



تأثیر تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی بر رابطه آلودگی محیط زیست و رشد اقتصادی در کشورهای حوزه منا با دو روش GMM و PVAR

اعظم حاجی آقاجانی^۱، کامبیز هژبرکیانی^۲، علی امامی میبدی^۳، کامبیز پیکارجو^۴

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۲۷

چکیده:

در دهه‌های اخیر تحقیقات بسیاری بر بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم سرمایه انسانی و تغییرات ساختاری بر رشد اقتصادی تمرکز کرده‌اند و دیدگاه‌ها و نظرات متفاوتی در این خصوص ارائه شده است. آلودگی محیط زیست نیز به‌عنوان یکی از عوامل غیرمستقیم مؤثر بر رشد اقتصادی مورد تأکید قرار گرفته است؛ اما در این بین نباید از محدودیت‌های پیش روی طرفداران نظریه تأثیر به‌کارگیری سرمایه انسانی و تغییرات ساختاری در جهت کاهش آلودگی محیط زیست به‌منظور نیل به اهداف و سیاست‌گذاری‌های توسعه اقتصادی غافل ماند. بر این اساس، با توجه به اینکه رشد اقتصادی یکی از اهداف مهم کشورهای است و بررسی و تعیین علل رشد اقتصادی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است، هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر شوک‌های تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی بر ارتباط آلودگی محیط زیست و رشد اقتصادی می‌باشد که با استفاده از داده‌های ۱۵ کشور حوزه منا در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ و با به‌کارگیری دو روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) و خود رگرسیون برداری پانل (PVAR) انجام شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد، آلودگی محیط زیست تأثیر منفی و معنی‌داری بر رشد اقتصادی در نمونه مورد بررسی دارد؛ همچنین وجود شوک‌های هم‌زمان سرمایه انسانی و تغییرات ساختاری نقش تعدیل‌کننده در تأثیر منفی آلودگی محیط زیست بر رشد اقتصادی کشورهای حوزه منا داشته است.

طبقه‌بندی JEL: O33، O53، O12

کلید واژه: سرمایه انسانی، تغییرات ساختاری، آلودگی محیط زیست، رشد اقتصادی

^۱ دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران ایمیل: hajiaghajani.azam@gmail.com

^۲ استاد گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران (نویسنده مسئول): kianikh@yahoo.com

^۳ دانشیار گروه اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران ایمیل: emami@atu.ac.ir

^۴ استادیار گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران ایمیل: dr.k.peykarjou@gmail.com

۱. مقدمه

از جمله تغییرات اساسی در روند تولید و رسیدن به رشد اقتصادی، افزایش دانش بشری و حرکت به سمت عرضه محصولات دانش‌بنیان است. روند طی شده اقتصادهای توسعه‌یافته نشان‌دهنده انتقال اقتصاد از محوریت تولیدات کشاورزی به سمت محصولات صنعت محور و سپس از تولیدات صنعت‌محور به سمت عرضه خدمات بوده و امروزه تحت عنوان معجزه تغییرات ساختارهای اقتصادی از آن یاد می‌شود؛ اما در این بین نباید از محدودیت‌های پیش روی طرفداران مسائل زیست‌محیطی و نقش تعدیل‌گر انباشت سرمایه انسانی در نیل به اهداف و سیاست‌گذاری‌های مشابه با اقتصادهای توسعه‌یافته غافل ماند.

کوزنتس^۱ و پینتی^۲، عمده مطالعات خود را با محوریت تغییرات ساختاری استوار کرده‌اند. سیمون کوزنتس، به‌طور خاص، روند تحولات ساختاری را مستند کرده و آن را تجزیه و تحلیل نمود؛ وی نشان داد که تغییرات ساختاری بخشی جدایی‌ناپذیری از رشد اقتصادی مدرن است. مهم‌ترین دغدغه‌های تغییرات مدنظر ساختارگرایان عبارت‌اند از «انتقال از اقتصاد کشاورزی محور به سمت اقتصاد صنعت محور و سپس انتقال از اقتصاد صنعت محور به اقتصاد مبتنی بر عرضه خدمات» (فاستر و ورسپاگن^۳، ۲۰۱۷).

از دیگر سو، آلودگی محیط‌زیست به دلیل صنعتی شدن و شهرنشینی افزایش یافته و به شکلی روزافزون به یکی از مشکلات عمده زیست‌محیطی تبدیل شده است؛ این مسئله نه تنها دامن‌گیر کشورهای در حال توسعه، بلکه در کشورهای توسعه‌یافته نیز وجود دارد. گذر از حالت رکود به رشد و توسعه اقتصادی که از دوران انقلاب صنعتی آغاز شده بود، از طریق تأثیرات منفی ناشی از تخریب محیط‌زیست، تأثیرات نامطلوبی بر وضعیت سلامت افراد و امید به زندگی آن‌ها گذاشته است (گالور و ویل^۴، ۲۰۰۰ و اسکافر^۵، ۲۰۱۳). برای حل این مشکل، با توجه به محدودیت منابع، کشورها باید در مسیر توسعه خود، امکان استفاده مؤثر و بهینه از منابع کمیاب محیط‌زیست را فراهم نمایند. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع به‌طور خاص، درک رابطه

میان آلودگی محیط‌زیست و رشد اقتصادی جایگاه ویژه‌ای در سیاست‌گذاری‌های کلان کشورها دارد. به‌عنوان مثال، به‌جای تأکید بر مبارزه با آلودگی و وضع جرائم بر کارخانجات صنعتی بهتر است از طریق اتخاذ رویکردهای پیشگیرانه، بستر سیاست‌گذاری در راستای تسریع مرحله گذار از تغییرات ساختاری اقتصاد فراهم شود. تغییرات ساختاری از طریق تأثیر مستقیم آزادسازی تجارت بین‌الملل، انتقال دانش و فناوری‌های جدید، تربیت نیروی کار ماهر و اعمال مالیات بر انتشار کربن، بر ترکیب صنایع، نقش کاربردی خود را اثبات می‌نماید (ویو^۶، ۲۰۱۷).

از سوی دیگر سرمایه انسانی به‌عنوان یکی دیگر از عوامل تعیین‌کننده رشد اقتصادی نقش مهمی در پیشرفت تکنولوژیکی کشور دارد. باین وجود، مطالعات انجام‌شده صرفاً تا حدودی به اهمیت سرمایه انسانی در فرآیند رشد اقتصادی از طریق تعامل اقتصاد با فارغ‌التحصیلان دانشگاه پرداخته است. علاوه بر این، عمدتاً بر عوامل تعیین‌کننده عرضه تأکید شده است، در حالی که عوامل طرف تقاضای اقتصاد، به‌ویژه فرآیند تغییرات ساختاری نادیده گرفته شده است؛ بنابراین، با به‌کارگیری مدلی از رشد اقتصادی که متغیرهای طرف عرضه و تقاضا را ادغام می‌کند، می‌توان اثرات مستقیم و غیرمستقیم سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی، از جمله تعامل سرمایه انسانی با صنعتی شدن در کشورهای مختلف را ارزیابی نمود. در این راستا، تکزیرا و کواپروس^۷ (۲۰۱۶)، بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های تابلویی پویا، دریافته‌اند که سرمایه انسانی و پویایی تخصصی صنایع در کشورها، عوامل حیاتی برای رشد اقتصادی هستند. علاوه بر این، تعامل بین سرمایه انسانی و تغییرات ساختاری در صنایع دانش‌محور بر رشد اقتصادی تأثیرگذار است.

با وجود اینکه نقش منفی آلودگی محیط‌زیست بر رشد اقتصادی فراوان بحث شده اما نقش تعدیل‌گری تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی در کاهش انتشار آلودگی محیط‌زیست و اثر آن بر رشد اقتصادی تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. بر این اساس، این تحقیق قصد دارد این رویکرد را به مدل پویایی تکزیرا و

به عنوان عامل باز توزیع منابع تولیدی میان بخش های اقتصاد تعریف شده، یکی از ویژگی های برجسته رشد اقتصادی است. نقش مهم تغییرات ساختاری در هدایت رشد اقتصادی و بهبود بهره وری به طور تجربی در مطالعات لوئیس^{۱۱} (۱۹۵۴)، کلارک^{۱۱} (۱۹۵۷)، کالدور^{۱۲} (۱۹۶۶)، کوزنتس^{۱۳} (۱۹۶۶)، دنیسون^{۱۴} (۱۹۶۷) و لین^{۱۵} (۲۰۱۲) مورد بررسی قرار گرفته است. ماهیت تغییرات ساختاری، تغییر مداوم عوامل ورودی از بخش های پایین تر به بهره وری بالاتر است که در نتیجه، افزایش بهره وری در سطح کلان را افزایش می دهد (ویو، ۲۰۱۷).

