



تأثیر کیفیت محیط زیست بر رشد اقتصادی با تأکید بر نقش متغیرهای میانجی

سید کمال صادقی^۱، سهد قاسم قناب المفسوسی^{۱*}

^۱ - گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

نوع مقاله:

چکیده

پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت:

۱۴۰۴/۰۳/۱۰

پذیرش:

۱۴۰۴/۰۷/۰۶

کلمات کلیدی:

اقتصاد ایران،

انتشار

دی اکسیدکربن،

رشد اقتصادی،

روش

گشتاورهای

تعمیم یافته

مقدمه: شناسایی علل و عوامل رشد اقتصادی به ویژه در کشورهای در حال توسعه، همواره از دغدغه‌های مهم محققان و سیاست‌گذاران بوده است. یکی از عواملی که می‌تواند بر رشد اقتصادی تأثیر بگذارد، کیفیت محیط زیست و به ویژه انتشار گازهای گلخانه‌ای است. کیفیت محیط زیست می‌تواند از طریق کانال‌های مختلفی بر رشد اقتصادی تأثیر بگذارد. مهم‌ترین این کانال‌ها شامل سلامت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و نوآوری فناوری است. بر این اساس، با توجه به اهمیت رشد اقتصادی از یک سو و احتمال تأثیر مستقیم و غیرمستقیم انتشار دی‌اکسیدکربن (CO_2) بر رشد اقتصادی از سوی دیگر، این مطالعه با استفاده از رویکرد رگرسیون داده‌های سری زمانی مبتنی بر روش گشتاورهای تعمیم‌یافته، به بررسی تأثیر انتشار دی‌اکسیدکربن بر رشد اقتصادی با تأکید بر سه کانال سلامت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و نوآوری فناوری در ایران طی دوره ۱۳۶۰ تا ۱۴۰۲ می‌پردازد.

مواد و روش‌ها: شکل کلی مدل مورد استفاده در این مطالعه، شکل بهبود یافته‌ای از مدل Acheampong و Opoku (۲۰۲۳) است که با استفاده از رویکرد گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) انجام می‌شود. دلیل استفاده از این روش، آن است که این رویکرد، انعطاف‌پذیری بالایی دارد و به فرضیات اولیه کمی نیاز دارد. علاوه بر این، این تخمین‌گر در مدل‌هایی استفاده می‌شود که در آن‌ها درون‌زایی ناشی از تخمین اثرات غیرقابل مشاهده خاص و گنجانیدن وقفه متغیر وابسته به عنوان متغیر توضیحی، یک مشکل اساسی است. پس از تخمین چهار مدل مورد نظر، از آزمون سوبل برای بررسی نقش میانجی سه متغیر استفاده می‌شود.

نتایج: طبق نتایج، تأثیر انتشار دی‌اکسیدکربن بر رشد اقتصادی به شکل U معکوس است. این بدان معناست که تا سطح مشخصی از آلودگی، کاهش کیفیت محیط زیست منجر به افزایش رشد اقتصادی می‌شود و پس از رسیدن به سطح آستانه، افزایش آلودگی با کاهش رشد اقتصادی همراه است. همچنین، افزایش انتشار دی اکسید کربن منجر به افزایش مرگ و میر و در نتیجه کاهش رشد اقتصادی می‌شود. علاوه بر این، انتشار دی اکسید کربن سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را کاهش می‌دهد و در نتیجه تأثیر منفی بر رشد اقتصادی دارد. انتشار دی اکسید کربن همچنین از طریق کاهش نوآوری فناوری، رشد اقتصادی را کاهش می‌دهد. بنابراین، طبق نتایج این مطالعه، انتشار دی‌اکسیدکربن از طریق سلامت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و نوآوری فناوری منجر به کاهش رشد اقتصادی می‌شود.

بحث: با توجه به نتایج، توصیه‌های سیاستی زیر ارائه می‌شود:

- سیاست‌گذاران باید در مبارزه با آلودگی محیط زیست دقت کافی داشته باشند تا ابزارها و استراتژی‌های آن‌ها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به تحریف فعالیت‌های تولیدی و کاهش رشد اقتصادی نشود.

- سیاست‌گذاران باید پیچیدگی‌های مرتبط با تخریب محیط زیست و ارتباط آن با رشد اقتصادی را در طراحی سیاست‌های زیست‌محیطی در نظر بگیرند.

مقدمه

رشد اقتصادی هدف عمده همه کشورهای جهان به شمار می‌رود. مزایای رشد اقتصادی عبارتند از ایجاد اشتغال، درآمد مالیاتی بیشتر برای دولت، کاهش بدهی، افزایش سرمایه‌گذاری، بهبود تحقیق و توسعه، و سایر تحولات مطلوب که مستقیم و غیرمستقیم از رشد اقتصادی تأثیر می‌پذیرند (Abubakar & Abdullahi, 2022). در مقابل، رشد اقتصادی پایین منجر به پدیده‌های نامطلوبی از قبیل امکانات بهداشتی و آموزشی ناکافی، نرخ پایین پس‌انداز و سرمایه‌گذاری، نرخ بالای بیکاری و فقر و افزایش بدهی عمومی می‌گردد. به همین دلیل، شناسایی علل و عوامل رشد اقتصادی به ویژه در کشورهای در حال توسعه که رشد اقتصادی پایین‌تری دارند، همواره یکی از دغدغه‌های اساسی پژوهشگران و سیاست‌گذاران بوده است.

عوامل متعددی می‌تواند بر رشد کشورها تأثیر بگذارد. کیفیت محیط زیست به ویژه انتشار گازهای گلخانه‌ای یکی از مسائل جدی جهانی محسوب می‌شود که می‌تواند رشد اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهد. بر اساس چهارمین گزارش ملی ارزیابی آب و هوای ایالات متحده، که در سال ۲۰۱۸ منتشر شد، خطرات زیست‌محیطی که امروزه انتشار دی‌اکسیدکربن علت اصلی آن به شمار می‌رود، می‌تواند از طریق پیامدهایی همچون تغییرات آب و هوایی بر بخش‌های کشاورزی، جنگل‌داری، و گردشگری تأثیر بگذارد و منجر به کاهش تولید ناخالص داخلی گردد (USGCRP, 2018). سلامت، نوآوری فناوانه و سرمایه‌گذاری خارجی، مهم‌ترین مسیرهای اثرگذاری کیفیت محیط زیست بر رشد اقتصادی هستند. کاهش کیفیت محیط زیست ارتباط مستقیمی با این عوامل دارد و از طریق تأثیرگذاری بر آن‌ها می‌تواند منجر به تغییر بهره‌وری عوامل تولید شده و از این طریق رشد اقتصادی را تغییر دهد (Acheampong & Opoku, 2023).

