فصلنامه علمی
مدلسازی اقتصادی
Economic Modelling
دوره ۱۶، شماره ۶۰، زمستان ۱۴۰۱، صفحه‌های ۸۷ تا ۱۰۱.

علمی

فناوری اطلاعات و ارتباطات و کیفیت محیط زیست (شواهدی از کشورهای سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه)[1]

مریم طیاری*، محمود محمودزاده**، میرحسین موسوی+

DOI:10.30495/ECO.2023.1983218.2741

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۱/۱۳

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۳/۰۱

طبقه‌بندی JEL:
C19, O44, Q53.

واژگان کلیدی:
فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا)، کیفیت محیط زیست، منحنی کوزنتس، سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه (**OECD**).

چکیده

هدف این مقاله ارزیابی آثار فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا) بر کیفیت محیط زیست (انتشار گازهای آلاینده، دی‌اکسید کربن و گازهای گلخانه‌ای) و ردپای اکولوژیکی (از سه منظر اثر فردی، روند ذخایر کشورها و نوع زمین) در کشورهای سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه با بهره‌گیری از روش پانل دیتا در دوره زمانی ۱۹۹۲– ۲۰۱۸ است. نتایج نشان داد گسترش استفاده از فاوا در کشورهای یادشده، بر بهبود کیفیت محیط زیست اثر مثبت داشته و موجب کاهش انتشار گازهای دی‌اکسید کربن، گلخانه‌ای و اثر ردپای اکولولوژیکی شده است. افزون‌براین، پیامدهای فاوا بر کیفیت محیط زیست در بلندمدت بیش از کوتاه‌مدت بوده است؛ بنابراین، یافته‌ها آشکار کرد که اثر جانشینی فاوا (جایگزینی فعالیت‌های آنلاین) نسبت به اثر درآمدی (افزایش فراغت حاصل از اثر جانشینی و افزایش تقاضای سفر) در کشورهای مورد مطالعه غالب بوده است.

[1] این مقاله مستخرج از رساله دکتری مریم طیاری به راهنمایی دکتر محمود محمودزاده و مشاوره دکتر میرحسین موسوی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه است.

* دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، گروه اقتصاد، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران، پست الکترونیکی:
maryamtaiiari@gmail.com

** دانشیار گروه اقتصاد، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران (نویسنده مسئول)، پست الکترونیکی:
mahmod.ma@yahoo.com

+ دانشیار گروه اقتصاد، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران، پست الکترونیکی:
hmousavi@Alzahra.ac.ir

۱. مقدمه

کاربری فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا)[1] در دهه ۱۹۹۰ میان فعالان اقتصادی به‌شدت گسترش پیدا کرد؛ این رخداد، به‌ویژه، در کشورهای توسعه‌یافته با شدت بیشتری پذیرفته شد. همواره، این پرسش در میان اقتصاددانان و تحلیل‌گران مطرح بوده که بهره‌مندی از فاوا تا چه میزان به بهبود محیط زیست کمک کرده است. دلیل این پرسش آن است که از «فاوا به‌عنوان فناوری با هدفمندی عمومی»[2] (لیائو، وانگ، لی و ویمن – جونز،[3] ۲۰۱۶) یاد می‌شود؛ بدین معنا که بیشتر مصرف‌کنندگان و بنگاه‌ها، از آن برای انجام فعالیت‌های اقتصادی استفاده می‌کنند؛ به‌همین‌دلیل، انتظار می‌رود با گسترش فاوا، تعمیق سرمایه[4] (به‌معنای افزایش خدمات سرمایه در هرواحد زمانی) رخ دهد و فعالان اقتصادی، خدمات الکترونیکی را جایگزین فعالیت‌های فیزیکی نمایند (اثر جانشینی)[5] (محمودزاده، موسوی و پاک‌نهاد، ۱۳۹۴، ص. ٤٤).

ازسوی‌دیگر، برخی پژوهشگران براین باورند که الکترونیکی‌شدنِ فعالیت‌ها، سبب صرفه‌جویی زمان شده و افراد، فراغت بیشتری خواهند داشت؛ از این‌رو، محققان پیش‌بینی می‌کنند که افراد از این فرصت برای مسافرت و تقاضای خدمات استفاده می‌کنند که در ادبیات اقتصادی آن را «اثر درآمدی»[6] نام نهاده‌اند. یافته‌های پژوهشگران نشان می‌دهد، در بیشتر موارد، اثر جانشینی بر اثر درآمدی غالب بوده و عمدتا، آثار و پیامدهای مثبتی بر محیط زیست داشته است.

گفتنی است که رشد اقتصادی، هدف اصلی بسیاری از سیاست‌های اقتصادی دولت‌هاست؛ اما، رشد اقتصادی سریع معمولاً باعث ایجاد زیان‌های جدی به محیط زیست می‌شود که عمده‌ترین دلیل آن، استفاده فزاینده از منابع طبیعی و ایجاد زباله‌های حاصل از مصرف و انباشتِ نخاله‌های الکترونیکی در محیط زیست است؛ ازاین‌رو، بین سیاست‌های رشد اقتصادی و وضعیت محیط زیست تضاد بالقوه‌ای وجود دارد. اکثر مطالعات اقتصادی مرتبط درپیِ یافتن ارتباط معنادار بین تخریب محیط زیست و رشد اقتصادی بوده است که نتیجه آن به پیشنهاد الگویی کاربردی با عنوان «منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC)»[7] منجرشده است. امروزه، ارتباط بین رشد اقتصادی و کیفیت زیست‌محیطی به‌صورت U وارونه به منحنی زیست‌محیطی کوزنتس معروف است؛ بدین‌صورت که در سال‌های اولیه رشد اقتصادی مقدار تخریب زیست‌محیطی افزایش می‌یابد؛ اما، به‌مرور زمان و پس از رسیدن به سطح معینی از رشد، کیفیتِ زیست‌محیطی بهبود می‌یابد؛ یعنی، در مراحل بالای رشد، مقدار تخریب زیست‌محیطی کاهش می‌یابد.

مجازی‌شدن بسیاری از محصولات، دیجیتالی‌شدن اطلاعات و اقتصاد، غیرفیزیکی‌شدن انتقالات، کاهش نیاز به فضای گسترده در ادارات و انبارها و نیز کوتاه‌شدن زنجیره عرضه برخی از نتایج مثبت گسترش فاواست که ازیک‌سو، موجب کاهش نیاز جوامع به مواد طبیعی موجود در محیط زیست می‌شود و ازسوی‌دیگر، میزان ضایعات ورودی به محیط زیست را کاهش می‌دهد.

---

[1] Information and Communication Technologies (ICT)
[2] ICT as a General-Purpose Technology
[3] Liao, Wang, Li & Weyman-Jones
[4] Capital Deepening
[5] Substitution Effect
[6] Income Effect
[7] Environment Kuznets Curve

همچنین، «مصرف‌گرایی سبز»[1] از آثار مثبت، و پسماندهای الکترونیکی و انتشار امواج مضر از آثار منفی استفاده از فاوا در روند رشد و توسعه پایدار است. نقش فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی در بروز نوآوری‌های گسترده کاملا مشهود است. این فناوری مسببِ تحولات شگرفی در کیفیت زندگی انسان‌ها و نیز تاثیرات معناداری در پایداری زیست‌محیطی شده است. به‌کارگیری فناوری‌های نوین برای استفاده موثر منابع انرژی از معیارهای مهم در بهینه‌سازی مصرف دانسته می‌شود.

