

ORIGINAL ARTICLE

The Impact of Human Capital on Carbon Dioxide Emissions with an Emphasis on Education in Developing Countries

*Zahra Fotourehchi¹, Azar Pourshaban², Rafi Hasani Moghadam³

1. Professor, Department of Economics, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

2. M.Sc. in Economics, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

3. Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Humanities, Damghan University, Damghan, Iran

Correspondence:

Zahra Fotourehchi

Email: zahrafotourehchi@uma.ac.ir

Received: 28.Apr.2024

Received in revised form: 18.Sep.2024

Accepted: 3.Oct.2024

How to cite:

Fotourehchi, Z., Pourshaban, A., & Hasani Moghadam, R. (2025). The Impact of Human Capital on Carbon Dioxide Emissions with an Emphasis on Education in Developing Countries. *Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 13(3), 103-116. (DOI: [10.30473/EE.2024.69954.2695](https://doi.org/10.30473/EE.2024.69954.2695))

ABSTRACT

In this research, using the simultaneous equation estimation method (3SLS), we investigated the simultaneous relationship between human capital, education, and carbon dioxide emissions in developing countries during the period 1996–2020. The results showed that one of the dimensions of human capital—namely health—has a significant negative effect on carbon dioxide emissions and improves environmental quality in the countries studied. Furthermore, the increase in the education level of human capital leads to environmental degradation and higher carbon dioxide emissions in these countries. This is because education in these nations has not been solely aimed at improving environmental quality and human capital; rather, consumerism has been prioritized, and sustainable development policies have not received sufficient attention. Therefore, policymakers should enhance public environmental awareness by ensuring equitable access to educational opportunities and by emphasizing educational quality in line with global sustainable development policies. Moreover, by imposing high customs tariffs to prevent the import of polluting technologies and by aligning educational policies with the development of green technologies, they can support elites in designing and building green technologies to protect the environment.

KEYWORDS

Human Capital, Carbon Dioxide Emissions, Education, 3SLS.



«مقاله پژوهشی»

تأثیر سرمایه انسانی بر انتشار دی‌اکسید کربن با تأکید بر آموزش در کشورهای درحال توسعه

*زهرا فتوره‌چی^۱، آذر پورشعبان^۲، رفیع حسنی مقدم^۳

چکیده

در این تحقیق با استفاده از روش تخمین معادلات هم‌زمان (3SLS) به بررسی رابطه هم‌زمانی بین سرمایه انسانی، آموزش و انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای درحال توسعه طی دوره زمانی ۱۹۹۶-۲۰۲۰ پرداخته شد. نتایج نشان دادند که یکی از ابعاد سرمایه انسانی یعنی سلامت تأثیر منفی بسزایی بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن دارد و موجب افزایش کیفیت محیط‌زیست در کشورهای مورد مطالعه در این تحقیق می‌شود. همچنین، افزایش سطح آموزش سرمایه انسانی موجب بدتر شدن جلوه محیط‌زیست و افزایش انتشار گاز دی‌اکسید کربن در این کشورها است. چراکه آموزش نه تنها در راستای بهبود کیفیت محیط‌زیست و سرمایه انسانی نبوده، بلکه بیشتر مصرف‌گرایی مورد اولویت قرار داده شده و سیاست‌های توسعه‌پایدار در این کشورها مورد توجه کافی قرار نگرفته است؛ بنابراین؛ سیاستمداران باید با توزیع مناسب فرصت‌های آموزشی و بها دادن به کیفیت آموزشی در راستای سیاست‌های توسعه‌پایدار جهانی بیداری زیست‌محیطی عموم مردم را بهبود بخشند. همچنین، با اتخاذ تعرفه‌های گمرکی سنگین جهت جلوگیری از ورود فناوری‌های آلوده- بر و سوق دادن سیاست‌های آموزشی به سمت توسعه فناوری‌های سبز می‌توانند از نخبگان در طراحی و ساخت فناوری‌های سبز جهت حفظ محیط‌زیست حمایت کنند.

واژه‌های کلیدی

سرمایه انسانی، انتشار دی‌اکسید کربن، آموزش، 3SLS.

۱. استاد، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲. کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳. استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

نویسنده مسئول:

زهرا فتوره‌چی

رایانامه: zahrafotourehchi@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۲

استناد به این مقاله:

فتوره‌چی، زهرا. پورشعبان، آذر و حسنی مقدم، رفیع. (۱۴۰۴). تأثیر سرمایه انسانی بر انتشار دی‌اکسید کربن با تأکید بر آموزش در کشورهای درحال توسعه، فصلنامه علمی آموزش محیط زیست و توسعه پایدار، ۱۳(۳)، ۱۰۳-۱۱۶. (DOI: [10.30473/EE.2024.69954.2695](https://doi.org/10.30473/EE.2024.69954.2695))



مقدمه

در یک فضای رقابتی، همه کشورها صرف‌نظر از تأثیری که بر کیفیت محیط‌زیست دارند، از منابع طبیعی خود برای رشد اقتصادی بالاتر استفاده می‌کنند و این افزایش رشد، کشورها را با هزینه تغییرپذیری‌های غیرعادی محیطی که ناشی از آلودگی زمین و آب‌وهوا است روبرو می‌کند (Aşıcı & Acar, 2016). سرمایه انسانی می‌تواند از طریق راهکارهای درآمدی و فناوری بر انتشار CO_2 تأثیر بگذارد (Salim et al., 2017). وجود همبستگی عمیق بین تولید ناخالص داخلی و هزینه‌های آموزش و بهداشت در کشورهای جهان نشان می‌دهد که توسعه اقتصادی بوم‌شناختی در دوره مدرن تا حد زیادی به درجه توسعه سرمایه انسانی بستگی دارد. سرمایه انسانی بخشی جدایی‌ناپذیر از ثروت ملی اقتصاد هر کشور است (Fitzsimons, 2017). اقتصاد باید به سطح مشخصی از توسعه برسد تا توان بهره‌برداری از سرمایه انسانی را داشته باشد. آموزش از مؤلفه‌های توسعه اقتصادی بوده و با افزایش سطح توسعه اقتصادی بهبود می‌یابد (Dehghan Shabani et al., 2019). افزایش سطح آموزش با اثرات منفی و مثبت بر انتشار گازهای گلخانه‌ای و خطرات تغییرات آب‌وهوا همراه است. از یک طرف، بهبود بعد آموزش می‌تواند به دلیل رشد اقتصادی سریع‌تر منجر به انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای شود. از سوی دیگر می‌تواند منجر به انتشار کمتر، از طریق کاهش باروری و کاهش آسیب‌پذیری در برابر اثرات آب‌وهوایی شود (De Almeida Rocha et al., 2023). آلودگی زیست‌محیطی علاوه بر اینکه اثرات منفی بر فرایند توسعه‌یافتگی کشورها برجا می‌گذارد، می‌تواند سایر جنبه‌های کمی و کیفی زندگی انسان‌ها را تحت شعاع قرار دهد و به‌شدت بر امید به زندگی که یکی از اجزای مهم شاخص توسعه انسانی هست، اثر بگذارد (Khanzadi et al., 2020). انتشار گازهای گلخانه‌ای و افزایش آلودگی هوا در مسیر رشد می‌تواند به‌طور مستقیم منجر به ابتلا افراد جامعه به امراض مختلف ناشی از آلودگی‌ها (بیماری‌های قلبی، بیماری‌های دستگاه تنفسی و غیره) شود که این مسئله می‌تواند به افزایش نرخ مرگ‌ومیر و درنهایت کاهش نرخ امید به زندگی منجر شود با توجه به اینکه امیدبه‌زندگی به‌عنوان معیاری برای سنجش سطح سلامت افراد جامعه و از مؤلفه‌های سنجش شاخص توسعه انسانی است لذا اثرات مخرب آلودگی بر سلامت افراد جامعه عاملی بر کاهش امیدبه‌زندگی بوده و که این کاهش

امیدبه‌زندگی می‌تواند به‌طور مستقیم منجر به کاهش شاخص توسعه انسانی گردد. از طرف دیگر نیز کاهش کارایی افراد به دلیل بیماری‌های ناشی از آلودگی (انتشار گازهای گلخانه‌ای) منجر به کاهش ظرفیت تولیدی و بهره‌وری انسان و نهایتاً کاهش تولید ملی می‌گردد (Khoshnevis & Pajooyan, 2016). اگر امیدبه‌زندگی در کشوری بالاتر باشد، مردم راه بیشتر نگران آینده خود و به دنبال آن نگران وضعیت محیط‌زیست می‌کند و بر این اساس سرمایه‌گذاری بیشتری روی کیفیت محیط‌زیست، انجام می‌شود (Mariani et al., 2010).