در این میان بررسی تأثیرات اقتصادی تخریب محیط زیست در کشور ایران حائز اهمیت فراوانی است. این کشور جزو کشورهای در حال توسعه می‌باشد که نیاز به ارتقای رشد اقتصادی دارد و در کنار آن، با مسائل زیست‌محیطی بحرانی‌تری نسبت به کشورهای پیشرفته

مواجه است. از سوی دیگر، با توجه به منابع طبیعی سرشار بنابراین، حفاظت از محیط زیست می‌تواند نقش برجسته‌ای در تسریع دستیابی به اهداف کلان کشور داشته باشد. بر این اساس، با توجه به اهمیت رشد اقتصادی و رشد فزاینده انتشار دی‌اکسیدکربن در کشور ایران از یک سو و احتمال تأثیر مستقیم و غیرمستقیم آن از طریق کانال‌های بالقوه بر رشد اقتصادی از سوی دیگر، مطالعه حاضر به دنبال بررسی تأثیر انتشار دی‌اکسیدکربن بر رشد اقتصادی با تمرکز بر نقش میانجی سه کانال سلامت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و نوآوری فناورانه در کشور ایران در دوره زمانی ۱۳۶۰ تا ۱۴۰۲ با بکارگیری رویکرد گشتاورهای تعمیم‌یافته دو مرحله‌ای داده‌های سری زمانی است.

تمرکز اصلی ادبیات نظری و تجربی پیشین، تأثیر رشد اقتصادی بر محیط‌زیست می‌باشد که عموماً در چارچوب فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس نشان داده می‌شود. بر اساس این نظریه، در شرایط رشد اقتصادی پایین‌تر، تخریب محیط زیست اجتناب‌ناپذیر باشد. اما با گذر از نقطه معینی از رشد اقتصادی، به دلیل عواملی همچون بهبود فناوری و افزایش مقررات سخت‌گیرانه زیست‌محیطی، رشد اقتصادی بیشتر با افزایش کیفیت محیط زیست همراه است (Grossman & Krueger, 1991).

Acheampong و Opoku (۲۰۲۳) استدلال می‌کند که افزایش تخریب محیط زیست در برخی کشورها ممکن است باعث افزایش رشد اقتصادی شود و در برخی دیگر، به عنوان عامل بازدارنده رشد اقتصادی عمل کند. علت این امر آن است که اثرات تغییرات آب و هوایی به عنوان شاخص اساسی کیفیت محیط زیست، منجر به پیامدهایی همچون افزایش امواج گرما، افزایش سطح دریا، ناامنی غذایی (به دلیل اثرات نامطلوب بر تولید مواد غذایی)، تخریب تنوع زیستی، و وخامت سلامت انسان می‌گردد (Tong & Ebi, 2019). این پیامدها رشد و توسعه اقتصادی را تهدید می‌کنند (Fisher et al., 2021). تغییرات آب و هوا منجر به افزایش دمای هوا می‌گردد و بر

اساس مطالعاتی مثل Nordhaus (۲۰۰۶) کشورهای گرم‌تر معمولاً فقیرتر هستند.

کانال‌های بالقوه‌ای که ممکن است نقش میانجی در تأثیر کیفیت محیط زیست بر رشد اقتصادی داشته باشند، عبارتند از:

الف) کانال سلامت: مدل‌های رشد درون‌زا، بهره‌وری را به‌عنوان منبع اصلی رشد اقتصادی معرفی می‌کنند (Arora, 2001). در این میان، سلامت عنصر مهم بهره‌وری محسوب می‌شود. Well (۲۰۰۷) استدلال می‌کند که افراد سالم‌تر، کارگران بهتری هستند و دارای بهره‌وری بالاتری هستند، چرا که می‌توانند طولانی‌تر و سخت‌تر کار کنند و همچنین سهم فکری بیشتری نسبت به افراد ناسالم‌تر داشته باشند. همچنین، وضعیت سلامت بهتر می‌تواند به طور غیرمستقیم از طریق تأثیر مثبت آن بر شکل‌گیری مهارت و افزایش انگیزه و توانایی برای تحصیل در مدرسه، بر رشد اقتصادی تأثیر بگذارد، چرا که با فرض ثبات سایر شرایط، دانش‌آموزان سالم‌تر آموزش بهتری دریافت می‌کنند و بهره بیشتری از سیستم آموزشی می‌برند. بر اساس مدل‌های رشد Lucas (۱۹۸۸) و Barro (۱۹۹۹)، سلامت به عنوان یکی از شاخص‌های اساسی سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی تأثیرگذار است. علت وارد کردن این شاخص به عنوان عامل رشد اقتصادی این است که وضعیت سلامت باعث افزایش بهره‌وری و در نتیجه افزایش ظرفیت تولید افراد می‌شود و به رشد اقتصادی کمک می‌کند.

از سوی دیگر، خطرات زیست‌محیطی را می‌توان یکی از عوامل اساسی مؤثر بر سلامت افراد برشمرد. بر اساس اظهار Ahmadian و همکاران (۲۰۱۷)، آلودگی‌های زیست‌محیطی مختلف از قبیل آلودگی هوا، صوتی و ترافیکی بر سلامت افراد اثر گذاشته و بهره‌وری آن‌ها را کاهش می‌دهد. محیط زیست با کیفیت بالا از یک سو، نیازهای اولیه انسان مانند هوای پاک و آب را تأمین می‌کند و از سوی دیگر، زمین‌های حاصلخیزی برای تولید مواد غذایی تولید می‌کنند. اما تخریب محیط زیست و تغییرات آب و هوایی ناشی از آن، کیفیت هوا، غذای سالم، و در دسترس بودن آب پاک را تهدید می‌کند. این عوامل تأثیر قابل توجهی بر سلامت انسان می‌گذارند (EEA, 2022).

ب) کانال سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI): سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نیز کانال مهمی است که از طریق آن تخریب محیط زیست می‌تواند رشد اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهد. FDI اثرات قابل توجهی بر رشد اقتصادی دارد. Moosa (۲۰۰۲) استدلال می‌کند که FDI از طریق افزایش اشتغال، تأمین سرمایه، انتقال تکنولوژی، انتقال مهارت نیروی کار، و تسهیل ورود به بازار کار می‌تواند تأثیر مثبتی بر رشد اقتصادی داشته باشد (Hadi Zonooz, 2009 & Kamali Dehkordi). با این حال، نظریه‌های دیگری وجود دارد که بر این باورند که ورود FDI تعادل بازار را بر هم می‌زند و منجر به افزایش فشار بر بنگاه‌های داخلی می‌شوند. بر اساس این دیدگاه، کشورهای پیشرفته از طریق FDI در صدد انتقال فناوری نیستند و تنها به انتقال مراحل نهایی می‌پردازند (Blomstrom & Kokko, 1997).

