

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره پنج، مرداد ماه ۹۹

## بررسی تأثیر سرمایه انسانی بر رابطه آلودگی محیط زیست و رشد اقتصادی در کشورهای حوزه منا

اعظم حاجی آقاجانی<sup>۱</sup>

کامبیز هژبر کیانی<sup>۲\*</sup>

[kianikh@yahoo.com](mailto:kianikh@yahoo.com)

علی امامی میدی<sup>۳</sup>

کامبیز پیکار جو<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۲۲

### چکیده

زمینه و هدف: مدل رشد اقتصادی می‌تواند اثرات مستقیم و غیرمستقیم سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی را بررسی کند. از جمله عوامل غیرمستقیم می‌توان به اثر آلودگی محیط زیست را نام برد؛ اما در این بین نباید از محدودیت‌های پیش روی طرفداران این نظریه همچون میزان تأثیرگذاری به کارگیری سرمایه انسانی در جهت کاهش آلودگی محیط زیستی و نیل به اهداف و سیاست‌گذاری‌های مشابه با اقتصادهای توسعه‌یافته غافل ماند؛ بنابراین هدف این پژوهش، بررسی تأثیر سرمایه انسانی بر رابطه مورد تأکید کوزنتس یعنی رابطه آستانه‌ای آلودگی محیط زیست و رشد اقتصادی است.

روش بررسی: برای دستیابی به اهداف تحقیق، از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته یا پانل پویا (GMM) با استفاده از اطلاعات ۱۴ کشور حوزه منا برای دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ استفاده شده است.

یافته‌ها: رابطه آلودگی محیط زیست (انتشار CO<sub>2</sub>) و رشد اقتصادی غیرخطی بوده و فرضیه منحنی کوزنتس در مجموعه منتخب تحقیق، مؤید وجود یک رابطه معکوس  $U$  شکل بین رشد اقتصادی و انتشار آلودگی است. هرچه سرمایه انسانی با سطح کنونی انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای منتخب بیشتر شود، رشد اقتصادی افزایش خواهد یافت.

نتیجه‌گیری: افزایش رشد ناشی از انباشت سرمایه انسانی، می‌تواند نقش تعدیل‌کننده‌ای بر رابطه منفی آلودگی محیط زیست و رشد اقتصادی مجموعه منتخب تحقیق داشته باشد. با افزایش سرمایه انسانی در هر سطحی از آلودگی زیست‌محیطی، نقطه آستانه‌ای رابطه

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
۲- استاد، گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (مسئول مکاتبات)  
۳- دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.  
۴- استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

منفی آلودگی زیست‌محیطی و رشد اقتصادی به تعویق می‌افتد. به عبارتی هرچه توسعه دانش‌محور و مبتنی بر سرمایه انسانی افزایش یابد، رابطه منفی آلودگی محیط‌زیست با رشد اقتصادی تعدیل می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** سرمایه انسانی، آلودگی محیط‌زیست، رشد اقتصادی

## Investigating the Impact of Human Capital on the Relationship between Environmental Pollution and Economic Growth in MENA Countries

Azam Hajiaghajani<sup>1</sup>  
Kambiz Hojabr Kiani<sup>2\*</sup>  
[kianikh@yahoo.com](mailto:kianikh@yahoo.com)  
Ali Emami Meybodi<sup>3</sup>  
Kambiz Peykarjou<sup>4</sup>

Admission Date: December 12, 2018

Date Received: September 13, 2018

### Abstract

**Background and Objective:** The economic growth model can examine the direct and indirect effects of human capital on economic growth. One of the indirect factors is environmental pollution. But in the meantime, one should not overlook the limitations of the advocates of this theory, such as the Impact of Human Capital Utilization on reducing environmental pollution, in order to achieve goals and policies similar to those of developed economies. Therefore, the purpose of this research is to investigate the impact of human capital on Kuznets' emphasized relationship, the threshold relation of environmental pollution and economic growth.

**Method:** Therefore, using the data from 14 countries in the MENA area for the period 2000 - 2016, the Generalized Method of Moment (GMM) or dynamic data panel method was used to test the hypothesis.

**Findings:** The relationship between environmental pollution (CO<sub>2</sub> emissions) and economic growth is nonlinear and the Kuznets curve hypothesis in the selected research sample confirms the existence of an inverse U-shaped relationship between economic growth and pollution emissions. Higher the human capital with the current level of greenhouse gas emissions, lead to the higher economic growth in selected countries.

**Discussion and Conclusion:** Increased growth due to the accumulation of human capital can play a moderating role on the negative relationship between environmental pollution and economic growth of the selected research set. With the increase of human capital at any level of environmental pollution, the threshold point of the negative relationship between environmental pollution and economic growth is delayed. In other words, as knowledge-based and human capital-based development increases the negative relationship between environmental pollution and economic growth is moderated.

**Key words:** Human Capital, Environmental Pollution, Economic Growth

---

1- Ph.D. Student, Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- Professor, Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran \*(Corresponding Author)

3- Associate Professor, Department of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

4- Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

## مقدمه

زندگی را بهبود می‌بخشد؛ اما رشد کنونی اقتصاد جهانی باعث شد که مسائل زیست‌محیطی مورد توجه همگان قرار گیرد و راهکارهایی جهت جلوگیری از انتشار بیش‌ازحد گازهای گلخانه‌ای تدوین شود؛ زیرا کره زمین تنها تا حدی قادر به ایجاد تعادل بین انتشار زباله و بازیافت آن است.

در این راستا، در سال‌های پس از ۱۹۳۹، مطالعات بسیاری بر روی فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس صورت گرفت. اولین پژوهش به‌وسیله گروسمن<sup>۴</sup> انجام شد که حکایت از وجود رابطه‌ای به‌صورت  $U$  وارونه بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست دارد (۵). گروسمن و کروگر (۶) با استفاده از شاخص‌های مختلفی، منحنی زیست‌محیطی را از نظر موارد آلودگی هوای شهری، آلودگی آب، آلودگی تهنشین شده در حوزه رودخانه و آلودگی اطراف رودخانه توسط فلزات سنگین، بررسی کردند که نتایج این مطالعات، تأییدی بر فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس بود و رابطه رشد و آلودگی را به‌صورت  $U$  وارون اثبات می‌نمود.

