شماره X ،فصل X ص: -

تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر ردپای اکولوژیکی در کشورهای صادرکننده نفت[1]

فاطمه آریان فر[2]
زهرا(میلا) علمی[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۱۲

چکیده

رشد چشمگیر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) جنبه‌های مختلف زندگی از جمله محیط‌زیست را تحت تأثیر قرار داده است. با توجه به اهمیت کیفیت محیط‌زیست و درهم‌آمیختگی زندگی بشر با فناوری اطلاعات و ارتباطات(ICT)، این مطالعه به بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات، شاخص پیچیدگی اقتصادی، تولید ناخالص داخلی سرانه، توسعه مالی، صادرات و رشد جمعیت بر ردپای اکولوژیکی سرانه(EF) به عنوان شاخصی جامع‌تر برای کیفیت محیط‌زیست نسبت به CO2 در کشورهای منتخب صادرکننده نفت طی دوره ۲۰۰۶-۲۰۲۰ می‌پردازد. نتایج برآورد با روش گشتاورهای تعمیم‌یافته نشانگر وجود رابطه U معکوس بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و ردپای اکولوژیکی سرانه است. هم‌چنین، نتایج حاکی از رابطه مثبت و معنی‌دار بین تولید ناخالص داخلی سرانه، توسعه مالی و رشد جمعیت با ردپای اکولوژیکی است. طبق بررسی شاخص پیچیدگی اقتصادی و صادرات کالاها و خدمات با ردپای اکولوژیکی رابطه منفی و معنی‌دار داشته است.

واژگان کلیدی: فناوری اطلاعات و ارتباطات(ICT) ، ردپای اکولوژیکی سرانه، تولید ناخالص داخلی سرانه، شاخص پیچیدگی اقتصادی، روش گشتاورهای تعمیم یافته.
طبقه‌بندی JEL: C23, O32, Q43, Q51

۱. مقاله حاضر، از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول به راهنمایی دکتر زهرا (میلا) علمی استخراج شده است.

۲. کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، ایران.
fatemeh.s.arianfar@gmail.com
۳. استاد گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، ایران. (نویسنده مسئول)
z.elmi@umz.ac.ir

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

۱. مقدمه

پایداری اقتصادی از طریق فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) موضوعی پیچیده است که بحث‌های جالبی را در میان محققان ایجاد می‌کند. اهمیت فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار مشخص است. با توجه به مسیر رشد اقتصادی که کشورهای سراسر جهان به آن دست یافته‌اند، نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات به عنوان یک نوآوری توانمندساز شناخته می‌شود. استفاده مؤثر از این فناوری، پایه‌های اقتصادهای در حال توسعه را برای تقلید از دانش و اطلاعات، بهبود اتصال در سراسر جهان، که رقابت‌پذیری آن‌ها را از طریق سرریزهای فناوری افزایش می‌دهد، تعیین می‌کند(سینها و همکاران[1]، ۲۰۲۰). اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط‌زیست یکی از موضوعات پیچیده و چندوجهی است که می‌تواند هم اثر مثبت و هم اثر منفی بر پایداری محیط‌زیست داشته باشد. در واقع این فناوری همانند یک چاقوی دولبه است. از یکسو به کارگیری تجهیزات ICT موجب کاهش نیاز به منابع زیست محیطی و هم‌چنین کاهش خسارت به محیط‌زیست می‌شود. از سوی دیگر، تجهیزات فناوری اطلاعاتی و ارتباطی مانند کامپیوتر معمولاً از مواد زیان‌آور شیمیایی ساخته می‌شود که می‌تواند آثار مخربی بر محیط‌زیست داشته باشد. بر این اساس، این تحقیق تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات را بر تخریب یا عدم تخریب محیط‌زیست کشورهای منتخب صادرکننده نفت اوپک و اوپک پلاس بررسی می‌کند.

هدف نهایی توسعه پایدار بهبود رفاه انسان و همچنین جلوگیری از بدتر شدن کیفیت محیطی و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع طبیعی است(دا سیلوا و همکاران[2]، ۲۰۲۰). با این وجود، علیرغم سهم غیرقابل انکار رفاه اکولوژیکی به عنوان بخش حیاتی از رفاه انسان، چالش‌های زیست محیطی با تقاضای انسان برای استانداردهای زندگی بالاتر تشدید شده است(لی و همکاران[3]،۲۰۲۲؛ آبید و همکاران[4]،۲۰۲۰). بنابراین، نیاز فوری به تعادل پایداری زیست‌محیطی با فعالیت‌های اقتصادی، در کشورهای در حال توسعه که عملکرد زیست‌محیطی کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد وجود دارد.

کشورهای صادرکننده نفت عضو اوپک و اوپک پلاس از جمله کشورهایی هستند که کمترین عملکرد زیست محیطی را دارند. این کشورها دارای منابع طبیعی فراوان همچون ذخایر گاز و نفت هستند که صادرات آن بخش قابل توجهی از نقدینگی بودجه آنها را تأمین می‌کند. این امر باعث ایجاد پتانسیل بالایی برای رقابت در میان کشورهای صادرکننده نفت برای صادرات بیشتر منابع طبیعی خود به منظور مدیریت اقتصاد خود می‌شود(آقا حسینی و همکاران[5]،۲۰۲۰؛ گوروس و آیدین[6]، ۲۰۱۹). از این‌رو، تخریب محیط‌زیست در کشورهای صادرکننده نفت وخیم‌تر و هشدار دهنده بوده است که اگر

1. Sinha et al. (2020)
2. Da Silva et al. (2020)
3. Li et al. (2022)
4. Abid et al. (2020)
5. Aghahosseini et al. (2020)
6. Gorus & Aydin (2019)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

عوامل تعیین کننده تخریب محیط‌زیست شناسایی و مدیریت نشوند، آن جوامع در آینده نزدیک با کمبود شدید منابع زیست‌محیطی مواجه خواهند شد. اگرچه به نظر می‌رسد مطالعات متعددی که برای تعیین تخریب محیط‌زیست انجام شده، در پرداختن به مسائل زیست محیطی در کشورهای صادرکننده نفت مفید واقع شده باشد، اما هنوز هم نتیجه گیری یکسانی از مطالعات انجام شده بدست نیآمده است که دلایل متعددی می‌تواند داشته باشد. اول اینکه عوامل زیادی به طور مستقیم و غیرمستقیم در شرایط محیطی دخالت دارند. در حالی که برخی از آن عوامل به ویژه عوامل اقتصادی مانند تولید ناخالص داخلی به خوبی مورد مطالعه و بحث قرار گرفته‌اند، برخی دیگر مانند پیچیدگی اقتصادی و گسترش فناوری کمتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. به ندرت می‌توان مطالعاتی را یافت که متغیرهایی در ابعاد مختلف مانند ردپای اکولوژیکی سرانه و فناوری اطلاعات و ارتباطات در تبیین تخریب محیط‌زیست داشته باشد. بنابراین، بررسی چگونگی تأثیر آن عوامل بر محیط‌زیست کشورهای اوپک و اوپک پلاس ضروری است. دوم، از آنجایی که مناطق مختلف دارای فراوانی، در استفاده از منابع طبیعی دارای عملکرد متفاوتی هستند، عواملی که بر شرایط محیطی در کشورهای مختلف تأثیر می‌گذارند متفاوت است. سوم، اثرات زیست محیطی عوامل به خوبی تعریف شده، از جمله باز بودن تجارت و شهرنشینی، به طور متفاوتی مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین، مطالعات قبلی را نمی‌توان برای روشن کردن چگونگی تأثیر منحصر به فرد این عوامل بر کشورهای صادرکننده نفت اوپک و اوپک پلاس استفاده کرد.

علاوه بر این، تلاش پژوهشی ما با مطالعات موجود متفاوت است. اول، علیرغم بسیاری از مطالعات قبلی، در این مطالعه از ردپای اکولوژیکی (EF) که توسط واکرناگل و ریس[1] (۱۹۹۸) به عنوان شاخص تخریب محیطی معرفی شده، استفاده شده است که یک شاخص کلی‌نگر برای اندازه‌گیری اثرات فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست است. از جمله دلایل انتخاب این مسئله می‌توان به این نکته اشاره کرد که شاخص‌های دیگر تخریب محیط‌زیست مانند آلودگی هوا، آلودگی آب، جنگل‌زدایی و ... فقط جزء کوچکی از تخریب محیط‌زیست می‌باشند، درحالی که شاخص ردپای اکولوژیکی از مؤلفه‌های مختلفی مانند زمین‌های زراعی، چراگاه‌ها، مناطق ماهیگیری، جنگل‌ها، ردپای کربن و زمین‌های ساخته شده که به نسبت شاخص جامع‌تری می‌باشد. ردپای اکولوژیکی شاخصی است که نرخ مصرف منابع و تولید ضایعات توسط انسان را با نرخ باز تولید منابع و دفع ضایعات توسط زیست کره مقایسه می‌کند که بر اساس مقدار زمین مورد نیاز برای نگه داشتن این چرخه تعریف می‌شود. در واقع این شاخص نشان می‌دهد که چه مقدار آب و زمین‌های حاصل‌خیز استفاده شود تا منابع مصرفی مورد نیاز انسان‌ها تولید و هم‌چنین ضایعات حاصل از آنها دفع شود(مونفردا و همکاران[2]، ۲۰۰۴). معمولاً این متغیر در هکتار جهانی (gha) سرانه اندازه‌گیری می‌شود.

بنابراین با توجه به دیدگاه‌های متفاوت درخصوص تأثیر ICT بر کیفیت محیط‌زیست کشورهای در

1. Wackernagel and Rees (1998)
2. Monfreda et al. (2004)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

حال توسعه، در این مطالعه به آزمون فرضیه U معکوس بین ICT و سرانه ردپای اکولوژیکی در کشورهای منتخب اوپک و اوپک پلاس (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، آمار توصیفی متغیرهای مدل ارائه می‌شود. سپس نتایج تخمین الگوی به روش گشتاورهای تعمیم‌یافته تفسیر می‌شود. پایان بخش این مقاله جمع‌بندی و ارائه پیشنهاد است.

۲. مبانی نظری

عصر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) از اوایل دهه ۱۹۹۰ آغاز شد و به‌طور مداوم تمام جنبه‌های زندگی انسان را تغییر داد. این فناوری به عنوان ابزاری نیرومند در جهت توسعه زندگی آینده با نزدیک کردن فرهنگ‌ها و جوامع به یکدیگر، حذف مرزهای جغرافیایی و افزایش فعالیت‌های اقتصادی مانند سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی(FDI) ، پیچیدگی‌های اقتصادی و باز بودن تجارت ظاهر شد(آتسو و همکاران[1]،۲۰۲۱؛ آووم و همکاران[2]،۲۰۲۰). هم‌چنین نقشی که ICT در رشد درآمد سرانه، افزایش کارایی بازارها و مؤسسات، افزایش درآمدزایی، کاهش نوسانات قیمت، کاهش هزینه‌های مبادله و کاهش بیکاری دارد غیرقابل انکار است (بالسالوبر-لورنته و همکاران[3]،۲۰۲۲).