از سوی دیگر، بر اساس فرضیه پناهگاه آلودگی (Pollution Haven Hypothesis)، شرکت‌های بین‌المللی در کشورهایی سرمایه‌گذاری می‌کنند که مقررات زیست‌محیطی سهل‌گیرانه‌تری دارند. امروزه کشورهایی که آلودگی بیشتری دارند، مقررات زیست‌محیطی سخت‌گیرانه‌تری اجرا می‌کنند. بنابراین آلودگی محیط زیست به عنوان مانعی برای جذب FDI عمل می‌کند، چرا که شرکت‌های چندملیتی از یک سو توجه بیشتری به پایداری محیط زیست دارند و تمایل به سرمایه‌گذاری در کشورهایی دارند که بهترین شیوه‌های پایداری را اعمال نموده‌اند، و از سوی دیگر، به دلیل بالا بودن هزینه سرمایه‌گذاری در کشورهای دارای قوانین سخت‌گیرانه ناشی از آلودگی، در کشورهای دارای کیفیت محیط زیست پایین‌تر، سرمایه‌گذاری کمتری دارند. اما در یک دیدگاه مخالف، Cole (۲۰۰۳) بیان می‌کند که در کشورهای در حال توسعه، مقررات زیست‌محیطی ضعیف و کیفیت پایین محیط زیست، باعث جذب FDI می‌گردد و این امر، راهی برای افزایش رشد اقتصادی می‌باشد. بر اساس مطالعات پیشین مانند Brueckner و Lederman (۲۰۱۵) استدلال می‌گردد که اثر ناهمگن تخریب محیط‌زیست بر FDI در بین گروه‌های درآمدی و مناطق مختلف، به تفاوت در سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی مورد استفاده آن‌ها بستگی دارد؛ به‌طوری که تخریب محیط زیست باعث جذب FDI در کشورهای

طریق آن تخریب محیط زیست می‌تواند رشد اقتصادی را تحت تاثیر قرار دهد. با توجه به مبانی نظری موجود، مدل مفهومی مطالعه حاضر به صورت شکل ۱ ارائه می‌گردد.



شکل ۱- مدل مفهومی پژوهش

Acheampong و Opoku (۲۰۲۳) با بهره‌گیری از آمار ۱۴۰ کشور جهان از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۱ و با به‌کارگیری روش GMM سیستمی به ارزیابی کانال‌های بالقوه تأثیر تخریب محیط زیست بر رشد اقتصادی پرداخته و دریافتند که تخریب محیط زیست یک رابطه U شکل با رشد اقتصادی دارد. بر اساس نتایج مطالعه مذکور، تخریب محیط زیست از طریق کانال‌های سلامت، FDI و نوآوری رشد اقتصادی را به تأخیر می‌اندازد.

Prashanth Manda و Ali (۲۰۲۳) با به‌کارگیری روش VAR و با استفاده از آمار کشورهای جهان در سال‌های ۱۸۰۰-۲۰۱۸ به بررسی تأثیر اقتصادی وابستگی به سوخت‌های فسیلی پرداخته و دریافتند که یک هم‌انباشتگی شرطی بین انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن و GDP سرانه وجود دارد. همچنین، در کشورهایی که در انقلاب صنعتی شرکت کردند، یک ارتباط علیت قوی از انتشار CO₂ سرانه به سمت تولید ناخالص داخلی سرانه وجود دارد.

Khamis و Chen (۲۰۲۲) با به‌کارگیری روش GMM به بررسی تأثیر انتشار CO₂ بر رشد اقتصادی در ۴۵ کشور جنوب صحرای آفریقا در سال‌های ۱۹۸۱-۲۰۲۰ پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که انتشار دی‌اکسیدکربن تأثیر معنی‌داری بر رشد اقتصادی دارد. علاوه بر این، FDI، تشکیل سرمایه، بیکاری، و کمک‌های رسمی توسعه رشد اقتصادی را متأثر می‌کنند.

Bu و Ali (۲۰۲۲) به بررسی اثر مخارج سلامت، آموزش، رشد اقتصادی و جمعیت بر تخریب محیط زیست در هفت کشور نوظهور در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ پرداختند. این مطالعه با به‌کارگیری رویکرد هم‌انباشتگی نسل دوم دریافتند که یک رابطه بلندمدت بین انتشار

در حال توسعه می‌شود، زیرا این کشورها در مقایسه با کشورهای با درآمد بالاتر، سیاست‌ها و مقررات زیست‌محیطی ضعیفی دارند. بنابراین، می‌توان بیان نمود که FDI نقش میانجی مهمی در تعیین رابطه بین کیفیت محیط زیست و رشد اقتصادی دارد.

ج) کانال نوآوری فناورانه: مدل رشد سولو، متغیر فناوری را به تابع تولید اضافه کرده است. علاوه بر این، گروهی از نظریه‌پردازان نئوکلاسیک به مدل‌های رشد درونزا روی آوردند. به عنوان مثال، Romer (۱۹۸۶) و Lucas (۱۹۸۸) اظهار می‌دارند که پیشرفت فناوری یک عامل درون‌زا بوده و بر اساس تصمیم بنگاه‌ها یا افرادی که به دنبال دستیابی به سود یا اهداف دیگر هستند، به دست می‌آید. بنابراین، دانش و فناوری یکی از متغیرهای مهم تعیین‌کننده رشد اقتصادی می‌باشد. در حالت کلی، بر اساس مطالعات پیشین، نوآوری می‌تواند رشد اقتصادی را از طریق مجاری متعددی همچون تولید کالاها و خدمات جدیدتر و برتر، بهبود رقابت داخلی و جهانی شرکت‌ها، بهبود سیستم‌های مالی، ارتقای کیفیت زندگی، توسعه زیرساخت‌ها، کاهش هزینه تولید و افزایش اشتغال متأثر کند (Pradhan et al, 2020).

از سوی دیگر، تخریب محیط زیست می‌تواند بر نوآوری و تکنولوژی تأثیر بگذارد. نقش تخریب محیط زیست در هدایت توسعه فناوری در راستای تأثیرگذاری بر بهره‌وری اقتصادی را می‌توان از طریق فرضیه Porter ردیابی کرد. Porter و Linde (۱۹۹۵) استدلال می‌کنند که تخریب محیط زیست شامل استفاده ناقص از منابع زیست‌محیطی است و بنابراین، کاهش تخریب محیط زیست می‌تواند بهره‌وری مرتبط با منابع طبیعی را بهبود بخشد. فرضیه پورتر بیان می‌کند که مقررات مطلوب زیست‌محیطی می‌توانند منجر به نوآوری‌های فناورانه گردند که هزینه‌های پیروی از چنین مقرراتی را به حداقل می‌رساند. همانطور که توسط Jaffe و Palmer (۱۹۹۷) بیان شده است، در مناطقی که کیفیت محیط زیست به دلیل وجود مقررات زیست‌محیطی بالا است، بنگاه‌ها تشویق به ارتقای فناوری می‌گردند و نوآوری‌های مرتبط با صرفه‌جویی در هزینه‌های زیست‌محیطی افزایش می‌یابد. این امر بهره‌وری و به دنبال آن، رشد اقتصادی را افزایش می‌دهد. بر اساس فرضیه پورتر، نوآوری فناورانه کانالی است که از

انسانی پرداخته و دریافته‌اند که آلودگی محیط زیست تأثیر منفی بر شاخص سلامت و شاخص توسعه انسانی دارد. همچنین، در کشورهای مورد بررسی رابطه آلودگی و رشد اقتصادی، منفی است.

