

## ارتباط بین سرمایه انسانی، رشد اقتصادی و کیفیت زیست محیطی با تأکید بر مخارج آموزش عمومی: کاربردی از الگوهای DSGE

یحیی محقق<sup>۱</sup>هاشم زارع<sup>۲</sup>مهرزاد ابراهیمی<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۷

### چکیده

نظر به افزایش مشکلات و تخریب زیست محیطی در دو دهه اخیر، انگیزه پژوهش حاضر درک اثر مخارج آموزش عمومی بر رشد اقتصادی و کیفیت زیست محیطی ایران با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی تصادفی پویا و رویکرد بیزین است. در این راستا، از متغیرهای قابل مشاهده، تولید ناخالص داخلی، مصرف خصوصی، سرمایه‌گذاری، مخارج دولت و نرخ رشد ناخالص پول در دوره ۱۴۰۰:۰۲-۱۳۸۳:۰۱ استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که افزایش مخارج آموزش عمومی به اندازه یک انحراف معیار، موجب افزایش بهره‌وری نهایی مخارج آموزش خصوصی می‌شود. بنابراین ساعات آموزش، سرمایه‌گذاری در آموزش و متعاقب آن، سرمایه انسانی افزایش می‌یابند. افزایش سرمایه انسانی، موجب افزایش تولید، رشد اقتصادی و کاهش تورم می‌شود. کاهش تورم، افزایش دستمزد حقیقی نیروی کار و در نهایت تمایل خانوار به افزایش عرضه نیروی کار را به دنبال خواهد داشت. مصرف در پاسخ به افزایش دستمزد حقیقی افزایش یافته و رفتار سرمایه‌گذاری بسیار شبیه به رفتار مصرف و تولید است. بنابراین می‌توان اظهار داشت که تکانه مخارج آموزش عمومی مانند یک تکانه انبساطی عملکرد اقتصاد را تحت تأثیر قرار داده و موجب بهبود شرایط اقتصاد شده است. در بخش زیست محیطی، با افزایش سرمایه انسانی، رشد اقتصادی ارتقا یافته و این موضوع منجر به افزایش آلودگی هوا و کاهش کیفیت زیست محیطی شده است. به عنوان توصیه سیاستی، علاوه بر توجه به آموزش و نقش آن در توسعه سرمایه انسانی به عنوان یک سرمایه‌گذاری بلندمدت، بایستی بهبود کیفیت نهادها مد نظر قرار گیرد.

**کلیدواژه‌ها:** آلودگی هوا، الگوی رشد درون‌زا، رویکرد بیزین، کارایی انرژی.

**طبقه‌بندی JEL:** C11, H52, I25, O44, Q50

۱. دانشجوی دکترا، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. (این مقاله مستخرج از رساله دکترا نویسنده اول و با راهنمایی دکتر هاشم زارع است).

Yahya.Mohaghegh@yahoo.com <https://orcid.org/0009-0008-0934-5239>

۲. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران (نویسنده مسئول).  
Hashem.zare@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-4141-0589>

۳. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.  
Mhrzad@yahoo.com <https://orcid.org/0000-0002-0986-509x>

## ۱. مقدمه

جهان در دو دهه گذشته متحمل وخامت شدید محیط زیست شده است. آثار انحرافات اکولوژیکی و تخریب محیط زیست، هشدار دهنده است و باعث نگرانی ذینفعان و دوستداران محیط زیست می‌شود. این مشکلات، منجر به بلایای زیست‌محیطی مانند تغییرات شدید آب و هوا و بالا آمدن سطح دریاها شده است (اوسونتویی و لین، ۲۰۲۲). به همین دلیل، کشورها در تلاش برای رسیدگی به بحران‌های زیست‌محیطی و به طور همزمان رشد اقتصادی هستند (منیر، لین و اسمیت، ۲۰۲۰). اساساً اعتقاد بر این است که تخریب اکوسیستم‌های بسیاری از کشورها پیامد اقدامات انسانی از جمله صنعتی شدن سریع، رشد جمعیت، گسترش فعالیت‌های اقتصادی، شهرنشینی و مصرف گسترده سوخت‌های فسیلی است (دستک و اصلان، ۲۰۲۰؛ اهیگیاموسوئه، گوپتان و لین، ۲۰۱۹). بدون شک، یکی از عوامل اصلی تغییر اقلیم و تخریب محیط زیست، انتشار دی اکسید کربن ( $CO_2$ ) ناشی از فعالیت‌های اقتصادی است (آکوستا کاستلانوس، کوئیرگا-دیوس، هراندز انسیناس و آکوستا، ۲۰۲۰).

رابطه انتشار دی اکسید کربن - رشد اقتصادی توجه محققان و سیاست‌گذاران را به کاهش انتشار دی اکسید کربن، بدون تأثیر بر رشد اقتصادی جلب کرده است. ممکن است نیل به این هدف، سخت باشد، اما مطالعات عوامل مختلفی را در ارتباط رشد-دی اکسید کربن گنجانده‌اند، مانند: منابع مختلف انرژی (احمد و همکاران، ۲۰۱۶)، نوآوری‌های فناورانه (سوهاگ و همکاران، ۲۰۱۵)، جمعیت (بیگم و همکاران، ۲۰۱۵)، توسعه مالی (کومال و عباس، ۲۰۱۵)، شهرنشینی (وانگ و همکاران، ۲۰۱۵) و باز بودن تجارت (نسرین و انور، ۲۰۱۴).

علاوه بر عوامل ذکر شده در بالا، نیاز به ارزیابی سایر عوامل مرتبط مانند سرمایه انسانی برای توسعه سیاست کارآمد وجود دارد. علیرغم نقش گسترده سرمایه انسانی در ارتقای کارایی انرژی و رشد اقتصادی، توسط کارگران ماهر در فرآیند تولید و ترجیح خانوارهای تحصیل کرده به استفاده از لوازم خانگی با کارایی انرژی بالا، محققان محدودی این عامل را در ادبیات موجود گنجانده‌اند (پاچائوری و

1 Osuntuyi, &amp; Lean.

2 Munir, &amp; Lean, Smyth.

3 Destek, &amp; Aslan.

4 Ehigiamusoe, Gupta, &amp; Lean.

5 Acosta Castellanos, Queiruga-Dios, Hernández Encinas, &amp; Acosta.

6 Ahmad, Zhao, Shahbaz, Bano, Zhang, Wang, &amp; Liu.

7 Sohag, Begum, Abdullah, &amp; Jaafar.

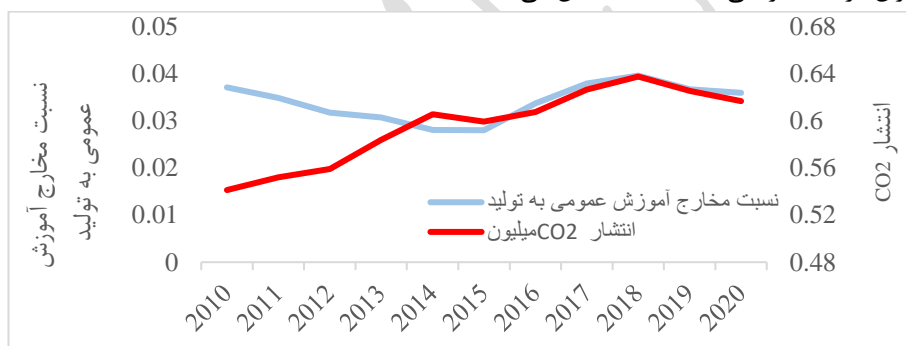
8 Begum, Sohag, Abdullah, &amp; Jaafar.

