



## عوامل اثرگذار بر آلودگی با لحاظ پیچیدگی اقتصادی و ارتباط متقابل ریسک اقتصادی و سرمایه گذاری

اشکان رحیمزاده \*

\* گروه اقتصاد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی زنجان، زنجان، ایران

نوع مقاله:	چکیده
پژوهشی	<p><b>مقدمه:</b> مطابق آمار بانک جهانی میزان انتشار دی اکسید کربن در ایران، طی سی سال اخیر رشد ۶۵/۲۱۰ درصدی داشته است. در چنین شرایطی باید این وضعیت نامطلوب را در راستای استانداردهای محیط زیستی تغییر داده که طبعاً شناسایی عوامل مهم اثرگذار بر آلودگی ضرورت می یابد. هدف اصلی این تحقیق بررسی عواملی است که مطابق پیشینه به نظر می رسند، بر آلودگی تأثیرگذار باشند. با بهبود پیچیدگی اقتصادی، دانش بالاتر و پیشرفت فناوری می تواند منجر به فعالیتهای با آلایندهی کمتر شود. کاهش ریسک اقتصادی و به تبع آن افزایش سرمایه گذاری در صورتی که به دنبال آن کارا مورد استفاده قرار دادن نهادهها و استفاده از فناوری محیط زیستی رخ دهد، می تواند با غلبه بر اثر مقیاس آلودگی را کاهش دهد. قیمت های بیشتر انرژی، فناوری های انرژی اندوز و قیمت های پایین انرژی، فناوری هایی با سهم بیشتر نهاده انرژی را بر بنگاهها تحمیل نموده که این بر محیط زیست اثرگذار است. تأثیر گسترش تجارت بر آلودگی، به برآیند اثرهای مقیاس، ترکیب و فنی بستگی دارد. ICT می تواند کارایی مصرف انرژی را با حرکت اقتصاد به سمت ساختار دانش بنیان، از طریق جانمایی اطلاعات به جای انرژی تغییر داده و از این طریق بر آلودگی اثرگذار باشد. تراکم شهری می تواند با ایجاد صرفه مقیاس برای زیرساخت های عمومی شهری مصرف انرژی را کاهش داده، در حالی که عدم وجود زیرساخت های مناسب شهری تأثیر عکس دارد. این که FDI موجب افزایش مزیت نسبی در کدامین بخش تولیدی باشد، بر آلودگی اثرگذار است. همچنین فناوری پیشرفته ای که همراه با FDI وارد می شود، بر محیط زیست اثرگذار است.</p>
تاریخچه مقاله:	<p><b>مواد و روش ها:</b> متغیرهای توضیحی مدل پیچیدگی اقتصادی، ارتباط متقابل ریسک اقتصادی و سرمایه گذاری، ارتباط متقابل قیمت انرژی و شدت انرژی، آزادسازی تجاری، کاربران اینترنت، سرمایه سرانه، سرمایه گذاری مستقیم خارجی و نرخ شهرنشینی و متغیر وابسته انتشار دی اکسید کربن می باشد. اطلاعات متغیرها از بانک جهانی، وبسایت دانشگاه ام آی تی و بانک اطلاعاتی راهنمای بین المللی ریسک کشوری (ICRG) و ترازنامه انرژی به دست آمده است. دوره مورد بررسی طی سال های ۲۰۰۰-۲۰۲۲ بوده و در برآورد از روش ARDL و نرم افزار EViews استفاده شده است.</p> <p><b>نتایج:</b> با افزایش متغیرهای پیچیدگی اقتصادی، ارتباط متقابل قیمت انرژی - شدت انرژی، کاربران اینترنت و سرمایه گذاری مستقیم خارجی میزان انتشار دی اکسید کربن در هر دو بازه زمانی کوتاه مدت و بلند مدت کاهش می یابد. متغیرهای اثرات متقابل ریسک اقتصادی - سرمایه گذاری و سرمایه سرانه بر آلودگی تأثیر معنی داری در هر دو بازه زمانی ایجاد نکرده است. آزادسازی تجاری و شهرنشینی تأثیر منفی</p>
کلمات کلیدی:	<p>انتشار دی اکسید کربن، آزادسازی تجاری، کاربران اینترنت، اثرات متقابل قیمت انرژی - شدت انرژی، سرمایه گذاری مستقیم خارجی، شهرنشینی</p>

معنی‌داری بر کیفیت محیط‌زیست در کوتاه‌مدت و بلندمدت ایجاد نموده است.

**بحث:** بهبود پیچیدگی اقتصادی، غلبه اثر فنی و ساختاری بر اثر مقیاس را به همراه داشته و آلودگی را کاهش داده است. افزایش سرمایه‌گذاری در کشور توأم با کاهش ریسک اقتصادی هنوز به حدی نرسیده که بتواند از کانال رشد اقتصادی آلودگی را کاهش دهد. با افزایش قیمت انرژی انگیزه‌ها در جهت افزایش کارایی انرژی قرار گرفته که در نتیجه آن آلودگی کاهش می‌یابد. در اثر افزایش صادرات ناشی از آزادسازی تجاری، استفاده از منابع و انرژی به صورت نامناسب بوده و در این راستا از قوانین و استانداردهای محیط زیستی نیز چشم‌پوشی شده است. گسترش شهرنشینی با گسترش فعالیت‌های اقتصادی آلودگی را افزایش داده و در این راستا نتوانسته برای زیرساخت‌های عمومی شهری از طریق ایجاد صرفه‌های مقیاس کاهش شدت انرژی و آلودگی را به همراه داشته باشد. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی با امکان بهبود کارایی انرژی از طریق سرریز تکنولوژی از بنگاه‌های خارجی به بنگاه‌های داخلی آلودگی را کاهش می‌دهد.

## مقدمه

با توجه به افزایش چشمگیر مسائل محیط‌زیستی، موضوع پایداری محیط‌زیستی مورد توجه جامعه دانشگاهی و مسؤولان سیاست‌گذاری قرار گرفته است (Romero & Gramkow, 2021). علاوه بر این، افزایش آلودگی محیط زیستی هزینه‌های بهداشتی و اجتماعی دولت در کشورها را افزایش داده است (Wireko et al., 2022). علاوه بر افزایش مصرف انرژی، به دلیل محدودیت منابع و زیرساخت‌های بسیاری از اقتصادهای در حال توسعه، آن‌ها اغلب قادر به سرمایه‌گذاری در تولید و استفاده کارآمد انرژی نیستند که این امر منجر به سطوح بالاتری از تلفات انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط می‌شود (Mukwarami et al., 2023). امروزه ایران با توجه به ساختار اقتصادی خود یکی از کشورهای پرمصرف و با شدت انرژی بالا به شمار می‌آید (Mahmoudi, 2013). در نتیجه چنین شرایطی مبنی بر بالا بودن شدت انرژی در کشور آلودگی هوا یا مواد نامطلوب در هوا به مقداری که بتواند اثرات مضر ایجاد کند، رخ می‌دهد. مطابق آمار بانک جهانی میزان انتشار دی‌اکسیدکربن طی سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۰ در ایران از رقم 7/198471 kt به 3/616561 kt افزایش یافته است. در چنین شرایطی باید تلاش نمود که این وضعیت نامطلوب را در راستای استانداردهای محیط زیستی تغییر داده که طبعاً شناسایی عوامل مهم اثرگذار بر آلودگی محیط‌زیست ضرورت می‌یابد. در این تحقیق عوامل مورد بررسی پیچیدگی اقتصادی، اثر متقابل ریسک