بهره‌گیری از قابلیت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات در عرصه‌های مختلف و فزونی روزافزون استفاده از آن در فعالیت روزمره انسان، تبعات قابل توجهی در حوزه محیط‌زیست از خود به جای گذاشته و می‌گذارد. بنابراین، درک پیامدهای زیست‌محیطی استفاده از اینترنت، تلفن‌های همراه و کالاهای پیچیده در عصر دیجیتال حیاتی است. فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌تواند الگوی مصرف و تولید را با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و بهداشتی تغییر دهد تا به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند. علاوه بر این، ICT می‌تواند آگاهی عمومی را در مورد مسائل تخریب محیط‌زیست افزایش دهد زیرا می‌تواند بر تصمیم گیرندگان و عموم مردم تأثیر بگذارد(پوری و هیلتی،[4]۲۰۱۸؛ بیزر و هیلتی[5]،۲۰۱۸).

در ادبیات محیط‌زیست و مطالعات تجربی، رابطه ICT و انتشار کربن به عنوان شاخص تخریب محیط‌زیست، دو رویکرد متضاد وجود دارد و این رویکردهای متضاد با سه نتیجه متفاوت شکل می‌گیرند. در رویکرد اول بیان شده است که ICT باعث کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کمک مثبت به محیط‌زیست می‌شود. به عنوان مثال، تعداد ایمیل‌های ارسالی، مصرف کاغذ را کاهش می‌دهد و به محیط‌زیست کمک می‌کند. به طور مشابه، تجارت الکترونیک و شیوه‌های بانکداری الکترونیکی

1. Atsu et al. (2021)
2. Avom et al. (2020)
3. Balsalobre-Lorente et al. (2022)
4. Pouri and Hilty (2018)
5. Bieser and Hilty (2018)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

آسیب‌های زیست محیطی را کاهش می‌دهد (بکارو و همکاران[1]، ۲۰۱۶). با توجه به این اثر که به عنوان اثر جایگزینی بیان می‌شود، عملیات انجام شده از طریق اینترنت باعث کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش انتشار کربن می‌شود(شعبانی و شهبازی[2]، ۲۰۱۹). با توجه به اینکه نرخ گسترش اینترنت در آینده افزایش خواهد یافت، مهم است تعیین اثرات زیست محیطی ناشی از استفاده از اینترنت در رویکرد دوم بیان می‌شود که فناوری اطلاعات و ارتباطات به عنوان تولید بر محیط‌زیست تأثیر منفی می‌گذارد و استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات مستلزم مصرف انرژی خواهد بود.

آخرین اثر این رویکرد، که بیان می‌کند ICT باعث افزایش مصرف انرژی و انتشار کربن می‌شود، اثر هزینه مربوط به اثر افزایش تقاضای فناوری اطلاعات و ارتباطات بر روی سایر محصولات است. بر این اساس، استفاده گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات باعث افزایش تقاضا برای محصولات در سایر بخش‌ها و در نتیجه افزایش مصرف انرژی و انتشار کربن در این بخش‌ها می‌شود (شعبانی و شهنازی،۲۰۱۹). به طور کلی، سرمایه‌گذاری‌های ICT دو پیامد متناقض بر مصرف انرژی دارند. اولین مورد کاهش مصرف انرژی با شکل‌گیری فرآیندهای تولید فناوری جدید و جایگزینی با فناوری قدیمی است. بنابراین این فرآیند نوآوری، باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود. نتیجه دوم وجود تجهیزات ICT مستلزم استفاده از انرژی و تخریب محیط‌زیست است. اینکه آیا این نتایج متناقض به سطح توسعه کشورها بستگی دارد و اینکه چگونه استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات در آینده بر محیط-زیست تأثیر می‌گذارد، همچنان از موضوعات بحث برانگیز در مطالعات عصر حاضر می‌باشد.

از جمله عوامل تأثیرگذار دیگر بر روی کیفیت محیط‌زیست می‌توان به پیچیدگی اقتصادی اشاره کرد. یکی از جدیدترین شاخص‌های منعکس کننده میزان دانش و تکنولوژی به کار رفته در ساختار تولید یک کشور، شاخص پیچیدگی اقتصادی است. این شاخص در تلاش برای توضیح تفاوت در رشد اقتصادی کشورهای مختلف توسط هیدالگو و هاسمن[3] (۲۰۰۹) ارائه شد.

بر خلاف نظریات متفاوت رشد که تفاوت رشد اقتصادی کشورها را در میزان تولید کالاها و خدمات، بدون توجه به ساختار تولید آن در نظر می‌گیرد، به عقیده هیدالگو و هاسمن، ثروت کشورها ارتباط نزدیکی با ساختار اقتصادی آنها دارد. مشاهدات تجربی در سال‌های گذشته مخالف با نظریات متداول رشد اقتصادی بوده است. به عنوان مثال، کشورهایی که از نظر منابع طبیعی بسیار غنی هستند، نتوانسته‌اند بیشتر از کشورهایی با منابع محدود، شاهد رشد اقتصادی باشند. در مقابل کشورهایی مثل کره جنوبی و تایوان با صادرات کالاهایی که دارای ماهیت متفاوت از صادرات ونزوئلا و نیجریه بوده‌اند، توانسته‌اند به رشد بالایی دست یابند. بنابراین نوع کالای تولید شده می‌تواند دارای اهمیت باشد (هیدالگو[4]،۲۰۰۹).

1. Bekaroo et al. (2016)
2. Shabani & Shahnazi (2019)
3. Hidalgo & Hausmann (2009)
4. Hidalgo (2009)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

برای حل این مشکل، آنها با استفاده از اطلاعات تجارت خارجی کشورها، شاخص پیچیدگی اقتصادی را برای هر کشور محاسبه کردند. این شاخص میزان سطح تکنولوژی، دانش و مهارت در اختیار یک کشور را با استفاده از متنوع بودن و پیچیده بودن محصولات صادراتی نشان می‌دهد(هیدالگو و هاسمن،۲۰۰۹). شاخص پیچیدگی اقتصادی، نشان‌دهنده ظرفیت‌های موجود در ساختار تولید یک کشور می‌باشد(هاسمن و همکاران[1]،۲۰۱۴). به همین دلیل در گروهی از مطالعات در سال‌های اخیر به عنوان معیار پیشرفت فناوری، از آن استفاده می‌شود(نیگو و تئودور[2]،۲۰۱۹). بسیاری از محققان بر این باورند که نوآوری‌های تکنولوژیکی و استفاده از عوامل تولید با تکنولوژی بالاتر، می‌تواند کارایی انرژی را بهبود ببخشد. همچنین یک ساختار پیچیده‌تر تولید، کشور را قادر می‌سازد که در فعالیت‌های تولیدی خود، بهره‌وری بالاتری را تجربه نماید. در نتیجه می‌تواند مصرف انرژی را برای مقدار مشخصی از تولید کاهش دهد و انتشار آلایندگی را کمتر کند(احمد و ارشدخان[3]، ۲۰۰۹).

مطالعات بسیاری تاکنون اثر عواملی نظیر رشد اقتصادی، مصرف انرژی، و تجارت خارجی و همچنین رشد جمعیت را بر روی میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی، به ویژه کربن دی اکسید مورد بررسی قرار دادند. توسعه مالی یکی دیگر از عواملی است که چنانچه اثر آن توأم با رشد اقتصادی بر روی میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی مورد بررسی قرار گیرد، می‌توان شاهد تفاوت معناداری در نتایج تحقیق بود. تمازیان و همکاران[4](۲۰۰۹) نشان دادند که با توسعه مالی تمایل بیشتری به تأمین بودجه فناوری‌های سبز برای حفاظت از انرژی و کاهش انتشار وجود دارد. از یک سو به عنوان بخش مهمی از توسعه اقتصادی، بازارهای مالی توسعه‌یافته به شرکت‌ها این امکان را می‌دهند که از منابع مالی برای خرید تسهیلات تولیدی و سرمایه‌گذاری در پروژه‌های جدید، افزایش استفاده از انرژی و گسترش انتشار کربن بهره کامل ببرند. از سوی دیگر هر چه بازار مالی توسعه یافته‌تر باشد، مصرف انرژی سنتی بیشتر و بهبود کیفیت محیط‌زیست کمتر می‌شود. جهانی شدن منابع طبیعی را برای دستیابی به رشد اقتصادی از بین خواهد برد. به طور مثال زکریا و بی بی[5] (۲۰۱۹) با مطالعه بر کشورهای جنوب آسیا دریافتند که توسعه مالی باعث تخریب محیط زیست در منطقه شده است که نشان می‌دهد در کشورهای جنوب آسیا گسترش توسعه مالی در جهت بهبود فناوری استفاده نشده است بلکه برای سرمایه‌گذاری بیشتر استفاده شده است.

در ادبیات اقتصاد محیط‌زیست، جمعیت یکی از عوامل آلوده‌کننده محیط‌زیست به شمار می‌رود. زیرا با افزایش جمعیت، تقاضا برای زمین‌های کشاورزی، منابع انرژی، منابع آبی و ... افزایش یافته و این امر، از بین رفتن جنگل‌ها و مراتع، کاهش حاصلخیزی زمین‌های کشاورزی و آلودگی محیط‌زیست را در پی خواهد داشت. رشد سریع جمعیت شهرنشینی سبب گسترش فعالیت‌های اقتصادی و افزایش

1. Hausmann et al. (2014)
2. Neagu & Teodoru (2019)
3. Ahmed & ArshadKhan (2009)
4. Tamazian et al. (2009)
5. Zakaria& Bibi (2019)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

روند روزافزون مصرف منابع و انرژی می‌شود. جمعیت بیشتر به محصولات بیشتر نیازمند است. تولید بیشتر به ایجاد مشاغل بیشتر می‌انجامد. افزایش اشتغال و تولید، به افزایش گازها و آلاینده‌های زیست محیطی منجر می‌شود(فطرس،۱۳۸۵).

۳. پیشینه پژوهش

در مورد تاثیر ICT بر عملکرد زیست‌محیطی در داخل و خارج از کشور مطالعاتی صورت گرفته است. در برخی از این مطالعات از CO2 و در برخی از EF به عنوان عملکرد زیست محیطی استفاده شده‌است. در ارتباط تاثیر ICT بر انتشار کربن دی اکسید به عنوان شاخص عملکرد زیست محیطی براساس نتایج حاصل، سه دسته‌بندی می‌توان انجام داد:

دسته اول مطالعاتی هستند که بر رابطه مثبت بین ICT و انتشار کربن دی اکسید صحه می‌گذارند. به عنوان مثال، رحیم و همکاران[1] در سال ۲۰۲۰ برای کشورهای G7 نشان دادند که ICT در بلندمدت اثر مثبتی بر انتشار کربن دارد. خان و همکاران[2] در سال ۲۰۱۸ با استفاده از برآوردگرهای میان گروهی و میان گروهی تعمیم یافته نتیجه گرفتند که ICT تاثیر آلوده کننده‌ای بر محیط‌زیست کشورهای نوظهور با درآمد بالا دارد. کیم[3] در سال ۲۰۲۲ با مطالعه کشورهای OECD، پیشرفت ICT را به عنوان عاملی در افزایش انتشار CO2 در بلندمدت می‌داند. از مطالعات انجام گرفته در ایران می‌توان به مطالعه سعدی پور در سال ۱۳۹۰ برای کشورهای منتخب OECD اشاره کرد، طبق نتایج این بررسی تعداد خطوط تلفن ثابت اثر مثبت و معناداری بر انتشار CO2 داشته است. بر اساس مطالعه فلاحی و همکاران در سال ۱۳۹۱ با استفاده از روش هم انباشتگی ARDL، خطوط تلفن ثابت و همراه بر کیفیت محیط‌زیست اثر مثبت دارد. هم‌چنین مطالعه مشایخی و همکاران در سال ۱۴۰۰، با استفاده از آزمون همجمعی جوهانسون- جوسیلوس نشان‌داد که شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات بر شاخص بهره‌وری سبز در ایران اثر مثبت دارد.