9 Komal, &amp; Abbas.

10 Wang, Chen, &amp; Kubota.

11 Nasreen, &amp; Anwar.

جیانگ<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸؛ دمورگر و فورنیر<sup>۲</sup>، ۲۰۱۱؛ برادستاک لی و ژانگ<sup>۳</sup>، ۲۰۱۶؛ هی و رینر<sup>۴</sup>، ۲۰۱۶). آموزش به عنوان یکی از مهم‌ترین سرمایه‌گذاری‌های سرمایه‌انسانی به شمار می‌رود و نقش حیاتی در روند رشد اقتصادی ایفا می‌کند (بنوس و زوتو<sup>۵</sup>، ۲۰۱۴). آموزش، در سطح خرد بر جریان درآمد آتی افراد اثر می‌گذارد و در سطح کل، تصور می‌شود که نیروی کار با تحصیلات بهتر باعث افزایش موجودی سرمایه انسانی در اقتصاد می‌شود. افزایش سرمایه انسانی به نوبه خود می‌تواند آثار خارجی مثبت از جمله جرایم کمتر یا بهبود پیامدهای سلامتی به همراه داشته باشد، که از نظر اجتماعی مطلوب هستند و احتمالاً آثار مثبت بر بهره‌وری خواهند داشت. در واقع، وجود چنین عوامل خارجی مثبتی است که توجیه اقتصادی برای دولت‌ها فراهم می‌کند تا از آموزش حمایت کنند (والر<sup>۶</sup>، ۲۰۲۱). اعتقاد بر این است که مخارج عمومی آموزش و سلامت، بهبود سرمایه انسانی، کاهش فقر، رشد و توسعه اقتصادی (احمد، ۲۰۱۶) و کاهش آلودگی (یانگ و همکاران<sup>۷</sup>، ۲۰۱۶) را به دنبال خواهد داشت. شکل ۱ ارتباط میان سهم مخارج آموزش عمومی از تولید ناخالص داخلی و میزان انتشار CO<sub>2</sub> را برای ایران در فاصله زمانی ۲۰۲۰-۲۰۱۰ نشان می‌دهد:



منبع: بانک جهانی

شکل ۱. ارتباط سهم مخارج آموزش عمومی از تولید ناخالص داخلی و میزان انتشار CO<sub>2</sub> در ایران (۲۰۲۰-۲۰۱۰)

1 Pachauri, & Jiang.

2 Démurger, & Fournier.

3 Broadstock, Li, & Zhang.

4 He, & Reiner.

5 Benos, & Zotou.

6 Valero.

7 Yang, Wang, & Shi.

با توجه به شکل ۱، این دو شاخص، در برخی از مقاطع زمانی ارتباط مستقیم و در مقاطع زمانی دیگر ارتباط معکوس دارند.

نظر به اهمیت این ابهام، انگیزه پژوهش حاضر، درک اثر تکنه‌های مخارج آموزش عمومی بر رشد اقتصاد و کیفیت زیست‌محیطی ایران است. در این راستا، با توجه به ویژگی‌های الگوهای تعادل عمومی تصادفی پویا<sup>۱</sup> در برآورد آثار تکنه‌های وارد بر اقتصاد، از یک الگوی DSGE متناسب با ساختار اقتصاد ایران و رویکرد بیزین استفاده شده است.

ساختار مطالعه حاضر بدین شرح ساماندهی شده است. در بخش دوم و سوم به ترتیب، ادبیات تجربی و نظری موضوع پرداخته مرور شده است. در بخش چهارم، الگوی DSGE متناسب با شرایط اقتصاد ایران تصریح شده است. در بخش چهارم پارامترهای الگو تخمین زده شده است و در بخش پنجم بررسی توابع عکس‌العمل آبی حاصل از برآورد آمده است. بخش پایانی به نتیجه‌گیری و پیشنهادات پرداخته است.

## ۲. پیشینه پژوهش

توسعه اقتصادی یک کشور به شدت مبتنی بر توسعه انسانی است که ارتباط مستقیمی با سرمایه انسانی دارد. بسیاری از مطالعات خارجی و داخلی اهمیت سرمایه انسانی را در منظرهای مختلف از جمله سرمایه انسانی منجر به رشد اقتصادی توصیف کرده‌اند (سو<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴؛ بلنکو<sup>۳</sup>، ۲۰۰۵؛ علی، چودری و فاروق<sup>۴</sup>، ۲۰۱۲؛ اصغر، اعوان و رحمان<sup>۵</sup>، ۲۰۱۲؛ بوکانفوسو، ساوارد و ساوی<sup>۶</sup>، ۲۰۱۳؛ گیتو و مانکوسو<sup>۷</sup>، ۲۰۱۵؛ قدری و وحید<sup>۸</sup>، ۲۰۱۴؛ تقوی و محمدی<sup>۹</sup>، ۱۳۸۵؛ برقندان و همکاران<sup>۹</sup>، ۱۳۸۹؛ مظفری، ۱۴۰۰).

بنوس و زوتو (۲۰۱۴) تأثیر آموزش بر رشد اقتصادی را با استفاده از تحلیل متا رگرسیون و یافته‌های ۵۷ مطالعه تجربی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که رشد اقتصادی کشورهای مختلف بسته به سطح آموزش آن‌ها متفاوت است. لی و چانگ<sup>۹</sup> (۲۰۰۸) با استفاده از یک الگوی پانل به بررسی اثر آموزش بر توسعه اقتصادی برای ۱۶ کشور آسیایی و دوره زمانی ۲۰۰۲-۱۹۷۱ پرداختند. نشان داد که آموزش متوسطه می‌تواند به کاهش فقر و افزایش توسعه اقتصادی کمک کند. بدمن و

1 Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE).

2 Su.

3 Blankenau.

4 Ali, Chaudhry, & Farooq.

5 Asghar, Awan, & Rehman.

6 Boccanfuso, Savard, & Savy.

7 Gitto, & Mancuso.

8 Qadri, & Waheed.

9 Lee, & Chang.

لی ۱ (۲۰۱۳) با استفاده از یک الگوی رشد درونزا، اثر سرمایه انسانی را بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب سازمان همکاری اقتصادی و توسعه بررسی کردند. آن‌ها از داده‌های دوره زمانی ۲۰۰۳-۱۹۸۲ استفاده نموده و اثر مثبت سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی را به دلیل وجود افراد تحصیل کرده، مبتکر و مولد، مستند کردند.

گلگنیس و هریس ۲ (۲۰۱۴) در یک مطالعه مقایسه‌ای و با استفاده از داده‌های سال ۲۰۱۳ نشان داد که سرمایه انسانی نیز به دلیل آموزش، آگاهی و دانش در مورد امنیت انرژی، به افزایش مصرف انرژی تجدیدپذیر در یونان کمک می‌کند.

مهرآرا، رضوی و حمیدی (۲۰۱۵) با استفاده از یک میانگین‌گیری الگوی بیزی ۳ نشان دادند که سرمایه انسانی، که با نرخ تحصیلات عالی اندازه‌گیری می‌شود، عامل اصلی مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در بین کشورهای سازمان همکاری اقتصادی ۴ طی دوره ۲۰۱۱-۱۹۹۲ است و کارایی انرژی‌های تجدیدپذیر را از طریق نیروی کار ماهر، اشتراک دانش و توسعه اقتصادی ارتقا می‌دهد. پابلو رومرو و سانچز-برازا ۵ (۲۰۱۵) نقش انرژی را در رشد اقتصادی برای کشورهای سازمان همکاری و توسعه اقتصادی ۶، کشورهای عضو پیمان تجارت آزاد آمریکای شمالی ۷، کشورهای بریک ۸، اروپای شرقی، آسیای شرقی و اتحادیه اروپا مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها از سرمایه انسانی، سرمایه فیزیکی و مصرف انرژی طی دوره ۲۰۰۷-۱۹۹۵ به عنوان عوامل تولید استفاده کردند و دریافتند که سرمایه انسانی، که با درصد ساعات کار کارگران با تحصیلات عالی و متوسط اندازه‌گیری می‌شود، جانشین قوی برای انرژی است و به رشد اقتصادی پایدار کمک می‌کند. داسگوپتا، هتیگه و ویلر ۹ (۲۰۰۰) در مطالعه تجربی خود نشان دادند که بنگاه‌های مکزیک که از کارکنان با تحصیلات عالی بهره می‌برند معمولاً از فناوری‌های جدید برای تولید بیشتر و پاک استفاده می‌کنند و تلاش‌های مؤثری در مدیریت و رعایت کیفیت زیست محیطی انجام می‌دهند. مندرسون و کلر ۱۰ (۲۰۱۲) به بررسی ارتباط سرمایه انسانی و کیفیت زیست محیطی با استفاده از یک رگرسیون پروبیت و داده‌های بنگاه‌های بریتانیایی در دوره زمانی ۲۰۰۵-۱۹۹۶ پرداختند. نتایج نشان داد که اگر یک بنگاه، سرمایه انسانی زیادی داشته باشد، هزینه

1 Bodman, & Le.

2 Gelezenis, & Harris.

3 Bayesian Model Averaging (BMA).

4 Economic Cooperation Organization (ECO).

5 Pablo Romero, & Sánchez-Braza.

6 Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).