سرمایه انسانی یک عامل تعیین‌کننده قوی برای توسعه اقتصادی یک کشور است. چارچوب سرمایه انسانی ارزش نیروی کار تحصیل‌کرده، نوآور، دانش و مهارت را به‌عنوان یک جزء ورودی در فرایند تولید به رسمیت می‌شناسد (Ali et al., 2017, Dias & McDermott, 2006, Pablo-Romero & Sánchez-Braza, 2015). اهمیت سرمایه انسانی برای حفاظت از محیط‌زیست، بحث‌های سیاستی را در چارچوب‌های ملی و بین‌المللی برانگیخته است. افزایش تقاضای انسان مانند غذا، آب، انرژی، زیرساخت‌ها و غیره، فشار اکولوژیکی را اعمال می‌کند که منجر به تخلیه منابع، انتشار زباله، تغییر کاربری زمین و آلودگی می‌شود (Ahmed & Wang, 2019). رابطه بین سرمایه انسانی و انتشار CO_2 با گذشت زمان متفاوت است، با تغییر ارتباط از مثبت به منفی در دهه ۱۹۵۰ و پس‌از آن به‌شدت منفی، نشان‌دهنده متغیر بودن رابطه این دو متغیر است. این تغییر نشان می‌دهد که به دلیل سرمایه‌گذاری در آموزش عالی، سرمایه انسانی پیشرفته می‌تواند تغییرات آب‌وهوایی را بدون ایجاد مانع در رشد اقتصادی موردتوجه قرار دهد (Yao et al., 2020). سرمایه انسانی نوآور برای کاهش زوال محیطی و حمایت از پایداری محیطی کلیدی بوده و بر این اساس توسعه سرمایه انسانی نوآورانه می‌تواند به کاهش انتشار CO_2 کمک کند (Lin et al., 2021). پژوهشگران در راستای تأثیر سرمایه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن (کیفیت محیط‌زیست) تحقیقاتی را انجام داده‌اند که به برخی از این تحقیقات و نتایج آن می‌پردازیم به‌طور مثال جهانگر و همکاران^۱ (۲۰۲۳) مطالعه تأثیر سرمایه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن (CO_2) را برای نمونه‌ای از ۷۸ کشور درحال توسعه، از آسیا، آفریقا و آمریکای لاتین و دریای

کارائیب را طی دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۶ بررسی کردند. به‌طور کلی، یافته‌ها نشان داد که توسعه سرمایه انسانی باعث کاهش انتشار CO_2 در کشورهای درحال توسعه در تمام مناطق می‌شود. عزتی و مظفری^۱ (۲۰۲۲)، در پژوهشی، اثر سرمایه انسانی بر آلودگی هوا در ایران طی دوره زمانی ۱۳۶۰-۱۳۹۸ مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داده بودند که سرمایه انسانی اثر منفی بر آلودگی هوا داشت درواقع با افزایش سرمایه انسانی و بهبود کیفیت نیروی انسانی تخریب محیط‌زیست کاهش پیدا می‌کند. سلمان‌پور^۲ (۲۰۱۸)، پژوهشی را با عنوان اثر سرمایه انسانی بر آلودگی محیط‌زیست در ایران طی دوره زمانی ۱۳۵۷-۱۳۹۳ انجام داد. نتایج بررسی الگوی کوتاه‌مدت و بلندمدت برای مدل‌های برآوردی، گویای رابطه منفی بین سرمایه انسانی و آلودگی محیط‌زیست است.

افراد تحصیل کرده نسبت به مشکلات زیست‌محیطی آگاهی بیشتری دارند و رفتارها و سبک زندگی خود را به نفع بهبود محیط‌زیست نشان می‌دهند. علاوه بر این، افراد تحصیل کرده دسترسی بهتری به اطلاعات مربوط به آسیب‌های زیست‌محیطی دارند و در نتیجه ممکن است رفتار خود را تغییر دهند (Farzin & Bond, 2006). آموزش می‌تواند با افزایش آگاهی زیست‌محیطی و توسعه فناوری‌های سبز و کارآمد و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر به کیفیت زیست‌محیطی کمک کند و با تقویت رشد اقتصادی از طریق سرمایه انسانی، نوآوری، رقابت‌پذیری و کارآفرینی را بسته به سطوح توسعه اقتصادی کشورها در چارچوب فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس^۳ تقویت کند. از سوی دیگر، دولت‌ها می‌توانند از آموزش به‌عنوان ابزاری برای مبارزه با تخریب محیط‌زیست استفاده کنند. به‌طور مشابه، یک تعامل متقابل بین آموزش و محیط‌زیست می‌تواند از لحاظ نظری وجود داشته باشد (Uddin, 2014 & Khatrak et al., 2020). افراد تحصیل کرده زودتر از افراد

کم‌سواد، نوآوری را اتخاذ می‌کنند. درواقع، ادبیات بازاریابی نشان می‌دهد که خریداران اولیه (مصرف‌کنندگان) محصولات جدید سبز، تحصیلات بیشتری دارند (Wells & Adler, 1972). پژوهشگران در راستای تأثیر مثبت و سازنده آموزش در مهار انتشار دی‌اکسید کربن تحقیقاتی را انجام داده‌اند که به چند نمونه از این تحقیقات اشاره می‌شود به‌طور مثال پزنگ و همکاران^۴ (۲۰۲۴)، مطالعه‌ای را با عنوان نقش آموزش عالی بر بی‌طرفی کربن: شواهدی از اقتصادهای در حال ظهور برای دوره زمانی ۱۹۹۵-۲۰۲۰ مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های تحقیق نشان داد که آموزش به‌طور قابل‌توجهی باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. شین و همکاران^۵ (۲۰۲۳)، تحقیقی را با عنوان بررسی اثرات آموزش بر انتشار CO_2 ، طی دوره زمانی ۱۹۹۱-۲۰۲۰ را در چین انجام دادند. این تحقیق تجربی نشان داد که میانگین سال‌های تحصیلی در درآمدت انتشار CO_2 را مهار می‌کند. ایوب اوغلو و اوزار^۶ (۲۰۲۱)، مطالعه‌ای را با عنوان دیدگاهی جدید برای تخریب محیط‌زیست: ارتباط بین آموزش عالی و انتشار CO_2 طی دوره زمانی ۱۹۸۳-۲۰۱۷ انجام دادند. نتایج نشان داد که افزایش تحصیلات عالی بر CO_2 تأثیر منفی می‌گذارد.

تأثیر آموزش بر انتشار CO_2 بسته به سطح توسعه کشورها و نهادهای سیاسی متفاوت است. در کشورهای درحال توسعه، آموزش منجر به همگرایی در انتشار CO_2 نمی‌شود و حتی ممکن است رشد سرانه را افزایش دهد (Misra & Verma, 2015). با این حال، در کشورهای توسعه‌یافته، آموزش می‌تواند همگرایی در انتشار CO_2 را ارتقا دهد، به‌ویژه هنگامی که با نهادهای سیاسی، خوب ترکیب شود. افراد تحصیل کرده درآمد بیشتری کسب می‌کنند، اما درآمد خود را نیز به روش‌هایی خرج می‌کنند که شدت کربن حاشیه‌ای را نسبت به سایر خانواده‌های ثروتمند، اما کمتر تحصیل کرده کاهش می‌دهد. سرپرستان خانوار با تحصیلات دانشگاهی یا بالاتر، درآمد خود را بیشتر برای مسکن هزینه می‌کنند. آموزش راه‌هایی از فقر است و همچنین نقش عمده‌ای در توسعه جهانی داشته است. بهبود آموزش در کشورهای درحال توسعه یک هدف توسعه هزاره سازمان ملل است و کشورهای توسعه‌یافته نیز به دنبال گسترش دسترسی به آموزش عالی به‌عنوان راهی برای افزایش نوآوری هستند. مزایای زیست‌محیطی بیشتر آموزش، از منظر

1. Ezzati & Mozaffari, 2022

2. Salmanpour, 2018

۳. منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) یک رابطه فرضی بین شاخص‌های مختلف تخریب محیط‌زیست و درآمد سرانه است. در مراحل اولیه رشد اقتصادی، انتشار آلودگی افزایش می‌یابد و کیفیت محیطی کاهش می‌یابد، اما فراتر از سطحی از درآمد سرانه (که برای شاخص‌های مختلف متفاوت خواهد بود) این روند معکوس می‌شود، به‌طوری که در سطوح درآمد بالا، رشد اقتصادی منجر به بهبود کیفیت محیط‌زیست می‌شود. این نشان می‌دهد که اثرات زیست‌محیطی یا انتشار سرانه یک تابع U شکل معکوس، درآمد سرانه است.

