

## The Effect of Innovation and Financial Development on CO<sub>2</sub> Emissions

Younes Nademi<sup>1✉</sup> | Masoumeh Dalvandi<sup>2</sup>

1. Assistant Prof of Economics, Ayatollah Borujerdi University, Borujerd, Iran. (Corresponding Author).

E-mail: [Younesnademi@abru.ac.ir](mailto:Younesnademi@abru.ac.ir)

2. M.Sc. in Economics, Allameh Tabatabaie, University, Tehran, Iran. E-mail: [Masoumeh\\_dalvandi98@atu.ac.ir](mailto:Masoumeh_dalvandi98@atu.ac.ir)

---

---

### Article Info

### ABSTRACT

**Article type:**

Research Article

**Article history:****Received:**

7 May 2023

**Received in revised form:**

30 May 2023

**Accepted:**

16 August 2023

**Published online:**

21 September 2023

**Keywords:**

innovation,  
CO<sub>2</sub> emission,  
Financial development,  
generalized method of  
moments

The Paris Climate Conference commits countries to contribute to the reduction of global warming through nationally determined contributions and calls on countries to reduce greenhouse gas emissions to improve environmental quality. Realizing the importance of innovation and financial sector development for environmental quality, several countries have identified ways to improve environmental quality, however, the relationship between innovation, financial development and pollution has not yet been studied. The results of generalized panel moments based on Data from 31 selected countries in the world in the period of 1990-2021 showed that innovation increases environmental pollution. Therefore, extreme and unbridled innovation beyond a certain point may be unhealthy for the environment, suggesting that there may be a potential threshold level of innovation beyond which the impact of innovation changes. For this possible threshold level, the innovation square is included in the environmental quality equation. However, the squared coefficient of innovation is meaningless. While financial development reduces pollution. The coefficient of the multiplicative interaction term is also negative, indicating that while financial development reduces environmental degradation, a higher level of innovations reduces the destructive effect of finance on carbon emissions. Real GDP per capita, urbanization and trade openness are also negatively related to CO<sub>2</sub> emissions. On the other hand, human capital does not have a significant effect on CO<sub>2</sub> emissions. On the other hand, human capital does not have a significant effect on CO<sub>2</sub> emissions. In this regard, governments should take steps to reduce pollution by supporting production and consumption, saving energy by using solar energy and developing public transportation and using environmentally friendly technologies. Governments should also consider tax incentives for domestic and foreign companies to direct research and development and energy efficiency towards low-carbon production.

---

**Cite this article:** Nademi, Y., & Dalvandi, M. (2023). The effect of financial development and innovation on CO<sub>2</sub> emissions. *Journal of Innovation Economic Ecosystem Studies*, 3 (2), 1-18.

<http://doi.org/10.22111/INNOECO.2023.45415.1061>



© The Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

---

## اثر نوآوری و توسعه مالی بر انتشار دی‌اکسید کربن

یونس نادمی<sup>۱</sup> | معصومه دالوندی<sup>۲</sup>

۱. نویسنده مسئول، استادیار اقتصاد، دانشگاه آیت الله بروجردی، ایران. رایانامه: [Younesnademi@abru.ac.ir](mailto:Younesnademi@abru.ac.ir)  
 ۲. کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی تهران، ایران. رایانامه: [Masoumeh\\_dalvandi98@atu.ac.ir](mailto:Masoumeh_dalvandi98@atu.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۳۰</p> <p>تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۴/۹</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۲۹</p> <p>تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۶/۳۰</p> <p>واژه‌های کلیدی:                      نوآوری،                      انتشار CO<sub>2</sub>،                      توسعه مالی،                      روش گشتاورهای تعمیم‌یافته</p>	<p>کنفرانس آب و هوای پاریس، کشورها را متعهد می‌کند تا از طریق مشارکت‌های تعیین‌شده ملی در کاهش گرمایش جهانی مشارکت کنند و از کشورها خواستار کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برای بهبود کیفیت محیطی است. با درک اهمیت نوآوری و توسعه بخش مالی برای کیفیت محیط زیست، چندین کشور به شناسایی راه‌هایی برای بهبود کیفیت محیط زیست پرداخته‌اند با این حال، ارتباط نوآوری، توسعه مالی و آلودگی هنوز مورد مطالعه قرار نگرفته است. نتایج گشتاورهای تعمیم‌یافته پانلی با تکیه بر داده‌های ۳۱ کشور منتخب جهان در بازه زمانی ۲۰۲۱-۱۹۹۰ نشان داد که نوآوری آلودگی محیط زیست را افزایش می‌دهد. بنابراین، نوآوری افراطی و افسارگسیخته فراتر از یک نقطه خاص ممکن است برای محیط زیست ناسالم باشد و نشان می‌دهد که ممکن است سطح آستانه بالقوه نوآوری وجود داشته باشد که فراتر از آن تأثیر نوآوری تغییر می‌کند. برای این سطح آستانه احتمالی مربع نوآوری در معادله کیفیت محیطی گنجانده می‌شود. با این حال، ضریب مجذور نوآوری بی‌معنی است. در حالی که توسعه مالی آلودگی را کاهش می‌دهد. ضریب عبارت تعاملی ضریبی نیز منفی است و نشان می‌دهد که در حالی که توسعه مالی تخریب محیط زیست را کاهش می‌دهد، سطح بالاتری از نوآوری‌ها تأثیر مخرب مالی بر انتشار کربن را کاهش می‌دهد. تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی، شهرنشینی و باز بودن تجاری نیز به طور منفی با انتشار CO<sub>2</sub> مرتبط هستند. از سوی دیگر، سرمایه انسانی تأثیر معناداری بر انتشار CO<sub>2</sub> ندارد. در همین راستا دولت‌ها باید با حمایت از تولید و مصرف، صرفه‌جویی در بخش انرژی با بکارگیری انرژی خورشیدی و توسعه حمل و نقل عمومی و استفاده از فناوری‌های دوستدار محیط‌زیست در راستای کاهش آلودگی گام بردارند. همچنین دولت‌ها باید مشوق‌های مالیاتی را برای شرکت‌های داخلی و خارجی در نظر بگیرند تا تحقیق و توسعه و بهره‌وری انرژی را به سمت تولیدات کم کربن هدایت کنند.</p>

استناد: نادمی، یونس؛ و دالوندی، معصومه (۱۴۰۲). اثر نوآوری و توسعه مالی بر انتشار دی‌اکسید کربن. *مطالعات زیست‌بوم اقتصاد نوآوری*، ۳ (۲)، ۱-۱۸.