دسته دوم مطالعاتی هستند که بر رابطه منفی بین ICT و انتشار کربن دی اکسید صحه می‌گذارند. برای مثال مطالعه هالدر و ستی[4] در سال ۲۰۲۲ برای ۱۶ کشور در حال ظهور از این دسته مطالعات است. از مطالعات داخلی می‌توان به مطالعه دیزجی و همکاران در سال ۱۳۹۱ برای کشورهای منا با استفاده از داده‌های تابلویی اشاره کرد. طبق این بررسی اثر خطوط تلفن ثابت بر کیفیت محیط‌زیست منفی است. هم‌چنین پروین شعار گنگچین (۱۳۹۳)، در پایان‌نامه خود اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط‌زیست کشورهای عضو منا با استفاده از روش داده‌های تابلویی پویا و ایستا طی دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ بررسی نمود. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده تأثیر منفی ICT بر انتشار آلودگی در این کشورها می‌باشد.

1. Raheem et al. (2020)
2. Khan et al. (2018)
3. Kim (2022)
4. Haldar and Sethi (2022)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

سومین دسته، مطالعاتی هستند که یک اثر غیرقطعی فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار کربن دی اکسید را مستند می‌کنند. برای مثال، امیری و همکاران[1] در ۲۰۱۹ نتیجه گرفتند که ICTها تأثیر ناچیزی بر انتشار کربن دی اکسید در تونس دارند. در سال ۲۰۱۸ آسونگو و همکاران[2] نشان دادند که ICT تأثیر ناچیزی بر انتشار کربن دی‌اکسید در ۴۴ کشور جنوب صحرای آفریقا دارند. در سال ۲۰۱۹ شعبانی و شهبازی با مطالعه تأثیر بخشی فناوری اطلاعات و ارتباطات بر CO_2 در ایران نتیجه گرفتند که فناوری اطلاعات و ارتباطات، انتشار کربن دی‌اکسید را در بخش صنعت هدایت می‌کند، در حالی که عکس این موضوع در بخش حمل و نقل وجود دارد. نتایج مطالعه تجربی هیگون و همکاران[3] (۲۰۱۷) با استفاده از نمونه‌ای از ۱۴۲ کشور تایید می‌کند که رابطه بین ICT و انتشار CO_2 یک رابطه U شکل معکوس است. ندری و همکاران[4] (۲۰۲۱) مدل ARDL پانل را بر روی یک نمونه از ۵۸ کشور در حال توسعه، دریافتند که ICT کیفیت زیست محیطی را در کشورهای در حال توسعه کم درآمد بهبود می‌بخشد، در حالی که در کشورهای در حال توسعه با درآمد بالا تأثیر ناچیزی دارند. در سال ۲۰۲۰ خان و همکاران[5] تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار کربن دی اکسید را برای گروهی متشکل از ۹۱ کشور توسعه یافته و در حال توسعه در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۷ با استفاده از روش داده‌های تابلویی بررسی نمودند و نشان دادند که فناوری اطلاعات و ارتباطات، پایداری زیست محیطی را در کشورهای توسعه یافته بهبود می‌بخشد در حالی که کیفیت زیست محیطی را در کشورهای در حال توسعه بدتر می‌کند. در مطالعات داخلی جعفری پرویزخانلو و همکاران (۱۳۹۹) دریافتند رابطه بین ICT و CO_2 در کشورهای حوزه خلیج فارس با استفاده از روش داده‌های تابلویی، به شکل U معکوس بوده‌است.

در هر سه دسته از مطالعات انجام گرفته در داخل کشور برای بررسی اثرگذاری ICT بر انتشار CO_2 از یک بعد فناوری اطلاعات و ارتباطات (به طور مثال ضریب نفوذ اینترنت) استفاده کرده‌اند در حالی‌که در مطالعه حاضر، از شاخص ترکیبی فناوری اطلاعات و ارتباطات که از روش مؤلفه اصلی به دست آمده استفاده می‌شود که در واقع محاسبه این شاخص ترکیبی به جای استفاده تکی از هر یک از مؤلفه‌های مورد استفاده ICT، از نوآوری این مطالعه است.

در ادامه مروری کوتاه بر اثرگذاری ICT بر ردپای اکولوژیکی به عنوان شاخصی برای عملکرد زیست‌محیطی ارائه می‌شود.

۳-۱. مطالعات انجام شده در داخل کشور

مولائی و بشارت (۱۳۹۴) به بررسی ارتباط بین تولید ناخالص داخلی و رد پای اکولوژیکی به عنوان شاخص زیست محیطی پرداختند. هدف بررسی رابطه بلندمدت و کوتاه مدت تولید ناخالص داخلی

1. Amiri et al. (2019)
2. Asongu et al. (2018)
3. Higón et al. (2017)
4. N'dri et al. (2021)
5. Khan et al. (2020)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

سرانه و رد پای سرانه اکولوژیکی در ایران در بازه زمانی ۲۰۱۱- ۱۹۶۵ بوده است. بدین منظور از مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی گسترده استفاده شد. نتایج نشان داد افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه هم در کوتاه مدت هم در بلندمدت تاثیر مثبتی بر ردپای اکولوژیکی سرانه دارد.

اتحاد (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای به بررسی فرضیه زیست محیطی کوزنتس (EKC) در ایران با استفاده از داده‌های سری زمانی ۱۳۹۱-۱۳۵۰ پرداخته است. هم‌چنین در این مطالعه ارتباط کوتاه‌مدت و بلندمدت میان ردپای اکولوژیکی و توسعه اقتصادی نیز بررسی شده است. نتایج برآورد به روش OLSنشان داد ضریب مجذور تولید ناخالص داخلی کشور منفی بوده اما نظر آماری معنی‌دار نبوده است. به عبارتی، فرضیه زیست محیطی کوزنتس برای ایران برقرار نمی‌باشد. نتایج برآورد مجدد بعد از حذف متغیر مجذور تولید ناخالص داخلی نشان داد تولید ناخالص داخلی، کل مصرف انرژی و جمعیت شهرنشینی با تاثیر مثبت خود بر ردپای اکولوژیکی سبب افزایش آسیب‌های زیست محیطی می‌شوند و توسعه اعتبارات اعطایی داخلی به بخش خصوصی، تخریب محیط‌زیست را کاهش می‌دهد.

طرازکار و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای با عنوان «اثر رشد اقتصادی بر پایداری محیط‌زیست در ایران: کاربرد شاخص ردپای بوم شناختی» اثر رشد اقتصادی بر پایداری محیط‌زیست را در ایران را برای دوره ۲۰۱۳-۱۹۸۵ مورد بررسی قرار دادند و روابط کوتاه مدت و بلندمدت ردپای اکولوژیکی و تولید ناخالص داخلی سرانه، مصرف سرانه انرژی، تراکم جمعیت و آزادسازی تجاری را با استفاده از روش خود رگرسیون با وقفه توزیعی (ARDL) مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج، رابطه رشد اقتصادی و رد پای بوم شناختی به‌صورت U معکوس بوده است. هم‌چنین ۱۰ درصد افزایش در تراکم جمعیت منجر به افزایش ۱۱/۲ و ۹/۶ درصدی ردپای بوم‌شناختی به ترتیب در کوتاه و بلندمدت می‌شود. علاوه بر این، آزادسازی تجاری در بلندمدت تاثیر مثبتی بر رد پای بوم‌شناختی دارد، حال آن‌که در کوتاه‌مدت تاثیر این متغیر معنی‌دار نیست. علاوه بر این، ۱۰ درصد افزایش در مصرف انرژی موجب افزایش ۴/۶ و ۳/۹ درصدی شاخص ردپای بوم شناختی در کوتاه و بلندمدت می‌شود.

مولائی و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی عوامل موثر بر ردپای اکولوژیکی و آزمون فرضیه پناهگاه آلودگی و فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس طی دوره ۲۰۱۱-۱۹۶۵ پرداختند. نتایج حاصل از برآورد به روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی نشان داد که درآمد سرانه، آزادسازی تجاری، توسعه بازارهای مالی و شهرنشینی هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت تاثیر مثبت و معنی‌دار و شاخص توسعه انسانی تاثیر منفی و معنی‌دار بر ردپای اکولوژیک سرانه دارند. هم‌چنین نتایج فرضیه پناهگاه آلودگی را تأیید می‌کنند؛ ولی فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس تأیید نمی‌شود و رابطه بین درآمد و ردپای اکولوژیکی به شکل N می‌باشد.

پارسا شریف و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی رابطه بلندمدت و کوتاه‌مدت متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه، مصرف انرژی، درجه باز بودن تجارت و توسعه مالی با ردپای اکولوژیکی سرانه با روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی تابلویی پرداختند. این مطالعه برای کشورهای منتخب عضو آسیا و اروپا در بازه زمانی ۲۰۱۳-۱۹۹۲، بوده‌است. براساس نتایج، بین ردپای اکولوژیکی سرانه و متغیرهای

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

مصرف انرژی، توسعه مالی و تولید ناخالص داخلی سرانه رابطه مثبت و متغیرهای تجارت و توان دوم تولید ناخالص داخلی سرانه رابطه منفی برقرار است. هم‌چنین، وجود منحنی محیط زیستی کوزنتس نیز تأیید گردید.

اصفهانی و همکاران (۱۴۰۱) به تحلیل ارتباط بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی، نرخ رشد فناوری و ردپای اکولوژیکی در ۲۷ کشور درحال‌توسعه و ۲۷ کشور توسعه‌یافته طی دوره زمانی ۲۰۱۸-۱۹۹۰ به روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی پرداختند. نتایج، حاکی از آن بود که در هر دو دسته از کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه، رشد اقتصادی با مصرف انرژی و شاخص ردپای اکولوژیکی، ارتباط متقابل داشته‌اند. مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر، نرخ شهرنشینی در هر دو گروه از کشورهای مورد بررسی، اثر مثبت و متغیرهای انرژی‌های تجدیدپذیر، نرخ رشد فنّاوری و سرمایه انسانی، اثر منفی بر ردپای اکولوژیکی داشته‌اند. رشد اقتصادی بر ردپای اکولوژیکی کشورهای توسعه‌یافته، اثر منفی و بر ردپای اکولوژیکی کشورهای درحال‌توسعه، اثر مثبت داشته است که حاکی از اتکای بیشتر کشورهای توسعه‌یافته، به مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر است. از طرفی، ردپای اکولوژیکی، اثر منفی و متغیرهای رشد اقتصادی، نرخ شهرنشینی و توسعه مالی، اثر مثبت بر مصرف انرژی هر دو گروه کشورهای مورد بررسی داشته‌اند. ردپای اکولوژیکی بر رشد اقتصادی کشورهای توسعه‌یافته، اثر منفی و بر رشد اقتصادی کشورهای درحال‌توسعه، اثر مثبت داشته است.