4. Zheng et al., 2024

5. Xin et al., 2023

6. Eyuboglu & Uzar, 2021

را برای پایداری بیشتر شناسایی کنند. در این تحقیق بررسی این پایداری از طریق دو مؤلفه اصلی سرمایه انسانی (سلامت و آموزش) خواهد بود. گازهای گلخانه‌ای از آنجایی که یکی از بزرگترین عوامل تخریب محیط زیست هستند، در میان بحث‌های زیست محیطی قرار دارد. یکی از جنبه‌های این بحث بی‌پایان درباره عوامل تعیین کننده انتشار آلودگی، سهمی است که آموزش و سرمایه انسانی ممکن است در این حوزه ایفا کنند. سطح تحصیلات می‌تواند به بهبود وضعیت اقتصادی هر اقتصادی کمک کند و همچنین آگاهی زیست محیطی را در میان مردم عادی افزایش دهد با افزایش آگاهی عمومی جامعه، افراد به‌سوی رفتارهای متعادل و پایدار در زندگی روزمره و کاری خود سوق داده می‌شوند. با بررسی ادبیات تحقیق و مطالعات انجام شده توسط محققین متوجه می‌شویم که در اکثر مطالعات برای بررسی اثر سرمایه انسانی از شاخص آموزش یا شاخص توسعه انسانی که ترکیبی از امید به زندگی (سلامت)، تحصیلات و درآمد سرانه می‌باشد استفاده شده است و کمتر به جنبه سلامت سرمایه انسانی توجه شده است.

در ابتدای این تحقیق در بخش مقدمه توضیح داده شد که پیامدهای ناشی از انتشار دی‌اکسید کربن چه تأثیر مخربی بر آب‌وهوا، خاک و منابع طبیعی دارد و جهان برای مقابله با عواقب این پیامدها موافقت‌نامه‌های بین‌المللی را تصویب کرده است. در ادامه این بخش از تحقیق به بررسی تأثیر ابعاد آموزش و سلامت سرمایه انسانی بر انتشار دی‌اکسید کربن و محیط زیست پرداخته شد و نتایج سازگار و غیر سازگار با نتایج تحقیق حاضر مورد بررسی قرار داده شده است. در بخش دوم، روش تحقیق استفاده شده برای برآورد مدل‌های تحقیق، توضیح داده شده است و در ادامه این بخش به معرفی داده‌ها و جامعه آماری و پایگاه‌های جمع‌آوری داده‌ها پرداخته شده است. در مرحله سوم، نتایج به دست آمده از برآورد داده‌ها بیان شده است. در بخش چهارم، نتیجه‌گیری و پیشنهادها در راستای نتایج تحقیق را بیان نمودیم.

روش‌شناسی پژوهش

به دلیل بررسی رابطه هم‌زمان بین متغیرهای سرمایه انسانی (آموزش و سلامت) و انتشار دی‌اکسید کربن در این تحقیق از روش سیستم معادلات هم‌زمان استفاده شده است. از آنجاکه سیستم معادلات هم‌زمان به لحاظ ساختاری متفاوت با رگرسیون چندمتغیره است، ممکن است تأمین کننده فروض

کاهش انتشار کربن و سایر اثرات نامطلوب، غنی‌سازی ظرفیت جوامع برای نوآوری فناوری برای حمایت از رشد اقتصادی خواهد بود (Sharygin, 2013). افراد تحصیل کرده درآمد و قدرت خرید بیشتری دارند و به مصرف بیش از حد کالاهای مادی تشویق می‌شوند مصرف بیش از حد کالاهای، خود عاملی است که استفاده از منابع طبیعی را افزایش داده، افراد تحصیل کرده با مصرف بیشتر منجر به تخریب بیشتر محیط زیست می‌شوند. دامنه این تخریب شامل آلودگی هوا، خاک و آب می‌شود (Nelson & Phelps, 1966). درواقع افراد تحصیل کرده، تمایل دارند که با جمع‌آوری هر چه بیشتر کالاهای مادی بهتر زندگی کنند، بدون توجه به عواقب ناشی از شادی‌هایشان. این تمایل و رفتار با الهام از مدل تئوریک * هر چه بیشتر مصرف کنید، راضی‌تر و خوشحال‌تر هستید* که به‌وسیله رسانه‌ها و تبلیغات گسترده، منجر به مصرف وسیع‌تر کالاهای مادی شده، ولی پیامدهای ناگواری را می‌تواند برای جامعه به همراه داشته باشد (Bimonte, 2002). پژوهشگران در راستای تأثیر منفی آموزش بر انتشار دی‌اکسید کربن مطالعاتی را انجام داده‌اند که چند نمونه از این مطالعات بررسی می‌شود. به‌طور مثال کریمی و حسنوند^۱ (۲۰۲۱)، در مطالعه‌ای به بررسی اثر آموزش بر انتشار دی‌اکسید کربن با در مطالعه‌ای به بررسی اثر آموزش بر انتشار دی‌اکسید کربن با استفاده از شواهد آماری استان‌های ایران برای دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۹۴ پرداختند. نتایج حاصل از برآوردها نشان داد که افزایش مخارج آموزشی ابتدا باعث کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و سپس افزایش سطح آموزش، منجر به افزایش انتشار دی‌اکسید کربن می‌گردد. عطرکارروشن و فتحی^۲ (۲۰۱۷)، پژوهشی را با عنوان بررسی مقایسه‌ای تأثیر آموزش در سطوح مختلف تحصیلی، بر کاهش آلودگی هوا در کشورهای منتخب منا، طی دوره زمانی ۱۹۹۲-۲۰۱۲ انجام دادند. نتایج نشان داد که در کشورهای منتخب منا هر چه تحصیلات بالاتر می‌رود و میزان تحصیلات بیشتر می‌شود تأثیر آن بر کاهش آلودگی هوا کمتر می‌گردد.

ایده ثبات محیطی و فعالیت‌های اقتصادی دوستدار محیط زیست موضوع داغ بحث در سراسر جهان بوده است. بسیاری از کشورها از بخش‌های توسعه یافته، در حال توسعه و توسعه نیافته جهان تلاش می‌کنند تا بتوانند راه‌های بهتر و هوشمندانه‌تری

1. Karimi & Hassanvand, 2021
2. Atrkarroshan & Fathi, 2017

$$EQ_{i,t} = C_i + a_1 I_{i,t} + a_2 I_{i,t}^2 + \beta ID_{i,t} + \phi_1 LE_{i,t} + \phi_2 Edu_{i,t} + \phi_3 Str_{i,t} + \phi_4 RD_{i,t} + \phi_5 UB_{i,t} + \epsilon_{i,t}$$

$$Edu_{i,t} = B_i + \gamma_1 I_{i,t} + \gamma_2 I_{i,t}^2 + \lambda_1 ID_{i,t} + \lambda_2 UB_{i,t} + \lambda_3 RD_{i,t} + \epsilon_{i,t}$$

در مدل‌های موردنظر i نشان‌دهنده مقاطع/کشورها، t نماد دوره زمانی است. در مدل‌های اقتصادسنجی در این مطالعه CO_2 (نمایانگر متغیر انتشار دی‌اکسید کربن) و EDU (متغیر بعد آموزش نیروی انسانی) متغیرهای وابسته می‌باشند. از نظر متغیرهای توضیحی دو نوع در نظر گرفته شده است: اول، متغیرهای اصلی توضیحی نشان داده شده توسط LE (متغیر بعد سلامت سرمایه انسانی) و EDU (متغیر بعد آموزش سرمایه انسانی) است. دوم، متغیرهای توضیحی می‌باشند که به متغیرهای کنترلی اشاره دارند از جمله: ID (توصیف‌کننده متغیر نابرابری توزیع درآمد)، RD (بیانگر توسعه فناوری)، STR (ساختار صنعتی)، UB (نرخ شهرنشینی)، I (درآمد سرانه) است. هدف اصلی از انجام این پژوهش بررسی تأثیر جنبه سلامت و آموزش سرمایه انسانی بر انتشار دی‌اکسید کربن بوده است. جنبه سلامت سرمایه انسانی در تحقیقات اقتصادی به دلیل تأثیر قابل توجهی که بر رشد اقتصادی دارد مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعات نشان داده‌اند که سرمایه‌گذاری در هزینه‌های سلامت و بهبود نتایج سلامت، مانند امید به زندگی و نرخ مرگ‌ومیر نوزادان، بر رشد اقتصادی تأثیر مثبت دارد (Jiang & Wang, 2023). علاوه بر این، تجزیه و تحلیل همگرایی هزینه‌های سلامت نشان داده است که به همگرایی رشد کمک می‌کند (Celik et al., 2023). به طور کلی، درک رابطه بین سلامت و رشد اقتصادی برای سیاست‌گذاران مهم است تا تصمیمات آگاهانه در مورد سیاست‌های سلامت و تأثیر آنها بر توسعه اقتصادی اتخاذ کنند (Jayadevan, 2021).