<http://doi.org/10.22111/INNOECO.2023.45415.1061>

## مقدمه

در چند دهه گذشته آلودگی و افزایش دما دو موضوع اصلی جهانی در رابطه با محیط زیست هستند. منبع اصلی این دو مشکل انتشار گازهای گلخانه‌ای است. بر اساس گزارش هیئت بین‌دولتی تغییرات اقلیمی<sup>۱</sup> (۲۰۱۹)، گازهای گلخانه‌ای که باعث نگرانی کشورها درباره آلودگی و افزایش دما هستند، عبارتند از: کربن دی اکسید (CO<sub>2</sub>)، اکسید نیتروژن (N<sub>2</sub>O) و متان (CH<sub>4</sub>). در میان این آلاینده‌های گازهای گلخانه‌ای، انتشار CO<sub>2</sub> به دلیل تأثیرات مضر آن بر سلامت انسان و همچنین محیط‌زیست به طور فزاینده‌ای کشنده است. سازمان حفاظت محیط‌زیست<sup>۲</sup> (۲۰۱۷) نشان می‌دهد در حالی که CH<sub>4</sub> و N<sub>2</sub>O به ترتیب ۱۶٪ و ۴٪ از انتشار جهانی را تشکیل می‌دهند، CO<sub>2</sub>، ۷۶٪ از انتشار جهانی را شامل می‌شود. درخواستها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به اقدام جهانی و تصویب پروتکل‌های بین‌المللی شده است. پروتکل کلیدی در میان این پروتکل‌ها، پروتکل کیوتو است که دولت‌ها را متعهد به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌کند. اخیراً، کنفرانس آب و هوای پاریس که در سال ۲۰۱۵ برگزار شد نیز کشورها را به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تشویق کرد. یک نتیجه مهم این کنفرانس برنامه اقدام جهانی بود که تمام ۱۹۶ کشور شرکت کننده را متعهد می‌کند در کاهش گرمایش جهانی مشارکت کنند. در نتیجه، مشارکت‌های تعیین شده ملی (NDCs) از کشورها می‌خواهد تا برای کاهش انتشار ملی و بهبود کیفیت زیست محیطی تلاش کنند. با این حال، ذکر این نکته ضروری است که موفقیت کنفرانس آب و هوای پاریس در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به مصرف انرژی کشورها و انتشاردهنده‌های اصلی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه CO<sub>2</sub> بستگی دارد (شفافیت آب و هوا<sup>۳</sup>، ۲۰۱۹). نیاز به کاهش آلودگی و بهبود کیفیت محیطی منجر به تلاش‌هایی با هدف شناسایی عوامل کلیدی موثر بر انتشار شده است. به عنوان مثال، مطالعات موجود رشد اقتصادی (داودا و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۹)، شهرنشینی (شهباز و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۱۶؛ صلاح الدین و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۱۹)؛ نهادها (عبید<sup>۷</sup>، ۲۰۱۷)، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (شهباز و همکاران<sup>۸</sup>، ۲۰۱۸؛ نصیر و همکاران<sup>۹</sup>، ۲۰۱۹) و مصرف انرژی تجدیدپذیر (چنگ و همکاران<sup>۹</sup>، ۲۰۱۹) را به عنوان عوامل مهم موثر بر آلودگی شناسایی کرده‌اند. از طرفی نوآوری و سطح توسعه بخش مالی کشورها نیز با توجه به نقش آنها در تخریب محیط زیست مورد توجه قرار گرفته‌اند. طبق نظر مارانویل<sup>۱۰</sup> (۱۹۹۲)، نوآوری شامل کشف و جذب فناوری‌ها و محصولات بهتر است. بنابراین، نوآوری می‌تواند شامل پذیرش و استفاده از یک اختراع به منظور ایجاد اثر مفید در جامعه باشد. گو و وانگ<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۸) معتقدند که نوآوری ابزاری است که به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در محیط زیست کمک می‌کند. در نتیجه، کشورها سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه (R&D) را از طریق تمهیدات بودجه‌ای برای تحقیق و توسعه رواج داده‌اند. بنابراین نوآوری بالاتر، انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد (سو و موانبیا<sup>۱۲</sup>،

1. IPCC
2. EPA
3. Climate Transparency
4. Dauda et al
5. Shahbaz et al
6. Salahuddin et al
7. Abid
8. Nasir et al
9. Cheng et al
10. Maranville
11. Gu & Wang
12. Su & Moaniba

۲۰۱۷؛ آلدیری و همکاران<sup>۱۳</sup>، ۲۰۱۹). با این حال، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد آلودگی با نوآوری افزایش می‌یابد، زیرا هزینه‌های R&D بیشتر می‌تواند منجر به مصرف انرژی بیشتر شود (رایزر و همکاران<sup>۱۴</sup>، ۲۰۱۷؛ مشتاق و همکاران<sup>۱۵</sup>، ۲۰۲۰). از طرفی، توسعه بخش مالی با تامین منابع مالی از مصرف سوخت‌های کارآمد انرژی حمایت می‌کند و کیفیت محیطی را بهبود می‌بخشد (تمازیان و همکاران<sup>۱۶</sup>، ۲۰۰۹). البته ممکن است سایر محققان با اثر کاهش آلودگی توسعه مالی مخالف باشند (چارفالدین و کاهیا<sup>۱۷</sup>، ۲۰۱۹).

هدف این مطالعه بررسی روابط بین نوآوری، توسعه مالی و آلودگی محیط زیست در کشورهای منتخب جهان است. در بیشتر موارد، شواهد مختلف کار را برای سیاستگذاران در مورد سیاست‌های لازم برای کاهش انتشار و آلودگی محیط زیست دشوار می‌کند. توجه اندک به ارتباط بین هر سه متغیر نوآوری-توسعه مالی و آلودگی در ادبیات موضوع و همچنین عدم وجود مطالعات داخلی مربوط به این مبحث نویسندگان را به بررسی رابطه سه متغیر بطور همزمان ترغیب کرده تا این خلا در ادبیات را پر کند. به عبارت دیگر، چگونگی میانجیگری سطح نوآوری کشورها در رابطه بین توسعه مالی و آلودگی هنوز مورد مطالعه قرار نگرفته است. با توجه به شکاف‌های تحقیقاتی مشاهده شده در بالا، این مطالعه اساساً با هدف پر کردن این شکاف‌ها انجام می‌شود و با انجام این کار کمک قابل توجهی به ادبیات موجود از طرق مختلف دارد: اول، این مطالعه شواهدی پیشگام در مورد تاثیر نوآوری بر آلودگی ارائه می‌کند. دوم، نسبت به مطالعات موجود که از شاخص‌های توسعه مالی مبتنی بر بانک یا بازار استفاده می‌کردند، با تکیه بر شاخص توسعه بخش مالی (که ترکیبی از ماهیت چند بعدی بخش مالی است) از بکارگیری شاخص‌های توسعه مالی مبتنی بر یک بعد فراتر رفته است. سوم، فراتر از اثرات مستقیم نوآوری و توسعه مالی، این مطالعه همچنین نقش واسطه‌ای نوآوری در رابطه توسعه مالی-آلودگی را آشکار می‌کند. ادامه مطالعه به شرح زیر سازماندهی شده است: بخش دوم ادبیات موضوع را بررسی می‌کند. بخش سوم روش‌شناسی پژوهش را ارائه می‌دهد و بخش چهارم به یافته‌های تجربی می‌پردازد. بخش پنجم نیز که پایان بخش مقاله است به نتیجه‌گیری و پیشنهادهای اختصاص دارد.

## ۲. ادبیات موضوع

### روابط نوآوری-توسعه مالی-آلودگی

این بخش مروری بر ادبیات روابط نوآوری-توسعه مالی-آلودگی ارائه می‌دهد که شامل دو بخش است: بخش اول به مطالعاتی اختصاص دارد که ارتباط بین نوآوری و آلودگی محیطی را بررسی می‌کند، در حالی که بخش دوم، ادبیات مربوط به ارتباط توسعه مالی و آلودگی را مورد بررسی قرار خواهد داد.

3. Aldieri et al  
4. Raiser et al  
5. Mushtaq et al  
6. Tamazian et al  
7. Charfeddine & Kahia

## ۲-۱. روابط نوآوری و آلودگی محیط زیست

درخواست‌ها برای کیفیت زیست محیطی پاک‌تر منجر به جستجوی روش‌هایی برای کاهش آلودگی محیط زیست شده است. نوآوری به‌عنوان کانالی که کشورها می‌توانند از طریق آن انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند، ضروری است. نوآوری‌ها در زمینه تولید انرژی تجدیدپذیر به کاهش مصرف بیش از حد انرژی و در نتیجه کاهش انتشار کربن کمک می‌کنند. از طریق نوآوری، اشکال جدیدی از سوخت‌های زیستی و وسایل نقلیه و وسایل کارآمد انرژی اختراع می‌شوند که همگی به کاهش انتشار آلاینده‌های مرتبط کمک می‌کنند (ابراهیم و وو<sup>۱۸</sup>، ۲۰۲۱).

