

بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات و رشد اقتصادی بر آلودگی محیط زیست: مطالعه موردی کشورهای حوزه خلیج فارس

کرم جعفری پرویزخانلو*

سید علی پایتختی اسکویی**

رباب ازلی***

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۰۱ - تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۲۹

DOI: 10.22096/esp.2021.129466.1364

چکیده

امروزه مسئله فناوری اطلاعات و ارتباطات و نقش آن در کاهش آلودگی محیط زیست از مباحث مهم در اقتصاد محیط زیست است، چراکه فناوری اطلاعات و ارتباطات به افزایش آلودگی محیط زیست از طریق تولید ماشین آلات و دستگاه‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، مصرف انرژی و بازیافت زباله‌های الکترونیکی کمک می‌کند. درحالی‌که انتظار می‌رود فناوری اطلاعات و ارتباطات از طریق توسعه شهرهای هوشمند، سیستم‌های حمل‌ونقل، شبکه‌های برقی، فرایندهای صنعتی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، میزان انتشار آلاینده‌ها را کاهش دهد. بنابراین هدف این تحقیق بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۵ با استفاده از روش پانل دیتا است. نتایج نشان داد که فناوری اطلاعات و ارتباطات تأثیر مستقیم و مجذور آن تأثیر منفی و معنادار بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. نتیجه حاکی از وجود رابطه‌ای به شکل U وارونه بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی‌اکسید کربن بود.

* دانشجوی دکتری اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)

Email: jafari.eco1392@gmail.com

** دانشیار و هیئت علمی گروه اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران.

Email: oskooe@yahoo.com

*** دانشجوی دکتری اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران.

Email: Azali1390@yahoo.com



رشد اقتصادی تأثیر مستقیم و توان دوم آن بر انتشار دی‌اکسید کربن تأثیر منفی دارد که حاکی از تأیید فرضیه کوزننس است. همچنین مصرف سرانه انرژی و تجارت تأثیر مستقیم و معنادار بر انتشار دی‌اکسید کربن داشته است. بنابراین کشورهای حوزه خلیج فارس با توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌توانند به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و آلودگی زیست‌محیطی خود کمک کنند.

واژگان کلیدی: فناوری اطلاعات و ارتباطات، آلودگی محیط زیست، رشد اقتصادی، کشورهای حوزه خلیج فارس.

طبقه‌بندی موضوعی: D83, Q01, Q53, Q55, Q56.

۱- مقدمه

در طول دو دهه اخیر ارتباط بین سطح توسعه‌یافتگی جوامع و میزان دستیابی به استانداردهای زیست‌محیطی و به تعبیری رعایت ملاحظات زیست‌محیطی در کانون توجه محققان قرار گرفته است. در واقع با رشد و توسعه جوامع، کیفیت محیط زیست اهمیت بسیار بالایی پیدا کرده است. علاوه بر این با قدم نهادن جوامع در مسیر رشد و توسعه، اثرات مختلفی بر محیط زیست وارد می‌کند. از جمله این اثرات می‌توان به آلودگی زیست‌محیطی اشاره کرد. بنابراین کشورها، چه کشورهای توسعه‌یافته و چه کشورهای در حال توسعه، به دنبال راهکارهایی برای تداوم رشد و توسعه اقتصادی همراه با حفظ محیط زیست هستند. یکی از به‌روزترین راهکارهای مهم، فناوری اطلاعات و ارتباطات است که با سرعت فزاینده‌ای در حال پیشرفت و توسعه است. مجازی شدن بسیاری از محصولات، دیجیتالی شدن اطلاعات، غیرفیزیکی شدن نقل و انتقالات، کاهش نیاز به فضای گسترده در ادارات و انبارها، کوتاه‌تر شدن زنجیره عرضه، کاهش تمرکز جمعیت، افزایش امکان بازیافت از جمله نتایج مثبت فناوری اطلاعات بر محیط زیست است. بنابراین از یک سو فناوری اطلاعات نیاز جوامع به منابع طبیعی موجود در محیط زیست را کاهش می‌دهد و لذا فشار بر محیط زیست را کاهش می‌دهد. از طرفی میزان ضایعات وارد شده به محیط زیست را نیز کاهش می‌دهد. اما این بحث نیز مطرح است که اگرچه به‌کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات اثرات مثبتی بر محیط زیست دارد، باید توجه کرد که تجهیزات به‌کاررفته در فناوری اطلاعات معمولاً از مواد مضر و غیرقابل جذب برای محیط زیست ساخته می‌شوند که برای محیط زیست مضرند^۱.

علوی‌پور و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه خود به اثرات مثبت و اثرات منفی آن بر محیط زیست در ایران با استفاده از روش ماتریس سوات اشاره می‌کنند. مراد حاصل و مزینی (۱۳۹۲)، ژانگ و لیو (Zhang & Liu, 2015) و پارک و همکاران (Park et al, 2018)، ازکان و آپرجیس (Ozcan & Apergis, 2018) و دانیش و همکاران (Danish et al, 2019) نیز در مطالعات خود به اثر مستقیم فناوری اطلاعات و ارتباطات بر کیفیت محیط زیست اذعان دارند. همچنین آسونگو و همکاران (Asongu et al, 2017) و دانیش و همکاران (2018) نیز نشان داده است که فناوری اطلاعات و ارتباطات تأثیر مستقیم بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. در

1. See: Yi & Tomas, 2007: 842-849.

کنار این مطالعات که اغلب تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات را بر کیفیت محیط زیست به صورت خطی مورد بررسی قرار داده‌اند، آنون هیگون و همکاران (Anon Higon et al, 2017) رابطه‌ای به شکل U وارونه بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی‌اکسید کربن در منتخبی از کشورها گزارش کرده است. همچنین آسونگو و همکاران (Asongu et al, 2017) در مطالعه‌ای نشان داده است که تلفن همراه و اینترنت در شرایط رگرسیون غیر متقاطع تأثیر معناداری بر انتشار دی‌اکسید کربن ندارد، ولی با لحاظ کردن اثرات متقاطع مشاهده کردند که فناوری اطلاعات و ارتباطات تأثیر مستقیم بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. بنابراین می‌توان این‌گونه بیان کرد که فناوری اطلاعات و ارتباطات آثار مبهمی بر محیط زیست و به‌ویژه انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی دارد.

مقاله حاضر به دنبال بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار دی‌اکسید کربن به صورت درجه دو می‌باشد. بدین معنی که توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات، انتشار دی‌اکسید کربن را چگونه تحت تأثیر قرار می‌دهد. چراکه فناوری اطلاعات و ارتباطات با توسعه خود می‌تواند در مرحله اول، انتشار دی‌اکسید کربن را به لحاظ توسعه سخت‌افزاری افزایش دهد، ولی در مراحل بعدی با بهبود فرایندهای تولید و بهره‌وری انرژی به کاهش انتشار آلاینده‌ها منجر شود. با توجه به مرور مطالعات، مقاله حاضر تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات را با فرض رابطه به شکل U وارونه بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی‌اکسید کربن مورد مطالعه قرار می‌دهد و این مسئله، مقاله حاضر را با مطالعات قبلی متمایز می‌سازد. علاوه بر این کشورهای توسعه‌یافته از لحاظ به‌کارگیری و استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات در حالت اشباع هستند، درحالی‌که این امر در کشورهای درحال توسعه پایین می‌باشد. همچنین فناوری اطلاعات و ارتباطات روابط انسان‌ها را بهبود داده و نوآوری‌های متعددی که منجر به افزایش رشد اقتصادی و بهره‌وری می‌شود، به وجود می‌آورد. همچنین فناوری اطلاعات و ارتباطات باعث بهبود نابرابری درآمدی و توسعه مالی و ارتقای فرایندهای آموزشی می‌شود که در نهایت منجر به توسعه اقتصادی با کربن پایین و دوستدار محیط زیست می‌شود.

در این مقاله تلاش شده است اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس در طول دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۵ با استفاده از روش داده‌های تابلویی

بررسی شود و تأثیر آن بر انتشار دی‌اکسید کربن به صورت درجه دوم بررسی شود تا فرضیه رابطه‌ای به شکل U وارونه بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی‌اکسید کربن به آزمون گذاشته شود، چراکه کشورهای حوزه خلیج فارس در چند سال اخیر سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی در زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات و همچنین بحث‌های حفاظت محیط زیست انجام داده‌اند. بنابراین در مقاله حاضر تلاش شده است تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار دی‌اکسید کربن بررسی گردد.

مقاله حاضر در پنج بخش سازماندهی شده است. در بخش مقدمه، کلیات و اهمیت، در بخش مبانی نظری، ادبیات مربوط به مفاهیم آلودگی محیط زیست، پیامدهای آلودگی محیط زیست، عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسید کربن از جمله فناوری اطلاعات و ارتباطات، رشد اقتصادی، مصرف انرژی، تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی مورد بحث قرار گرفته است. همچنین به مرور خلاصه‌ای از مطالعات انجام‌گرفته پرداخته شده است. در بخش سوم روش انجام تحقیق و در بخش چهارم نیز نتایج و یافته‌های ارائه شده و نهایتاً در بخش پایانی بحث و نتیجه‌گیری تحقیق ارائه شده است.

