# نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات و درآمد سرانه بر انتشار CO2 در کشورهای صادرکننده نفت اوپک پلاس با تاکید بر منحنی زیست محیطی کوزنتس[1]

**فاطمه آریان فر[1]، زهرامیلا علمی[2] ***

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد ، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، ایران

۲*- نویسنده مسئول و استاد گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: z.elmi@umz.ac.ir

تاریخ دریافت : ۱۴۰۱/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۲/۰۱/۱۹

**چکیده**

امروزه جهان شاهد پیشرفت شگرفی در نفوذ فناوری اطلاعات و ارتباطات در زندگی فردی و اجتماعی کشورهای جهان، در سطح ملی و بین‌المللی، بدون توجه به سطح درآمدشان بوده است. در حالی که افزایش نفوذ فناوری اطلاعات و ارتباطات در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و انرژی چالش‌ها و فرصت‌های جالبی را ایجاد می‌کند، بررسی نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در کاهش یا افزایش انتشار CO2 حائز اهمیت است. از این‌رو، هدف اصلی پژوهش، بررسی نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط‌زیست کشورهای منتخب صادرکننده نفت است. وجه تمایز این تحقیق با مطالعات پیشین این است که برای بررسی اثرگذاری ICT بر انتشار CO2 بر خلاف مطالعات گذشته که تنها یک بعد (به طور مثال ضریب نفوذ اینترنت) استفاده کرده‌اند از شاخص ترکیبی فناوری اطلاعات و ارتباطات که از روش مولفه اصلی (PCA) به دست آمده استفاده می‌کند. در کنار بررسی رابطه ICT بر محیط‌زیست، به بررسی وجود منحنی زیست محیطی کوزنتس و ارتباط تجارت خارجی بر شاخص دی‌اکسیدکربن پرداخته است. برآورد مدل اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط‌زیست کشورهای منتخب صادرکننده نفت از جمله ایران برای دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۹ با روش گشتاورهای تعمیم یافته انجام شده‌است. نتایج برآورد بیانگر وجود رابطه U معکوس بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی‌اکسید کربن است. هم‌چنین، نتایج حاکی از تایید فرضیه منحنی کوزنتس در کشورهای مورد مطالعه است. طبق بررسی، تجارت خارجی تاثیر مثبت و معنادار با انتشار CO2 داشته است.

**کلمات کلیدی**

"فناوری اطلاعات و ارتباطات"، "تولید ناخالص سرانه"،" منحنی زیست محیطی کوزنتس"، "انتشار CO2، "روش گشتاورهای تعمیم یافته".

J.E.L.: C23, O32, Q43, Q51

[1] . این مقاله برگرفته از پایان نامه فاطمه آریان فر با عنوان نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط‌زیست کشورهای عضو اوپک به راهنمایی دکتر زهرامیلا علمی در دانشگاه مازندران بوده است.

## ۱- مقدمه

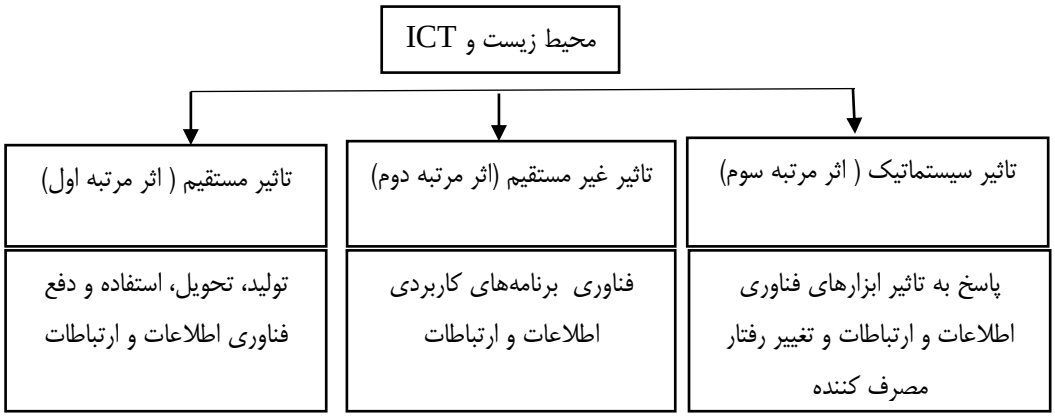
در دهه‌های اخیر، پس از معرفی فناوری اطلاعات و ارتباطات، بررسی اثر آن بر محیطزیست، یکی از موضوعات مورد علاقه اقتصاددانان اکثر کشورها شده است. امروزه جهان با چندین بحران بزرگ زیست محیطی مواجه است که برخی از آن‌ها غیر قابل برگشت به نظر می‌رسد. شناسایی عواملی که می‌توانند این آسیب‌های زیست محیطی را تشدید کنند یا کاهش دهند برای نجات کره زمین و نوع بشر از پیامدهای این بحران‌ها، ضروری است. تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات(ICT) بر محیطزیست موضوعی پیچیده و مورد بحث است. در واقع، ICT می‌تواند اثرات مثبت و منفی بر محیطزیست داشته باشد. از یک سو، ابزارها و دستگاه‌های ICT می‌توانند برای بهبود بهره‌وری انرژی استفاده شوند که منجر به کاهش انتشار CO2 می‌شوند و از سوی دیگر، بسیاری از دستگاه‌های ICT حاوی اجزای تجدیدناپذیر و غیرقابل بازیافت که می‌توانند آسیب‌های زیست محیطی قابل توجهی ایجاد کنند. بنابراین با توجه به اثرات مثبت و منفی ICT بر زیست بوم کشورها، امکان وجود رابطه U معکوس میان ICT و آلودگی زیست محیطی در مطالعات سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. مطالعات گذشته در رابطه با اثر ICT در کشورهای در حال‌توسعه و توسعه‌یافته نتایج یکسانی را ارائه نکرده‌اند، طبق بررسی‌های انجام شده فناوری اطلاعات و ارتباطات توانسته است روند رو به افزایش انباشت آلودگی در کشورهای توسعه‌یافته را تعدیل کند و کیفیت محیطزیست را از طریق این فرایند افزایش دهد. اما در کشورهای در حال‌توسعه این موضوع کمتر قابل مشاهده است. در این راستا به نظر می‌رسد که شکاف‌های کنونی بین کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه از نظر نهادینه کردن استفاده از فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی نقش قابل توجهی دارند. کشورهای صادرکننده نفت از جمله کشورهایی هستند که از پتانسیل و زیربناهای فیزیکی و سرمایه انسانی نسبتاً مناسبی برخوردار هستند و طی سال‌های اخیر، سرمایه‌گذاری‌هایی برای توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات انجام داده‌اند. هدف اصلی این تحقیق، با توجه به تنوع محیطی و مسائل انرژی پیش‌روی جهان امروز و اثرات بالقوه مثبت و منفی ICT بر محیطزیست، بررسی نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیطزیست کشورهای منتخب صادرکننده نفت می‌باشد. موجی از نگرانی‌های عمومی که برای حل مشکلات زیست‌محیطی به‌طور عمده آلودگی‌های ناشی از صنعتی شدن در اقتصادهای پیشرفته به وجود آمده بود در اواخر دهه ۱۹۷۰ در تجزیه و تحلیل‌های تجارت تبلور یافت و در دهه ۱۹۸۰ از مباحث مهم در مذاکرات بین‌المللی محسوب شد (Jayadevappa et al.,2000 ). آزادسازی تجاری که براساس اصل مزیت نسبی کشورها شکل گرفته بود که مطابق این اصل کشورها در تولید کالاهایی که در آن مزیت نسبی دارند فعالیت می‌کنند علاوه بر افزایش بهره‌وری در تولیدات، می‌تواند بر میزان آلودگی موثر باشد (Cole,2004). به عبارتی، پیدایش جهانی شدن بر اساس ایده تجارت آزاد بین کشورها بود که توسط آدام اسمیت در کتاب ثروت ملل اعلام شد. از لحاظ تاریخی، در تمدن‌های باستانی تا جهان معاصر، تولید و تجارت بستر رشد اقتصادی کشورها بوده است. اخیراً دولت‌ها به اهمیت حفاظت از محیطزیست و خطرات آن در صورت هر گونه تخریب بیشتر پی برده‌اند، این درک منجر به تدوین سیاست حول توسعه پایدار شده است (Chowdhury et al., 2021; Dale et al., 2020; Xu et al., 2021). باز بودن تجارت باعث می‌شود که انتشار CO2 به طور همزمان از طریق رشد اقتصادی و اثر تکنولوژیکی افزایش و کاهش یابد. مطالعات بسیاری نشان می‌دهد که رشد اقتصادی اغلب به تخریب محیطزیست کمک می‌کند (Bekun et al., 2019; Song, 2021). فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس(EKC) پیشنهاد شده توسط گروسمن و کروگر (۱۹۹۵) نشان می‌دهد که در طی مراحل اولیه توسعه اقتصادی یک کشور، تخریب محیطزیست آن افزایش می‌یابد اما پس از رسیدن به سطح معینی از صنعتی شدن، به تدریج در نقطه عطف فروکش می‌کند. بنابراین، امکان وجود رابطه U معکوس میان درآمد/ درآمد سرانه و آلودگی زیست محیطی وجود دارد که در مطالعات سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در کشورهای در حال توسعه، ضروری است که سیاست‌گذاران مبادله بین رشد اقتصادی و حفاظت از محیطزیست را بهینه کنند. با توجه به گرمایش زمین و خطرات آن برای نسل حاضر و آتی، در این مطالعه برآنیم تا نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات به عنوان یک عامل موثر بر کیفیت محیطزیست کشورهای منتخب صادرکننده نفت را بررسی نماییم. نوآوری این مطالعه با مطالعات پیشین این است که برای بررسی اثرگذاری ICT بر انتشار CO2 بر خلاف مطالعات گذشته که تنها یک بعد ICT را استفاده کرده‌اند از شاخص ترکیبی فناوری اطلاعات و ارتباطات که از روش مولفه اصلی (PCA) به دست آمده استفاده می‌کند. ساختار مقاله در این بررسی بدین شرح است که بعد از مقدمه ادبیات نظری و پیشینه تحقیق ارائه می‌شود. بعد از ارائه مدل تحقیق معرفی متغیرهای آن، یک توصیف داده‌ای قبل از برآورد آورده می‌شود. پایان بخش این مقاله بعد از تفسیر نتایج جمع‌بندی و ارائه راهبرد سیاستی است.