7 North American Free Trade Agreement (NAFTA).

8 BRIC.

9 Dasgupta, Hettige, & Wheeler.

10 Manderson, & Kneller.

زیست‌محیطی کمتر خواهد بود. بنو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۸) به بررسی آثار بلندمدت و کوتاه‌مدت سرمایه انسانی بر انتشار کربن در پاکستان از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۴ با استفاده از یک الگوی خودتوضیح برداری با وقفه توزیعی<sup>۲</sup> و الگوی تصحیح خطای برداری<sup>۳</sup> پرداختند. نتایج نشان می‌دهد بهبود سرمایه انسانی از طریق آموزش به کاهش انتشار کربن در بلندمدت می‌شود که به سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا یک استراتژی جامع برای کاهش انتشار کربن از طریق بهبود سرمایه انسانی طراحی کنند. رحمان، نپال و آل<sup>۴</sup> (۲۰۲۱) با استفاده از روش تخمین هم‌انباشتگی پانل به بررسی تأثیرات رشد اقتصادی، مصرف انرژی، صادرات و سرمایه انسانی را بر کیفیت زیست‌محیطی کشورهای تازه صنعتی شده طی دوره ۱۹۷۹-۲۰۱۷ پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که در بلندمدت، رشد اقتصادی و سرمایه انسانی کیفیت زیست محیطی را ارتقا می‌دهد؛ مصرف انرژی و صادرات، کیفیت زیست محیطی را بدتر می‌کند. همچنین، فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس<sup>۵</sup> برای این کشورها تأیید نشد.

ربیعی (۱۳۸۸) با استفاده از الگوی رشد رومر، اثر متغیرهای سرمایه انسانی، سرمایه فیزیکی و تحقیق و توسعه را بر رشد اقتصاد ایران طی دوره ۱۳۴۷-۱۳۸۳ بررسی کرد و نشان داد که هر سه متغیر اثر مثبت بر رشد اقتصاد دارند. محمدی و امیدوار (۱۳۹۴) به ارزیابی اثر تعاملی سرمایه انسانی و نهادها بر رشد اقتصاد ایران طی دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۱ پرداختند و نشان دادند که با وجود سرمایه‌گذاری‌های عظیم در سرمایه انسانی که عمده‌تاً توسط درآمدهای نفتی تأمین مالی شده است، کیفیت پایین نهادها باعث کندی رشد اقتصادی شده است. افقه و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی روابط بین تغییرات جمعیتی، سرمایه انسانی و رشد اقتصاد ایران با استفاده از یک الگوی خودتوضیح برداری با وقفه توزیعی و دوره ۱۳۶۹-۱۳۹۸ پرداختند. نتایج نشان داد که بین تغییرات جمعیتی و سرمایه انسانی با رشد اقتصادی ارتباط معنی‌داری وجود دارد.

### ۳. مبانی نظری

سرمایه انسانی یکی از عوامل ورودی ضروری است که در فرآیند تولید برای ایجاد ارزش افزوده به کار گرفته می‌شود (بارو<sup>۶</sup>، ۱۹۹۱، فانگ و چانگ<sup>۸</sup>، ۲۰۱۶ و منکیو و همکاران<sup>۹</sup>، ۱۹۹۲). تحصیلات، دانش، آموزش، مهارت‌ها، تجربه کاری و شایستگی در چارچوب سرمایه انسانی گنجانده شده است. سرمایه انسانی را می‌توان به سه بخش طبقه‌بندی کرد: (۱) سرمایه انسانی عمومی، که به عنوان موجودی

1 Bano, Zhao, Ahmad, Wang, & Liu.

2 The autoregressive distributed lag model (ARDL).

3 The vector error correction model (VECM).

4 Rahman, Nepal, & Alam.

5 Newly industrialized country (NIC).

6 Environmental Kuznets Curve (EKC).

7 Barro.

8 Fang, & Chang.

9 Mankiw, Romer, & Weil.

سرمایه انسانی نیز شناخته می‌شود، و ترکیبی از آموزش و تجربه عمومی است. (۲) سرمایه انسانی خاص بنگاه که از طریق آموزش، دانش و مهارت‌های مرتبط با بنگاه انباشته می‌شود. (۳) سرمایه انسانی ویژه کار، که شامل آموزش، تجربه، مهارت‌ها و دانش مربوط به وظیفه است (کای مینگ او، آلتمن و راسل، ۲۰۰۸).

از دیدگاه نظری، تمایز مهمی بین نظریه‌های رشد نئوکلاسیک و درون‌زا در مورد ارتباط سرمایه انسانی و رشد اقتصادی وجود دارد. نظریه‌های رشد نئوکلاسیک استدلال می‌کنند که افزایش دائمی یکبارگی در موجودی سرمایه انسانی منجر به افزایش یکبارگی در نرخ رشد اقتصاد می‌شود تا زمانی که اقتصاد به وضعیت پایدار بالاتر جدید برسد. علاوه بر این، دو رشته از نظریه‌های رشد درون‌زا وجود دارد که به ترتیب بر تأثیر (الف) موجودی سرمایه انسانی و (ب) انباشت سرمایه انسانی تمرکز دارند. افزایش یکبارگی سرمایه انسانی باعث افزایش یکبارگی تولید در مورد (الف) و افزایش دائمی رشد در مورد (ب) می‌شود. بنابراین، مزایای اجتماعی آموزش در مورد دوم بسیار بیشتر است (سیانسی و ون رینن، ۲۰۰۳).

مطالعات نظری بر مکانیسم‌های متفاوتی تأکید می‌کنند که آموزش از طریق آنها بر رشد اقتصادی تأثیر می‌گذارد. (۱) آموزش، سرمایه انسانی نیروی کار را افزایش می‌دهد، و از این طریق، بهره‌وری نیروی کار و رشد انتقالی را به سمت سطح بازده تعادلی بالاتر افزایش می‌دهد. (۲) در نظریه‌های رشد درون‌زا، آموزش ظرفیت نوآوری اقتصاد، فناوری‌ها، محصولات و فرآیندهای جدید را افزایش می‌دهد و در نتیجه رشد را ارتقا می‌دهد (هانوشک و ووسمان، ۲۰۰۸).