۲-۲. سرمایه انسانی و رشد اقتصادی

تأثیر سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی همواره موضوع مباحث عمده علم اقتصاد بوده است. نظریه رشد جدید لوکاس^{۱۶} (۱۹۸۸) و رومر^{۱۷} (۱۹۹۰)؛ مطالعات منکیو و همکاران^{۱۸} (۱۹۹۲) که به نحوی محدوده مطالعات مدل رشد نئوکلاسیک به رهبری سولو^{۱۹} (۱۹۵۶) را در حوزه ارزیابی تأثیر سرمایه انسانی بر درآمد سرانه کشور، گسترش دادند، از نمونه مطالعات برجسته این حوزه هستند. مدل رشد نئوکلاسیک سولو (۱۹۵۶) بر تأثیر فن آوری و عامل جمعیت در رشد اقتصادی تأکید دارد. با توجه به این مدل تا زمانی که خروجی انسانی و سرمایه فیزیکی به طور هم زمان و به همان اندازه با افزایش نیروی کار افزایش یابد، رشد متوازن تأمین خواهد شد. بررسی این مقوله همچنین با مدل لوکاس (۱۹۸۸) (رشد اقتصادی با سرمایه انسانی پایدار) امکان پذیر است (تایمر و همکاران، ۲۰۱۴).
در طول چند دهه گذشته، مطالعات زیادی به بررسی نقش سرمایه انسانی در تعیین سطح و رشد تولید ناخالص داخلی سرانه صورت گرفته است (گلدین^{۲۱}، ۲۰۱۶). در نظریه های جدید رشد، عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی در مفهوم وسیع تر با تکیه بر داده های سرمایه انسانی مورد توجه قرار گرفته است (ویلسون و بریسکو^{۲۲}، ۲۰۰۴). کسب مهارت ها و دانش به معنای تشکیل سرمایه انسانی است که با به تعویق انداختن مصرف حال و افزایش درآمد در آینده صورت می گیرد.

کواپروس (۲۰۱۶) اضافه نموده و تأثیرگذاری تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی بر رابطه آلودگی محیط زیست و رشد اقتصادی را نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد. البته نوآوری دیگر این تحقیق بررسی شوک های تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی در حضور متغیر آلودگی زیست محیطی، بر رشد اقتصادی می باشد که در دیگر مطالعات همچون تکزیرا و کواپروس (۲۰۱۶) به این شکل، مورد توجه قرار نگرفته است.

۲. ادبیات پژوهش

۲-۱. تغییرات ساختاری و رشد اقتصادی

اقتصاد کلاسیک، عمدتاً بر چگونگی تسریع و تقویت توسعه اقتصادی به منظور دستیابی به درآمد سرانه و سطوح رفاه بالاتر اجتماعی تأکید دارد؛ بر این اساس، بسیاری از اقتصاددانان بر این باورند که توسعه اقتصادی، عمدتاً به عوامل اقتصادی بستگی دارد و توجه به عوامل تأثیرگذار بر رشد متوسط اقتصاد جهان، به منظور سرعت بخشیدن به روند دستیابی به آن، از اهمیت ویژه ای برخوردار است (نوسیل و همکاران^۱، ۲۰۱۳). با این حال، نقطه اصلی اختلاف نظر اقتصاددانان، منابع افزایش نرخ رشد و بهره وری است؛ نوسیل و همکاران در مطالعه خود دو ویژگی بارز رشد اقتصادی را بررسی نمودند: ویژگی اول، نظریه رشد ساختارگرایانه کالدورین^۹ است. به این معنی که بهره وری در بلندمدت عمدتاً توسط عوامل تعیین کننده تقاضای کل که به نوبه خود به شدت به سیاست های مالی و نرخ ارز وابسته هستند، تبیین می شود؛ و دوم اینکه منابع به شکلی گسترده از بخش های سنتی و ابتدایی به بخش های مدرن تولید و پس از آن با دستیابی به درآمد سرانه بالاتر، به بخش خدمات منتقل می شود؛ از این مراحل با عنوان تغییرات ساختاری در اقتصاد یاد شده است (نوسیل و همکاران، ۲۰۱۳). فرضیه کالدورین همچنین نشان می دهد که اغلب کشورها قادر به ایجاد یک بخش تولیدی وسیع و استراتژیک در طول فرآیند توسعه خود هستند و بخش عمده ای ظرفیت بخش تولیدی مذکور برای حفظ نرخ رشد اقتصادی در بلندمدت خواهد بود (نوسیل و همکاران، ۲۰۱۳). تغییر ساختاری که

کوزنتس بود و رابطه رشد و آلودگی را به صورت U وارون اثبات می نمود.

۳. پیشینه پژوهش

در زمینه موضوع مورد تحقیق می توان به برخی از مطالعات خارجی و داخلی زیر اشاره نمود:

تکزیرا و کواپروس (۲۰۱۶) در پژوهشی تحت عنوان رشد اقتصادی، سرمایه انسانی و تغییرات ساختاری با استفاده از داده های پانل دیتا در بین کشورهای عضو سازمان همکاری های اقتصادی و توسعه (OECD) در بازه زمانی ۱۹۶۰-۲۰۱۱ به این نتیجه رسیدند که تعامل بین سرمایه انسانی و تغییرات ساختاری در صنایع دانش بنیان، بر رشد اقتصادی تأثیرگذار است. به طور خاص آن ها بیان کردند، تأثیرگذار بودن تعامل بین سرمایه انسانی و تغییر ساختاری در بلندمدت برای کشورهای توسعه یافته (OECD) مثبت و بیشتر بوده - است.

مارسیگلیوو همکاران^{۳۳} (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان رابطه تغییرات ساختاری و منحنی کوزنتس بیان کردند انباشت تکنولوژی و افزایش بهره وری تولید که طی فرضیه تغییرات ساختاری و حرکت به سمت بخش های مدرن صورت می گیرد، می تواند ضمن به تعویق انداختن اثر منفی محیط زیست بر رشد اقتصادی، منجر به رشد پایدار اقتصادی شود.

اعظم خان و همکاران^{۳۳} (۲۰۱۵) در پژوهش خود با عنوان تأثیر تخریب محیط زیست از طریق انتشار گازهای گلخانه ای بر درآمد سرانه، با استفاده از داده های سالانه ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۳، به این نتیجه رسیدند که انتشار گازهای گلخانه ای و مصرف انرژی، به طور قابل توجهی اثر منفی بر رشد اقتصادی داشته اما تجارت و سرمایه انسانی، تأثیر قابل توجه مثبتی بر رشد اقتصادی دارند.

موسوی و همکاران (۱۳۹۴) نیز در پژوهش خود به بررسی تأثیر سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی در ایران پرداختند. در این پژوهش با استفاده از داده های سالانه (۱۳۸۹-۱۳۵۴) اقتصاد ایران و به کارگیری رابطه غیرخطی بین متغیرها، تغییرات لگاریتم سرمایه انسانی دوره جاری به عنوان متغیر انتقال انتخاب و مدل LSTR

سرمایه انسانی باعث بهبود کیفیت کار و افزایش بهره وری می شود (منکیو و همکاران، ۱۹۹۲). آموزش، سطح کارایی و بهره وری، درآمد نیروی کار را افزایش خواهد داد (هال و جونز^{۳۳}، ۱۹۹۹). به این ترتیب تفاوت در سطوح آموزش در کشورها بر رشد اقتصادی آن ها مؤثر خواهد بود (بنوس و زوتو^{۳۴}، ۲۰۱۴). سرمایه انسانی از طریق افزایش نوآوری و پیشرفت تکنولوژی باعث خلق محصولات جدید می شود (بن حبیب و اشپیگل^{۳۵}، ۱۹۹۴؛ رومر، ۱۹۹۰؛ بودمن و لو^{۳۶}، ۲۰۱۳). این بدان معنی است که آموزش نیروی کار یک کشور بیشتر از مزایای فعالیت های تحقیق و توسعه (R & D)^{۳۷} در رشد اقتصادی کشور تأثیر دارد. سرمایه انسانی باعث جذب و ترویج ایده های جدید و تولید محصولاتی خواهد شد که در سایر کشورهای دیگر ایجاد شده است. این امر منجر به انتقال سریع تر تجهیزات و فن آوری به کشورها می - شود (نلسون و فلیس^{۳۸}، ۱۹۶۶؛ بن حبیب و اشپیگل^{۳۹}، ۱۹۹۴؛ بودمن و لو^{۳۰}، ۲۰۱۳). در نتیجه از طریق مکانیسم بالا، سرمایه انسانی باعث افزایش سرمایه فیزیکی و در نهایت نیل به رشد اقتصادی خواهد شد.