## ۲- ادبیات نظری تحقیق

دی‌اکسیدکربن یک گاز گلخانه‌ای است که در هنگام استفاده از سوخت‌های فسیلی به محیطزیست آزاد می‌شود. به دلیل انتشار دی‌اکسیدکربن، گرم شدن آب و هوا ممکن است برای محیطزیست فاجعه آمیز باشد. بنابراین، نظارت مستمر بر اثر انتشار کربن بر محیطزیست ضروری است. هم‌چنین می‌تواند منجر به نابودی نسل‌های

بعدی شود و ارتباط آن با عواملی مانند جهانی شدن، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در مطالعات مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است(Shahbaz et al., 2018a, 2018b; Akadiri and Akadiri, 2019, 2020). دی‌اکسیدکربن را می‌توان با روش‌های مختلفی مانند جداسازی غشایی، جذب با حلال، و جذب با استفاده از غربال‌های مولکولی از دودکش‌ها و جریان های گازهای زائد حذف کرد. اما این فناوری‌ها پرهزینه و عملیاتی انرژی بر هستند (Lee et al,2004). یکی از عوامل مؤثر بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، گسترش اطلاعات و ارتباطات در زندگی روزمره مردم در سراسر جهان و ایجاد یک دهکده جهانی است که اثرات مثبت و منفی بر زیست بوم بشر دارد. نقش و اهمیت فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) برای پیامدهای مختلف اقتصادی در سال‌های اخیر مورد بررسی قرار گرفته شده است. ICT زندگی انسان را در بسیاری از جنبه‌ها از جمله اکولوژیکی زندگی تحت تأثیر قرار داده است. به عبارتی، ارتباط ICT با محیط‌زیست نسبتا پیچیده است. از یک سو رشد ICT از طریق افزایش تولید و از طرف دیگر استفاده و دفع محصولات ICT محیط را به وخامت سوق داده است. به عنوان مثال، افزایش ضایعات الکترونیکی و استفاده بیشتر از انرژی در تولید، باعث اثرات نامطلوب بر کیفیت محیط‌زیست می‌شود(Houghton, 2015). از طرفی طبق گفته Plepys در سال ۲۰۰۲ فناوری اطلاعات و ارتباطات راه‌حلی برای تقویت حفاظت از محیط‌زیست، کاهش اثرات نامطلوب ایجاد شده در محیط‌زیست توسط فعالیت‌های انسانی و پرداختن به چالش‌های کلیدی زیست محیطی مانند تغییرات آب و هوایی و پایداری آن محسوب می‌شود. بنابراین با این ادله می‌توان اظهار نمود که ICT می‌تواند به کاهش تخریب محیط‌زیست از طریق افزایش آگاهی از مسائل زیست محیطی و استفاده از فن‌آوری سازگار با محیط زیست کمک کند. استفاده از فناوری اطلاعات با قابلیت صنعت سبز، اصلاح خودروها برای کاهش آلودگی، مدیریت یکپارچه مصرف سوخت، اصلاح روش‌ها و دفع صحیح زباله‌ها و مهار بیابان‌زایی از راه حل‌های فنی است که در صورت اجرا می‌تواند مشکلات زیست محیطی را کاهش دهد. ابعاد اکولوژیکی ICT به بررسی نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در مسائل محیط زیستی می‌پردازد. ارتباط ICT با محیط زیست نیز به اثرات بازگشتی ICT بستگی دارد. این نظریه دلالت بر این دارد که اثرات بازگشتی می‌تواند اثرات مثبت فناوری را در درازمدت جبران کند. به عنوان مثال، اگر تحولات فناوری اطلاعات و ارتباطات منجر به تولید ارزان‌تر شود، تقاضا برای محصول افزایش خواهد یافت و در نتیجه آلودگی بیشتری ایجاد خواهد شد. این اثرات بازگشتی، اثرات نامشخصICT را برای پایداری زیست محیطی ایجاد می‌کنند. شکل (۱) نشان می‌دهد که اثرات بازگشتی ICT را می‌توان به سه سطح مستقیم، غیرمستقیم و اثرات سیستماتیک دسته‌بندی کرد. این سه سطح، تأثیرات زیست محیطی ICT را پوشش می‌دهند، بیشترین نوع اثرات، اثرات مرتبه اول (اثرات فیزیکی استفاده از سخت افزار) تا غیرمستقیم‌ترین اثرات (اثرات مرتبه دوم) مانند تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر ساختارهای اقتصادی و سبک زندگی افراد را شامل می‌شود. اثرات مرتبه اول: تمام اثرات زیست محیطی ناشی از سخت افزار ICT در طول چرخه عمر محصول، پوشش تولید، استفاده و دفع آن را شامل می‌شود. اثرات مرتبه دوم: استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات باعث ایجاد اثراتی بر سایر فرآیندها می شود، به عنوان مثال ترافیک یا تولید صنعتی و تأثیرات زیست محیطی آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد که به اثرات غیر مستقیم معروف هستند. اثرات مرتبه سوم: به دلیل استفاده گسترده از ICT در زندگی روزمره، ساختارهای اقتصادی و سبک زندگی افراد می‌تواند تغییر کند و به طور غیرمستقیم بر اثرات درجه اول و دوم تأثیر بگذارد. رویکرد سه سطحی در تحقیقات در مورد اثرات زیست محیطی فناوری اطلاعات و ارتباطات بسیار رایج است، اگرچه اصولاً می‌توان آن را به تأثیرات بر سیستم‌های اجتماعی، از جمله نظام اقتصادی تعمیم داد. در واقع، مفهوم اثرات مرتبه دوم برخی از زمینه‌های سازمانی که در آن فناوری اطلاعات و ارتباطات استفاده می‌شود، پیش‌فرض می‌گیرد. در حالی که اثرات مرتبه سوم را می‌توان تنها در یک بافت اجتماعی، از جمله، پویایی بازار، ارزیابی کرد و یا توضیح داد (Hilty et al.,2010).

شکل۱- ابعاد اکولوژیکی فناوری اطلاعات و ارتباطات




**منبع:Majeed,(2018)**

اثرات فناوری اطلاعات و ارتباطات را می‌توان به طور کلی به تأثیرات مرتبه اول به دلیل مصرف مستقیم، اثرات مرتبه دوم ناشی از تغییرات فرآیند، مانند کارایی، و اثرات مرتبه سوم ناشی از تغییرات رفتاری و اقتصادی گروه‌بندی کرد (Berkhout and Hertin ,2004; Hilty et al., 2006). Williams (2011)سطح چهارمی را اضافه می‌کند که اساساً اثرات مرتبه سوم را به اثرات بازگشتی و تغییرات سیستمی گسترده‌تر تبدیل می‌کند. Rattle (2010) اثرات غیرمستقیم را به پنج دسته دسته‌بندی می‌کند: بهینه سازی، جایگزینی، القاء، تکمیل و ایجاد. دو مورد اول مستقیماً به کارایی و جایگزینی اشاره می‌کنند، در حالی که القاء، تکمیل و ایجاد به ترتیب با تأثیرات بازگشت مستقیم، غیرمستقیم و اقتصادی همسو هستند. در بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی با انتظارات بالا برای رشد اقتصادی و بهبود محیط‌زیست انجام می‌شود، اما غفلت از موضوع اثر برگشتی باعث خطر تخصیص نادرست وجوه می‌شود. داشتن اطلاعات بیشتر در مورد اثرات و علل به تصمیم گیرندگان اجازه می‌دهد تا توسعه آینده را با تعادل بین رشد اقتصادی و کیفیت محیطی بهینه کنند (Plepys,2002). با توجه به فناوری اطلاعات و ارتباطات، منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC) را می‌توان برای کشف پیامدهای ICT بر تخریب محیط‌زیست به دنبال اثر بازگشت مستقیم و غیرمستقیم مورد استفاده قرار گیرد.

## ۳- پیشینه پژوهش

- **مطالعات انجام شده در داخل کشور**

سجودی و همکاران (۱۳۸۹)، در مطالعه‌ای به بررسی نظری و تجربی اثر ICT بر کیفیت محیط‌زیست در میان کشورهای در حال‌توسعه از جمله ایران و هم‌چنین مقایسه آن با کشورهای توسعه‌یافته پرداخته‌اند. در این مطالعه از روش داده‌های تابلویی به تخمین اثر گسترش فناوری اطلاعات وارتباطات بر کیفیت محیط‌زیست پرداخته است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد تعداد خطوط تلفن ثابت و همراه تأثیر مثبت و معنی‌داری بر حفظ محیط‌زیست داشته در حالی که تعداد کاربران اینترنت و کامپیوترهای شخصی تأثیر منفی بر محیط‌زیست داشته است.

دیزجی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی کاربرد ICT بر کیفیت محیط‌زیست در ۱۱ کشور منتخب MENA در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۹ با استفاده از مدل داده‌های تابلویی پرداخته اند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که خطوط تلفن ثابت اثر منفی و معنی داری بر کیفیت محیط زیست داشته است. هم‌چنین متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه اثر مثبت و متغیرهای درجه باز بودن اقتصاد و مجذور تولید ناخالص داخلی سرانه رابطه منفی با کیفیت محیط‌زیست داشته‌اند.