کشورها، سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی در زمینه فاوا انجام می‌دهند. این موضوع از جنبه تولیدی و کاربری صورت می‌گیرد. ازیک‌سو، تولید فاوا موجب افزایش آلودگی و ازسوی دیگر، کاربری فاوا باعث کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود. پرسش این است که این سرمایه‌گذاری‌ها تا چه حدی به بهبود محیط زیست کمک کرده است. برای پاسخ به این پرسش، موضوع در کشورهای سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه (OECD)[2] به روش بین‌کشوری بررسی و آثار مثبت و منفی فاوا تحلیل می‌شود.

برای دست‌یابی به هدف، مقاله بدین‌شکل سازمان‌دهی می‌شود که در ادامه، پس از مقدمه، در بخش دوم، ادبیات موضوع تبیین می‌شود؛ در بخش سوم، مدل تجربی تصریح می‌شود؛ در بخش چهارم، یافته‌های پژوهش آشکار و بحث می‌شود و بخش پنجم به نتیجه‌گیری و پیشنهادها اختصاص می‌یابد.

۲. مروری بر ادبیات

در اقتصاد فاوا، انتظار می‌رود؛ به‌تدریج، سرمایه فاوا (k_{it}) جایگزین سرمایه فیزیکی (k_{nit}) شود که از آن با عنوان «تعمیق سرمایه»[3] یاد می‌شود؛ براین مبنا، سرمایه فاوا دو اثر درپی خواهد داشت: اول اینکه، سهم اقتصاد فاوا به‌عنوان یک بخش اقتصادی از کل اقتصاد افزایش خواهد یافت؛ دومین اثر نیز عبارت از به‌کارگیری فاوا به‌عنوان «نهاده»[4] در سایر بخش‌های اقتصادی است؛ زیرا بهره‌وری سرمایه فاوا نسبت به سرمایه فیزیکی بیشتر است، و از این‌رو، بنگاه‌های اقتصادی علاقه‌مند به بهره‌برداری از آن در فرایند تولید هستند؛ بنابراین، انتظار می‌رود؛ گسترش فاوا، کیک اقتصادی[5] را افزایش دهد و زمینه را نیز برای رشد اقتصادی فراهم نماید.

برای تبیین بهتر اثر جانشینی می‌توان براساس نمودار (۱) نشان داد که با همان میزان سرمایه k_1 می‌توان بجای تولید بر منحنی (۱)، میزان تولید Y_1 را بر منحنی (۲) تحصیل نمود و در صورت کاهش میزان سرمایه از k_1 به k_2 با میزان تولید بالاتری از حالت Y_0 دست یافت.

---

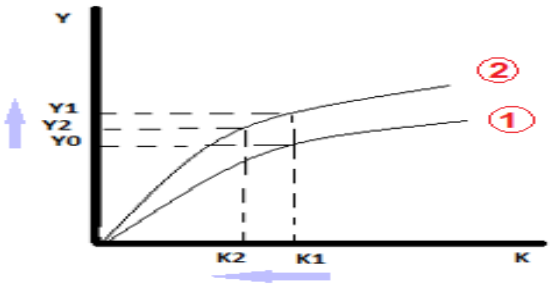
[1] Green Consumerism
«وضعیتی است که در آن، مصرف‌کنندگان (سبز/اکولوژیکی/Green or Ecological Customers) تمایل دارند چیزهایی که به‌نحوی از انحا از محیط زیست طبیعی حفاظت و صیانت می‌کند، خریداری نمایند» (*فرهنگ لغت انگلیسی کسب‌وکار کمبریج*، ۲ خردادماه ۱۴۰۲، ذیل مدخل Green Consumerism؛ قابل بازیابی در سایت: https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/green-consumerism

[2] Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)

[3] Capital Deepening

[4] Input

[5] The Economic Cake
استعاره‌ای بنیادین برای فهم ملموس رشد اقتصادی و عبارت از سه‌گانه‌ای است که کیفیت و کمیت آنها موجب رشد اقتصادی می‌شود: کار (Labor)، سرمایه (Capital) و منابع طبیعی (Natural Resources).



نمودار ۱. اثر جانشینی سرمایه فاوا

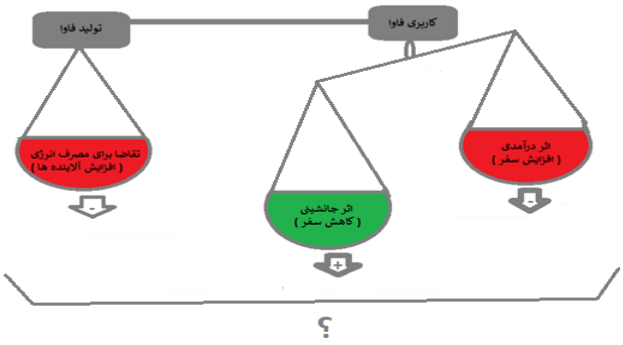
مأخذ: محمودزاده و شاه‌بیگی، ۱۳۹۰

در توضیح اثر جانشینی با ورود فاوا، سرمایه فاوا جانشین سرمایه غیرفاوا می‌شود؛ دراین صورت، بخشی از فعالیت‌های آنلاین جایگزین فعالیت‌های فیزیکی می‌شود؛ مثل خرید آنلاین بجای خرید حضوری که اصطلاحا «اثر جانشینی»[1] نامیده می‌شود. با گسترش کسب‌وکار الکترونیکی از میزان فعالیت‌های فیزیکی کاسته می‌شود؛ درنتیجه، این فرایند سبب کاهش رفت و آمد و کاهش سفر شده و میزان آلاینده‌ها کاهش می‌یابد.

ازسوی‌دیگر، با افزایش فعالیت‌های آنلاین، میزان فراغت افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که در زمان‌های گذشته برای پرداخت قبوض با مراجعه به بانک وقت و زمان زیادی صرف می‌شد؛ اما، امروزه، امکان پرداخت آنلاین از هرمکان و تنها با یک کلیک بدون صرف وقت و زمان زیاد امکان‌پذیر شده است و درنتیجه، میزان فراغت افراد افزایش می‌یابد و معمولا، افراد فراغت خود را به تقاضای خدمات تخصیص می‌دهند و از این‌رو، تقاضا برای تفریح و خدمات افزایش می‌یابد (اثر درآمدی). در این حالت امکان استفاده از وسایل نقلیه و حمل‌ونقل برای بهره‌مندی از خدمات افزایش می‌یابد که این مسئله به افزایش میزان آلاینده‌ها منجرخواهد شد.