Ahmadian و همکاران (۲۰۱۷) اثر تخریب محیط زیست بر رشد اقتصادی را در ۳۲ کشور در حال توسعه در سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۰۲ با به‌کارگیری روش GMM بررسی نموده و دریافته‌اند که یک رابطه یک‌طرفه از شاخص تخریب محیط زیست به رشد اقتصادی وجود دارد و افزایش تخریب محیط زیست، رشد اقتصادی را افزایش می‌دهد. این نتیجه فرضیه پناهگاه آلودگی را تأیید نموده است.

Mousavim و Zarei (۲۰۱۷) به تبیین نقش محیط زیست و سرمایه اجتماعی در رشد اقتصادی ایران در سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۵۳ پرداختند. این مطالعه بر اساس الگوی رشد نئوکلاسیک و با به‌کارگیری روش GMM دریافته است که سرمایه اجتماعی مهم‌ترین عامل در رشد اقتصادی ایران است، اما نقش بسیار کمی برای متغیرهای سرمایه انسانی و سرمایه زیست‌محیطی به دست آمده است.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر با استفاده از رویکرد گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) برای داده‌های سری زمانی به ارزیابی تأثیر میانجی وضعیت سلامت، FDI و نوآوری فناورانه در رابطه بین کیفیت محیط زیست و رشد اقتصادی در ایران می‌پردازد. متغیرهای مورد استفاده در این مطالعه شامل رشد GDP (متغیر وابسته)، انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن (متغیر مستقل)، نرخ مرگ‌ومیر (متغیر میانجی اول)، درصد FDI وارد شده به کشور از GDP (متغیر میانجی دوم)، و درصد مخارج تحقیق و توسعه از GDP (متغیر میانجی سوم) است. همه داده‌های مورد نیاز این مطالعه، از پایگاه داده‌های بانک مرکزی ایران و سالنامه‌های آماری کشور موجود در مرکز آمار ایران گردآوری شده‌اند. در این پژوهش ابتدا با استفاده از مدل GMM داده‌های سری زمانی مدل رشد اقتصادی تبیین شده و تأثیر انتشار دی‌اکسیدکربن بر رشد اقتصادی مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس در سه مدل GMM جداگانه، تأثیر انتشار دی‌اکسید کربن بر سه متغیر میانجی وضعیت سلامت،

دی‌اکسیدکربن، مخارج بهداشتی، آموزش، رشد اقتصادی و جمعیت وجود دارد. نتایج برآورد بلندمدت حاصل از روش‌های PFMLOS و PDOLS نشان می‌دهد که آموزش باعث افزایش پایداری محیط زیست و کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌گردد، اما مخارج سلامت، رشد اقتصادی و جمعیت باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود.

Saliminezhad و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از آمار و اطلاعات مربوط به کشور نیجریه در دوره زمانی ۲۰۱۸-۱۹۵۰ و با به‌کارگیری روش علیت گرنجر غیرخطی و همچنین تجزیه و تحلیل متغیر زمانی، روابط علیت بین انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی را بررسی نمودند. بر اساس نتایج مطالعه مذکور، یکی علیت دوگانه غیرخطی بین متغیرهای انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی وجود دارد.

Mardani و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی با به‌کارگیری روش مرور سیستماتیک ۱۷۵ مطالعه در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۷ پرداختند. مطالعه مذکور بر اساس روش متاآنالیز و رویکرد PRISMA دریافته‌اند که رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی به صورت علیت دو طرفه است و بر اساس رابطه معکوس بین آن‌ها، باید از یک سو انتشار دی‌اکسیدکربن کاهش یابد و از سوی دیگر، محدودیت‌هایی نیز برای رشد اقتصادی در نظر گرفته شود.

مطالعات داخلی: Mohebbinia و Tahamipour (۲۰۲۳) اثرات متقابل رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست را در بخش‌های اصلی اقتصاد ایران در سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۵۰ بررسی نموده و با به‌کارگیری روش هم‌انباشتگی جوهانسون و مدل تصحیح خطا دریافته‌اند که یک رابطه بلندمدت بین متغیرهای تحقیق در بخش‌های کشاورزی و صنعت وجود دارد، اما بخش تبعی منحنی کوزنتس مورد تأیید نیست. همچنین بر اساس نتایج، رابطه هم‌جمعی در بخش خدمات وجود ندارد.

Varahrami و Kolivand (۲۰۲۱) با به‌کارگیری رویکرد رگرسیون داده‌های تابلویی معادلات به ظاهر نامرتب و با استفاده از آمار کشورهای منتخب نفتی در سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۱۷ به بررسی آثار محیط زیستی انتشار آلاینده‌ها بر رشد اقتصادی با تأکید بر شاخص توسعه

در این جا، Y_t متغیر وابسته، X_t بردار متغیرهای توضیحی، ϕ_t جمله اخلاص، و t دوره‌های زمانی می‌باشند. برآوردگر روش GMM به صورت رابطه (۳) تعریف می‌گردد.

$$\hat{\delta} = (B'zA_N z'B)^{-1} B'zA_N z'Y \quad (3)$$

پس از تخمین ضرایب، در راستای ارزیابی اعتبار متغیرهای ابزاری استفاده شده در مدل و بررسی بیش از حد مشخص بودن معادله، باید از آزمون هانسن استفاده شود. فرضیه صفر این آزمون مبتنی بر معتبر بودن آزمون‌ها و عدم وجود مشکل تصریح بیش از حد است. بنابراین در این آزمون، عدم رد فرضیه صفر نشان‌دهنده صحیح بودن برآورد و معتبر بودن ابزارها می‌باشد. بعد از برآورد چهار مدل مورد نظر، برای بررسی نقش میانجی سه متغیر، از آزمون Sobel (۱۹۸۲) به صورت رابطه (۲) استفاده می‌شود.

$$Z = \frac{a \cdot b}{\sqrt{(b^2 \cdot s_a^2) + (a^2 \cdot s_b^2) + (s_a^2 \cdot s_b^2)}} \quad (2)$$

در اینجا a ، ضریب تأثیر متغیر مستقل بر میانجی، b ، ضریب تأثیر متغیر میانجی بر متغیر وابسته، s_a^2 خطای استاندارد مربوط به مسیر تأثیر متغیر مستقل بر میانجی و s_b^2 خطای استاندارد مربوط به مسیر تأثیر متغیر میانجی بر متغیر وابسته می‌باشد. اگر حاصل این عبارت بیشتر از ۱/۹۶ باشد، می‌توان ادعا کرد که متغیر میانجی نقش معنی‌داری در رابطه بین گردشگری و انتشار دی‌اکسیدکربن دارد.

نتایج

قبل از برآورد مدل، بررسی ریشه واحد متغیرها ضروری است. در پژوهش حاضر از آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم‌یافته (Augmented Dicky-Fuller) برای بررسی ایستایی متغیرهای استفاده می‌گردد. نتایج این آزمون در جدول ۱ گزارش شده است. مشاهده می‌گردد که با توجه به رد فرضیه صفر، همه متغیرها مانا می‌باشند.