فاطمی‌زاده (۱۳۹۲) در پایان‌نامه خود اثر ICT بر عملکرد زیست‌محیطی در کشورهای منتخب را بررسی کرد. در این پژوهش از روش داده‌های تابلویی، برای ۲۰ کشور توسعه‌یافته و ۲۰ کشور در حال‌توسعه منتخب از جمله ایران طی دوره (۲۰۰۰ – ۲۰۱۰) استفاده شده است. یافته‌ها نشان از تاثیر مثبت این متغیرها بر عملکرد زیست محیطی دارد. یعنی افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه، ارتقای سطح فناوری اطلاعات و ارتباطات و بالا رفتن سطح سواد و آگاهی مردم در بهبود عملکرد زیست محیطی نقش بسزایی دارند و این که ICT در کنار تاثیر مثبت بر محیط زیست، تاثیر منفی هم بر آن دارد که برآیند آن ها حاکی از تاثیر مثبت ICT بر محیط زیست است. گل تبار و ستاری‌فر (۱۳۹۲) به بررسی اثرات توسعه‌ی فن‌آوری ICT بر پایداری محیط زیست در کشورهای نوظهور اقتصادی طی دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ و با استفاده از روش اقتصادسنجی داده‌های تابلویی می‌پردازند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که همزمان با اثر منفی رشد اقتصادی بر پایداری محیط‌زیست، توسعه‌ی ICT توانسته پایداری محیط زیست را بهبود بخشد. پروین شعار گنگچین (۱۳۹۳) در پایان‌نامه خود اثر ICT 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 نشان دهنده تأثیر منفی ICT بر انتشار آلودگی در این کشورها می‌باشد. علاوه بر این، درجه باز بودن اقتصاد تأثیر مثبت بر کیفیت محیط زیست و بالا بودن اندازه دولت نیز تأثیر منفی بر کیفیت محیط‌زیست دارد. هم‌چنین نتایج حاکی از تأیید فرضیه زیست محیطی کوزنتس در بین کشورهای عضو منا می‌باشد. ارباب و شعبانی(۱۳۹۶)

رابطه بین فناوری اطلاعات و ارتباطات بر آلودگی های زیست محیطی در کشورهای عضو D8 را با استفاده از روش داده‌های تلفیقی، طی دوره ۱۹۹۴-۲۰۱۴ بررسی کردند. نتایج حاکی از آن است که با افزایش تولید ناخالص داخلی، آلودگی افزایش می‌یابد. هم‌چنین رابطه معنی‌داری میان فناوری اطلاعات و ارتباطات و کاهش آلودگی هوا به دست آمدهاست. طبق نتایج، گسترش فعالیت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات جدا از تبعات مطلوب در حوزه اقتصاد، می‌تواند تبعات محیط‌زیستی مناسبی را نیز به همراه داشته باشد. منتظری (۱۳۹۷) در پایان‌نامه خود به بررسی تاثیر تجارت بین‌الملل و فناوری اطلاعات بر آلودگی‌های زیست محیطی درکشورهایD8 و G8 پرداخته است. برای دستیابی به این هدف، مدل پانل دیتا در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ مورد استفاده قرار گرفته است. یافته‌های تحقیق نشان داد که درگروه کشورهای درحال توسعه(D8)، متغیرهای ICT و تمرکز جمعیت تاثیر مثبت و متغیرهای سهم کالاهای صنعتی صادراتی و وارداتی به ترتیب اثر منفی و مثبت بر دی اکسید کربن دارند و نتیجه رابطه درآمد سرانه و شاخص آلودگی به رد فرضیه زیست محیطی کوزنتس می‌انجامد. درگروه کشورهای توسعه یافته(G8)، متغیرهای فناوری اطلاعات و ارتباطات و تمرکز جمعیت به ترتیب اثر منفی و مثبت و متغیرهای سهم کالاهای صنعتی صادراتی و وارداتی اثرمثبت بر دی اکسید کربن دارند و با توجه به رابطه درآمد سرانه و شاخص آلودگی فرضیه زیست محیطی کوزنتس تایید می‌شود. گلخندان(۱۳۹۸) در مطالعه‌ای تأثیر استفاده از اینترنت بر انتشار گاز CO2 را در ۳۰ کشور در حال توسعه (شامل ایران) با استفاده از داده‌های پانلی و برآوردگر اثرات ثابت بررسی کرد. یافته‌های این تحقیق نشان داد، استفاده از اینترنت تأثیر مثبت و معناداری بر آلودگی هوا داشته است، اما میزان این اثرگذاری ناچیز است. به‌گونه‌ای که با ۱۰ درصد افزایش تعداد کاربران اینترنت (در هر ۱۰۰ نفر)، در بلندمدت میزان انتشار گاز CO2 در کشورهای مورد مطالعه کمتر از ۰/۰۱ درصد افزایش خواهد یافت. بر این اساس می‌توان گفت که استفاده از اینترنت، تهدیدی جدی برای آلودگی هوا در کشورهای درحال‌توسعه محسوب نمی‌شود. بر اساس سایر نتایج، رشد اقتصادی، سرانه مصرف انرژی، اندازه تجارت و توسعه بازار پول، اثر مثبت و معنادار بر انتشار گاز CO2 در کشورهای مورد مطالعه داشته است. جعفری پرویزخانلو و همکاران (۱۳۹۹) 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 تاثیر مستقیم و مجذور آن تاثیر منفی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای حوزه خلیج فارس داشته است. به عبارتی رابطه بین ICT و $CO_2$ به شکل U معکوس بوده‌است.

- **مطالعات انجام شده در خارج از کشور**

با توجه گرمایش زمین و خطرات زیست محیطی آن برای نسل امروز و آینده، مطالعاتی در زمینه عوامل مؤثر بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن انجام شده است که در این بخش با توجه به اهمیت ICT بر انتشار CO2 صرفا برخی از آن در این بخش آورده شده است. رابطه بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و پایداری محیطی توسط Higon et al.(2017) مورد مطالعه قرار گرفت. او از داده‌های تابلویی متشکل از ۱۴۲ کشور (شامل۱۱۶ 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 CO2 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 CO2 در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته، با بهبود بیشتر سطح توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات کاهش می‌یابد. Park و همکاران (۲۰۱۸) ، مطالعه‌ای با عنوان "تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات، توسعه مالی، رشد و باز بودن تجارت بر انتشارCO2 در کشورهای منتخب اتحادیه اروپا" انجام دادند. بدین منظور، از برآوردگر میانگین گروهی ترکیبی(PMG) [1] برای داده‌های تابلویی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴ استفاده نمودند. یافته‌های این مطالعه نشان داد که استفاده از اینترنت رابطه‌ای بلندمدت با انتشار CO2 و کاهش کیفیت محیطی در کشورهای اتحادیه اروپا دارد. هم‌چنین مصرف برق تاثیر مثبت و معناداری بر انتشار CO2 دارد. تأثیر ICT، جهانی شدن، مصرف برق، توسعه مالی و رشد اقتصادی بر کیفیت زیست محیطی توسط Haseeb et al. (2019) با استفاده از داده‌های پانل ۱۹۹۴-۲۰۱۴ برای اقتصادهای بریکس مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه آزمون ریشه واحد نشان داد که انتشار دی‌اکسیدکربن ، مصرف برق، توسعه مالی، استفاده از اینترنت، استفاده از تلفن همراه، جهانی شدن و رشد اقتصادی دارای هم‌انباشتگی از درجه یک هستند. نتایج حاصل از آزمون وسترلاند [2] نشان داد که ICT، جهانی شدن، مصرف برق، رشد اقتصادی و CO2 رابطه تعادلی بلندمدت دارند. نتایج حاصل از رگرسیون به ظاهر نامرتبط پویا [3] نشان داد که استفاده از اینترنت و اشتراک‌های تلفن همراه تأثیر منفی بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارند. به بیان ساده، ICT به طور مثبت به کیفیت محیطی کمک می‌کند. به طور مشابه، رشد اقتصادی نیز تأثیر نامطلوبی بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. از سوی دیگر، مصرف برق، جهانی شدن و توسعه مالی تأثیر مثبت بر انتشار دی اکسیدکربن دارند. علاوه بر این، نتایج آزمون علیت گرنجر وجود یک رابطه علی دو طرفه بین استفاده از اینترنت و کیفیت محیطی، توسعه مالی و مصرف برق، ICT و توسعه مالی، اشتراک تلفن همراه و جهانی شدن، رشد اقتصادی و کیفیت محیطی و استفاده از اینترنت را نشان می‌دهد. مقاله‌ای در سال ۲۰۲۱ با عنوان "نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در کاهش انتشار کربن" توسط Anser و همکاران نوشته شده است. هدف این مطالعه تجزیه و تحلیل پیوندهای پویای بین

[1] PMG: Pooled mean group
[2] Westerlund
[3] Dynamic seeming unrelated regression

عوامل فناوری و انتشار کربن در پانلی متشکل از ۲۶ کشور اروپایی منتخب از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ است. نتایج مدل رگرسیون به روش اثرات ثابت، افزایش یکنواخت بین فناوری کشاورزی و انتشار کربن را نشان می‌دهد. علاوه بر این، نتایج رابطه منفی بین صادرات فناوری پیشرفته و انتشار کربن را نشان می‌دهند، زیرا صادرات فناوری بالا تأثیر مثبتی بر کیفیت محیطی دارد تا انتشار کربن در سراسر کشورها را کاهش دهد. رابطه بین صادرات کالاهای ICT و انتشار کربن مکمل است، در حالی که هزینه‌های تحقیق و توسعه رابطه منفی با انتشار کربن در یک دوره معین دارد. تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات، باز بودن تجارت، توسعه مالی، و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کره از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۶ با روش ARDL توسط Kim (2021)بررسی گردید. بر اساس نتایج حاصل، در درازمدت ارتباط بین رشداقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن تأیید گردید، اما عوامل دیگری از جمله ICT نتوانسته‌اند ارتباط بین انتشار دی‌اکسیدکربن با فناوری اطلاعات و ارتباطات را در درازمدت تأیید کنند. براساس نتایج، در کوتاه‌مدت، رشد اقتصادی و ICT انتشار دی‌اکسیدکربن را افزایش داد و توسعه مالی منجر به کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن شد. باز بودن تجارت تأثیر قابل توجهی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کوتاه مدت مانند درازمدت نداشته است و در یک جمع‌بندی کلی، ICT به کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن در کوتاه مدت و هم‌چنین درازمدت کمکی نکرد. در سال ۲۰۲۲ Kim به بررسی روابط بین استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار CO2 با در نظر گرفتن رشد اقتصادی، باز بودن تجارت، و برق تجدیدپذیر در کشورهای سازمان همکاری اقتصادی و توسعه برای دوره ۱۹۹۰–۲۰۱۸ می‌پردازد. تخمین با روش میانگین گروهی تلفیقی نشان می‌دهد که پیشرفت فناوری اطلاعات و ارتباطات به عنوان عاملی در افزایش انتشار CO2 در دراز مدت عمل می‌کند اگرچه مقدار ضریب کوچک است. اما بین این دو متغیر رابطه کوتاه مدت معناداری وجود ندارد. علاوه بر این، رشد اقتصادی باعث افزایش انتشار CO2 در کوتاه مدت و بلندمدت می‌شود. گسترش برق تجدیدپذیر و باز بودن تجارت باعث کاهش انتشار CO2 در دراز مدت می شود. در سال ۲۰۲۲ اثرات زیست محیطی ICT و بررسی نقش انرژی‌های تجدیدپذیر، نوآوری، تجارت و توسعه مالی توسط Haldar & Sethi انجام گردید. در این مطالعه، اثرات مستقیم ICT بر محیط زیست و هم‌چنین اثرات غیرمستقیم آن از طریق تعامل با انرژی های تجدیدپذیر، نوآوری، تجارت و توسعه مالی با استفاده از روش اثرات ثابت برای ۱۶ کشور در حال ظهور از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ تجزیه و تحلیل شد. براساس نتایج، استفاده از اینترنت، مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجارت به طور قابل توجهی انتشار CO2 را افزایش می‌دهد. تعامل بین نوآوری و استفاده از از اینترنت به طور مشترک انتشار CO2 را کاهش می‌دهد. به طور مشابه، انرژی های تجدیدپذیر، نوآوری، تجارت و توسعه مالی انتشار CO2 ناشی از افزایش استفاده از موبایل را کاهش می‌دهند. اینترنت به طور مشترک انتشار CO2 را کاهش می‌دهد. به طور مشابه، انرژی های تجدیدپذیر، نوآوری، تجارت و توسعه مالی انتشار CO2 ناشی از افزایش استفاده از موبایل را کاهش می‌دهند.