اثر جانشینی کسب‌وکار الکترونیکی سبب کاهش میزان آلاینده‌ها و دی‌اکسید کربن (CO_2) شده و اثر درآمدی میزان دی‌اکسید کربن را افزایش می‌دهد که برایند این دو اثر درآمدی و جانشینی، «اثر خالص» را نشان می‌دهد. با افزایش محصولات فاوا میزان مصرف انرژی افزایش می‌یابد که این عامل، خود، سبب افزایش میزان دی‌اکسید کربن خواهد شد که به آن «اثر تولیدی»[2] گفته می‌شود. اثر تولیدی به این معناست که بنگاه از یک نهاده معین وقتی که قیمت سایر نهاده‌ها کاهش می‌یابد، بیشتر خریداری می‌کند و برعکس، از یک نهاده معین در زمان افزایش قیمت سایر نهاده‌ها کمتر خریداری می‌کند. اثر تولیدی به این صورت است که قیمت کمتر سرمایه‌های فاوا، هزینه تولید محصولات مختلف را کاهش می‌دهد. در این مقاله تلاش می‌شود که نتیجه این برایند که در نمودار (۲) مشخص‌شده، ارزیابی شود.

[1] Substitution Effect
[2] Production Effect



توضیح: علامت + نشانه بهبود کیفیت محیط زیست و کاهش آلاینده‌ها و علامت – حاکی از کاهش کیفیت محیط زیست و افزایش آلاینده‌هاست.

نمودار ۲. اثر فاوا برکیفیت محیط زیست

مأخذ: محمودزاده و شاه‌بیگی، ۱۳۹۰

ازمنظر دیگری نیز می‌توان آثار فاوا بر محیط زیست را ارزیابی کرد. تولید فاوا (سخت‌افزار، ارتباطات، محصولات فاوا) باعث افزایش انرژی‌شده و تاثیر منفی بر محیط زیست دارد (اثر تولیدی). ازسوی‌دیگر، بنگاه‌های اقتصادی و مصرف‌کنندگان از فاوا برای انجام فعالیت‌های اقتصادی بهره‌برداری می‌کنند؛ برای مثال، امروزه، تجارت الکترونیکی، بانکداری الکترونیکی، آموزش الکترونیکی و غیره جایگزین بسیاری از فعالیت‌های فیزیکی شده است (اثر کاربری). اثر تولیدی، تاثیر منفی و درمقابل، اثر کاربری، تاثیر مثبت بر محیط زیست دارد؛ اما، اثر خالص آن نامشخص است. انتظار می‌رود با گذشت زمان، اثر کاربری بر اثر تولیدی غلبه نماید. در ادامه، مهم‌ترین پژوهش‌ها در این زمینه بررسی می‌شود.

عثمان، اوزتورک، حسن، ظفر و الله[1] (۲۰۲۱) در تحلیل تجربی خود، اثرات غیرخطی باز بودن تجارت الکترونیکی[2] را بر گذار انرژی‌های تجدیدپذیر، بهره‌وری انرژی، دسترسی به سوخت پخت پاک و پایداری محیط زیست در جنوب آسیا بررسی کردند. این مطالعه، آثار فاوا را بر عملکرد اقتصادی و مصرف انرژی اقتصادهای منتخب جنوب آسیا (بنگلادش، هند، پاکستان و سری‌لانکا) طی دوره زمانی ۱۹۹۰– ۲۰۱۸ مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داده است. برای تجزیه‌وتحلیل تجربی، از رویکرد آزمون کران‌های هم‌جمع‌سازی و مدل‌سازی اصلاح خطا استفاده شده است. یافته‌های این مطالعه تأیید می‌کند که در درازمدت، فاوا به‌صورت مثبت عمل کرده و موجب افزایش رشد اقتصادی کشور هند شده است.

رحیم، کومار تیواری و بالساروبله – رولنته[3] (۲۰۲۰) در پژوهش خود نقش فاوا را در مصرف انرژی و محیط زیست در اقتصاد کشورهای آسیایی بررسی کردند. آنها با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، نقش فاوا و توسعه مالی (FD)[4] را در انتشار کربن[5] و رشد اقتصادی برای کشورهای گروه جی۷ (G7) طی دوره زمانی ۱۹۹۰ – ۲۰۱۴ بررسی کردند.

[1] Usman, Ozturk, Hassan, Zafar & Ullah
[2] ICT-Trade
[3] Raheem, Kumar Tiwari & Balsalobre Lorente
[4] Financial Development
[5] Carbon Emissions

آنها با بهره‌گیری از (PMG)[1] دریافتند که فاوا در درازمدت اثر مثبت بر انتشار کربن دارد؛ درحالی‌که توسعه مالی، تعیین‌کننده‌ای ضعیف است و به‌اصطلاح، تعامل بین فاوا و توسعه مالی ضریب منفی تولید می‌کند. همچنین، هردو متغیر تاثیر منفی بر رشد اقتصادی دارند. با وجود این، تعامل آنها نشان می‌دهد که آنها تأثیر مختلطی بر رشد اقتصادی دارند؛ یعنی، در کوتاه‌مدت، تاثیر مثبت و در بلندمدت تاثیر منفی خواهند داشت.

دانیش[2] (۲۰۱۹) در مطالعه خود با معرفی تعامل فاوا با سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تجارت بین‌المللی، رویکرد روش‌شناختی نوآورانه‌ای را عرضه کرد. وی از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته برای برآورد تجربی در ۵۹ کشور اصطلاحا «در امتداد کمربند و جاده»[3] طی دوره زمانی ۱۹۹۰ – ۲۰۱۶ بهره برده است. نتایج نشان داد که فاوا سطح انتشار دی‌اکسید کربن را در کشورهای یادشده کاهش می‌دهد. افزون‌براین، اثر تعدیل‌کننده فناوری اطلاعات و ارتباطات و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، انتشار دی‌اکسید کربن را کاهش می‌دهد و تعامل بین فاوا و تجارت بین‌المللی نیز همین کار را می‌کند. براساس چشم‌انداز سیاست، کشورهایی که در امتداد کمربند و جاده قرار دارند، باید به‌طور راهبردی بر ترویج تجارت و سرمایه‌گذاری در بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات و نیز بر نوآوری‌ها برای ترویج توسعه اقتصادی پایدار تمرکز کنند.

آکاندا و کابرال و کاستلین[4] (۲۰۱۹) در ارزیابی شکاف تکنولوژی و پایداری محیط زیست شهرهای اروپایی اظهار کردند که افزایش رشد جمعیت شهرها، توجه محققان را به فرصت‌ها و چالش‌هایی که فاوا بر کاهش ردپای کربن دارد، افزایش داده است؛ یعنی، بررسی اینکه چه عاملی موجب مانایی زیست‌محیطی آنها می‌شود. با استفاده از تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA)[5]، شش متغیر مرتبط با فاوا که از شهرهای اتحادیه اروپا استخراج شده بودند، در یک شاخص فاوای دو بعدی واحد (و مستقل) ترکیب شدند و سپس، شهرها، از طریق تجزیه خوشه‌ای، براساس شاخص فاوا و میزان انتشار دی‌اکسید کربن به چهار گروه تقسیم گردیدند. استفاده از فاوا به‌عنوان شاخص هوشمندی و انتشار دی‌اکسید کربن به‌عنوان شاخص پایداری نشان می‌دهد که این امکان وجود دارد که یک شهر هوشمند باشد؛ اما پایدار نباشد و برعکس. همچنین، نتایج، نشان می‌دهد که بین شهرهای شمال اروپا، شکافی وجود دارد؛ یعنی، شهرهایی هستند که در هردو مقوله (هوشمندی و پایداری)، عملکرد بالایی دارند و نیز شهرهایی در جنوب شرقی اروپا هستند که واجد چنین ویژگی‌ای نیستند؛ از این‌رو، نیاز به راهبردی مشترک برای دست‌یابی به رشدی که تلفیقی از هوشمندی، پایداری و فراگیر بودن باشد، احساس می‌شود.