FDI و نوآوری فناوری مورد بررسی قرار می‌گیرد. فرم کلی چهار مدل GMM مربوط به برآورد رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی با در نظر گرفتن نقش میانجی سه متغیر مذکور در مطالعه حاضر، بر اساس مدل Opoku و Acheampong (۲۰۲۳) و به صورت رابطه (۱) تصریح می‌شود.

$$Y_t = \beta_{0t} + \sum_{i=0}^p \beta_{1i} X_{it} + \sum_{j=1}^q \beta_{2j} Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (1)$$

در هر چهار رابطه، Y_t نشان‌دهنده متغیر وابسته و X_{it} نشان‌دهنده متغیرهای مستقل و کنترل می‌باشد. همچنین i تعداد متغیرهای مستقل موجود در هر مدل و t به ترتیب نشان‌دهنده زمان t است.

معرفی مدل گشتاورهای تعمیم‌یافته: رویکرد گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) یکی از روش‌های رایج اقتصادسنجی است که انعطاف‌پذیری بالایی دارد و نیاز به فروض اولیه اندک آن، باعث شده است که برای برآورد مدل داده‌های تابلویی و سری زمانی پویا، رواج بالایی بیابد. این برآوردگر در مدل‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در آن، درونزایی حاصل از برآورد اثرات غیرقابل مشاهده خاص برای هر دوره و وجود وقفه متغیر وابسته بین متغیرهای توضیحی، یک مشکل اساسی است (Barro & Lee, 1996). در این حالت، روش GMM از طریق استفاده از وقفه‌های متغیرها به عنوان ابزار، درونزایی و هم‌بستگی بین متغیرها و نیز جزء اخلاص را کنترل می‌کند. علاوه بر این، می‌توان پویایی‌های موجود در متغیر مورد بررسی و اثرات دوره‌های پیشین را نیز در نظر گرفت. همچنین وارد نمودن وقفه متغیر وابسته به عنوان یک متغیر مستقل باعث می‌شود که کنترل بهتری بر درون‌زایی صورت گیرد (Greene, 2011). بیان جبری روش GMM سری زمانی، به صورت رابطه (۲) می‌باشد.

$$Y_t = \alpha Y_{t-1} + \beta' X_t + \phi_t \quad (2)$$

جدول ۱- آزمون ریشه واحد متغیرها

نام متغیر	آماره آزمون ریشه واحد (Z)	P-Value
رشد اقتصادی (GDPG)	-۶/۳۰۲	۰/۰۰۰
انتشار سرانه دی‌اکسید کربن (CO2)	-۶/۲۶۳	۰/۰۰۰
نرخ مرگ‌ومیر بزرگسالان (MORT)	-۲۰/۸۰۷	۰/۰۰۰
درصد FDI وارد شده به کشور از GDP (FDI)	-۵/۶۱۳	۰/۰۰۰
درصد مخارج تحقیق و توسعه از GDP (INNO)	-۹/۰۰۹	۰/۰۰۰
باز بودن تجاری (OP)	-۴/۷۰۹	۰/۰۰۰
درصد تشکیل سرمایه ثابت از GDP (CAP)	-۳/۰۸۶	۰/۰۲۷
نرخ ثبت نام در مدرسه (مجموع مقاطع) (EDU)	-۳/۸۶۴	۰/۰۰۲
دسترسی به برق (ELEC)	-۸/۱۳۷	۰/۰۰۰
نرخ شهرنشینی (URB)	-۵/۳۷۳	۰/۰۰۰
مخارج مصرف نهایی دولت (GOV)	-۳/۱۹۳	۰/۰۲۰

برای برآورد تأثیر کیفیت محیط زیست بر رشد اقتصادی با تمرکز بر نقش تعدیل‌گر متغیرهای وضعیت سلامت، FDI و نوآوری فناورانه، تأثیر مستقیم انتشار دی‌اکسیدکربن، وضعیت سلامت، FDI و نوآوری بر رشد اقتصادی، و

همچنین تأثیر مستقیم دی‌اکسیدکربن بر وضعیت سلامت، FDI، و نوآوری فناوری نیاز است. ضرایب مربوط به این تأثیرات به ترتیب در جدول ۲ و جدول ۳ قابل مشاهده است.

جدول ۲- نتایج برآورد مدل رشد اقتصادی بر اساس رویکرد GMM

ضریب	P-Value	خطای استاندارد
CO ₂	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰
CO ₂ squared	-۰/۰۰۰۲	۰/۰۵۹
MORT	-۰/۰۱۲	۰/۰۲۴
FDI	۰/۱۷۳	۰/۰۴۷
INNO	۰/۰۵۵	۰/۰۱۱

جدول ۳- نتایج برآورد مربوط به تأثیر CO₂ بر متغیرهای میانجی بر اساس رویکرد GMM

ضریب	P-Value	خطای استاندارد
CO ₂ به MORT	۲۳/۹۸۶	۰/۰۰۰
CO ₂ به FDI	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۳
CO ₂ به INNO	-۰/۸۲۳	۰/۳۰۴

جدول ۴- نتایج آزمون هانسن

آماره کای دو	P-Value
مدل رشد اقتصادی	۱/۴۰۸۷۰
۲ به MORT	۰/۱۵۷۳
CO ₂ به FDI	۰/۲۸۷۱
CO ₂ به INNO	۰/۰۵۳۱

نتیجه آزمون هانسن برای برآوردهای مدل رشد اقتصادی و همچنین برآورد مربوط به تأثیر CO₂ بر متغیرهای میانجی در جدول ۴ گزارش شده است. عدم رد فرضیه صفر مبتنی بر اعتبار متغیرهای ابزاری نشان می‌دهد که مدل صحیح بوده و متغیرهای ابزاری مورد استفاده معتبر هستند.

Ahmadian و همکاران (۲۰۱۷) و Acheampong و Opoku (۲۰۲۳) می‌باشد.

آماره آزمون Sobel برای بررسی تأثیر متغیر میانجی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به صورت زیر است:

$$Z = \frac{(0.001) * (0.007)}{\sqrt{(0.001^2 * 0.000^2) + (0.007^2 * 0.003^2) + (0.000^2 * 0.003^2)}} = 2.333$$

می‌توان بیان نمود که FDI، به عنوان یک متغیر واسطه، منجر به یک رابطه غیرمستقیم بین انتشار CO₂ و رشد اقتصادی می‌شود. بنابراین، انتشار دی‌اکسیدکربن با میانجی‌گری کاهش سرمایه‌گذاری خارجی موجب کاهش رشد اقتصادی می‌شود. این نتیجه با نظراتی همچون فرضیه پناهگاه آلودگی و همچنین مطالعات Acheampong و Opoku (۲۰۲۳) سازگار است.