۲- مبانی نظری

۲-۱ آلودگی زیست‌محیطی و پیامدهای آن

هرگونه تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی و یا شیمیایی آب، خاک، هوا و مواد غذایی که اثرات نامطلوب بر سلامت انسان، موجودات زنده و محیط زیست دارد، آلودگی گفته می‌شود. (عاقلی و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۲) صنعتی شدن جوامع، به بهره‌برداری بیشتر و فشرده‌تر از سوخت‌های فسیلی به منظور استفاده در تولید و حمل‌ونقل منجر شده است. احتراق این سوخت‌ها موجب انتشار دی‌اکسید کربن در اتمسفر می‌شود. با گسترش دانش بشری، دست‌ساخته‌های بشر به صورت تولید ضایعات، پسماندها، گازهای آلوده و سایر عوامل به طور مستقیم و غیرمستقیم اثرات مخربی بر زندگی انسان باقی می‌گذارد و پیامدهای نامطلوبی بر محیط زیست دارد.

مهم‌ترین مسئله زیست‌محیطی گرم شدن زمین و تغییرات آب و هوایی است. افزایش تدریجی دمای جهانی عمدتاً ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای است. دی‌اکسید کربن با سهم ۵۸/۸ درصدی از گازهای گلخانه‌ای بیشترین سهم را میان آلاینده‌ها به خود اختصاص داده است. بر

اساس پیش‌بینی گروه بین‌المللی تحقیق در خصوص تغییرات آب و هوای کره زمین، اگر روند فعلی افزایش انتشار گازهای خصوصاً دی‌اکسید کربن ادامه یابد، دمای کره زمین تا سال ۲۱۰۰ بین ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. این پدیده منجر به بالا آمدن سطح دریاها شده و تغییرات شدیدی در الگوهای جوی ایجاد خواهد کرد. (فطرس و همکاران، ۱۳۹۱: ۶)

بنابراین در دنیای امروزی که رشد و توسعه اقتصادی از اهداف کلان و بنیادین اقتصادی کشورها به شمار می‌رود و در کنار آن حفاظت از محیط زیست در راستای تحقق توسعه پایدار مطرح می‌باشد، مدیریت و کنترل انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی به‌ویژه انتشار گازهای گلخانه‌ای نیازمند شناسایی عوامل مؤثر در انتشار این گونه آلاینده‌های زیست‌محیطی است.

۲-۲ عوامل مؤثر بر آلودگی محیط زیست

۲-۲-۱ فناوری اطلاعات و ارتباطات و محیط زیست

در حال حاضر رابطه فناوری اطلاعات و ارتباطات و محیط زیست به یکی از موضوعات پیچیده و درعین‌حال چندبعدی تبدیل شده است. فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌تواند هم اثرات مثبت و هم اثرات منفی بر محیط زیست داشته باشد. فناوری اطلاعات و ارتباطات ابزار قوی برای جوامع بشری در راستای حفاظت از محیط زیست فراهم آورده است و باعث کاهش نیاز و تقاضای جوامع به منابع و مواد طبیعی در محیط زیست می‌شود.^۱ علی‌رغم این فناوری اطلاعات و ارتباطات و تولید تجهیزات آن بین ۲-۳ درصد انتشار دی‌اکسید کربن را در جهان ایجاد می‌کند. (Danish, 2019: 992) بنابراین ارتباط فناوری اطلاعات و ارتباطات و محیط زیست پیچیدگی خاص خودش را داد و بنابراین فناوری اطلاعات و ارتباطات از سه کانال بر محیط زیست تأثیرگذار است.

کانال اول: این کانال به اثر مصرف معروف است و اشاره به این موضوع دارد که در فرآیند تولید و توزیع تجهیزات فناوری اطلاعات و ارتباطات، ضایعات ناشی از آن به‌طور معناداری انتشار دی‌اکسید کربن را افزایش می‌دهد.^۲ در واقع اثر مصرف عمدتاً مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن را تحت تأثیر قرار می‌دهد.^۳ همچنین پسماندهای زیان‌آور تجهیزات فناوری

1. See: Hargroves & Smith, 2005:181-188.

2. See: Shabani et al, 2019:1064-1078; Shahnazi & Shabani, 2019: 24198-24212.

3. See: Park et al, 2018: 30708-30719.

اطلاعات و ارتباطات، زباله‌های الکترونیکی مانند مراکز داده‌های بزرگ جهانی، ترافیک داده‌های تلفن همراه اثرات زیانباری بر محیط زیست دارد. (Lennerfors et al, 2015:760)

کانال دوم: دومین کانالی که فناوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط زیست تأثیرگذار می‌باشد، تحت عنوان اثر جانمایی شناخته شده است که اشاره به اصلاح فرآیند تولید دارد و شامل کاهش مصرف مواد و منابع فیزیکی، فرآیند تولید کربن‌زدایی شده است. بدین معنی که روش‌های با مصرف انرژی بالا با روش‌های با مصرف انرژی پایین و با بهره‌وری بالا جایگزین می‌شود.^۱ جایگزینی کالاهای فیزیکی با کتاب‌های الکترونیکی، سیستم‌های الکترونیکی، اجلاس‌های مجازی^۲، سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند^۳، سیستم‌های تعیین موقعیت جغرافیایی (GPS)، سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک^۴ می‌باشد که در کل منجر به افزایش کارایی مصرف انرژی و به دنبال آن کاهش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود.

کانال سوم: این کانال به کانال هزینه معروف است که در واقع اشاره به این دارد که فناوری اطلاعات و ارتباطات تقاضا برای برخی کالاها و خدمات را به خاطر کاهش قیمت آنها افزایش می‌دهد که تأثیر مستقیم بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. (Shabani et al, 2019: 13)

همچنین فناوری اطلاعات و ارتباطات جریان‌های تجاری و سرمایه را تسهیل می‌کند که بر کیفیت محیط زیست تأثیرگذار است. همچنین تجهیزات فناوری اطلاعات و ارتباطات از طریق جریان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از جمله جریان کالاهای دست‌دوم فناوری اطلاعات و ارتباطات از کشورهای با درآمد بالا به کشورهای با درآمد پایین که منجر به افزایش ضایعات الکترونیکی می‌شود، بر محیط زیست تأثیرگذار است. اما در کنار آن با جریان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی انتقال دانش روی داده و آگاهی مردم نسبت به تبعات زیست‌محیطی کالاهای فناوری اطلاعات و ارتباطات افزایش پیدا می‌کند و باعث کاهش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. (Danish et al, 2018: 9463)

بنابراین فناوری اطلاعات و ارتباطات هم می‌تواند به کاهش آلودگی زیست‌محیطی و انتشار دی‌اکسید کربن و هم این‌که می‌تواند به افزایش آلودگی و انتشار دی‌اکسید کربن منجر شود. بر این اساس تأثیر توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط زیست و انتشار دی‌اکسید کربن مبهم است.

1. See: Danish et al, 2019: 990-1000; Ozcan & Apergis, 2017: 4174-4189.
2. See: Park et al, 2018: 30711.
3. See: Danish et al, 2018: 9463.
4. See: Shabani et al, 2019: 92.

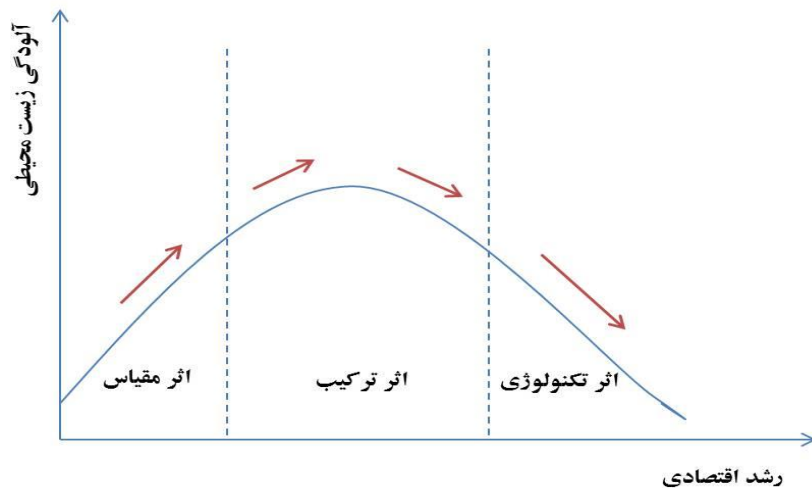
۲-۲-۲ رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست

یکی از مهم‌ترین متغیرهای مورد توجه در ادبیات زیست‌محیطی، تأثیر رشد اقتصادی بر آلودگی زیست‌محیطی و انتشار دی‌اکسید کربن می‌باشد. رابطه بین رشد اقتصادی و محیط زیست در قالب سه رویکرد قابل بحث است:

رویکرد اول به نوعی به مسئله انتخاب بین رشد اقتصادی و حفظ استانداردهای محیط زیست می‌پردازد؛ به این معنی که اصولاً رشد اقتصادی و به دنبال آن افزایش تولید و مصرف، نیازمند مواد اولیه و همین‌طور مصرف انرژی بیشتر است. افزایش تولید و مصرف انرژی، متقابلاً افزایش پسماندها و زباله‌ها را در پی دارد. به عبارت دیگر هر قدر در فرآیند توسعه اقتصادی سطح درآمد افزایش پیدا می‌کند، استخراج از منابع طبیعی بیشتر شده و تخریب محیط زیست را در پی خواهد داشت. بنابراین استدلال می‌شود که سیاست‌گذاران باید دست به انتخاب بزنند، یعنی با هدف دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر که مخاطرات زیست‌محیطی را به دنبال دارد، برگزینند و یا برای حفاظت از محیط زیست رشد اقتصادی پایین را مد نظر قرار دهند. رویکرد دوم بر این مسئله معتقد است که مسیر بهبود کیفیت محیط زیست به موازات رشد اقتصادی است و به منظور بهبود استانداردهای زیست‌محیطی باید در جریان رشد اقتصادی گام نهاد، چراکه سطح بالای درآمد، باعث افزایش تقاضا برای کالاهایی می‌شود که از سطح کمتری از مواد اولیه استفاده می‌کنند و همچنین افزایش درآمد باعث افزایش تقاضای محیط زیست می‌شود و این امر به معنی پذیرش معیارها و ضوابط حفاظتی زیست‌محیطی است. (ناهیدی ۱۳۹۷: ۳۴)

رویکرد سوم، رابطه بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست با عنوان منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (Kuznets, 1955) مطرح شده است. بر اساس این فرضیه در مراحل اول رشد اقتصادی، بر میزان آلودگی‌های زیست‌محیطی افزوده می‌شود. (Dinda, 2004: 432) اما بعد از رسیدن به سطحی از درآمد سرانه، سطوح بالاتر درآمد سرانه، سبب بهبود محیط زیست و کاهش آلودگی می‌شود. تمیزی (۱۳۹۴) و استرن (Stern, 2004)، همچنین آنتویلر (Antweiler, 2001) بر این عقیده می‌باشند که رابطه غیرخطی موجود بین سطح درآمد و آلودگی محیط‌زیست می‌تواند با توجه به سه عامل اثر مقیاس، ترکیب و تکنولوژی توضیح داده شود و شکل منحنی زیست محیطی کوزنتس (شکل ۱) منعکس‌کننده ترکیبی از این اثرات می‌باشد.

نمودار ۱: رابطه رشد اقتصادی با آلودگی (منحنی زیست محیطی کوزنتس)



منبع: داربیدی و همکاران، ۱۳۹۹: ۷۵

اثر مقیاس: گسترش سطح تولید با یک سطح معین از تکنولوژی و ثبات نسبت نهاده‌ها باعث افزایش تخریب محیط زیست می‌شود. اثر ترکیب نهاده‌ها: با افزایش نسبت نهاده‌های مضر برای محیط زیست اثر تخریبی رشد اقتصادی بر محیط زیست افزایش می‌یابد که به اثر ساختاری نیز مشهور است. (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۰۹)

اثر تکنولوژی: با افزایش کارایی تولید میزان نهاده‌های مورد استفاده از نهاده‌های زیست محیطی در تولید یک محصول کاهش می‌یابد. همچنین، پیشرفت تکنولوژی باعث می‌شود ضایعات و فضولات تولید کاهش یافته و آسیب بر محیط زیست کم شود. در جمع‌بندی این سه اثر می‌توان این‌گونه بیان کرد که در مراحل ابتدایی رشد اقتصادی، اثر مقیاس بر اثر ترکیب و تکنولوژی غالب است و کیفیت محیط زیست را بدتر می‌سازد. اما در ادامه شدت اثر مقیاس کاهش پیدا می‌کند و دو اثر دیگر تقویت می‌گردد؛ از این رو سطح آلودگی کاهش می‌یابد. (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۰۹)

۲-۲-۳ مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست

در چند دهه اخیر، رشد اقتصادی جهان و روند صنعتی شدن، موجب افزایش نیاز هرچه بیشتر و مصرف انرژی شده است. اما از آنجاکه بخش زیادی از این افزایش نیاز از منابع فسیلی تأمین

می‌شود مصرف این منابع، انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلوده شدن هوا را به همراه دارد. (صادقی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۴۶) منبع اصلی گرمایش جهانی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و عامل اصلی انتشار نیز مصرف انرژی است. یکی از دلایل اصلی گرم‌تر شدن کره زمین، انتشار گازهای گلخانه‌ای است که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (House Gases Green) رابطه مستقیم با میزان مصرف انرژی کشورها دارد. حال آنکه، انرژی به عنوان یکی از عوامل تولید و موتور محرکه رشد اقتصادی به شمار می‌رود. بنابراین، اگر کنترل انتشار آلاینده‌ها رشد اقتصادی کشورها را کاهش دهد، تناقض در اهداف کشورها ایجاد می‌گردد، زیرا انرژی به‌عنوان نیرو محرکه فعالیت‌های تولیدی و خدماتی بوده و جایگاه خاصی در رشد و توسعه اقتصادی دارد. اقتصاددانان اکولوژیک همانند نایر و آیرس بیان می‌کنند که در مدل بیوفیزیکی رشد، انرژی تنها و مهم‌ترین عامل رشد است. از نظر آن‌ها نیروی کار و سرمایه عوامل واسطه‌ای هستند که برای استفاده به انرژی نیاز دارند. (Stern, 2004: 16)

۲-۲-۴ سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و آلودگی محیط زیست

تحرك و جریان بین‌المللی سرمایه آلودگی زیست‌محیطی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در رابطه با تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر آلودگی زیست‌محیطی و انتشار دی‌اکسید کربن می‌توان به فرضیه لنگرگاه آلودگی اشاره کرد. بدین معنی که جریان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به کشورهای درحال توسعه منجر به افزایش آلودگی و انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. (تمیزی، ۱۳۹۴: ۱۵۱) این فرضیه اشاره به این قضیه دارد که کشورهای توسعه‌یافته به‌خصوص کشورهایی که در صنایع آلاینده فعالیت دارند سعی می‌کنند به دلیل قوانین سخت‌گیرانه زیست‌محیطی این صنایع را به کشورهای درحال توسعه منتقل کنند. (Copeland & Taylor, 2005: 206)

برخی محققان همچون استرن و کلیولند (Stern & Cleveland, 2004) بر این عقیده می‌باشند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به علت اثرگذاری بر رشد اقتصادی می‌تواند بر کیفیت محیط زیست تأثیر بگذارد. استدلال این گروه از محققین با تأکید بر فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس این است که کشورهای درحال توسعه در نیمه چپ این منحنی قرار دارند و با افزایش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی که به رشد اقتصادی کمک می‌کند، وضعیت زیست‌محیطی را بدتر می‌کنند. برخی دیگر نیز با بیان فرضیه پناهگاه آلودگی بیان کردند که جریان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به کشورهای درحال توسعه منجر به افزایش آلودگی و

تخریب محیط زیست می‌شود. (بهلولی، ۱۳۹۲: ۱۹۸) در کنار آن جریان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌تواند از طریق ایجاد امکاناتی مانند دسترسی به فناوری‌های بالا، صرفه‌های ناشی از مقیاس و توانایی در بازاریابی و تأثیر بر بهره‌وری انرژی و فرایند تولید، تأثیر منفی بر انتشار دی‌اکسید کربن داشته باشد. (بابایی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۷۵)

۲-۲-۵ تجارت و آلودگی محیط زیست

موج توجه عمومی به مسائل زیست‌محیطی طی دهه ۱۹۶۰ آغاز شد و در اواخر دهه ۷۰ میلادی، مشکلات مربوط به تجارت و محیط زیست به اوج خود رسید. اگرچه بر اساس دیدگاه بسیاری از اقتصاددانان محیط زیست نظیر آنتل و هیدبرینک (Antle & Heidebrink, 1995)، ویلر (Wheeler, 2001) و فرانکل و روس (Frankel & Ross, 2005) منطق وجود رابطه بین حجم تجارت و محیط زیست اثبات شده است، اما درک ماهیت و چگونگی وجود این رابطه بسیار دشوار به نظر می‌رسد. در مورد چگونگی تأثیر حجم تجارت بر کیفیت محیط زیست دو دیدگاه مطرح شده است.

آزادسازی تجاری و فرضیه پناهگاه آلاینده‌گی: در این دیدگاه که توسط باگواتی (Bhagwati, 1993) و گالاگر (Gallagher, 2004) مطرح شده است، شدت سیاست‌های زیست‌محیطی بر اساس فرضیه پناهگاه آلاینده‌گی و مکان‌یابی مجدد صنایع، تحرک سرمایه و مبادله تجاری بین کشورهای جهان را تحت تأثیر قرار داده و میزان انتشار آلاینده‌ها را دستخوش تغییر می‌کند. بر اساس این فرضیه، از آنجاکه کشورهای توسعه‌یافته سیاست‌های زیست‌محیطی شدیدی را نسبت به کشورهای درحال توسعه اعمال می‌کنند، صنایع آلوده‌کننده فعال در کشورهای توسعه‌یافته، عملیات و فرایند تولید خود را از کشورهای خودی به کشورهای درحال توسعه با سیاست‌های زیست‌محیطی ضعیف انتقال می‌دهند. (رسولی‌زاده و ضیایی، ۱۳۹۸: ۳۴۴) بدین ترتیب کشورهای درحال توسعه به پناهگاهی برای جذب صنایع آلوده‌کننده تبدیل می‌شوند.