از سوی دیگر، سرمایه انسانی به‌عنوان یکی از عوامل تعیین‌کننده رشد اقتصادی شناخته شده است و نقش مهمی در پیشرفت تکنولوژیکی کشورها دارد و تنها نهاد تولیدی است که می‌تواند ضمن تغییر خود، سایر نهاده‌های تولید را تغییر دهد یا تعدیل کند و مبنایی برای ایجاد نوآوری فراهم سازد و در سطح وسیع به رشد اقتصادی بیانجامد. در نتیجه در سطح کلان، منافع اجتماعی حاصل از انباشت سرمایه انسانی است که در درازمدت بر رشد اقتصادی تأثیر می‌گذارد و رفاه و آرامش جامعه را بهبود می‌بخشد. سرمایه انسانی از جمله عوامل مهم مؤثر بر پیشرفت اقتصادی، هم‌زمان با رسیدن به آستانه تأثیر منفی آلودگی زیست‌محیطی بر رشد اقتصادی (بخش میانی منحنی کوزنتس) است. اکثر اقتصاددانان بر این باورند که کمبود سرمایه‌گذاری در سرمایه‌های انسانی عامل اصلی نزول سطح رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه است (۷).

مقوله تغییر نرخ رشد اقتصادی و علل آن همواره از موضوعات اساسی و مورد علاقه اقتصاددانان توسعه بوده است. ولیکن توجه ویژه به موضوع و انتشار ادبیات گسترده پیرامون تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر محیطی بر رشد اقتصادی از ابتدای دهه ۱۹۹۰ آغاز شده است. برخی محققان همچون بارو<sup>۱</sup>، منکیو و همکاران<sup>۲</sup> و مائورو<sup>۳</sup> به بررسی اهمیت تأثیر برخی متغیرها بر رشد اقتصادی سازگار با محیط‌زیست پرداخته و به این نتیجه رسیدند که در میان عوامل گوناگون، سرمایه انسانی نقش مهمی در رشد اقتصادی ایفا می‌کند. اهمیت یافتن راه‌حل‌های به‌کارگیری سرمایه انسانی در راستای رشد اقتصادی مبتنی بر حفظ محیط‌زیست، از آنجا ناشی می‌شود که جهان پس از گذار به دوران پست‌مدرنیته، دریافته است که اهمیت سیاست‌گذاری‌های مبتنی بر رشد پایدار و جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای باهدف بلندمدت حفظ کیفیت زیست‌بوم کشورها، نسبت به توسعه درآمد سرانه در آن اقتصادها، اولویت دارد.

آلودگی محیط‌زیست یکی از چالش‌های اصلی اقتصادهای در حال تغییر است. این کشورها علاوه بر سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه‌ای خود، ارتقای کیفیت زیست‌محیطی را در عرصه بین‌المللی دنبال می‌کنند. صنعتی شدن اقتصادهای توسعه‌نیافته منجر به بهره‌برداری بیشتر از سوخت‌های فسیلی شده است. این سوخت‌ها تبعاتی چون انتشار دی‌اکسید کربن و ایجاد آلودگی را به همراه داشته است. از این رو کشورهای صنعتی موجبات انتشار این آلودگی‌ها را فراهم آورده‌اند. در دهه ۲۰۰۰، مسائل زیست‌محیطی به روش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت؛ اما نگرانی زیست‌محیطی و توجه عمومی به محیط‌زیست در دهه ۱۹۶۰ مطرح شد و تمرکز اصلی نگرانی‌ها بر آلودگی ناشی از تولیدات صنعتی بود. قبلاً اعتقاد بر این بود که رشد اقتصادی موجب افزایش درآمد سرانه می‌شود و کیفیت

- 1- Barro
- 2- Mankiw et al
- 3- Mauro

4- Grossman

انسانی بر رابطه آلودگی محیط زیست و رشد اقتصادی پرداخته شده است.

بنابراین اگرچه طبیعت، توانایی مقابله با تغییرات را دارد؛ ولی سرعت بازسازی طبیعی در حد تخریبها نیست و در نتیجه، فرآیند تخریب محیط زیست به صورت غیرقابل بازگشتی در حال پیشروی است. به همین دلیل، هم‌اکنون بسیاری از کشورها با چالش‌های زیست‌محیطی متنوعی روبه‌رو بوده و ارائه راهکارهای گوناگونی برای مقابله با تهدیدات زیست‌محیطی، امری بسیار حیاتی است (۱۹). از طرفی، ظرفیت اقلیم کشورهای حوزه منا برای جذب تغییرات در محیط زیست به نفع رشد اقتصادی با سیاست‌های کاهش آلودگی همخوانی نداشته و بهره‌وری پایین نیروی کار موجب ایجاد محدودیت در استفاده کارا از منابع طبیعی شده است؛ بنابراین این سؤال مطرح می‌شود که رابطه منفی رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست در حضور عواملی چون سرمایه انسانی، امکان تعدیل به سمت مطلوب را دارد یا خیر؟ بررسی این پیش‌بینی شهودی در مطالعه دیگری مشاهده نگردید؛ بنابراین با توجه به اهمیت موضوع و ضرورت جلوگیری از چالش‌های زیست‌محیطی هم‌زمان با رشد اقتصادی، هدف از این مطالعه بررسی تأثیر سرمایه انسانی، به‌عنوان متغیر میانجی بر رابطه میان محیط زیست و رشد اقتصادی در کشورهای حوزه منا می‌باشد. نوآوری این تحقیق نسبت به مطالعات قبلی، ایجاد زمینه جدیدی در تحلیل مدل تک‌زیرا و کوایروس (۷) با افزودن متغیر آلودگی محیط زیست می‌باشد تا از این طریق بتوان نقش تعدیل‌گری متغیر سرمایه انسانی بر رابطه آلودگی و رشد اقتصادی را به صورت تجربی موردسنجش قرار داد. از طرفی، درک این موضوع، کاربردی مهم در سیاست‌گذاری‌ها دارد. با توجه به مرور بر اهمیت موضوع و مبانی نظری تحقیق، در ادامه بر مرور برخی مطالعات که به نحوی مرتبط با موضوع تحقیق حاضر هستند، پرداخته می‌شود:

تک‌زیرا و کوایروس (۲۰۱۶) در مطالعه خود بیان می‌کنند که سرمایه انسانی یکی از عوامل موقر بر رشد اقتصادی است و نقش مهمی در پیشرفت تکنولوژیک کشورها دارد. باین‌حال،

در طول چند دهه گذشته، مطالعات زیادی به بررسی نقش سرمایه انسانی در تعیین سطح و رشد تولید ناخالص داخلی سرانه صورت گرفته است (۸). از جمله مدل رشد نئو کلاسیک به رهبری سولو<sup>۱</sup> (۹)، نظریه رشد لوکاس<sup>۲</sup> (۱۰) و رومر<sup>۳</sup> (۱۱)؛ مطالعات منکیو<sup>۴</sup> (۱۲) که محدوده مطالعات سولو (۹) را برای ارزیابی تأثیر سرمایه انسانی بر درآمد سرانه کشورها بسط دادند. کسب مهارت‌ها و دانش به معنای تشکیل سرمایه انسانی است که با به تعویق انداختن مصرف حال باهدف افزایش درآمد در آینده صورت می‌گیرد. سرمایه انسانی باعث بهبود کیفیت کار و افزایش بهره‌وری آن می‌شود (۲). آموزش، سطح کارایی، بهره‌وری و به تبع آن درآمد نیروی کار را افزایش خواهد داد (۱۳). به این ترتیب تفاوت در سطوح آموزش در کشورها بر روی رشد اقتصادی آن‌ها مؤثر خواهد بود (۱۴). سرمایه انسانی از طریق افزایش نوآوری و پیشرفت تکنولوژی باعث خلق محصولات جدید می‌شود. این بدان معنی است که آموزش نیروی کار یک کشور بیشتر از مزایای فعالیت‌های R & D در رشد اقتصادی کشور تأثیر دارد. سرمایه انسانی باعث جذب و ترویج ایده‌های جدید و تولید محصولاتی خواهد شد که در سایر کشورهای دیگر ایجاد شده است. این امر باعث ورود سریع‌تر تجهیزات و فن‌آوری به کشور می‌شود (۱۷-۱۵). در نتیجه از طریق مکانیسم بالا، سرمایه انسانی باعث افزایش سرمایه فیزیکی خواهد شد. محققان بسیاری در مطالعات خود نشان دادند که رابطه مثبت و معنادار بین سرمایه انسانی و رشد اقتصادی وجود دارد (۱۸؛ ۲؛ ۱؛ ۱۶؛ ۱۳) اما نقش تعدیل‌گری سرمایه انسانی در کاهش انتشار آلودگی زیست‌محیطی و اثر منفی آن بر رشد اقتصادی، آن‌چنان‌که شایسته است موردتوجه لازم قرار نگرفته است؛ بنابراین در این تحقیق ضمن افزودن این متغیر به مدل تک‌زیرا<sup>۵</sup> و کوایروس<sup>۶</sup> (۷)، به بررسی تأثیر سرمایه

- 1- Solow
- 2- Lucas
- 3- Romer
- 4- Mankiw
- 5- Teixeira
- 6- Queirós

قراردادند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که یک رابطه علیت یک‌طرفه از انتشار گازهای آلاینده به سمت رشد اقتصادی برقرار است (۲۱). در مطالعه پاپی<sup>۴</sup> (۲۰۱۳) نیز نتایج آزمون علیت گرانجر کوتاه‌مدت نشان می‌دهد که در دوره زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۰، رابطه علیت بین انتشار CO<sub>2</sub> و رشد اقتصادی در کشور چین دوطرفه است. همچنین روابط علی بین شدت انتشار CO<sub>2</sub>، ساختار مصرف انرژی، شدت انرژی و ساختار صنعتی در دوره زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۹ وجود دارد (۲۲).

موسوی و همکاران (۱۳۹۴) نیز در تحقیق خود با استفاده از داده‌های سالانه (۱۳۸۹-۱۳۴۵) اقتصاد ایران و به‌کارگیری روش غیرخطی STR، به بررسی تأثیر سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اثرگذاری رشد سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی در دو رژیم مختلف متفاوت است. در رژیم اول زمانی که نرخ رشد سرمایه انسانی کمتر از ۱/۰۸ است، تأثیر رشد سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی منفی و تأثیر سرمایه فیزیکی مثبت است؛ اما در رژیم دوم که مقدار رشد سرمایه انسانی از ۱/۰۸ بیشتر است، سرمایه انسانی تأثیر مثبت و معنادار بر رشد اقتصادی دارد. به عبارت دیگر، اگر اقتصاد در رژیم اول باشد توجه به سرمایه فیزیکی و در صورتی که در رژیم دوم باشد، توجه به سرمایه انسانی اولویت دارد (۲۳). پژویان و تبریزیان (۱۳۸۹) نیز در تحقیق خود به بررسی روابط متقابل رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد درآمد همچنان یک متغیر مهم در تعیین مقدار انتشار آلودگی است و با اعمال سیاست محیط زیستی جانشینی گاز طبیعی با فرآورده‌های نفتی می‌توان زودتر از آنچه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس نشان می‌دهد، آلاینده‌ها را کاهش داد ولی این به معنای استفاده بی‌رویه از انرژی‌های تجدید پذیر نیست (۲۴).