۳-۲. مطالعات انجام شده در خارج از کشور

مطالعه‌ای تحت عنوان«بررسی فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC) با استفاده از ردپای اکولوژیکی به عنوان شاخصی برای تخریب محیط‌زیست» برای ۹۳ کشور منتخب با سطح درآمد متفاوت، توسط آل-مولایی و همکاران[1] در سال ۲۰۱۵ انجام گردید. این مطالعه با استفاده از روش اثرات ثابت و گشتاورهای تعمیم یافته برای دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۸ تجزیه و تحلیل شد. نتایج برآورد به وجود رابطه U شکل معکوس بین ردپای اکولوژیکی و رشد تولید ناخالص داخلی تاکید می‌کند، که نشان‌دهنده تایید فرضیه EKC در کشورهای با سطح درآمد متوسط و بالا است.

مقاله‌ای با عنوان تجزیه و تحلیل منحنی زیست محیطی کوزنتس برای کشورهای اتحادیه اروپا: نقش ردپای اکولوژیکی توسط دستک و همکاران[2]در سال ۲۰۱۸ نگارش گردید. هدف، بررسی اعتبار فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس بر روی ردپای اکولوژیکی و بررسی مقایسه اثر نسبی مصرف انرژی تجدیدپذیر و غیر قابل تجدید بر آلودگی محیط‌زیست برای دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۳ در ۱۵ کشور اتحادیه اروپا بوده است. طبق روش برآورد میانگین گروهی تعمیم‌یافته[3] و روش حداقل مربعات معمولی و حداقل مربعات پویا رابطه U شکل بین درآمد سرانه و ردپای اکولوژیکی وجود دارد علاوه بر این،

1. Al-Mulali et al. (2015)
2. Destek et al. (2018)
3. Augmented Mean Group

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

نتایج حاکی از کاهش ردپای زیست محیطی در نتیجه مصرف انرژی تجدیدپذیر و باز بودن تجارت است در حالی که مصرف انرژی غیر قابل تجدید آلودگی محیط‌زیست را افزایش می‌دهد.

اثرات فناوری اطلاعات و ارتباطات، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و غیر قابل تجدید، توسعه مالی و رشد اقتصادی بر محیط‌زیست در ۱۰ کشور با بیشترین تخریب محیط‌زیست (به عنوان مثال، چین، برزیل، آلمان، اندونزی، هند، ژاپن، مکزیک، روسیه، ایالات متحده آمریکا و بریتانیا) توسط چائلار و همکاران[1] (۲۰۲۱) بررسی گردید. نتایج برآورد به روش Panel ARDL نشان می‌دهد که افزایش مصرف انرژی تجدیدناپذیر منجر به زوال زیست‌محیطی می‌شود در حالی که مصرف انرژی تجدیدپذیر، فناوری اطلاعات و ارتباطات و توسعه‌های مالی وخامت محیط‌زیست در این کشورها را کاهش می‌دهد. در این مطالعه، فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس مورد تایید قرار نگرفت.

بررسی اثر انرژی‌های تجدیدپذیر، فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات، ثبات دولت و تولید ناخالص داخلی بر روی ردپای زیست محیطی در کشورهای G11 در بازه زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۰ توسط محمود و همکاران[2] (۲۰۲۲) انجام گرفت. نتایج نشان داد که انرژی‌های تجدیدپذیر، فناوری اطلاعات و ارتباطات و ثبات دولت از عوامل ضروری در کاهش آلودگی زیست‌محیطی در کشورهای مورد مطالعه هستند. طبق بررسی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر کیفیت هوا را بهبود می‌بخشد و محیط طبیعی را از تخریب بیشتر نجات می‌دهد.

تأثیر فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات، انرژی سبز (انرژی‌های تجدیدپذیر و مصرف برق الکتریکی) و فعالیت‌های اقتصادی (بهره‌وری کل عوامل TFP) بر کیفیت محیطی (EFP) در عربستان سعودی توسط کاهولی و همکاران[3] (۲۰۲۲) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج با استفاده از تکنیک هم‌جمعی جوهانسن و روش تصحیح خطای برداری نشان داد یک ارتباط منفی و معنی‌دار بلندمدت بین انرژی‌های تجدیدپذیر، مصرف برق، تجارت فناوری، بهره‌وری کل عوامل و EFP وجود دارد. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که بین ICT و EFP در کوتاه‌مدت رابطه منفی و معناداری وجود دارد.

تأثیر پیچیدگی اقتصادی، فناوری اطلاعات و ارتباطات، نرخ باروری بر ردپای اکولوژیکی کشورهای در حال ظهور با استفاده از رگرسیون پانل چندکی طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ توسط کاظم‌زاده و همکاران[4] در سال ۲۰۲۳ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که ICT در همه چندک‌ها از نظر آماری اثر منفی معنی‌داری بر ردپای اکولوژیکی دارد. هرچند در مقایسه با سایر متغیرها چون پیچیدگی اقتصادی و نرخ باروری تأثیر کمتری بر ردپای اکولوژیکی دارد. پیچیدگی اقتصادی، برای تمام سطوح کمیت به جز چندک دهم، تأثیر منفی و معنی‌دار آماری بر ردپای اکولوژیکی دارد.

در جمع‌بندی مطالعات انجام گرفته در ارتباط با تاثیر ICT بر عملکرد زیست محیطی می‌توان به دو دسته اثرات مثبت و منفی ICT بر ردپای اکولوژیکی اشاره کرد. در مطالعات داخل کشور اصفهانی و

1. Caglar et al. (2021)
2. Mehmood et al. (2022)
3. Kahouli et al. (2022)
4. Kazemzadeh et al. (2023)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

همکاران (۱۴۰۱) اثر نرخ رشد فنّاوری بر ردپای اکولوژیکی با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی بررسی کردند. طبق این بررسی رابطه‌ای منفی بین این دو متغیر وجود دارد. در مطالعات خارجی، چائلار و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از روش ARDL نشان دادند فناوری اطلاعات و ارتباطات وخامت محیط‌زیست در ۱۰ کشور چین، برزیل، آلمان، اندونزی، هند، ژاپن، مکزیک، روسیه، ایالات متحده آمریکا و بریتانیا را کاهش می‌دهد. مطالعه محمود و همکاران(۲۰۲۲) نشان می‌دهد که فناوری اطلاعات و ارتباطات باعث کاهش آلودگی زیست‌محیطی در کشورهای G11 می‌شود. هم‌چنین کونگبواماى و همکاران[1] در سال ۲۰۲۲ رابطه‌ای مثبت بین فناوری اطلاعات و ارتباطات با ردپای اکولوژیکی در کشورهای N-11 مشاهده کردند. در مقابل در مطالعه کاهولی و همکاران(۲۰۲۲) نشان دادند که در کشور عربستان سعودی بین ICT و کیفیت محیطی در کوتاه‌مدت رابطه منفی و معناداری وجود دارد. هم‌چنین کاظم‌زاده و همکاران در سال ۲۰۲۳ تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر ردپای اکولوژیکی کشورهای در حال ظهور را مورد مطالعه قرار دادند. طبق این بررسی فناوری اطلاعات و ارتباطات اثر منفی و معنی‌داری بر ردپای اکولوژیکی دارد.

تفاوت مقاله حاضر با مطالعات پیشین، این است که رابطه فناوری اطلاعات و ارتباطات بر ردپای اکولوژیکی سرانه به صورت غیرخطی بررسی شده است. هم‌چنین، متغیر فناوری اطلاعات و ارتباطات از روش مؤلفه اصلی بدست آمده است.

۴. روش شناسی پژوهش

در این بخش پژوهش، جهت بررسی تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر ردپای اکولوژیکی کشورهای منتخب صادرکننده نفت در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۰ (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 هیگون و همکاران (۲۰۱۷) و چائلار و همکاران(۲۰۲۱) است. البته لازم به ذکر است براساس جستجوی نویسندگان، در مطالعات گذشته رابطه غیر خطی میان ICT و رد پای اکولوژیکی بررسی نشده است. به عبارتی در این مطالعه فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس برای ICT مورد بررسی و آزمون قرار گرفته است.

$$EF_{it} = \alpha i + \beta_1 EF_{it-1} + \beta_1 ICT_{it} + \beta_2 ICT^2{}_{it} + \beta_3 GDPPC_{it} + \beta_4 FDB_{it} + \beta_5 ECI_{it} + \beta_6 UPOP_{it} + \beta_7 EX_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱)$$

که در آن:

EF_{it} : سرانه ردپای اکولوژیکی (هکتار جهانی به ازای هر نفر) متغیر وابسته و برگرفته از داده‌های وبگاه ردپای اکولوژیکی جهانی[2].

EF_{it-1} : وقفه اول متغیر وابسته

1. Kongbuamai et al. (2022)
2. https://www.footprintnetwork.org/

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

ICT_{it} : شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات (ساخت شاخص ترکیبی فناوری اطلاعات و ارتباطات از طریق روش مؤلفه اصلی: خطوط تلفن ثابت به ازای ۱۰۰ نفر، اشتراک تلفن همراه به ازای ۱۰۰ نفر، کاربران اینترنت، مشترکان پهنای باند اینترنت ثابت به ازای هر ۱۰۰ نفر). 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 ردپای اکولوژیکی وارد مدل شد. بر اساس مطالعه هیگون و همکاران (۲۰۱۷) که در آن $CO2$ به عنوان شاخص زیست محیطی بوده است، انتظار بر این است که یک رابطه U معکوس بین ICT و ردپای اکولوژیکی وجود داشته باشد.

$GDPPC_{it}$: تولید ناخالص داخلی سرانه[1](برابری قدرت خرید، به قیمت ثابت ۲۰۱۷) برگرفته از داده‌های بانک جهانی. انتظار بر این است طبق مطالعه سیکدر و همکاران[2](۲۰۲۲) یک رابطه مستقیم بین این دو متغیر وجود داشته باشد. در واقع رشد اقتصادی (افزایش درآمد در مراحل اولیه رشد) با ایجاد آلودگی و تشدید تخریب محیط‌زیست همراه باشد.

FDB_{it}: توسعه مالی[3] (اعتبارات داخلی به بخش خصوصی توسط بانک‌ها (درصد تولید ناخالص داخلی)) برگرفته از داده‌های بانک جهانی. انتظار براین است طبق مطالعه پارسا شریف و همکاران، (۱۴۰۱) رابطه مثبت بین توسعه مالی و ردپای اکولوژیکی وجود دارد.

ECI_{it}: شاخص پیچیدگی اقتصادی[4]برگرفته از داده‌های وبگاه اطلس پیچیدگی اقتصادی[5]. انتظار بر این است طبق مطالعه اکرام و همکاران[6](۲۰۲۱) افزایش پیچیدگی اقتصادی منجر به کاهش ردپای اکولوژیکی شود.

$UPOP_{it}$: رشد جمعیت شهری[7] برگرفته از داده‌های بانک جهانی. با توجه به جی و همکاران[8] (۲۰۲۳) انتظار بر آن است که رشد جمعیت بر ردپای اکولوژیکی اثر مثبت داشته باشد.

EX_{it}: صادرات کالاها و خدمات (درصدی از تولید ناخالص داخلی)[9] برگرفته از داده‌های بانک جهانی. با توجه به مطالعه بوزنیت و پابلو رومرو[10] (۲۰۱۶) انتظار بر آن است که صادرات باعث کاهش تخریب محیط‌زیست شود.