آزادسازی تجاری و افزایش کیفیت زیست‌محیطی: این دیدگاه که به تأثیر مثبت گسترش حجم تجارت بر کیفیت زیست‌محیطی اشاره می‌کند توسط گروسمن و کروگر (Grossman & Krueger, 1991) مطرح شده است. آن‌ها، آثار آزادسازی تجاری روی محیط

زیست را به سه اثر مقیاس، اثر ترکیب و اثر فناوری تفکیک کردند. اثر مقیاس بیانگر تغییر در اندازه فعالیت‌های اقتصادی، اثر ترکیب بیانگر، تغییر در ترکیب یا سبد کالاهای تولیدی و اثر فناوری بیانگر تغییر در فناوری تولید به‌خصوص تغییر به سمت فناوری پاک است. به دنبال آزادسازی تجاری، اثر مقیاس به افزایش تخریب محیط زیست و اثر فناوری به کاهش تخریب محیط زیست منجر می‌گردد. تأثیر اثر ترکیب نیز به نوع مزیت نسبی بستگی دارد. به‌طوری‌که با توجه به مزیت نسبی در یک کشور، اگر کشوری در کالاهای آلاینده مزیت داشته باشد و در تولید آن کالاها تخصص پیدا کند، در آن صورت اثر ترکیب به واسطه تغییر ترکیب کالاهای تولیدی کشور به سمت کالاهای آلاینده، آثار منفی بر محیط زیست بر جای می‌گذارد و اگر به واسطه وجود مزیت نسبی کشوری در کالاهای پاک، ترکیب کالاهای تولیدی آن کشور به سمت کالاهای پاک تغییر کند، در آن صورت اثر ترکیب آثار مثبت بر روی محیط زیست بر جای خواهد گذاشت^۱. همچنین، تجارت می‌تواند به علت فشار رقابتی بیشتر یا دسترسی بیشتر به فناوری‌های سبز و دوستدار محیط زیست، منجر به کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی و انتشار دی‌اکسید کربن شود.

۲-۳ سابقه پژوهش

علوی‌پور و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از ماتریس سوات نشان دادند که فناوری اطلاعات و ارتباطات هم به صورت مثبت و هم به صورت منفی بر توسعه پایدار محیط زیست در ایران تأثیر دارد. به نظر آنها امکان پایش محیط زیست، ایجاد سیستم‌های شبکه‌ای هوشمند، امکان دانلود دیجیتال جهت کاهش کالای فیزیکی سنتی و تغییرات سبک زندگی آثار مثبت و مصرف بالای انرژی تجهیزات هاستینگ فناوری اطلاعات و فناوری مراکز داده، پسماندهای الکترونیک، انتشار امواج مضر آثار منفی بر محیط زیست داشته است. مراد حاصل و مزینی (۱۳۹۲) در مطالعه خود نشان دادند که فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشورهای توسعه‌یافته روند فزاینده انباشت آلودگی زیست‌محیطی را تعدیل می‌کند در حالی در کشورهای درحال توسعه تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر آلودگی محیط زیست چندان محسوس نبوده است. فلاحی و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند که فناوری اطلاعات و ارتباطات تأثیر مستقیم بر کیفیت محیط

۱. نک: محمدی و حیدرزاده، ۱۳۹۲: ۲۱۴؛ رسولی‌زاده و ضیایی، ۱۳۹۸: ۳۴۴ و بهرامی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۵۹.

زیست در ایران دارد. همچنین آنها نشان دادند که افزایش کاربران اینترنت منجر به افت کیفیت محیط زیست در ایران شده است. شکوهی فرد و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه خود نشان دادند که فرضیه زیست محیطی کوزنتس در ایران برقرار می‌باشد و رابطه U وارونه بین رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن وجود دارد. همچنین مصرف فرآورده‌های نفتی تأثیر مستقیم و معنادار بر انتشار دی‌اکسید کربن داشته است، ولی درجه باز بودن اقتصاد و توسعه مالی تأثیر معناداری بر انتشار دی‌اکسید کربن نداشته است. کهن سال و شایان فر (۱۳۹۵) در مطالعه خود در ۹ کشور منتخب در حال توسعه نشان دادند که مصرف انرژی و رشد اقتصادی تأثیر مستقیم و معنادار بر انتشار دی‌اکسید کربن داشته است. همچنین، رسولی زاده و ضیایی (۱۳۹۸) در تحقیقی در منتخبی از کشورهای OECD در طول دوره ۱۹۹۰-۲۰۱۴ با روش پانل دیتا نشان دادند که رشد اقتصادی و تجارت تأثیر منفی و مصرف انرژی تأثیر مستقیم بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. بهرامی و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که رشد اقتصادی و آزادسازی تجاری تأثیر مستقیم بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد.

در مطالعه‌ای آسونگو و همکاران (Asongu et al, 2017) نشان دادند که در کشورهای آفریقایی فناوری اطلاعات و ارتباطات به همراه شاخص توسعه انسانی منجر به افزایش انتشار دی‌اکسید کربن شده است. اما انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف سوخت فسیلی و مایع، فناوری اطلاعات باعث افزایش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. در مطالعه دیگری صلاح‌الدین و همکاران (Salahuddin et al, 2016) نشان دادند که فناوری اطلاعات در کشورهای OECD تأثیر مستقیم بر انتشار دی‌اکسید کربن در بلندمدت داشته است. ولی رشد اقتصادی در بلندمدت و کوتاه‌مدت تأثیر معناداری بر انتشار دی‌اکسید کربن نداشته است. اوم و همکاران (Avom et al, 2020) در مطالعه خود نشان دادند که شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات (خطوط تلفن همراه و ضریب نفوذ اینترنت) تأثیر مستقیم بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد.

پارک و همکاران (2018) نیز در مطالعه خود نشان داده است که ضریب نفوذ اینترنت به عنوان پروکسی فناوری اطلاعات و ارتباطات باعث کاهش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. دانش و همکاران (2019) در مطالعه‌ای نشان داده است که فناوری اطلاعات و ارتباطات و رشد اقتصادی و مصرف انرژی در کشورهای با سطح درآمد بالا و متوسط تأثیر منفی بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد ولی در کشورهای با درآمد پایین فناوری اطلاعات و ارتباطات باعث

افزایش انتشار دی‌اکسید کربن شده است. همچنین آپرجیس (Apergis, 2018) نیز نشان داده است که فناوری اطلاعات و ارتباطات باعث کاهش آلودگی و انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. علاوه بر این، آسونگو و همکاران (Asongu et al, 2018) در مطالعه دیگری نشان دادند که با لحاظ رگرسیون اثرات غیر متقاطع شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات تأثیر معناداری بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای آفریقا نداشته است، در حالی با لحاظ رگرسیون اثرات متقاطع فناوری اطلاعات و ارتباطات تأثیر مستقیم بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای آفریقا داشته است. درحالی‌که ژانگ و لیو (Zhang & Liu, 2015) در مطالعه خود با استفاده از روش STIRPAT^۱ نشان دادند که در کشور چین توسعه صنعت فناوری اطلاعات و ارتباطات منجر به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن شده است. آنون هیگون و همکاران (Anon Higon et al, 2017) در مطالعه خود رابطه بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی‌اکسید کربن را در منتخبی از کشورها با روش پانل دیتا به صورت درجه دو مورد مطالعه قرار دادند. آنها نشان دادند که رابطه بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی‌اکسید کربن به شکل U وارونه می‌باشد. بدین معنی که در مراحل اول توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات انتشار دی‌اکسید کربن افزایش پیدا می‌کند ولی با توسعه و گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات، انتشار دی‌اکسید کربن کاهش پیدا می‌کند. لذا در مرحله دوم توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات، آلودگی زیست‌محیطی کاهش پیدا کرده و توسعه پایدار همراه با رشد و توسعه اقتصادی اتفاق می‌افتد. با توجه به مرور مطالعات صورت‌گرفته مشاهده می‌شود که فناوری اطلاعات و ارتباطات اثرات مختلفی بر محیط زیست دارد. در واقع در برخی از کشورها تأثیر مستقیم بر انتشار دی‌اکسید کربن داشته و کیفیت محیط زیست را کاهش داده است و در برخی دیگر از کشورها نیز منجر به بهبود کیفیت محیط زیست و کاهش انتشار آلاینده‌های زیست محیطی خصوصاً دی‌اکسید کربن شده است. از آنجایی‌که در اغلب این مطالعات تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار دی‌اکسید کربن به صورت خطی درجه اول مورد بررسی قرار گرفته است، مناسب می‌باشد که رابطه غیرخطی فناوری اطلاعات و ارتباطات با انتشار دی‌اکسید کربن مورد مطالعه قرار گیرد. چراکه در چنین شرایطی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات به میزان توسعه‌یافتگی و گستردگی آن وابسته شده و بهتر می‌تواند اثرش را بر انتشار دی‌اکسید کربن توضیح دهد.

1. Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology.

بر این اساس در مقاله حاضر به بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس با فرض برقراری رابطه U وارونه بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی‌اکسید کربن پرداخته می‌شود.