اقتصادی- سرمایه‌گذاری، اثر متقابل قیمت انرژی- شدت انرژی، آزادسازی تجاری، فناوری اطلاعات و ارتباطات، شهرنشینی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌باشد که به هر یک می‌پردازیم:

توجه به سیاست‌های کاهش شدت انرژی برای دولت‌ها موجب مطرح گشتن پیچیدگی اقتصادی شده چون به فناوری متوسط و پیشرفته مربوط می‌شود. در جهت حرکت به سمت اقتصاد دانش محور نیاز است کشورها برای بهبود پیچیدگی اقتصادی قابلیت‌های مولد خود را افزایش داده تا محصولاتی پیچیده‌تر و دانش بنیان‌تر خلق نمایند (Mealy & Teytelboym, 2020). ایجاد یک اقتصاد دانش بنیان و سیستم تولید مناسب می‌تواند در دستیابی به هدف پایداری محیط‌زیستی کمک کند. در این راستا پیچیدگی اقتصادی که معیاری برای سنجش دانش تولیدی یک کشور است، باعث افزایش کارایی سیستم تولید و در نتیجه کاهش آلودگی محیط‌زیستی می‌شود. تمرکز بر پیچیدگی اقتصادی بیشتر، ستانده‌های تولید را با کمترین استفاده‌ی منابع و انرژی افزایش داده و از این رو می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر برای کاهش انتشار آلاینده‌ها در نظر گرفته شود (Can & Ahmed, 2023). ریسک اقتصادی نرخ بازگشت سرمایه‌های خارجی و داخلی را در کشور کند نموده و شامل ۵ مؤلفه ریسک GDP سرانه، ریسک رشد اقتصادی حقیقی، ریسک نرخ تورم، ریسک کسری بودجه به صورت درصدی از GDP سرانه و ریسک کسری تراز تجاری به صورت درصدی از GDP سرانه بوده و سرمایه‌گذاران به تغییر در آن واکنش نشان

همچنان بالاترین شدت انتشار CO<sub>2</sub> را در تجارت دارد (Kang & Gapay, 2023). در یک دیدگاه کشورهای در حال توسعه به پناهگاهی برای جذب صنایع آلاینده تبدیل و این فرضیه به لنگرگاه آلودگی<sup>۱</sup> معروف است (Hollinger, 2008). به طور کلی تأثیر گسترش تجارت بر CO<sub>2</sub>، به برآیند اثرهای مقیاس، ترکیب و فنی بستگی داشته که به ترتیب بیانگر تغییر در اندازه فعالیت‌های اقتصادی، تغییر در ترکیب یا ساختار کالاهای تولیدی و تغییر در فناوری تولید می‌باشند.

تحلیل تأثیر ICT بر انتشار CO<sub>2</sub> برای تدوین سیاست‌های کاهش CO<sub>2</sub> بسیار مهم است و به یک موضوع مهم در اقتصاد محیط‌زیست تبدیل شده است (Li et al., 2023). بر اساس تئوری اقتصادی نئوکلاسیک، ICT شیوه تولید شرکت‌ها را تغییر و کارایی تولید و رقابت در بازار را بهبود بخشیده، از این رو رشد اقتصادی ارتقا می‌یابد (Vu et al., 2020). با پیشرفت ICT، شرکت‌ها تشویق می‌شوند تا فناوری‌های جدید تولیدی ایجاد کنند و کارایی انرژی را بهبود بخشند. از سوی دیگر افزایش رقابت پذیری در بازار، شرکت‌ها را ناگزیر می‌کند تا مقیاس تولید را افزایش دهند. این امر مستلزم سرمایه‌گذاری بیشتر در انرژی بوده و انتشار CO<sub>2</sub> را افزایش می‌دهد. بحث‌های زیادی در مورد تأثیر ICT بر انتشار CO<sub>2</sub> وجود داشته (Chien et al., 2021) و برآیند اثرات ایجاد شده تعیین‌کننده است.

تراکم شهری می‌تواند ایجاد صرفه مقیاس برای زیرساخت‌های عمومی شهری گشته و مصرف انرژی را کاهش داده و موجب بهبود محیط‌زیست گردد. این در حالی است که عدم وجود زیرساخت‌های مناسب شهری تأثیر تراکم بالای شهری بر شدت انرژی تأثیر نامناسب ایجاد نموده و وضعیت محیط‌زیست نامناسب‌تر می‌گردد. به عبارتی وجود زیرساخت‌های مطلوب‌تر این تأثیرگذاری را بهتر و وجود زیرساخت‌های نامطلوب‌تر این تأثیرگذاری را نامناسب‌تر می‌نماید (Goli & Mehnatfar, 2018). در نگاهی دیگر با گسترش شهرنشینی فعالیت‌های اقتصادی گسترش یافته و این امر می‌تواند با توجه به افزایش تقاضای انرژی بر محیط‌زیست اثرگذار باشد (Maboudi & Dareh Nazari, 2022).

می‌دهند. موافقان بر بهبود محیط‌زیست، قائل به این مسأله هستند که با بهبود ریسک اقتصادی در کشور سرمایه‌گذاری افزایش یافته که این مسأله باعث کارا مورد استفاده قرار دادن نهاده‌ها و استفاده از فناوری محیط‌زیستی می‌شود (Destek & Manga, 2021). لیکن در دیدگاه‌های مخالف قائل به اثر مقیاس، کاهش ریسک اقتصادی از طریق کاهش هزینه‌های مالی منجر به افزایش سرمایه‌گذاری در پروژه‌های جدید شده و این بر کیفیت محیط‌زیست تأثیرگذار است (Sadorsky, 2010).

نوسانات قیمت انرژی با وجود ایجاد چالش‌های متعدد می‌تواند به کیفیت محیط‌زیستی کمک کند. افزایش قیمت انرژی منجر به کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار CO<sub>2</sub> می‌شود. از آنجایی که تقریباً ۸۱ درصد از مصرف جهانی انرژی در سال ۲۰۱۹ از سوخت‌های فسیلی بوده، می‌توان آلودگی را کاهش داد آژانس بین‌المللی انرژی (IEA, 2022). عامل اصلی انتخاب بین فناوری انرژی بر یا دوست‌دار محیط‌زیست، قیمت انرژی است. اگر انرژی ارزان باشد بنگاه‌ها فناوری‌های انرژی بر را ترجیح داده اما اگر قیمت انرژی زیاد باشد صاحبان بنگاه فناوری‌های کارا در استفاده انرژی را انتخاب می‌کنند (Sarzaim, 2017). قیمت‌های بیشتر انرژی، فناوری‌های انرژی اندوز با سهم بالای سرمایه و نیروی کار و قیمت‌های پایین انرژی، فناوری‌هایی با سهم بیشتر نهاده انرژی و سهم کمتر سرمایه و نیروی کار را به بنگاه‌ها تحمیل می‌کند (Dargahi & Biabani, 2015). با افزایش قیمت انرژی، انگیزه‌هایی وجود دارد که دارندگان سرمایه‌های انرژی‌بر، به افزایش کارایی انرژی از طریق بهسازی سرمایه‌های موجود متمایل شوند (Ebrahimi et al., 2018).