مرور بر مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد رابطه میان متغیرهای مختلف از جمله آلودگی محیط‌زیست با رشد اقتصادی در مطالعات متعددی مورد توجه قرار گرفته است؛ ولیکن نوآوری

مطالعات موجود صرفاً تا حدی به اهمیت سرمایه انسانی در فرایند رشد اقتصادی پرداخته‌اند. بر اساس نتایج این مطالعه، اثرگذاری سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی در بلندمدت (۲۰۱۱-۱۹۶۰) برای کشورهای توسعه‌یافته (OECD) مثبت و بیشتر بوده است. همچنین آن‌ها مجموعه‌ای از کشورها را در کوتاه‌مدت (از ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۱) بررسی کردند و نتیجه گرفتند که سرمایه انسانی تأثیر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب می‌گذارد (۷).

مارسیگلیو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیق خود بیان می‌کنند، دلایل متعددی برای توضیح وجود رابطه معکوس  $U$  شکل بین درآمد سرانه و آلودگی محیط‌زیست در ادبیات نظری ارائه شده است. در میان این نظریه‌ها، انباشت دانش نیروی کار و سرمایه انسانی ضمن تغییر ساختارهای اقتصادی، توجه کمتری را به خود جلب کرده است؛ بر اساس نتایج این تحقیق، رشد اقتصادی ممکن است برخی تغییرات تکنولوژی را ایجاد کند و با تغییر سیستم تولید از صنعت با آلودگی بالا به گسترش عرضه خدمات و انباشت ثروت از طریق دانش، بتواند فشار محیطی مرتبط با افزایش فعالیت اقتصادی را کاهش دهد (۵).

اعظم خان<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه خود به تجزیه و تحلیل تأثیر تخریب محیط‌زیست بر مبنای انتشار گازهای گلخانه‌ای بر درآمد سرانه و برخی دیگر از متغیرهای توضیحی مانند استفاده از انرژی، تجارت و سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی در کشورهای انتشاردهنده CO<sub>2</sub> بالاتر از جمله چین، ایالات متحده آمریکا، هند و ژاپن، پرداختند. نتایج با استفاده از اطلاعات دوره زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۳ نشان می‌دهد که دو متغیر انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف انرژی، به‌طور قابل‌توجهی اثر منفی بر رشد اقتصادی داشته اما تجارت و سرمایه انسانی، تأثیر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی کشورها دارند (۲۰). همچنین آزلینا و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۴) تأثیر بلندمدت مصرف انرژی بر رشد اقتصادی و انتشار آلاینده‌ها را برای کشور مالزی در دوره زمانی ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۰ مورد بررسی

1- Marsiglio  
2- Azam khan  
3- Azlina

4- Papiez

شواهد تجربی منحنی کوزنتس بیان شده در مطالعه محمد اعظم خان (۲۱)، مارسیگلیو و همکاران (۵) و مبانی مدل تکزیرا و کوایروس (۷) استفاده شده است. بر مبنای شواهد منحنی کوزنتس، متغیر انتشار CO<sub>2</sub> به صورت درجه دوم بر مدل اضافه شود. برای رسیدن به یک ترکیب قابل برآورد، مدل رشد برمبنای طرف عرضه و تقاضا از فرم تعادلی معادله (۱) تبعیت می‌کند:

$$(y_{it} - y_{it-1}) = \alpha y_{it-1} + X_{it} + \mu_{it} \quad (1)$$

که در این معادله X نماینده عوامل اقتصادی سمت عرضه اقتصاد است و  $y_{it-1}$  عوامل سمت تقاضای تولید کل را نمایندگی می‌کند که نهایتاً با درجه تأثیرگذاری  $(1+\alpha)$  در دوره بعد اثر خود را نمایان می‌کند؛ بنابراین پارامترهای تأثیرگذار بر مسیر رشد اقتصادی را می‌توان به صورت پویا برآورد نمود:

$$y_{it} = \alpha_1 y_{it-1} + \beta_k X_{it} + \mu_{it} \quad (2)$$

جهت تبیین رابطه احتمالی بین متغیرهای توضیحی بردار X، رابطه (۲) به صورت رابطه (۳) بسط داده شده است:

$$y_{it} = \alpha_1 y_{it-1} + \beta_1 hc_{it} + \beta_2 sc_{it} + \beta_3 hc \times sc_{it} + \beta \sum controls + \mu_{it} \quad (3)$$

آن بر رابطه آلودگی زیست محیطی و رشد اقتصادی در مدل (۴) بهره گرفته شده است؛ بنابراین جهت آزمون فرضیات پژوهش با استفاده از مبانی منحنی کوزنتس بیان شده توسط اعظم خان (۲۱) و مارسیگلیو و همکاران (۵) مدل (۳) به شکل غیرخطی و پویای معادله (۴) بسط یافته است:

$$y_{it} = \alpha_1 y_{it-1} + \beta_1 hc_{it} + \beta_2 co2_{it} + \beta_3 (co2_{it}^2) + \beta_4 (co2_{it} \times hc_{it}) + \beta \sum controls + \mu_{it} \quad (4)$$

این تحقیق ایجاد زمینه جدیدی در تحلیل رابطه میان رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست می‌باشد تا از این طریق بتوان نقش تعدیل‌گری متغیر سرمایه انسانی بر رابطه گفته شده را به صورت تجربی موردسنجش قرار داد. بر این اساس با توجه به اهداف تحقیق مبنی بر بررسی تأثیر سرمایه انسانی بر رابطه آلودگی محیط زیست و رشد اقتصادی در مجموعه کشورهای منتخب حوزه منا، فرض می‌شود بین انتشار آلودگی (دی‌اکسید کربن) و رشد اقتصادی یک رابطه غیرخطی منفی و معنی‌دار وجود دارد. همچنین سرمایه انسانی نقش تعدیل‌کنندگی معنی‌داری در تأثیر منفی انتشار آلودگی بر رشد اقتصادی دارد.