۳- روش داده‌های تابلویی

برای برآورد مدل در مقاله حاضر از مجموعه داده‌های تابلویی استفاده شده است. بدین منظور از آمار کشورهای حوزه خلیج فارس در طول دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۵ استفاده شده است. در بسیاری از موارد، پژوهشگران می‌توانند از روش داده‌های تابلویی در مورد مسئله‌هایی که نمی‌توان آنها را فقط به صورت سری زمانی با فقط به صورت مقطعی بررسی کرد، استفاده می‌کنند. (اشرف‌زاده و مهرگان، ۱۳۸۹: ۱۰۵-۱۳۵) داده‌های تابلویی نسبت به داده‌های مقطعی و سری زمانی، امکان طراحی الگوهای رفتاری پیچیده‌تر را فراهم می‌کند. داده‌های تابلویی اطلاعات آگاه‌کننده، تنوع تغییرپذیری، درجات آزادی و کارایی بیشتر و همچنین همخطی کمتری بین متغیرها فراهم می‌کند. درحالی‌که سری زمانی دچار مشکل همخطی می‌باشند. با توجه به اینکه داده‌های تابلویی، متشکل از سری‌های زمانی و مقطعی است، بعد مقطعی موجب افزایش تغییرپذیری یا تنوع بسیار زیاد در برآوردهای معتبری می‌شود که با در دست داشتن این اطلاعات می‌توان انجام داد. مزیت عمده دیگر این روش، این است که داده‌های گروهی یعنی داده‌های مرکب از سری زمانی از نمونه‌های مقطعی بالقوه، از نظر اطلاعات بسیار غنی‌تر از نمونه مقطعی (N) و سری زمانی (T) خواهند بود، اما با ترکیب این دو، تعداد داده‌ها به N*T افزایش پیدا می‌کند که این امر می‌تواند منجر به برآوردهای کاراتری از پارامترها گردد. در محاسبه واریانس جامعه با توجه به مشاهدات مربوط به سری زمانی، واریانس به‌دست‌آمده از مشاهدات بر تعداد داده‌ها منهای تعداد پارامترها تقسیم می‌شود^۱ که به صورت رابطه ۱ نشان داده می‌شود.

$$\hat{\sigma}_t^2 = \frac{\hat{u}'\hat{u}}{N - K} \quad \text{رابطه ۱}$$

درحالی‌که در داده‌های گروهی به صورت رابطه ۲ نشان داده می‌شود.

$$\hat{\sigma}_t^2 = \frac{\hat{u}'\hat{u}}{NT - N - K} \quad \text{رابطه ۲}$$

1. See: Baltagi, 2005.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، مخرج کسر در این حالت بزرگ‌تر شده و بنابراین واریانس محاسبه‌شده، کمتر از واریانس مربوط به داده‌های سری زمانی می‌باشد. در نتیجه کارایی مدل افزایش می‌یابد.

۴- یافته‌های تحقیق

۴-۱ تصریح مدل

در این تحقیق برای بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس یعنی کشورهای ایران، امارات متحده عربی، بحرین، عربستان، قطر، عراق، عمان و کویت، با استناد به مطالعه آنون هیگن و همکاران (2017) مورد نظر در طول دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۵ به صورت زیر تصریح شده است:

$$LCO2_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 LICT_{it} + \alpha_3 LICT_{it}^2 + \alpha_4 LPGDP_{it} + \alpha_5 LPGDP_{it}^2 + \alpha_6 LEN_{it} + \alpha_7 LFDI_{it} + \alpha_8 LTR_{it} + \varepsilon_{it} \quad \text{رابطه ۳}$$

$LCO2_{it}$: لگاریتم انتشار دی‌اکسید کربن (سرانه متریک تن)^۱، $LICT_{it}$: لگاریتم شاخص فناوری اطلاعات^۲ (میانگین هندسی درصد خطوط تلفن ثابت، موبایل و کاربران اینترنت)، $LICT_{it}^2$: توان دوم لگاریتم شاخص فناوری اطلاعات. شاخص‌های خطوط تلفن ثابت، خطوط تلفن همراه و کاربران اینترنت با توجه به مطالعات آوم و همکاران (2020)، آنون هیگن و همکاران (2017) و آسونگو و همکاران (2017) با توجه به برخی محدودیت‌های آماری کشورهای حوزه خلیج فارس انتخاب شده‌اند.

$LPGDP_{it}$: لگاریتم تولید ناخالص داخلی حقیقی سرانه^۳ به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰،

$LPGDP_{it}^2$: توان دوم لگاریتم تولید ناخالص داخلی حقیقی سرانه^۴ به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰،

LEN_{it} : لگاریتم مصرف سرانه انرژی (معادل بشکه نفت)^۵،

$LFDI_{it}$: لگاریتم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی^۶ (درصدی از GDP)،

-
1. CO2 Emission (Metric Tons Per Capita).
 2. Information and Communication Technology.
 3. Per Capita Gross Domestic Product (constant 2010 US\$).
 4. Per Capita Gross Domestic Product (constant 2010 US\$).
 5. Energy use (kg of oil equivalent).
 6. Foreign Direct Investment Inflow (% of GDP).

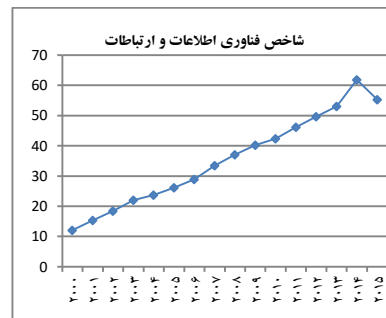
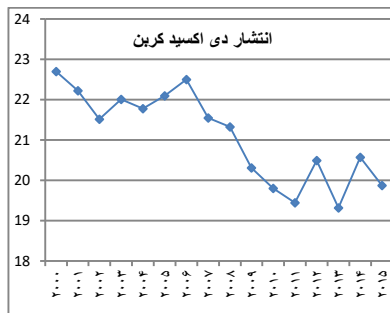
LTR_{it} : لگاریتم تجارت^۱ (نسبت مجموع صادرات و واردات به GDP)،

ε_{it} : جملات پسماند یا باقیمانده مدل و i و t به ترتیب اندیس کشور و سال می‌باشد.

داده‌های آماری متغیرها از بانک اطلاعاتی (WDI(2019 استخراج و جمع‌آوری شده است.

۴-۲ آماره‌های توصیفی متغیرها

برای روشن‌تر شدن دید نسبت به روند شاخص‌های مورد مطالعه در تحقیق حاضر، روند متغیرهای شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار سرانه دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس در نمودارهای (۱) و (۲) نشان داده شده است.



نمودار ۲: روند میانگین انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس در طول دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۵

(منبع: WDI, 2019 و یافته‌های پژوهش)

نمودار ۱: روند میانگین شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشورهای حوزه خلیج فارس در طول دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۵

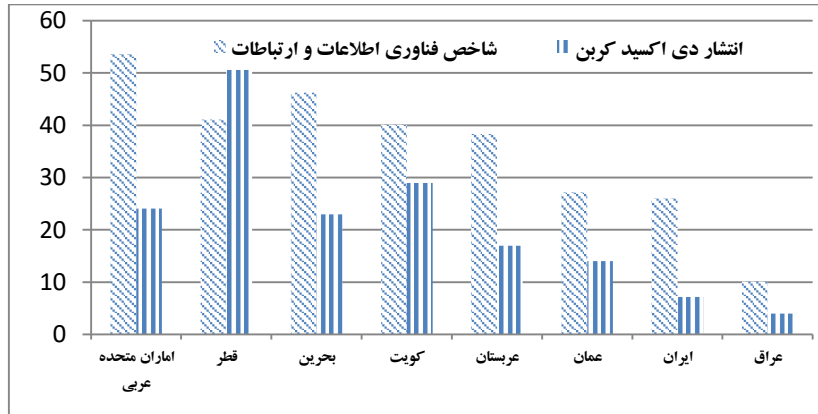
(منبع: WDI, 2019 و یافته‌های پژوهش)

بررسی روند میانگین شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشورهای حوزه خلیج فارس در نمودار (۱) نشان می‌دهد که این شاخص از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱۵ افزایش قابل توجهی دارد و از رقم ۱۰ درصد در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۵۵ درصد در سال ۲۰۱۵ رسیده است. همچنین نمودار (۲) حاکی از آن است که روند میانگین انتشار سرانه دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس روند نزولی دارد. در واقع در این کشورها انتشار سرانه دی‌اکسید کربن در سال ۲۰۰۰ از ۲۳ تن به تقریباً ۲۰ تن در سال ۲۰۱۵ کاهش پیدا کرده است. مقایسه دو نمودار (۱) و (۲) نشان می‌دهد که با افزایش شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشورهای حوزه خلیج فارس میزان انتشار سرانه دی‌اکسید کربن کاهش پیدا کرده است.

1. Trade (% of GDP).

در نمودار (۳) میزان انتشار سرانه دی‌اکسید کربن و شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات کشورهای حوزه خلیج فارس در طول دوره تحقیق نشان داده شده است.

نمودار ۳: میانگین شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس



منبع: WDI, 2019 و یافته‌های پژوهش

همان‌طور که در نمودار (۳) مشاهده می‌شود، امارات متحده عربی بیشترین شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات را دارد و کشور ایران نیز کمترین مقدار را دارد. در حالی که کشور قطر بیشترین میزان انتشار دی‌اکسید کربن را دارد. همچنین ایران در بین کشورهای حوزه خلیج فارس کمترین میزان انتشار دی‌اکسید کربن را دارد.