درک رابطه تجارت و انتشار CO<sub>2</sub> در طراحی اقدامات مناسب برای مقابله با تغییرات آب‌وهوا بسیار مهم است (Steinhauser et al., 2024). تجارت موجب رشد اقتصادی و به افزایش رفاه از طریق شغل، فرصت‌ها و درآمدزایی کمک می‌نماید. تجارت مستلزم ردپای محیط‌زیستی است، به ویژه به دلیل دی‌اکسیدکربن و سایر انتشارات مضر مرتبط با تولید کالاها و خدماتی که در داخل و خارج از مرزها مبادله می‌شوند. در سال‌های اخیر شدت انتشار CO<sub>2</sub> ناشی از تجارت در آسیا، اتحادیه اروپا، انگلستان و آمریکای شمالی کاهش یافته، لیکن، آسیا

<sup>1</sup> Pollution Haven

انرژی سرانه بر آلودگی معنی دار بوده و تأثیر صادرات سرانه کشورها بر انتشار دی‌اکسیدکربن سرانه معنی‌دار نیست، فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس مبنی بر وجود رابطه U معکوس شکل بین رشد اقتصادی و انتشار CO<sub>2</sub> تأیید می‌شود.

Tabash و همکاران (۲۰۲۴) مطالعه‌ای با عنوان "آیا پیچیدگی اقتصادی به دستیابی به پایداری محیط‌زیستی کمک می‌کند؟ شواهد تجربی جدید از کشورهای N-11" انجام داده‌اند. در این زمینه از داده‌های ۲۵ ساله ۱۱ کشور در بازه زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ استفاده شده است. نتایج برآورد مدل‌ها با استفاده از روش FMOLS و DOLS نشان داد که پیچیدگی اقتصادی و توسعه مالی رابطه منفی معنی دار با انتشار CO<sub>2</sub> در بلند مدت داشته و رشد اقتصادی و واردات انرژی ارتباط مثبت با انتشار CO<sub>2</sub> دارند.

Apergis و همکاران (۲۰۲۳) مطالعه‌ای با عنوان "جریان‌های سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی چگونه بر انتشار کربن در کشورهای بریکس (BRICS) تأثیر می‌گذارد؟" انجام داده‌اند. این تحقیق با تجزیه و تحلیل تأثیر جریان FDI بر انتشار کربن در کشورهای برزیل، روسیه، هند، چین و آفریقای جنوبی (BRICS) بین سال‌های ۱۹۹۳ و ۲۰۱۲ با استفاده از جریان‌های سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی دوجانبه از یازده کشور OECD، می‌باشد. نتایج تأیید می‌کند که جریان‌های سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به کشورهای BRICS از دانمارک و بریتانیا باعث افزایش انتشار کربن در کشورهای BRICS می‌شود. از سوی دیگر، FDI که از فرانسه، آلمان و ایتالیا سرازیر می‌شود، انتشار کربن در کشورهای BRICS را کاهش داده است. جریان FDI از اتریش، فنلاند، ژاپن، هلند، پرتغال و سوئیس تأثیر معنی‌داری بر انتشار کربن در کشورهای بریکس ندارد.

Zhao و همکاران (۲۰۲۱) مطالعه‌ای با عنوان "ریسک مالی چگونه بر انتشار جهانی CO<sub>2</sub> تأثیر می‌گذارد؟ نقش نوآوری تکنولوژیک" انجام با استفاده از داده‌های پانل متعادل جهانی ۶۲ کشور در طی دوره ۲۰۰۳-۲۰۱۸ انجام داده‌اند. نتایج تجربی نشان می‌دهد که: اثر میانجی‌گری بین ریسک مالی و انتشار کربن جهانی وجود دارد.

جریان FDI از کشورهای توسعه یافته به کشورهای در حال توسعه ممکن است انتشار کربن را در کشورهای در حال توسعه افزایش دهد، زیرا کشورهای در حال توسعه به دلیل قوانین محیطی ملایم به عنوان پناهگاه‌های آلودگی تلقی می‌شوند. از سوی دیگر، این جریان ممکن است شیوه‌های مدیریتی و فناوری‌های پیشرفته را در کشورهای در حال توسعه بهبود بخشد (اثر فنی) و باعث کاهش انتشار کربن گردد (Apergis et al., 2023). به عبارتی با سرریز تکنولوژی از بنگاه‌های خارجی به بنگاه‌های داخلی، محیط‌زیست با توجه به کارایی بهتر انرژی بهبود می‌یابد (Yan, 2015). اثر ترکیبی نیز بسته به این که مزیت نسبی کشور در بخش‌های تولید کالاهای آلاینده یا پاک باشد، می‌تواند نتایج متفاوتی ایجاد نماید (Adom, 2015). از مطالعات داخلی و خارجی که به بررسی عوامل مؤثر بر آلودگی پرداخته‌اند، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

Mahdovian و همکاران (۲۰۲۱) به مطالعه‌ی "بررسی عوامل مؤثر بر آلودگی محیط‌زیست ایران" طی سال‌های ۲۰۱۶-۱۹۷۰ پرداخته‌اند. نتایج حاصل از تخمین بلند مدت ARDL نشان می‌دهد مصرف برق و رشد اقتصادی اثری مثبت بر میزان انتشار کربن داشته و رابطه توسعه مالی و انتشار کربن منفی است. رابطه سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و انتشار کربن مثبت بوده و فرضیه لنگرگاه آلودگی در ایران اعتبار دارد.

Atai Kechoi و همکاران (۲۰۱۹) مطالعه‌ای با عنوان "واکاوی نقش توسعه مالی در کاهش کربن ایران؛ کاربردی از مدل رگرسیون فضایی" با استفاده از داده‌های پانل در طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۸۷ انجام داده‌اند. نتایج، اثرات حاصل از مدل وقفه فضایی را تأیید نموده و عمق بیمه منجر به رابطه افزایشی با انتشار گاز دی‌اکسیدکربن شده است، سرمایه‌گذاری با انتشار CO<sub>2</sub> رابطه معناداری نداشت و همچنین نرخ مالی و تراکم بیمه منجر به رابطه کاهشی با انتشار CO<sub>2</sub> شده است.

Jamour و همکاران (۲۰۱۸) مطالعه‌ای با عنوان "شناسایی عوامل مؤثر بر کیفیت محیط‌زیست در کشورهای خاورمیانه" طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ انجام داده‌اند. نتایج برآورد مدل به روش پانل نشان می‌دهد که تأثیر عوامل تولید سرانه، تراکم جمعیت و میزان مصرف

مبنای آماری استفاده از الگوهای تصحیح خطا را فراهم می‌کند. ضریب تصحیح خطا یعنی ضریب C اگر با علامت منفی ظاهر شود (که انتظار می‌رود چنین باشد) نشانگر سرعت تصحیح خطا و میل به تعادل بلند مدت خواهد بود. این ضریب نشان می‌دهد در هر دوره، چند درصد از عدم تعادل متغیر وابسته تعدیل شده و به سمت رابطه بلند مدت نزدیک می‌شود. می‌شود. عمده‌ترین دلیل شهرت این الگوها آن است که نوسان‌های کوتاه مدت متغیرها را به مقادیر تعادلی بلند مدت ارتباط می‌دهد. در این مطالعه به برآورد و تجزیه و تحلیل الگوی تصحیح خطا مبادرت شده است. در نهایت درباره استحکام مدل نیز مطالبی ارائه می‌شوند. فرم ARDL برای تحقیق حاضر به صورت زیر است:

رابطه (۱)

$$\begin{aligned} LOGCO2_t = & c + \sum_{i=1}^{q_1} \alpha_i LOGCO2_{t-i} + \sum_{j=0}^{q_2} \beta_{1j} LOGCPE_{t-j} \\ & + \sum_{j=0}^{q_3} \beta_{2j} LOGECOMP_{t-j} + \sum_{j=0}^{q_4} \beta_{3j} LOGLEPLEI_{t-j} \\ & + \sum_{j=0}^{q_5} \beta_{4j} LOGFDI_{t-j} + \sum_{j=0}^{q_6} \beta_{5j} LOGLRILC_{t-j} \\ & + \sum_{j=0}^{q_7} \beta_{6j} LOGTL_{t-j} + \sum_{j=0}^{q_8} \beta_{7j} LOGUP_{t-j} + \sum_{j=0}^{q_9} \beta_{8j} LOGUI_{t-j} + U_t \end{aligned}$$

که  $LOGCO_2$  متغیر وابسته لگاریتم مقادیر انتشار دی‌اکسیدکربن (kt)،  $LOGCO2_{t-i}$  متغیر وابسته با وقفه و متغیرهای مستقل،  $LOGLEPLEI_{t-j}$  لگاریتم حاصل ضرب لگاریتم قیمت انرژی و لگاریتم شدت انرژی،  $LOGECOMP_{t-j}$  لگاریتم پیچیدگی اقتصادی،  $LOGLRILC_{t-j}$  لگاریتم حاصل ضرب لگاریتم ریسک اقتصادی و لگاریتم سرمایه‌گذاری،  $LOGTL_{t-j}$  لگاریتم آزادسازی تجاری،  $LOGUP_{t-j}$  لگاریتم نرخ شهرنشینی،  $LOGUI_{t-j}$  لگاریتم کاربران اینترنت،  $LOGCPE_{t-j}$  لگاریتم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌باشد.

آمارهای شدت انرژی، سرمایه‌گذاری داخلی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، نیروی کار، سرمایه سرانه، آزادسازی تجاری و نرخ شهرنشینی از اطلاعات بانک جهانی حاصل شده است. اطلاعات پیچیدگی اقتصادی در وبسایت دانشگاه ام‌آی‌تی و اطلاعات ریسک اقتصادی از بانک اطلاعاتی راهنمای بین‌المللی ریسک کشوری

اثرات ریسک مالی و نوآوری‌های تکنولوژیک بر صدور کربن جهانی اثرات ریسک مالی و نوآوری‌های تکنولوژیک ناهمگونی منطقه‌ای معنی‌داری را نشان داده و ریسک مالی و نوآوری‌های تکنولوژیک عدم تقارن را در میان چندک‌های مختلف نشان می‌دهد.

## مواد و روش‌ها

استفاده از روش (OLS) فرض می‌کند که متغیرهای سری زمانی، پایا<sup>۳</sup> هستند. این روش از طریق حداقل نمودن مجموع مربعات جملات اخلاص تلاش می‌کند که بهترین خط رگرسیونی برای داده‌ها را برازش نماید. به عبارتی مبنای این روش در برازش مناسب‌ترین رگرسیون، مینیمم نمودن مجموع مربعات خطا می‌باشد. در صورت ناپایا بودن متغیرهای الگو، تخمین حداقل مربعات معمولی، ناسازگار بوده و ممکن است نتیجه به یک رگرسیون کاذب<sup>۴</sup> بیانجامد. در این مطالعه، برای جلوگیری از تخمین رگرسیون کاذب، از روش هم‌جمعی<sup>۵</sup> استفاده شده است. مفهوم اقتصادی آن است که وقتی دو یا چند سری زمانی بر اساس مبانی نظری با یکدیگر ارتباط داده می‌شوند تا یک رابطه تعادلی بلندمدت را شکل دهند، هرچند ممکن است خود این سری‌های زمانی دارای روند تصادفی باشند، اما در طی زمان یکدیگر را به خوبی دنبال می‌کنند، به‌گونه‌ای که تفاضل بین آن‌ها پایا است. به منظور تخمین بلندمدت یا هم‌جمعی از روش ARDL استفاده نموده‌ایم. این مدل برای بررسی اثرات تأخیری استفاده می‌شود. در این مدل، متغیر وابسته تحت تأثیر وقفه‌های این متغیر و سایر متغیرهای مستقل قرار دارد. در سمت راست رگرسیون متغیر وابسته با وقفه‌های مختلف و همچنین متغیر یا متغیرهای مستقل با وقفه‌های متفاوت وجود دارد. تجزیه و تحلیل در این روش از طریق سه معادله پویای کوتاه مدت، بلند مدت و تصحیح خطا می‌باشد. در وهله نخست، معادله پویای کوتاه مدت برآورد می‌شود. در مرحله بعد با انجام آزمون هم‌جمعی و اطمینان از هم‌انباشتگی متغیرها، ضرایب بلندمدت برآورد می‌شوند. وجود هم‌انباشتگی بین مجموعه‌ای از متغیرهای اقتصادی،

<sup>2</sup> Ordinary Least Square

<sup>3</sup> Stationarity

<sup>4</sup> Spurious

<sup>5</sup> Cointegration

(ICRG) به دست آمده است. در مورد قیمت انرژی در ایران، اصلی‌ترین حامل‌های انرژی شامل فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی و برق منظور شده است. در این تحقیق شاخص قیمت انرژی به صورت یک میانگین موزون (مبتنی بر سهم حامل‌ها) از سه شاخص قیمت فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی و برق به دست آمده است. هر یک از این زیر شاخص‌ها به روش لاسپیرز محاسبه می‌شوند. دوره مورد بررسی طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۲ می‌باشد. همچنین در برآورد از نرم‌افزار EViews استفاده شده است.

## نتایج

در این بخش نتایج آزمون و برآوردهای صورت گرفته با توجه به اطلاعات ۹ متغیر در سطح ملی (ایران) طی بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۲ که در قسمت قبل بدان اشاره گشت، ارائه شده است. برای بررسی پایایی متغیرها از آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته (ADF) استفاده شده که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج آزمون پایایی متغیرهای مدل

متغیر	آماره ADF	احتمال معناداری	نتیجه آزمون
لگاریتم مقادیر انتشار دی‌اکسیدکربن	-۲/۹	۰/۰۶۳۱	متغیر پایا است
لگاریتم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	-۴/۸۳	۰/۰۰۱۴	متغیر پایا است
لگاریتم حاصل ضرب لگاریتم ریسک اقتصادی و لگاریتم سرمایه‌گذاری	-۲/۲۱۶	۰/۲۰۷	متغیر پایا نیست
لگاریتم حاصل ضرب لگاریتم قیمت انرژی و لگاریتم شدت انرژی	-۰/۶۷۹	۰/۸۳۱	متغیر پایا نیست
لگاریتم سرمایه سرانه	-۰/۲۲۷	۰/۹۲	متغیر پایا نیست
لگاریتم پیچیدگی اقتصادی	-۲/۰۶۴	۰/۲۵۹۷	متغیر پایا نیست
لگاریتم آزادسازی تجاری	-۲/۴۶۱	۰/۱۳۹۲	متغیر پایا نیست
لگاریتم نرخ شهرنشینی	-۲/۴۹۷	۰/۱۳۳	متغیر پایا نیست
لگاریتم کاربران اینترنت	-۰/۲۶۷	۰/۹۱	متغیر پایا نیست