### روش بررسی

جامعه آماری پژوهش حاضر ۱۴ کشور در حال توسعه خاورمیانه و شمال آفریقا (حوزه منا) شامل ایران، ترکیه، عراق، لبنان، قطر، عمان، اردن، کویت، امارات، لیبی، بحرین، عربستان، تونس و مراکش در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ می‌باشند. جهت آزمون فرضیه‌های پژوهش از یک مدل غیرخطی بر اساس

که در مدل آن،  $hc_{it}$  اثر سرمایه انسانی معرفی شده و بحث شد که مثبت بودن ضریب آن نقش تسریع در روند رشد اقتصادی قانون انباشت مدل رشد سولو را می‌سجد. همچنین  $\beta_3$  اثر توأمان سرمایه انسانی از کانال تغییرات ساختاری است که از همین ایده جهت بررسی نقش تعدیل‌گری

رشد اقتصادی در این پژوهش نرخ رشد تولید ناخالص داخلی واقعی کشورهای موردبررسی است. جهت محاسبه نرخ رشد تولید ناخالص واقعی از رابطه (۵) استفاده شده است:

$$y_{it} = \frac{\text{تولید ناخالص داخلی واقعی}_{i,t} - \text{تولید ناخالص داخلی واقعی}_{i,t-1}}{\text{تولید ناخالص داخلی واقعی}_{i,t-1}} \quad (5)$$

واریانس و درون‌زایی برای بعضی از متغیرهای توضیحی دارای مشکلاتی است. برآوردگر سیستم پنل پویا این امکان را برای پژوهش‌گران ایجاد می‌کند که بتوانند مشکلات مربوط به همبستگی سریالی، ناهمسانی واریانس و درون‌زایی را برای بعضی از متغیرها رفع کنند. برای تخمین به این روش لازم است متغیرهای ابزاری به‌کاررفته در مدل مشخص شوند. سازگاری تخمین‌زننده GMM به معنی بودن فرض عدم همبستگی سریالی جملات خطا و ابزارها بستگی دارد. این اعتبار می‌تواند به‌وسیله دو آزمون سارگان و آزمون عدم همبستگی تفاضل مرتبه دوم سنجیده شود. اولی آزمون سارگان از محدودیت‌های از پیش تعیین‌شده است که معتبر بودن ابزارها را آزمون می‌کند و دومی آماره  $M2$  است که وجود همبستگی سریالی مرتبه دوم در جملات خطای تفاضلی مرتبه اول را آزمون می‌کند. عدم رد فرضیه صفر در هر دو آزمون شواهدی دال بر فرض عدم همبستگی سریالی و معتبر بودن ابزارها را فراهم می‌کند.

#### یافته‌ها

پیش از برآورد روابط میان متغیرهای تحقیق، بایستی متغیرها به لحاظ پایایی مورد ارزیابی قرار گیرند. اگر داده‌ها پایا نباشند رگرسیونی که برآش می‌شود قابلیت تفسیر ندارد زیرا که رابطه به‌دست‌آمده از روش پنل دیتای پویا در این شرایط کاذب است؛ بنابراین در این پژوهش قبل از استفاده از روش پنل دیتای پویا آزمون پایایی متغیرها انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

آلودگی زیست‌محیطی ( $CO_2$ ): جهت محاسبه این متغیر از شاخص میزان انتشار  $CO_2$  در کشورها که همه‌ساله توسط بانک جهانی برای کشورها گزارش می‌شود، استفاده شده است. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای کشور  $i$  در سال  $t$  به واحد کیلو تن در سال است.

سرمایه انسانی (hc): از آنجاکه در پژوهش‌های قبلی همانند تکزیرا و کواپروس (۷)؛ موسوی و همکاران (۲۳) از شاخص متوسط سال‌های تحصیل نیروی کار شاغل به‌عنوان شاخص سرمایه انسانی استفاده شده است، در این پژوهش نیز از این شاخص جهت مشاهده اثر سرمایه انسانی استفاده شده است.

تغییرات ساختاری (sc): مطابق پژوهش تکزیرا و کواپروس (۷) جهت محاسبه این شاخص از مجموع سهم اشتغال نیروی کار در بخش خدمات و صنعت نسبت به سهم نیروی کار در بخش کشاورزی استفاده می‌شود. دلیل استفاده از این شاخص همان نظریه گذار از ساختار کشاورزی به ساختار صنعت و بعد از صنعت به خدمات است. از آنجاکه گذار از صنعت به خدمات در کشورهای در حال توسعه، در حال توسعه وقوع است، مجموع سهم اشتغال خدمات و صنعت در نظر گرفته خواهد شد.

در روابط بالا  $CO_2$  به فرم غیرخطی در مدل وارد شده و منظور از  $\sum controls$  شامل متغیرهای تغییرات ساختاری و نرخ رشد جمعیت کشور (Pop) و ترکیب تغییرات ساختاری با سرمایه انسانی و انتشار زیست‌محیطی مربوطه است.