آماره‌های توصیفی متغیرهای تحقیق از جمله میانگین، حداقل و حداکثر مقدار متغیرها، کشیدگی و چولگی در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: آماره‌های توصیفی متغیرهای تحقیق

آماره	LTR	LFDI	LEN	LPGDP	LICT	LCO2
میانگین	۴/۵۲۶	۱/۸۷۶	۸/۶۸۸	۹/۹۰۸	۳/۵۹۲	۲/۸۰۳
حداکثر	۵/۲۵۶	۳/۰۳۲	۱۰/۰۰۴	۱۱/۱۵۱	۴/۶۴۱	۴/۲۰۹
حداقل	۳/۶۶۴	-۰/۴۱۰	۶/۸۱۱	۷/۸۳۳	۰/۰۴۰	۰/۸۰۰
کشیدگی	-۰/۳۶۶	-۱/۷۴۰	-۰/۶۷۱	-۰/۴۷۱	-۱/۵۷۲	-۰/۵۲۶
چولگی	۲/۹۷۲	۱۱/۹۰۷	۲/۴۹۸	۲/۱۱۱	۵/۷۹۸	۲/۶۳۱
مشاهدات	۱۲۷	۱۲۷	۱۲۷	۱۲۷	۱۲۷	۱۲۷
تعداد مقاطع	۸	۸	۸	۸	۸	۸

منبع: یافته‌های پژوهش

۳-۴ نتایج آزمون مانایی متغیرها

برای بررسی مانایی متغیرها از آزمون ریشه واحد لوین، لین و چو (LLC) استفاده شده است. نتایج به‌دست‌آمده از این آزمون در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۲: نتایج آزمون ریشه واحد متغیرها با استفاده از آزمون LLC

احتمال	آماره آزمون	شرایط آزمون	علامت اختصاری
۰/۰۰۰۱	-۳/۶۷	با عرض از مبدأ	LCO2
۰/۰۰۰۰	-۱۲/۷۴	با عرض از مبدأ	LICT
۰/۰۰۰۰	-۵/۴۲	با عرض از مبدأ	LICT ²
۰/۰۱۳۶	-۲/۲۰	با عرض از مبدأ	LPGDP
۰/۰۱۴۰	-۲/۱۹	با عرض از مبدأ	LPGDP ²
۰/۰۱۳۷	-۱/۹۹۲	با عرض از مبدأ	LEN
۰/۰۰۶۲	-۲/۲۶۷	با عرض از مبدأ	LFDI
۰/۰۲۱۷	-۲/۰۲	با عرض از مبدأ	LTR

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج به‌دست‌آمده از بررسی مانایی متغیرها در جدول (۲) نشان می‌دهد که ارزش احتمال آماره آزمون LLC برای تمامی متغیرها کوچک‌تر از ۵ صدم می‌باشند و این نتیجه حاکی از رد فرضیه صفر مبنی بر داشتن ریشه واحد متغیرها می‌باشد. بنابراین تمامی متغیرهای مدل در سطح متغیرها ایستا می‌باشند.

۴-۴ نتایج آزمون‌های تشخیصی

برای تشخیص معنی‌دار بودن یا نبودن اثرات فردی، آزمون F لیمر انجام گردید سپس با استفاده از آزمون هاسمن نوع مدل پانل دیتا از حیث اثرات ثابت و تصادفی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج این دو آزمون در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۳: نتایج آزمون F لیمر و هاسمن

ارزش احتمال	آماره	آزمون
۰/۰۰۰۰	۵/۷۳	Cross-Section F
۰/۰۰۰۰	۴۰/۱۵	هاسمن

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌گردد، ارزش احتمال آماره F لیمر کمتر از یک درصد می‌باشد، بنابراین، در سطح اطمینان ۹۹ درصد، آماره F محاسبه‌شده نشانگر رد فرضیه صفر مبنی بر گروهی بودن روش تخمین و قبول فرضیه مقابل مبنی بر پانل دیتا بودن روش تخمین می‌باشد. لذا مدل باید به روش پانل دیتا باشد. همچنین نتایج آزمون هاسمن بیانگر برآورد مدل با روش پانل دیتا با اثرات ثابت می‌باشد.

۴-۵ نتایج آزمون فروض کلاسیک مدل برآورد شده

نتایج آزمون‌های همبستگی سریالی، ناهمسانی واریانس و همبستگی مقاطع مدل برآورد شده در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول ۴: نتایج آزمون فروض کلاسیک

نوع آزمون	احتمال	آماره آزمون	فرضیه صفر آزمون	آزمون
ولدریج	۰/۰۸۱۵	۵/۸۶	عدم خودهمبستگی سریالی	خودهمبستگی سریالی
LR_Test	۰/۰۰۰۰	۵۲/۱۴	عدم همسانی واریانس	ناهمسانی واریانس
بروش پاگان	۰/۱۹۲۲	۳۴/۲۶	عدم همبستگی مقاطع	همبستگی مقاطع

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود مدل برآورد شده خودهمبستگی سریالی ندارد. همچنین آزمون ناهمسانی واریانس نشان داد که مدل برآورد شده همسانی واریانس نداشته و باقیمانده‌های مدل دارای ناهمسانی واریانس می‌باشد. بر این اساس مدل تحت شرایط GLS برآورد می‌شود. نتایج آزمون همبستگی باقیمانده‌های مقاطع در جدول (۴) نشان می‌دهد که بین مقاطع (کشورهای مورد مطالعه) همبستگی وجود ندارد.

۴-۶ نتایج حاصل از برآورد مدل

نتایج به‌دست‌آمده از برآورد مدل مبنی بر تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس با استفاده از الگوی پانل دیتا با اثرات در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول ۵: نتایج مدل تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس

متغیر	علامت اختصاری	ضریب	آماره آزمون	احتمال
عرض از مبدأ	C	-۶/۱۹۲	-۲/۲۴	۰/۰۲۶۶
فناوری اطلاعات و ارتباطات	LICT	۰/۰۷۳	۲/۵۱	۰/۰۱۳۴
توان دوم فناوری اطلاعات و ارتباطات	LICT ²	-۰/۰۱۳	-۲/۴۱	۰/۰۱۷۵
تولید ناخالص داخلی سرانه حقیقی	LPGDP	۰/۴۶۳	۲/۰۳	۰/۰۲۶۵
توان دوم تولید ناخالص داخلی سرانه حقیقی	LPGDP ²	-۰/۰۵۴	-۱/۹۳	۰/۰۳۶۲
مصرف سرانه انرژی	LEN	۰/۵۲۶	۷/۶۴	۰/۰۰۰۰
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	LFDI	-۰/۰۱۳	-۰/۶۸	۰/۴۹۴۹
تجارت	LTR	۰/۰۶۶	۲/۴۶	۰/۰۱۵۰
R ²		۰/۹۸	آماره F	۴۷۸
R ² تعدیل شده		۰/۹۸	احتمال آماره F	۰/۰۰۰۰
دوربین واتسون			۱/۷۲	

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج به‌دست‌آمده از برآورد مدل در جدول (۵) نشان داد که شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات با ضریب ۰/۰۷۳ در سطح ۹۵ درصد تأثیر مستقیم و معنادار بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس دارد. بنابراین با افزایش شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات به میزان یک درصد در کشورهای حوزه خلیج فارس، میزان انتشار دی‌اکسید کربن به میزان ۰/۰۷۳ درصد افزایش پیدا می‌کند. همچنین مجذور شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات با ضریب -۰/۰۱۳ در سطح ۹۵ درصد تأثیر منفی و معنادار بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. در واقع با افزایش یک‌درصد یک‌درصدی مجذور شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات، میزان انتشار دی‌اکسید کربن به مقدار ۰/۰۱۳ درصد کاهش پیدا می‌کند. با توجه به اینکه ضرایب شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات و مجذور آن به ترتیب مثبت و منفی می‌باشند، رابطه به شکل U وارن بین شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار دی‌اکسید کربن در این کشورهای برقرار می‌باشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، تولید ناخالص داخلی سرانه حقیقی با ضریب ۰/۴۶۳ در سطح ۹۵ درصد تأثیر مستقیم و معنادار بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس دارد. لذا با افزایش یک‌درصد یک‌درصدی تولید ناخالص داخلی سرانه حقیقی، میزان انتشار

دی‌اکسید کربن در این کشورها به طور معناداری به میزان $0/463$ درصد افزایش پیدا می‌کند. همچنین توان دوم لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه حقیقی با ضریب $-0/054$ - تأثیر منفی و معنادار در سطح معنی‌داری پنج درصد بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. بر این اساس فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در کشورهای حوزه خلیج فارس صادق می‌باشد.

مصرف سرانه انرژی با ضریب $0/625$ در سطح 99 درصد تأثیر مستقیم و معنادار بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس دارد. در واقع با افزایش یک‌درصد یک‌درصدی مصرف سرانه انرژی، میزان انتشار دی‌اکسید کربن در این کشورها به طور معناداری به میزان $0/625$ درصد افزایش پیدا می‌کند.

سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی با ضریب $-0/013$ - تأثیر منفی بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای منطقه ما دارد که از لحاظ آماری تأثیر آن معنادار نمی‌باشد.