در حوزه زیست محیطی، بهبود سرمایه انسانی می‌تواند استفاده از سوخت فسیلی در فرآیند تولید را کاهش دهد (یانگ و همکاران، ۲۰۱۶). هارتمن و اوون (۲۰۰۵) با استفاده از یک الگوی رشد درون‌زا نشان دادند که سرمایه انسانی به تولید کالاهای آلوده کننده کمتر کمک می‌کند. پابلو رومرو و سانچز برازا (۲۰۱۵) از قابلیت جانشینی بین سرمایه انسانی و مصرف انرژی حمایت کردند و نشان دادند که سرمایه انسانی به کاهش مصرف انرژی در فرآیند تولید کمک می‌کند. سرمایه انسانی می‌تواند پتانسیل درک امنیت انرژی و مسائل آلودگی محیط زیست را فراهم کند و در نتیجه توانایی انسان را برای مدیریت کارآمد شرایط کاری خود افزایش دهد. به عبارت دیگر سرمایه انسانی می‌تواند نقش مهمی در کاهش انتشار کربن با افزایش کارایی انرژی ایفا کند (اوون، ۲۰۰۹). گردز و اسمالدرز (۱۹۹۳) با

1 Kai Ming Au, Altman, & Rousset.

2 Sianesi, & Van Reenen.

3 Hanushek, & Woessmann.

4 Yang, Wang, & Shi.

5 Hartman, & Kwon.

6 Kwon.

7 Gradus and Smulders.

استفاده از الگوی رشد درونزا، سرمایه انسانی را به عنوان عامل اصلی رشد اقتصادی معرفی کردند و آلودگی را به عنوان یکی از پیامدهای جانبی افزایش سرمایه فیزیکی توصیف کردند. آن‌ها همچنین ارزیابی کردند که آگاهی در مورد آلودگی محیط زیست از طریق آموزش، استفاده کارآمد از سرمایه فیزیکی برای تولید را افزایش می‌دهد. سرمایه انسانی نه تنها کارایی انرژی را ارتقا می‌دهد، بلکه مزایای اضافی مانند رعایت قوانین دولتی، نابرابری کمتر و کاهش نسبت جرم و جنایت را نیز فراهم کرده که به رشد اقتصادی نیز کمک می‌کند (ریست، ۲۰۱۴).

محققان مختلفی تأثیر سرمایه انسانی بر رشد و یا کیفیت زیست محیطی را بررسی کردند، اما مطالعات بسیار محدودی در مورد نقش سرمایه انسانی با در نظر گرفتن هر دو حوزه انجام شده است. همچنین مطالعات از شاخص‌های مختلفی برای اندازه‌گیری سرمایه انسانی در ادبیات موجود استفاده کرده‌اند که شامل ثبت نام آموزشی، پیشرفت تحصیلی، میانگین تعداد سال تحصیلی، مخارج آموزشی عمومی است (بنوس و زوتو، ۲۰۱۴؛ برادستاک و همکاران، ۲۰۱۶؛ کوهن و سوتو، ۲۰۰۷؛ فانگ و چانگ، ۲۰۱۶؛ هی و رینر، ۲۰۱۶؛ کروگر و لیندال، ۲۰۰۱ و وانگ و یائو، ۲۰۰۳). این مطالعه، مخارج آموزشی عمومی را به عنوان شاخص سرمایه انسانی در نظر گرفته است. یکی از مهم‌ترین توجیه‌های اقتصادی مخارج آموزش عمومی، صرف نظر از اندازه نسبی آن، این است که سرمایه انسانی آثار خارجی ایجاد می‌کند. به عبارت دیگر، بازدهی یک عامل سرمایه انسانی به طور مثبت تحت تأثیر سرمایه انسانی سایر عوامل در جامعه است. از این رو، تصمیم‌گیری غیرمتمرکز منجر به نرخ رشد سرمایه انسانی پایین می‌شود (رومر، ۱۹۸۶؛ لوکاس، ۱۹۸۸؛ آنجلوپولوس و همکاران، ۲۰۰۹). آذربادیس و درازن، ۱۹۹۰؛ تامورا، ۱۹۹۱).

از سوی دیگر، نظر به تمرکز نهاد دولت در کشورهای در حال توسعه به صنعتی شدن و رشد اقتصادی، مسائل زیست محیطی به حاشیه رانده شده و مخارج عمومی در این حوزه اثربخشی لازم را ندارند. همچنین، عدم آزادی اطلاعات در این کشورها موجب کاهش آگاهی و فعالیت گروه‌های طرفدار محیط زیست می‌شود و این موضوع، فشار را بر دولت جهت تصویب قوانین حمایتی زیست محیطی کاهش می‌دهد (پاین، ۱۹۹۵). بنابراین افزایش کیفیت نهادی نقش قابل توجهی بر بهبود کیفیت زیست محیطی دارد (ماجد و صفری اصل، ۱۳۹۸).

1 Rist.

2 Cohen, & Soto.

3 Krueger, & Lindahl.

4 Wang, & Yao.

5 Romer.

6 Lucas.

7 Angelopoulos, Malley, & Philippopoulos.

8 Azariadis, & Drazen.

9 Tamura.

10 Payne.



مرور مطالعات تجربی و نظری حاکی از آن است که تاکنون مطالعه‌ای به بررسی اثر سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی و کیفیت زیست محیطی با تمرکز بر مخارج آموزش عمومی نپرداخته است. همچنین اکثر مطالعات جهت بررسی ارتباط فوق، از یک الگوی رشد استفاده کرده‌اند؛ در مطالعه حاضر از یک الگوی تعادل عمومی تصادفی پویا و رویکرد بیزین استفاده شده است. نوآوری دیگر این مطالعه، ورود اثربخشی سرمایه انسانی و مخارج عمومی بر کیفیت زیست محیطی در معادلات الگو است.

#### ۴. توصیف الگو

هسته اصلی الگوی پژوهش حاضر برگرفته از مطالعات آنجلوپولوس و همکاران (۲۰۰۹)، آذربادیس و درازن (۱۹۹۰) و تامورا (۱۹۹۱) و الگوسازی مخارج آموزش عمومی بر اساس مطالعات سو (۲۰۰۴) و بلنکوا (۲۰۰۵) انجام شده است. همچنین کیفیت زیست محیطی بر اساس مطالعه لی و پنگ (۲۰۲۰) و یو و همکاران (۲۰۲۱) الگوسازی شده است.

##### ۴-۱. خانوارها

ترجیحات خانوارها در تابع مطلوبیت، شامل دنباله‌ای از مصرف، مانده‌های حقیقی پول، کیفیت زیست محیطی و عرضه کار است و بر این اساس، هر خانوار، به دنبال حداکثرسازی مطلوبیت انتظاری دوران زندگی خود است:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ \ln C_t + \psi_m \ln \left( \frac{M_t}{P_t} \right) + \psi_q Q E_t - \psi_n N_t \right\}, \quad (1)$$

که در آن،  $E_0$  ارزش انتظاری عملگر،  $C_t$  مصرف حقیقی خانوار،  $M_t$  مانده‌های اسمی پول،  $P_t$  سطح عمومی قیمت‌ها،  $Q E_t$  کیفیت زیست محیطی و  $N_t$  ساعات کار در دوره  $t$  است.  $0 < \beta < 1$  عامل تنزیل تابع مطلوبیت،  $\psi_m$  کشش بهره‌ای تقاضای پول و  $\psi_q$  پارامتر ضریب کیفیت زیست محیطی و  $\psi_n$  پارامتر عدم مطلوبیت عرضه کار در تابع مطلوبیت خانوار است.

خانوار هر دوره زمانی را به کار  $N_t$ ، ساعات آموزش  $E d_t$  و فراغت  $L_t$  اختصاص می‌دهد و این زمان در معادله ذیل، به عدد ۱ نرمال‌سازی شده است:

$$N_t + E d_t + L_t = 1 \quad (2)$$

خانوار در ازای هر ساعت کار، نرخ دستمزد اسمی  $W_t$  دریافت و درآمد حقیقی معادل  $\frac{W_t}{P_t} N_t$  کسب می‌کند.