منبع: یافته‌های تحقیق

ریسک اقتصادی - سرمایه‌گذاری پس از یک وقفه با وجود معنی‌داری آماری، مقدار آن بسیار کوچک و نزدیک به صفر بوده که این مطلب حاکی از تأثیر بسیار ناچیز این متغیر بر آلودگی می‌باشد. ضریب متغیر ارتباط متقابل قیمت انرژی - شدت انرژی دلالت بر آن دارد که هر یک درصد افزایش متغیر مورد نظر مقدار دی‌اکسیدکربن را به میزان ۱۱۸/۶۷ کیلو تن در کوتاه مدت کاهش می‌دهد. ضریب آزادسازی تجاری دلالت بر آن دارد که هر یک درصد افزایش آزادسازی تجاری، انتشار دی‌اکسیدکربن را به میزان ۱۱/۲ کیلو تن در کوتاه مدت افزایش می‌دهد. ضریب نرخ شهرنشینی دلالت بر آن دارد که هر یک درصد افزایش این متغیر، انتشار دی‌اکسیدکربن را به میزان ۲۹۱/۲۳ کیلو تن در کوتاه مدت افزایش می‌دهد. ضریب کاربران اینترنت با وقفه دلالت بر آن دارد که هر یک درصد افزایش کاربران اینترنت پس از یک وقفه انتشار

مطابق جدول ۱ تمامی متغیرها به جز متغیر لگاریتم انتشار کربن و لگاریتم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در سطح پایا نیستند. بر این اساس به منظور برآورد الگوی مورد نظر، از رهیافت خود توزیع با وقفه‌های گسترده استفاده می‌شود.

### نتایج تخمین ضرایب الگوی کوتاه مدت و بلند مدت:

الگوی (۱, ۰, ۱, ۰, ۱, ۰, ۱, ۰, ۱) ARDL برای کلیه متغیرها بر اساس معیار شوارتز- بیزین انتخاب گردید. نتایج به دست آمده از برآورد الگو در جدول ۲ ارائه شده است.

نتایج الگوی پویای ARDL در کوتاه مدت نشان می‌دهد که متغیر سرمایه سرانه تأثیر معنی‌داری بر آلودگی تأثیر معنی‌داری ایجاد نکرده است. ضریب پیچیدگی اقتصادی با یک وقفه دلالت بر آن دارد که هر یک درصد افزایش این متغیر، مقدار دی‌اکسیدکربن را به میزان ۲۵۲/۰۵ کیلو تن در کوتاه مدت کاهش می‌دهد. ضریب ارتباط متقابل

حدود ۹۹/۷ درصد از تغییرات متغیر وابسته را تبیین می‌کنند. ضریب جمله تصحیح خطا در چارچوب الگوی تصحیح خطا، ۰/۷۳- بوده به طوری که در هر دوره، ۷۳ درصد از خطای عدم تعادل دوره پیش به صورت نمایی تعدیل می‌شود. نتایج رابطه بلند مدت در جدول ۳ ارائه شده است.

دی‌اکسیدکربن را به میزان ۵۰/۶۶ کیلوتن کاهش می‌دهد. ضریب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به همراه وقفه‌اش بیانگر آن است که افزایش یک درصدی این متغیر در آن دوره و پس از یک وقفه به ترتیب انتشار دی‌اکسیدکربن را به میزان ۹۹/۰۳ و ۷۱/۴۷ کیلوتن کاهش می‌دهد. ضریب تعیین تعدیل شده نشان می‌دهد که متغیرهای توضیحی،

جدول ۲- برآورد الگوی کوتاه مدت (ARDL (1,0,1,0,1,0,0,1)

متغیر	ضریب	انحراف استاندارد	آماره t	احتمال
وقفه اول لگاریتم مقادیر انتشار دی‌اکسیدکربن	۰/۲۷۶۵	۰/۰۹۹۴	۲/۷۸۰۲	۰/۰۳۲۰
لگاریتم سرمایه سرانه	۱/۳۸۶۶	۱/۸۳۷۷	۰/۷۵۴۵	۰/۴۷۹۱
لگاریتم پیچیدگی اقتصادی	۴۱۷۹/۳۷۲	۹۵۷۹/۶۴۶	۰/۴۳۶۲	۰/۶۷۷۹
وقفه اول لگاریتم پیچیدگی اقتصادی	-۲۵۲۰۵/۱۰	۷۱۹۲/۵۵۲	-۳/۵۰۴۳	۰/۰۱۲۸
لگاریتم حاصل ضرب لگاریتم قیمت انرژی و لگاریتم شدت انرژی	-۱۱۸۶۶/۶۷	۲۲۴۱/۰۰۸	-۵/۲۹۵۲	۰/۰۰۱۸
لگاریتم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	-۹۹۰۳/۴۵۴	۳۱۶۵/۹۴۷	-۳/۱۲۸۱	۰/۰۲۰۴
وقفه اول لگاریتم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	-۷۱۴۶/۶۱۶	۱۱۱۵/۹۴۱	-۶/۴۰۴۱	۰/۰۰۰۷
لگاریتم حاصل ضرب لگاریتم ریسک اقتصادی و لگاریتم سرمایه‌گذاری	-۳/۵۱-E۰۹	۲/۵۲E-۰۹	-۱/۳۹۳۳	۰/۲۱۳۰
وقفه اول لگاریتم حاصل ضرب لگاریتم ریسک اقتصادی و لگاریتم سرمایه‌گذاری	۶/۱۴-E۰۹	۲/۷۱E-۰۹	۲/۲۶۵۹	۰/۰۶۴۰
لگاریتم آزادسازی تجاری	۱۱۱۹/۷۷۰	۲۱۶/۴۳۵۷	۵/۱۷۳۶	۰/۰۰۲۱
لگاریتم نرخ شهرنشینی	۲۹۱۲۳/۳۵	۴۲۹۸/۲۷۹	۶/۷۷۵۵	۰/۰۰۰۵
لگاریتم کاربران اینترنت	۴۰۸۶/۱۵۶	۱۲۴۱/۴۷۱	۳/۲۹۱۳	۰/۱۶۶
وقفه اول لگاریتم کاربران اینترنت	-۵۰۶۶/۰۶۷	۱۲۸۵/۱۲۰	-۳/۹۴۲۰	۰/۰۰۷۶
آماره F: ۵۲۸/۳۱۱	ضریب تعیین: ۹۹ درصد	ضریب تعیین تعدیل شده: ۹۹ درصد	آماره دوربین- واتسون: ۲/۰۵	