۱۶ کشور منتخب صادرکننده نفت(اوپک و اوپک پلاس) مورد بررسی بر اساس حداکثر داده موجود شامل الجزایر، آنگولا، آذربایجان، بحرین، گینه استوایی، گابن، ایران، قزاقستان، کویت، مالزی، مکزیک،

1. GDP per capita, PPP (constant 2017 international $)
2. Sikder et al. (2022)
3. Domestic credit to private sector by banks (% of GDP)
4. Economic Complexity Index
5. The Atlas of Economic Complexity
6. Ikram et al. (2021)
7. Urban population growth (annual %)
8. Jie et al. (2023)
9. Exports of goods and services (current US$)
10. Bouznit & Pablo-Romero (2016)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

نیجریه، عمان، روسیه، عربستان سعودی، امارات متحده عربی می‌باشد. این بررسی برای دوره ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۰ و برآورد مدل به روش گشتاورهای تعمیم‌یافته گسترش یافته توسط آرلانو و باند انجام گرفته است. قبل از برآورد الگو و ارائه آزمون‌های مرتبط با آن، یک توصیف داده‌ای برای واکاوی بهتر متغیرها صورت می‌گیرد.

۵. آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

جهت توصیف آماری، جداول ۱ و ۲ ارائه گردید. بر اساس جدول ۱، متوسط ردپای اکولوژیکی سرانه برای کشورهای مورد مطالعه ۴/۴۵ (هکتار جهانی به ازای هر نفر) بوده است. برای کشورهای بحرین، کویت، قزاقستان، عمان روسیه، عربستان سعودی و امارات متحده عربی ارقامی بالاتر از میانگین در پانل ثبت شده است. متوسط ردپای اکولوژیکی سرانه در دوره مورد بررسی برای ایران ۳/۱۷ هکتار جهانی بوده است. کمترین و بیشترین میانگین مقادیر مربوط به کشورهای نیجریه و امارات متحده عربی بوده است. بنابراین می‌توان گفت نیجریه از نظر آلایندگی در کشورهای مورد بررسی کمترین و امارات متحده عربی بیشترین نقش آفرینی را داشته است.

متوسط تولید ناخالص داخلی سالانه سرانه (به هزار دلار، برابری قدرت خرید ۲۰۱۷) در کشورهای مورد بررسی ۲۷/۳۳ هزار دلار بوده است. متوسط تولید ناخالص داخلی سرانه کشورهای بحرین، کویت، عمان، عربستان سعودی، امارات متحده عربی بالاتر از متوسط گروه بوده است. بر اساس داده‌های استخراج شده از بانک جهانی، متوسط تولید ناخالص داخلی سرانه در دوره بررسی برای ایران ۱۴/۵۵ هزار دلار بوده است.

متوسط شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشورهای مورد بررسی ۹۲/۹ بوده است. این عدد در کشورهای بحرین، قزاقستان، مالزی، کویت، عمان، روسیه، عربستان سعودی، امارات متحده عربی بالاتر از متوسط بوده است. متوسط شاخص ICT ایران معادل ۸۰/۶۱ بوده است.

متوسط صادرات کالاها و خدمات برای کشورهای مورد بررسی ۵۱/۱۸ درصد بوده است. کشورهای مالزی، کویت، گابن، گینه استوایی، مکزیک، عمان، امارات بیشتر از متوسط بوده است. متوسط صادرات برای ایران در دوره مورد مطالعه ۲۴/۲۳ درصد بوده است.

متوسط رشد جمعیت شهری برای کشورهای مورد بررسی ۳/۲۸ درصد بوده است. کشورهای آنگولا، بحرین، کویت، نیجریه، عمان، امارات بیشتر از متوسط بوده است. متوسط رشد جمعیت شهری برای ایران در دوره مورد ۲/۲۲ درصد بوده است.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

جدول ۱. توصیف آماری متغیرهای الگو

	EF سرانه (هکتار جهانی به ازای هر نفر)	GDP سرانه (به هزار دلار)	ICT (شاخص ترکیبی محاسبه شده)	FDB توسعه‌مالی (درصدی از GDP)	ECI شاخص پیچیدگی اقتصادی	UPOP (رشد جمعیت شهری)	EX صادرات (درصدی از GDP)
میانگین	۴/۴۵۰	۲۷/۳۳۹	۹۲/۹۰۹	۴۱/۰۳۳	-۰/۶۱۶	۳/۲۸۵	۵۱/۱۸۲
میانه	۳/۴۸۰	۲۱/۲۳۳	۹۶/۰۰۱	۳۴/۱	-۰/۶۸۴	۲/۶۴۱	۴۹/۴۹۲
بیشترین	۱۲/۵۱	۹۲/۳۲۳	۱۹۵/۱۴۵	۱۳۳/۸۳	۱/۳۹۳	۱۸/۵۸۰	۱۱۲/۱۸
کمترین	۰/۸۰	۴/۰۷۹	۸/۰۲۱	۲/۳۷۲	-۲/۶۹۵	-۱/۸۳۲	۸/۱۱۸
انحراف معیار	۲/۸۶	۱۸/۵۳۸	۴۳/۳۱	۳۰/۵۲۴	۰/۹۴۵	۲/۶۴۲	۲۲/۹۹
چولگی	۰/۷۵	۰/۹۹۶	-۰/۰۵۶۸	۱/۰۶۵۰	۰/۳۹۱	۲/۳۷۰	۰/۴۴۵
کشیدگی	۲/۶۳	۳/۲۸۲	۲/۱۶۶	۳/۴۸۵	۲/۳۳۷	۱۲/۴۲۸	۲/۴۴۹
Jarque-Bera	۲۳/۹۸	۴۰/۵۴۸	۷/۰۷۱	۴۵/۱۴	۱۰/۵۱۲	۱۱۱۳/۶۶	۱۰/۹۳
Prob...	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴

منبع: یافته‌های پژوهش

۱-۵. شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات

در این مطالعه شاخص ترکیبی فناوری اطلاعات و ارتباطات محاسبه شده است که نوآوری مطالعه حاضر نسبت به سایر مطالعات انجام شده در ایران است. جهت محاسبه و سنجش کشورها بر اساس شاخص ترکیبی فناوری اطلاعات و ارتباطات، ابتدا آمار و اطلاعات لازم از بانک جهانی و اتحادیه بین المللی مخابرات (ITU) جمع‌آوری گردید. پس از گردآوری و پردازش اطلاعات و داده‌های مورد نیاز، در ساخت شاخص ICT از رویکردی مشابه با مطالعه لی و برهماسرین[1](۲۰۱۴) استفاده شده است. یکی از موارد نادیده انگاشته در مطالعات داخل این که فناوری را با یک بعد آن مانند استفاده از اینترنت برآورد کرده‌اند همانند مطالعه اصفهانی و همکاران(۱۴۰۱). اما 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. کاربران اینترنت به ازای هر ۱۰۰ نفر و مشترکین اینترنت پهن‌باند ثابت به ازای هر ۱۰۰ نفر به عنوان پروکسی برای استفاده شدت فناوری اطلاعات و ارتباطات است. برای ساخت شاخص ترکیبی با ترکیب هر دو مرحله توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات، میانگین نمرات چهار شاخص، شاخص ICT است که با استفاده از نفوذ تلفن همراه (اشتراک های تلفن همراه)، نفوذ اینترنت (کاربران انفرادی اینترنت) و اشتراک

1. Lee & Brahmasren (2014)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

تلفن ثابت محاسبه می‌شود. برای ساختن یک شاخص، از تحلیل مؤلفه اصلی استفاده شد. چهار متغیر فوق الذکر با استفاده از PCA به جای استفاده جداگانه، در یک شاخص ترکیب می‌شوند. این یک رویکرد مفید برای درک بهتر تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات و پیشنهاد سیاست‌های کاربردی است.

۲-۵. بررسی سایر متغیرها در کشورهای منتخب اوپک و اوپک پلاس

میانگین سرانه ردپای اکولوژیکی در کشورهای منتخب صادرکننده نفت در جدول ۲ ارائه شده است. طبق این جدول، امارات متحده عربی با عدد ۹/۷۸ (بر حسب هکتار جهانی به ازای هر نفر) بالاترین میانگین سرانه ردپای اکولوژیکی را دارد. بحرین با عدد ۹/۰۳ هکتار سرانه در رتبه دوم و کشور کویت با میانگین ۸/۶۹ هکتار سرانه در جایگاه سوم می‌باشد. نیجریه از نظر میانگین سرانه ردپای اکولوژیکی با عدد ۰/۹۹ هکتار سرانه در پایین‌ترین رتبه قرار می‌گیرد. ایران در این بررسی با میانگین ۳/۱۷ هکتار سرانه رتبه نهم را دارا می‌باشد.

جدول۲ هم‌چنین نشان دهنده‌ی متوسط تولید ناخالص داخلی سرانه (بر حسب برابری قدرت خرید، به قیمت ثابت ۲۰۱۷) در کشورهای منتخب صادرکننده نفت در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۰ می‌باشد. براساس این جدول، امارات با میانگین ۶۷/۸۹ هزار دلار بالاترین میانگین تولید سرانه را در بین کشورهای مورد مطالعه دارا می‌باشد. کویت و بحرین به ترتیب در جایگاه دوم و سوم قرار دارند. ایران در این بررسی با میانگین ۱۴/۵۵ هزار دلار رتبه یازدهم را در بین سایر کشورها دارا می‌باشد.

براساس این جدول، مکزیک با میانگین ۱/۲۶ بالاترین میانگین شاخص پیچیدگی اقتصادی را در بین کشورهای مورد مطالعه دارا می‌باشد. کشورهای مالزی و روسیه به ترتیب ۰/۹۸ و ۰/۰۷ رتبه دوم و سوم را در بین سایر کشورها دارا می‌باشند. ایران در این بررسی با میانگین ۰/۶۳- در جایگاه نهم قرار دارد. هم‌چنین طبق بررسی، مالزی با میانگین ۱۱۴/۶۴ درصد در رتبه اول توسعه مالی قرار دارد. کشورهای کویت و امارات متحده عربی به ترتیب با میانگین ۷۸/۶۱ و ۶۹/۷ در جایگاه دوم و سوم قرار دارند. ایران در این بررسی با میانگین ۴۹/۷۷ رتبه پنجم را در بین سایر کشورها دارا می‌باشد.

جدول۲ هم‌چنین نشان دهنده‌ی متوسط تولید ناخالص داخلی سرانه (بر حسب برابری قدرت خرید، به قیمت ثابت ۲۰۱۷) در کشورهای منتخب صادرکننده نفت در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۰ می‌باشد. براساس این جدول، امارات با میانگین ۶۷/۸۹ هزار دلار بالاترین میانگین تولید سرانه را در بین کشورهای مورد مطالعه دارا می‌باشد. کویت و بحرین به ترتیب در جایگاه دوم و سوم قرار دارند. ایران در این بررسی با میانگین ۱۴/۵۵ هزار دلار رتبه یازدهم را در بین سایر کشورها دارا می‌باشد.