در سال ۲۰۲۳ تأثیر فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات، رشد تولید ناخالص داخلی، جمعیت و جهانی‌سازی بر کیفیت محیطی ۳۱ اقتصاد آسیایی (گروه‌های با درآمد متوسط پایین، با درآمد متوسط بالا و گروه‌های پردرآمد آسیایی) توسط Saleem et al. بررسی گردید. این تجزیه و تحلیل از داده‌های سری زمانی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ استفاده می‌کند. برای برآورد، از تخمین CS-ARDL[1] استفاده گردید. بر اساس نتایج این مطالعه، نقش ضروری فناوری اطلاعات را در کاهش ردپای اکولوژیکی در اقتصادهای با درآمد بالاتر، متوسط رو به بالا و متوسط پایین اقتصادهای آسیایی تأیید گردید.

### - ارائه مدل و معرفی متغیرهای آن

این مطالعه با هدف بررسی تاثیر شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات بر دی اکسید کربن برای کشورهای منتخب صادرکننده نفت و طی بازه‌ی زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹ (با استفاده از حداکثر داده‌های موجود) با روش داده های تلفیقی انجام شد. مدل مورد استفاده برگرفته از مطالعه Higón et al., 2017 است. متغیرهای مورد استفاده انتشار دی اکسید کربن(متغیر وابسته)، شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات(متغیر توضیحی و محاسبه شده به روش PCA) و متغیرهای کنترل است. متغیرهای کنترل براساس جمع بندی مطالعات انجام گرفته انتخاب شده‌اند. منابع آماری مورد استفاده، بانک‌های داده‌ای مانند بانک جهانی و شاخص توسعه جهانی(WDI) است.

[1]. Cross-Sectional Augmented Autoregressive Distributed Lags

$$CO2_{it} = \alpha_i + \beta_0 ICT_{it} + \beta_1 ICT^2_{it} + \beta_2 GDP_{it} + \beta_3 GDP^2_{it} + \beta_4 TRA_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱)$$

که در آن:

$CO2_{it}$ : انتشار دی اکسید کربن سرانه (متریک تن)[1] 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[2]: خطوط تلفن ثابت به ازای ۱۰۰ نفر[3]، اشتراک تلفن همراه به ازای ۱۰۰ نفر[4]، کاربران اینترنت به ازای هر ۱۰۰ نفر[5]، مشترکان پهنای باند اینترنت ثابت به ازای هر ۱۰۰ نفر[6] است. 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 دی‌اکسید کربن (شاخصی برای تخریب محیط زیست) وارد مدل شد. بر اساس مطالعه Higón و همکاران، (۲۰۱۷) انتظار بر این است که یک رابطه U وارون بین این $ICT$ و انتشار دی‌اکسید کربن وجود داشته باشد.

$GDP_{it}$: تولید ناخالص داخلی سرانه، (بر حسب برابری قدرت خرید، به ۱۰۰۰دلار) برگرفته از داده‌های بانک جهانی.

$GDP^2_{it}$: مجذور تولید ناخالص داخلی سرانه که به عنوان متغیر کنترل برای نشان دادن رابطه U وارون بین این متغیر و انتشار CO2 وارد مدل شده است. به عبارتی انتظار می‌رود تأثیر تولید سرانه بر انتشار دی اکسید کربن تا سطح آستانه مثبت باشد. اما بعد از سطح آستانه، تخریب محیط‌زیست شروع به کاهش کند. به عبارتی انتظار براین است طبق مطالعه Majeed,(2018) رابطه بین انتشار CO2 و تولید ناخالص داخلی سرانه تاییدی بر فرضیه زیست محیطی کوزنتس باشد.

$TRA_{it}$: تجارت(درصدی از GDP)[7] برگرفته از داده‌های بانک جهانی. با توجه به مطالعه Wang & Ang،[8] (۲۰۱۸) انتظار بر آن است که افزایش حجم تجارت باعث افزایش انتشار کربن شود. به عقیده طرفداران محیط‌زیست ، در اثر آزادسازی تجاری، حجم فعالیت-های اقتصادی (از جمله فعالیت‌های آلاینده) گسترش یافته و استفاده از منابع و انرژی به شکل نامناسبی افزایش پیدا می‌کند که در پایان منجر به تشدید تخریب محیط زیست می‌گردد. ۲۰ کشور منتخب صادرکننده نفت (اوپک و اوپک پلاس) بر اساس حداکثر داده موجود، الجزایر، آنگولا، آذربایجان، بحرین، برونئی، کنگو، گینه استوایی، گابن، ایران، عراق، قزاقستان، کویت، لیبی، مالزی، مکزیک، نیجریه، عمان، روسیه، عربستان سعودی، امارات متحده عربی است. این بررسی برای دوره ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹ و به روش گشتاورهای تعمیم‌یافته گسترش یافته 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- توصیف داده‌ای متغیرها

جهت توصیف داده‌ای، جداول ۱ و ۲ ارائه گردید. با توجه به اهمیت ICT و محاسبه‌ی شاخص ترکیبی آن که در این مطالعه این محاسبه انجام شده است و نوآوری مطالعه حاضر نسبت به سایر مطالعات انجام شده در ایران است این شاخص به طور اجمال بررسی می‌شود. بر اساس جدول ۱، متوسط انتشار دی‌اکسید کربن سرانه سالانه برای کشورهای مورد مطالعه ۹/۴۹۳ متریک تن بوده است. برای کشورهای بحرین، برونئی، قزاقستان، کویت، عمان، روسیه، عربستان سعودی و امارات متحده عربی ارقامی بالاتر از میانگین در پانل ثبت شده است. متوسط انتشار در دوره مورد بررسی برای ایران ۷,۳۳۶ متریک تن بوده است. کمترین و بیشترین میانگین مقادیر مربوط به کشورهای نیجریه و کویت بوده است. بنابراین می‌توان گفت نیجریه از نظر آلایندگی در کشورهای مورد بررسی کمترین و کویت بیشترین نقش آفرینی را داشته است.

---

[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] . Trade (% of GDP)
[8]. Muhammad, Long, Salman et al.

متوسط تولید ناخالص داخلی سرانه سالانه در کشورهای مورد بررسی ۱۴/۲۳۹هزار دلار بوده است. متوسط تولید ناخالص داخلی سرانه کشورهای بحرین، برونئی، کویت، عمان، روسیه، عربستان سعودی و امارات متحده عربی بالاتر از متوسط گروه بوده است. بر اساس داده‌های استخراج شده از بانک جهانی، متوسط تولید ناخالص داخلی سرانه سالانه برای ایران در دوره مطالعه ۵/۸۲ هزار دلار بین‌المللی بوده است. در این دوره، نیجریه کمترین متوسط تولید ناخالص داخلی سرانه و کشور امارات متحده عربی بیشترین میزان آن را داشته است. متوسط تجارت خارجی برای کشورهای مورد بررسی ۸۸/۰۶ درصد بوده است. کشورهای بحرین، برونئی،کنگو، گینه استوایی، کویت، مالزی، عمان، عربستان سعودی و امارات متحده عربی بیشتر از متوسط بوده است. متوسط تجارت خارجی سالانه برای ایران در دوره مطالعه ۴۵/۳۵ درصد بوده است. کمترین و بیشترین میزان تجارت خارجی مربوط به کشورهای نیجریه و امارات متحده عربی بوده است. متوسط شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشورهای مورد بررسی ۰۱۵/ ۹۲ (به ازای هر ۱۰۰ نفر) بوده است. این عدد در کشورهای آذربایجان، بحرین، برونئی، قزاقستان، کویت، مالزی، عمان، روسیه، عربستان سعودی، امارات متحده عربی بالاتر از متوسط بوده است. متوسط شاخصICT ایران معادل ۸۶/۰۹۴ (به ازای هر ۱۰۰ نفر ) بوده است. کمترین و بیشترین میزان این شاخص مربوط به کشورهای گینه استوایی و امارات متحده عربی بوده است.

**جدول ۱- توصیف آماری متغیرهای الگو**

| | CO2 (سرانه و به متریک تن) | GDP (سرانه و به هزار دلار) | ICT(شاخص ترکیبی محاسبه شده) | تجارت(TRA) درصدی از GDP |
|---|---|---|---|---|
| میانگین (Mean) | ۹/۴۹۳۹۶۷ | ۱۴/۲۳۹۵۹ | ۹۲/۰۱۵۲۷ | ۸۸/۰۶۳۹۴ |
| میانه (Median) | ۷/۴۳۰۷۷۲ | ۹/۶۳۰۳۲۵ | ۹۴/۹۸۰۰۵ | ۸۲/۶۲۹۴۳ |
| بیشترین | ۲۷/۷۷۶۲۹ | ۵۱/۲۷۷۶۶ | ۱۸۷/۵۹۸۰ | ۱۹۱/۸۷۲۶ |
| کمترین | ۰/۴۹۱۳۹۳ | ۱/۷۰۹۵۱۶ | ۱۰/۸۰۳۱۲ | ۲۰/۷۲۲۵۲ |
| انحراف معیار | ۷/۳۹۰۱۱۹ | ۱۲/۲۲۱۱۲ | ۳۹/۱۹۳۳۳ | ۳۵/۹۳۳۰۰ |
| چولگی | ۰/۵۷۳۲۳۷ | ۱/۳۲۵۶۷۴ | −۰/۰۴۵۴۵۶ | ۰/۷۰۰۲۱۹ |
| کشیدگی | ۲/۰۶۹۴۴۴ | ۳/۸۸۷۸۹۳ | ۲/۲۳۶۴۵۳ | ۲/۹۸۰۵۳۶ |
| Jarque-Bera | ۱۹/۹۸ | ۷۱/۶۶ | ۵/۳۹ | ۱۷/۹۸ |
| Probability | ۰/۰۰۰۰۴۶ | ۰/۰۰۰۰ | ۰/۰۶۷۳۶۳ | ۰/۰۰۰۱۲۵ |