سرمایه انسانی  $H_t$  در طول زمان با نرخ  $\delta^h$  مستهلک می‌شود و برای حفظ آن، بایستی در آن سرمایه‌گذاری  $I_t^h$  انجام شود. معادله حرکت سرمایه انسانی به صورت ذیل است:

$$H_{t+1} = [I_t^h + (1 - \delta^h) H_t] \quad (3)$$

1 Li, & Peng.

2 Xu, Xiao, Khiewgamdee, & Lin.

به پیروی از آنجلوپولوس و همکاران (۲۰۰۹)، فرض بر آن است که سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی تابعی از مخارج آموزش است:

$$I_t^h = (Ed_t \cdot H_t)^\phi (X_t^h)^\zeta (\bar{H}_t)^\eta [B(X_t^g)^v] \quad (۴)$$

که در آن،  $Ed_t \cdot H_t$  سرمایه انسانی مؤثر،  $X_t^h$  مخارج آموزش بخش خصوصی (خانوار)،  $\bar{H}$  میانگین موجودی سرمایه انسانی در اقتصاد، و  $X_t^g$  میانگین مخارج آموزش عمومی است. همچنین،  $\phi$  بهره‌وری سرمایه انسانی خانوار،  $\zeta$  بهره‌وری مخارج آموزش خصوصی،  $\eta$  بهره‌وری سرمایه انسانی کل اقتصاد،  $v$  بهره‌وری مخارج آموزش عمومی و  $B$  پارامتر مقیاس ثابت است.

در نهایت، هر خانوار در سرمایه فیزیکی، سرمایه‌گذاری کرده و به عنوان صاحب سرمایه، درآمد حقیقی بهره‌ای  $k_t$  را با اجاره‌دادن سرمایه به بنگاه دریافت خواهد کرد.  $R_t^k$  نرخ اسمی اجاره سرمایه و  $k_t$  موجودی سرمایه در دوره  $t$  است. علاوه بر این، خانوار نمونه مالک سهام بنگاه تولیدکننده کالاهای واسطه است و در هر دوره سود ( $D_t$ ) را به صورت سود سهام دریافت می‌کند. علاوه بر این، خانوار دوره  $t$  را با مانده پول اسمی  $M_{t-1}$  آغاز می‌کند. خانوار نمونه بخشی از درآمد خود را صرف کالاهای مصرفی و بخشی از آن را به صورت مانده حقیقی پول نگه‌داری می‌کند. سرمایه اقتصاد با توجه به سرمایه‌گذاری فیزیکی خانوار و نرخ استلاک سرمایه فیزیکی، تعدیل می‌یابد:

$$K_{t+1} = (1 - \delta^k)K_t + \left(1 - z/2 \left(\frac{I_t^k}{I_{t-1}^k} - 1\right)^2\right) I_t^k \quad (۵)$$

در رابطه ۵،  $I_t^k$  سرمایه‌گذاری فیزیکی،  $\delta^k$  نرخ استهلاك سرمایه فیزیکی و  $z$  پارامتر هزینه تعدیل سرمایه‌گذاری است. هر خانوار با محدودیت بودجه ذیل مواجه است:

$$W_t \cdot N_t \cdot H_t + R_t^k \cdot K_t + M_{t-1} + P_t D_t - P_t C_t - P_t X_t^h - P_t I_t^k - M_t - W_t \cdot Ed_t \geq 0 \quad (۶)$$

با تقسیم رابطه ۶ بر شاخص قیمت، معادله محدودیت بودجه حقیقی خانوار به صورت ذیل استخراج شده است:

$$w_t \cdot N_t \cdot H_t + r_t^k \cdot K_t + m_{t-1} / \pi_t + D_t - C_t - X_t^h - I_t^k - m_t - w_t \cdot Ed_t \geq 0 \quad (۷)$$

در رابطه ۷،  $w_t = W_t / P_t$  نرخ حقیقی دستمزد،  $r_t^k = R_t^k / P_t$  نرخ حقیقی اجاره سرمایه،  $\pi_t =$

$p_t / p_{t-1}$  نرخ ناخالص تورم،  $m_t = M_t / P_t$  مانده حقیقی پول و  $D_t$  سود حقیقی سهام است. هدف مصرف‌کننده حداکثرسازی تابع مطلوبیت ۱ نسبت به محدودیت بودجه ۷ و معادلات ۳ و ۵ است.

با این فرض که  $\lambda_t$ ،  $\mu_t$  و  $Q_t$  به ترتیب ضریب لاگرانژ مربوط به این سه قید باشد و همچنین تعریف نسبت  $Q_t / \lambda_t$  به عنوان  $q$  توبین، شرایط مرتبه اول استخراج می‌شود:

$$C_t: \quad \lambda_t = \frac{1}{C_t} \quad (۸)$$

$$N_t: \quad \psi_n C_t = w_t H_t \quad (۹)$$

$$K_{t+1}: \quad q_t = \beta \left( C_t / C_{t+1} \right) [r_{t+1}^k + q_{t+1}(1 - \delta^k)] \quad (۱۰)$$

$$I_t^k: \quad 1 = q_t - z q_t \left( I_t^k / I_{t-1}^k \right) \left( I_t^k / I_{t-1}^k - 1 \right) + \beta E_t q_{t+1} z \left( I_{t+1}^k / I_t^k \right)^2 \left( I_{t+1}^k / I_t^k - 1 \right) \\ \left( C_t / C_{t+1} \right) - q_t (z/2) \left( I_t^k / I_{t-1}^k - 1 \right)^2 \quad (۱۱)$$

$$m_t: \quad (1/C_t) = (\psi^m / m_t) + \beta E_t (1/C_{t+1}) (1/\pi_{t+1}) \quad (۱۲)$$

$$X_t^h: \quad \lambda_t = \mu_t \zeta \left( I_t^h / X_t^h \right) \quad (۱۳)$$

$$ed_t: \quad (1/C_t) w_t = \mu_t \phi \left( I_t^h / Ed_t \right) \quad (۱۴)$$

$$H_{t+1}: \quad \mu_t = \beta \mu_{t+1} \left[ (1 - \delta^h) + \phi \left( I_{t+1}^h / H_{t+1} \right) \right] \quad (۱۵)$$

#### ۴-۲. بنگاه‌ها

هر بنگاه برای تولید محصول نهایی همگن،  $Y_t$ ، از سرمایه فیزیکی  $K_t$  و نیروی کار مؤثر  $N_t H_t$  استفاده می‌کند. بنابراین، تابع تولید هر بنگاه به صورت ذیل است:

$$Y_t = A_t K_t^\alpha (N_t H_t)^{1-\alpha} \quad (۱۶)$$

در این تابع،  $A_t$  سطح فناوری خنثی هیکس در دسترس بنگاه است که از یک فرآیند خودتوضیح مرتبه اول پیروی می‌کند:

$$\ln \left( \frac{A_t}{A} \right) = \rho_a \ln \left( \frac{A_{t-1}}{A} \right) + \varepsilon_t^a, \quad \varepsilon_t^a \sim N(0, \sigma_a^2) \quad (۱۷)$$

$\alpha$  بهره‌وری نیروی کار مؤثر و  $1 - \alpha$  بهره‌وری سرمایه فیزیکی است. بنگاه در هر دوره هدف حداکثر کردن سود را دنبال می‌کند:

$$D = A_t K_t^\alpha (N_t H_t)^{1-\alpha} - r_t^k \cdot K_t - w_t \cdot N_t \cdot H_t \quad (۱۸)$$

شرایط مرتبه اول بنگاه به صورت ذیل است:

$$r_t^k = \alpha \left( Y_t / K_t \right) \quad (۱۹)$$

$$w_t = (1 - \alpha) \left( Y_t / N_t \cdot H_t \right) \quad (۲۰)$$

بر این اساس، بنگاه تا زمانی که تولید نهایی سرمایه فیزیکی با نرخ اجاره  $r_t^k$  برابری کند، سرمایه را اجاره می‌کند و تا زمانی که تولید نهایی کار مؤثر برابر با نرخ دستمزد،  $w_t$  باشد، نیروی کار را استخدام

می‌کند. در نهایت، با توجه به فرض بازدهی ثابت به مقیاس در تولید در سطح بنگاه، پرداخت‌ها به عوامل تولید، معادل ارزش تولید است، به این معنی که هیچ سود اقتصادی حاصل نمی‌شود.