تجارت یا همان درجه باز بودن اقتصاد با ضریب $0/066$ در سطح 99 درصد تأثیر مستقیم و معنادار بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس دارد. لذا با افزایش یک‌درصدی تجارت، میزان انتشار دی‌اکسید کربن در این کشورها به طور معناداری به میزان $0/066$ درصد افزایش پیدا می‌کند.

با توجه به ضریب R^2 که برابر 98 درصد می‌باشد، مشاهده می‌شود که قدرت توضیحی متغیرهای مدل توانسته است 98 درصد تغییرات متغیر وابسته (انتشار دی‌اکسید کربن) را در کشورهای حوزه خلیج فارس توضیح دهد. بنابراین قدرت توضیحی مدل در خصوص تغییرات انتشار دی‌اکسید کربن بسیار بالا می‌باشد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

این مقاله به دنبال بررسی تأثیر توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات و آلودگی محیط زیست در کشورهای حوزه خلیج فارس در طول دوره زمانی $2000-2015$ با استفاده از روش پانل دیتا بوده است. نتایج به‌دست‌آمده از برآورد مدل را می‌توان به صورت زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

فناوری اطلاعات و ارتباطات تأثیر مستقیم و مجذور آن تأثیر منفی بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس داشته است. بنابراین در کشورهای حوزه خلیج فارس، توسعه فناوری

اطلاعات و ارتباطات منجر به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن شده است. در مطالعات مرادحاصل و مزینی (۱۳۹۲) فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشورهای توسعه‌یافته تأثیر مستقیم بر کیفیت محیط زیست داشته است، فلاحی و همکاران (۱۳۹۱) نیز نشان دادند که فناوری اطلاعات و ارتباطات تأثیر مستقیم بر کیفیت محیط زیست دارد. نتایج مطالعه آسونگو و همکاران (2017) نیز بیانگر تأثیر منفی فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار دی‌اکسید کربن بود. همچنین آنون هیگون و همکاران (Anon Higon et al, 2017) در مطالعه خود رابطه‌ای به شکل U وارونه بین فناوری اطلاعات و ارتباطات در منتخبی از کشورهای جهان به دست آورده است که مؤید نتایج مقاله حاضر می‌باشد. در خصوص تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار دی‌اکسید کربن می‌توان این‌گونه تحلیل داشت که فناوری اطلاعات و ارتباطات باعث بهبود کارایی مصرف و کاهش هزینه تولید انرژی می‌شود و همچنین بهبود فناوری اطلاعات و ارتباطات فرآیندهای تولید انرژی‌های تجدیدپذیر را بهبود می‌دهد که تأثیر مستقیم در کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی دارد. از سوی دیگر بهبود فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشورهای حوزه خلیج فارس باعث توسعه مالی شده است که این امر اثرات مستقیم بر بهره‌وری انرژی و بهبود تخصیص منابع در بخش‌هایی که بهره‌وری بالایی دارند شده و باعث کاهش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود.

علاوه بر این می‌توان گفت در مراحل اولیه توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات پسماندهای ناشی از تولید و به‌کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات افزایش و منجر به افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌گردد. ولی با توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات اثر مثبت آن بر کاهش آلودگی از طرق مختلفی بروز می‌کند. از جمله اینکه ارزش افزوده ایجادشده توسط فناوری اطلاعات و ارتباطات معمولاً ناشی از ایده‌های بشری بوده و بخش کمی از آن به واسطه به‌کارگیری مواد و انرژی می‌باشد. بنابراین فناوری اطلاعات و ارتباطات باعث تغییر ساختارهای اقتصادی و حرکت آن از استفاده انرژی و مواد به سمت عوامل غیر فیزیکی و اطلاعات می‌شود. از جمله کاهش نیاز به کاغذ به دلیل استفاده از نامه‌های الکترونیکی که فشار بر محیط زیست را کاهش می‌دهد. همچنین فناوری اطلاعات و ارتباطات عملاً منجر به تغییر روش‌های موجود در طراحی، تولید، توزیع و عملکرد محصولات مختلف می‌شود. بنابراین فناوری اطلاعات و ارتباطات نه تنها از طریق افزایش نهاده‌های در دسترس، بلکه از طریق استفاده هوشمندانه از منابع موجود در طبیعت، باعث ایجاد رشد اقتصادی به همراه کاهش خسارت بر محیط زیست شده است.

نتایج نشان داد که تولید ناخالص داخلی سرانه حقیقی تأثیر مستقیم بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس دارد. این کشورها از جمله کشورهای در حال توسعه هستند و اقتصاد این کشورها در مراحل اولیه رشد و توسعه بوده که افزایش تولید نسبت به مسائل زیست‌محیطی در اولویت قرار دارد باعث افزایش آلودگی محیط زیست شده است. در حالی که با افزایش رشد و توسعه اقتصادی، محیط زیست و حفاظ آن به دلیل تغییر اقتصاد این کشورها از بخش صنعتی به بخش خدماتی منجر به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن شده است. همچنین، نتایج حاکی از آن بود که مصرف انرژی تأثیر مستقیم بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس داشته است. مصرف انرژی غالب در جهان امروزی، اغلب انرژی‌های فسیلی است که منبع عمده انتشار گازهای گلخانه‌ای خصوصاً دی‌اکسید کربن می‌باشد. با توجه به نتایج، درجه باز بودن اقتصادی تأثیر مستقیم بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس دارد. افزایش درجه باز بودن اقتصاد امکان دسترسی کشورهای حوزه خلیج فارس به فناوری‌ها و صنایع پیشرفته با بهره‌وری بالا را فراهم کرده و این امر کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای همچون دی‌اکسید کربن را به ارمغان آورده است.

با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده شد که فناوری اطلاعات و ارتباطات در مراحل اولیه توسعه خود منجر به افزایش انتشار دی‌اکسید کربن و افزایش آلودگی و در مرحله دوم توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات (رابطه شکل U وارونه) منجر به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای حوزه خلیج فارس شده است. بنابراین کشورهای حوزه خلیج فارس با ایجاد زیرساخت‌های توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات و توسعه آن می‌توانند به سرعت وارد مرحله دوم توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات شده و بدین طریق می‌توانند به رشد و توسعه اقتصادی بالا به همراه حفظ محیط زیست و کاهش آلودگی زیست‌محیطی و به عبارتی توسعه پایدار دست یابند.

با توجه به اینکه آلودگی زیست‌محیطی یک مشکل و معضل منطقه‌ای و بین‌المللی می‌باشد، مناسب است پژوهشگران به بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات با انتشار دی‌اکسید کربن و آزمون فرضیه رابطه U وارونه بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و آلودگی را با روش پانل فضایی مورد بررسی قرار دهند و همچنین تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره‌وری و شدت مصرف انرژی را در این کشورها مورد مطالعه قرار دهند.

کتابنامه

کتاب و مقالات

۱. فارسی

اشرف‌زاده، سید حمیدرضا و نادر مهرگان (۱۳۸۹)، *اقتصادسنجی پانل دیتا*، چاپ دوم، تهران: مؤسسه تحقیقات تعاون دانشگاه تهران.

بابایی، سلمان؛ امین رشتی، ناریس و رویا سیفی‌پور (۱۳۹۵)، «تأثیر ساختار سرمایه‌گذاری بر شاخص عملکرد زیست‌محیطی در کشورهای نفتی»، *فصلنامه علمی-پژوهشی مجلس و راهبرد*، دوره ۲۳، شماره ۸۵، صص ۱۶۹-۱۹۸.

بهرامی، الهام، بهبودی، داود؛ سلمانی بیشک، محمدرضا و مرتضی شکری (۱۳۹۸)، «نقش توسعه مالی و آزادسازی تجاری بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران»، *فصلنامه سیاست‌های راهبردی و کلان*، دوره ۷، شماره ۲۵، صص ۱۲۴-۱۴۰.

بهلولی، پریسا (۱۳۹۲)، «بررسی تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی روی آلودگی محیط زیست در ایران»، *مطالعات کمی در مدیریت*، دوره ۴، شماره ۴، صص ۱۹۳-۲۱۰.

تمیزی، علیرضا (۱۳۹۴)، «عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای درحال توسعه با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی بیزی»، *فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، دوره ۲، شماره ۴، صص ۱۴۵-۱۶۸.

داربیدی، مریم؛ دل‌انگیزان، سهراب؛ فتاحی، شهرام و محمد شریف کریمی (۱۳۹۹)، «تأثیر نوآوری بر انتشار آلودگی استان‌های ایران در چارچوب منحنی زیست محیطی کوزنتس (رهیافت اقتصادسنجی فضایی)»، *فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصادی*، دوره ۷، شماره ۳، صص ۷۱-۹۸.

رسولی‌زاده، منیراحمد و سامان ضیایی (۱۳۹۸)، «بررسی عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای منتخب OECD با استفاده از الگوی پانل دیتا»، *مجله محیط زیست، منابع طبیعی ایران*، دوره ۷۲، شماره ۳، صص ۳۳۹-۳۵۲.

شهبازی، کیومرث؛ حمیدی‌رزی، داوود و مجید فشاری (۱۳۹۴)، «بررسی عوامل مؤثر در انتشار آلودگی هوا در کشورهای حوزه دریای خزر: رهیافت مدل دوربین فضایی تابلویی»، *محیط‌شناسی*، دوره ۴۱، شماره ۱، صص ۱۰۷-۱۲۷.