تحقیقات در مورد تاثیر نوآوری بر آلودگی محیط زیست به طرز شگفت‌انگیزی در حال رشد است، حتی اگر یافته‌ها تا حد زیادی توسط کشورهای مختلف، رویکردهای تخمینی و دوره‌های زمانی غیرقطعی باشند. به عنوان مثال، کومار و ماناگی<sup>۱۹</sup> (۲۰۰۹) به طور تجربی ارتباط نوآوری فن آوری- انتشار کربن را در ۸۰ اقتصاد بین سال‌های ۱۹۷۱-۲۰۰۰ بررسی کردند. نتایج آنها نشان می‌دهد در حالی که نوآوری‌های تکنولوژیکی به انتشار CO<sub>2</sub> در کشورهای توسعه یافته کمک کرده است، در اکثر اقتصادهای در حال توسعه نیز نوآوری بهبود یافته باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. کارین فلورس و اینس<sup>۲۰</sup> (۲۰۱۰) همچنین نشان می‌دهند که نوآوری‌های زیست محیطی به طور قابل توجهی آلودگی را در ایالات متحده کاهش می‌دهند. با وجود این، وانگ و همکاران<sup>۲۱</sup> (۲۰۱۲) مشاهده کردند که فعالیت‌های نوآوری در سوخت‌های فسیلی تأثیر ناچیزی بر انتشار دارند، در حالی که تأثیر فعالیت‌های نوآوری بدون کربن بسیار واضح است. این یافته با ژائو و همکاران<sup>۲۲</sup> (۲۰۱۳) ناسازگار است که گزارش می‌دهند که نوآوری باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در چین می‌شود. در مالزی، یی و گیتا<sup>۲۳</sup> (۲۰۱۷) دیدگاه متفاوتی را با نشان دادن این موضوع ارائه می‌کنند که تأثیر بهبود کیفیت محیطی نوآوری تنها در کوتاه‌مدت و بدون تأثیر بلندمدت قابل توجه است. نتایج بیشتر از آزمون علیت گرنجر نشان می‌دهد که نوآوری تنها در کوتاه‌مدت منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. شهباز و همکاران (۲۰۱۸) از داده‌های مربوط به سال‌های ۱۹۵۵ تا ۲۰۱۶ برای بررسی رابطه نوآوری انرژی - انتشار کربن در فرانسه استفاده کردند. نویسندگان دریافتند که نوآوری انرژی به طور قابل توجهی انتشار کربن را کاهش می‌دهد. این یافته با مطالعه مشتاق و همکاران (۲۰۲۰) ناسازگار است که ضریب مثبت و معناداری نوآوری را مشاهده می‌کنند و نشان می‌دهند که در سطح ملی، نوآوری باعث تخریب محیط زیست در چین می‌شود. با این حال، با تفکیک نمونه بر اساس مناطق، یافته‌ها نشان می‌دهند که در حالی که نوآوری باعث تخریب محیط زیست در منطقه شمال غرب می‌شود، در مورد مناطق شرقی و جنوب غربی، نوآوری بالاتر کیفیت محیطی را بهبود می‌بخشد. فراتر از مطالعات سری زمانی که فقط بر روی یک کشور متمرکز هستند، رشته دیگری از ادبیات شواهدی را در مورد رابطه نوآوری-انتشار با استفاده از مجموعه داده‌های پانل ارائه می‌کند. به عنوان مثال، وولد و نوایلی<sup>۲۴</sup> (۲۰۱۶) با استفاده از داده‌های ۱۴ کشور در OECD در دوره ۱۹۷۵-۲۰۰۵ بیان می‌کنند که در حالی که نوآوری‌های زیست محیطی شدت انرژی بخش‌های

1. Ibrahim & Vu
2. Kumar & Managi
3. Carrion-Flores & Innes
4. Wang et al
5. Zhao et al
6. Yii & Geetha
1. Wurlod & Noailly

صنعتی را کاهش می‌دهد، تاثیر نوآوری بر انتشار کربن قطعی نیست. سانترا<sup>۲۵</sup> (۲۰۱۷) دریافت که نوآوری باعث افزایش مصرف انرژی و انتشار کربن در اقتصادهای برزیل، روسیه، هند، چین و آفریقای جنوبی (BRICS) خواهد شد. سو و موانیبا (۲۰۱۷) با استفاده از داده‌های ۷۰ کشور و بکارگیری روش GMM، تأثیر نوآوری بر تغییرات آب و هوا را بررسی کردند. نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که نوآوری در سوخت مایع و گاز طبیعی به طور قابل توجهی آلودگی محیط زیست را کاهش می‌دهد. یان و همکاران<sup>۲۶</sup> (۲۰۱۷) تأثیر نوآوری بر انتشار CO<sub>2</sub> در ۱۵ اقتصاد بزرگ را در دوره ۱۹۹۲-۲۰۱۲ بررسی می‌کنند. با استفاده از نوآوری مبتنی بر حق اختراع، نویسندگان هیچ مدرکی دال بر تأثیر قابل توجه نوآوری بر انتشار کربن پیدا نکردند. منساه و همکاران<sup>۲۷</sup> (۲۰۱۸) برای بررسی تأثیر نوآوری بر انتشار CO<sub>2</sub> بر داده‌های ۲۸ اقتصاد OECD برای دوره ۱۹۹۰-۲۰۱۴ تکیه می‌کنند. نتایج حاصل از روش ARDL نشان می‌دهد که نوآوری به طور کلی به کاهش انتشار کربن در اکثر کشورهای OECD کمک می‌کند. آلدی و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از همجمعی پانل طی سال‌های ۲۰۱۱-۱۹۸۱ در کشورهای OECD مشاهده کردند که نوآوری به کاهش انتشار CO<sub>2</sub> کمک می‌کند. داودا و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از ۱۸ اقتصاد توسعه یافته و در حال توسعه پیشنهاد می‌کنند که نوآوری انتشار کربن را در اقتصادهای G-۶ کاهش می‌دهد. با این حال، نوآوری بالاتر تخریب محیط زیست را در اقتصادهای BRICS و خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA) افزایش می‌دهد. اخیراً، نگوین و همکاران<sup>۲۸</sup> (۲۰۲۰) نقش فناوری اطلاعات، نوآوری و امور مالی را در آلودگی با تکیه بر داده‌های ۱۳ اقتصاد منتخب G-۲۰ و با بکارگیری روش FMOLS تعیین می‌کنند، آن‌ها دریافتند که در حالی که هم فناوری اطلاعات و هم هزینه‌های مربوط به نوآوری آلودگی را کاهش می‌دهند، بخش مالی توسعه یافته انتشار کربن را افزایش می‌دهد. احمد و همکاران<sup>۲۹</sup> (۲۰۲۰) با مدل‌سازی معادلات همزمان بر روی ۲۴ اقتصاد OECD در بازه زمانی ۱۹۹۳-۲۰۱۴ دریافتند که سوخت‌های فسیلی، نوآوری و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از عوامل اصلی انتشار CO<sub>2</sub> هستند. به گفته نویسندگان، نوآوری بیشتر باعث کاهش انتشار کربن در منطقه نمی‌شود. این یافته با نگوین و همکاران (۲۰۲۰) ناسازگار است (همانطور که در بالا مشاهده شد). خاتک و همکاران<sup>۳۰</sup> (۲۰۲۰) با استفاده از اقتصادهای بریکس در دوره ۲۰۱۶-۱۹۸۰ اثر ناهمگن نوآوری را بر آلودگی پیدا کردند. نویسندگان دریافتند که، به استثنای برزیل، فعالیت‌های نوآوری کیفیت محیطی را در چین، هند، روسیه و آفریقای جنوبی بهبود نمی‌بخشد. در واقع، چنین استنباط می‌شود که تأثیر دقیق نوآوری بر تخریب محیط زیست نامعلوم است. داربیدی و همکاران (۱۳۹۹) تأثیر نوآوری بر انتشار آلودگی استان‌های ایران در چارچوب منحنی زیست محیطی کوزنتس و با بکارگیری رهیافت اقتصاد سنجی فضایی طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۸۶ را بررسی کردند. نتایج گویای این امر است که نوآوری و سرمایه انسانی تأثیر منفی و معنی‌داری بر انتشار آلودگی هوا در استان‌های ایران دارند. همچنین نوآوری منجر به این امر می‌شود که نقطه بازگشت منحنی کوزنتس در سطح تولید ناخالص داخلی سرانه کمتری اتفاق بیفتد.