### ۳-۴. دولت، منابع طبیعی و کیفیت زیست محیطی

دولت در هر دوره مقداری برون‌زا از منابع را مصرف می‌کند. در این الگو فرض بر آن است که مخارج دولت از طریق چاپ پول و مالیات تامین می‌شود. بنابراین، محدودیت پویای بودجه دولت به شرح زیر است:

$$P_t G_t + P_t X_t^g = P_t T_t + M_t - M_{t-1} \quad (21)$$

این رابطه را می‌توان بر حسب متغیرهای حقیقی از طریق تقسیم هر دو طرف محدودیت بودجه بر سطح قیمت، به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$G_t + X_t^g = T_t + m_t - m_{t-1} / \Pi_t \quad (22)$$

$G_t$  مخارج دولتی است که از یک فرآیند خودتوضیح مرتبه اول پیروی می‌کند:

$$\ln \left( \frac{G_t}{\bar{G}} \right) = \rho_g \ln \left( \frac{G_{t-1}}{\bar{G}} \right) + \varepsilon_t^g, \quad \varepsilon_t^g \sim N(0, \sigma_g^2) \quad (23)$$

در رابطه ۲۳،  $\bar{G} > 0$  سطح وضعیت باثبات فرآیند مخارج عمومی،  $0 < \rho_g < 1$  پارامتر ماندگاری خودتوضیح مرتبه اول و  $\varepsilon_t^g$  تکانه‌های تصادفی به فرآیند مخارج عمومی هستند.  $X_t^g$  مخارج آموزش عمومی از یک فرآیند خودتوضیح مرتبه اول پیروی می‌کند:

$$\ln \left( \frac{X_t^g}{\bar{X}^g} \right) = \rho_{x^g} \ln \left( \frac{X_{t-1}^g}{\bar{X}^g} \right) + \varepsilon_t^{x^g}, \quad \varepsilon_t^{x^g} \sim N(0, \sigma_{x^g}^2) \quad (24)$$

در رابطه ۲۴،  $\bar{X}^g > 0$  سطح وضعیت باثبات فرآیند مخارج آموزش عمومی،  $0 < \rho_{x^g} < 1$  پارامتر ماندگاری خودتوضیح مرتبه اول و  $\varepsilon_t^{x^g}$  تکانه‌های تصادفی به فرآیند مخارج آموزش عمومی هستند. همچنین،  $T_t$  شامل مالیات بر فروش بنگاه‌ها و درآمدهایی است که به صورت تصادفی  $T_t^x$  به حساب دولت واریز می‌شود:

$$T_t = tr.Y_t + T_t^x \quad (25)$$

$$\ln \left( \frac{T_t^x}{\bar{T}^x} \right) = \rho_{t^x} \ln \left( \frac{T_{t-1}^x}{\bar{T}^x} \right) + \varepsilon_t^{t^x}, \quad \varepsilon_t^{t^x} \sim N(0, \sigma_{t^x}^2) \quad (26)$$

در این روابط،  $tr$  نرخ مالیات بر فروش بنگاه‌ها،  $\bar{T}^x > 0$  سطح وضعیت باثبات فرآیند مالیات،  $\rho_{tx}$  پارامتر ماندگاری خودتوضیح مرتبه اول و  $\varepsilon_t^x$  تکانه‌های تصادفی به فرآیند مالیات هستند.  $(-m_t)$  درآمد ناشی از چاپ پول است.

بر اساس کولی و هانسن<sup>۱</sup> (۱۹۸۹)، عرضه پول (پایه پولی) با نرخ رشد مدیریت می‌شود:

$$\gamma_t = \frac{M_t/P_t}{M_{t-1}/P_t} = \frac{M_t/P_t}{M_{t-1}/P_{t-1}} \cdot \frac{P_t}{P_{t-1}} = (m_t/m_{t-1})\Pi_t \quad (27)$$

قاعده ذیل برای مدیریت نرخ رشد ناخالص پول اتخاذ شده است:

$$\ln \gamma_t = \rho_\gamma \ln \left( \frac{\gamma_{t-1}}{\bar{\gamma}} \right) + \varepsilon_t^\gamma, \quad \varepsilon_t^\gamma \sim N(0, \sigma_\gamma^2) \quad (28)$$

در رابطه ۲۸،  $\bar{\gamma}$  سطح وضعیت باثبات نرخ رشد ناخالص عرضه پول،  $0 < \rho_\gamma < 1$  پارامتر ماندگاری خودتوضیح مرتبه اول و  $\varepsilon_t^\gamma$  تکانه‌های تصادفی به نرخ رشد ناخالص عرضه پول هستند. به پیروی از صیادی و خوش کلام خسروشاهی (۲۰۲۰)، درآمدهای نفتی از یک فرآیند خودتوضیح مرتبه اول پیروی می‌کند:

$$\ln \left( \frac{O_t}{\bar{O}} \right) = \rho_g \ln \left( \frac{O_{t-1}}{\bar{O}} \right) + \varepsilon_t^O, \quad \varepsilon_t^O \sim N(0, \sigma_O^2) \quad (29)$$

در رابطه ۲۹،  $\bar{O}$  سطح وضعیت باثبات درآمدهای نفتی،  $0 < \rho_O < 1$  پارامتر ماندگاری خودتوضیح مرتبه اول و  $\varepsilon_t^O$  تکانه‌های تصادفی به درآمدهای نفتی هستند. کیفیت زیست محیطی بر اساس معادله ذیل تغییر می‌کند:

$$Qe_t = \rho_q Qe_{t-1} - \theta Y_t + \sigma H_t + \omega G_t \quad (30)$$

در این رابطه،  $Qe$  کیفیت زیست محیطی،  $\rho_q$  پارامتر ماندگاری کیفیت زیست محیطی،  $\theta$  شاخص شدت آلودگی،  $\sigma$  و  $\omega$  به ترتیب اثربخشی سرمایه انسانی و اثربخشی مخارج عمومی بر کیفیت زیست محیطی هستند.

در شرایط تسویه بازار، عرضه کل و تقاضای کل برابر هستند:

$$Y_t + O_t = C_t + X_t^h + I_t^k + G_t + X_t^g + w_t Ed_t = GDP_t \quad (31)$$

بر این اساس، مجموع تولید نهایی غیرنفتی و درآمدهای نفتی صرف مخارج مصرفی نهایی خانوارها، مخارج آموزش خصوصی، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در تولید، مخارج عمومی، مخارج آموزش عمومی و هزینه فرصت آموزش می‌شود تا بازار محصول نهایی تسویه شود.

<sup>۱</sup> Cooley, & Hansen.

در نهایت، الگوی طراحی شده شامل ۲۶ متغیر و ۲۶ معادله است که با استفاده از روش آهلیگ<sup>۱</sup> (۲۰۰۱) لگاریتمی-خطی شده است.

## ۵. نتایج

### ۵-۱. برآورد الگو

به منظور برآورد پارامترهای الگو، از رویکرد بیزین و الگوریتم گام تصادفی متروپولیس-هستینگز<sup>۲</sup> استفاده شده است. داده‌های متغیرهای قابل مشاهده الگو شامل داده‌های تعدیل شده فصلی تولید ناخالص داخلی، مصرف خصوصی، سرمایه‌گذاری، مخارج دولت و نرخ رشد ناخالص پول در دوره ۱۴۰۰:۰۱-۱۳۸۳:۰۱ است؛ که با استفاده از فیلتر هدریک-پرسکات، روندزایی شده‌اند. قبل از برآورد الگو، باید پارامترهایی که به صورت نسبت متغیرهای کلان اقتصادی هستند محاسبه شوند. بر این اساس، پارامترهایی را که می‌توان آن‌ها را بر اساس حل الگو در شرایط پایدار مقاردهی کرد، در جدول ۱ آمده است:

جدول ۱: مقدار پارامترهای الگو بر اساس شرایط پایدار

مقدار	توضیحات	نسبت
۰/۴۳	نسبت باثبات مصرف خصوصی به تولید کل	$\frac{C}{GDP}$
۰/۰۱۷	نسبت باثبات مخارج آموزش خصوصی به تولید کل	$\frac{X^h}{GDP}$
۰/۱۶	نسبت باثبات سرمایه‌گذاری خصوصی به تولید کل	$\frac{I^k}{GDP}$
۰/۱۶۴	نسبت باثبات مخارج دولتی به تولید کل	$\frac{G}{GDP}$
۰/۰۳۳	نسبت باثبات مخارج آموزش عمومی به تولید کل	$\frac{X^g}{GDP}$

منبع: یافته‌های پژوهش

برای برآورد سایر پارامترها ابتدا توزیع، مقادیر میانگین و انحراف معیار پیشین آن‌ها تعیین خواهد شد. در مرحله بعد پارامترها با استفاده از رویکرد بیزین برآورد می‌شوند (جدول ۲).