افزون‌بر مطالعاتی که ذکر شد، سایر پژوهش‌های تجربی در جدول (۱) گردآوری و تلخیص شده است. یافته کلیدی این مطالعات، بیانگر تاکید بر غالب بودن اثر جانشینی بر اثر درآمدی است و این اثر با گذشت زمان تقویت شده است. افزون‌براین، روش بیشتر مطالعات، پنل دیتاست.

[1] Pooled Mean Group
[2] Danish
[3] Countries along Belt and Road
[4] Akande, Cabral and Casteleyn
[5] Principal Component Analysis (PCA)

جدول ۱. خلاصه مطالعات تجربی

ردیف	محققان	سال	کشور	بازه زمانی	روش	بررسی اثر ICT بر محیط زیست
۱	ندری، اسلام و کاکیناکا[1]	۲۰۲۱	۵۸ کشور درحال توسعه	۲۰۱۴-۱۹۹۰	PMG- ARDL	+
۲	کروما، برگمارک، هوژر و مالمودین[2]	۲۰۲۰	جنوب و جنوب شرق آسیا	۲۰۱۴-۱۹۹۰	پانل	کشورهای پیشرفته + درحال توسعه -
۳	ناهیدخان، ثنا و عریف[3]	۲۰۲۰	۹۱ کشور	۲۰۱۷-۱۹۹۰	پانل	کشورهای پیشرفته + درحال توسعه -
۴	لو[4]	۲۰۱۸	۱۲ کشور آسیایی	۲۰۱۳-۱۹۹۳	داده‌های پانل	+
۵	آزادنیا، زاهدی، شمس‌السادات، مجدالدین، بدیع و پورعابدی	۱۳۹۷	ایران	۱۳۹۵-۱۳۷۰	شاخص‌های پایداری	+
۶	ارباب و شعبانی	۱۳۹۶	کشورهای D8	۲۰۱۴-۱۹۹۶	داده‌های تلفیقی و آزمون F	+
۷	حصیب، ژیا، سعود، احمد و خورشید	۲۰۱۵	BRICS	۲۰۱۴-۱۹۹۴	داده‌های پانلی	+
۸	دابوس[5]	۲۰۱۸	۱۱ کشور منا	۲۰۱۴-۱۹۹۵	پانل ناهمگن پویا	+
۹	دیزجی، کتابفروش بدری و حاجی‌امیری	۲۰۱۳	کشورهای گروه D8	۲۰۰۹-۲۰۰۱	پانل دیتا	+
۱۰	مارچ و خدامرادی	۱۳۹۴	کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه	۲۰۰۵-۱۹۹۰	داده‌های تلفیقی	+
۱۱	محمودزاده و شاه‌بیگی	۱۳۹۰	۲۵ کشور رو به توسعه	۲۰۰۸-۱۹۹۵	گشتاورهای تعمیم‌یافته	+

توضیحات: علامت به‌علاوه (+) نشان‌دهنده اثر مثبت بر بهبود کیفیت محیط زیست و علامت منفی (-) نشان‌دهنده اثر منفی بر کیفیت محیط زیست و علامت ستاره (*) نشان‌دهنده اثر مبهم و غیرمعنادار است.

منبع: گردآوری محقق

وجه تمایز این مقاله نسبت به مطالعات پیشین این است که در این پژوهش، برخلاف مطالعات گذشته، اثر فاوا بر کیفیت محیط زیست با توجه به سه شاخص اکولوژیکیِ ۱) میزان انتشار دی‌اکسید کربن؛ ۲) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و ۳) ردپای اکولوژیکی – این متغیر، ترکیبی از سه متغیر ردپای اکولوژیکی براساس اثر فردی، روند ذخایر

[1] N'dri, Islam and Kakinaka
[2] Coroamă, Bergmark, Höjer, & Malmodin
[3] Naheed Khan, Sana & Arif
[4] Lu
[5] Dabbous

کشورها و نوع زمین است- در کشورهای OECD بررسی می‌شود و همچنین، این تقسیم‌بندی‌ها در سایر پژوهش‌ها ملحوظ نشده است. افزون‌برآن، در این مطالعه سعی‌شده اثرات ثابت زمانی، اثرات ثابت مقطعی و اثرات ثابت زمانی و مقطعی و اثرات تصادفی در شش حالت بررسی شود و با بررسی ساختار پانل یا تجمیعی و آزمون‌های مناسب، به برآورد دقیق‌تر نتایج و تحلیل و تفسیر یافته‌ها بپردازد و درنهایت، از طریق روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)[1] مدل‌ها آسیب‌شناسی شده و نواقص مرتفع گردد. همچنین، با توجه به بازه زمانی گسترده‌تر مورد بررسی در این مقاله (۱۹۹۲- ۲۰۱۸) با نگاهی کامل‌تر و برآوردی دقیق‌تر، رابطه فاوا با شاخص‌های کیفیت محیط زیست مورد ارزیابی قرار گیرد.

۳. روش پژوهش

- تصریح مدل

فرم کلی مدل به‌صورت معادله (۱) است:

$$Y_{it} = \alpha + X'_{it}\beta + \mu_i + \tau_t + \varepsilon_{it} \quad (۱)$$

در معادله بالا، Y نشانگر متغیر وابسته، X ماتریس متغیرهای مستقل، τ_t اثرات ثابت زمانی و μ_i اثرات ثابت مقطعی و ε جمله پسماند را نشان می‌دهد. به‌منظور جلوگیری از نامانایی در واریانس و نیز تفسیر پارامترهای مدل رگرسیون در مفهوم کشش متغیرها به‌صورت لگاریتمی به‌کار گرفته شده است. همچنین، مزیت دیگر به‌کارگیری لگاریتمی متغیرها هم‌اندازه کردن آنهاست. براساس مطالعات سادورسکی[2]، صلاح‌الدین و علم[3] (۲۰۱۶)، اوزتورک[4] (۲۰۱۲) و مطالعه حصیب، ژیا، سعود، احمد و خورشید[5] (۲۰۱۹) متغیرهای رگرسیون موردنظر به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned}
LAQLT_{it} &= \beta_0 + \beta_1 LGDP_{it} + \beta_2 LGDP_{it}{}^2 + \gamma LICT_{it} + \varphi LTRD_{it} + \varepsilon_{it} \\
LCOT_t &= \beta_0 + \beta_1 LCOT_{t-1} + \beta_2 LGDP_{it} + \beta_3 LGDP_{it}{}^2 + \beta_4 LICT_{it} + \beta_5 LTRD_{it} + \varepsilon_{it} \\
LGHG_t &= \beta_0 + \beta_1 LGHG_{t-1} + \beta_2 LGDP_{it} + \beta_3 LGDP_{it}{}^2 + \beta_4 LICT_{it} + \beta_5 LTRD_{it} + \varepsilon_{it} \\
LFPEI_t &= \beta_0 + \beta_1 LFPEI_{t-1} + \beta_2 LGDP_{it} + \beta_3 LGDP_{it}{}^2 + \beta_4 LICT_{it} + \beta_5 LTRD_{it} + \varepsilon_{it}
\end{aligned} \quad (۲)$$