کشورهای مورد بررسی، منتخبی از کشورهای در حال توسعه با درآمد متوسط به بالا بر اساس طبقه‌بندی بانک جهانی شامل ۲۶ کشور^۱ است. دوره زمانی که در این تحقیق جهت استخراج داده‌ها و تحلیل برآورد آماری مورد بررسی قرار گرفته است طی

کلاسیک حاکم بر رگرسیون‌های چندمتغیره نباشد. یکی از مشخصه‌های سیستم معادلات هم‌زمان این است که متغیر وابسته در یک معادله به عنوان متغیری توضیحی در معادله‌های دیگر از سیستم ظاهر می‌شود چنین متغیر توضیحی ممکن است با جمله پسماند معادله‌هایی که در آن به عنوان متغیر توضیحی وارد شده است همبسته باشد و همبسته بودن متغیر توضیحی با جمله پسماند در یک معادله، فرض کلاسیک را نقض می‌کند (Gujarati, 1995).

روش 3SLS یکی از روش‌های سیستمی برای برآورد معادلات هم‌زمان است. روش‌های تک معادله‌ای، روش‌هایی سازگار هستند اما کارایی مجانبی ندارند یعنی با افزایش حجم نمونه، تورش و واریانس آنها به سمت صفر میل می‌کند، لذا سازگارند، اما چون حداقل واریانس را ندارند از کارایی برخوردار نیستند. دلیل عدم کارایی مجانبی آنها در نادیده گرفتن همبستگی جملات خطای معادلات است یعنی فرض بر این است که جمله خطای یک معادله با جمله خطای سایر معادلات، همبستگی ندارد. این بحث مشابه با آن است که سیستم معادلات به ظاهر نامرتبط را با روش OLS برآورد کنیم، زیرا همبستگی بین جملات را نادیده گرفته‌ایم. اگر همبستگی بین جملات خطای معادلات ساختاری را نادیده نگیریم، از تمام اطلاعات موجود در هر معادله استفاده کرده‌ایم (Sedighi et al., 2007).

قبل از انتخاب روش تخمین سیستم معادلات هم‌زمان باید شرط درجه‌ای بررسی شود. در الگوی g با g معادله هم‌زمان که دارای g متغیر درون‌زا و k متغیر برون‌زا است، اگر تعداد متغیرهای برون‌زا منهای تعداد متغیرهای از پیش تعیین شده $(K-k)$ برابر یا بزرگتر از تعداد متغیرهای درون‌زا منهای یک باشد $(g-1)$ آنگاه معادله قابل شناسایی است، چون در معادلات فوق $g-1 < K-k$ این رابطه برقرار است، معادلات موردنظر بیش از حد مشخص است (Wooldridge, 2002). از طرفی سیستم معادلات استفاده شده در این پژوهش غیرخطی است، چراکه قرار گرفتن توان دوم درآمد سرانه در معادله معین انتشار دی‌اکسید کربن و آموزش منجر به غیرخطی شدن سیستم معادلات هم‌زمان استفاده شده در این پژوهش شده است (Fotourehchi, 2021).

فرضیه مورد بررسی در این پژوهش به این شرح است: سرمایه انسانی (سلامت و آموزش) بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای در حال توسعه تأثیر مثبت و معنادار دارد. مدل‌های موردنظر تحقیق:

۱. آرژانتین، آذربایجان، بلاروس، بوسنی و هرزگوین، بلغارستان، برزیل، کلمبیا، کاستاریکا، کوبا، گرجستان، قزاقستان، مالزی، موریس، مکزیک، مولداوی، مونته‌نگرو، مقدونیه شمالی، پاناما، پاراگوئه، پرو، رومانی، روسیه، صربستان، آفریقای جنوبی، تایلند، ترکیه

سال‌های ۱۹۹۶-۲۰۲۰ است.

جدول ۱. شاخص‌ها و منبع دیتاها

Table 1. Research Indicators and Data Source

متغیرها Variables	شاخص‌ها Indicators	منبع دیتاها Source
انتشار دی‌اکسیدکربن CO ₂	انتشار CO ₂ (تن متریک سرانه) CO ₂ emission (metric tons per capita)	بانک جهانی World Development Indicators(WDI)
نابرابری توزیع درآمد ID	ضریب جینی Gini coefficient	پایگاه داده نابرابری‌های جهانی World Inequality Database(WID)
درآمد سرانه I	تولید ناخالص داخلی (LCU ثابت) / جمعیت (کل) GDP(constant LCU) / Population, total	بانک جهانی World Development Indicators(WDI)
سرمایه انسانی (بعد سلامت) LE	امیدبه‌زندگی در بدو تولد، کل (سال) Life expectancy at birth, total (years)	بانک جهانی World Development Indicators(WDI)
آموزش EDU	میانگین سال‌های تحصیل (سال‌ها) Mean years of schooling(years)	سازمان ملل Undp.org
ساختار صنعتی STR	صنعت (ازجمله ساخت‌وساز، ارزش‌افزوده) (%) ناخالص داخلی Industry (including construction), value added(% of GDP)	بانک جهانی World Development Indicators(WDI)
توسعه فناوری RD	هزینه تحقیق و توسعه (%) تولید ناخالص داخلی Research and development expenditure(% of GDP)	بانک جهانی World Development Indicators(WDI)
نرخ شهرنشینی UB	جمعیت شهری Urban population	بانک جهانی World Development Indicators(WDI)

یافته‌های پژوهش

برآورد مدل

نتایج آزمون ریشه واحد (مانایی)

برآورد ضرایب به یک رگرسیون کاذب می‌انجامد؛ بنابراین پیش از برآورد مدل، لازم است پایایی تمام متغیرهای مورد استفاده در تخمین مورد آزمون قرارگیرد (Baltagi, 2008). برای آزمون مانایی داده‌های پانلی در این تحقیق از آزمون‌های ریشه واحد، دیکی فولر (ADF)، ایم، پسران و شین (IPC)، استفاده شد.

در اقتصادسنجی مهم‌ترین بحثی که در حال حاضر وجود دارد، بررسی روش‌هایی است که از عدم کاذب بودن رگرسیون برآوردی اطمینان حاصل کند. چنانچه سری زمانی ناپایا باشد،

جدول ۲. نتایج آزمون ریشه واحد

Table 2. Results of Unit Root Tests

Table 2: Results of Unit Root Tests					
متغیرها Variables	آزمون مانایی ایم، پسران و شین (IPS) test		سطح Levels	آزمون مانایی دیکی فولر (ADF) test	
	مقدار احتمال	ضریب		مقدار احتمال	ضریب
	P values	Coefficient		P values	Coefficient
CO ₂	0.2248	-0.75619	I(0)	0.2069	60.0554
CO ₂	0.0000	-9.75410	I(1)	0.0000	195.446
ID	0.6674	0.43284	I(0)	0.5999	48.8155
ID	0.0000	-11.6867	I(1)	0.0000	234.116
I	0.9959	2.64555	I(0)	0.9994	25.0679

متغیرها Variables	آزمون مانایی ایم، پسران و شین (IPS) test		سطح Levels	آزمون مانایی دیکی فولر (ADF) test	
I	0.0000	-3.97833	I(1)	0.0001	100.539
LE	0.0003	-3.44432	I(0)	0.0000	157.970
LE	0.0000	-10.2318	I(1)	0.0000	225.787
EDU	0.9567	1.71396	I(0)	0.8923	39.7943
EDU	0.0000	-9.44628	I(1)	0.0000	193.080
STR	0.3713	-0.32851	I(0)	0.2303	59.1695
STR	0.0000	-9.14017	I(1)	0.0000	182.298
RD	0.2036	-0.82869	I(0)	0.3073	56.6012
RD	0.0000	-9.52687	I(1)	0.0000	194.918
UB	0.9092	1.33598	I(0)	0.0021	86.0819
UB	0.0000	-5.92718	I(1)	0.0000	138.490

جدول ۳. نتایج آزمون هم‌انباشتگی کائو

Table 3. Kao Residual Cointegration Test

آزمون Test	آماره T t-statistic	مقدار احتمال Prob
کائو Kao	-1.863279	0.0312

با توجه به نتایج آزمون‌های مانایی در جدول (۲)، مشاهده می‌کنیم که اکثر متغیرها در سطح مانا نیستند. برای رفع نامانایی از متغیرها یک‌بار تفاضل گرفته شد. با توجه به اینکه مقدار احتمال آزمون‌های ریشه واحد در تمامی آزمون‌های فوق کمتر از ۰/۰۵ است، نتیجه گرفته می‌شود که متغیرهای پژوهش دارای ریشه واحد نیستند بنابراین متغیرها مانا از مرتبه اول I(1) می‌باشند.