1 Uhlig.

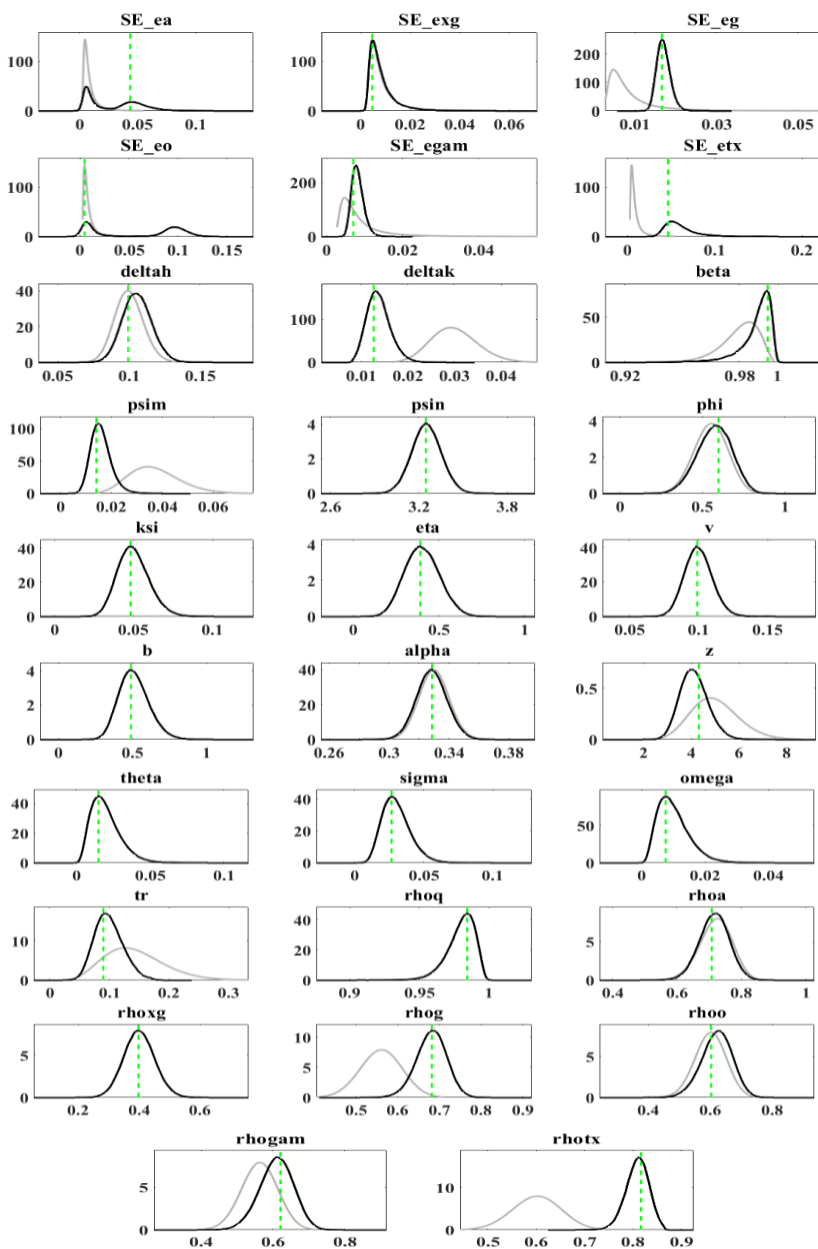
2 Random Walk Metropolis-Hastings algorithm.

جدول ۲: برآورد پارامترهای الگو

فاصله بالاترین چگالی پسین	میانگین پسین	منبع	توزیع پیشین	میانگین پیشین	شماره
۰/۹۷۱ - ۰/۹۹۹	۰/۹۸۸	صالحیان بهروز و عرفانی (۱۳۹۷)	بتا	۰/۹۸	$\beta$
۰/۰۸۶۱ - ۰/۱۲۵	۰/۱۰۵	تنظیم ۱	بتا	۰/۱	$\delta^h$
۰/۰۰۹ - ۰/۰۱۸	۰/۰۱۵	تنظیم	بتا	۰/۰۳	$\delta^k$
۰/۰۰۸ - ۰/۰۲۳	۰/۰۱۵۸	پاشازانوس و همکاران (۱۳۹۸)	گاما	۰/۰۳۷	$\psi_m$
۳/۰۵۴ - ۳/۴۴۵	۳/۲۵	پاشازانوس و همکاران (۱۳۹۸)	گاما	۳/۲۵	$\psi_n$
۰/۳۷ - ۰/۷۶	۰/۵۷	آنجلوپلس و همکاران (۲۰۰۹)	بتا	۰/۵۵	$\phi$
۰/۳۱ - ۰/۶۹	۰/۰۴۹	آنجلوپلس و همکاران (۲۰۰۹)	بتا	۰/۰۵	$\zeta$
۰/۲۰۹ - ۰/۵۹۵	۰/۴	آنجلوپلس و همکاران (۲۰۰۹)	بتا	۰/۴	$\eta$
۰/۰۸ - ۰/۱۱	۰/۰۹۹	آنجلوپلس و همکاران (۲۰۰۹)	بتا	۰/۱	$\nu$
۰/۳۱ - ۰/۷۰۷	۰/۵۰۷	آنجلوپلس و همکاران (۲۰۰۹)	گاما	۰/۵۰۷	$B$
۰/۳۰۸ - ۰/۳۴۸	۰/۳۲	تنظیم	بتا	۰/۳۳	$\alpha$
۳/۰۲ - ۵/۲۸	۴/۱	تنظیم	گاما	۵	$z$
۰/۰۰۳ - ۰/۰۳۹	۰/۰۱۹	تنظیم	گاما	۰/۰۲	$\theta$
۰/۰۱۲ - ۰/۰۵	۰/۰۳۰۱	تنظیم	بتا	۰/۰۳	$\sigma$
۰/۰۰۱۸ - ۰/۰۱۹	۰/۰۱	رستم‌زاده و نصیرآبادی (۱۳۹۶)	بتا	۰/۰۱	$\omega$
۰/۰۵۴ - ۰/۱۴۵	۰/۰۹۸	رافعی و همکاران (۱۳۹۳)	بتا	۰/۱۴۲	$tr$
۰/۹۶ - ۰/۹۹	۰/۹۷	تنظیم	بتا	۰/۹۸	$\rho_q$
۰/۶۲ - ۰/۸	۰/۷۱	رحمانی و همکاران (۲۰۲۱)	بتا	۰/۷۲	$\rho_a$
۰/۳۰۴ - ۰/۵۰۱	۰/۳۹	رحمانی و همکاران (۲۰۲۱)	بتا	۰/۴	$\rho_{x^g}$
۰/۶۰۸ - ۰/۷۴۸	۰/۶۸	رحمانی و همکاران (۲۰۲۱)	بتا	۰/۵۶	$\rho_g$
۰/۵۲ - ۰/۷۱	۰/۶۱	رحمانی و همکاران (۲۰۲۱)	بتا	۰/۶	$\rho_o$
۰/۵۱۴ - ۰/۶۹۶	۰/۶۰۸	رحمانی و همکاران (۲۰۲۱)	بتا	۰/۵۶۲	$\rho_\gamma$
۰/۷۶ - ۰/۸۵	۰/۸	تنظیم	بتا	۰/۶	$\rho_{t^x}$
۰/۰۰۲ - ۰/۰۶۶	۰/۰۲	---	معکوس گاما	۰/۰۱	$\mathcal{E}_t^a$
۰/۰۰۲ - ۰/۰۱۸	۰/۰۰۸	---	معکوس گاما	۰/۰۱	$\mathcal{E}_t^{x^g}$
۰/۰۱۳ - ۰/۰۲	۰/۰۱۶	---	معکوس گاما	۰/۰۱	$\mathcal{E}_t^g$
۰/۰۰۲ - ۰/۱۱	۰/۰۵۷	---	معکوس گاما	۰/۰۱	$\mathcal{E}_t^o$
۰/۰۰۵ - ۰/۰۱۱	۰/۰۰۸	---	معکوس گاما	۰/۰۱	$\mathcal{E}_t^y$
۰/۰۳ - ۰/۰۹	۰/۰۵۹	---	معکوس گاما	۰/۰۱	$\mathcal{E}_t^{x^x}$