۳-۲. آلودگی محیط زیست و رشد اقتصادی

در دهه ۱۹۹۰، مطالعات بسیاری به بررسی فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس پرداختند. آلودگی محیط زیست یکی از چالش های اصلی اقتصادهای در حال تغییر است. این کشورها علاوه بر سیاست ها و برنامه های توسعه ای خود، کیفیت زیست محیطی رشد اقتصادی را در عرصه بین المللی دنبال می کنند. انتشار CO_2 نمونه ای از آلودگی های ناشی از رشد صنعت است. مطالعه گروسمن^{۳۱} (۱۹۹۱) به عنوان اولین پژوهش در زمینه منحنی زیست محیطی کوزنتس، حکایت از وجود رابطه U شکل وارونه بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست دارد. گروسمن و همکاران (۱۹۹۵) مجدداً با استفاده از شاخص های مختلفی، منحنی زیست محیطی را از نظر موارد آلودگی هوای شهری، آلودگی آب، آلودگی حوزه رودخانه و آلودگی اطراف رودخانه توسط فلزات سنگین، جداگانه بررسی کردند که تأییدی بر فرضیه زیست محیطی

قیمتی و سرمایه گذاری در فناوری های پاک، می توان آلودگی را همراه با افزایش درآمد کاهش داد.

در مجموع و با توجه به مرور صورت گرفته بر مطالعات پیشین، در این تحقیق تلاش شده است به منظور بررسی جامع تر موضوع رشد اقتصادی در مدل پویای تکزیرا و کوایروس (۲۰۱۶)، به بررسی هم زمان تأثیر گذاری تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی بر رابطه آلودگی محیط زیست و رشد اقتصادی پرداخته شود. همچنین شوک های تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی در حضور متغیر آلودگی زیست محیطی نیز بر رشد اقتصادی مورد ارزیابی قرار گرفته است؛ لازم به ذکر است، این بررسی ها در دیگر مطالعات به صورت هم زمان مورد توجه قرار نگرفته است.

۴. روش شناسی

روش انتخاب شده برای برآورد مدل پژوهش حاضر، روش پانل پویا (روش گشتاورهای تعمیم یافته) یا GMM^{۳۵} می باشد. این روش، برای حل مشکلات مربوط به خودهمبستگی و ناهمگنی استفاده می شود. روش اثرات تصادفی به عنوان یک روش جایگزین روش پانل پویا به وسیله هانسون^{۳۶} (۱۹۹۹) پیشنهاد شده است، ولیکن در این روش، مسائل مربوط به درون زایی برای برخی از متغیرهای توضیحی همچنان حل نشده باقی می ماند. این موضوع علت اصلی به کارگیری رویکرد پانل پویا می باشد. برای تخمین روش GMM لازم است ابتدا متغیرهای ابزاری به کاررفته در مدل مشخص شوند. سازگاری تخمین زننده GMM به معنای بودن فرض عدم همبستگی سریالی جملات خطا و ابزارها بستگی دارد. این اعتبار می تواند به وسیله دو آزمون سارگان و آزمون عدم همبستگی تفاضل مرتبه دوم (M2) سنجیده شود. همچنین جهت بررسی شوک های تغییرات - ساختاری و سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی و بررسی روابط متقابل و پویای بین متغیرهای مدل از روش خودرگرسیون برداری پانل^{۳۷} (PVAR) استفاده شده است.

دو رژیم پذیرفته شد. نتایج این تحقیق نشان می دهد 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 اقتصاد دارد. به عبارت دیگر، اگر اقتصاد در رژیم اول باشد توجه به سرمایه فیزیکی و در صورتی که اقتصاد در رژیم دوم باشد، توجه به سرمایه انسانی اولویت دارد.

آهنگری و خرم زاده (۱۳۹۱) نیز در پژوهش خود با عنوان بررسی رابطه تغییرات ساختاری و رشد تولیدات صنعتی، بیان کردند که بر اساس تجربه ی تاریخی کشورهای صنعتی و روند چند دهه ی اخیر کشورهای تازه صنعتی شده و نیز دیدگاه اقتصاددانان، تغییرات ساختاری در راستای صنعتی شدن کشورها در کنار عوامل سنتی رشد، یعنی نیروی کار و سرمایه از عوامل بالقوه رشد اقتصادی محسوب می شوند. این پژوهش با استفاده از آمار سری زمانی دوره ی ۱۳۴۷-۱۳۸۷ و روش ARDL^{۳۴} به این نتیجه رسیده است که از بین سه متغیر ساختاری فوق، افزایش نسبت بهره وری بخش صنعت و معدن به بخش کشاورزی در کوتاه مدت و بلندمدت اثر مثبتی بر رشد اقتصادی کشور داشته است.

پژویان و تبریزیان (۱۳۸۹) نیز در پژوهش خود با موضوع بررسی متقابل رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست، بیان کردند که عکس العمل متقابل بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست موضوع بحث برانگیزی است که از دهه ۱۹۹۰ مورد توجه قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می دهد درآمد همچنان یک متغیر مهم در تعیین مقدار انتشار آلودگی است و با اعمال سیاست محیط زیستی جانشینی گاز طبیعی با فرآورده های نفتی می توان زودتر از آنچه منحنی زیست محیطی کوزنتس نشان می دهد، آلاینده ها را کاهش داد ولی این به معنای استفاده بی رویه از این انرژی تجدید پذیر نیست؛ بنابراین با اتخاذ سیاست های مناسب

است که سایر نهاده‌ها به‌جز سرمایه، کار و دانش نسبتاً بی‌اهمیت هستند و در نهایت؛ آنکه نیروی کار با نرخ n و A با نرخ g رشد می‌کند که در هر دو، نرخ ثابت و برون‌زا هستند. الگوی سولو دو منبع احتمالی تغییر تولید سرانه در طی زمان یا بین کشورهای مختلف را شناسایی می‌نماید. اولین منبع، تفاوت در سرمایه سرانه و دومین منبع تفاوت در نیروی کار مؤثر است؛ اما در واقع، تنها رشد نیروی کار مؤثر می‌تواند سبب رشد دائمی تولید سرانه گردد و تأثیر تغییرات سرمایه سرانه بر تولید سرانه چندان قابل توجه نیست. به بیان دیگر، در الگوی سولو تفاوت‌های موجود در سرمایه فیزیکی سرانه نمی‌تواند تفاوت‌های تولید سرانه بین کشورهای مختلف را توضیح دهد و تفاوت در سرمایه سرانه به‌مراتب کمتر از آن چیزی است که برای توضیح تفاوت در تولید سرانه مورد نیاز است. منبع تغییر تولید سرانه در الگوی سولو نیروی کار مؤثر است، اما نحوه برخورد الگوی سولو با نیروی کار مؤثر ناقص است، زیرا رشد نیروی کار مؤثر برون‌زا فرض می‌شود.

به‌عبارت‌دیگر، الگوی سولو چیزی را که «نیروی کار مؤثر» می‌خواند شناسایی نمی‌کند. نیروی کار مؤثر شامل عواملی غیر از نیروی کار و سرمایه است. یک امکان طبیعی برای آن «دانش» است و سایر موارد ممکن نیز؛ آموزش، مهارت نیروی کار، قدرت حقوق مالکیت، کیفیت زیرساخت‌ها، گرایش‌های فرهنگی در جهت کارفرمایی و کار و مانند آن‌ها است. به‌هرحال پیش‌بینی الگوی سولو آن است که کشورها به سمت مسیر رشد متعادل خود همگرایی دارند. بنابراین تفاوت در تولید سرانه ناشی از مسیر رشد متعادل نبودن کشورهای فقیر است و با قرار گرفتن در این مسیر، کشورهای فقیر از نظر اقتصادی به سمت کشورهای ثروتمند حرکت می‌کنند (تقوی و محمدی، ۱۳۸۵).