نتایج آزمون هم‌انباشتگی

ایده اصلی در تجزیه و تحلیل هم‌انباشتگی آن است که اگرچه بسیاری از سری‌های زمانی اقتصادی نامانا (حاوی روندهای تصادفی) هستند، اما ممکن است در بلندمدت ترکیب خطی متغیرهای مدل، مانا و بدون روند تصادفی باشد (Mehrra & Kikha, 2008). با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های هم‌انباشتگی این روابط بلندمدت کشف می‌شوند. به عبارتی دیگر، در صورت صحیح بودن یک نظریه اقتصادی و ارتباط مجموعه‌ای از این متغیرها انتظار داریم که ترکیبی از این متغیرها در بلندمدت ایستا و بدون روند باشند (Abrishami & Mehrra, 2002).

با توجه به نتیجه آزمون کائو در جدول (۳) مقدار سطح احتمال زیر ۰/۰۵ است در نتیجه عدم احتمال رابطه بلندمدت میان متغیرها رد می‌شود و متغیرهای پژوهش هم‌انباشته می‌باشند.

نتایج برآورد مدل‌های پژوهش

با توجه به اینکه در پژوهش حاضر رابطه متقابل مدنظر است. در نتیجه، استفاده از روش برآورد حداقل مربعات معمولی، امکان‌پذیر نیست، اما روش برآورد سیستم معادلات حداقل مربعات سه مرحله‌ای (3SLS)، قابلیت کاربرد دارد.

جدول ۴. نتایج برآورد مدل معادلات هم‌زمان سه مرحله‌ای

Table 4. Results Of Model Estimation Method Three-Stage Least Squares

متغیر وابسته Dependent	متغیر مستقل Independent	ضریب Coefficient	انحراف معیار Std. Error	آماره T t-Statistic	مقدار احتمال Prob
CO ₂	C	14.06657	1.956739	7.188782	0.0000
	I	6.24E-08	5.60E-08	1.112999	0.2659
	I ²	-5.45E-15	2.36E-15	-2.307825	0.0212
	ID	-6.516696	1.388305	-4.693993	0.0000
	LE	-0.190592	0.019148	-9.953690	0.0000
	EDU	0.485587	0.051520	9.425194	0.0000

متغیر وابسته	متغیر مستقل	ضریب	انحراف معیار	آماره T	مقدار احتمال
Dependent	Independent	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob
EDU	STR	0.075722	0.010173	7.443128	0.0000
	RD	1.683867	0.346439	4.860497	0.0000
	UB	1.14E-08	3.17E-09	3.605651	0.0003
	R ²			0.46	
	C	12.98741	0.573451	22.64781	0.0000
	I	-1.65E-07	4.16E-08	-3.969741	0.0001
	I ²	4.73E-15	1.77E-15	2.680030	0.0075
	ID	-6.796369	1.002273	-6.780957	0.0000
	UB	-1.11E-08	2.36E-09	-4.706990	0.0000
	RD	1.154286	0.255969	4.509481	0.0000
	R ²			0.27	

شهرنشینی از لحاظ آماری معنادار و مثبت می‌باشد و مقدار آنها برابر ۰/۰۷۵۷۲۲، ۱/۶۸۳۳۸۶۷ و ۱/۱۴e-۰۸ است. ورود صنایع، هم نتایج مطلوب اقتصادی به همراه دارد، هم نتایج زیست‌محیطی نامطلوب را بر جامعه تحمیل می‌کند. از طرفی به این دلیل که کشورهای در حال توسعه در مراحل اولیه رشد اقتصادی و صنعتی شدن قرار دارند، با توجه به اینکه سطح درآمد پوشش‌دهنده هزینه‌های زیست‌محیطی نیست در نتیجه ساختار صنعت سبب افزایش سطح انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود. با افزایش توسعه فناوری در کشورهای در حال توسعه، سطح انتشار دی‌اکسیدکربن افزایش پیدا می‌کند، این نتیجه تأییدکننده فرضیه پناهگاه آلودگی در این کشورها می‌باشد. در کشورهای در حال توسعه به دلیل قوانین زیست‌محیطی ملایم یا ضعیف، ورود فناوری‌هایی که سازگاری کمتری با محیط‌زیست دارند را آسان‌تر کرده است. شهرنشینی کشورها را به یک مرکز توسعه اقتصادی صنعتی و تخصصی تبدیل می‌کند و سبب تغییر تولید از روستایی به صنعتی می‌شود که این مسئله موجب افزایش مصرف انرژی در بخش صنعتی می‌باشد از طرفی با افزایش شهرنشینی زیرساخت‌ها و شبکه حمل‌ونقل افزایش پیدا می‌کند و با تبدیل منابع طبیعی (جنگل‌ها و مراتع) به مناطق مسکونی سطح انتشار دی‌اکسیدکربن افزایش پیدا می‌کند.

تحليل نتائج معادله معين آموزش بر اساس جدول
(٤)

نتایج تحقیق نشان می‌دهند که ضریب متغیر درآمد سرانه و مجذور این متغیر از لحاظ آماری معنادار می‌باشد و مقدار این متغیر و مجذور آن برابر با $۰.۷-۱.۶۵$ و $۱۵-۴.۷۳$ است. نتایج نشان‌دهنده این است که در سطوح پایین درآمد،

تحليل نتایج معادله معین انتشار دی اکسید کربن بر
اساس جدول (۴)

نتایج نشان می‌دهند که درآمد سرانه ازلحاظ آماری بی‌معنا و ضریب آن برابر با $6.24e^{-08}$ است؛ اما مجذور درآمد سرانه معنادار می‌باشد و ضریب آن برابر $-5/45e-15$ است؛ که نشان‌دهنده نزولی بودن منحنی کوزنتس در مرحله دوم توسعه است. بر اساس نتایج تحقیق ضریب متغیرهای نابرابری توزیع درآمد و بعد سلامت سرمایه انسانی ازلحاظ آماری معنادار و منفی است و مقدار آنها برابر $-6/516669e-6$ و $-0/190592$ است. طبق نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با بزرگتر شدن شکاف در توزیع درآمد، انتشار دی‌اکسیدکربن محدودتر می‌شود. این نتیجه نشان‌دهنده تأثیرگذاری معکوس متغیر توزیع درآمد بر انتشار دی‌اکسیدکربن است و با ارتقا سطح شاخص امیدبه‌زندگی (بعد سلامت) در کشورهای درحال توسعه، سطح انتشار دی‌اکسیدکربن کاهش پیدا می‌کند. طبق یافته‌های پژوهش، بعد دیگر سرمایه انسانی یعنی ضریب متغیر آموزش ازلحاظ آماری معنادار و مثبت می‌باشد و مقدار آن برابر $0/485587$ است. نتیجه به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که افزایش در سطح تحصیلات سبب افزایش در انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای مورد مطالعه در این تحقیق می‌شود. همچنین نتایج نشان می‌دهند که ضریب ساختار صنعتی، توسعه فناوری و

۱. عدد e که به عدد اویلر (نپر) هم معروف است یکی از مهم‌ترین اعداد در ریاضی است که تقریباً برابر ۲,۷۱۸۲۸ مقدار می‌باشد. این عدد پایه لگاریتم طبیعی است که برابر با حد $\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$ می‌باشد و وقتی n به سمت بی‌نهایت میل می‌کند این عدد به دست می‌آید.