جدول ۳- نتایج برآورد بلند مدت

متغیر	ضریب	انحراف استاندارد	آماره t	احتمال
لگاریتم سرمایه سرانه	۱/۹۱۶۶	۲/۵۱۲۳	۰/۷۶۲۹	۰/۴۷۴۴
لگاریتم پیچیدگی اقتصادی	-۲۹۰۶۲/۹۵۳۲	۱۲۲۵۹/۷۶۰۸	-۲/۳۷۰۵	۰/۰۵۰۰
لگاریتم حاصل ضرب لگاریتم قیمت انرژی و لگاریتم شدت انرژی	-۱۶۴۰۲/۷۸۰۲	۲۵۳۶/۶۰۵۹	-۶/۴۶۶۴	۰/۰۰۰۶
لگاریتم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	-۲۳۵۶۷/۵۷۲۶	۴۸۷۲/۰۳۳۱	-۴/۸۳۷۳	۰/۰۰۲۹
لگاریتم حاصل ضرب لگاریتم ریسک اقتصادی و لگاریتم سرمایه‌گذاری	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۷۸۲۸	۰/۴۶۳۵
لگاریتم آزادسازی تجاری	۱۵۴۷/۸۰۹۰	۳۷۶/۵۱۲۰	۴/۱۱۰۹	۰/۰۰۶۳
لگاریتم نرخ شهرنشینی	۴۰۲۵۵/۹۴۱۸	۱۹۹۸/۹۵۴۲	۲۰/۱۳۸۵	۰/۰۰۰۰
لگاریتم کاربران اینترنت	-۱۳۵۴/۴۸۹۳	۲۶۳/۵۲۰۶	-۵/۱۳۹۹	۰/۰۰۲۱

منبع: یافته‌های تحقیق

مدت بیشتر است. (ب) اثرات متقابل ریسک اقتصادی و سرمایه‌گذاری تأثیر معنی‌داری بر آلودگی ایجاد نموده است (ج) هر یک درصد افزایش ارتباط متقابل قیمت

نتایج برآورد بلند مدت نشان می‌دهد: الف) هر یک درصد افزایش پیچیدگی، میزان آلودگی را به میزان ۲۹۰/۶۳ کیلوتن کاهش می‌دهد. این کاهش انتشار نسبت به کوتاه

است ه) سرمایه سرانه تأثیر معنی‌داری بر آلودگی ایجاد ننموده است. و) هر یک درصد افزایش کاربران اینترنت انتشار دی‌اکسیدکربن را به میزان ۱۳/۵۴ کیلو تن کاهش می‌دهد. ج) هر یک درصد افزایش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، انتشار دی‌اکسیدکربن را به میزان ۲۳۵/۶۸ کیلو تن کاهش می‌دهد. این کاهش انتشار نسبت به کوتاه مدت بیشتر است.

انرژی - شدت انرژی آلودگی را به میزان ۱۶۴/۰۳ کیلو تن کاهش می‌دهد. د) هر یک درصد افزایش آزادسازی تجاری آلودگی را به میزان ۱۵/۴۸ کیلو تن افزایش می‌دهد. این افزایش انتشار نسبت به کوتاه مدت بیشتر است و) هر یک درصد افزایش نرخ شهرنشینی، انتشار دی‌اکسیدکربن را به میزان ۴۰۲/۵۶ کیلو تن افزایش می‌دهد. این افزایش انتشار نسبت به کوتاه‌مدت بیشتر

جدول ۴- نتایج آزمون باند

K	ارزش	آماره آزمون
۸	۸/۸۰۳۱	آماره F
		کران‌های مقادیر بحرانی
I(1) Bound	I(0) Bound	سطح معنی‌داری
۲/۸۵	۱/۸۵	٪۱۰
۳/۱۵	۲/۱۱	٪۵
۳/۴۲	۲/۳۳	٪۲/۵
۳/۷۷	۲/۶۲	٪۱

بخش‌های مختلف از بعد فناوری از پیشنهاد‌های اصلی تحقیق می‌باشد.

اثرات متقابل ریسک اقتصادی - سرمایه‌گذاری بر آلودگی تأثیر معنی‌داری ایجاد ننموده است. در یک تحلیل این بدان معناست که رشد اقتصادی ناشی از اثر متقابل کاهش ریسک اقتصادی و افزایش سرمایه‌گذاری در کشور هنوز به درجه‌ای نرسیده که بتواند رشد اقتصادی و به تبع آن کیفیت محیط‌زیست را تغییر دهد. در تحلیل دیگر اثر فنی مبنی بر بهبود محیط‌زیست و اثر مقیاس مبنی بر تضعیف محیط‌زیست اثر یکدیگر را خنثی نموده‌اند. نتیجه این تحقیق با مطالعه Zhang و Chio (۲۰۲۰) که ارتباط U معکوس شکل بین ریسک اقتصادی و CO<sub>2</sub> در پانل ۱۱۱ کشوری در بازه زمانی ۱۹۸۵-۲۰۱۴ مشاهده نموده‌اند، متفاوت می‌باشد. با توجه به ضرورت کاهش ریسک اقتصادی و افزایش سرمایه‌گذاری علاوه بر اطمینان از این که اعتبارات در مسیر سرمایه‌گذاری قرار گیرد، سیاست‌های محیط‌زیستی و استفاده کارایی انرژی در کنار آن مدنظر قرار گیرد.

تأثیرگذاری افزایش قیمت انرژی توأم با کاهش شدت انرژی موجب بهبود محیط‌زیست شده است. با واقعی

مقدار آماره F برابر ۸/۸۰۸ است و بر اساس مقادیر بحرانی گزارش شده جدول (۴)، این مقدار از عدد I(1) ۳/۷۷ Bound (در سطح معناداری ۱ درصد) بزرگ‌تر است، وجود رابطه تعادلی بلند مدت بین متغیرهای توضیحی و متغیر وابسته در سطح خطای ۱ درصد رد نمی‌گردد.

## بحث

با افزایش پیچیدگی اقتصادی انتشار CO<sub>2</sub> در کوتاه مدت و بلند مدت کاهش می‌یابد. از طریق اثر فنی افزایش کارایی تولید به گونه‌ای بوده که بر اثر مقیاس که دلالت بر استفاده بیشتر انرژی به عنوان نهاده تولید داشته غلبه نموده و آلودگی کاهش می‌یابد. نتیجه این تحقیق منطبق بر مطالعه Tabash و همکاران (۲۰۲۴) بوده که در آن پیچیدگی اقتصادی پایداری محیط‌زیستی را از طریق کاهش CO<sub>2</sub> تضمین می‌کند. قدر مطلق ضریب به دست آمده، در بلند مدت نسبت به کوتاه مدت بیشتر بوده که دلالت بر حرکت بیشتر به سمت سیاست‌های کارایی انرژی در بلندمدت دارد. در راستای این حرکت، سیاست‌گذاری مناسب سیاست‌گذاران برای تأمین نیازهای

نتوانسته برای زیرساخت‌های عمومی شهری از طریق ایجاد صرفه‌های مقیاس کاهش شدت انرژی و آلودگی را به همراه داشته باشد. نتیجه این تحقیق با مطالعه Luqman و همکاران (۲۰۲۳) که نشان می‌دهد کشورهای در حال توسعه تحت سلطه شهرهایی هستند که سطح انتشار CO<sub>2</sub> در آن‌ها افزایش یافته است، مطابقت دارد. آلودگی بلندمدت نسبت به کوتاه‌مدت بیشتر بوده و پیشنهاد به سیاست‌گذاری و برنامه ریزی شهری اصولی در جهت بهره‌برداری صحیح از مزیت‌های شهرنشینی از طریق ایجاد صرفه مقیاس می‌باشد.