در معادله (۲)، AQLT نشانگر شاخص کیفیت محیط زیست است که در قالب سه معادله جداگانه به‌ترتیب، میزان انتشار دی‌اکسیدکربن، انتشار گازهای گلخانه‌ای و ردپای اکولوژیکی را نمایندگی خواهد کرد؛ GDP تولید ناخالص داخلی سرانه را نشان می‌دهد و GDP^2، توان دوم تولید ناخالص داخلی سرانه است؛ ICT نماینده شاخص فاواست که به‌صورت مجزا، یک‌بار برای ضریب نفوذ تلفن همراه (CELS) و یک‌بار برای ضریب نفوذ اینترنت (NETU) استفاده می‌شود؛ TRD به درجه بازبودن اقتصاد (نسبت کل تجارت به GDP) اشاره دارد و ε جمله پسماند را نشان می‌دهد. زیرنویس i و t نیز به‌ترتیب، بیانگر مقطع و زمان هستند. β_0، β_1، β_2، β_3، β_4 و β_5 و φ عرض از مبدا و ضرایبی هستند که باید برآورد شوند.

[1] Generalized Method of Moments
[2] Sadorsky
[3] Salahuddin and Alam
[4] Ozturk
[5] Haseeb, Xia, Saud, Ahmad and Khurshid

در وهله نخست، برای بررسی پایایی یا ایستایی متغیرها در رگرسیون پانل دیتا – با توجه به ماهیت پانلی متغیرها– از آزمون‌های فیلیپس پرون فیشر و نیز لوین، لین و چاو (LLC) استفاده می‌شود. هدف از آزمون پایایی، اطمینان از این است که رگرسیون کاذب رخ نمی‌دهد. برای سنجش اینکه داده‌ها پانل (Panel) هستند یا پولد (Pooled) و تعیین اینکه پنل موردنظر یک‌طرفه است یا دوطرفه، از آزمون اف‌لیمیر (که آزمون چاو نیز نام‌گرفته است){Limier -Chow} استفاده می‌شود.

برای تشخیص ثابت یا تصادفی بودن اثرات زمانی یا مقطعی از آزمون هاسمن استفاده می‌شود. برای برآورد مدل‌ها در شش حالت و در هرحالت، پنج مدلِ حداقل مربعات تعمیم‌یافته، اثرات ثابت زمانی، اثرات ثابت مقطعی، اثرات ثابت زمانی و مقطعی، اثرات تصادفی بررسی می‌شود. در بررسی صورت‌گرفته، مدل اثرات ثابت مقطعی و اثرات ثابت زمانی به‌عنوان مناسب‌ترین مدل در هرحالت تعیین شد و با توجه به ماهیت خودرگرسیونی از نوع AR(1)، برای رفع آن مدل پانل به مدل پانل پویا تبدیل شد که برای برآورد آن از روش GMM استفاده شده است. مدل مربوط با استفاده از داده‌های تلفیقی برای ۲۱ کشور (OECD)[۱] در دوره ۱۹۹۲–۲۰۱۸ بررسی شد و داده‌های تحقیق براساس جدول (۲) از منابع یادشده استخراج گردید.

جدول ۲. معرفی متغیرهای تحقیق

متغیر		شرح	منبع
Y	COT	میزان انتشاردی‌اکسیدکربن سرانه به‌صورت تن به‌ازای هرنفر[۲]	World Bank
	GHG	انتشار گازهای گلخانه‌ای معادل کیلوتن (CO2)[۳]	Macrotrends
	FPEI	ردپای اکولوژیکی به مساحت دردسترس از زمین و آب مولد[۴] برای فرد، جمعیت یا فعالیت، اشاره دارد تا آن را برای مصرف یا تولید به‌کار بگیرد. معمولاT واحد آن هکتار است. این متغیر ترکیبی از سه متغیر ردپای اکولوژیکی براساس اثر فردی، روند ذخایر کشورها و نوع زمین‌هاست (GPP, EFTP, EFTRN)	Footprintnetwork
X	GDP	تولید ناخالص داخلی سرانه	World Bank
	GDP^2	توان دوم تولید ناخالص داخلی سرانه	
Z	NETU	ضریب نفوذ اینترنت	World Bank
Z	CELS	ضریب نفوذ تلفن همراه	World Bank
T	TRD	بازبودن اقتصاد (نسبت حاصل جمع واردات و صادرات به تولید ناخالص داخلی)	World Bank

مأخذ: متغیرهای مستخرج از وب‌سایت‌های World Bank, Macrotrends, Footprintnetwork

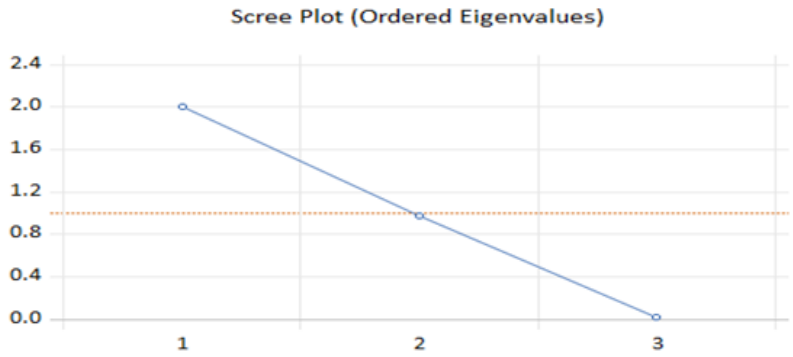
[۱] سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه (Organization for Economic Co-operation and Development -OECD) که مقر آن در پاریس است به‌عنوان باشگاه کشورهای ثروتمند، مرکز پژوهشی، موسسه نظارتی و دانشگاه غیرآکادمیک یاد می‌شود. ۲۱ کشور مورد مطالعه در این پژوهش عبارتند از: نروژ، لهستان، استرالیا، اتریش، بلژیک، کانادا، شیلی، جمهوری چک، دانمارک، استرالیا، فنلاند، فرانسه، یونان، فلسطین اشغالی، ایتالیا، ژاپن، لیتوانی، لوکزامبورگ، مکزیک، هلند و پرتغال.