2. Santra
3. Yan et al
4. Mensah et al
1. Nguyen et al
2. Ahmad et al
3. Khattak et al

## ۲-۲. توسعه بخش مالی و آلودگی زیست محیطی

کار نظری شومپیتر<sup>۳۱</sup> (۱۹۱۱) برای اولین بار تاثیر افزایش رشد سیستم‌های مالی به خوبی توسعه یافته را بر رشد اقتصادی برجسته کرد. طبق نظر شومپیتر (۱۹۱۱)، بخش مالی با ارائه خدمات و منابع مالی مورد نیاز، رشد را افزایش می‌دهد. در همین راستا، مطالعات تجربی در مورد پیوند مالی-رشد با یک اجماع قوی رشد کرده است که بخش‌های مالی توسعه یافته، رشد اقتصادی را ارتقا می‌دهند (لوین و همکاران<sup>۳۲</sup>، ۲۰۰۰؛ لوین، ۲۰۰۴؛ ابراهیم و آلاگیدید<sup>۳۳</sup>، ۲۰۱۸). به گفته لوین (۲۰۰۴)، بخش‌های مالی توسعه یافته با انباشت سرمایه و بسیج پس انداز، بهبود عدم تقارن اطلاعات، نظارت بر سرمایه‌گذاری و مبادله کالاها و خدمات، رشد اقتصادی را ارتقا می‌دهند. سطح بخش‌های مالی کشورها نقش مهمی برای محیط زیست دارد. در واقع بخش مالی از طریق ارتقاء پیشرفت تکنولوژی در بخش‌های انرژی که برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ضروری است، بر انتشار گازهای گلخانه‌ای نظارت می‌کند (عباسی و ریاض<sup>۳۴</sup>، ۲۰۱۶؛ صلاح الدین و همکاران، ۲۰۱۵). با در دسترس قرار دادن سرمایه مالی برای فعالیتهای خلاقانه و تامین مالی فعالیتهای تحقیق و توسعه، بخش‌های مالی می‌توانند با کمک به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، نقش مهمی در ارتقای کیفیت محیط زیست ایفا کنند (سادورسکی<sup>۳۵</sup>، ۲۰۱۰). به دنبال این استدلال، آلودگی محیط زیست با توسعه بخش مالی کاهش می‌یابد. از نظر تجربی، تامازیان و همکاران (۲۰۰۹) به یک رابطه منفی بین بخش مالی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در BRICS دست یافتند. مطالعات دیگر همچنین نشان می‌دهد که کیفیت محیط زیست با توسعه مالی در چین (جلیل و فریدون<sup>۳۶</sup>، ۲۰۱۱)، آفریقای جنوبی (شهباز و همکاران، ۲۰۱۳ a)، مالزی (شهباز و همکاران، ۲۰۱۳ b) و پاکستان (عباسی و ریاض، ۲۰۱۶) بهبود می‌یابد. تامازیان و راثو<sup>۳۷</sup> (۲۰۱۰) با تکیه بر داده‌های ۲۴ اقتصاد در حال گذار نشان می‌دهند که آزادسازی مالی کیفیت محیطی را از طریق کاهش انتشار کربن افزایش می‌دهد. شهباز و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از روش بوت استرپ بر روی داده‌های فرانسه در بازه زمانی ۲۰۱۶-۱۹۵۵ نشان می‌دهند که بخش مالی از انتشار گازهای گلخانه‌ای جلوگیری می‌کند و در نتیجه کیفیت محیط را بهبود می‌بخشد. به طور مشابه، المولالی و ساب<sup>۳۸</sup> (۲۰۱۲) مشاهده کردند که بخش مالی با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق اجرای استراتژی‌های مالی صحیح، کیفیت محیطی را بهبود می‌بخشد. پاراماتی و همکاران<sup>۳۹</sup> (۲۰۱۷) طی دوره ۲۰۱۲-۱۹۹۱ و روش FMOLS دریافتند که بهبود در بازار سهام تنها در اقتصادهای توسعه یافته در میان کشورهای G-۲۰ انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد. عبید (۲۰۱۷) طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۱ از ۴۱ اقتصاد اتحادیه اروپا و ۵۸ اقتصاد خاورمیانه و آفریقا استفاده کرد. نتایج حاصل از GMM سیستمی نشان می‌دهد که تخریب محیطی با توسعه مالی

1. Schumpeter
2. Levine et al
3. Ibrahim & Alagidede
4. Abbasi & Riaz
5. Sadorsky
6. Jalil & Feridun
7. Tamazian & Rao
8. Al\_Mulali & Sabs
9. Paramati et al

کاهش می‌یابد و این یافته صرف نظر از منطقه برقرار است. این یافته که با مطالعه المولالی و ساب (۲۰۱۲) مطابقت دارد، نشان می‌دهد که توسعه مالی بالاتر کیفیت محیطی را افزایش می‌دهد. فراتر از اثر افزایش کیفیت محیطی توسط بخش مالی، بخش دیگری از ادبیات وجود دارد که نشان می‌دهد بخش مالی توسعه یافته ممکن است با افزایش تولید، آلودگی را افزایش دهد که ممکن است متعاقباً منجر به تخریب شود (چارفالدین و کاهیا، ۲۰۱۹). ژانگ<sup>۴۰</sup> (۲۰۱۱) به این نتیجه رسید که بخش‌های مالی توسعه یافته انتشار کربن را به دلیل تخصیص ناکارآمد منابع به شرکت‌ها افزایش می‌دهند. مطالعه ریچارد<sup>۴۱</sup> (۲۰۱۰) نشان می‌دهد که افزایش در بی‌ثباتی مالی منجر به تخریب بیشتر محیط زیست می‌شود. این شواهد با مطالعه شهباز (۲۰۱۳) مطابقت دارد که نشان می‌دهد بی‌ثباتی مالی باعث افزایش آلودگی محیط زیست در پاکستان می‌شود. با این حال، عباسی و ریاض (۲۰۱۶) دریافتند که بخش‌های مالی به خوبی توسعه یافته باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای نمی‌شود. در عوض، افزایش بیشتر توسعه مالی باعث افزایش آلودگی می‌شود. نصیر و همکاران (۲۰۱۹) گزارش می‌دهند که بهبود بخش‌های مالی باعث افزایش آلودگی در آسه آن می‌شود. به طور مشابه، هاگ و اوکال<sup>۴۲</sup> (۲۰۱۹) دریافتند که انتشار کربن با توسعه مالی افزایش می‌یابد. مطالعه ظفر و همکاران<sup>۴۳</sup> (۲۰۱۹) با استفاده از داده‌های اقتصادهای G-۷ و N-۱۱، یافته‌های جالبی را نشان می‌دهد. نویسندگان نشان می‌دهند که توسعه مالی بیشتر مبتنی بر بانک، آلودگی را در اقتصادهای G-۷ کاهش می‌دهد، در حالی که آلودگی را در اقتصادهای N-۱۱ افزایش می‌دهد. یافته‌های بیشتر همچنین نشان می‌دهد که بازارهای سهام باعث افزایش تخریب در اقتصادهای G-۷ می‌شوند، در حالی که تخریب در اقتصادهای N-۱۱ کاهش می‌یابد. اوزتورک و آکاراوجی<sup>۴۴</sup> (۲۰۱۳) نشان می‌دهند که بهبود در سیستم‌های مالی کشورها منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در ترکیه نمی‌شود. اوزتورک و آکاراوجی (۲۰۱۳) و چارفالدین و کاهیا (۲۰۱۹) به این نتیجه رسیدند که بخش‌های مالی به خوبی توسعه یافته بر کیفیت محیطی در MENA تأثیر نمی‌گذارد، که نویسندگان آن را به ماهیت نوپای بازارهای مالی آن‌ها نسبت می‌دهند. اصغرپور و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر بلندمدت توسعه اقتصادی و توسعه مالی بر کیفیت محیط زیست کشورهای منتخب عضو اوپک را طی دوره ۲۰۰۷-۱۹۷۳ مورد مطالعه قرار دادند. یافته‌ها نشان‌دهنده تأثیر منفی و معنی‌دار شاخص‌های توسعه مالی بر انتشار دی‌اکسیدکربن به عنوان معیاری برای تخریب‌های زیست محیطی است. مهدوی و امیربابایی (۱۳۹۴) با بکارگیری یک مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی اثر توسعه مالی را بر کیفیت محیط زیست ایران برای سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۷۳ مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر رابطه معکوس انتشار دی‌اکسیدکربن با توسعه مالی است. باقری (۱۴۰۰) تأثیر توسعه مالی بر آلودگی محیط زیستی و مصرف انرژی در کشورهای عضو اوپک در دوره ۲۰۱۸-۱۹۹۲ را مورد مطالعه قرار می‌دهد. نتایج در این کشورها در قالب سه مدل اثر مثبت توسعه مالی و مصرف انرژی بر آلودگی محیط زیست را نشان می‌دهد.