افزایش سرمایه‌سراشه تأثیر معنی‌داری بر کیفیت محیط‌زیست در کوتاه مدت و بلند مدت ایجاد ننموده است. سهم بیشتر سرمایه در کشور توأم با فناوری‌های انرژی اندوز نبوده که بتواند کارایی انرژی را بهبود بخشد. نتیجه این تحقیق با مطالعه Yin و همکاران (۲۰۲۱) که دلالت بر تأثیر منفی سرمایه فیزیکی بر محیط‌زیست در پانل ۱۰۱ کشوری طی ۱۹۹۰-۲۰۱۴ داشته، تفاوت دارد. واقعی نمودن قیمت انرژی همگام با انجام یک سری تدابیر تکمیلی می‌تواند موجبات بهسازی سرمایه‌های موجود را فراهم نماید. افزایش حجم اعتبارات در راستای سرمایه‌گذاری در زمینه خرید ماشین‌آلات و تکنولوژی‌های مدرن انرژی اندوز و پاک پیشنهاد می‌گردد.

FDI منجر به کاهش آلاینده‌گی در هر دو بازه زمانی شده است. چنین نتیجه‌ای دلالت بر امکان بهبود کارایی انرژی از طریق سرریز تکنولوژی از بنگاه‌های خارجی به بنگاه‌های داخلی می‌باشد. نتایج این تحقیق با بخشی از تحقیق Apergis (۲۰۲۳) مبنی بر این که جریان FDI از فرانسه، آلمان و ایتالیا به کشورهای BRICS آلودگی را کاهش می‌دهد، مطابقت دارد. به منظور تأثیرگذاری مطلوب‌تر FDI، ضمن افزایش جذب آن بایستی به کیفیت این سرمایه‌گذاری‌ها و انتقال فناوری در آن‌ها توجه نمود و این که این سرمایه‌گذاری فقط منحصر به صنایع انرژی بر نیست زیرا به دلیل وجود منابع عظیم انرژی و قیمت نسبتاً پایین آن در کشور، FDI بیشتر متوجه صنایع انرژی بر می‌باشد.

شدن قیمت انرژی انگیزه بنگاه‌ها به سمت افزایش کارایی انرژی تغییر می‌یابد. نتیجه این تحقیق با مطالعه Naimoglu (۲۰۲۳) از این جهت که در آن قیمت انرژی اثر کاهشی بر انتشار CO<sub>2</sub> پانزده اقتصاد نوظهور دارد، مشابهت دارد. با وجود منافع حاصل از افزایش قیمت انرژی، دولت در اجرای چنین سیاستی باید از بررسی‌های کارشناسی بهره برده و با توضیح نفع حاصله برای جامعه اثرات منفی افزایش قیمت انرژی را تقلیل دهد. پیشنهاد می‌شود که صرفه‌جویی ارزی و افزایش درآمد ایجاد شده دولت به ترتیب در مسیر خرید نهاده‌ها و تکنولوژی‌های مؤثر در رشد اقتصادی کشور و بهبود وضعیت دهک‌های فقیر واقع شود.

آزادسازی تجاری تأثیر منفی معنی‌داری بر کیفیت محیط زیست ایجاد ننموده است. به عبارتی مجموع اثرات مقیاس و اثرات ترکیبی، بر اثرات فنی غلبه نموده که با آزادسازی تجاری، میزان آلاینده‌گی افزایش یافته است. نتیجه تحقیق منطبق بر مطالعه Steinhauser و همکاران (۲۰۲۴) بوده که در آن تجارت اتحادیه اروپا با کشورهای شریکی که انتشار CO<sub>2</sub> در آن‌ها در حال افزایش بوده، منطبق می‌باشد. استفاده سیاست‌های هدفمند و تکمیلی در جهت تقویت بعد تکنیکی، تغییر در فناوری تولید و استفاده تدریجی از قوانین و استانداردهای محیط‌زیستی در کنار آزادسازی تجاری پیشنهاد می‌شود.

فناوری اطلاعات و ارتباطات تأثیر مثبت معنی‌داری بر کیفیت محیط‌زیست ایجاد نموده است. این نشان دهنده آن است که زمینه‌های جانشینی اطلاعات بجای انرژی به گونه‌ای فراهم گشته که می‌تواند تأثیر اثر درآمدی (افزایش فعالیت‌های اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن) را تقلیل دهد. نتایج این تحقیق با مطالعه You و همکاران (۲۰۲۴) مبنی بر تأثیر مثبت ICT در ۶۴ کشور طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۱ مطابقت دارد. گسترش و بهبود زیرساخت‌های ICT و حرکت به سمت فناوری‌های محیط زیستی مانند انرژی‌های تجدیدپذیر همراه با لجستیک هوشمند و تسهیلات استفاده از آن در بخش‌های متفاوت اقتصادی پیشنهاد می‌شود.

نرخ شهرنشینی موجب افزایش آلودگی در کوتاه‌مدت و بلندمدت شده است. با گسترش شهرنشینی فعالیت‌های اقتصادی گسترش یافته و از سوی دیگر تراکم شهری

- environmental quality in Middle Eastern countries, *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 29, 119-131. (In Persian With English Abstract).
12. **Kang, J.W., and Gapay, J.A., 2023.** Factors Affecting Carbon Dioxide Emissions Embodied in Trade, ADB Economics Working Paper Series. NO. 700.
  13. **Li, P., Zhang, C. and Zhu, H., 2023.** Effect of information and communication technology on CO<sub>2</sub> emissions: An analysis based on country heterogeneity perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 192, 122599.
  14. **Luqman, M., Rayner, P.J. and Gurney, K.R., 2023.** On the impact of urbanisation on CO<sub>2</sub> emissions, *npj Urban Sustainability* volume 3, number: 6 .
  15. **Maboudi, R. and Dareh Nazari, Z., 2022.** the effect of financialization on environmental pollution in Iran, *Quarterly Journal of New Economy and Trade Journal*, (50) 17, 153-179. (In Persian With English Abstract).
  16. **Mahdovian, S.M., Ziyaei, S. and Kikha, A., 2022.** investigation of factors affecting environmental pollution in Iran, *Journal of Agricultural Economics Research*, (4) 13, 21-40. (In Persian With English Abstract).
  17. **Mahmoudi, S., 2013.** Comparison of Energy Intensity Index in Iran and Organization for Economic Cooperation and Development member countries, 4th International Conference on New Approaches in Energy Conservation.
  18. **Mealy, P. and Teytelboym, A., 2020.** Economic complexity and the green economy. *Research Policy*, 103948. In Press. 1-24.
  19. **Mukwarami, S., Nkwaira, C. and van der Poll, H.M., 2023.** Environmental Management Accounting Implementation Challenges and Supply Chain Management in Emerging Economies' Manufacturing Sector. *Sustainability* 15(2):1061.
  20. **Naimoglu, M., 2023.** The effect of energy prices, energy losses, and renewable energy use on CO<sub>2</sub> emissions in energy-importing developing economies in the presence of an environmental Kuznets curve, *Environ Sci Pollut Res Int* ;30(20):58755-58772.
  21. **Romero, J.P. and Gramkow, C., 2021.** Economic complexity and greenhouse gas emissions, *World development*, volume 139.
  22. **Sadorsky, P., 2010.** The impact of financial development on energy consumption in emerging economies. *Energy Policy*, 3, 2528–2535.
  23. **Sarzaim, A., 2017.** economic insight for all, Terme Publications, 4th edition
- منابع**
1. **Adom, P.K., 2015b.** Business Cycle and Economic-Wide Energy Intensity: The Implications for Energy Conservation Policy in Algeria. *Energy*, Vol. 88, pp. 334-350.
  2. **Apergis, N., Pinar, M. and Unlu, E., 2023.** How do foreign direct investment flows affect carbon emissions in BRICS countries? Revisiting the pollution haven hypothesis using bilateral FDI flows from OECD to BRICS countries. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2023; 30(6): 14680–14692.
  3. **Atai Kechoi, I., Azinfar, K., Dadashi, I. and Shafiei Kakhki, M., 2019.** Analysis of the role of financial development in Iran's carbon reduction; Application of Spatial Regression Model, *Journal of Financial Engineering and Securities Management*, 43, 180-198. (In Persian With English Abstract)
  4. **Can, M. and Ahmed, Z., 2023.** Towards sustainable development in the European Union countries: does economic complexity affect renewable and non-renewable energy consumption?, *Sustain. Dev.*, 31 (1) (2023), pp. 439-451.
  5. **Chien, P., Anwar, A., Hsu, C.C., Sharif, A. and Sinha, A., 2021.** The role of information and communication technology in encountering environmental degradation: Proposing an SDG framework for the BRICS countries, *Technology in Society*, Volume 65, 101587.
  6. **Dargahi, H. and Biabani Khamene, K., 2015.** The role of price, income and efficiency factors in Iran's energy intensity, *Journal of Economic Research*, 115, 355-384. (In Persian With English Abstract).
  7. **Destek, M.A. and Manga, M., 2021.** Technological innovation, financialization, and ecological footprint: evidence from BEM economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 21991–22001.
  8. **Goli, Y. and Mehnattfar, Y., 2019.** Investigating the effect of industrialization and urbanization on energy efficiency in Iran's provinces (spatial econometric approach), *Journal of Economic Policy*, (23) 12, 167-188. (In Persian With English Abstract).
  9. **Hollinger, K.H., 2008.** Trade Liberalization and the Environment: A Study of NAFTA's Impact in El Paso, Texas and Juarez, Mexico. Virginia Polytechnic Institute and State University, 1-79
  10. **IEA., 2022.** Data and Statistics. International energy agency, <https://www.iea.org/>
  11. **Jamour, M., Jodki, M. and Shawalpour, S., 2018.** Identifying factors affecting