براساس این جدول، مکزیک با میانگین ۱/۲۶ بالاترین میانگین شاخص پیچیدگی اقتصادی را در بین کشورهای مورد مطالعه دارا می‌باشد. کشورهای مالزی و روسیه به ترتیب ۰/۹۸ و ۰/۰۷ رتبه دوم و سوم را در بین سایر کشورها دارا می‌باشند. ایران در این بررسی با میانگین ۰/۶۳- در جایگاه نهم قرار دارد. هم‌چنین طبق بررسی، مالزی با میانگین ۱۱۴/۶۴ درصد در رتبه اول توسعه مالی قرار دارد. کشورهای کویت و امارات متحده عربی به ترتیب با میانگین ۷۸/۶۱ و ۶۹/۷ در جایگاه دوم و سوم قرار دارند. ایران در این بررسی با میانگین ۴۹/۷۷ رتبه پنجم را در بین سایر کشورها دارا می‌باشد.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

جدول۲. میانگین ردپای اکولوژیکی، تولید سرانه، شاخص پیچیدگی اقتصادی، توسعه مالی طی دوره ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۰

نام کشور	میانگین EF سرانه (بر حسب هکتار جهانی)	میانگین GDP سرانه (به هزار دلار)	میانگین پیچیدگی اقتصادی	میانگین توسعه مالی (درصدی از GDP)
الجزایر	۲/۳۰۱	۱۱/۲۶۶	-۱/۳۱۵	۱۸/۷۳۸
آنگولا	۱/۰۷۷	۷/۴۱۶	-۱/۶۶۲	۱۶/۶۹۲
آذربایجان	۲/۱۶۹	۱۳/۶۳۳	-۱/۲۹۰	۲۱/۹۳۹
بحرین	۹/۰۳۸	۴۷/۶۷۱	۰/۰۱۱	۶۴/۷۴۴
گینه استوایی	۱/۸۶۳	۲۶/۳۳۸	-۱/۶۰۸	۸/۶۷۶۲
گابن	۲/۳۰۷	۱۴/۲۶۹	-۱/۳۷۰	۱۱/۵۴۶
ایران	**۳/۱۷۲**	**۱۴/۵۵۶**	**-۰/۶۳۳**	**۴۹/۷۷۳**
قزاقستان	۴/۷۶۱	۲۲/۷۴۱	-۰/۵۵۸	۳۶/۰۳۹
مالزی	۴/۱۷۳	۲۲/۶۹۶	۰/۹۸۵	۱۱۴/۶۴
مکزیک	۲/۸۴۸	۱۸/۹۵۹	۱/۲۶۳	۲۲/۱۰۳
کویت	۸/۶۹۱	۵۸/۷	-۱/۰۸۱	۷۸/۶۱۰
نیجریه	۰/۹۹۰	۴/۹۱۰	-۱/۸۲۲	۱۲/۷۹۰
عمان	۶/۴۶۱	۳۶/۸۸۴	-۰/۶۲۳	۴۸/۷۵۰
روسیه	۵/۸۶۱	۲۵/۱۹۲	۰/۰۷	۴۷/۴۳۰
عربستان سعودی	۵/۶۹۸	۴۴/۲۹۳	-۰/۰۷۳	۴۳/۰۱۹
امارات متحده عربی	۹/۷۸۹	۶۷/۸۹۴	-۰/۱۴۸	۶۹/۷۰۸
رتبه ایران	**نهم**	**یازدهم**	**نهم**	**پنجم**

مأخذ: محاسبات تحقیق

۶. برآورد الگو و ارائه نتایج

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 پسران (۲۰۰۳) استفاده شده است. با توجه نتایج آزمون وابستگی مقطعی مندرج در جدول (۳)، فرضیه صفر مبنی بر عدم‌وجود وابستگی مقطعی رد و فرضیه مقابل پذیرفته می‌شود؛ یعنی متغیرهای مطالعه دارای وابستگی مقطعی هستند.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

جدول ۳.آزمون وابستگی مقطعی پسران (۲۰۰۳)

متغیر	آماره	احتمال
ردپای اکولوژیکی سرانه	۳/۶۶۷	۰/۰۰۰۲
فناوری اطلاعات و ارتباطات	۳۷/۹۴۷	۰/۰۰۰۰
تولید ناخالص داخلی سرانه	۵/۳۴۷	۰/۰۰۰۰
توسعه مالی	۱۷/۵۲۱	۰/۰۰۰۰
پیچیدگی اقتصادی	۵/۲۳۴	۰/۰۰۰۰
رشد جمعیت شهری	۱۸/۱۵۹	۰/۰۰۰۰
صادرات کالاها و خدمات	۱۵/۵۵۵	۰/۰۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به جدول (۴)، همه متغیرها به جز متغیر فناوری اطلاعات و ارتباطات در سطح نامانا هستند. بنابراین برای اجتناب از مشکل رگرسیون کاذب، آزمون ریشه واحد پسران و آزمون هم انباشتگی کائو برای متغیرهای الگو انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۴ و ۵ ارائه گردید.

جدول ۴.آزمون ریشه واحد پسران (۲۰۰۷)

متغیر	آماره	احتمال
ردپای اکولوژیکی	-۲/۳۲۷۷۰	>=۰/۱۰
فناوری اطلاعات و ارتباطات	-۳/۲۱۳۷۲	<۰/۰۱
تولید ناخالص داخلی سرانه	-۱/۶۲۱۰۳	>=۰/۱۰
توسعه مالی	-۱/۶۱۹۰۷	>=۰/۱۰
پیچیدگی اقتصادی	-۲/۴۸۰۶۳	>=۰/۱۰
رشد جمعیت شهری	-۲/۲۲۴۱۵	>=۰/۱۰
صادرات کالاها و خدمات	-۱/۹۱۱۴۳	>=۰/۱۰

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به نتایج حاصل از آزمون‌های هم‌انباشتگی در جدول (۵)، آزمون کائو (۱۹۹۹) نشان می‌دهد میان متغیرها رابطه هم‌انباشتگی وجود دارد. می توان نتیجه گرفت میان متغیرهای الگو هم‌انباشتگی و رابطه بلندمدت وجود دارد. بنابراین احتمال برآورد با مشکل رگرسیون جعلی وجود نخواهد داشت.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

جدول ۵. آزمون هم‌انباشتگی میان متغیرها

آزمون هم‌انباشتگی	آماره	احتمال
آزمون کائو (بر اساس انگل-گرنجر)	-۶/۱۰۲	۰/۰۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از برآورد الگوی مورد مطالعه برای کشورهای مورد بررسی طی دوره ۲۰۲۰ - ۲۰۰۶ با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم یافته در جدول (۶) ارائه شده است. آزمون‌های سارگان، آزمون آرلانو - باند و آزمون والد به‌ترتیب برای بررسی اعتبار ابزارها، همبستگی پسماند مرتبه دوم ((AR(2)) و معنی‌داری کلی برآورد، درستی نتایج الگوی برآورد شده را تأیید می‌کنند.

نتایج برآورد الگوی پژوهش نشان می‌دهد به جز متغیر رشد جمعیت شهری، حضور متغیرها در سطح معنی‌داری ۵ درصد تأیید می‌شود. سطح معنی‌داری برای متغیر رشد جمعیت شهری۱۰درصد بوده است. طبق بررسی متغیر فناوری اطلاعات و ارتباطات رابطه مثبت و مجذور آن رابطه‌ی منفی و معنی‌دار با ردپای اکولوژیکی سرانه دارد. به عبارتی ارتباط ICT با ردپای اکولوژیکی به صورت U معکوس است. بنابراین در کشورهای منتخب صادرکننده نفت وجود یک رابطه غیرخطی بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و ردپای اکولوژیکی سرانه را نمی‌توان رد کرد. این رابطه غیرخطی بدین مفهوم است که در ابتدا افزایش ICT موجب افزایش ردپای اکولوژیکی می‌شود، اما پس از رسیدن به سطح آستانه توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات، ردپای اکولوژیکی شروع به کاهش می‌کند. این نتیجه با نتایج مطالعات هیگون و همکاران (۲۰۱۷) و احمد و لی[1] (۲۰۲۱) که در رابطه با انتشار CO2 کار شده همسو است. بنابراین انتظار بر این است که گسترش ICT بعد از عبور از سطح آستانه به کاهش انتشار ردپای اکولوژیکی کمک کند.

ضریب مثبت و معنی‌دار تولید ناخالص داخلی سرانه نشان‌دهنده افزایش ردپای اکولوژیکی سرانه به ازای افزایش تولید سرانه در کشورهای مورد مطالعه است. در واقع آلودگی به ازای افزایش درآمد روند صعودی داشته است. اندازه این ضریب نشان می‌دهد اگر تولید ناخالص داخلی سرانه هزار دلار افزایش یابد، ردپای اکولوژیکی سرانه به اندازه ۰/۰۷۸ هکتار افزایش می‌یابد. این نتیجه با نتایج مطالعه پارسا شریف و همکاران(۱۳۹۹) همسو است.

ضریب مثبت و معنی‌دار توسعه مالی(اعتبارات داخلی به بخش خصوصی توسط بانک‌ها (درصد تولید ناخالص داخلی)) نشان‌دهنده افزایش ردپای اکولوژیکی سرانه به ازای افزایش توسعه مالی در کشورهای مورد مطالعه است. اندازه این ضریب نشان می‌دهد اگر توسعه مالی یک درصد افزایش یابد، ردپای اکولوژیکی سرانه به اندازه ۰/۰۱۵ هکتار افزایش می‌یابد. این نتیجه با نتایج مطالعه پارسا شریف و همکاران(۱۳۹۹) همسو است.

1. Ahmed & Le (2021)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

ضریب منفی و معنی‌دار شاخص پیچیدگی اقتصادی نشان‌دهنده کاهش ردپای اکولوژیکی سرانه به ازای افزایش پیچیدگی اقتصادی است. طبق برآورد، اگر پیچیدگی اقتصادی یک واحد افزایش یابد، ردپای اکولوژیکی سرانه به اندازه ۰/۲۹ هکتار کاهش می‌یابد. این نتیجه با نتایج مطالعه سپهوند و همکاران(۱۳۹۹) همسو است.

سهم صادرات کالاها و خدمات از تولید داخلی اثر منفی و معنی‌دار با ردپای اکولوژیکی دارد. با یک درصد افزایش در صادرات کالا و خدمات با فرض ثبات سایر شرایط انتظار می‌رود ردپای اکولوژیکی سرانه در کشورهای مورد مطالعه ۰/۰۱۲ هکتار کاهش پیدا می‌یابد. این نتیجه با مطالعه رحمان و ولایوم[1] (۲۰۲۲) همسو است.

رشد جمعیت شهری اثر مثبت و معنی‌دار با ردپای اکولوژیکی دارد. با یک درصد افزایش در رشد جمعیت شهری، انتظار می‌رود ردپای اکولوژیکی سرانه در کشورهای منتخب صادر کننده نفت ۰/۰۴ هکتار افزایش یابد. این نتیجه با مطالعه اتحاد(۱۳۹۶) همسو است.

جدول۶. نتایج برآورد الگوی مطالعه با روش گشتاورهای تعمیم‌یافته

متغیر	ضرایب	آماره	احتمال
EF(-1)	۰/۱۳۳۵۴۹	۱/۹۰۶۲۴۵	۰/۰۵۸۲
ICT	۰/۰۲۳۷۲۶	۲/۹۱۱۴۵۳	۰/۰۰۴۰
ICT^2	-۰/۰۰۱۶۰	-۴/۷۰۶۵۰۱	۰/۰۰۰۰
GDPPC	۰/۰۷۸۱۵۶	۳/۹۳۸۸۴۵	۰/۰۰۰۱
FDB	۰/۰۱۵۰۷۹	۲/۴۳۴۲۵۴	۰/۰۱۵۹
ECI	-۰/۲۹۶۷۴۳	-۷/۱۷۶۰۶۴	۰/۰۰۰۰
UPOP	۰/۰۴۰۵۲۱	۲/۴۲۲۸۴۸	۰/۰۹۲۸
EX	-۰/۰۱۲۰۷۵	-۱/۶۸۹۳۱۹	۰/۰۱۶۴
آماره سارگان		۸/۶۳۳۳۵۸	۰/۳۷۴۱۶۳
آزمون آرلانو - باند ((AR(2)		-۰/۰۳۸۰۶۲	۰/۹۶۹۶
آزمون والد (کای دو)		۸۰۰۲/۶۵۲	۰/۰۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

1. Rahman & Velayutham (2022)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

۷. بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف بررسی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات، تولید سرانه، پیچیدگی اقتصادی، توسعه مالی، رشد جمعیت شهری و صادرات کالاها و خدمات بر ردپای اکولوژیکی سرانه، با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم یافته در ۱۶ کشور صادرکننده نفت طی دوره ۲۰۰۶-۲۰۲۰ انجام شده است.