1. Zhang
2. Richard
3. Haug & Ucal
4. Zafar et al
5. Ozturk & Acarawci



## ۳. روش‌شناسی

## ۳-۱. داده‌ها

این مطالعه از مجموعه داده‌های پانل شامل ۳۱ کشور منتخب جهان طی دوره ۲۰۲۱-۱۹۹۰ استفاده می‌کند. لازم به ذکر است که انتخاب دوره زمانی و کشورها بر اساس در دسترس بودن داده‌ها است. با توجه به هدف این مطالعه، برای اندازه‌گیری کیفیت محیطی از انتشار CO<sub>2</sub> استفاده می‌شود و هر چه انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشتر باشد، تخریب محیط زیست بیشتر است و بالعکس. برای نوآوری، از مخارج تحقیق و توسعه (R&D) استفاده شده است که به عنوان مخارج R&D درصدی از تولید ناخالص داخلی تعریف می‌شود. این معیار همچنین در ادبیات اخیر مورد استفاده قرار گرفته است (نگوین و همکاران، ۲۰۲۰؛ آلوکو و همکاران<sup>۴۵</sup>، ۲۰۲۰). برای توسعه مالی، از شاخص چند بعدی توسعه بخش مالی استفاده می‌شود که بر اساس عمق، دسترسی و کارایی بازارها و نهادهای مالی کشورها است. در همین راستا متغیرهای کنترلی کلیدی تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی (به دلار آمریکا در سال ۲۰۱۵) - که معیاری از رشد اقتصادی است -، شهرنشینی، سرمایه انسانی، باز بودن تجارت و مصرف انرژی را شامل می‌شود.

جدول (۱): شاخص‌های مورد استفاده در مدل

نام متغیر	تعداد مشاهدات	میانگین	انحراف معیار	شاخص منتخب و مرکز جمع‌آوری داده
تخریب محیط زیست	۵۳۵	۰/۳۶	۰/۲۵	انتشار CO <sub>2</sub> (کیلوگرم به ازای هر PPP دلار از تولید ناخالص داخلی) از بانک جهانی
مخارج تحقیق و توسعه	۵۳۵	۱/۴۲	۰/۹۱	مخارج تحقیق و توسعه (درصد تولید ناخالص داخلی) از بانک جهانی
توسعه مالی	۵۳۵	۰/۵۵۱	۰/۲۲	شاخص توسعه مالی شامل سه بعد: عمق، دسترسی و کارایی، معرفی شده توسط صندوق بین‌المللی پول
رشد اقتصادی	۵۳۵	۲۵۶۱۲/۵	۱۸۶۵۴/۳	تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی (دلار ثابت ۲۰۱۵ آمریکا) از بانک جهانی
شهرنشینی	۵۳۵	۷۱/۲۴	۱۴/۶۴	جمعیت شهری (درصد کل جمعیت) از بانک جهانی
سرمایه انسانی	۵۳۵	۱۰۳/۱۸	۵/۴۶	ثابت نام مدارس ابتدایی (درصد تولید ناخالص داخلی) از بانک جهانی
باز بودن تجاری	۵۳۵	۷۷/۳۱	۳۸/۱۹	مجموع صادرات و واردات کالاها و خدمات (درصد تولید ناخالص داخلی) از بانک جهانی
مصرف انرژی	۵۳۵	۳۵۵۷/۸۷	۲۴۲۰/۲۷	مصرف انرژی (کیلوگرم معادل نفت سرانه) از بانک جهانی

## ۳-۲. مشخصات مدل

با توجه به اینکه هدف این مطالعه بررسی تاثیر نوآوری و توسعه مالی بر تخریب محیط زیست است، یک مدل پایه بیان می‌شود:

$$CO_{2it} = \alpha_0 CO_{2it-1} + \alpha_1 INNO_{it} + \alpha_2 FIN_{it} + \alpha_3 CON_{it} + \mu_{it} \quad (1)$$

که در آن  $CO_2$  تخریب محیطی است که بیانگر انتشار کربن دی اکسید است.  $INNO$  و  $FIN$  به ترتیب بیانگر نوآوری و توسعه مالی هستند.  $CON$  نیز شامل متغیرهای کنترلی و  $\mu$  عبارت خطا است، در حالی که  $i$  و  $t$  به ترتیب نشان‌دهنده کشور (مقاطع) و زمان هستند. بنابراین، از معادله (۱) اگر ضرایب مربوطه نوآوری و توسعه مالی منفی و قابل توجه باشند، تخریب را کاهش می‌دهند.

به منظور بررسی اثرات آستانه نوآوری بر تخریب، یک عبارت مربعی از نوآوری در معادله (۱) وارد می‌شود، همانطور که در معادله (۲) در زیر نشان داده شده است:

$$CO_{2it} = \beta_0 CO_{2it-1} + \beta_1 INNO_{it}^2 + \beta_2 FIN_{it} + \beta_3 CON_{it} + \mu_{it} \quad (2)$$

ماهیت آستانه با استفاده از علائم ضرایب تعیین می‌شود. علاوه بر تأثیرات مستقیم، همچنین بررسی می‌شود که آیا سطح نوآوری کشورها تأثیر توسعه مالی بر تخریب را واسطه می‌کند یا خیر. در این مورد، یک عبارت تعاملی از  $INNO$  و  $FIN$  معرفی خواهد شد. بنابراین معادله به صورت زیر بیان خواهد شد:

$$CO_{2it} = \gamma_0 CO_{2it-1} + \gamma_1 INNO_{it} + \gamma_2 FIN_{it} + \gamma_3 (INNO \times FIN)_{it} + \gamma_4 CON_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

بر اساس معادله (۳)، انتظار می‌رود ضریب جمله تعاملی چگونگی تأثیر نوآوری بر رابطه توسعه مالی-تخریب را روشن کند. از معادله (۳)، می‌توان چهار نتیجه ممکن را مستند کرد:

۱- هنگامی که  $\gamma_2 > 0$  و  $\gamma_3 > 0$  باشد، آنگاه توسعه مالی تخریب محیط زیست را افزایش می‌دهد و نوآوری بالاتر اثر تخریب مالی را افزایش می‌دهد. ۲- زمانی که  $\gamma_2 > 0$  و  $\gamma_3 < 0$  باشد، پس مفهوم این است که توسعه مالی تخریب را افزایش می‌دهد و نوآوری بیشتر اثر تخریب محیطی مالی را کاهش می‌دهد. ۳- وقتی  $\gamma_2 < 0$  و  $\gamma_3 > 0$  باشد، توسعه مالی تخریب را کاهش می‌دهد و نوآوری بالاتر اثر کیفیت زیست محیطی مالی را کاهش می‌دهد. ۴- وقتی  $\gamma_2 < 0$  و  $\gamma_3 < 0$  باشد، توسعه مالی تخریب را کاهش می‌دهد و نوآوری بالاتر اثر کیفیت زیست محیطی مالی را تقویت می‌کند. با توجه به حضور وقفه اول متغیر وابسته به عنوان متغیر مستقل و همچنین با توجه به مسئله درونزایی در مطالعه حاضر از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی (GMM) استفاده شده است.

## ۴. یافته‌های تجربی

### ۴-۱. مانایی متغیرها

جهت اجتناب از رگرسیون کاذب نخست مانایی متغیرها بررسی خواهد شد. در پژوهش حاضر از آزمون لوین-لین-چو استفاده می‌شود. فرضیه صفر این آزمون بر نامانای بودن متغیرها دلالت دارد.