[۲] قابل بازیابی در وب‌سایت زیر: https://data.worldbank.org

[۳] قابل بازیابی در وب‌سایت زیر: https://www.macrotrends.net/countries

[۴] قابل بازیابی در وب‌سایت زیر: https://data.footprintnetwork.org

با توجه به اینکه سه شاخص GPP, EFTP, EFTRN بیانگر شاخص ردپای اکولوژیکی هستند، با استفاده از روش PCI مولفه‌های اصلی این شاخص تبدیل به یک شاخص ترکیبی می‌شود؛ با توجه به سه متغیر، حداکثر سه مولفه اصلی وجود خواهد داشت که باPC3, PC2, PC1 نشان داده شده است؛ مولفه اول (PC1) و مولفه دوم (PC2) و مولفه سوم (PC3) به‌ترتیب، ٦٧ و ٣٣ و ٠/٧ درصد از تغییرات شاخص ترکیبی ردپای اکولوژیکی در کشورهای OECD را توضیح می‌دهد. با توجه به آزمون اسکری[1] – که در نمودار (Scree Plot. 3) آورده شده است – از بین این سه مولفه، مولفه اول، بیشترین توضیح‌دهندگی تغییرات شاخص ترکیبی ردپای اکولوژیکی را دارد و گفتنی است که شاخص ترکیبی براساس این مولفه ساخته می‌شود.



نمودار ۳. مولفه‌های شاخص ترکیبی ردپای اکولوژیکی

منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار (۳) نشان می‌دهد که از بین سه مولفه شاخص ترکیبی ردپای اکولوژیکی در کشورهای OECD بیشترین توضیح‌دهندگی تغییرات شاخص را دارد. در ادامه، وزن هریک از اجزای شاخص در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳. وزن اجزای شاخص ردپای اکولوژیکی در کشورهای OECD براساس PC1

متغیر	EFTP	EFTRN	GPP	درصد توضیح‌دهندگی
PC1	۰/۱٦	۰/٦۹	۰/٦۹	٦٧

منبع: یافته‌های پژوهش

وزن هریک از اجزای شاخص ردپای اکولوژیکی برای مولفه اول به‌صورت زیر است:

$$FPEI = 0.69*GPP + 0.16*EFTP + 0.69*EFTRN \quad (۳)$$

با توجه به ماهیت پانلی متغیرها از روش فیلیپس پرون فیشر (PP-F) و لوین، لین و چاو (LLC) استفاده می‌شود. نتایج آماره لوین، لین و چاو و مقدار احتمال برای همه متغیرها نشان می‌دهد که تمام متغیرها در سطح ۹۵ درصد

[1] Scree Test

اطمینان، ماناست. همچنین، متغیر LFPEI براساس فیلیپس پرون فیشر ماناست و متغیر LCOT در حالت بدون روند و عرض از مبدا، ماناست.[1]

در این پژوهش برای انتخاب مناسب‌ترین مدل، آزمون‌های اف‌لیمر و هاسمن انجام شد که براساس نتایج آنها، مدل اثرات ثابت زمانی و مقطعی مناسب دانسته شد. بر بنیاد مقدار آماره‌ها و احتمالات، مدل انتخابی برای متغیر وابسته باید به‌صورت پنل‌دیتا اجرا شود و بین مقاطع، تفاوت معنادار وجود دارد و ناهمگن هستند. ضمن این‌که برمبنای آزمون هاسمن، روش اثرات تصادفی تایید می‌شود.

با توجه به اینکه در مدل انتخابی بین اجزا، اخلال هم‌بستگی وجود دارد و ماهیت خودرگرسیونی نوع AR(1) برقرار است، برای برطرف کردن آن، متغیر وابسته با وقفه به‌عنوان متغیر توضیحی در مدل آورده می‌شود؛ از این‌رو، «مدل پانل» تبدیل به «پانل پویا» می‌شود که برای برآورد آن از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)[2] استفاده می‌شود. نتایج برآورد برای سه متغیر COT، GHG و FPEI روی متغیرهای CELS و NETU، در جداول (٤ و ٥) آمده است. علامت ضرایب مربوط به CELS برای هرسه متغیر وابسته COT، GHG و FPEI منفی است و در مدل مربوط به COT معناداری در سطح یک درصد تایید می‌شود. کمترین انحراف معیار این متغیر نیز در معادله (۱) به‌دست آمده است. اثر متغیر GDP بر COT و FPEI مطابق مبانی نظری مثبت و معنادار است. برای هرسه معادله، آماره سارگان و احتمال آن، مناسب‌بودن ابزارهای به‌کاررفته در برآورد GMM را تایید می‌کند.

جدول ٤. برآورد GMM برای COT، GHG و FPEI روی CELS– (کشورهای OECD)

کشورهای OECD، برآورد با CELS		(۱) COT	(۲) GHG	(۳) FPEI
LCOT (-1)	ضریب	***۰/۹۶۸۲	***۰/۸۵۰۶	***–۰/۲۷۲۳
	انحراف معیار	۰/۰۳٤۷	۰/۰۳۲٦	۰/۰٦۰٦
LGDP	ضریب	۰/۰۳۳٤	–۰/۱۸۱۰	**۱/۳۰۳٤
	انحراف معیار	۰/۱۵۲۰	۰/۱٦٤۷	۰/٦۵۸۵
LGDP^2	ضریب	۰/۰۰۲۲	***۰/۰۱۲۱	–۰/۰۲٦۲
	انحراف معیار	۰/۰۰۷۸	۰/۰۰۸۲	۰/۰۳۰٦
LCELS	ضریب	***–۰/۰۸۰	*–۰/۰۰۳۹	–۰/۰۰٦۲
	انحراف معیار	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۲٦	۰/۰۱۲۹
LTRD	ضریب	۰/۰۰۸۹	***–۰/۰۱٦۲	۰/۰۳۲۲
	انحراف معیار	۰/۰۱۱۷	۰/۰۰۹٦	۰/۰٤۷۵
آماره سارگان	مقدار	۱۵/۹۹	۱٤/۷۵	۱۷/۸٤
	احتمال	۰/٤۵	۰/٦۱	۰/٤

***؛ ** و * به‌ترتیب، به‌معنای معناداری آماری در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد است.

منبع: یافته‌های پژوهش

[1] جداول مربوط به نتایج آزمون‌های مانایی متغیرها، اف‌لیمر و هاسمن براساس رویه فصلنامه و به‌دلیل رعایت اختصار از متن مقاله حذف شده‌اند.

[2] Generalized Method of Moments (GMM)

نتایج برآورد نشان می‌دهد که ضریب نفوذ تلفن همراه، انتشار دی‌اکسید کربن را کاهش داده است. گفتنی است مقدار این ضریب برابر با ۰/۰۸- بوده و درنتیجه، ازنظر آماری معنادار است (ستون ۱). اثر این متغیر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای هم ۰/۰۰٤- بوده و درنتیجه، ازنظر آماری معنادار است (ستون ۲). اثر ضریب نفوذ تلفن همراه بر ردپای اکولوژیکی با وجود اینکه منفی است؛ اما، معنادار نیست (ستون ۳). مدل، بارِ دیگر با ضریب نفوذ اینترنت برآورد شده و نتایج در جدول (۵) آمده است. براساس نتایج، ضریب نفوذ اینترنت باعث کاهش دی‌اکسید کربن، گازهای گلخانه‌ای و اثر ردپای اکولوژیکی شده است.