صادقی، زین‌العابدین؛ حری، حمیدرضا و آزاده محمدمیرزایی (۱۳۹۳)، «تحلیل تجزیه ساختاری آلودگی در ایران: رهیافت داده-ستانده»، *فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، دوره ۳، شماره ۱۰، صص ۱۴۵-۱۷۵.

عاقلی، لطفعلی؛ صادقی، حسین و آرش اسوار (۱۳۹۳)، «تأثیر دموکراسی بر آلودگی محیط‌زیست: شواهدی از کشورهای منتخب صادرکننده نفت»، *فصلنامه اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)*، دوره ۱۱، شماره ۲، صص ۲۱-۴۰.

علوی‌پور، فاطمه‌سادات؛ احسانی، امیر هوشنگ؛ ثانی، مرضیه و فائزه چهر آذر (۱۳۹۲)، «تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات در توسعه پایدار محیط‌زیست»، *فصلنامه آموزش محیط‌زیست و توسعه پایدار*، دوره ۲، شماره ۵، صص ۵-۲۲.

فطرس، محمدحسن؛ نجارزاده، ابوالفضل و فهیمه پیروزمحمدی (۱۳۹۱)، «بررسی رابطه میان آلودگی هوا، شدت انرژی و باز بودن اقتصاد ایران»، *مجله اقتصادی-دوماهنامه بررسی مسائل و سیاست‌های اقتصادی*، دوره ۱۲، شماره ۱۱ و ۱۲، صص ۵۹-۷۷.

فلاحی، فیروز؛ سجودی، سکینه و سیاب ممی‌پور (۱۳۹۱)، «بررسی تأثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر کیفیت محیط‌زیست ایران»، *فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست و انرژی*، دوره ۱، شماره ۲، صص ۱۴۹-۱۷۱.

کهن‌سال، محمدرضا و سمیرا شایان فر (۱۳۹۵)، «آثار متقابل مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست: کاربرد الگوی معادلات هم‌زمان فضایی داده‌های تابلویی»، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، دوره ۵، شماره ۱۹، صص ۱۷۹-۲۱۶.

محمدی، حسین و سمانه حیدرزاده (۱۳۹۲)، «بررسی عوامل منتخب بر آلودگی محیط زیست با تاکید بر آزادسازی تجاری در کشورهای مختلف جهان (مطالعه موردی انتشار CO₂)»، *نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی*، دوره ۲۸، شماره ۲، صص ۲۱۲-۲۲۳.

مردادحاصل، نیلوفر و امیرحسین مزینی (۱۳۹۲)، «ارزیابی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط‌زیست»، *پژوهش‌های محیط‌زیست*، دوره ۴، شماره ۷، صص ۱۰۳-۱۱۴.

موسوی، سید کاظم؛ سلمان‌پور زنوز، علی و سیامک شکوهی‌فرد (۱۳۹۶)، «اثر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و توسعه مالی بر آلودگی محیط زیست در ایران طی دوره ۱۳۶۵-۱۳۹۵»، *مطالعات علوم محیط زیست*، دوره ۲، شماره ۳، صص ۴۵۴-۴۶۳.

ناهدی امیرخیز، محمدرضا؛ سلمان‌پور زنوز، علی و سیامک شکوهی‌فرد (۱۳۹۷)، «تجزیه و تحلیل تئوریک و تجربی منحنی آلودگی محیط زیست کوزنتز در ایران طی دوره ۱۳۶۵-۱۳۹۵»، *فصلنامه علمی ترویجی محیط زیست*، شماره ۵۹، صص ۲۹-۴۶.

۲. لاتین

Añón Higón, D; Gholami, R & F. Shirazi (2017). "ICT and Environment Sustainability: A Global Perspective", *Telematics and Informatics*, Vol. 34, No. 4, pp. 85-95.

- Antle, J. M & G. Heidebrink (1995). "Environment and Development: Theory and International Evidence, *Journal of Economic Development and Cultural Change*, Vol. 43, No. 3, pp. 603-625.
- Antweiler, W.; Copeland, B. R & M. S. Taylor (2001). "Is Free Trade Good for the Environment", *American Economic Review*, No. 4, pp. 877-908.
- Asongu, S. A.; Le Roux, S & N. Biekpe (2017). "Environmental Degradation, ICT and Inclusive Development in Sub-Saharan Africa", *Energy Policy*, Vol. 111, pp. 353-361.
- Asongu, S. A; Le Roux, S. & N. Biekpe (2018). "Enhancing ICT for Environmental Sustainability in sub-Saharan Africa", *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 127, No. C, pp. 209-216.
- Avom, D.; Nkengfah, H.; Fotio, H. K. & Totoum (2020). "ICT and Environmental Quality in Sub-Saharan Africa: Effects and Transmission Channels", *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 155, No. C, pp. 1-12.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*, 3rd Edition, New York, USA: John Wiley & Sons Inc.
- Bhagwati, J. (1993). "The Case for Free Trade: Environmentalists Are Wrong to Fear the Effects of Free Trade; Both Causes Can Be Advanced by Imaginative Solutions", *Scientific American*, pp. 42-49.
- Copeland, B. R, & M.S. Taylor (2005). "Free Trade and Global Warming: a Trade Theory View of the Kyoto Protocol", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 49, No. 2, pp. 205-234.
- Danish, N. K.; Baloch, M. A.; S. Suad & T. Fatima (2018). "The Effect of ICT on CO2 Emissions in Emerging Economies: Does the Level of Income Matters?" *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 25, No. 23, pp. 22850-22860.
- Danish, N. K.; Zhang, J.; Wang, & Z. B. Latif (2019). "Towards Cross - Regional Sustainable Development: the Nexus between Information and Communication Technology, Energy Consumption, and CO2 Emissions", *Sustainable Development*, Vol. 27, No. 13, pp. 990-1000.
- Danish, N.K; Baloch, M. A & S. Suad (2018). "Modeling the Impact of Transport Energy Consumption on CO2 Emission in Pakistan: Evidence from ARDL approach", *Environ. Sci. Pollut. Res*, Vol. 25, No. 10, pp. 9461-9473.
- Dinda, S. (2004). "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", *Ecological Economics*, Vol. 49, No. 4, 431-455.
- Frankel, j. A. & A. Rose (2005). "Is Trade Good or Bad for the Environment? Sorting out the Casality", *The Review of Economics and statistics*, Vol. 87, Vol. 1, pp. 85-91.
- Gallagher, P. Kevin (2004). *Free Trade and the Environment: Mexico, NAFTA, and Beyond*, California: Stanford University Press.

- Grossman, G. M. & A. B. Krueger (1991). "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", In *National Bureau of Economic Research NBER Working Paper*, No. 3914, pp. 1-57.
- Hargroves, Karlton. & Michael Harrison Smith (2005). *The Natural Advantage of Nations: Business Opportunities, Innovation and Governance in the 21th Century*, London: Routledge.
- Kuznets, S. (1955). "Economic Growth and Income Inequality", *The American Economic Review*, Vol. 45, No. 1, pp-1-28.
- Lennerfors, T. T.; Fors, P. & J. Rooijen (2015). "ICT and Environmental Sustainability in a Changing Society", *Information Technology & People*, Vol. 28, No. 4, pp. 758-774.
- Ozcan, B. & N. Apergis (2018). "The Impact of Internet Use on Air Pollution: Evidence from Emerging Countries", *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 25, No. 12, pp. 4174-4189.
- Park, Y.; Meng, F. & M. A. Baloch (2018). "The Effect of ICT, Financial Development, Growth, and Trade Openness on CO2 emissions: an Empirical Analysis", *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 25, No. 30, pp. 30708-30719.
- Salahuddin, M.; Alam, K & I. Ozturk (2016). "The Effects of Internet Usage and Economic Growth on CO2 Emissions in OECD Countries: A Panel Investigation", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 62, pp. 1226-1235.
- Shabani, Z. D.; Shahnazi, R.; Dehghan Shabani, Z. & R. Shahnazi (2019). "Energy Consumption, Carbon Dioxide Emissions, Information and Communications Technology, and Gross Domestic Product in Iranian Economic Sectors: A Panel Causality Analysis", *Energy*, Vol. 169, No. C, pp. 1064-1078.
- Shahnazi, R. & Z. D. Shabani (2019). "The Effects of Spatial Spillover Information and Communications Technology on Carbon Dioxide Emissions in Iran", *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 26, No. 23, pp. 24198-24212.
- Stern, D. I. & C. I. Cleveland (2004). "Energy and Economic Growth", *Rensselaer Working Paper in Economics*, No. 0410, pp. 1-41.
- Wheeler, D. (2001). "Racing to the Bottom? Foreign Investment and Air Quality in Developing Countries", *Policy Research Working Paper Series 2524*, World Bank, pp. 1-26.
- Yi, L. & H. R. Tomas (2007). "A Review of Research on the Environment Impact of E-Business and ICT", *Environment International*, Vol. 33, No. 6, pp. 841-849.
- Zhang, C. & C. Liu (2015). "The Impact of ICT Industry on CO2 Emissions: A Regional Analysis in China", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 44, No. C, pp. 12-19.