جدول (۲): مانایی متغیرها

نتیجه	سطح احتمال	آماره آزمون	متغیر
مانا	۰/۰۰	-۹/۷۴	تخریب محیط زیست
نامانا	(۰/۰۰) ۰/۸۳	(-۵/۹۰) ۰/۹۵	مخارج تحقیق و توسعه
مانا	۰/۰۰	-۵/۵۳	توسعه مالی
نامانا	(۰/۰۰) -۶/۹۵	(۰/۳۶) -۰/۳۴	مصرف انرژی
مانا	۰/۰۰	-۱۹/۹۶	شهرنشینی
مانا	(۰/۰۰) -۹/۶۹	(۰/۷۲) ۰/۶۰	رشد اقتصادی
مانا	۰/۰۰	-۴/۲۹	باز بودن تجاری
مانا	۰/۰۰	-۳/۶۵	سرمایه انسانی

منبع: یافته‌های پژوهش

\*اعداد داخل پرانتز مانایی متغیره در تفاضل مرتبه اول می‌باشد.

## ۲-۴: هم‌انباشتگی متغیرها

با توجه به اینکه برخی متغیرها در سطح نامانا هستند و نیز برای تعیین رابطه بلندمدت میان متغیرها بررسی وجود هم‌انباشتگی متغیرها حائز اهمیت است. جهت بررسی هم‌انباشتگی متغیرها از آزمون کائو استفاده شده است.

جدول (۳): نتایج آزمون هم‌انباشتگی کائو

سطح احتمال	آماره آزمون
۰/۰۰	-۲/۹۵

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج جدول (۳) وجود رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرها را تایید می‌کند و فرضیه صفر مبتنی بر عدم وجود

هم‌انباشتگی در سطح ۵ درصد رد می‌شود.

## ۳-۴: نتایج برآورد مدل GMM

در ادامه نتایج برآورد مدل گشتاورهای تعمیم‌یافته پویا در جدول (۴) گزارش شده است.

جدول (۴): نتایج برآورد روش گستاورهای تعمیم‌یافته

متغیر	مدل (۱)	مدل (۲)	مدل (۳)
وقفه اول تخریب محیط زیست	۰/۸۳۰۱ (۰/۰۰)	۰/۸۲۴۹ (۰/۰۰)	۰/۸۲۷۶ (۰/۰۰)
مخارج تحقیق و توسعه	۰/۰۱۸۶ (۰/۰۰)	۰/۰۲۴۴ (۰/۰۰)	۰/۰۵۴ (۰/۰۰)
توسعه مالی	-۰/۰۴۴۲ (۰/۰۰)	-۰/۰۳۶۷ (۰/۰۶)	۰/۰۲۷ (۰/۱۷)
مصرف انرژی	۰/۰۰۰۰۰۶ (۰/۰۵)	۰/۰۰۰۰۰۲ (۰/۷۵)	۰/۰۰۰۰۰۳ (۰/۳۷)
شهرنشینی	-۰/۰۰۰۲۲ (۰/۰۰)	-۰/۰۰۰۲۲ (۰/۰۱)	-۰/۰۰۰۲۲ (۰/۰۰)
رشد اقتصادی	-۰/۰۰۰۰۰۵ (۰/۰۰)	-۰/۰۰۰۰۰۷ (۰/۰۰)	-۰/۰۰۰۰۰۶ (۰/۰۰)
باز بودن تجاری	-۰/۰۰۰۰۳ (۰/۰۰)	-۰/۰۰۰۰۳ (۰/۰۰)	-۰/۰۰۰۰۴ (۰/۰۰)
سرمایه انسانی	-۰/۰۰۰۰۳ (۰/۵۳)	-۰/۰۰۰۰۲ (۰/۶۴)	-۰/۰۰۰۰۳ (۰/۵۳)
مجذور مخارج تحقیق و توسعه عبارت تعامل مخارج تحقیق و توسعه × توسعه مالی		۰/۰۰۲ (۰/۷۸)	-۰/۰۴۲۹ (۰/۰۶)
J-Statisti	۲۳/۴۱	۲۴/۲۳	۲۲/۸۳
Prob(J-Statistic)	۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۴۷
AR (2)	(۰/۹۸) ۰/۰۲۳	(۰/۹۹) ۰/۰۰	(۰/۹۹) ۰/۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

افزایش مصرف انرژی باعث تخریب محیط زیست می‌شود. از طرفی، مطابق با جدول (۴) نتایج نشان می‌دهد، نوآوری بیشتر باعث افزایش انتشار CO<sub>2</sub> می‌شود. نوآوری بیشتر در شکل افزایش تامین مالی داخلی فعالیت‌های تحقیق و توسعه می‌تواند بر اساس افزایش استفاده از سوخت‌های انرژی ناپایدار باشد. بنابراین، نوآوری افراطی و افسارگسیخته فراتر از یک نقطه خاص ممکن است برای محیط زیست ناسالم باشد. این نشان می‌دهد که ممکن است سطح آستانه بالقوه نوآوری وجود داشته باشد که فراتر از آن تأثیر نوآوری تغییر می‌کند. برای این سطح آستانه احتمالی، مربع نوآوری در معادله کیفیت محیطی گنجانده می‌شود. با این حال، ضریب مجذور نوآوری بی‌معنی است. جالب توجه است که تأثیر توسعه مالی بر انتشار CO<sub>2</sub> منفی است. توسعه مالی از طریق کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هدایت بنگاه‌ها در بکارگیری فناوری‌ها و نهاده‌های سازگار با محیط زیست و کاهش اندازه اقتصاد زیرزمینی موجب بهبود شرایط زیست محیطی می‌شود. همچنین، ضریب عبارت تعاملی ضریبی نیز منفی است و نشان می‌دهد که در حالی که توسعه مالی تخریب محیط زیست را کاهش می‌دهد، سطح بالاتری از نوآوری‌ها تأثیر مخرب مالی بر انتشار کربن را کاهش می‌دهد.

با توجه به متغیرهای کنترلی، تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی به طور منفی با انتشار CO<sub>2</sub> مرتبط است. همچنین، شهرنشینی و باز بودن تجاری تأثیر منفی بر انتشار CO<sub>2</sub> دارند. از سوی دیگر، سرمایه انسانی تأثیر معناداری بر انتشار CO<sub>2</sub> ندارد.

### ۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

کنفرانس آب و هوای پاریس و پروتکل موجود کیوتو کشورها را متعهد می‌سازد تا از طریق مشارکت‌های تعیین‌شده ملی (NDCs) در کاهش گرمایش جهانی مشارکت کنند. این به این دلیل است که کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای باعث کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود که کیفیت زندگی را بهبود می‌بخشد. با این حال، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای منوط به تلاش‌های هر کشور است. با درک اهمیت نوآوری و توسعه بخش مالی برای کیفیت زیست محیطی، چندین کشور هزینه‌های بسیاری را برای تحقیق و توسعه (R&D) با هدف شناسایی راه‌های مختلف برای بهبود کیفیت محیطی آغاز کرده‌اند. با این حال، مطالعات بر روی ارتباط بین نوآوری، توسعه مالی و آلودگی، یافته‌های متفاوتی را به دست آورده است که سیاست‌گذاران را در مورد تأثیر دقیق نوآوری و توسعه مالی بر آلودگی دچار تردید کرده است.

مطالعه حاضر، برای ۳۱ کشور منتخب جهان طی ۲۰۲۱-۱۹۹۰ به بررسی روابط بین نوآوری، توسعه مالی و آلودگی ناشی از انتشار CO<sub>2</sub> می‌پردازد. یافته‌ها نشان می‌دهند که افزایش نوآوری، آلودگی زیست‌محیطی را افزایش می‌دهد که با نتایج کومار و ماناگی (۲۰۰۹) و سانترا (۲۰۱۷) مطابقت داشته و با نتایج ژائو و همکاران (۲۰۱۳) و منساه و همکاران (۲۰۱۸) ناسازگار است. در این باره می‌توان اظهار داشت که نوآوری لجام گسیخته ممکن است تخریب را تشدید کند. بنابراین، شناسایی سطح بهینه نوآوری به منظور کاهش آلودگی حاصل از نوآوری بسیار مهم است. با این حال نتایج برآورد مدل نشان می‌دهد که ضریب مجذور نوآوری بی‌معنی است. از این روی برای سیاست‌گذاران بسیار مهم است که هزینه‌های تحقیق و توسعه را به روشی که با کیفیت محیطی سازگار باشد، دوباره تنظیم کنند. تلاش‌های هماهنگ، برنامه‌ریزی، اجرا و انتقال فناوری کارآمد می‌تواند در تأثیر مثبت نوآوری بر کیفیت محیط زیست موثر باشد.