**منبع: یافته‌های پژوهش**

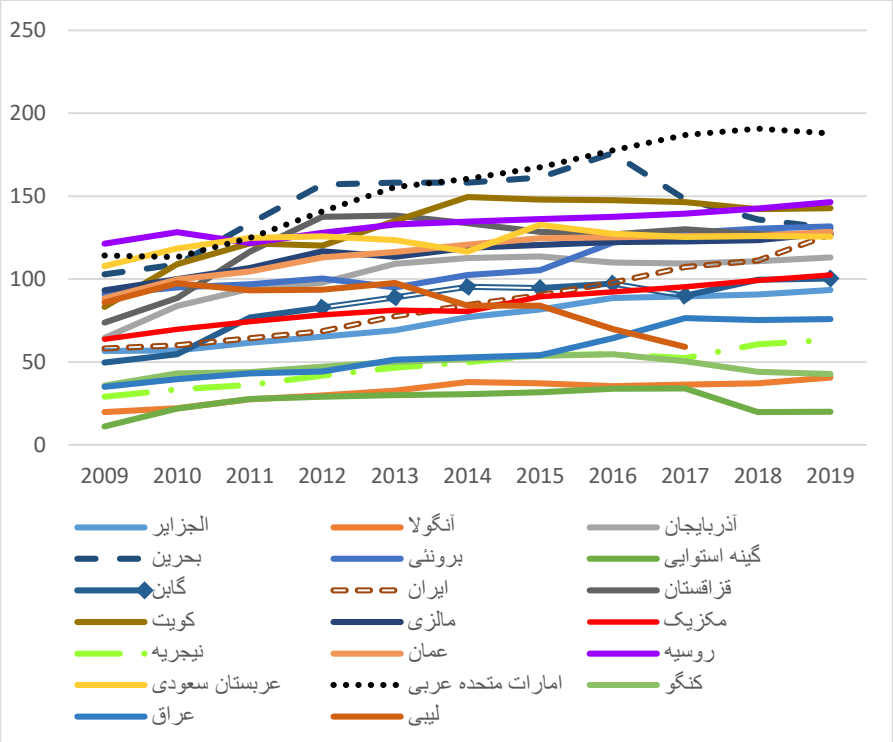
- **بررسی روند شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات**

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)[1] 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 کشورهای صادرکننده نفت با استفاده از شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات محاسبه گردید. در ساخت شاخص ICT از رویکردی مشابه با مطالعه Lee & Brahmasrene, (2014) استفاده گردید. یکی از نقاط قوت این مطالعه نسبت به سایر مطالعات انجام شده در ایران، استفاده از شاخص ترکیبی است. زیرا به باور نگارندگان، نمی‌توان اثر شاخص فناوری را با یک بعد واحد مانند استفاده از اینترنت که قابل تعمیم به همه اثر آن نیست برآورد کرده‌اند. 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 تلفن ثابت محاسبه می‌شود. برای ساختن یک شاخص، از تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) استفاده شد. چهار متغیر فوق الذکر با استفاده از PCA به جای استفاده جداگانه، در یک شاخص ترکیبی 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.

[1]. International Telecommunication Union.

نمودار ۱، روند متوسط شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشورهای صادرکننده نفت را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که فناوری اطلاعات و ارتباطات برای دوره مورد بررسی۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹ ابتدا با شیب کم و سپس با سرعت بیشتری گسترش یافته است. کمترین مقدار فناوری اطلاعات و ارتباطات برای این منطقه برای سال ۲۰۰۹ با عدد ۱۱/۱۰ برای کشور گینه استوایی است و همچنین بیشترین مقدار فناوری اطلاعات و ارتباطات مربوط به سال ۲۰۱۹ با عدد ۱۸۷/۷۹ برای کشور امارات متحده عربی است.

**نمودار ۱- روند شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشورهای صادرکننده نفت**




**منبع: پژوهش حاضر**

براساس میانگین شاخص ICT 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 یازدهم و از نظر انحراف معیار رتبه‌ی دوم 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 قابل ملاحظه‌ای در شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه بوده است.

**جدول۲ - شاخص ICT در کشورهای صادرکننده نفت طی بازه‌ی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹**

| نام کشور | میانگین | انحراف معیار | سال ۲۰۰۹ | سال ۲۰۱۹ |
|---|---|---|---|---|
| الجزایر | ۷۵/۵۳۹ | ۱۴/۰۹۹ | ۵۶/۷۰۳ | ۹۳/۳۵۰ |
| آنگولا | ۳۲/۴۳۵ | ۶/۸۳۷ | ۱۹/۷۶۹ | ۴۰/۷۰۵ |
| آذربایجان | ۱۰۱/۷۱۸ | ۱۵/۶۱۵ | ۶۴/۴۷۰ | ۱۱۳/۱۵۸ |
| بحرین | ۱۴۲/۷۸۷ | ۲۲/۷۴۴ | ۱۰۲/۷۸۶ | ۱۳۰/۸۰۲ |
| برونئی | ۱۰۸/۹۳۲ | ۱۵/۸۱۴ | ۹۰/۸۸۶ | ۱۳۱/۸۱۱ |
| کنگو | ۴۷/۰۷۱ | ۵/۷۲۳ | ۳۵/۸۱۹ | ۴۲/۷۶۹ |
| گینه استوایی | ۲۶/۳۶۴ | ۷/۱۹۰ | ۱۱/۱۰۴ | ۲۰/۰۷۴ |
| گابن | ۸۴/۵۸۵ | ۱۷/۵۲۵ | ۴۹/۷۹۱ | ۱۰۰/۳۶۷ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ایران | ۸۶/۰۹۴ | ۲۲/۸۴۳ | ۵۸/۲۴۳ | ۱۲۶/۹۵۹ |
| عراق | ۵۵/۶۶۳ | ۱۵/۱۹۳ | ۳۴/۹۶۶ | ۷۵/۸۰۸ |
| قزاقستان | ۱۲۰/۷۰۶ | ۲۰/۶۹۱ | ۷۳/۷۴۵ | ۱۲۶/۶۵۳ |
| کویت | ۱۳۱/۴۲۷ | ۲۰/۹۴۰ | ۸۳/۲۷۲ | ۱۴۲/۷۴۰ |
| مالزی | ۱۱۵/۱۰۷ | ۱۰/۸۰۳ | ۹۳/۳۰۵ | ۱۲۷/۸۲۹ |
| مکزیک | ۸۴/۲۵۹ | ۱۲/۴۶۲ | ۶۳/۷۲۲ | ۱۰۲/۴۳۳ |
| نیجریه | ۴۷/۴۷۹ | ۱۱/۱۴۱ | ۲۹/۱۲۳ | ۶۳/۳۶۶ |
| عمان | ۱۱۵/۷۸۳ | ۱۳/۰۴۹ | ۸۸/۴۴۸ | ۱۲۸/۵۷۹ |
| روسیه | ۱۳۳/۵۶۵ | ۸/۰۶۲ | ۱۲۱/۴۲۳ | ۱۴۶/۴۳۰ |
| عربستان سعودی | ۱۲۳/۱۳۹ | ۶/۶۰۵ | ۱۰۷/۹۰۷ | ۱۲۵/۵۷۲ |
| امارات متحده عربی | ۱۵۶/۳۵۱ | ۲۹/۲۷۴ | ۱۱۴/۲۱۶ | ۱۸۷/۷۹۳ |

**منبع: یافته‌های پژوهش**

- **بررسی سایر متغیرها در کشورهای منتخب اوپک**

میانگین انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای صادرکننده نفت در دوره مورد بررسی در جدول ۳ ارائه گردید. طبق این جدول، کویت با عدد ۲۳/۹ متریک تن بالاترین میانگین انتشار دی اکسید کربن را دارد. بحرین با عدد ۲۱/۸ متریک تن در رتبه دوم انتشار دی اکسید کربن قرار می گیرد. کشور امارات متحده عربی در جایگاه سوم، دو برابر میانگین پانل، انتشار $CO2$ دارد. نیجریه از نظر میانگین انتشار دی اکسید کربن با عدد ۰/۵ متریک تن در پایین‌ترین رتبه قرار می‌گیرد. طبق این جدول، کشورهای ایران، الجزایر، آنگولا، آذربایجان، گابن و نیجریه، کویت، لیبی، عراق، گینه استوایی از نظر میانگین انتشار دی اکسید کربن در محدوده مشابه و پایین‌تر از کشورهای بحرین، امارات، کویت و عربستان سعودی قرار دارند. جدول۳ هم‌چنین، نشان دهنده‌ی متوسط حجم تجارت (درصد از تولید ناخالص داخلی) در کشورهای صادرکننده نفت در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹ می‌باشد. براساس این جدول، امارات متحده عربی با میانگین ۱۶۱/۱ درصد بالاترین میانگین حجم تجارت خارجی را در بین کشورهای صادرکننده نفت دارا می‌باشد. بحرین با میانگین ۱۵۴/۱ درصد در رتبه دوم و عربستان سعودی در جایگاه سوم قرار دارند. ایران و نیجریه به ترتیب با عدد ۴۵/۳ و ۳۴ درصد در رتبه نوزدهم و بیستم میانگین تجارت خارجی قرار می‌گیرند. بررسی روند تولید ناخالص داخلی سرانه (برحسب دلار جاری،۱۰۰۰ دلار) در دوره زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹ برای کشورهای صادرکننده نفت نشان می‌دهد که کشورهای امارات متحده عربی، کویت، برونئی همواره رتبه اول تا سوم را داشته‌اند هر چند که در این دوره روند بی‌ثبات و غیر منظمی را تجربه کرده‌اند. زیرا، ساختار اقتصاد این کشورها همانند سایر کشورهای عضو اوپک و اوپک پلاس به قیمت نفت و درآمد حاصل از صادرات نفت بستگی دارد.