از طرفی، صنعتی شدن کشورهای پیشرفته با انقلاب صنعتی آغاز گشت و موجب بهبود بهره‌وری و رشد اقتصادی بیشتر کشورها شد، بر این اساس، عمده مباحث نظری و تجربی درباره اثر تغییرات ساختاری در جریان صنعتی شدن نیز بر رشد اقتصادی شکل گرفت.

جامعه آماری پژوهش حاضر نیز ۱۵ کشور^{۳۸} در حال توسعه خاورمیانه و شمال آفریقا (حوزه منا) برای دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ می‌باشد.

۵. معرفی الگو و متغیرهای پژوهش

الگوهای متعددی جهت توضیح رشد اقتصادی یک کشور در طی زمان و نیز مقایسه رشد تولید سرانه بین کشورها توسط اقتصاددانان ارائه گردیده است. این تئوری‌ها را می‌توان در سه گروه دسته‌بندی کرد:

- ۱- مدل رشد نئوکینزین هارود-دومار (هارود)^{۳۹}، ۱۹۳۹؛ دومار^{۴۰}، ۱۹۴۶
- ۲- مدل رشد نئوکلاسیکی سولو-سوان (سولو)^{۴۱}، ۱۹۵۶؛ سوان^{۴۲}، ۱۹۵۶
- ۳- مدل رشد درون‌زای رومر - لوکاس (رومر)^{۴۳}، ۱۹۸۶؛ لوکاس^{۴۴}، ۱۹۸۸

در این تئوری‌ها از انباشت سرمایه فیزیکی و انسانی، رشد و ارتقا بهره‌وری و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه به‌عنوان عوامل اصلی تعیین‌کننده رشد اقتصادی و دلیل تفاوت فراوان کشورها در رفاه اقتصادی نام‌برده می‌شود. اما این تئوری‌ها در تبیین دلایل تفاوت فراوان کشورها در رشد اقتصادی ناتوان بودند زیرا هرچند بر اساس مطالعات نظری و تجربی رشد کشورهای فقیر توان بالقوه فراوانی برای رسیدن و همگرایی با کشورهای توسعه‌یافته دارند اما این کشورها در ایجاد نتایج مثبت رشد به دلیل فقدان، ناکارآمدی و ناکافی بودن نهادهای حمایت‌کننده رشد ناتوان بوده‌اند (ندیری و محمدی، ۱۳۹۰).

یکی از اولین و مشهورترین الگوهای ارائه‌شده در میان سایر الگوها، الگوی «سولو»^{۴۵} است که به‌صورت کلی $Y_t = F(K_t, A_t L_t)$ ارائه‌شده است. در این تابع Y تولید، K سرمایه فیزیکی، L نیروی کار و A معرف دانش فنی یا کارایی نیروی کار است. در الگوی سولو، AL نیروی کار مؤثر نامیده می‌شود.

فرض اصلی الگوی سولو در مورد تابع تولید آن است که تابع دارای بازگشت به مقیاس ثابت با توجه به دو نهاده سرمایه و نیروی کار مؤثر است. فرض دوم آن

بنابراین جهت آزمون فرضیه با استفاده از مبانی بیان شده توسط اعظم خان (۲۰۱۵) و مارسیگلیو و همکاران (۲۰۱۶) رابطه (۳) به شکل غیرخطی و پویای رابطه (۴) بسط یافته است:

$$y_{it} = \alpha_1 y_{it-1} + \beta_1 hc_{it} + \beta_2 sc_{it} + \beta_3 hc_{it} \times sc_{it} + \theta_1 (CO_2)_{it}^2 + \theta_2 CO_{2it} + \theta_3 (CO_{2it} \times hc_{it}) + \theta_4 (CO_{2it} \times sc_{it}) + \theta_5 (CO_{2it} \times hc_{it} \times sc_{it}) + \beta_k controls + \mu_{it} \quad (4)$$

در رابطه (۴)، CO_2 به فرم غیرخطی در مدل وارد شده است. لازم به توضیح است در مطالعات تجربی از متغیرهای گوناگونی برای بردار متغیرهای کنترلی استفاده می‌شود. در این تحقیق منظور از بردار $\beta_k controls$ متغیرهای سرمایه‌گذاری خارجی ورودی به کشورها (FDI_{ij})، نرخ رشد جمعیت کشورها (POP_{ij}) و تشکیل سرمایه ناخالص (GC_{ij}) می باشد

متغیر وابسته پژوهش حاضر، رشد اقتصادی است. منظور از رشد اقتصادی در این تحقیق نرخ رشد تولید ناخالص داخلی سرانه کشورهای مورد بررسی به قیمت ثابت سال پایه ۲۰۱۰ می‌باشد. جهت محاسبه نرخ رشد تولید ناخالص واقعی از رابطه (۵) استفاده شده است:

$$g_{it} = \frac{g_{i,t} - g_{i,t-1}}{g_{i,t-1}} \quad (5)$$

متغیرهای مستقل پژوهش حاضر عبارت‌اند از: ۱- آلودگی محیط‌زیست (CO_2): جهت محاسبه این متغیر از شاخص میزان انتشار CO_2 در کشورها که همه‌ساله توسط بانک جهانی برای گزارش می‌شود، استفاده شده است. ۲- سرمایه انسانی (hc): طبق مطالعات قبلی مانند تکزیرا و کوایروس (۲۰۱۶)؛ موسوی و همکاران (۱۳۹۴)، در این پژوهش نیز از شاخص متوسط سال‌های تحصیل نیروی کار شاغل، جهت بررسی اثر سرمایه انسانی استفاده شده است. ۳- تغییرات ساختاری (sc): مطابق پژوهش تکزیرا و کوایروس (۲۰۱۶) جهت محاسبه این متغیر 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

الگوهای دیگری نیز مشابه الگوی سولو برای توضیح تغییرات رشد اقتصادی در طی زمان و یا بین کشورها ارائه گردیده است. برای مثال؛ نمونه الگوهای ارائه شده توسط مدل‌های غیرخطی ارائه شده در مطالعات اعظم خان (۲۰۱۵)، مارسیگلیو و همکاران (۲۰۱۶) و مبانی مدل تکزیرا و کوایروس (۲۰۱۶) جزو این الگوها هستند که در آن‌ها پویایی‌های متغیرهای کلان اقتصادی با درج متغیرهای دیگری تبیین شده است. بر مبنای شواهد تجربی مطالعه اعظم خان، متغیر انتشار دی‌اکسید کربن (CO_2) به صورت درجه دوم باید بر مدل رشد تکزیرا و کوایروس (۲۰۱۶) اضافه شود. برای رسیدن به یک ترکیب قابل برآورد، نخست مبانی مدل تکزیرا و کوایروس (۲۰۱۶) بیان می‌شود. آن‌ها بیان کردند که مدل رشد بر مبنای طرف عرضه و تقاضا از فرم تعادلی رابطه (۱) باید تبعیت کند:

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

در رابطه (۱) X_{it} برداری متشکل از متغیرهای مستقل و نماینده عوامل اقتصادی طرف تقاضای اقتصاد است و g_{it-1} عوامل سمت تقاضای تولید کل را نشان می‌دهد که نهایتاً با درجه تأثیرگذاری $(1+\alpha)$ در دوره بعد اثر خود را نمایان می‌کند. بنابراین پارامترهای تأثیر - گذار بر مسیر رشد اقتصادی را می‌توان به صورت رابطه پویای (۲) برآورد نمود:

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

جهت تبیین رابطه بین متغیرهای توضیحی بردار X_{it} ، تکزیرا و کوایروس (۲۰۱۶) رابطه (۲) را به شکل رابطه (۳) بسط دادند:

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

که در رابطه (۳) $hc_{it} \times sc_{it}$ به عنوان اثر توأمان تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی معرفی شده و ضریب آن نقش تسریع در روند تغییرات ساختاری توسط سرمایه انسانی را می‌سنجد. از همین ایده جهت بررسی نقش تعدیل‌گری این متغیر بر رابطه آلودگی محیط‌زیست و رشد اقتصادی در رابطه (۴) بهره گرفته شده است؛

$$a_{47} CO_{2it} \times hc_{it} + a_{48} CO_{2it} \times sc_{it} + a_{49} CO_{2it} \times hc \times sc_{it} + \beta_{4j} controls + e_{it} \quad (9)$$

$$CO_{2it}^2 = a_{51} g_{it-1} + a_{52} hc_{it} + a_{53} sc_{it} + a_{54} hc \times sc_{it} + a_{55} CO_{2it}^2 + a_{56} CO_{2it} + a_{57} CO_{2it} \times hc_{it} + a_{58} CO_{2it} \times sc_{it} + a_{59} CO_{2it} \times hc \times sc_{it} + \beta_{5j} controls + e_{it} \quad (10)$$

$$CO_{2it} = a_{61} g_{it-1} + a_{62} hc_{it} + a_{63} sc_{it} + a_{64} hc \times sc_{it} + a_{65} CO_{2it}^2 + a_{66} CO_{2it} + a_{67} CO_{2it} \times hc_{it} + a_{68} CO_{2it} \times sc_{it} + a_{69} CO_{2it} \times hc \times sc_{it} + \beta_{6j} controls + e_{it} \quad (11)$$

$$(CO_{2it} \times hc)_{it-1} = a_{71} g_{it-1} + a_{72} hc_{it} + a_{73} sc_{it} + a_{74} hc \times sc_{it} + a_{75} CO_{2it}^2 + a_{76} CO_{2it} + a_{77} CO_{2it} \times hc_{it} + a_{78} CO_{2it} \times sc_{it} + a_{79} CO_{2it} \times hc \times sc_{it} + \beta_{7j} controls + e_{it} \quad (12)$$

$$(CO_{2it} \times sc)_{it-1} = a_{81} g_{it-1} + a_{82} hc_{it} + a_{83} sc_{it} + a_{84} hc \times sc_{it} + a_{85} CO_{2it}^2 + a_{86} CO_{2it} + a_{87} CO_{2it} \times hc_{it} + a_{88} CO_{2it} \times sc_{it} + a_{89} CO_{2it} \times hc \times sc_{it} + \beta_{8j} controls + e_{it} \quad (13)$$

$$CO_{2it} \times hc \times sc_{it-1} = a_{91} g_{it-1} + a_{92} hc_{it} + a_{93} sc_{it} + a_{94} hc \times sc_{it} + a_{95} CO_{2it}^2 + a_{96} CO_{2it} + a_{97} CO_{2it} \times hc_{it} + a_{98} CO_{2it} \times sc_{it} + a_{99} CO_{2it} \times hc \times sc_{it} + \beta_{9j} controls + e_{it} \quad (14)$$

البته در مدل قابل تخمین، بردار تابلویی برای دیگر متغیرها نیز تکرار و موردسنجش قرار می‌گیرد؛ اما فرضیه پژوهش بر مبنای تأیید رابطه برداری تابلویی فوق شکل گرفته است که چنانچه رابطه اصلی تشخیص داده شود، نتایج روابط قابل تفسیر است.

۶. برآورد مدل

این تحقیق به دنبال بررسی نقش تعدیل‌کننده سرمایه انسانی و تغییرات ساختاری و اثر توأمان آن‌ها بر تأثیرگذاری انتشار گازهای گلخانه‌ای بر رشد اقتصادی می‌باشد. همچنین رابطه غیرخطی بین انتشار گازهای گلخانه‌ای و رشد اقتصادی را بررسی می‌کند. برای

ساختار صنعت و بعد از صنعت به خدمات است. از آنجایی که گذار از صنعت به خدمات در کشورهای در حال توسعه در حال وقوع است، در این تحقیق از مجموع سهم اشتغال خدمات و صنعت استفاده شده است.

همچنین برای گردآوری داده‌های مورد نیاز از پایگاه اطلاعاتی بانک جهانی (WDI) ^{۴۶} استفاده شده است. تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت سال پایه ۲۰۱۰، در اکسید کربن بر حسب تن، تشکیل سرمایه ثابت به قیمت‌های ثابت سال ۲۰۱۰، i کشور و t زمان می‌باشد. همچنین جهت بررسی روابط متقابل و پویای بین متغیرهای مدل از تکنیک خود رگرسیون برداری پانل بهره گرفته شده، به نحوی که اثر یک تغییر ناگهانی (شوک) مشخص بر روی متغیر بررسی شده و نشان داده می‌شود که اگر یک شوک در متغیر رخ دهد اثر آن بر روی متغیر و دیگر متغیرها در طول دوره‌های مختلف چه مقدار بوده و تا چه زمانی به طول می‌انجامد. این مهم با ترسیم توابع عکس‌العمل آنی که مبین زمان-بندی تکانه‌هاست، انجام می‌پذیرد.

بر این اساس، الگوی برداری پانل شامل معادلات خود رگرسیو برداری بر پایه داده‌های تابلویی است که در ذیل بردار خودرگرسیو تابلویی متغیر رشد اقتصادی تشریح شده است:

$$g_{it} = a_{11} g_{it-1} + a_{12} hc_{it} + a_{13} sc_{it} + a_{14} hc \times sc_{it} + a_{15} CO_{2it}^2 + a_{16} CO_{2it} + a_{17} CO_{2it} \times hc_{it} + a_{18} CO_{2it} \times sc_{it} + a_{19} CO_{2it} \times hc \times sc_{it} + \beta_{1j} controls + e_{it} \quad (6)$$

$$hc_{it-1} = a_{21} g_{it-1} + a_{22} hc_{it} + a_{23} sc_{it} + a_{24} hc \times sc_{it} + a_{25} CO_{2it}^2 + a_{26} CO_{2it} + a_{27} CO_{2it} \times hc_{it} + a_{28} CO_{2it} \times sc_{it} + a_{29} CO_{2it} \times hc \times sc_{it} + \beta_{2j} controls + e_{it} \quad (7)$$

$$sc_{it-1} = a_{31} g_{it-1} + a_{32} hc_{it} + a_{33} sc_{it} + a_{34} hc \times sc_{it} + a_{35} CO_{2it}^2 + a_{36} CO_{2it} + a_{37} CO_{2it} \times hc_{it} + a_{38} CO_{2it} \times sc_{it} + a_{39} CO_{2it} \times hc \times sc_{it} + \beta_{3j} controls + e_{it} \quad (8)$$

$$hc \times sc_{it-1} = a_{41} g_{it-1} + a_{42} hc_{it} + a_{43} sc_{it} + a_{44} hc \times sc_{it} + a_{45} CO_{2it}^2 + a_{46} CO_{2it} +$$

شود قابلیت تفسیر ندارد و ضرایب به دست آمده در این شرایط کاذب است. در این تحقیق، به منظور بررسی پایایی متغیرها از آزمون ایم، پسران و شین (IPS)^{۴۷} استفاده شده است. نتایج آزمون پایایی متغیرها در جدول (۱) نشان داده شده است:

برآورد الگو از روش پانل پویا (روش گشتاورهای تعمیم یافته) و الگوی خود رگرسیون برداری پانل با نرم افزار STATA استفاده شده است. قبل از برآورد الگو لازم است آزمون پایایی متغیرها انجام پذیرد. اگر داده‌ها پایا نباشند، رگرسیونی که بر مبنای آن، داده‌ها برازش می-

جدول (۱): نتایج آزمون ریشه واحد (بررسی پایایی)

متغیر	آماره آزمون (z_squared)	سطح احتمال	وضعیت پایایی
G	-1/7670	0/0386	پایا در سطح
Hc	-2/5846	0/0049	پایا در سطح
Sc	-2/6815	0/0037	پایا در سطح
CO ₂	-2/3957	0/0083	پایا در سطح
Fd _i	-3/1532	0/0008	پایا در سطح
Gc	-2/3354	0/0098	پایا در سطح
Po _p	-1/8946	0/0291	تفاضل - پایا

منبع: یافته‌های پژوهش

مبنی بر همجمع نبودن و فرض مقابل مبنی بر همجمع بودن متغیرهاست. به عبارتی این آزمون بیانگر وجود یا فقدان یک رابطه بلندمدت بین متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی می‌باشد. نتایج آزمون در جدول (۲) نشان داده شده است:

در جدول (۲) فرض صفر آزمون همجمعی کائو مبنی بر عدم وجود رابطه همجمعی بلندمدت بین متغیرها رد شده است؛ یعنی ارتباطی بلندمدت و همجمعی میان متغیرهای مورد بررسی در مدل وجود دارد. در مرحله بعد، همان گونه که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، نتایج برآورد مدل (۴) گزارش شده که در آن نرخ رشد اقتصادی به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده است:

همان طور که ملاحظه می‌شود طبق برآورد پویا، ضریب $(CO_2)^2$ با سطح احتمال ۰/۰۶۳ منفی و معنی دار به دست آمده است. این نتیجه به این معنی است که افزایش آلودگی، تأثیر منفی و معنی داری بر رشد اقتصادی دارد. به طوری که اثر یک واحد تغییر در CO_2 بر رشد، برابر است با $10^{-12} \times CO_2 \times (-2/4) \times 2$ یعنی با افزایش مقدار CO_2 رشد اقتصادی با شدت بیشتری کم می‌شود.