آماره آزمون Sobel برای بررسی تأثیر متغیر میانجی نوآوری فناورانه به صورت زیر است:

$$Z = \frac{(0.823) * (0.055)}{\sqrt{((0.823)^2 * 0.304^2) + (0.055^2 * 0.011^2) + (0.304^2 * 0.011^2)}} = 2.381$$

می‌توان بیان نمود که نوآوری فناورانه به عنوان یک متغیر واسطه، منجر به یک رابطه غیرمستقیم بین انتشار CO₂ و رشد اقتصادی می‌شود. بنابراین، انتشار CO₂ با میانجی‌گری کاهش نوآوری موجب کاهش رشد اقتصادی می‌شود. این نتیجه نیز منطبق بر برخی مطالعات مانند Jaffe و Palmer (۱۹۹۷) و Acheampong و Opoku (۲۰۲۳) است.

با توجه به نتایج آزمون Sobel، افزایش انتشار دی‌اکسید کربن از طریق هر سه کانال سلامت، FDI و نوآوری به کاهش رشد اقتصادی منجر می‌شود.

بحث

امروزه موضوع محیط زیست بیش از هر زمان دیگری مورد بحث اقتصاددانان و سیاست‌گذاران می‌باشد. آثار اقتصادی و اجتماعی این معضل، محققان را بر آن داشته است تا برای کاهش این اثرات، پژوهش‌های متعددی انجام دهند. اما علیرغم اهمیت آثار اقتصادی تخریب محیط زیست، اکثر مطالعات به بررسی تأثیر سایر متغیرها بر کیفیت محیط زیست پرداخته و تا حد زیادی از بررسی

با توجه به جدول ۳، مشاهده می‌گردد که نرخ مرگ و میر تأثیر منفی و معنی‌داری بر رشد اقتصادی دارد. این بدان معنی است که بدتر شدن وضعیت سلامت منجر به کاهش رشد اقتصادی می‌گردد. در مقابل، دو متغیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و نوآوری فناورانه تأثیر مثبت و معنی‌داری بر رشد اقتصادی دارند. علاوه بر این، در مدل رشد اقتصادی، انتشار CO₂ دارای ضریب مثبت و معنی‌دار است. مربع این متغیر دارای ضریب منفی و معنی‌دار است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر مستقیم انتشار CO₂ بر رشد اقتصادی به شکل U معکوس می‌باشد. این بدان معنی است که انتشار CO₂ در ابتدا منجر به افزایش رشد اقتصادی می‌گردد، اما بعد از یک نقطه آستانه‌ای، این تأثیر منفی می‌شود و تخریب محیط زیست به کاهش رشد اقتصادی منجر می‌شود. این نتیجه منطبق بر برخی مطالعات پیشین مانند Acheampong و Opoku (۲۰۲۳) می‌باشد. حال با توجه به نتایج برآورد مدل، آزمون سوبل برای بررسی نقش میانجی سه متغیر مرگ‌ومیر، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و نوآوری فناورانه در رابطه بین انتشار CO₂ و رشد اقتصادی انجام می‌گیرد. جدول ۴ که خلاصه‌ای از نتایج برآورد سه مدل مربوط به تأثیر انتشار CO₂ بر متغیرهای میانجی است، نشان می‌دهد که انتشار دی‌اکسید کربن بر این سه متغیر تأثیر معنی‌داری دارد، بدین صورت که افزایش انتشار دی‌اکسید کربن منجر به بدتر شدن وضعیت سلامت، کاهش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و کاهش نوآوری فناورانه می‌گردد و از این سه کانال می‌تواند بر رشد اقتصادی مؤثر باشد. آماره آزمون سوبل برای بررسی تأثیر متغیر میانجی نرخ مرگ و میر به عنوان شاخص سلامت، در رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی، به صورت زیر است:

$$Z = \frac{(23.986) * (0.012)}{\sqrt{(0.012^2 * 0.005^2) + (23.986^2 * 3.555^2) + (0.005^2 * 3.555^2)}} = 2.261$$

با توجه به این که آماره آزمون سوبل بالاتر از ۱/۹۶ است، می‌توان بیان نمود که نرخ مرگ‌ومیر، به عنوان یک متغیر واسطه، منجر به یک رابطه غیرمستقیم بین انتشار CO₂ و رشد اقتصادی می‌شود. بنابراین، انتشار دی‌اکسیدکربن منجر به افزایش مرگ‌ومیر و کاهش کیفیت وضعیت سلامت شده و از این طریق بر رشد اقتصادی تأثیر منفی می‌گذارد. این نتیجه سازگار با مطالعاتی همچون

اثرات آلودگی محیط زیست غافل شده‌اند. بر این اساس، با توجه به اهمیت رشد اقتصادی به عنوان مهم‌ترین هدف اقتصادی کشورها از یک سو و نقش برجسته کیفیت محیط زیست در تبیین متغیرهای اقتصادی از سوی دیگر، مطالعه حاضر به بررسی تأثیر مستقیم و غیرمستقیم انتشار دی‌اکسیدکربن بر رشد اقتصادی با تمرکز بر نقش میانجی سلامت، FDI و نوآوری در ایران در سال‌های ۱۳۶۰-۱۴۰۲ با به‌کارگیری روش GMM پرداخته است. همچنین، برای بررسی معنی‌داری اثر متغیرهای میانجی، از آزمون سوبل استفاده شده است. نتایج برآورد مدل نشان می‌دهد که انتشار گاز دی‌اکسیدکربن یک تأثیر غیرخطی به شکل U معکوس بر رشد اقتصادی دارد. این بدان معنی است که مقدار معینی از آلودگی برای دستیابی به اهداف اقتصادی در ایران، ضروری است، اما بعد از رسیدن به آن حد آستانه‌ای، تخریب محیط زیست، رشد اقتصادی را نیز کاهش می‌دهد. این نتیجه منطبق بر برخی مطالعات پیشین مانند Acheampong و Opoku (۲۰۲۳) می‌باشد. دلیل این رابطه غیرخطی را می‌توان این‌گونه توضیح داد که افزایش تخریب محیط زیست در کشورهایی که در مراحل اولیه توسعه هستند، شرط لازم ادامه فرایند افزایش رشد اقتصادی است، اما در کشورهایی که به حد معینی از رشد اقتصادی رسیده‌اند، تخریب محیط زیست به دلیل تأثیر تدریجی بر آب و هوا، تسریع گرمایش، تولیدات غذایی نامطلوب و کاهش سلامت انسانی، به عنوان عامل بازدارنده رشد اقتصادی عمل می‌کند. علاوه بر این، در رابطه با تأثیر غیرمستقیم انتشار دی‌اکسیدکربن بر رشد اقتصادی، این نتیجه حاصل شده است که افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن منجر به افزایش مرگ‌ومیر (کاهش کیفیت وضعیت سلامت) می‌گردد و از این طریق تأثیر معنی‌داری بر کاهش رشد اقتصادی دارد. این نتیجه نیز منطبق بر تحقیقات پیشین از جمله Ahmadian و همکاران (۲۰۱۷) و Acheampong و Opoku (۲۰۲۳) است. بر اساس دیدگاه‌های مذکور، این نتیجه این‌گونه توضیح داده می‌شود که افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن منجر به افزایش مرگ‌ومیر و بدتر شدن وضعیت سلامت می‌گردد و از این طریق، منجر به افزایش هزینه‌های سلامت و در نتیجه کاهش پس‌انداز و سرمایه‌گذاری و کاهش ظرفیت تولید می‌گردد. از سوی دیگر، افراد ناسالم بهره‌وری کمتری در تولید دارند و این