**جدول۳. میانگین انتشار CO2، متوسط درآمد سرانه و میانگین تجارت در بازه‌ی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹**

| نام کشور | میانگین CO2 بر حسب متریک تن | میانگین GDP سرانه به هزار دلار | میانگین تجارت ( درصدی از GDP) |
|---|---|---|---|
| الجزایر | ۳/۶ | ۴/۶ | ۶۱/۹ |
| آنگولا | ۰/۹ | ۳/۴ | ۷۹/۷ |
| آذربایجان | ۳/۱ | ۵/۸ | ۸۰/۲ |
| بحرین | ۲۱/۸ | ۲۳/۸ | ۱۵۴/۱ |
| برونئی | ۱۷/۳ | ۳۵/۲ | ۹۸/۸ |
| کنگو | ۱/۱ | ۲/۸ | ۱۱۷/۵ |
| گینه استوایی | ۶/۳ | ۱۳ | ۱۰۹/۲ |
| گابن | ۲/۹ | ۸/۱ | ۸۰/۸ |
| ایران | ۷/۳ | ۵/۸ | ۴۵/۳ |
| عراق | ۳/۷ | ۵/۲ | ۶۸/۴ |
| قزاقستان | ۱۲/۸ | ۱۰/۳ | ۶۵/۹ |
| کویت | ۲۳/۹ | ۳۷/۸ | ۹۷/۹ |
| لیبی | ۸/۷ | ۱۰/۴ | ۷۶/۱ |
| مالزی | ۷/۲ | ۱۰ | ۱۴۰/۸ |
| مکزیک | ۳/۹ | ۹/۸ | ۶۸/۸ |
| نیجریه | ۰/۵ | ۲/۴ | ۳۴ |
| عمان | ۱۶/۴ | ۲۰/۷ | ۹۶/۷ |
| روسیه | ۱۱/۳ | ۱۱/۸ | ۴۸/۳ |
| عربستان سعودی | ۱۵/۷ | ۲۱ | ۱۴۵ |
| امارات متحده عربی | ۲۰/۵ | ۴۱/۹ | ۱۶۱/۱ |
| **رتبه ایران** | **دهم** | **شانزدهم** | **نوزدهم** |

**مأخذ: محاسبات تحقیق**

## ٦-یافته‌ها و نتایج تجربی

در داده‌های تابلویی، فرض براین 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 (۴)، فرضیه صفر مبنی بر عدم‌وجود وابستگی مقطعی رد و فرضیه مقابل پذیرفته می‌شود؛ یعنی متغیرهای مطالعه دارای وابستگی مقطعی هستند.

**جدول ٤- آزمون وابستگی مقطعی پسران (۲۰۰۳)**

| متغیر | آماره | احتمال |
|---|---|---|
| دی اکسید کربن | ۲/۷۴ | ۰/۰۰۰۰ |
| شاخص ICT | ۲۸/۶ | ۰/۰۰۰۰ |
| تولید ناخالص سرانه | ۲۹/۶ | ۰/۰۰۰۰ |
| تجارت | ۵/۱۸ | ۰/۰۰۰۰ |

**مأخذ: مطالعه حاضر**

با توجه به جدول (۵)، متغیرهای دی اکسید کربن و تولید سرانه ناخالص نامانا و سایر متغیرها مانا هستند. برای اطمینان از عدم مواجهه با رگرسیون جعلی می‌باید هم‌انباشتگی متغیرها بررسی شود. در آزمون هم‌انباشتگی فرضیه صفر بیانگر عدم‌وجود هم‌انباشتگی و فرضیه مقابل مبتنی بر وجود هم‌انباشتگی است. نتایج آزمون هم‌انباشتگی در جدول (۵) ارائه شده است.

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

| متغیر | | اماره | احتمال |
|---|---|---|---|
| دی‌اکسید کربن | CIPS | -۱/۴۷۸ | >=۰/۱۰ |
| | Turncated CIPS | -۱/۹۳۲ | >=۰/۱۰ |
| شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات | CIPS | -۸/۳۹۷ | <۰/۰۱ |
| | Turncated CIPS | -۲/۹۱۸ | <۰/۰۱ |
| تولید ناخالص سرانه | CIPS | -۱/۶۲۶ | >=۰/۱۰ |
| | Turncated CIPS | -۱/۵۷۲ | >=۰/۱۰ |
| تجارت | CIPS | -۳/۲۷۶ | <۰/۰۱ |
| | Turncated CIPS | -۱/۹۳۳ | <۰/۰۱ |

**مأخذ: مطالعه حاضر**

با توجه به نتایج حاصل از آزمون‌های هم‌انباشتگی در جدول (۶)، آزمون‌های هم‌انباشتگی پدرونی (۱۹۹۹) و کائو (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 ٦- آزمون هم‌انباشتگی میان متغیرها**

| آزمون هم‌انباشتگی | | آماره | احتمال |
|---|---|---|---|
| آزمون پدرونی | Panel ADF | -۳/۳۷ | ۰/۰۰۰۴ |
| | Group ADF | -۴/۰۴ | ۰/۰۰۰۰ |
| آزمون کائو (بر اساس انگل-گرنجر) | | -۳/۵۳ | ۰/۰۰۰۲ |

**مأخذ: مطالعه حاضر**

نتایج حاصل از برآورد الگوی مورد مطالعه برای کشورهای مورد بررسی در دوره ۲۰۱۹ - ۲۰۰۹ با روش گشتاورهای تعمیم یافته در جدول (۷) 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. متغیر تجارت، رابطه مثبت معنی‌دار با انتشار دی اکسید کربن دارد و متغیرهای شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات و تولید ناخالص داخلی سرانه رابطه مثبت و مجذور آن‌ها رابطه‌ی منفی معنی‌دار با انتشار دی اکسید کربن دارد. به عبارتی ارتباط ICT با انتشار CO2 به صورت U وارونه است. همچنین رابطه GDP با انتشار CO2 غیر یکنواخت بوده است. بنابراین در کشورهای منتخب صادرکننده نفت 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 CO2 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، CO2 سرانه شروع به کاهش می‌کند. این نتیجه با نتایج مطالعات Higón et al., (2017) و Ahmed & Le (2021) همسو است. بنابراین انتظار بر این است که گسترش ICT به کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن کمک کند. ضریب مثبت و معنی‌دار تولید ناخالص داخلی سرانه نشان‌دهنده 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. پس از رسیدن به سطح آستانه توسعه از افزایش انتشار دی اکسید کربن کاسته شده و باعث بهبود کیفیت محیط زیست می‌گردد. از دیگر نتایج برآورد، اثر مثبت و معنی‌دار تجارت خارجی بر CO2 سرانه بوده است. ضریب این متغیر نشان می‌دهد با یک واحد افزایش در سهم تجارت خارجی از GDP، انتشار دی اکسید کربن سرانه در کشورهای مورد بررسی ۰/۰۱۳۹ متریک تن افزایش می‌یابد. طبق مطالعات اخیر افزایش تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، انتقال واحدهای تولیدی با آلایندگی 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.

**جدول۷- نتایج برآورد الگوی مطالعه با روش گشتاورهای تعمیم‌یافته**

| متغیر | ضرایب | آماره | احتمال |
|---|---|---|---|
| CO2(-1) | ۰/۵۲۰۳۱۵ | ۳۹/۳۱۹۷۴ | ۰/۰۰۰۰ |
| ICT | ۰/۰۱۷۵۸۳ | ۷/۹۹۷۸۴۲ | ۰/۰۰۰۰ |
| $(ICT)^2$ | -۰/۰۰۰۱۲۵ | -۱۴/۳۱۲۷۵ | ۰/۰۰۰۰ |
| GDP | ۰/۰۸۹۱۸۴ | ۵/۶۷۳۴۲۶ | ۰/۰۰۰۰ |
| $GDP^2$ | -۰/۰۰۱۰۵۵ | -۵/۷۱۹۲۳۲ | ۰/۰۰۰۰ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| TRA | ۰/۰۱۳۹۰۸ | ۱۰/۳۵۳۵۵ | ۰/۰۰۰۰ |
| آماره سارگان | | ۱۶/۳۸۰۶۵ | ۰/۲۹۰۶۸۵ |
| آزمون آرلانو - باند ((AR(2)) | | -۰/۵۰۲۷۰۴ | ۰/۶۱۵۲۰۰ |
| آزمون والد (کای دو) | | ۳۰۸۲/۷۲۹ | ۰/۰۰۰۰ |

**مأخذ: یافته‌های پژوهش**

## ۷- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به گرمایش جهانی و خطرات آن برای نسل‌های کنونی و آینده، هدف این مطالعه بررسی نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات به‌عنوان عاملی تأثیرگذار در کیفیت محیط‌زیست کشورهای منتخب صادرکننده نفت با تاکید بر منحنی زیست محیطی کوزنتس بوده‌است. در مقایسه با مطالعات قبلی، نوآوری این مطالعه این است که در بررسی تأثیر ICT بر انتشار CO2 از شاخص ترکیبی فناوری اطلاعات و ارتباطات که از روش مؤلفه اصلی (PCA) به‌دست‌آمده، استفاده می‌کند. در این مطالعه با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم-یافته رابطه U معکوس شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات با انتشار گاز دی اکسید کربن به عنوان شاخص میزان آلودگی زیست محیطی با تاکید بر منحنی زیست محیطی کوزنتس برای کشورهای منتخب صادرکننده نفت برای دوره زمانی ۲۰۱۹- ۲۰۰۹ 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 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 ۲۰۱۹ بعد از مالزی، در جایگاه هشتم قرار گرفت. در ارتباط با انتشار گاز دی‌اکسید کربن کویت، بحرین و امارات در جایگاه اول تا سوم بودند. میانگین درآمد سرانه کشورهای امارات، برونئی، کویت، عربستان و عمان بالای میانگین کل پانل بوده‌است. در ارتباط با تجارت خارجی، ایران قبل از کشور نیجریه در رتبه نوزدهم از بین بیست کشور مورد بررسی قرار دارد. جهت برآورد الگوی تحقیق برگرفته از مبانی نظری و مطالعات پیشین، در ابتدا وابستگی مقطعی داده‌ها با آزمون وابستگی پسران (۲۰۰۳) 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 صادرکننده نفت وجود یک رابطه غیرخطی بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی اکسید کربن را نمی‌توان رد کرد. طبق برآورد، رابطه U وارون میان شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی اکسید کربن سرانه تأیید می‌شود. یعنی در ابتدا افزایش شاخص ICT یا به عبارت دیگر فناوری اطلاعات و ارتباطات موجب افزایش انتشار دی اکسید کربن می‌شود. اما پس از رسیدن به نقطه آستانه متوسط سالانه حدود ۷۰/۳۳۲ (که از مشتق متغیر وابسته نسبت به ICT محاسبه گردید)[۱]، شروع به کاهش می‌کند. با توجه به میانگین سرانه پانل ۹۲/۰۱۵ و میانه ۹۴/۹۸۰ می‌توان اظهار نمود که ۲۶ 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 ایران، امارات، عربستان سعودی، روسیه، عمان، مالزی، کویت، گابن، مکزیک، قزاقستان، برونئی، الجزایر، بحرین و آذربایجان از مقدار آستانه عبور کرده‌اند انتظار بر این است که گسترش ICT به کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن کمک کند. هم‌چنین طبق برآورد، رابطه U معکوس میان تولید سرانه و انتشار دی اکسید کربن سرانه( فرضیه زیست محیطی کوزنتس) تأیید می‌شود. یعنی در ابتدا افزایش تولید سرانه موجب افزایش انتشار دی اکسید کربن سرانه می‌شود. اما پس از رسیدن به نقطه آستانه متوسط سالانه حدود ۴۲/۲۷ هزار دلار[۲]، شروع به کاهش می‌کند. با توجه به میانگین سرانه پانل ۱۴/۲۳۹هزار دلار و میانه ۹/۶۳۰ هزار دلار می‌توان اظهار نمود که اکثر کشورها از جمله ایران هنوز به سطح آستانه نرسیده‌اند. بنابراین انتظار می‌رود سیاست‌های مشوق افزایش تولید بدون ملاحظات زیست‌محیطی، به افزایش آلودگی و از آن طریق به افزایش سرانه انتشار دی اکسید کربن دامن زند مگر آنکه با سیاست‌های مکمل سطح آستانه به کمتر از این مقدار تقلیل یابد. به عبارتی اگر افزایش تولید سرانه به بخش محیط‌زیست و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های این صنعت تخصیص یابد در نهایت می‌تواند به کاهش هزینه‌های ناشی از انتشار آلودگی منجر شود. نتایج حاکی از تایید فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در کشورهای مورد بررسی است. رابطه مثبت و معنی‌دار تجارت خارجی با انتشار آلودگی تاییدی بر فرضیه پناهگاه آلودگی در کشورهای مورد بررسی بوده است. به عقیده طرفداران محیط‌زیست، در اثر آزادسازی تجاری، حجم فعالیت‌های اقتصادی (از جمله فعالیت‌های آلاینده) گسترش یافته و استفاده از منابع و انرژی به شکل نامناسبی افزایش پیدا می‌کند. همچنین، گسترش تجارت آزاد و افزایش فشارهای رقابتی بین بنگاه-های داخلی و رقبای خارجی، به ملایم تر شدن سیاست‌های زیست-محیطی مناسب منتهی می‌شود و حتی تصویب و اجرای قوانین زیست محیطی ملی را در مواجهه با فزآینده‌سازی تجاری با تأخیر همراه می-کند. در مقابل، طرفداران تجارت آزاد، آزادسازی تجاری را موجب