سرمایه‌گذاری در آموزش کاهش می‌یابد و افزایش درآمدسزانه، موجب افزایش دسترسی شهروندان به امکانات آموزش و در نتیجه ارتقاء سطح آموزش می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج تحقیق ضریب متغیرهای نابرابری توزیع درآمد و شهرنشینی از لحاظ آماری معنادار و منفی می‌باشد و مقدار آنها به ترتیب برابر $۶/۷۹۶۳۶۹$ و $۰۸-۱/۱۱۰$ است. شکاف در توزیع درآمد منجر به توزیع نامناسب و ایجاد تبعیض در فرصت‌های آموزشی می‌شود. بر اساس نتایج تحقیق گسترش شهرنشینی در کشورهای درحال توسعه سبب افزایش نابرابری آموزشی و کاهش دستیابی به امکانات آموزشی مناسب برای شهروندان این کشورها می‌شود. هجوم مهاجران از روستاها به شهرها موجب افزایش نیروی کار غیرماهر در شهرها می‌شود و این مسئله مهاجرت، نابرابری در سطح درآمد را گسترش می‌دهد و منجر به محروم ماندن از فرصت‌های آموزشی برای افرادی که توان پرداخت هزینه‌های تحصیل را ندارند می‌شود. نتایج نشان می‌دهند که ضریب متغیر توسعه فناوری از لحاظ آماری معنادار و مثبت می‌باشد و مقدار آن برابر $۱/۱۵۴۲۸۶$ است. بر اساس نتایج، افزایش سرمایه‌گذاری در هزینه‌های تحقیق و توسعه منجر به افزایش سطح آموزش می‌شود. توسعه فناوری زمینه دسترسی دانش‌آموزان و معلمان به ابزارها و فناوری‌های پیشرفته را فراهم می‌کند.

بحث و نتیجه‌گیری

دی‌اکسید کربن یکی از گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شود که بیشتر از طریق فعالیت‌های انسانی در جو زمین افزایش یافته است. این افزایش می‌تواند از طریق تشدید دمای زمین تأثیرات خطرناکی را بر روی زندگی جانداران داشته باشد. کشورهای درحال توسعه به منظور تسریع بخشیدن همگرایی رشد اقتصادی‌شان با کشورهای توسعه‌یافته، سهم بیشتری را در انتشار دی‌اکسید کربن و آمادگی کمتری را در برابر تغییرات اقلیمی دارند و بیشتر متضرر خسارت‌های جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی می‌گردند. با توجه به اینکه این کشورها دارای سرمایه‌های طبیعی و انسانی بسیاری هستند و سرمایه انسانی، خود مولد و پیش شرط حفظ سرمایه طبیعی هست به طور خاص باید به بررسی تأثیر سرمایه انسانی بر نشر گاز دی‌اکسید کربن در این کشورها پرداخته شود. چراکه آموزش از ابعاد اصلی سرمایه انسانی یکی از معیارهای اصلی برای افزایش سطح توانمندسازی زیست‌محیطی است. اثر آموزش در بخش‌های مختلف اقتصادی از قبیل صنعت به صورت بهبود در سطح

فناوری و افزایش بازدهی تولید و استفاده بهینه از منابع طبیعی حائز اهمیت است. در این تحقیق به بررسی تأثیر سرمایه انسانی بر انتشار دی‌اکسید کربن با تأکید بر نقشی که آموزش می‌تواند در کشورهای درحال توسعه داشته باشد پرداخته شده است. برای برآورد آماری دیتاهای استخراج شده از روش معادلات هم‌زمان سه مرحله‌ای (3SLS) استفاده شده است.

نتایج نشان دادند که انباشت سرمایه انسانی (سلامت) با انتشار دی‌اکسید کربن رابطه منفی و معنادار دارد. یافته‌های تحقیق به ما نشان می‌دهد که ارتقاء سطح بهداشت و درمان و افزایش طول عمر سبب می‌شود که مردم به داشتن محیط‌زیست سالم‌تر بیشتر اهمیت بدهند. امید به زندگی یک ابزار قدرتمند برای توسعه اقتصادی و کاهش فقر می‌باشد. به همین خاطر است امید به زندگی را از شاخص‌های مهم سنجش پیشرفت یا عقب‌ماندگی کشورها می‌دانند. همین‌طور نتایج تحقیق نشان دادند که متغیر آموزش (بعد دیگر سرمایه انسانی) تأثیر مستقیم (مثبت) و معنادار بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. طبق یافته‌های تحقیق با افزایش سطح تحصیلات، انتشار آلودگی افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه تحصیلات سبب افزایش بهره‌وری و سطح درآمد می‌شود و در حقیقت یکی از دلایل سرمایه‌گذاری در انباشت سرمایه انسانی بالابردن سطح آموزش و تحصیلات است که سبب بالا رفتن مهارت و نوآوری در اقتصاد می‌شود؛ اما در کشورهای درحال توسعه که در مراحل اولیه توسعه قرار دارند برای داشتن تولید بیشتر و سریع‌تر و به تبع آن درآمد بالاتر، انتشار دی‌اکسید کربن نیز افزایش می‌یابد. در این کشورها فناوری‌های مورد استفاده در بخش صنایع اغلب وارداتی و برون‌زا هستند و چندان سازگاری با حفظ محیط‌زیست ندارند. به همین دلیل با افزایش سطح آموزش و افزایش سطح درآمد، مردم به مصرف کالاهایی روی می‌آورند که الزامات فنی که سازگاری با محیط‌زیست داشته باشد، ندارد و موجب انتشار بیشتر آلودگی می‌شود. از این رو کشورهای درحال توسعه با سرمایه‌گذاری بیشتر در بخش آموزش سبز و حمایت از بخش فناوری و تحقیق و توسعه سبز می‌توانند از یک طرف سبب نوآوری و تولید فناوری‌های سازگار با محیط‌زیست در کشورهای خود شوند و از طرف دیگر، آگاهی و بیداری عمومی زیست‌محیطی مردم را در جهت کاهش تخریب محیط‌زیستی تقویت بخشند. این نتایج، سازگار با مطالعات افرادی چون (Jahanger et al., 2022)، (Ezzati & Mozaffari, 2022)، (Karimi & Hassanvand, 2021)، (Salmanpour, 2018)، (Atrkarroshan &

(Fathi, 2017) است.

یافته‌های پژوهش نشان دادند که با افزایش سطح درآمد سرانه، انتشار دی‌اکسیدکربن کاهش پیدا می‌کند این نتیجه مبنی بر منفی بودن منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در مرحله دوم توسعه می‌باشد. در مراحل اولیه صنعتی شدن، اولویت اصلی تولید و اشتغال است تا داشتن محیط زیست پاک‌تر، به همین جهت استفاده از منابع طبیعی برای افزایش رشد اقتصادی و سطح درآمد افزایش می‌یابد. در مراحل اولیه صنعتی شدن به دلیل اینکه سطح درآمد پایین است و پوشاننده هزینه‌های زیست‌محیطی نیست انتشار دی‌اکسیدکربن افزایش می‌یابد و با رسیدن به سطح مشخصی از درآمد (نقطه عطف)، انتشار دی‌اکسیدکربن کاهش پیدا می‌کند. به این دلیل با افزایش سطح درآمد محیط زیست کالای لوکس محسوب می‌شود و شهروندان برای داشتن محیط‌زیستی سالم‌تر حاضر هستند که هزینه آن را پرداخت کنند. از طرفی دیگر نتایج نشان می‌دهند که افزایش سطح درآمد تأثیر مثبت و معناداری بر سطح آموزش و افزایش سرمایه‌گذاری در بخش آموزش دارد. سطح درآمد افراد با توجه به سطح تحصیلات آنها می‌تواند تغییر پیدا کند؛ از یک طرف سطح بالاتر آموزش و به تبع آن سطح بالاتر تحصیلات می‌تواند ظرفیت درآمدی کشورها را افزایش (تغییر) دهد و از طرف دیگر آموزش می‌تواند عامل نابرابری درآمدی نیز باشد. این گونه که افراد بدون داشتن سطح مناسبی از آموزش و دانش حرفه‌ای در مشاغل ساده‌تر مشغول به کار می‌شوند و در نتیجه سطح درآمد کاهش پیدا می‌کند. کاهش سطح درآمد و ناتوانی در پرداخت هزینه‌های تحصیل، موجب برخورداری نامناسب از کیفیت بسته‌های آموزشی می‌شود و کیفیت آموزش فراگرفته شده در بین افراد با کاهش سطح درآمد می‌تواند نابرابر باشد و این خود دلیلی بر نابرابری در بازار کار و سطح درآمد دریافتی نیروی انسانی می‌باشد.