همچنین برای برآورد مدل‌های تحقیق، روش پنل دیتای پویا انتخاب گردید. از روش پنل دیتای پویا برای حل مشکلات مربوط به خودهمبستگی و ناهمگنی استفاده شده است. مدل اثرات تصادفی که به‌وسیله هانسون<sup>۱</sup> (۲۵) پیشنهاد شده است، می‌توانست به‌عنوان یک روش جایگزین مورد استفاده قرار گیرد ولیکن در این حالت مشکلات مربوط به درون‌زایی برای برخی از متغیرهای توضیحی هنوز هم حل‌نشده باقی خواهد ماند. این همان علت اصلی است که از سیستم پنل پویا استفاده شده است. روش پنل ایستا در زمینه همبستگی سریالی، ناهمسانی



## جدول ۱- نتایج آزمون ریشه واحد (بررسی پایایی)

Table 1. Unit root test results (Stationary)

وضعیت پایایی	احتمال رد	آماره آزمون (خی دو)	متغیر
پایا در سطح	۰/۰۰۰	۱۱۹/۲۶۳۷	<b>G</b>
تفاضل- پایا	۰/۰۰۰	۶۷/۰۲۲۴	<b>Hc</b>
تفاضل- پایا	۰/۰۰۰	۷۵/۱۵۵۳	<b>Sc</b>
تفاضل- پایا	۰/۰۰۰۲	۶۳/۱۲۳۹	<b>co2</b>
تفاضل- پایا	۰/۰۰۷۷	۴۹/۳۳۶۲	<b>Pop</b>

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد تمامی متغیرها در سطح یا با یک‌بار تفاضل، پایا هستند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از روش پانل دیتای پویا بلامانع است. از سوی دیگر بررسی وجود هم‌جمعی متغیرها در داده‌های ترکیبی نیز مانند داده‌های سری زمانی اهمیت دارد. برای انجام آزمون هم‌جمعی بستگی داده‌های ترکیبی، از آزمون کائو<sup>۱</sup> استفاده شده است (۲۶). این آزمون بیانگر یک رابطه بلندمدت بین متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی می‌باشد که برای انجام آن پس از انجام رگرسیون، مقدار باقیمانده‌ها را محاسبه نموده، سپس ریشه واحد در باقیمانده‌ها یا به عبارت دیگر مانایی باقیمانده‌ها است که نشانگر رابطه خطی تعادلی بلندمدت است و مانع از یک رگرسیون کاذب می‌گردد. نتایج این آزمون در جدول ۲ نشان داده شده است.

همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد تمامی متغیرها در سطح یا با یک‌بار تفاضل، پایا هستند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از روش پانل دیتای پویا بلامانع است. از سوی دیگر بررسی وجود هم‌جمعی متغیرها در داده‌های ترکیبی نیز مانند داده‌های سری زمانی اهمیت دارد. برای انجام آزمون هم‌جمعی بستگی داده‌های ترکیبی، از آزمون کائو<sup>۱</sup> استفاده شده است (۲۶). این آزمون بیانگر یک رابطه بلندمدت بین متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی می‌باشد که برای انجام آن پس از انجام رگرسیون، مقدار باقیمانده‌ها را محاسبه نموده، سپس ریشه واحد در باقیمانده‌ها یا به عبارت دیگر مانایی باقیمانده‌ها است که نشانگر رابطه خطی تعادلی بلندمدت است و مانع از یک رگرسیون کاذب می‌گردد. نتایج این آزمون در جدول ۲ نشان داده شده است.

## جدول ۲- نتایج آزمون هم‌جمعی بستگی

Table 2. Cointegration test results

P-Value	مقدار آماره آزمون	نوع آزمون هم‌جمعی بستگی
۰/۰۰۹۶	-۲/۳۴۲۴	آزمون پسماند کائو

منبع: یافته‌های پژوهش

## جدول ۳- نتایج برآورد الگوی ۴ (متغیر وابسته: رشد اقتصادی واقعی (g))

Table3. The estimation of model 4 (dependent variable: real economic growth (g))

بازه اطمینان ۹۵٪		P-Value	آماره z	انحراف معیار	ضریب	متغیر
۱/۱۵۱۸۴۳	-۰/۷۸۸۳۳۷۵	۰/۷۱۳	۰/۳۷	۰/۴۹۴۹۵۳۲	۰/۱۸۱۷۵۲۸	$g_{i,t-1}$
۲/۶۵۷۴۳۳	-۰/۶۷۱۸۴۳۹	۰/۲۴۲	۱/۱۷	۰/۸۴۹۳۲۱	۰/۹۹۲۷۹۴۷	Hc
۰/۰۰۰۰۱۰۶	-۲/۱۱E-۰۷	۰/۰۶	۱/۸۸	۲/۷۶E-۰۶	۵/۱۹E-۰۶	Co2
۹/۲۷E-۰۸	-۲/۳۶E-۰۶	۰/۰۷	-۱/۸۱	۶/۲۶E-۰۷	-۱/۱۳E-۰۶	$(co2) \times hc$
۶/۲۹E-۱۴	-۱/۳۶E-۱۲	۰/۰۷۴	-۱/۷۹	۳/۶۴E-۱۳	-۶/۵۰E-۱۳	$(co2)^2$
۰/۰۰۱۴۸۳۲	-۰/۰۰۰۴۹۰۷	۰/۳۲۴	۰/۹۹	۰/۰۰۰۵۰۳۶	۰/۰۰۰۴۹۶۳	Sc
۲/۳۳E-۱۰	-۵/۲۹E-۱۰	۰/۴۴۷	-۰/۷۶	۱/۹۴E-۱۰	-۱/۴۸E-۱۰	$(co2) \times hc \times sc$
۰/۰۰۶۸۰۹۳	-۰/۰۰۰۸۶۰۴۴	۰/۸۱۹	-۰/۲۳	۰/۰۰۳۹۳۲۱	-۰/۰۰۰۸۹۷	Pop
تعداد مشاهدات قابل قبول		آماره آزمون Arellano-Bond (P-Value)		آماره آزمون سارگان (P-Value)		
۱۴۷		۰/۷۱۶۵۱ (۰/۴۷۳۷)		۹/۰۵۸۸۵۲ (۱,۰۰۰۰)		