جدول ۵. برآورد GMM برای COT، GHG و FPEI روی NETU (کشورهای OECD)

کشورهای OECD، برآورد با NETU		(۱) COT	(۲) GHG	(۳) FPEI
LCOT (-1)	ضریب	***۰/۹۷٤٦	***۰/۸۲۹۸	***-۰/۲۷٥٦
	انحراف معیار	۰/۰٤٥٤	۰/۰۳۱۹	۰/۰٤۷۷
LGDP	ضریب	*-۰/۱۲۸٦	*-۰/۱۳٦۹	**۱/۲۲۱۲
	انحراف معیار	۰/۱۹۳۳	۰/۰۸۸۲	۰/٦۱۸٤
LGDP^2	ضریب	*۰/۰۱۰۲	**۰/۰۰۸۱	*-۰/۰۱٦۹
	انحراف معیار	۰/۰۱۱٤	۰/۰۰٤۳	۰/۰۲۹٤
LNETU	ضریب	***-۰/۰۱۰۱	**-۰/۰۰۳٥	***-۰/۰۲٦۲
	انحراف معیار	۰/۰۰٤۰	۰/۰۰۲۳	۰/۰۱۰۷
LTRD	ضریب	*۰/۰۱٦۱	*** -۰/۰۱۰٦	۰/۰۳۲۲
	انحراف معیار	۰/۰۰۸٦	۰/۰۰۱٥	۰/۰۳۱۰
آماره سارگان	مقدار	۱٦/۲۷	۱۸/۷۸	۳٤٦/٥۹
	احتمال	۰/٤۳	۰/٤۱	۰/۰۷

***؛ ** و * به‌ترتیب، به‌معنای معناداری آماری در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد است.

منبع: یافته‌های پژوهش

کشش کوتاه‌مدت متغیر وابسته نسبت به متغیرهای توضیحی، ضرایب برآوردی (آلفا، بتا، گاما و فی) است با توجه به اینکه ماهیت مدل پویاست؛ ضرایب در دو حالت «کوتاه‌مدت» و «بلندمدت» قابلِ برآورد است. برای به‌دست آوردن کشش‌های بلندمدت، مدل رگرسیون به‌صورت معادله (٤) تعدیل می‌شود:

$$LAQLT_{it} = \beta_0 + \beta_1 LGDP_{it} + \beta_2 LGDP_{it}{}^2 + \beta_3 LICT_{it} + \beta_4 LTRD_{it} + \varepsilon_{it} \quad (٤)$$

این معادله با استفاده از عملگر به شرح زیر نوشته می‌شود (معادلات ۵ و ٦):

$$(1 - \alpha_1 Lag) LAQLT_{it} = \beta_0 + \beta_1 LGDP_{it} + \beta_2 LGDP_{it}{}^2 + \beta_3 LICT_{it} + \beta_4 LTRD_{it} + \varepsilon_{it} \quad (٥)$$

$$LAQLT_{it} = \frac{\beta_0}{(1-\alpha_1)} + \frac{\beta_1}{(1-\alpha_1)} LGDP_{it} + \frac{\beta_2}{(1-\alpha_1)} LGDP_{it}{}^2 + \frac{\beta_3}{(1-\alpha_1)} LICT_{it} + \frac{\beta_4}{(1-\alpha_1)} LTRD_{it} + \frac{1}{(1-\alpha_1)} \varepsilon_{it} \quad (٦)$$

با استفاده از این ضرایب، می‌توان کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت را استخراج کرد. فرمول‌های محاسباتی کشش‌ها در جدول (٦) آمده است.

جدول ٦. کشش‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت

کشش بلندمدت	کشش کوتاه‌مدت	معادله کشش
$\frac{\widehat{\beta_1}}{(1-\alpha_1)} + 2\frac{\widehat{\beta_2}}{(1-\alpha_1)} LGDP_{it}$	$\widehat{\beta_1} + 2\widehat{\beta_2} LGDP_{it}$	$\frac{dLAQLT_{it}}{dLGDP_{it}}$
$\frac{\widehat{\beta_3}}{(1-\alpha_1)}$	$\widehat{\beta_3}$	$\frac{dLAQLT_{it}}{dLICT_{it}}$[1]
$\frac{\widehat{\beta_4}}{(1-\alpha_1)}$	$\widehat{\beta_4}$	$\frac{dLAQLT_{it}}{dLTRD_{it}}$

منبع: یافته‌های پژوهش

کشش کیفیت محیط زیست (دی‌اکسید کربن، گازهای گلخانه‌ای و ردپای اکولوژیکی) نسبت به ضریب نفوذ تلفن همراه و اینترنت در کوتاه‌مدت و بلندمدت محاسبه شده و در جدول (۷) آمده است. کشش‌ها در حالت (۱) با متغیرهای توضیحی GDP و ضریب نفوذ تلفن همراه و در حالت (۲) با متغیرهای GDP و ضریب نفوذ اینترنت محاسبه شده است.

جدول ۷. برآورد کشش‌ها در کوتاه‌مدت و بلندمدت

	شاخص کیفیت محیط زیست	کشش بلندمدت		کشش کوتاه‌مدت	
		نسبت به GDP	نسبت به CELS	نسبت به GDP	نسبت به CELS
(۱)	COT	۲/٤۳۲	-۰/۲۵	۰/۰۷۵	-۰/۰۰۸
	GHG	۰/۵۵۷	-۰/۰۲	۰/۰۹	-۰/۰۰۳
	FPEI	-۰/۳۱۵	-۰/۰۰٤	۱/۳۱۵	-۰/۰۰٦
	-	نسبت به GDP	نسبت به NETU	نسبت به GDP	نسبت به NETU
(۲)	COT	۳/٦٦۸	-۰/۱۵٤	-۱/۲۲	-۰/۰۰٤
	GHG	۰/٦۲	-۰/۰۱۷	۰/۳۱	-۰/۰۰۳
	FPEI	-۰/٦۳	-۰/۰۲	۰/۸٦	-۰/۰۲٦

منبع: یافته‌های پژوهش

[1] براساس این معادله، به‌صورت مستقل یک‌بار ضریب نفوذ تلفن همراه و یک‌بار ضریب نفوذ اینترنت برآورد و کشش‌ها محاسبه می‌شود.

نتایج برآورد نشان می‌دهد یک درصد تغییر CELS به‌ترتیب، سبب کاهش مقدار COT, GHG, FPEI به‌میزان ۲، ۰/۴، ۲۵ درصد در بلندمدت خواهد شد و به‌همین‌ترتیب، یک درصد تغییر CELS سبب کاهش مقدار GHG, FPEI و COT به‌میزان ۰/۶ و ۰/۳ و ۰/۸ درصد در کوتاه‌مدت می‌شود. آشکار است در محدوده زمانی بلندتر، حساسیت بالاتر و میزان درصد تغییرات نیز بیشتر می‌گردد. همچنین، یک درصد بهبود NETU به‌ترتیب، سبب کاهش مقدار COT, GHG, FPEI به‌میزان ۲، ۱/۷، ۱۵/۴ درصد در بلندمدت خواهد شد و به‌همین‌ترتیب، یک درصد افزایش NETU به‌ترتیب، سبب کاهش مقدار COT, GHG, FPEI به‌میزان ۲/۶، ۰/۳ و ۰/۴ درصد در کوتاه‌مدت می‌شود؛ بنابراین، اثرگذاری فاوا بر کیفیت محیط زیست در بلندمدت بیش از کوتاه‌مدت است.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله، هدف ارزیابی آثار فاوا بر کیفیت محیط زیست در کشورهای OECD بود. بدین‌منظور، از سه تقریب دی‌اکسید کربن، گازهای گلخانه‌ای و اثر ردپای اکولوژیکی برای محیط زیست بهره‌برداری شد. از ضریب نفوذ تلفن همراه و اینترنت به‌عنوان پرکاربردترین ابزارهای فاوا برای ارزیابی آثار آن استفاده شد. نمونه انتخابی شامل ۲۱ کشور در دوره زمانی ۱۹۹۲–۲۰۱۸ بود.