همچنین نتایج نشان دادند که متغیر نابرابری توزیع درآمد رابطه معکوس (منفی) و معنادار با انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. درواقع، رابطه بین نابرابری توزیع درآمد و انتشار دی‌اکسیدکربن به سطح درآمد بستگی دارد. شهروندان کم‌درآمد میل نهایی به انتشار آلودگی بیشتری نسبت به ثروتمندان دارند و با توجه به اینکه خرید محصولات کم‌کربن نیاز به الزامات فنی بیشتری دارد اغلب گران‌قیمت است و شهروندان کم‌درآمد توان پرداخت هزینه‌های آن را ندارند، به همین دلیل تقاضا برای این گونه کالاها را ندارند در نتیجه سیاست‌های توزیع عادلانه درآمد یا توزیع مجدد برای کاهش نابرابری موجب افزایش انتشار

دی‌اکسیدکربن می‌شود. تنها در صورت ترجیحات نهایی کاهنده، انتشار دی‌اکسیدکربن کاهش می‌یابد و امکان تحقق توسعه پایدار وجود دارد. نتایج نشان می‌دهند که نابرابری درآمد سبب کاهش در سطح آموزش می‌شود. یکی از مهم‌ترین فایده‌های اقتصادی آموزش تأثیر بسزای آن در سطح درآمد می‌باشد. فواید درآمدی آموزش از مهم‌ترین عوامل تصمیم‌گیری شهروندان برای شرکت در برنامه‌های آموزشی و هزینه برای آن می‌باشد. هر چه نابرابری در درآمد بزرگتر باشد به تبع آن نابرابری آموزشی نیز افزایش پیدا می‌کند ایجاد برابری در سطح درآمد مقدمه‌ای برای برخورداری از سطح مناسب آموزش را برای افراد فراهم می‌کند.

همچنین، نتایج تحقیق نشان دادند که ساختار صنعت، توسعه فناوری و شهرنشینی موجب افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای درحال توسعه می‌شوند. یافته‌های تحقیق نشان‌دهنده تأیید فرضیه پناهگاه آلودگی در کشورهای درحال توسعه می‌باشد. این فرضیه از دو طریق امکان وقوع دارد: ۱. سرمایه‌گذاری خارجی و جابجایی صنایع آلوده کشورهای توسعه یافته به طرف کشورهای درحال توسعه. ۲. گسترش و توسعه صنایع آلوده در کشورهای درحال توسعه به تبع گسترش در بازارهای خارجی، به بیان دیگر کشورهای درحال توسعه به دلیل قوانین ضعیف زیست‌محیطی یا عدم سختگیری‌های زیست‌محیطی در استفاده از صنایع آلاینده و تولیداتی که چندان توان رقابت در بازارهای جهانی را ندارند مزیت پیدا می‌کنند. به دلیل استفاده از فناوری‌های آلوده بر کشورهای توسعه یافته و استفاده از این فناوری‌ها در ساختار صنعت کشورهای درحال توسعه، انتشار دی‌اکسیدکربن در این کشورها با گسترش ساختار صنعت افزایش پیدا می‌کند. توسعه سیستم‌های مدیریت محیطی، می‌تواند به جلوگیری از فرضیه پناهگاه آلودگی در این کشورها کمک کند. به عنوان مثال از طریق توسعه سیستم‌های مدیریت انرژی، توسعه سیستم‌های بازیافت پسماندها، توسعه سیستم‌های برقراری ایمنی و بهداشتی در صنایع، می‌توان به کاهش انتشار آلودگی کمک کرد. نتایج تحقیق نشان می‌دهند که توسعه فناوری ارتباط مثبت و معناداری با ارتقاء آموزش در کشورهای مورد مطالعه در این پژوهش دارد. ارتقاء فناوری و دستیابی به مدرن‌ترین فناوری‌های آموزشی سبب بالا رفتن سطح آموزش می‌شود. معلمان، اساتید و دانش‌آموختگان با پیشرفت فناوری زمینه استفاده از نرم‌افزارهای مدرن آموزشی و دستیابی آسان‌تر به پایگاه‌های تحقیقاتی و گسترش دامنه فضای آموزشی با

استفاده از نرم‌افزارهای متنوع را پیدا می‌کند؛ بنابراین کشورها در مسیر ثروتمند شدن و توسعه با سرمایه‌گذاری در هزینه‌های تحقیق و توسعه موجب ارتقاء در بخش فناوری پاک و بالا بردن سطح آگاهی و اطلاعات افراد از طریق ارتقاء فناوری‌های برنامه‌های آموزشی می‌توانند در بالا بردن کیفیت محیط‌زیست و آموزش نیروی انسانی تأثیر مستقیم بگذارند.

با توجه به تأثیر منفی شهرنشینی بر نشر گاز دی‌اکسید کربن می‌توان گفت که با افزایش شهرنشینی به عبارتی تبدیل شهرها به کلان‌شهر، تسهیلات کارخانه‌ای، گسترش زیرساخت‌ها، افزایش جمعیت شهری، تمرکز مراکز خرید، ورود صنایع و در نهایت از بین بردن مراتع و منابع طبیعی برای ساخت منازل مسکونی سبب می‌شود که افزایش نرخ شهرنشینی، انتشار دی‌اکسید کربن را افزایش دهد. دولت‌ها می‌توانند برنامه‌های حفاظتی مناسبی را برای حفظ پوشش گیاهی اجرا کنند، شامل ایجاد مناطق حفاظت‌شده، توسعه کاربری اراضی پایدار، تعیین محدودیت‌های استفاده از منابع طبیعی، اجرای سیستم‌های پایش جنگل‌ها می‌تواند تأثیر بسزایی در حفظ منابع طبیعی و پوشش گیاهی در این کشورها داشته باشد. از طرف دیگر با توجه به نتایج تحقیق افزایش

شهرنشینی موجب کاهش سطح آموزش می‌شود. در بخش روستایی به دلیل پایین بودن سطح درآمد، نامناسب بودن مسیرهای ارتباطی، دور بودن از مراکز آموزشی و پایین بودن سطح تحصیلات اکثر والدین، موجب ناکام ماندن افراد در استفاده از آموزش و پرورش یکسان می‌شود. از طرفی دیگر با گسترش شهرها و تجمع مراکز حرفه‌ای آموزشی در مناطق شهری و ایجاد فرصت‌های شغلی بیشتر در شهرها، زمینه مهاجرت شهروندان روستایی را به سمت شهرها فراهم می‌کند. مهاجرت بی‌رویه و نداشتن دانش حرفه‌ای مناسب افراد روستایی، سبب بیشتر شدن نیروی کار بدون مهارت و ارزان‌تر در شهرها می‌شود که یکی از دلایل مهم در ایجاد نابرابری در دریافت سطح دستمزد (حقوق) در افراد با سطح آموزش حرفه‌ای و افراد غیرحرفه‌ای می‌باشد. خانواده‌های پردرآمد بیشتر به استفاده از خدمات آموزشی تمایل دارند و مخارج آموزشی در خانواده‌های شهری بیشتر از مناطق روستایی می‌باشد. آموزش، در مناطق شهری جز کالاهای ضروری محسوب می‌شود. دولت‌ها می‌توانند با سرمایه‌گذاری در بخش آموزش رایگان در مناطق کم‌درآمد و روستایی موجب توسعه بعد آموزش سرمایه انسانی در این مناطق کم‌برخوردار شوند.