از طرفی، تأثیر توسعه مالی بر انتشار CO<sub>2</sub> منفی است و این نتیجه با یافته‌های عبید (۲۰۱۷)؛ شهباز و همکاران (۲۰۱۸)؛ اصغریپور و همکاران (۱۳۹۲) و مهدوی و امیربابایی (۱۳۹۴) مطابقت دارد و با یافته‌های ریچارد (۲۰۱۰) و نصیر و همکاران (۲۰۱۹) ناسازگار است. برای بخش‌های مالی ضروری است که منابع مالی را به سمت فناوری‌هایی هدایت کنند که از رشد سبز، ایجاد شفافیت اطلاعاتی در بازار و پروژه‌های سازگار با محیط زیست حمایت می‌کنند. صرفه‌جویی و کاهش مصرف انرژی منجر به کاهش انتشار CO<sub>2</sub> خواهد شد. یافته‌های مطالعه حاضر با نتایج باقری (۱۴۰۰) مطابقت دارد. در همین راستا دولت‌ها باید با حمایت از تولید و مصرف، صرفه‌جویی در بخش انرژی با بکارگیری انرژی خورشیدی و توسعه حمل و نقل عمومی، وضع عوارض و مالیات‌های زیست محیطی بر مصرف انرژی و استفاده

از فناوری‌های دوستدار محیط زیست در راستای کاهش آلودگی گام بردارند. همچنین دولت‌ها باید مشوق‌های مالیاتی را برای شرکت‌های داخلی و خارجی در نظر بگیرند تا تحقیق و توسعه و بهره‌وری انرژی را به سمت تولیدات کم کربن هدایت کنند. علاوه بر این تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی به طور منفی با انتشار  $CO_2$  مرتبط است. آگاهی‌های زیست محیطی، تصویب و اجرای قوانین سختگیرانه زیست محیطی، کارایی فنی تولید و همچنین در سطوح بالای درآمدی با تغییر ساختار اقتصادی کشورها به سمت صنایع و فناوری‌های پاک و توسعه بخش خدمات رشد اقتصادی می‌تواند تخریب را کاهش دهد. قابل ذکر است که تبادل بین رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست در کشورها و یا سیاستگذاری‌های گوناگون ثابت نیست. همچنین، بخش زیادی از انتشار  $CO_2$  در کشورها مربوط به بخش حمل و نقل است. گسترش شهرنشینی کارآمد و توسعه‌ی زیرساخت‌های حمل و نقل (وسایل نقلیه با فناوری هوشمند و هیبریدی کارآمد) و از طرفی گسترش حمل و نقل عمومی و یا حتی رایگان کردن آن در کلان شهرها که منجر به افزایش هزینه فرصت استفاده از خودروهای شخصی می‌شود، زمینه بهره‌گیری از صرفه‌های ناشی از مقیاس در استفاده از منابع را فراهم کرده و منجر به کاهش تخریب محیط زیست خواهد شد. باز بودن تجاری نیز از طریق تخصیص و مصرف کارآمد منابع، ارتقای ظرفیت تولید و افزایش منابع مالی در دسترس برای حفاظت از محیط زیست تأثیر منفی بر انتشار  $CO_2$  دارد.

## منابع

- اصغریور، حسن؛ بهبودی، داود و محمدی خانقاهی، رباب. (۱۳۹۲). اثرات توسعه اقتصادی و توسعه مالی بر کیفیت محیط زیست در کشورهای منتخب عضو اوپک، *فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی*، ۲(۶)، ۲۶-۱.
- باقری، سمانه. (۱۴۰۰). بررسی تاثیر توسعه مالی بر آلودگی محیط زیستی و مصرف انرژی در کشورهای عضو اوپک، *فصلنامه علمی محیط زیست و توسعه فرابخشی*، ۶(۷۲)، ۶۳-۷۸.
- داربیدی، مریم؛ دل‌انگیزان، سهراب، فتاحی، شهرام و شریف کریمی، محمد. (۱۳۹۹). تاثیر نوآوری بر انتشار آلودگی استان‌های ایران در چارچوب منحنی زیست محیطی کوزنتس (رهیافت اقتصاد سنجی فضایی)، *نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۷(۳)، ۹۸-۷۱.
- مهدوی، ابوالقاسم و امیربابایی، سونای. (۱۳۹۴). بررسی اثر توسعه مالی بر کیفیت محیط زیست در ایران، *پژوهش‌های رشد و توسعه پایدار*، ۱۵(۴)، ۱-۲۳.

## References:

- Abbasi, F., Raiz, K. (2016). CO2 emissions and financial development in an emerging economy: an augmented VAR approach. *Energy Policy*, 90, 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.017>.
- Abid, M. (2017). Does economic, financial and institutional developments matter for environmental quality? A comparative analysis of EU and MEA countries. *J. Environ. Manag*, 188, 183–194. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.007>.
- Ahmad, M., Khattak, S.I., Khan, A., Rahman, Z.U. (2020). Innovation, foreign direct investment (FDI), and the energy–pollution–growth nexus in OECD region: a simultaneous equation modeling approach. *Environ. Ecol. Stat*, 27, 203–232. <https://doi.org/10.1007/s10651-020-00442-8>.
- Aldieri, L., Bruno, B., Vinci, C.P. (2019). Does environmental innovation make us happy? An empirical investigation. *Soc. Econ. Plann. Sci*, 67, 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2018.10.008>.
- Al–Mulali, U., Sab, C. N. B. C. (2012). The impact of energy consumption and CO2 emission on the economic growth and financial development in the Sub-Saharan African countries. *Energy*, 39, 180–186. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.01.032>.
- Aluko, O.A., Opoku, E.E.O., Ibrahim, M. (2020). Investigating the environmental effects of globalization: insights selected industrialized countries. *J. Environ. Manag*, 281, 111892. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111892>.
- Asgharpourpour, H., Behboodi, D., Mohammadi Khaneghahi, R. (2014). The Effects of Economic and Financial Developments on Environmental Quality; An Empirical Analysis in Selected OPEC Countries. *Environmental and Energy Economics Quarterly*. 2(6). 1-26. (In Persian).
- Bagheri, S. (2021). Effect Financial Development on the Environmental Pollution and Energy Consumption in the OPEC Countries. *Scientific Quarterly Journal of Environment and Transsectoral Development*. 6(72). 63-78. (In Persian).
- Carrion–Flores, C., Innes, R. (2010). Environmental innovation and environmental performance. *J. Environ. Econ. Manag*. 59, 27–42. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2009.05.003>.
- Charfeddine, L., Kahia, M. (2019). Impact of renewable energy consumption and financial development on CO2 emissions and economic growth in the MENA region: a panel vector autoregressive (PVAR) analysis. *Renew. Energy*. 139, 198–213. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.010>.