منبع: یافته‌های پژوهش

خواهد یافت؛ به طوری که شواهد تجربی فوق وجود یک نقش مثبت، تعدیل کننده و معنی دار بین شاخص سرمایه انسانی با در نظر گرفتن سطح کنونی انتشار گازهای گلخانه‌ای و رشد اقتصادی در حوزه منا را با اطمینان ۹۰٪ تأیید می‌کند. همچنین طبق بحثی که پیرامون آزمون سارگان<sup>۲</sup> و آزمون آرانو و باند<sup>۳</sup> (۲۷) مطرح گردید فرضیه صفر این دو آزمون پذیرفته شده است. ارزش احتمال آماره آزمون سارگان عدد ۱/۰۰۰۰ را نشان می‌دهد که بیانگر عدم رد فرض صفر بوده و نشان می‌دهد ابزارهای انتخابی با جملات خطا همبستگی نداشته و مدل پویای فوق معتبر است. همچنین ارزش احتمال آماره آزمون آرانو جهت بررسی عدم همبستگی سریالی از مرتبه دوم در جملات خطا از معادلات تفاضلی مرتبه اول بیانگر عدم رد فرض صفر بوده و بیان می‌کند همبستگی سریالی از مرتبه دوم در جملات خطا از معادلات تفاضلی مرتبه اول در مدل پویای فوق وجود ندارد و نتایج به دست آمده قابل قبول است.

فرضیه اول بیان نمود که بین انتشار گازهای گلخانه‌ای و رشد اقتصادی یک رابطه غیرخطی منفی و معنی دار وجود دارد. بر این اساس فرم درجه دوم انتشار گازهای گلخانه‌ای<sup>۱</sup> در مدل پژوهش معرفی شده و طبق برآورد پویا عدد  $(-۶/۵۰) \times 10^{-۱۳}$  به دست آمده که چون ارزش احتمال آن کمتر از سطح خطای ۰/۱ می‌باشد، نشان دهنده معنی داری ضریب است و این نتیجه به این معنی است که رابطه انتشار گازهای گلخانه‌ای و رشد اقتصادی در حوزه منا غیرخطی بوده و شکل u معکوس منحنی کوزنتس را در سطح اطمینان ۹۰٪ تأیید می‌کند. فرضیه دوم بیان نمود که سرمایه انسانی نقش تعدیل کننده در تأثیر منفی انتشار گازهای گلخانه‌ای بر رشد اقتصادی دارد. طبق برآورد پویا عدد  $(-۱/۱۳) \times 10^{-۶}$  به دست آمده که چون ارزش احتمال آن کمتر از سطح خطای ۰/۱ است نشان دهنده معنی داری ضریب است و این نتیجه به این معنی است که هرچه سرمایه انسانی با سطح کنونی انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای حوزه منا بیشتر شود، نرخ رشد اقتصادی افزایش

2- Sargan

3- Arellno &amp; Bond

1- (Co2)2

## بحث و نتیجه گیری

بر اساس فرم درجه دوم مدل پژوهش مبتنی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای که قبلاً معرفی شد و نیز بر طبق برآورد پانل پویا، ضریب متغیر انتشار گازهای گلخانه‌ای منفی و معنی‌دار به دست آمد. این نتیجه به این معنی است که رابطه انتشار گازهای گلخانه‌ای و رشد اقتصادی در مجموعه کشورهای منتخب حوزه منا غیرخطی بوده و فرم  $U$  معکوس منحنی کوزنتس، با توجه به منفی و معنی‌دار بودن ضریب توان دوم شاخص آلودگی محیط زیست قابل تأیید است. بر اساس یافته‌های پژوهش می‌توان دریافت فرضیه منحنی کوزنتس برای حوزه منا صادق بوده و با افزایش آلودگی ابتدا رشد اقتصادی افزایش یافته و به‌طور آستانه‌ای به‌مرور کاهش خواهد یافت. همچنین بر اساس نتایج فرضیه دوم، هرچه سرمایه انسانی با سطح کنونی انتشار گازهای گلخانه‌ای در حوزه منا بیشتر شود، نرخ رشد اقتصادی افزایش خواهد یافت؛ بنابراین می‌توان پذیرفت که با افزایش سرمایه انسانی در هر سطحی از آلودگی زیست محیطی، نقطه آستانه‌ای رابطه منفی آلودگی زیست محیطی و رشد اقتصادی به تعویق می‌افتد. البته تأکید بر نقش تعدیل‌گری رابطه آلودگی زیست محیطی و رشد اقتصادی نیز بر همین به تعویق افتادن اندازه نقطه آستانه‌ای منحنی کوزنتس اشاره دارد؛ بنابراین هرچه توسعه دانش‌محور و مبتنی بر سرمایه انسانی افزایش یابد، رابطه منفی آلودگی محیط زیست با رشد اقتصادی تعدیل می‌شود.

نتایج بیان شده فوق را از دو جنبه می‌توان مفید دانست؛ اول این‌که نتایج بیان شده خلأ مطالعات تجربی در ایران را پر نموده است. در مطالعه پژوهشگران و تبریزیان (۲۴) به بررسی رابطه آلودگی زیست محیطی و رشد اقتصادی پرداخته شده و بر جنبه منفی آلودگی بر رشد اقتصادی تأکید شده است که نتایج پژوهش حاضر در تکمیل و تأیید آن‌ها گام برداشته است. همچنین رویکردی دیگر در مطالعات داخلی و خارجی همچون موسوی و همکاران (۲۳) و تکزیرا و کوایروس (۷) اشاره به رابطه مثبت سرمایه انسانی و رشد اقتصادی داشته است که این پژوهش توانست نتایج این دو رویکرد را با نتایج بیان شده

پیرامون نقش تعدیل‌گر سرمایه انسانی در تأثیر منفی آلودگی زیست محیطی بر رشد اقتصادی تعریف و تکمیل نماید؛ بنابراین می‌توان گفت نتایج پژوهش هر دو رویکرد مطالعات قبلی را پوشش داده و با آن‌ها هم‌خوانی دارد. همچنین نتایج مدل، پیشنهادها و نتایج مطالعه مارسیگلیو و همکاران (۵) مبنی بر یافتن عوامل تعدیل‌گر تحقق نقطه آستانه‌ای منحنی کوزنتس در اقتصادهای توسعه‌یافته را تأیید و بر نقش سرمایه انسانی به‌عنوان عامل مهم تأکید می‌کند.