همان گونه که ملاحظه می‌گردد تمامی متغیرها در سطح و یا با یک بار تفاضل، پایا هستند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از روش پانل دیتای پویا بلامانع است.

لازم به ذکر است، تخمین مدل در حالت ناپایا بودن متغیرها باعث ایجاد رگرسیون کاذب در مدل می‌شود. برای جلوگیری از اتکا به رگرسیون کاذب روش‌های تفاضل گیری و آزمون همجمعی وجود دارد، اما هنگام استفاده از تفاضل متغیرها در برآورد ضرایب الگو اطلاعات ارزشمندی در رابطه با سطح متغیرها از دست می‌رود. لذا این روش برای جلوگیری از اتکا به رگرسیون کاذب مناسب نمی‌باشد. می‌توان برای رفع این مشکل از آزمون همجمعی استفاده کرد. مفهوم همجمعی تداعی کننده وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت است که سیستم اقتصادی در طول زمان به سمت آن حرکت می‌کند (نوفرستی، ۱۳۸۹). در صورت ناپایایی متغیرهای مدل اگر بین آن‌ها همجمعی برقرار باشد، نتایج حاصل از تخمین مدل قابل اعتماد خواهد بود. در این تحقیق به منظور بررسی آزمون همجمعی در مدل‌های مورد استفاده از روش ارائه شده توسط کائو^{۴۸} (۱۹۹۹) استفاده شده است. در این آزمون، فرضیه صفر

جدول (۲): نتایج آزمون همجمعی

نوع آزمون همجمعی	مقدار آماره آزمون	سطح احتمال
آزمون پسماند کائو	-6/8603	۰,۰۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۳): نتایج برآورد رابطه (۴) از روش خودرگرسیون برداری پانل (GMM)

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره z	سطح احتمال
$g_{i,t-1}$	-0/62664	0/680357	-0/92	0/357
$g_{i,t-2}$	-0/54071	0/517987	-1/04	0/297
Hc	4/809675	2/556751	1/88	0/06
Sc	0/075693	0/034554	2/19	0/028
hc×sc	-0/01834	0/008374	-2/19	0/029
$(CO_2)^2$	-2/4E-12	1/29E-12	-1/86	0/063
$(CO_2) \times sc$	2/18E-07	1/16E-07	1/87	0/061
$(CO_2) \times hc$	4/17E-07	2/27E-07	1/84	0/066
$(CO_2) \times sc \times hc$	-5/39E-08	2/88E-08	-1/87	0/061
Fdi	0/001847	0/001752	1/05	0/292
Gc	0/000687	0/001456	0/47	0/637
Pop	-0/00674	0/008691	-0/78	0/438
مقدار ثابت مدل	-20/0686	10/65609	-1/88	0/06
آماره آزمون سارگان	آماره آزمون Arellano-Bond			
(سطح احتمال)	(سطح احتمال)			
0/344704	1/4001			
(1.0000)	(0/1615)			

منبع: یافته‌های پژوهش

بهره‌مند کند. از این دیدگاه است که صنعتی شدن به‌عنوان بهترین راه خاتمه دادن به عقب‌ماندگی‌های فنی و اقتصادی در کوتاه‌ترین مدت ممکن و وسیله‌ای برای ایجاد تغییر و تحول در روابط اجتماعی سنتی جامعه و کاربرد دستاوردهای علمی و فنی به‌منظور بالا بردن بهره‌وری تولید و بازده نیروی کار شناخته شده است (فطرس و رسولی، ۱۳۹۴).

همچنین با توجه به جدول (۳)، ضریب $hc \times sc \times CO_2$ عدد $-5/3E-08$ با ارزش احتمال $0/061$ به‌دست آمده است؛ با توجه به اینکه ضریب $hc \times sc \times CO_2$ ، ترکیبی از سه متغیر انتشار آلودگی، سرمایه انسانی و تغییرات ساختاری است، بنابراین ضریب به‌دست آمده از سه منظر قابل توجیه است. از منظر تغییرات ساختاری (با فرض ثبات سایر شرایط) به این معناست که کشورهای مورد بررسی در دوره زمانی مورد نظر ظرفیت صنعتی شدن و گذار از اقتصاد سنتی به صنعتی را ندارند و یا حداقل در مراحل اولیه آن هستند. در صورت توجیه موضوع از منظر نیروی انسانی می‌توان گفت ضریب منفی به‌دست آمده نشان می‌دهد

از سوی دیگر طبق برآورد پویا، ضریب $CO_2 \times hc$ عدد $4/17E-07$ با ارزش احتمال $0/066$ آمده است. یعنی شواهد تجربی فوق نشان می‌دهد که سرمایه انسانی نقش تعدیل‌کننده در تأثیر منفی انتشار گازهای گلخانه‌ای بر رشد اقتصادی دارد. لذا نقش مثبت و معنی‌دار سرمایه انسانی تأیید کننده مبانی نظری مرتبط با آن مبنی بر تأثیر مستقیم و غیرمستقیم آن بر رشد اقتصادی خواهد شد؛ بر این اساس، انباشت و استفاده پهنه از سرمایه انسانی باعث افزایش بهره‌وری دیگر عوامل نیز خواهد شد که این اثر غیرمستقیم و تعدیل‌کننده سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی را می‌رساند.

همچنین طبق برآورد پویا، ضریب $sc \times CO_2$ ، با ارزش احتمال $0/061$ ، مثبت و معنی‌دار می‌باشد. یعنی شواهد تجربی نشان می‌دهد تغییرات ساختاری نقش تعدیل‌کننده در تأثیر منفی انتشار گازهای گلخانه‌ای بر رشد اقتصادی دارد.

بنابراین همان‌گونه که محققان در مطالعات مختلف به‌کرات بیان نموده‌اند، تغییرات بنیادی از طریق صنعتی شدن می‌تواند کشورها را از رشد سریع اقتصادی

نداشته و مدل پویای فوق معتبر است. در آزمون آرانو، ارزش احتمال آماره آزمون، عدد ۰/۱۶۱۵ را نشان می‌دهد که بیانگر قبول فرض صفر بوده و بنابراین همبستگی سریالی از مرتبه دوم در جملات خطا از معادلات تفاضلی مرتبه اول در مدل پویای فوق وجود ندارد. همچنین نتایج برآورد مدل خود رگرسیون برداری پانل در جدول (۴) گزارش شده است:

بهره‌وری نیروی کار در کشورهای مورد بررسی به شکل قابل توجه پایین است. از بعد انتشار آلودگی نیز طبق ضریب به دست آمده، کشورهای مورد بررسی در مرحله نزولی منحنی کوزنتس قرار دارند. همچنین در ارتباط با آزمون سارگان، ارزش احتمال آماره آزمون، بیانگر قبول فرض صفر بوده و بر این اساس، ابزارهای انتخابی با جملات خطا، همبستگی

جدول (۴): نتایج برآورد روش خود رگرسیون برداری پانل (PVAR)