- Cheng, C., Ren, X., Wang, Z. (2019). The impact of renewable energy and innovation on carbon emission: an empirical analysis for OECD countries. *Energy Procedia*. 158, 3506–3512. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.919>.
- Climate Transparency. (2019). *Brown to Green Report* (2019).
- darbidi, M., delangizan, S., Fatahi, S., Karimi, M. (2020). Impact of Innovation on Pollution Emission of Iranian Provinces in the Framework of Environmental Kuznets Curve (Spatial Econometric Approach). *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 7(3), 71-98. (In Persian).
- Dauda, L., Long, X., Mensah, C.N., Salman, M. (2019). The effects of economic growth and innovation on CO2 emissions in different regions. *Environ. Sci. Pollut. Control Ser.* 26, 15028–15038. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04891-y>.
- EPA, (2017). *Inventory of U.S Greenhouse Gas Emissions and Sinks, 1990–2015*.
- Gu, G., Wang, Z. (2018). Research on global carbon abatement driven by R&D investment in the context of INDCs. *Energy*. 148, 662–675. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.01.142>.
- Haug, A.A., Ucal, M. (2019). The role of trade and FDI for CO2 emissions in Turkey: nonlinear relationships. *Energy Econ.* 81, 297–307. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.04.006>.
- Ibrahim, M., & Vo, X., V. (2021). Exploring the relationships among innovation, financial sector development and environmental pollution in selected industrialized countries. *Journal of Environmental Management*. 284. 1-15.
- Ibrahim, M., Alagidede, P. (2018). Effect of financial development on economic growth in sub-saharan Africa. *J. Pol. Model.* 40, 1104–1125. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2018.08.001>.
- IPCC, (2019). *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, vol. 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use, Geneva.
- Jalil, A., Feridun, M. (2011). The impact of growth, energy and financial development on the environment in China: a cointegration analysis. *Energy Econ.* 33, 284–291. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.10.003>.
- Khattak, S.I., Ahmad, M., Khan, Z.U., Khan, A. (2020). Exploring the impact of innovation, renewable energy consumption, and income on CO2 emissions: new evidence from the BRICS economies. *Environ. Sci. Pollut. Control Ser.* 27, 13866–13881. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07876-4>.
- Kumar, S., Managi, S. (2009). Energy price-induced and exogenous technological change: assessing the economic and environmental outcomes. *Energy Econ.* 31, 334–353. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2009.05.001>.
- Levine, R. (2004). *Finance and Growth: Theory and Evidence*. NBER Working Paper 10766.
- Levine, R., Loayza, N., Beck, T. (2000). Financial intermediation and growth: causality and causes. *J. Monetary Econ.* 46, 31–77. [https://doi.org/10.1016/s0304-3932\(00\)00017-9](https://doi.org/10.1016/s0304-3932(00)00017-9).
- Mahdavi, A., Amirbabaie, S. (2016). The Effects of Financial Development on the Quality of Environment in Iran (1973 - 2007). *The Economic Research (Sustainable Growth and Development)*. 15 (4) :1-23. (In Persian).
- Maranville, S. (1992). Entrepreneurship in business curriculum. *J. Educ.* 68, 27–31.
- Mensah, C.N., Long, X., Boamah, B.K., Bediako, I.A., Dauda, L., Salman, M. (2018). The effect of innovation on CO2 emissions of OECD countries from 1990 to 2014. *Environ. Sci. Pollut. Control Ser.* 25, 29678–29698, <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2968-0>.



- Mushtaq, A., Chen, Z., Din, N.U., Ahmad, B., Zhang, X. (2020). Income inequality, innovation and carbon emission: perspectives on sustainable growth. *Economic Research–Ekonomiska Istraživanja* 33, 769–787. <https://doi.org/10.1080/1331677x.2020.1734855>.
- Nasir, M. A., Huynh, T. L. D., Tram, H. T. X. (2019). Role of financial development, economic growth & foreign direct investment in driving climate change: a case of emerging ASEAN. *J. Environ. Manag.* 242, 131–141. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.112>.
- Nguyen, T. T., Pham, T. A. T., Tram, H. T. X. (2020). Role of information and communication technologies and innovation in driving carbon emissions and economic growth in selected G–20 countries. *J. Environ. Manag.* 261, 110162. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110162>.
- Ozturk, I., Acaravci, A. (2013). The long–run and causal analysis of energy, growth, openness and financial development on carbon emissions in Turkey. *Energy Econ.* 36, 262–267. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.025>.
- Paramati, S.R., Mo, D., Gupta, R. (2017). The effects of stock market growth and renewable energy use on CO2 emissions: evidence from G20 countries. *Energy Econ.* 66, 360–371. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.06.025>.
- Raiser, K., Naims, H., Bruhn, T. (2017). Corporatization of the climate? Innovation, intellectual property rights, and patents for climate change mitigation. *Energy Research and Social Science.* 27, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.01.020>.
- Richard, P. (2010). Financial Instability and CO2 Emissions. *GREDI Working Paper No.* 10–20.
- Sadorsky, P. (2010). The impact of financial development on energy consumption in emerging economies. *Energy Policy.* 38, 2528–2535. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.12.048>.
- Salahuddin, M., Ali, M.I., Vink, N., Gow, J. (2019). The effects of urbanization and globalization on CO2 emissions: evidence from the Sub–Saharan Africa (SSA) countries. *Environ. Sci. Pollut. Control Ser.* 26, 2699–2709. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3790-4>.
- Salahuddin, M., Gow, J., Ozturk, I. (2015). Is the long–run relationship between economic growth, electricity consumption, carbon dioxide emissions and financial development in Gulf Cooperation Council Countries robust? *Renew. Sustain. Energy Rev.* 51, 317–326. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.005>.
- Santra, S. (2017). The effect of technological innovation on production–based energy and CO2 emission productivity: evidence from BRICS countries. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development.* 9, 503–512. <https://doi.org/10.1080/20421338.2017.1308069>.
- Schumpeter, J. A. (1911). *The Theory of Economic Development.* Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Shahbaz, M. (2013). Does financial instability increase environmental degradation? Fresh evidence from Pakistan. *Econ. Modell.* 33, 537–544. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.04.035>.
- Shahbaz, M., Loganathan, N., Muzaffar, A.T., Ahmed, K., Jabran, M.A. (2016). How urbanization affects CO2 emissions in Malaysia? The application of STIRPAT model. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 57, 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.096>.
- Shahbaz, M., Nasir, M. A., Roubaud, D. (2018). Environmental degradation in France: the effects of FDI, financial development, and energy innovations. *Energy Econ.* 74, 843–857. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.020>.

- Shahbaz, M., Solarin, S.A., Mahmood, H., Arouri, M. (2013b). Does financial development reduce CO2 emissions in Malaysian economy? A time series analysis. *Econ. Modell.* 35, 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.06.037>.
- Shahbaz, M., Tiwari, A.K., Nasir, M. (2013a). The effects of financial development, economic growth, coal consumption and trade openness on CO2 emissions in South Africa. *Energy Policy.* 61, 1452–1459. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.006>.
- Su, H.N., Moaniba, I. M. (2017). Does innovation respond to climate change? Empirical evidence from patents and greenhouse gas emissions. *Technol. Forecast. Soc. Change.* 122, 49–62. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.04.017>.
- Tamazian, A., Pineiro, J., Vadlamannati, K.C. (2009). Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: evidence from BRIC countries? *Energy Policy.* 37, 246–253. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.025>.
- Tamazian, A., Rao, B. B. (2010). Do economic, financial and institutional developments matter for environmental degradation? Evidence from transitional economies. *Energy Econ.* 32, 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.04.004>.
- Wang, Z.H., Yin, F.C., Zhang, Y.X., Zhang, X. (2012). Empirical research on the influencing factors of regional CO2 emissions: evidence from Beijing city, China. *Appl. Energy.* 100, 227–284. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.05.038>.
- Wurlod, J., Noailly, J. (2016). The Impact of Green Innovation on Energy Intensity: An Empirical Analysis for 14 Industrial Sectors in OECD Countries. *CIES Research Paper series.* No 42–2016, Geneve. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.12.012>.
- Yan, Z., Yi, L., Du, K., Yang, Z. (2017). Impacts of low-carbon innovation and its heterogeneous components on CO2 emissions. *Sustainability.* 9, 1–14. <https://doi.org/10.3390/su9040548>.
- Yii, K., Geetha, C. (2017). The nexus between technology innovation and CO2 emissions in Malaysia: evidence from Granger causality test. *Energy Procedia.* 105, 3118–3124. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.654>.
- Zafar, M.W., Zaidi, S.A.H., Sinha, A., Gedikli, A., Hou, F. (2019). The role of stock market and banking sector development, and renewable energy consumption in carbon emissions: insights from G–7 and N–11 countries. *Resour. Pol.* 62, 427–436. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.05.003>.
- Zhang, Y. J. (2011). The impact of financial development on carbon emissions: an empirical analysis in China. *Energy Policy.* 39, 2197–2203. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.026>.
- Zhao, X.L., Ma, Q., Yang, R. (2013). Factors influencing CO2 emissions in China's power industry: cointegration analysis. *Energy Policy* 57, 89–98. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.11.037>.