درنهایت با توجه به نتایج تحقیق، پیشنهاد می‌شود که کشورهای حوزه منا به سیاست‌های توسعه اقتصادی پایدار بر مبنای استفاده از فن‌آوری خارجی و بومی‌سازی آن توجه ویژه داشته باشند تا ضمن رشد اقتصادی مداوم، نقطه آستانه‌ای منحنی کوزنتس که منجر به رشد همراه با افول زیست‌بوم ناشی از انتشار آلودگی است، به تعویق افتاد. در این بین پیشنهاد می‌شود که برای رسیدن به توسعه‌یافتگی در مراحل اولیه، با سیاست‌های تولید محصولات به‌شرط انتقال فن‌آوری ضمن همکاری و آموزش مؤثر نیروی انسانی پیش رفت و در مراحل عالی رسیدن به رشد اقتصادی جهت کنترل آلودگی‌های زیست محیطی، سیاست‌های توسعه بخش خدمات را پیگیری نمود.

## Reference

1. Barro, R.J., 1991. Economic growth in a cross section of countries. Q. J. Econ. 106(2), pp. 407–443.
2. Mankiw, N.G., Romer, D., Weil, D.N., 1992. A contribution to the empiric's of economic growth. Q. J. Econ. 107 (2), pp. 407–437.
3. Mauro, P., 1995. Corruption and growth. Q. J. Econ. 110 (3), pp. 681–712.
4. Grossman, G.M., 1995. Pollution and growth: what do we know? In: Goldin I, Winters LA (eds) The economics of sustainable development. Cambridge University Press, Cambridge.

- regression analysis. *World Dev.* 64, pp. 669–689.
15. Benhabib, J., Spiegel, M.M., 1994. The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data. *J. Monetary Econ.* 34, pp. 143–173.
  16. Bodman, P., Le, T., 2013. Assessing the roles that absorptive capacity and economic distance play in the foreign direct investment-productivity growth nexus. *Appl. Econ.* 45 (8), pp. 1027–1039.
  17. Nelson, R.R., Phelps, E.S., 1966. Investment in humans, technological diffusion and economic growth. *Am. Econ. Rev.* 56 (1/2), pp. 69–75.
  18. Easterly, W., Levine, R., 1997. Africa's growth tragedy: policies and ethnic divisions'. *J. Econ.* 112 (4), pp. 1203–1250.
  19. Salehi, S., Firoozjayan, A.A., Gholam Razzadeh, F., 2015. Environmental Discourse Analysis of Socio-Economic Development Programs of Islamic Republic of Iran. *Quarterly Journal of Welfare and Social Development Planning*, No. 21, 71-108. (In Persian)
  20. Azam Khan, Muhammad., Qayyum Khan, Abdul., Bin Abdullah, Hussin., Ejaz Qureshi, Muhammad., 2015. The impact of CO2 emissions on economic growth: evidence from selected higher CO2 emissions economies. *Environmental Science and Pollution Research*, <https://www.researchgate.net/publication/285383978>
  21. Azlina, A.A., Law, S.H. Mustapha, N.H.N., 2014. Dynamic linkages among transport energy consumption, income and CO2
  5. Marsiglio, S., Ansuategi, A., Gallastegui, M. Carmen., 2016. The environmental Kuznets curve and the structural change hypothesis. *Environmental and Resource Economics*, 63 (2), pp. 265-288.
  6. Grossman, G.M., Krueger AB., 1991. Environmental impacts of the North American Free Trade Agreement. NBER working paper no 3914.
  7. Teixeira, A.A.C., Queirós, A.S.S., 2016. Economic growth, human capital and structural change: A dynamic panel data analysis. *Res. Policy*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2016.04.006>
  8. Goldin, C., 2016. Human capital. In: Diebolt, C., Huppert, M. (Eds.), *Handbook of Clio metrics*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 55–86.
  9. Solow, R.M., 1959. Investment and Technology progress. In Arrow K. Karbin. S.8 Suppes, P. (Eds), *Mathematical Methods in the social Science*, Stanford University press, Stanford.
  10. Lucas, R.E., 1988. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*. vol. 22, pp. 3-12
  11. Romer, P.M., 1990. Endogenous Technological Change *Journal of Political Economy*. PP. 71-102.
  12. Mankiw, N., R. D., Weil, D., 1992. A contribution to the empirics of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*. 107, pp. 112-128.
  13. Hall, R.E., Jones, C.I., 1999. Why do some countries produce so much more output per worker than others? *Q. J. Econ.* 114 (1), pp. 83–116.
  14. Benos, N., Zotou, S., 2014. Education and economic growth: a meta-

- no. 38 (after 3), pp. 203-175. (In Persian)
25. Hunsson, J. A., 1999. Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46, pp. 1251-1272.
26. Kao, C., 1999. Spurious Regression and Residual-Based Tests for Cointegration in Panel Data. *Journal of Econometrics*, 90, pp. 1-44.
27. Arellano, M., Bond, S., 1991. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and application to employment equation. *Review of Economic Studies*, 58(2), pp. 117-142.
- emission in Malaysia. *Energy Policy* 73:598-606.
22. Papiez, M., 2013. CO2 emissions, energy consumption and economic growth in the Visegrad Group countries: a panel data analysis. 31st International Conference on Mathematical Methods in Economics 2013, pp. 696-701.
23. Mousavi, S.S.A., Haghghat, J., Salmani, M.R., 2015. The Impact of Human Capital on Economic Growth in Iran (Nonlinear Approach). *Iranian Economic Research*, pp. 121-144. (In Persian)
24. Pajouyan, J., Tabriz, B., 2010. Study of the relationship between economic growth and environmental pollution using a dynamic simulation model. *Economic research journal*, year 10,