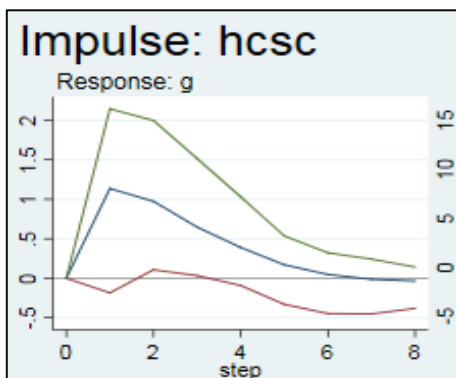
متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t	ارزش احتمال
$g_{i,t-1}$	0/6477069	0/0485544	13/34	0/0000
Hc	2/275256	0/6741362	3/38	0/001
Sc	0/2722579	0/1041981	2/61	0/01
CO_2	0/0000258	0/0000116	2/24	0/027
hc×sc	0/0651922	0/0250005	2/61	0/01
$(CO_2) \times sc$	-5/85E-06	2/74E-06	-2/13	0/034
$(CO_2) \times hc$	-8/90E-07	3/64E-07	-2/44	0/015
$(CO_2)^2$	-1/56E-12	6/89E-13	-2/27	0/024
$(CO_2) \times sc \times hc$	2/10E-07	-8/26E-08	2/43	0/016
Fdi	-0/0027208	0/0033888	-0/8	0/423
Gc	0/0079684	0/0024276	3/28	0/001
Pop	-0/00614560	0/0049936	-1/23	0/22
ضریب تعیین بردار g		آماره RMSE		
0/7782		0/151629		

منبع: یافته‌های پژوهش

۷. بررسی توابع عکس‌العمل

از آنجایی که هدف دیگر پژوهش بررسی شوک‌ها و نوسانات تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی بر رابطه آلودگی و رشد اقتصادی بود، توابع عکس‌العمل برداری تابلویی اثر شوک‌های تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی استخراج و در شکل (۱) نشان داده شده است:

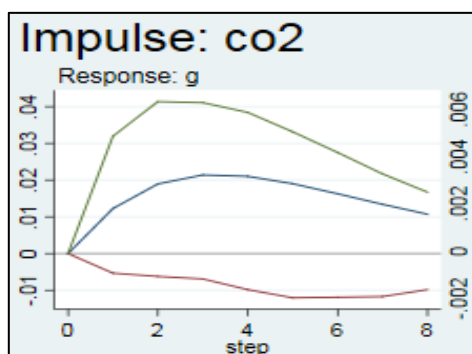
در جدول (۴) نتایج برآورد مدل خودرگرسیو برداری تابلویی گزارش شده است. آنچه مشخص است، بردار پانل رشد اقتصادی با ضریب تعیین مطلوب (عدد ۰/۷۷۸۲)، دارای قدرت توضیح‌دهندگی روابط است. در بردار پانل به دست آمده ضریب اثر توأم تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی $2/10E-07$ به دست آمده که در سطح اطمینان ۹۰ درصد، معنی‌دار تشخیص داده شده است.



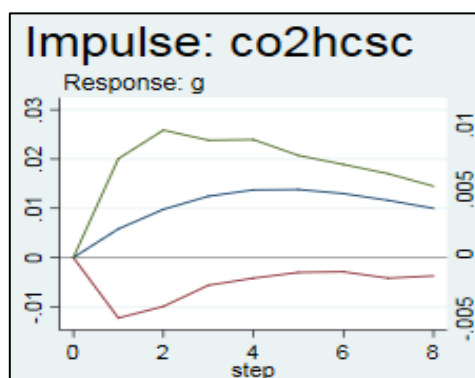
شکل (۱): توابع عکس‌العمل شوک‌های هم‌زمان تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی

برای حوزه منا، همچنان طی دوره‌های آتی میرا بوده و به سمت صفر همگرایی دارد.

بر اساس شکل (۱)، در اثر شوک تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی، رشد اقتصادی افزایش پیدا می‌کند اما در مجموع اثر چنان شوکی بر معادلات مدل برداری پانل



شکل (۲): توابع عکس‌العمل شوک آلودگی زیست محیطی بر رشد اقتصادی



شکل (۳): توابع عکس‌العمل شوک هم‌زمان تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی و آلودگی محیط‌زیست

ضریب توان دوم شاخص آلودگی محیط‌زیست در مدل، می‌توان به این نتیجه رسید که افزایش آلودگی تأثیر منفی و معنی‌داری بر رشد اقتصادی دارد. همچنین هرچه سرمایه انسانی و تغییرات ساختاری با سطح کنونی انتشار گازهای گلخانه‌ای در حوزه منا بیشتر شود، نرخ رشد اقتصادی افزایش خواهد یافت. بنابراین ضمن پذیرش این موضوع در سطح اطمینان ۹۰ درصد، این نظریه که با افزایش سرمایه انسانی و تغییرات ساختاری در هر سطحی از آلودگی زیست محیطی اثر منفی آلودگی زیست محیطی بر رشد اقتصادی به تعویق می‌افتد مورد تأیید قرار گرفت. بنابراین هرچه توسعه مبتنی بر دانش و سرمایه انسانی افزایش یابد، رابطه منفی آلودگی محیط‌زیست با رشد اقتصادی تعدیل می‌شود. در ارتباط با اثر توأمان، طبق برآورد پانل

در شکل (۲) اثر شوک آلودگی زیست محیطی بر رشد اقتصادی نیز ابتدا موجب افزایش رشد است اما نهایتاً به مرور زمان موجب کاهش رشد اقتصادی می‌شود. در شکل (۳) شوک هم‌زمان تغییرات ساختاری و آلودگی زیست محیطی بیانگر آن است که تأثیر منفی آلودگی بر رشد اقتصادی، کمی تعدیل شده زیرا نمودار پاسخ رشد اقتصادی نسبت به شکل (۲) در دوره‌های بیشتری در اثر شوک مثبت بوده و با آهنگ کندتری روند کاهشی را طی می‌کند.

۸. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، رابطه انتشار گازهای گلخانه‌ای و رشد اقتصادی در حوزه منا غیرخطی بوده و با توجه به منفی و معنی‌دار بودن

مدل شبیه سازی پویا، پژوهشنامه اقتصادی، سال دهم، شماره ۳۸، صص ۲۰۳-۱۷۵.

تقوی، م، محمدی، ح، (۱۳۸۵)، تأثیر سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی در ایران، فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی، دوره ۶، شماره ۲۲، شماره پیاپی ۳، صص ۱۵-۴۳.

فطرس، م.ح، رسولی، م، (۱۳۹۴)، اثر تغییرات ساختار اقتصادی بر نابرابری درآمدی در ایران: ۱۳۶۰-۱۳۹۳، فصلنامه سیاست گذاری پیشرفت اقتصادی دانشگاه الزهرا (س)، سال چهارم، شماره ۱۰.

موسوی، ص، حقیقت، ج و سلمانی بی شک، م. (۱۳۹۴). تأثیر سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی در ایران (رویکرد غیرخطی)، پژوهش های اقتصادی ایران، سال بیستم، شماره ۶۳: صص ۱۴۴-۱۲۱.

ندیری، م، محمدی، ت، (۱۳۹۰)، بررسی تأثیر ساختارهای نهادی بر رشد اقتصادی با روش GMM داده های تابلویی پویا، فصلنامه مدل سازی اقتصادی، سال پنجم، شماره ۳، پیاپی ۱۵، صص ۱-۲۴.

نوفروستی، م، (۱۳۸۹)، ریشه واحد و همجمعی در اقتصادسنجی، انتشارات رسا.

Azam Khan, M. & Qayyum Khan, A. & Bin Abdullah, H. & Ejaz Qureshi, M. (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>.

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

Benos, N. & Zotou, S. (2014). Education and economic growth: a meta-regression analysis. *World Dev*, 64: pp. 669-689

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):1027-1039

Clark, C. (1957). *The conditions of economic progress*, 3rd ed. London: Macmillan.

Denison, E.F. (1967). *Why Growth Rates Differ*. Washington DC: Brookings

Foster, mcgregor. & verspagen, Bart. (2017). The role of structural change in the economic development of Asian economies, *asian develop review*, 33(2): pp. 74-93

برداری و بررسی شوکها مشخص شد که افزایش همزمان تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی موجب تعدیل تأثیر منفی آلودگی بر رشد اقتصادی شده زیرا طبق توابع عکس العمل (۲) و (۳) پاسخ رشد اقتصادی در دوره های بیشتری در اثر شوک تغییرات ساختاری و سرمایه انسانی مثبت بوده و با آهنگ کندتری روند کاهش یافتن را طی می کند.