امر نیز به کاهش رشد اقتصادی منجر می‌گردد. علاوه بر این، انتشار دی‌اکسیدکربن به کاهش FDI (تأیید فرضیه پناهگاه آلودگی) منجر می‌شود و از این طریق نیز تأثیر منفی بر رشد اقتصادی دارد. علت این رابطه منفی را می‌توان این‌گونه بیان نمود که امروزه شرکت‌های چندملیتی توجه مضاعفی به موضوع محیط زیست دارند و سرمایه‌گذاری‌های خود را در کشورهایی انجام می‌دهند که کیفیت محیط زیست بالاتری دارند. بنابراین هرچه کشوری کیفیت محیط زیست نامطلوب‌ترین داشته باشد، سرمایه‌گذاری خارجی کمتری جذب می‌کند. علاوه بر این، آلودگی بیشتر منجر به اجرای سخت‌گیرانه قوانین زیست‌محیطی می‌گردد. این سخت‌گیری می‌تواند به عنوان مانعی برای جذب سرمایه‌گذاری خارجی باشد. همچنین انتشار دی‌اکسیدکربن به کاهش نوآوری فناورانه و نیز به عنوان کانال معنی‌دار دیگری برای تأثیر بر رشد اقتصادی منجر می‌شود. این نتیجه نشان می‌دهد که آلودگی محیط زیست قدرت رقابت را کاهش می‌دهد و در بلندمدت، نوآوری‌های فناورانه را محدود می‌کند. تأثیر منفی انتشار دی‌اکسیدکربن بر نوآوری تأییدی بر فرضیه Porter و Linde (۱۹۹۵) است. بر اساس این فرضیه، نتیجه مذکور به این دلیل است که افزایش آلودگی محیط زیست منجر به کاهش بهره‌وری مرتبط با منابع طبیعی می‌گردد و این امر بر نوآوری‌های فناورانه تأثیر منفی خواهد داشت. به عبارت دیگر، در مناطقی که تخریب محیط زیست بالا بوده و مقررات زیست‌محیطی کارآمدی وجود ندارد، بنگاه‌های انگیزه‌ای برای بهبود فناوری خود ندارند. بنابراین، در چنین شرایطی نوآوری پایین بوده و به تبع آن، رشد اقتصادی پایین خواهد بود.

بنابراین، با توجه به نتایج این مطالعه، انتشار دی‌اکسیدکربن از طریق سه کانال سلامت، FDI و نوآوری به کاهش رشد اقتصادی منجر می‌شود. این نتیجه منطبق بر مطالعاتی مانند Acheampong و Opoku (۲۰۲۳) است. با توجه به نتایج حاصل از مطالعه حاضر، پیشنهادات سیاستی زیر ارائه می‌گردد:

- در حالی که کشورها نیاز به استفاده از سیاست‌های پیشگیرانه برای کاهش تخریب محیط زیست دارند، تحلیل غیرخطی نشان می‌دهد که نوعی تخریب محیط زیست برای ارتقای رشد اقتصادی لازم است. بنابراین، با

7. **Blomstorm, M. and Kokko, A., 1997.** How Foreign Investment Affects Host Countries. The World Bank, Policy Research Working Paper Series, 1745.
8. **Brueckner, M. and Lederman, D., 2015.** Trade Openness and Economic Growth: Panel Data Evidence from Sub-Saharan Africa. *Economica*, Vol. 82, pp. 1302–1323.
9. **Bu, J. and Ali, K., 2022.** Environmental Degradation in Terms of Health Expenditure, Education and Economic Growth. Evidence of Novel Approach. *Frontiers in Environmental Science*, Vol. 10, 046213.
10. **Cole, M.A., 2003.** Development, Trade, and the Environment: How Robust Is the Environmental Kuznets Curve? *Environment and Development Economics*, Vol. 8 (4), pp. 557–580.
11. **EEA, 2022.** Environment and Health. Retrieved from. <https://www.eea.europa.eu/themes/human/intro>.
12. **Fisher, S., Bellinger, D.C., Cropper, M.L., Kumar, P., Binagwaho, A., Koudoukpo, J.B. and Landrigan, P.J., 2021.** Air Pollution and Development in Africa: Impacts on Health, the Economy, and Human Capital. *Lancet Planet. Health*, Vol. 5 (10), e681–e688.
13. **Greene, W., 2011.** Fixed Effects Vector Decomposition: A Magical Solution to the Problem of Time-Invariant Variables in Fixed Effects Models? *Political Analysis*, Vol. 19 (2), pp. 135–146.
14. **Grossman, G.M. and Krueger, A.B., 1991.** Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. NBER Working Papers 3914, National Bureau of Economic Research, Inc.
15. **Hadi Zonooz, B. and Kamali Dehkordi, P., 2009.** The Impact of Foreign Direct Investment on Economic Growth in Host Countries. *Iranian Journal of Economic Research*, Vol. 13 (39), pp. 113–136. (In Persian with English Abstract)
16. **Jaffe, A.B. and Palmer, K., 1997.** Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study. *The Review of Economics Statistics*, Vol. 79 (4), pp. 610–619.
17. **Khamis, S.B. and Chen, F., 2022.** The Impact of Carbon Emission (co2) on Economic Growth: Evidence from Sub-Saharan Africa. *International Journal of Science and Business*, Vol. 15 (1), pp. 19–27.

توجه به این که بدون انتشار مقدار معینی از دی‌اکسیدکربن، افزایش رشد اقتصادی مقدور نیست، سیاست‌ها و قوانین زیست‌محیطی باید با دقت بسیاری اجرا گردد. در حالت کلی، سیاست‌گذاران باید در مبارزه با آلودگی محیط زیست مراقب باشند تا ابزارها و استراتژی‌های آن‌ها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به مخدوش شدن فعالیت‌های تولیدی و کاهش رشد اقتصادی نگردد.

- با توجه به این که کاهش کیفیت محیط زیست به کاهش سلامت جامعه منجر می‌گردد، نوآوری و انتقال فناوری را کاهش می‌دهد، و مانع از جذب سرمایه‌گذاری خارجی می‌شود، سیاستگذاران باید پیچیدگی‌های مرتبط با تخریب محیط زیست و پیوند آن با رشد اقتصادی را در طراحی سیاست‌های زیست محیطی در نظر بگیرند.