بر اساس آمار توصیفی داده‌های متغیرهای مورد پژوهش، کشورهای بحرین، امارات متحده عربی، کویت و عربستان سعودی در شاخص ICT و میانگین دوره بررسی بالاتر از سایر کشورها بودند اما ایران با توجه به سرعت گسترش فناوری، در سال ۲۰۲۰ بعد از کویت، در جایگاه چهارم قرار گرفت. در ارتباط با سرانه ردپای اکولوژیکی امارات متحده عربی، بحرین و کویت در جایگاه اول تا سوم بودند. میانگین درآمد سرانه کشورهای بحرین، کویت، عمان، عربستان سعودی، امارات متحده عربی بالاتر از متوسط گروه بوده است. در ارتباط با پیچیدگی اقتصادی، ایران بعد از کشور عمان در رتبه نهم از بین ۱۶ کشور مورد بررسی قرار دارد.

جهت برآورد الگوی تحقیق برگرفته از مبانی نظری و مطالعات پیشین، در ابتدا وابستگی مقطعی داده‌ها با آزمون وابستگی مقطعی پسران (۲۰۰۳) مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به وجود وابستگی مقطعی، جهت بررسی مانایی متغیرها از آزمون ریشه واحد پسران(۲۰۰۷) استفاده گردید. به دلیل وجود متغیرهای مانا و نامانا، هم‌انباشتگی میان متغیرها با استفاده از آزمون هم‌انباشتگی 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 از برآورد، در کشورهای منتخب صادرکننده نفت، وجود یک رابطه غیرخطی به صورت U معکوس میان شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات و ردپای اکولوژیکی سرانه را نمی‌توان رد کرد. یعنی در ابتدا افزایش شاخص ICT یا به عبارت دیگر فناوری اطلاعات و ارتباطات موجب افزایش سرانه ردپای اکولوژیکی می‌شود. اما پس از رسیدن به نقطه آستانه متوسط سالانه حدود ۷۴/۱۴ (که از مشتق متغیر وابسته نسبت به ICT محاسبه گردید) ، شروع به کاهش می‌کند. با توجه به میانگین سرانه پانل ۹۲/۹۰ و میانه ۹۶ می‌توان اظهار نمود که ۲۵ درصد کشورها هنوز به سطح آستانه نرسیده‌اند و انتظار بر این است که گسترش و توسعه ICT برای این کشورها منجر به افزایش آلودگی شود. از آن‌جا که کشورهای امارات متحده عربی، عربستان سعودی، روسیه، عمان، مالزی، آذربایجان، گابن، ایران، کویت، قزاقستان و بحرین از مقدار آستانه عبور کرده‌اند انتظار می‌رود که گسترش ICT به کاهش سرانه ردپای اکولوژیکی در این کشورها کمک کند. با توجه به نتیجه حاصل توصیه می‌شود عنایت ویژه‌ای به تکنوژی‌های پاک و کمتر آلاینده در فرایند انتقال تکنولوژی در دستور کار قرار گیرد.

ضریب مثبت و معنی‌دار تولید ناخالص داخلی سرانه نشان‌دهنده افزایش ردپای اکولوژیکی سرانه به ازای افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه است. این نتیجه حاکی از آن است که فعالیت‌های اقتصادی مانند صنعتی‌سازی و توسعه باعث بهره‌برداری از منابع طبیعی می‌شود که آلودگی بیشتری ایجاد

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

می‌کند و البته بر اساس مطالعه لی و برهماسرین[1](۲۰۱۴) رشد اقتصادی منجر به افزایش تقاضا برای کالاها و خدمات فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌شود، که به معنای مصرف بیشتر برق و افزایش انتشار $CO2$ و ردپای اکولوژیکی است. توصیه می‌شود دولت‌ها با اختصاص بخشی از درآمدهای حاصل از صادرات نفت به حمایت از محیط‌زیست و کنترل آلودگی بپردازند. از جمله راهکارهای دیگر واقعی-سازی قیمت حامل‌های انرژی و نیز وضع عوارض و مالیات‌های زیست محیطی بر مصارف غیر مجاز آن می‌باشد.

توسعه مالی اثر مثبت و معنی‌دار بر ردپای اکولوژیکی داشته است. یعنی توسعه مالی باعث تخریب محیط زیست در منطقه شده است که نشان می دهد کشورهای منتخب اوپک و اوپک پلاس از توسعه مالی برای سرمایه‌گذاری بیشتر استفاده کرده‌اند و نه برای بهبود فناوری. برای جلوگیری از تأثیر مخرب توسعه مالی بر محیط‌زیست، دولت‌ها در کشورهای منتخب صادرکننده نفت باید بازارهای مالی را به گونه‌ای توسعه دهند که منابع مالی برای سرمایه‌گذاری در پروژه‌هایی که به معرفی فناوری-های انرژی پاک کمک می‌کند تخصیص یابد.

شاخص پیچیدگی اقتصادی اثر منفی و معنی‌دار بر ردپای اکولوژیکی سرانه داشته است. در واقع گسترش پیچیدگی اقتصادی در کشورهای مورد مطالعه منجر به کاهش ردپای اکولوژیکی خواهد شد. با توجه به نتیجه بدست آمده می‌توان شاخص پیچیدگی اقتصادی را یکی از عوامل کنترل ردپای اکولوژیکی در نظر گرفت؛ بنابراین تولید بیشتر کالاهای پیچیده که فناوری بالاتری را در خود نهفته دارد، می‌تواند به کاهش مصرف انرژی و ردپای اکولوژیکی منجر شود؛ از این‌رو، دولت‌ها می‌توانند با انجام معافیت‌های مالیاتی و اعطای یارانه برای آن دسته از شرکت‌هایی که از تکنولوژی جدید و انرژی پاک استفاده می‌کنند و هم‌چنین حمایت از محصولات دانش‌بنیان و برطرف کردن موانع صادرات این کالاها، در جهت کاهش آلودگی زیست محیطی و کاهش خطرات ناشی از آن گام بردارند. هم‌چنین، افزایش کارایی انرژی و استفاده از انرژی‌های پاک با توجه به اثری که بر کاهش شدت انرژی دارد باید در راستای کاهش ردپای اکولوژیکی مد نظر قرار گیرد.

اثر صادرات کالاها و خدمات بر ردپای اکولوژیکی منفی و معنی‌دار بوده است. با توجه به مطالعه دوگان و همکاران[2](۲۰۲۰) اهمیت کیفیت محصولات صادراتی و تنوع آن در زمینه تخریب محیط‌زیست هنوز به طور گسترده مورد توجه قرار نگرفته است. در واقع باید بهبود کیفیت محصولات صادراتی از طریق تولید محصولات پاک‌تر در کشورهای با سطوح متفاوت درآمدی در اولویت قرار گیرد. هم‌چنین باید در کل مصرف انرژی در کشورها کاهش یابد. به ویژه، سیاست‌گذاران باید با اولویت دادن و تشویق به استفاده بیشتر از منابع انرژی تجدیدپذیر، کاهش محصولات صادراتی با انرژی سوخت فسیلی به افزایش کیفیت محیط‌زیست کمک کنند.

1. Lee, & Brahmasrene (2014)
1. Dogan et al. (2020)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

اثر رشد جمعیت شهری بر ردپای اکولوژیکی در سطح معناداری ده درصد مثبت و معنی‌دار بوده است. در واقع رشد بی رویه جمعیت، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، باعث ایجاد مشکلات جدی از جمله کمبود مواد غذایی، کیفیت پایین هوا و آب، آلودگی محیط‌زیست، تخریب ساختار اکولوژیکی، مشکلات دفع زباله و مصرف بالای انرژی می‌شود. از جمله راهکارها در این زمینه می‌توان به تصحیح الگوی مصرف انرژی، آگاهی بخشی به نسل آینده، تغییر در سبک زندگی، تغییر در شیوه‌های سنتی کشاورزی در جهت حفظ منابع زیست محیطی اشاره کرد.

در نهایت از جمله محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به در دسترس نبودن برخی از داده‌ها در کشورهای مورد مطالعه اشاره کرد.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

References

Abid, N., Wu, J., Ahmad, F., Draz, M. U., Chandio, A. A., & Xu, H. (2020). Incorporating environmental pollution and human development in the energy-growth nexus: a novel long run investigation for Pakistan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(14), 5154.

Aghahosseini, A., Bogdanov, D., & Breyer, C. (2020). Towards sustainable development in the MENA region: Analysing the feasibility of a 100% renewable electricity system in 2030. *Energy Strategy Reviews*, *28*, 100466.

Ahmed, U., & ArshadKhan, M. (2009). Energy demand in Pakistan: A disaggregate analysis. The Pakistan Development Review, 47(4), 437-455.

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(7)*, 8770-8781.

Al-Mulali, U., Weng-Wai, C., Sheau-Ting, L., & Mohammed, A. H. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation. *Ecological indicators*, *48*, 315-323.

Amri, F., Zaied, Y. B., & Lahouel, B. B. (2019). ICT, total factor productivity, and carbon dioxide emissions in Tunisia. *Technological Forecasting and Social Change*, *146*, 212-217.

Asongu, S. A. (2018). ICT, openness and CO 2 emissions in Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, *25*, 9351-9359.

Atsu, F., Adams, S., & Adjei, J. (2021). ICT, energy consumption, financial development, and environmental degradation in South Africa. *Heliyon*, *7*(7), e07328.

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.

Balsalobre-Lorente, D., Ibáñez-Luzón, L., Usman, M., & Shahbaz, M. (2022). The environmental Kuznets curve, based on the economic complexity, and the pollution haven hypothesis in PIIGS countries. *Renewable Energy*, *185*, 1441-1455.

Bekaroo, G., Bokhoree, C., & Pattinson, C. (2016). Impacts of ICT on the natural ecosystem: A grassroot analysis for promoting socio-environmental sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *57*, 1580-1595.

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.

Bouznit, M., & Pablo-Romero, M. D. P. (2016). CO2 emission and economic growth in Algeria. *Energy Policy*, *96*, 93-104.

Caglar, A. E., Mert, M., & Boluk, G. (2021). Testing the role of information and communication technologies and renewable energy consumption in ecological footprint quality: Evidence from world top 10 pollutant footprint countries. *Journal of Cleaner Production*, *298*, 126784.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

Da Silva, J. M. C., Li, H., & Barbosa, L. C. F. (2020). The ecological intensity of human well-being at the local level. *Environmental and Sustainability Indicators*, *8*, 100061.