بر اساس نتایج فوق کشورهای حوزه منا بایستی به سیاست های توسعه اقتصادی پایدار بر مبنای استفاده از فن آوری خارجی و بومی سازی آن توجه ویژه داشته تا ضمن رشد اقتصادی مداوم، نقطه آستانه ای منحنی کوزننس (نقطه اوج آلودگی) به تعویق افتاده و با رشد اقتصادی بیشتر، انتشار گازهای گلخانه ای فعلی را کاهش دهند. در این راستا پیشنهادهای به شرح زیر مطرح می شوند:

الف- برای رسیدن به توسعه یافتگی در مراحل اولیه، واردات تکنولوژی و تجاری سازی محصولات و خدمات در دستور کار کشورها قرار گیرد تا بتوان با سیاست تولید و جایگزینی واردات محصول، رشد پایدار و تولید با بهره وری بالا را محقق نمود. همچنین از این طریق می توان به کاهش آلودگی محیط زیست ناشی از تولید محصولات با تکنولوژی فرسوده رسید.

ب- در روند انتقال نیروی کار به بخش های صنعت و خدمات، جهت بهره مندی از تأثیر مثبت تغییرات ساختاری بر کاهش آلودگی محیط زیست و افزایش رشد اقتصادی، سیاست های ارتقای مهارت نیروی شاغل و آموزش نیروی انسانی ضمن بهره جستن از بومی سازی واردات فن آوری، توأمان از سوی کشورهای مورد بررسی دنبال شود.

منابع و مآخذ

آهنگری، ع و خرم زاده، آ (۱۳۹۱)، بررسی اثر تغییرات ساختار اقتصادی بر تولید ناخالص داخلی ایران: با تأکید بر تولید، صادرات و بهره وری نیروی کار، فصلنامه اقتصاد مقداری، سال نهم، شماره ۱، صص ۸۶-۷۱.

پژویان، ج و تبریزیان، ب (۱۳۸۹). بررسی رابطه رشد اقتصادی و آلودگی زیست محیطی با استفاده از یک

- Environmental and Resource Economics, 63 (2): pp. 265-288
- Nelson, R. R. & Phelps, E.S. (1966). Investment in humans, technological diffusion and economic growth. *Am. Econ. Rev.*, 56 (1/2): pp. 69-75
- Noseleit, F. (2013). Entrepreneurship, structural change, and economic growth. *J.Evol. Econ.* 23 (4): pp. 735-766.
Princeton: Princeton University Press.
- Research Working Paper 5336, The World Bank
- Romer, P.M. (1990). Endogenous Technological Change *Journal of Political Economy.* Pp.71-102.
- Schaefer, A. (2013). The growth drag of pollution. University of Leipzig, Institute of Theoretical Economics /Macroeconomics, Grimmaische Strasse, Leipzig, Germany. Retrieved from <http://www.wifa.unileipzig>.
- 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
- Teixeira, A.A.C. & Queirós, A.S.S. (2016). Economic growth, human capital and structural change: A dynamic panel data analysis. *R Policy*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2016.04.006>
- Timmer, M. P. & G. J. de Vries. & K. de Vries. (2014). Patterns of Structural Change in Developing Economies. GGDC Research Memorandum No.149 Groningen: Groningen Growth and Development Centre
The Manchester School.
- Vu.K.M. (2017). Structural change and economic growth: Empirical evidence and policy insights from Asian economies, *Structural Change and Economic Dynamics*, <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.strueco.2017.04.002>.
- Wilson, R.A. & Briscoe, G. (2004). The impact of human capital on economic growth: a review. In: Descy, P. Tessaring, M. (Eds.), *Impact of Education and Training, Third Report on Vocational Training Research in Europe: Background Report.* Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities (Cede fop Reference series, 54
- Galor, O. & Weil, D.N. (2000). Population, technology, and growth: from Malthusian stagnation to the demographic transition and beyond. *Am Econ Rev* 90: pp. 806-824
- Goldin, C. (2016). Human capital. In: Die bolt, C. Huppert, M. (Eds.), *Handbook of Clio metrics.* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 55-86.
- Grossman, G.M. & Krueger, A.B. (1991). Environmental impacts of the North American Free Trade Agreement. NBER working paper no 3914
- 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.
- 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
- Hunsson, J. A. (1999). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46: pp. 1251-1272
- Kaldor, N. (1966). *Causes of the Slow Rate Of Economic Growth Of The United Kingdom.* London: Cambridge University Press.
- Kao, C. (1999). Spurious Regression and Residual-Based Tests for Cointegration in Panel Data. *Journal of Econometrics*, 90(3): pp. 1-44.
- Kuznets, S. (1966). *Modern economic growth: rate, structure, and spread.* Yale University Press, New Haven.
- Lewis, W. A. (1954). *Economic Development with Ultimate Supplies of labor.*
- Lin, J.Y. (2012). *The Quest for Prosperity: How Developing Economies Can Take Off.*
- Lucas, R.E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22: pp. 3-12
- Mankiw, N.G. & Romer, D. & Weil, D.N. (1992). A contribution to the empiric's of economic growth. *Q. J. Econ.* 107 (2): 407-437
- Marsiglio, S. & Ansuategi, A. & Gallastegui, M.Carmen. (2016). The environmental Kuznets curve and the structural change hypothesis.

The impact of Structural Changes and Human Capital on the Relationship between Environmental Pollution and Economic Growth in the Countries of the MENA Area using GMM and PVAR approaches

Azam Hajiaghajani¹, Kambiz Hojabr Kiani^{*2}, Ali Emami Mibodi³, Kambiz peykarjou⁴

Abstract

In recent decades, much research has focused on the direct and indirect effects of human capital and structural changes on economic growth, and different views and opinions have been presented. Environmental pollution has also been emphasized as one of the indirect factors affecting economic growth. But, one should not ignore the limitations of the theory's implications for the use of human capital and structural changes to reduce environmental pollution in order to achieve economic development goals and policies. Accordingly, since economic growth is one of the important goals of countries and the study of the causes of economic growth is of particular importance, the purpose of this study is to investigate the impact of structural change and human capital shocks on the relationship between environmental pollution and growth using data from 15 countries of the MENA area from 2000 to 2016 using both Generalized Method of Moments (GMM) and Panel Vector Autoregressive (PVAR) methods. The results show that environmental pollution has a significant negative impact on economic growth in the sample under study. Concurrent human capital shocks and structural changes have a moderating role on the negative impact of greenhouse gas emissions on economic growth in the MENA countries.

JEL Classification: O33 .Q53 .O12

Key Words: Human Capital, Structural Changes, Environmental Pollution, Economic Growth

¹ PhD Student in Economics, Faculty of Management and Economics, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran. hajiaghajani.azam@gmail.com

² Professor, Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Islamic Azad University, Research Sciences Branch, Tehran, Iran. (Corresponding Author): kianikh@yahoo.com

³ Associate Professor, Department of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran. emami@atu.ac.ir

⁴ Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Research Sciences Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. dr.k.peykarjou@gmail.com

- 1 Simon Kuznets
 - 2 Luigi Pasinetti
 - 3 Foster and Verspagan
 - 4 Galor and Weil
 - 5 Schaefer
 - 6 Vu
 - 7 Teixeira and Queiros
 - 8 Noseleit et.al.
 - 9 Kaldorin
 - 10 Lewis
 - 11 Celark
 - 12 Kaldor
 - 13 Kuznets
 - 14 Denison
 - 15 Lin
 - 16 Lucas
 - 17 Romer
 - 18 Mankiw et.al
 - 19 Solow
 - 20 Timmer et.al
 - 21 Goldin
 - 22 Wilson and Briscoe
 - 23 Hall and Jones
 - 24 Benos and Zotou
 - 25 Benhabib and Spiegel
 - 26 Bodman and Le
 - 27 Research and development
 - 28 Nelson and Phelps
 - 29 Benhabib & Spiegel
 - 30 Bodman & Le
 - 31 Grossman
 - 32 Marsiglio et.al.
 - 33 Azam khan et.al
 - 34 Autoregressive Distributed Lag
 - 35 Generalized Method of Moments (GMM)
 - 36 Hunsson
 - 37 Panel Vector Auto Regressive
- ^{۳۸} ایران، عراق، لبنان، ترکیه، رومانی، قطر، عمان، اردن، کویت، امارات
متحده عربی، بحرین، لیبی، عربستان، تونس و مراکش.
- 39 Harrod
 - 40 Domar
 - 41 Solow
 - 42 Swan
 - 43 Romer
 - 44 Locuse
 - 45 Solow
 - 46 Word Development Indicator
 - 47 Im, Pesaran and Shin
 - 48 Cao