معادلات در حالت‌های مختلفی برآورد شد؛ براین اساس، یافته‌ها نشان داد که ضریب نفوذ تلفن همراه با کاهش دی‌اکسید کربن و گازهای گلخانه‌ای به بهبود کیفیت محیط زیست کمک کرده است؛ هرچند اثر آن بر ردپای اکولوژیکی از نظر آماری معنادار نیست؛ افزون‌براین، ضریب نفوذ اینترنت بر هرسه شاخص محیط زیست اثرگذار بوده و به بهبود کیفیت محیط زیست کمک کرده است. بنابراین، به‌نظر می‌رسد اثر جانشینی بر اثر درآمدی فاوا در کشورهای توسعه‌یافته پیشی گرفته است.

برای ارزیابی آثار کوتاه‌مدت و بلندمدت فاوا، کشش شاخص‌های کیفیت محیط زیست نسبت به شاخص‌های فاوا ارزیابی شد؛ براین اساس، یافته‌ها نشان داد با گذشت زمان که پذیرش فاوا توسط فعالان اقتصادی بیشتر می‌شود، اثرگذاری آن بر کیفیت محیط زیست نیز به‌صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که کشش دی‌اکسیدکربن نسبت به تلفن همراه در بلندمدت نسبت به کوتاه‌مدت، ۳۱ برابر و نسبت به ضریب نفوذ اینترنت، ۳۸ برابر شده است.

همچنین، کشش گازهای گلخانه‌ای نسبت به تلفن همراه و اینترنت در بلندمدت به‌ترتیب، حدود ۷ و ۶ برابر شده است. محاسبات کشش اثر ردپای اکولوژیکی نسبت به تلفن همراه و اینترنت در بلندمدت، به‌ترتیب، ۱۱ و ۰/۷ برابر شده است. درنهایت، روشن شد که اثر فاوا بر کاهش دی‌اکسیدکربن و انتشار گازهای گلخانه‌ای بیش از ردپای اکولوژیکی است.

منابع

- آزادنیا، محمد، زاهدی، شمس‌السادات، مجدالدین، عبدالرضا، بدیع، کامبیز و پورعابدی، محمدرضا (۱۳۹۷). طراحی و تبیین مدل ارزیابی سیاست‌گذاری برای سنجش پیامدهای فاوا بر ارتقای توسعه پایدار. *فصلنامه سیاستگذاری عمومی*، ۴(۱)، ۱۳۹–۱۵۵.
- ارباب، حمیدرضا و شعبانی، اسماعیل (۱۳۹۶). تأثیر فناوری مطالعات و ارتباطات بر آلودگی‌های زیست‌محیطی در کشورهای D8. *فصلنامه مطالعات مدیریت کسب‌وکار هوشمند*، ۵(۲۰)، ۷۷–۱۰۲.

- دیزجی، منیره، کتابفروش بدری، آرش و حاجی‌امیری، رحیم (۲۷ آذرماه ۱۳۹۲). فناوری اطلاعات و ارتباطات و تاثیرات آن بر محیط زیست. کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز.
- مارچ، فرید و خدامرادی، محمد (۱٤ تیرماه ۱۳۹٦). بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط زیست در دو گروه کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه. دومین کنفرانس سالانه اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- محمودزاده، محمود و شاه‌بیگی، حامد (۱۳۹۰). آثار فناوری اطلاعات و ارتباطات بر شدت انرژی در کشورهای درحال‌توسعه. *فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین*، ٦ ((۲٤))، ٦٨-٨٨.
- محمودزاده، محمود، موسوی، میرحسین و پاک‌نهاد، فرزاد (۱۳۹٤). حسابداری رشد ارزش افزوده در صنایع تولیدی ایران با تاکید بر فناوری اطلاعات. *فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی*، ۹(۳۲)، ٤۱-٦٤.

-Akanda.A., Cabral, P., & Casteleyn, S. (2019). Assessing the gap between technology and the environmental sustainability of European cities. *Information Systems Forties*, *21*(3), 581-604.

-Cambridge Business English Dictionary (2023, May 23). *Definition of Green Consumerism*. Cambridge University Press. https://dictionary. Cambridge. Org/dictionary/English/green-consumerism.

-Coroamă, V. C., Bergmark, P., Höjer, M., & Malmodin, J. (2020, June 21–26). A methodology for assessing the environmental effects induced by ICT services: Part I: Single Services. *In 7th International Conference on ICT for Sustainability (ICT4S2020), 2020, Bristol, United Kingdom*. ACM, NewYork, NY, USA, pp.36–45. https://doi.org/10.1145/ 3401335. 3401716.

-Dabbous.A. (2018). The impact of information and Communication technology and financial development on energy consumption: A dynamic heterogeneous panel analysis for MENA countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, *8*(4), 70-76.

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

-Haseeb, A., Xia, E., Saud, Sh., 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*, *26*(2), 8594-8608. DOI: 10.1007/ s11356-019-04296-x.

-Liao, H., Wang, B., Li, B., & Weyman-Jones, T. (2016). ICT as a general-purpose technology: The productivity of ICT in the United States revisited. *Information Economics and Policy*, *36*, 10-25.

-Lu, W-C. (2018). The impacts of information and communication technology, energy consumption, financial development, and economic growth on carbon dioxide emissions in 12 Asian countries. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, *23*, 1351–1365.

-Naheed Khan, F., Sana, A. & Arif, U. (2020). Information and communication technology (ICT) and environmental sustainability: A panel data analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(3), 36718–36731. DOI: 10.1007/s11356-020-09704-1

-N'dri, L., Islam, M., & Kakinaka (2021). ICT and environmental sustainability: Any differences in developing countries? *Journal of Cleaner Production*, *297*(2), 126642. DOI:10. 1016/ j.jclepro. 2021.126642.

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

-Sadorsky, P. (2012). Information communication technology and electricity consumption in emerging economies. *Energy Policy*, *48*, 130-136. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.04.064.

-Salahuddin, M., & Alam, K. (2016). Information and communication technology Electricity consumption and economic growth in OECD countries: A panel data analysis. *Electrical Power and Energy Systems*, *76*, 185–193.

-Usman, A., Ozturk, I., Hassan, A., Zafar, S.M., & Ullah, S. (2021). The effect of ICT on energy consumption and economic growth in South Asian economies: An empirical analysis. *Telematics Informatics*, *58*, 101537.