29. **Yin, P., Xiong, X. and Hussain, J., 2021.** The role of physical and human capital in FDI-pollution-growth nexus in countries with different income groups: A simultaneity modeling analysis, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 91, 106664.
30. **You, Z., Li, L. and Waqas, M., 2024.** How do information and communication technology, human capital and renewable energy affect CO<sub>2</sub> emission; New insights from BRI countries, *Heliyon*.10(4): e26481.
31. **Zhang, W. and Chio, Y.B., 2020.** Do country risks influence carbon dioxide emissions? A non-linear perspective, *Energy*, Volume 206, 118048, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118048>.
32. **Zhao, P., Shahbaz, M., Dong, X. and Dong, K., 2021.** How does financial risk affect global CO<sub>2</sub> emissions? The role of technological innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 168, July 2021, 120751.
24. **Steinhauser, D., Kittová, Z. and Khúlová, L., 2024.** Relationship Between CO<sub>2</sub> Emissions and Trade: The Case of the EU, Volume 59, Number 1 · pp. 41–47.
25. **Tabash, M.I., Farooq, U., Aljughaiman, A.A., Wong, W. And Assadollah, A., 2024.** Does economic complexity help in achieving environmental sustainability? New empirical evidence from N-11 countries. Volume 10, Issue 11, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31794>
26. **Wireko, S.A., Zhou, L., Xu, X., Dauda, L., Mensah, I.A., Larnyo, E. and Nketia, E.B., 2022.** The relationship between healthcare expenditure, CO<sub>2</sub> emissions and natural resources: evidence from developing countries, *J. of Environ. Econ. and Policy*, 11 (3) (2022), pp. 272-286.
27. **World Bank., 2022.** World development indicators online database. <https://databank.worldbank.org/>
28. **Yan, H., 2015.** Provincial Energy Intensity in China: The Role of Urbanization. *Energy Policy*, vol. 86, pp 635–650.





## Factors Affecting Pollution in Terms of Economic Complexity and the Interrelationship of Economic Risk and Investment

Ashkan Rahimzadeh\*

\* Department of Economics, Faculty of Humanities, Islamic Azad University of Zanjan, Zanjan, Iran

### Original Article

**Received:**  
2024.03.09

**Accepted:**  
2024.08.02

**Keywords:**  
Carbon Dioxide Emissions, Trade Liberalization, Internet Users, Energy Price-Energy Intensity Interactions, Foreign Direct Investment, Urbanization

### Abstract

**Introduction:** According to the statistics of the World Bank, the amount of carbon dioxide emissions in Iran has grown by 210.65% in the last thirty years. In such a situation, this unfavorable situation should be changed in line with environmental standards, which naturally requires the identification of important factors affecting pollution. The main purpose of this research is to investigate the factors that seem to affect pollution according to the background. As economic complexity improves, higher knowledge and technological progress can lead to less polluting activities. Reducing economic risk and consequently increasing investment, if it is followed by efficient use of inputs and the use of environmental technology, can reduce pollution by overcoming the effect of scale. Higher energy prices, energy-efficient technologies and low energy prices have imposed technologies with a higher share of energy input on companies, which has an impact on the environment. The impact of trade expansion on pollution depends on the results of scale, combination and technical effects. ICT can change the efficiency of energy consumption by moving the economy towards a knowledge-based structure, by substituting information for energy, and thus affect pollution. Urban density can reduce energy consumption by creating economies of scale for public urban infrastructure, while the absence of proper urban infrastructure has the opposite effect. FDI increases relative advantage in which production sector affects pollution. Also, the advanced technology that comes with FDI affects the environment.

**Materials and Methods:** Explanatory variables of the model are economic complexity, interrelationship between economic risk and investment, interrelationship between energy price and energy intensity, trade liberalization, internet users, capital per capita, foreign direct investment and urbanization rate and the dependent variable of carbon dioxide emissions. The information of the variables was obtained from the World Bank, the MIT University website, and the International Country Risk Guide (ICRG) database and the energy balance sheet. The investigated period was during 2000-2022 and the ARDL method and EViews 9 software were used in the estimation.

**Results:** With the increase of economic complexity variables, energy price-

energy intensity interrelationship, internet users and foreign direct investment, the amount of carbon dioxide emissions decreases in both short-term and long-term periods. The variables of mutual effects of economic risk-investment and capital per capita on pollution did not have a significant effect in both time periods. Commercial liberalization and urbanization have created a significant negative impact on the quality of the environment in the short and long term.

**Discussion:** The improvement of economic complexity has led to the dominance of technical and structural effect over scale effect and has reduced pollution. The increase in investment in the country, along with the reduction of economic risk, has not yet reached a level that can reduce pollution through the channel of economic growth. With the increase in energy prices, incentives have been placed in the direction of increasing energy efficiency, as a result of which pollution is reduced. As a result of the increase in exports due to trade liberalization, the use of resources and energy has been inappropriate, and in this regard, environmental laws and standards have also been ignored. The expansion of urbanization has increased the pollution with the expansion of economic activities, and in this regard, it has not been able to reduce the intensity of energy and pollution for public urban infrastructures through the creation of economies of scale. Foreign direct investment reduces pollution with the possibility of improving energy efficiency through technology spillover from foreign companies to domestic companies.