منابع

1. **Ahmadian, M., Abdoli, G., Jebel Ameli, F., Shanankhah, M. and Khorasani, S.A., 2017.** Effect of Environment Degradation on Economic Growth (Evidence from 32 Developing Countries). *Journal of Economic Growth and Development Research*, Vol. 7 (27), pp. 17–28. (In Persian with English Abstract)
2. **Abubakar, H. and Abdullahi, K., 2022.** Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth Nexus in Nigeria: The Role of Financial Developmen. *American Journal of Social Sciences and Humanities*, Vol. 7 (2), pp. 69–84.
3. **Acheampong, A.O. and Opoku, E.E.O., 2023.** Environmental Degradation and Economic Growth: Investigating Linkages and Potential Pathways. *Energy Economics*, Vol. 123, 106734.
4. **Arora, S., 2001.** Health, Human Productivity, and Long-Term Economic Growth. *Journal of Economic History*, Vol. 61 (3), pp. 699–749.
5. **Barro, R., 1999.** Human Capital and Growth in Cross Country Regressions. *Swedish Economic Policy Review*, Vol. 6, pp. 237–277.
6. **Barro, R.J. and Lee, J.W., 1996.** International Measures of Schooling Years and Schooling Quality. *American Economic Review*, Vol. 86, pp. 218–223.

- Countries. *Journal of Policy Model*, Vol. 42 (5), pp. 1106–1122.
26. **Prashanth Manda, S.D. and Ali, A., 2023.** CO₂ Emissions and Its Effect on Economic Growth. Master Thesis in Finance, BI Norwegian Business School.
 27. **Romer, P.M., 1986.** Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, Vol. 94, pp. 1002–1037.
 28. **Saliminezhad, A., Ozdeser, H. and Birnintsaba, D.A.B., 2021.** Environmental Degradation and Economic Growth: Time-Varying and Nonlinear Evidence from Nigeria. *Environment, Development and Sustainability: A Multidisciplinary Approach to the Theory and Practice of Sustainable Development*, Springer, Vol. 24 (5), pp. 6288–6301.
 29. **Sobel, M.E., 1982.** Asymptotic Confidence Intervals for Indirect Effects in Structural Equation Models. *Sociological Methodology*, Vol. 13, pp. 290–312.
 30. **Tong, S. and Ebi, K., 2019.** Preventing and Mitigating Health Risks of Climate Change. *Environmental Research*, Vol. 174, pp. 9–13.
 31. **USGCRP. 2018.** Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, vol. II: [Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart Retrieved from.
 32. **Varahrami, V. and Kolivand, F., 2021.** Survey Environmental Effects of Emotion of Pollutions on Economic Growth Respect to Human Development Index in Oil Countries. *Environment and Interdisciplinary Development*, Vol. 6 (72), pp. 50–62. (In Persian with English Abstract)
 33. **Well, D.N., 2007.** Accounting for the Effect of Health on Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 122 (3), pp. 1265–1306.
 18. **Lucas, R., 1988.** On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, Vol. 22, pp. 3–42.
 19. **Mardani, A., Streimikiene, D., Cavallaro, F., Loganatha, N. and Khoshnoudi, M., 2019.** Carbon Dioxide (CO₂) Emissions and Economic Growth: A Systematic Review of Two Decades of Research from 1995 to 2017. *Science of The Total Environment*, Vol. 649, pp. 31–49.
 20. **Mohebbinia, F. and Tahamipour, M., 2023.** Evaluating the Mutual Effects of Economic Growth and Environmental Degradation (Analysis of the Main Economic Sectors in IRAN). *Environment and Interdisciplinary Development*, Vol. 8 (80), pp. 15–28. (In Persian with English Abstract)
 21. **Moosa, I., 2002.** *Foreign Direct Investment Theory, Evidence and Practice.* Springer, Berlin. <https://doi.org/10.1057/9781403907493>.
 22. **Mousavim, S.N. and Zarei, S., 2017.** Environmental and Social Capital Contribution to Iranian Economic Growth. *Agricultural Economics*, Vol. 11 (1), pp. 185–209. (In Persian with English Abstract)
 23. **Nordhaus, W.D., 2006.** Geography and Macroeconomics: New Data and New Findings. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 103 (10), pp. 3510–3517.
 24. **Porter, M.E. and Linde, C., 1995.** Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 9 (4), pp. 97–118.
 25. **Pradhan, R.P., Arvin, M.B., Nair, M. and Bennett, S.E., 2020.** The Dynamics Among Entrepreneurship, Innovation, and Economic Growth in the Eurozone





Impact of Environmental Quality on Economic Growth with an Emphasis on the Role of Mediating Variables

Seyed Kamal Sadeghi¹, Suhd Qasim Ghantab Almagsoosi^{*1}

^{1*}- Department of Economics, Faculty of Economics and Management, Tabriz University, Tabriz, Iran

Original Article

Received:
2025.05.31

Accepted:
2025.09.28

Keywords:
CO₂ emissions,
Economic Growth,
Generalized
Method of
Moments,
Iran economy

Abstract

Introduction: Identifying the causes and factors of economic growth, especially in developing countries, has always been an important concern of researchers and policymakers. The importance of this issue is more prominent in regions that have lower economic growth such as developing countries. One of the factors that can affect economic growth is environmental quality, and in particular, greenhouse gases emissions. Environmental quality can affect economic growth through several channels. The most important of these channels include health, FDI, and technological innovation. Accordingly, considering the importance of economic growth on the one hand, and the possibility of direct and indirect impacts of CO₂ emissions on economic growth on the other hand, this study aims to investigate the effect of carbon dioxide emissions on economic growth by emphasizing on three channels of health, foreign direct investment and technological innovation in Iran during the period 1981-2023 applying a time series data regression approach based on generalized method of moments.

Materials and Methods: The general form of the model used in this study is an improved form of Acheampong and Opoku (2023) model which is estimated applying Generalized Method of Moments (GMM). The reason for using this method is that this approach has high flexibility and requires few initial assumptions. In addition, this estimator is used in models in which endogeneity resulting from estimating specific unobservable effects and the inclusion of lagged dependent variable as an explanatory variable is a fundamental problem. After estimating the four models in question, the Sobel test is used to examine the mediating role of the three variables.

Results: According to the results, the impact of carbon dioxide emissions on economic growth is inverted U-shaped. This means that up to a certain level of pollution, a decrease in environmental quality leads to an increase in economic growth, and after reaching a threshold level, an increase in pollution is associated with a decrease in economic growth. Also, an increase in carbon dioxide emissions leads to an increase in mortality and thus reduces economic growth. In addition, carbon dioxide emission decreases foreign direct investment and thus has a negative impact on economic growth. Carbon dioxide emissions also reduces economic growth through a decrease in technological innovation. Therefore, according to the results of this study, carbon dioxide emission leads to a decrease in economic growth through health, foreign direct investment, and technological innovation.

Discussion: According to the results, the following policy recommendations are presented:

- Policymakers should be careful in combating environmental pollution so that their tools and strategies for reducing greenhouse gases emissions do not lead to distortion of production activities and reduced economic growth.
- Policymakers should consider the complexities associated with environmental degradation and its link to economic growth in designing environmental policies.