---

۱. اگر مشتق اول نسبت ICT را برابر صفر قرار دهیم، نقطه بیشینه معادل ۷۰/۳۳۲ بدست می‌آید.

۲. با مشتق اول $CO_2$ نسبت به تولید سرانه، نقطه آستانه حدود ۴۲ هزار دلار (ماهانه ۱۷۵۰ دلار معادل کشورهای با درآمد بالا) بدست می‌آید که در گروه کشورهای مورد بررسی، فقط کشور عربستان در مرز این آستانه قرار گرفته است.

بهبود وضعیت محیط‌زیست معرفی می‌کنند. بر اساس استدلال آن‌ها، با توجه به واکنش کشورها به فشارهای رقابتی ناشی از گسترش تجارت آزاد و دسترسی به مزیت نسبی، استفاده از منابع کارا شده و بدین ترتیب اتلاف منابع و انرژی و آلایندگی مربوط به آن کاهش می‌یابد (اسکویی، ۱۳۸۷). نتیجه به دست آمده در این مطالعه برای کشورهای صادرکننده نفت منطبق با نظر مخالفان تجارت آزاد است.

## منابع


- ارباب، ح.، شعبانی، ا. ۱۳۹۶. تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر آلودگی‌های زیست محیطی در کشورهاD8. مطالعات مدیریت کسب و کار هوشمند. دوره، شماره ۲۰، صص ۷۷-۱۰۲ .
- اسکویی، م، م، ب. ۱۳۸۷. آثار آزادسازی تجاری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی‌اکسید کربن) در منحنی زیست‌محیطی کوزنتس. مجله تحقیقات اقتصادی, دوره ۸۲، شماره۱، صص ۱-۲۲.
- پروین، ش، گ، ف. ۱۳۹۳. بررسی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط‌زیست کشورهای عضو منا. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه ارومیه.
- توکلی کازرونی، ع، فشاری، م. ۱۳۸۹. تأثیر صادرات صنعتی بر زیست محیط ایران. پژوهشنامه بازرگانی, دوره ۱۴، شماره ۵۵، صص ۱۸۳-۲۱۲.
- جعفری پرویزخانلو، ک، پایتختی اسکویی ، س، ع.، ازلی، ر. ۱۴۰۰. بررسی تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات و رشد اقتصادی بر آلودگی محیط زیست: مطالعه موردی کشورهای حوزه خلیج فارس. دوفصلنامهٔ علمی مطالعات و سیاست‌های اقتصادی. دوره ۸، شماره ۱، صص ۱۱۱-۱۳۸.
- دیزجی، منیره و کتابفروش بدری، آرش و سخنور، بهنام،۱۳۹۱،بررسی کاربرد فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط زیست، اولین همایش ملی حفاظت و برنامه ریزی محیطزیست،همدان.
- سجودی، س.، مهین اصلانی نیا، ن.، محسنی زنوزی، ف.، ۱۳۸۹ ،بررسی تاثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر محیط زیست کشورهای در حال توسعه. چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.
- فاطمی زاده، م.، ۱۳۹۲. بررسی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر عملکرد زیست محیطی (EPI) در کشورهای منتخب. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز.
- کازرونی, ع.، فشارکی، م.، ۲۰۱۵. تأثیر صادرات صنعتی بر زیست محیط ایران. پژوهشنامه بازرگانی, دوره ۱۴، شماره ۵۵، صص ۱۸۳-۲۱۲.
- گل تبار، ص.، ستاری فر، م.، ۱۳۹۲. اثر توسعه ی فن آوری اطلاعات و ارتباطات بر پایداری محیط زیست در اقتصاد های نوظهور،اولین همایش ملی محیط زیست، صنعت و اقتصاد،تهران،https://civilica.com/doc/252219
- گلخندان، ا.، ۱۳۹۸. تأثیر استفاده از اینترنت بر انتشار گاز $CO_2$ در کشورهای درحال‌توسعه .مطالعات علوم محیط زیست، دوره۴، شماره۳. صص۱۵۶۴-۱۵۵۴.
- منتظری، م.، ۱۳۹۷. تاثیر تجارت بین الملل و تکنولوژی اطلاعات بر آلودگی های محیط زیست درکشورهای D8 وG8. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه سمنان.
- 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.
- Akadiri, S. S., & Akadiri, A. C. (2020). Interaction between CO2 emissions, energy consumption and economic growth in the Middle East: panel causality evidence. International Journal of Energy Technology and Policy, vol. 16, pp.105-118.
- Akadiri, S. S., Bekun, F. V., Taheri, E., & Akadiri, A. C. (2019). Carbon emissions, energy consumption and economic growth: a causality evidence. International Journal of Energy Technology and Policy, vol. 15, pp. 320-336.
- Anser, M. K., Ahmad, M., Khan, M. A., Zaman, K., Nassani, A. A., Askar, S. E., ... & Kabbani, A. (2021). The role of information and communication technologies in mitigating carbon emissions: evidence from panel quantile regression. Environmental Science and Pollution Research, vol. 28, pp. 21065-21084.
- Antweiler, W., Copeland, B.R. and Taylor, M.S. (2001). Is free trade good for the environment? , American Economic Review. 91(4), 877-908.

- Baltagi, B. H. 1995. Economic Analysis of Panel Data. Published by Willy & Sons Lt.
- Bekun, F.V., Emir, F. and Sarkodie, S.A. (2019). Another look at the relationship between energy consumption, carbon dioxide emissions, and economic growth in South Africa. Science of The Total Environment, 655, 759-765.
- Berkhout, F., & Hertin, J. (2004). De-materialising and re-materialising: digital technologies and the environment. Futures, 36(8), 903-920.
- Chowdhury, M.M.I., Rahman, S.M., Abubakar, I.R., Aina, Y.A., Hasan, M.A. & Khondaker, A.N. (2021). A review of policies and initiatives for climate change mitigation and environmental sustainability in Bangladesh. Environment, Development and Sustainability, 23,1133-1161.
- Cole, M. A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. Ecological economics, 48(1), 71-81.
- Dale, A., Robinson, J., King, L., Burch, S., Newell, R., Shaw, A., & Jost, F. (2020). Meeting the climate change challenge: local government climate action in British Columbia, Canada. Climate Policy, 20(7), 866-880.
- 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.
- Haseeb, A., Xia, E., Saud, S., Ahmad, A., & Khurshid, H. (2019). Does information and communication technologies improve environmental quality in the era of globalization? An empirical analysis. Environmental Science and Pollution Research, vol. 26, pp. 8594-8608.
- Higón, D. A., Gholami, R., & Shirazi, F. (2017). ICT and environmental sustainability: A global perspective. Telematics and Informatics, vol. 34, pp.85-95.
- Hilty, L. M., Arnfalk, P., Erdmann, L., Goodman, J., Lehmann, M., & Wäger, P. A. (2006). The relevance of information and communication technologies for environmental sustainability–a prospective simulation study. Environmental Modelling & Software, vol. 21, pp. 1618-1629.
- Hilty, L. M., & Hercheui, M. D. (2010). ICT and sustainable development. In What kind of information society? Governance, virtuality, surveillance, sustainability, resilience (pp. 227-235). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Houghton, J. W. (2015). ICT, The Environment, and Climate Change. The International Encyclopedia of Digital Communication and Society, vol. 76, pp. 39-60.
- Jayadevappa, R., & Chhatre, S. (2000). International trade and environmental quality: a survey. Ecological economics, vol. 32, pp. 175-194.
- Kim, S. (2021). The effects of ICT on CO2 emissions along with economic growth, trade openness and financial development in Korea. 자원· 환경경제연구, vol. 30, pp. 299-323.
- Kim, S. (2022). The Effects of Information and Communication Technology, Economic Growth, Trade Openness, and Renewable Energy on CO2 Emissions in OECD Countries. Energies, vol. 15, pp. 2517.
- Lee, J. W., & Brahmasrene, T. (2014). ICT, CO2 emissions and economic growth: evidence from a panel of ASEAN. Global Economic Review, vol. 43, pp. 93-109.
- Lee, S. C., Choi, B. Y., Lee, S. J., Jung, S. Y., Ryu, C. K., & Kim, J. C. (2004). CO2 absorption and regeneration using Na and K based sorbents. In Studies in Surface Science and Catalysis (Vol. 153, pp. 527-530). Elsevier.
- 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.
- Majeed, M. T. (2018). Information and communication technology (ICT) and environmental sustainability in developed and developing countries. Pakistan Journal of Commerce and Social

Sciences, 12(3), 758-783.