References

- Atrkarroshan, S & Fathi, Z. (2017). "A comparative study of the effect of education at different educational levels on the reduction of air pollution in selected countries of MENA". *Environmental Science and Technology Quarterly*, 19(1), 169-180. [In Persian]. doi: [10.22034/JEST.2017.10343](https://doi.org/10.22034/JEST.2017.10343)
- Abrishami, H. and Mehrara, M. (2002). "Applied econometrics (New approach)". *Tehran: University of Tehran Press*. [In Persian]
- Ahmed, Z., & Wang, Z. (2019). "Investigating the impact of human capital on the ecological footprint in India: an empirical analysis". *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 26782-26796. doi: [10.1007/s11356-019-05911-7](https://doi.org/10.1007/s11356-019-05911-7)
- Aşıcı, A. A., & Acar, S. (2016). "Does income growth relocate ecological footprint?". *Ecological Indicators*, 61, 707-714. doi: [10.1016/j.ecolind.2015.10.022](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.022)
- Ali, G., Ashraf, A., Bashir, M. K., & Cui, S. (2017). "Exploring environmental Kuznets curve (EKC) in relation to green revolution: a case study of Pakistan". *Environmental Science & Policy*, 77, 166-171. doi: [10.1016/j.envsci.2017.08.019](https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.08.019)
- Baltagi, B. H., & Baltagi, B. H. (2008). "Econometric analysis of panel data" Vol. 4, 135-145. Chichester: Wiley. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-53953-5>
- Bimonte, S. (2002). "Information access, income distribution, and the Environmental Kuznets Curve". *Ecological economics*, 41(1), 145-156. doi: [10.1016/S0921-8009\(02\)00022-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00022-8)
- Celik, E. U., Omay, T., & Tengilimoglu, D. (2023). "Convergence of economic growth and health expenditures in OECD countries: Evidence from non-linear unit root tests". *Frontiers in Public Health*, 11, 1125968. doi: [10.3389/fpubh.2023.1125968](https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1125968)
- De Almeida Rocha, T., Silva, L. B., Alves, E. B. B. M., & Jacovine, L. A. G. (2023). "Carbon footprint in an educational institution and compensation potential in urban forests". *Environmental*

- Development*, 46, 100860. [Doi: 10.1016/j.envdev.2023.100860](https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100860)
- Dehghan Shabani, Z., Jamshidi, N. and Zehtab, M. (2019). "The Effect of Development Threshold in the effect of Human Capital on the Economic Growth in Iran". *Quarterly Journal of Economic Strategy*. 8(28): 147-173. [In Persian]. <https://sid.ir/paper/233823/en>
- Dias, J., & McDermott, J. (2006). "Institutions, education, and development: The role of entrepreneurs". *Journal of development economics*, 80(2), 299-328. [Doi: 10.1016/j.jdeveco.2005.04.004](https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2005.04.004)
- Eyuboglu, K., & Uzar, U. (2021). "A new perspective to environmental degradation: the linkages between higher education and CO2 emissions". *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 482-493. [Doi: 10.1007/s11356-020-09414-8](https://doi.org/10.1007/s11356-020-09414-8)
- Ezzati, M. and Mozaffari, Z. (2022). "The effect of human capital on air pollution in Iran: GMM and fuzzy logic approach". *Economic Research (Growth and Sustainable Development)*, 22(1), 115-146. [In Persian]. [Doi: 10.1007/s11356-020-09414-8](https://doi.org/10.1007/s11356-020-09414-8)
- Farzin, Y. H., & Bond, C. A. (2006). "Democracy and environmental quality". *Journal of Development Economics*, 81(1), 213-235. [Doi: 10.1016/j.jdeveco.2005.04.003](https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2005.04.003)
- Fitzsimons, P. (2017). "Human Capital Theory and Education". In: Peters, M.A. (eds) *Encyclopedia of Educational Philosophy and Theory*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-287-588-4_331
- Fotourehchi, Z. (2021). "The paradox of natural resource abundance and environmental degradation: an empirical study in countries with high non-renewable energy abundance". *Strategic Studies of Public Policy*, 11(39), 230-249. [In Persian]. <https://sid.ir/paper/1056968/en>
- Gujarati, D. (1995). "Fundamentals of Econometrics", Translated by Hamid Abrishami (2013). (2nd ed). Tehran: University of Tehran. [In Persian].
- Jayadevan, C. M. (2021). "Impacts of health on economic growth: evidence from structural equation modelling". *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 5(2), 513-522. <https://doi.org/10.1007/s41685-020-00182-4>
- Jiang, W., & Wang, Y. (2023). "Asymmetric Effects of Human Health Capital on Economic Growth in China: An Empirical Investigation Based on the NARDL Model". *Sustainability*, 15(6), 5537. <https://doi.org/10.3390/su15065537>
- Jahanger, A., Yang, B., Huang, W. C., Murshed, M., Usman, M., & Radulescu, M. (2023). "Dynamic linkages between globalization, human capital, and carbon dioxide emissions: empirical evidence from developing economies". *Environment, development and sustainability*, 25(9), 9307-9335. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02437-w>
- Karimi, M & Hassanvand, A. (2021). "Investigating the effect of education on carbon dioxide emissions in Iran by examining the Kuznets environmental curve". *Journal of Natural Environment*, 73(4), 775-789. [In Persian]. <https://doi.org/10.22059/jne.2021.304780.2016>
- 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". *Environmental Science and Pollution Research*, 27(12), 13866-13881. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07876-4>
- Khanzadi, A., Jaliliyan, S., Moradi, S., & Heidariyan, M. (2020). "Analyzing effects of environment quality improvement on life expectancy in Iran (based on economic approach)". *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(1), 336-349. [In Persian]. <https://sid.ir/paper/393971/en>
- Khoshnevis, M., & Pajooyan, J. (2016). "The study of the role of development on the impact of environmental pollution on the human development index". *Quarterly Energy Economics Review*, 12(48), 33-61. [In Persian]. <http://iiesj.ir/article-1-464-en.html>
- Lin, X., Zhao, Y., Ahmad, M., Ahmed, Z., Rjoub, H., & Adebayo, T. S. (2021).

- “Linking innovative human capital, economic growth, and CO2 emissions: an empirical study based on Chinese provincial panel data”. *International journal of environmental research and public health*, 18(16), 8503. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168503>
- Mariani, F., Pérez-Barahona, A., & Raffin, N. (2010). “Life expectancy and the environment”. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(4), 798-815. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2009.11.007>
- Mehrara, M & Kikha, A. (2008). “Institutions, oil, and economic growth in oil-dependent countries during the period 1975-2005: A panel cointegration approach”. *Quantitative Economics*, 19(5), 55-80. [In Persian].
- Misra, A. K., & Verma, M. (2015). “Impact of environmental education on mitigation of carbon dioxide emissions: a modelling study”. *International Journal of Global Warming*, 7(4), 466-486. <https://doi.org/10.1504/IJGW.2015.070046>
- Nelson, R. R., & Phelps, E. S. (1966). “Investment in humans, technological diffusion, and economic growth”. *The American economic review*, 56(1/2), 69-75. <https://www.jstor.org/stable/1821269>
- Pablo-Romero, M. D. P., & Sánchez-Braza, A. (2015). “Productive energy use and economic growth: Energy, physical and human capital relationships”. *Energy Economics*, 49, 420-429. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.03.010>
- Salmanpour, A. (2018). “The effect of population growth, human capital and consumption of petroleum products on environmental pollution in Iran”. *Environmental Science and Technology Quarterly*, 20(4), 239-255. [In Persian]. <https://sid.ir/paper/361367/en>
- Salim, R., Yao, Y., & Chen, G. S. (2017). “Does human capital matter for energy consumption in China?”. *Energy Economics*, 67, 49-59. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.05.016>
- Sedighi, HR, Lawler, KA, Katos, AV. (2007). “Econometrics, applied approach”. Translated by Shamsullah Shirin Bakhsh, Tehran: Avai Noor Publications. [In Persian].
- Sharygin, E. J. (2013). “The carbon cost of an educated future: A consumer lifestyle approach”. *Vienna Institute of Demography Working Papers*, No. 4/2013, Austrian Academy of Sciences (ÖAW), Vienna Institute of Demography (VID), Vienna. <https://hdl.handle.net/10419/97016>
- Uddin, M. M. (2014). “Causal relationship between education, carbon dioxide CO2 emission and economic growth in Bangladesh”. *IOSR Journal Of Humanities And Social Science (IOSR-JHSS)*, 19(4), 60-67. <https://doi.org/10.9790/0837-19486067>
- Wooldridge, J.M. (2002). “Econometric analysis of cross Section and panel data”. Combridge: MIT Press. <https://books.google.com/books?id=cdBPQJUP4VsC&dq>
- Wells, L. T., & Adler, F. M. (1972). “The product life cycle and international trade”. (No Title). <https://lccn.loc.gov/78184791>
- Xin, Y., Yang, S., & Rasheed, M. F. (2023). “Exploring the impacts of education and unemployment on CO2 emissions”. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 36(1), 3542-3554. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2110139>
- Yao, Y., Ivanovski, K., Inekwe, J., & Smyth, R. (2020). “Human capital and CO2 emissions in the long run”. *Energy economics*, 91, 104907. [doi:10.1016/j.eneco.2020.104907](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104907)
- Zheng, L., Umar, M., Safi, A., & Khaddage-Soboh, N. (2024). “The role of higher education and institutional quality for carbon neutrality: Evidence from emerging economies”. *Economic Analysis and Policy*, 81, 406-417. [doi:10.1016/j.eap.2023.12.008](https://doi.org/10.1016/j.eap.2023.12.008)