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

Dizji, Munireh and Badri Badri Bookstore, Arash and Sokhnoor, Behnam, 2013, investigation of the use of information and communication technology on the quality of the environment, the first national conference on environmental protection and planning, Hamedan. (In Persian)

Dogan, E., Ulucak, R., Kocak, E., & Isik, C. (2020). The use of ecological footprint in estimating the environmental Kuznets curve hypothesis for BRICST by considering cross-section dependence and heterogeneity. *Science of the Total Environment*, *723*, 138063.

Esfahani, Qabadi, Azarbaijani and Karim. (1401). Analysis of the relationship between economic growth, energy consumption and ecological footprint in a selection of developed and developing countries. Economic research (sustainable growth and development), 86(22), 203-232. (In Persian)

Etehad, Faezeh (2016). Examining the environmental hypothesis of Kuznets (EKC) in Iran using the ecological footprint index as an indicator of environmental quality. Master's thesis. Islamic Azad University, Shahriar branch. (In Persian)

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)

Fotros, M. H., (2006). Discussions on environmental economics (collection of articles), Hamedan, Bo Ali Sina University Press. (In Persian)

Gorus, M. S., & Aydin, M. (2019). The relationship between energy consumption, economic growth, and CO2 emission in MENA countries: Causality analysis in the frequency domain. *Energy*, *168*, 815-822.

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement

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.

Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., & Simoes, A. (2014). *The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity*. Mit Press.

Hidalgo, C. A. (2009). The dynamics of economic complexity and the product space over a 42 year period. *CID Working Paper Series*.

Hidalgo, C. A., & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the national academy of sciences*, *106*(26), 10570-10575.

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

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

Ikram, M., Xia, W., Fareed, Z., Shahzad, U., & Rafique, M. Z. (2021). Exploring the nexus between economic complexity, economic growth and ecological footprint: Contextual evidences from Japan. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *47*, 101460.

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)

Jie, H., Khan, I., Alharthi, M., Zafar, M. W., & Saeed, A. (2023). Sustainable energy policy, socio-economic development, and ecological footprint: The economic significance of natural resources, population growth, and industrial development. *Utilities Policy*, *81*, 101490.

Kahouli, B., Hamdi, B., Nafla, A., & Chabaane, N. (2022). Investigating the relationship between ICT, green energy, total factor productivity, and ecological footprint: Empirical evidence from Saudi Arabia. *Energy Strategy Reviews*, *42*, 100871.

Kazemzadeh, E., Fuinhas, J. A., Salehnia, N., & Osmani, F. (2023). The effect of economic complexity, fertility rate, and information and communication technology on ecological footprint in the emerging economies: A two-step stirpat model and panel quantile regression. *Quality & Quantity*, *57*(1), 737-763.

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.

Khan, M.A., Ozturk, I., 2020. Examining foreign direct investment and environmental pollution linkage in Asia. *Environmental Science and Pollution Research*, *27(7)*, 7244-7255.

Kim, S. (2022). The Effects of Information and Communication Technology, Economic Growth, Trade Openness, and Renewable Energy on CO2 Emissions in OECD Countries. *Energies*, *15(7)*, 2517.

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.

Li, J., Gong, Y., & Jiang, C. (2022). Spatio-temporal differentiation and policy optimization of ecological well-being in the Yellow River Delta high-efficiency eco-economic zone. *Journal of Cleaner Production*, *339*, 130717.

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)

Mehmood, U., Agyekum, E. B., Kotb, H., Milyani, A. H., Azhari, A. A., Tariq, S., ... & Velkin, V. I. (2022). Exploring the Role of Communication Technologies, Governance, and Renewable Energy for Ecological Footprints in G11 Countries: Implications for Sustainable Development. *Sustainability*, *14*(19), 12555.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

Molaei, M., & Basharat, E. (2015). Investigating Relationship between Gross Domestic Product and Ecological Footprint as an Environmental Degradation Index. *Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, *50*(4), 1017-1033. (In Persian)

Molaei, M., Besharat, E., & Mohammadi, M. (2020). Factors Affecting the Consumption of Ecological Resources in Iran Using Economic Approach. *Journal of Environmental Science and Technology*, *22*(8), 377-388. (In Persian)

Monfreda, C., Wackernagel, M., & Deumling, D. (2004). Establishing national natural capital accounts based on detailed ecological footprint and biological capacity assessments. *Land use policy*, *21*(3), 231-246.

N'dri, L. M., Islam, M., & Kakinaka, M. (2021). ICT and environmental sustainability: any differences in developing countries? . *Journal of Cleaner Production*, *297*, 126642.

Neagu, O., & Teodoru, M. C. (2019). The relationship between economic complexity, energy consumption structure and greenhouse gas emission: heterogeneous panel evidence from the EU countries. Sustainability, 11(2), 497.

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).

Parsasharif, H., AmirNejad, H., & Taslimi, M. (2021). Investigating and Determining the Factors Affecting the Ecological Footprint of Selected Asian and European Countries. *Agricultural Economics Research*, *13*(2), 155-172. (In Persian)

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.

Raheem, I. D., Tiwari, A. K., & Balsalobre-Lorente, D. (2020). The role of ICT and financial development in CO2 emissions and economic growth. *Environmental Science and Pollution Research*, *27(2)*, 1912-1922.

Rahman, M. M., Alam, K., & Velayutham, E. (2022). Reduction of CO2 emissions: The role of renewable energy, technological innovation and export quality. *Energy Reports*, *8*, 2793-2805.

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).

Sepahvand, R., Sayehmiri, A., & Shirkhani, A. (2021). The Impact of Economic Complexity on Environmental Performance in the MENA Countries. *The Economic Research*, *21*(3), 10-10.(In Persian)

Shabani, Z. D., & Shahnazi, R. (2019). Energy consumption, carbon dioxide emissions, information and communications technology, and gross domestic product in Iranian economic sectors: A panel causality analysis. *Energy*, *169*, 1064-1078.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

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.

Sinha, A., Sengupta, T., & Saha, T. (2020). Technology policy and environmental quality at crossroads: Designing SDG policies for select Asia Pacific countries. *Technological Forecasting and Social Change*, *161*, 120317.

Tamazian A, Chousa J, Vadlamannati K (2009) Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: evidence from BRIC countries. *Energy Policy 37*:246–253.

Tarazkar, M. H., Ghorbanian, E., & Bakhshoodeh, M. (2018). The Effect of Economic Growth on Environmental Sustainability in Iran: Application of Ecological Footprint. *Journal of Environmental and Natural Resource Economics*, *2*(3), 51-70. (In Persian)

Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). Our licological/ootprint: Reducing Human impact on the l'arih. *Gabriola lsland, BC, Canada: New Society Publishers*.

Zakaria, M., & Bibi, S. (2019). Financial development and environment in South Asia: the role of institutional quality. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*, 7926-7937.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

Quarterly Journal of The Economic Research (Sustainable Growth and Development)
Original Research Article/ Vol.X, No. X, 2024, P:1-...

The impact of information and communication technology on the ecological footprint in oil-exporting countries

Fatemeh Arianfar[1]

Zahra(Mila) Elmi[2]

Introduction:
Economic stability via Information and Communication Technology (ICT) has sparked interesting discussions among scholars. ICT plays a crucial role in realizing sustainable development objectives. Globally, the prospective advantages of ICT are widely acknowledged. Some research has solely emphasized ICT's role in mitigating air pollution, but the ecological implications of ICT have largely been overlooked. This article is pioneering in domestic studies of ICT's influence on ecological footprint. In addition, the present research uniquely computes the ICT index through the principal component method, distinguishing it from other ICT studies conducted within Iran. In recent times, the ecological footprint has been embraced as a broader gauge for assessing environmental damage. One reason for this choice is that other environmental harm indicators, such as air and water pollution, deforestation, and others, only represent a part of the total environmental degradation. However, the ecological footprint index incorporates diverse elements like agricultural lands, pastures, fishing areas, forests, carbon footprint, and constructed lands, hence offering a more holistic measure. Concerning the topic in question, it is evident from national studies that there has been little research on identifying the factors contributing to the ecological footprint.

Methodology:
In this research, we investigate the impact of the information and communication technology (ICT) index on selected oil-exporting countries' ecological footprint from 2006 to 2020. To do this, we use the generalized moments method. We extracted the model of this research from the studies of Higon et al. (2017) and Caglar et al. (2021) for carbon dioxide emissions. The variables of our study include the ecological footprint (as the dependent variable), the information and communication technology index (an explanatory variable calculated using the principal component analysis (PCA) method), and control variables such as GDP per capita, exports of goods and services, financial development, and economic Complexity Index which is chosen on the review of other studies. The data used for this study are taken from databases such as the World Bank and the Global Resource Footprint Network and the Atlas of Economic Complexity.

1. Master of Economics, Faculty of economic and administrative sciences, University of Mazandaran, Iran. E-mail: fatemeh.s.arianfar@gmail.com
2. Professor of Economics, Department of Economics, Faculty of economic and administrative sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran. (Corresponding Author).
E-mail: z.elmi@umz.ac.ir

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

Discussion and Conclusion:

Given the challenges posed by global warming to current and future generations, this study aims to explore the impact of Information and Communication Technology (ICT) on the ecological footprint in chosen oil-exporting nations. This study studied the inverse U relationship of the information and communication technology index with the emission of ecological footprints from 2006 to 2020. The ecological footprint is an index of the amount of environmental pollution and a more comprehensive index than CO2. A data description was undertaken before estimating the model. The research model, built on theoretical underpinnings and past studies, was structured, and estimated by the Generalized Moments Method.

The findings showed a non-linear connection between ICT and the ecological footprint in oil-exporting countries. ICT augments the ecological footprint per capita before a certain threshold, but it begins to diminish after that.

The positive and significant coefficient of GDP per capita indicates the increase in ecological footprint per capita for the increase of GDP per capita. This result indicates that economic activities such as industrialization and development cause the exploitation of natural resources, which causes more pollution.

Financial development has had a positive and significant effect on the ecological footprint. To prevent the destructive effect of financial development on the environment, governments in selected oil-exporting countries should develop financial markets in such a way that financial resources are available for investing in projects that help introduce clean energy technologies.

The economic complexity index has had a negative and significant effect on the per capita ecological footprint. In fact, the expansion of economic complexity in the studied countries will lead to the reduction of the ecological footprint. According to the obtained result, the economic complexity index can be considered as one of the ecological footprint control factors; Therefore, the production of more complex goods that contain higher technology can lead to a reduction in energy consumption and ecological footprint; Therefore, governments can provide tax exemptions and subsidies for those companies that use new technology and clean energy, and also support knowledge-based products.

The influence of goods and services exports on the ecological footprint has been negative and substantial. The significance of the quality and diversity of exported goods regarding environmental destruction has not yet been thoroughly considered. Therefore, the focus should be on enhancing the quality of export goods via cleaner production methods. Overall energy consumption should also be reduced in all countries, with policymakers prioritizing the use of renewable energy resources and promoting the reduction of fossil-fuel energy export products.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]

The influence of urban population growth on the ecological footprint has been positive and substantial. Essentially, uncontrolled population growth, especially in developing countries, creates grave issues including scarcity of food, poor air and water quality, environmental contamination, degradation of the ecological structure, waste disposal problems, and high energy usage.

Keywords: Information and Communication Technology (ICT), Ecological Footprint Per Capita, GDP per capita, Economic Complexity Index, Generalized Moments Method.
JEL Classification: C23, O32, Q43, Q51

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-05-04]