- Park, Y., Meng, F., & Baloch, M. A. (2018). The effect of ICT, financial development, growth, and trade openness on CO2 emissions: an empirical analysis. Environmental Science and Pollution Research, 25(30), 30708-30719.
- 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.
- Plepys, A. (2002). The Grey Side of ICT. Environmental Impact Assessment Review, 22(5), 509-523.
- Rattle, R. (2010). Computing Our Way to Paradise? : The Role of Internet and Communication Technologies in Sustainable Consumption and Globalization. Rowman & Littlefield.
- Saleem, H., Khan, M. B., & Mahdavian, S. M. (2023). The role of economic growth, information technologies, and globalization in achieving environmental quality: a novel framework for selected Asian countries. Environmental Science and Pollution Research, 1-25.
- Shahbaz, M., Lahiani, A., Abosedra, S., & Hammoudeh, S. (2018). The role of globalization in energy consumption: a quantile cointegrating regression approach. Energy Economics, 71, 161-170.
- Shahbaz, M., Mallick, H., Mahalik, M. K., & Hammoudeh, S. (2018). Is globalization detrimental to financial development? Further evidence from a very large emerging economy with significant orientation towards policies. Applied Economics, 50(6), 574-595.
- Shahbaz, M., Shahzad, S. J. H., & Mahalik, M. K. (2018). Is globalization detrimental to CO2 emissions in Japan? New threshold analysis. Environmental Modeling & Assessment, vol. 23, pp. 557-568.
- Shahbaz, M., Shahzad, S. J. H., Mahalik, M. K., & Sadorsky, P. (2018). How strong is the causal relationship between globalization and energy consumption in developed economies? A country-specific time-series and panel analysis. Applied Economics, vol. 50, pp.1479-1494.
- Song, Z. (2021). Economic growth and carbon emissions: estimation of a panel threshold model for the transition process in China. Journal of Cleaner Production, vol. 278, pp. 123773.
- Takahashi, K. I., Tatemichi, H., Tanaka, T., Nishi, S., & Kunioka, T. (2004, May). Environmental impact of information and communication technologies including rebound effects. In IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, 2004. Conference Record. 2004 (pp. 13-16). IEEE.
- Wang, H., & Ang, B. W. (2018). Assessing the role of international trade in global CO2 emissions: An index decomposition analysis approach. Applied Energy, vol. 218, pp. 146-158.
- Williams, E. (2011). Environmental effects of information and communications technologies. nature, vol. 479, pp. 354-358.
- Xu, X., Zhang, W., Wang, T., Xu, Y. and Du, H. (2021). Impact of subsidies on innovations of environmental protection and circular economy in China. Journal of Environmental Management, vol. 289, pp. 112385.
- Zhang, C., & Liu, C. (2015). The impact of ICT industry on CO2 emissions: a regional analysis in China. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 44, pp. 12-19.

# The role of information and communication technology and per capita income on CO2 emissions in OPEC Plus oil exporting countries with an emphasis on the Kuznets environmental curve

**Fatemeh Arianfar[1]; Zahra Mila Elmi[2]**

1- MSc., Faculty of economic and administrative sciences, University of Mazandaran, Iran

*2- Department of Economics, Faculty of economic and administrative sciences, University of Mazandaan, Iran

*Email Addres: z.elmi@umz.ac.ir

**Abstract**

Nowadays, the world has seen tremendous progress in the penetration of information and communication technology in individual and social life in countries worldwide, regardless of income level. While the increasing penetration of information and communication technology in economic, social, and energy dimensions creates exciting challenges and opportunities, examining its role in reducing or increasing CO2 emissions is essential. Therefore, the main goal of this research is to investigate the role of information and communication technology on the environmental quality of selected oil-exporting countries. The difference between this research and previous studies is that to investigate the impact of ICT on CO2 emissions, it uses a composite index of information and communication technology based on the principal component method (PCA), unlike previous studies that used only one dimension (for example, the Internet penetration rate). In addition to investigating the relationship between ICT and the environment, the study examines the existence of the Kuznets environmental curve and the relationship between foreign trade and the carbon dioxide index. The model estimation of the effect of information and communication technology on the environmental quality of selected oil-exporting countries, including Iran, from 2009 to 2019 has been carried out using the generalized method of moments. The estimation results indicate an inverse U relationship between information and communication technology and carbon dioxide emissions. Also, the results confirm the Kuznets curve hypothesis in the studied countries. According to the study, foreign trade has a positive and significant impact on CO2 emissions.

## Introduction

After introducing information and communication technology in recent decades, investigating the effect of information and communication technology on the environment has become one of the favorite subjects of economists in most countries. Today, the world faces several major environmental crises, some of which seem irreversible. Identifying the factors that can aggravate or reduce these environmental damages is necessary to save the planet and humankind from the consequences of these crises. The impact of information and communication technology (ICT) on the environment is a complex and controversial issue. ICT can have positive and negative effects on the environment. ICT tools and devices can be used to improve energy efficiency, which reduces CO2 emissions. However, many ICT devices contain non-renewable and non-recyclable components that can cause significant environmental damage. The first big wave of public concern for environmental problems arose mainly from pollution caused by industrialization in advanced economies. In the late 1970s, environmental concerns began to be included in trade analyses, and the 1980s, they were considered essential topics in international negotiations (Jayadevappa et al., 2000). On the other hand, the possibility of an inverted U relationship between per capita income and environmental pollution has received much attention in recent years. Additionally, trade liberalization can effectively reduce environmental impact by increasing productivity in production, according to the principle of comparative advantage of countries in producing goods in which they have a comparative advantage (Cole, 2004). Trade openness can cause CO2 emissions to increase and decrease simultaneously through economic growth and technological effect. Many studies show that economic growth often contributes to the destruction of the environment (Bekun et al., 2019; Song, 2021). It means that during the initial stages of a country's economic development, environmental destruction increases, but after reaching a certain level of industrialization, it gradually subsides at the turning point. In the context of developing countries, policymakers must optimize the trade-off between economic growth and environmental protection. Globalization has been an essential supporter of trade openness for emerging economies. From a theoretical perspective, trade openness has three broad implications for pollution—scale effect, combination effect, and technology effect (Antweiler et al., 2001). The scale effect shows that

the increase in trade leads to an increase in energy consumption, which in turn causes an increase in environmental destruction. The combination effect revolves around the assumption that the inherent relative advantages of a country determine its production mix for the spread of user or capital-intensive industries. Finally, the technology effect states that increased trade facilitates better technology transfer among trading partners, leading to the adoption of cleaner and more efficient practices.The impact of international trade on CO2 emissions has recently attracted much attention. Indeed, there has long been concern that countries may reduce emissions through international trade only to offset those reductions with increases elsewhere (a phenomenon sometimes referred to as carbon leakage).Considering global warming and its dangers for current and future generations, we aim to investigate the role of information and communication technology as an influential factor in the quality of the environment of selected oil-exporting countries. Compared to previous studies, the innovation of this study is that we investigate the impact of ICT on CO2 emissions using a composite index of information and communication technology obtained from the principal component method (PCA).The article's structure in this review is as follows: after introducing the theoretical literature and the background of the research, we give the research model and introduce its variables. Then, we provide a data description before estimation. After interpreting the results, we summarize and present a policy strategy.

**Methodology**

In this study, we investigate the impact of the Information and Communication Technology (ICT) index on carbon dioxide emissions for selected oil-exporting countries from 2009 to 2019, using the maximum available data and a consolidated data method. In our research, the model was derived from a study by Higón et al. (2017). In this study, the variables are carbon dioxide emissions (dependent variable), the ICT index (explanatory variable calculated using the PCA method), and control variables based on the summary of studies that have been carried out on the selected countries. The statistical sources used in the study are data banks such as the World Bank and the World Development Index (WDI).

**Conclusion**

The present study utilizes the generalized method of moments to investigate the correlation between the information and communication technology (ICT) index and carbon dioxide (CO2) emissions as an indicator of environmental pollution, with a particular focus on the Kuznets environmental curve in selected oil-exporting countries during the 2009-2019 period. A data description was presented before conducting the model estimation and related tests. The analysis reveals that Bahrain, the United Arab Emirates, Kuwait, and Saudi Arabia had more extended survey periods than others. However, in 2019, Iran ranked eighth in terms of the pace of technology development after Malaysia. Kuwait, Bahrain, and the UAE were the top three countries in terms of CO2 emissions. The average per capita income of the UAE, Brunei, Kuwait, Saudi Arabia, and Oman exceeded the panel's average. Regarding foreign trade, Iran is ranked nineteenth out of twenty countries under review, coming before Nigeria. The study employs Pesaran's (2003) dependence test to address cross-sectional dependence in the data. Pesaran's unit root test (2007) was used to verify the mean stationarity of the variables. The co-integration of the variables was investigated using Pedroni's (1999) and Kao's (1999) co-integration tests to avoid spurious regression. The generalized method of moments was then employed to estimate the research model derived from theoretical foundations and previous studies. The results confirm the existence of a non-linear relationship between the ICT index and CO2 emissions in oil-exporting countries. The inverted U-shaped relationship between the ICT index and per capita CO2 emissions is verified, suggesting that an increase in the ICT index initially causes a rise in CO2 emissions. However, the emissions begin to decrease after reaching the threshold point of around 70.332 (calculated from the derivative of the dependent variable concerning ICT). Approximately 25% of countries have yet to reach the threshold level, and the expansion and development of ICT are expected to increase pollution. Conversely, the other countries including Iran, have exceeded the threshold value, and the expansion of ICT is expected to help reduce CO2 emissions.Furthermore, the study confirms the inverted U-shaped relationship between per capita production and per capita CO2 emissions, indicating that increased per capita production initially leads to increased CO2 emissions per capita. However, after reaching the average annual threshold of about 42.27 thousand dollars, the emissions start to decrease. With the panel average per capita income of 14.239 thousand dollars and

a median of 9.630 thousand dollars, almost all of countries except Saudi Arabia, have not yet to reach the threshold level. Thus, policies that promote increased production without environmental considerations may result in increased pollution and per capita CO2 emissions unless the threshold level is reduced to less than this value through complementary policies. Allocating increased per capita production to the environmental sector and investing in its infrastructure can reduce pollution costs.Finally, the study confirms the positive and significant relationship between foreign trade and pollution, supporting the hypothesis of pollution havens in the countries under investigation.

**Keywords**
Information and communication technology; GDP per capita; Kuznets environmental curve; CO2 emission; Generalized Moments Method.