منبع: یافته‌های پژوهش

توزیع پیشین و توزیع پسین برآورد پارامترهای الگو در شکل ۲ آمده است:

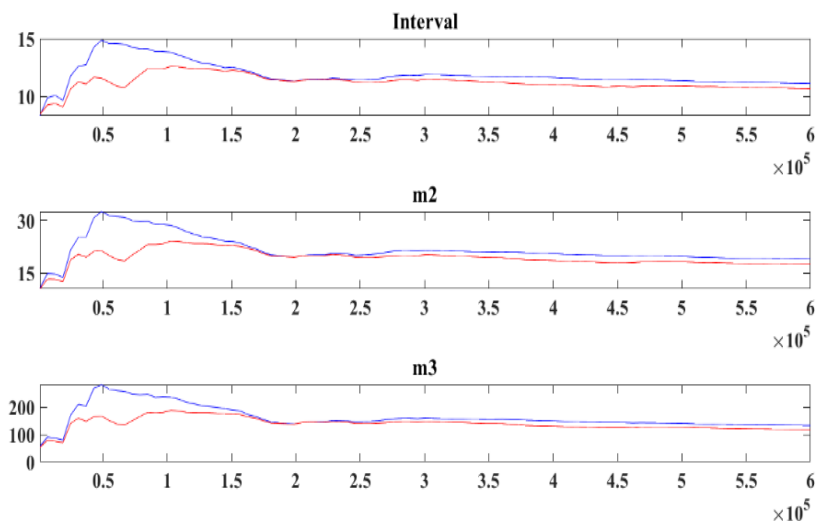


منبع: یافته‌های پژوهش

شکل ۲: توزیع‌های پیشین و پسین شاخص‌های الگو



آزمون تشخیصی بروکز و گلمن<sup>۱</sup> (۱۹۹۸) و زنجیره مارکوف مونت کارلو نشان می‌دهد که تخمین پارامتر مناسب و قابل اعتماد است. این آزمون، سه شاخص، فاصله، گشتاور مرتبه دوم ( $m_2$ ) و گشتاور مرتبه سوم ( $m_3$ ) پارامترها را نشان می‌دهد. نتایج آزمون چند متغیره بروکز و گلمن (۱۹۹۸) در شکل ۳ آمده است:



منبع: یافته‌های پژوهش

### شکل ۳: آزمون تشخیصی چند متغیره MCMC بروکز و گلمن

نتایج این آزمون حاکی از آن است که واریانس درون نمونه‌ای و بین نمونه‌ای همه پارامترها در نهایت به هم همگرا شده‌اند. بنابراین، نتایج تخمین بیزی از دقت خوبی برخوردار است. همچنین نتایج آزمون تک متغیره بروکز و گلمن (۱۹۹۸) در پیوست آمده است.

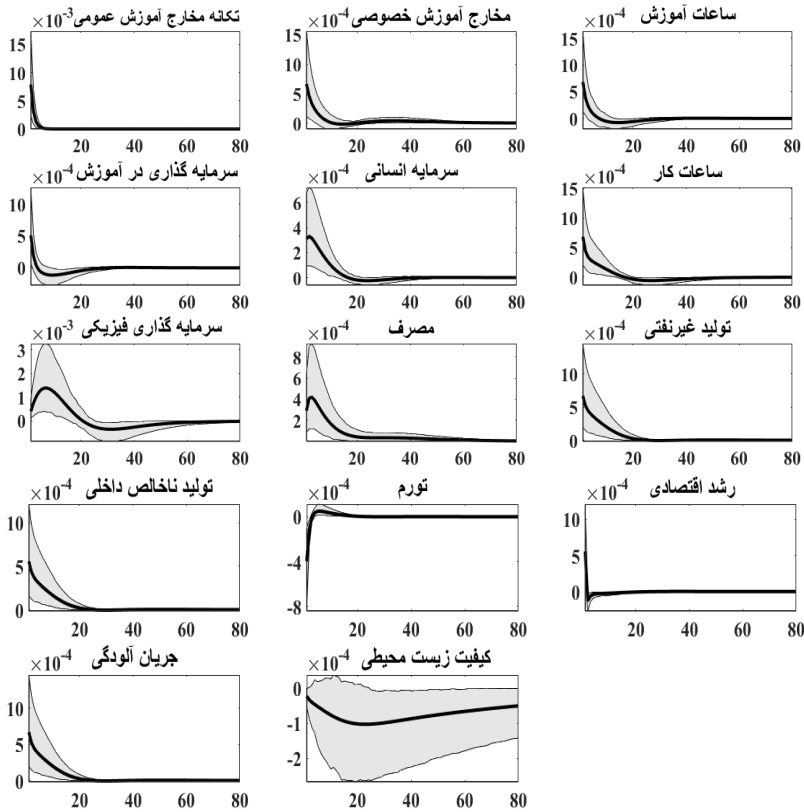
### ۲-۵. توابع ضربه-واکنش ۲ تکانه مخارج آموزش عمومی

شکل ۴ نشان‌دهنده اثر تکانه مخارج آموزش عمومی بر متغیرهای کلان اقتصاد و کیفیت زیست محیطی است. افزایش مخارج آموزش عمومی، موجب افزایش بهره‌وری نهایی مخارج آموزش خانوار شده است. زیرا مخارج آموزش خصوصی و عمومی مکمل یکدیگر هستند و در قالب یک تابع کاب-داگلاس وارد الگو شده‌اند. بنابراین سرمایه‌گذاری در آموزش و متعاقب آن، سرمایه انسانی بهبود یافته است.

1 Brooks & Gelman.

2 The Monte Carlo Markov Chain (MCMC) diagnostic test.

3 The impulse-response functions (IRF).



منبع: یافته‌های پژوهش

#### شکل ۴: اثر تکانه مخارج آموزش عمومی بر شرایط اقتصاد و کیفیت زیست محیطی

افزایش سرمایه انسانی، موجب افزایش تولید، رشد اقتصادی و کاهش تورم شده است. کاهش تورم، افزایش دستمزد حقیقی نیروی کار و در نهایت تمایل خانوار به افزایش عرضه نیروی کار را به دنبال داشته است. افزایش دستمزد حقیقی موجب افزایش مصرف شده است. همچنین افزایش عرضه نیروی کار موجب افزایش بهره‌وری نهایی سرمایه فیزیکی شده، که این امر از مکمل بودن نیروی کار و سرمایه در تابع تولید کاب داگلاس ناشی می‌شود. این موضوع سبب افزایش سرمایه‌گذاری فیزیکی می‌شود. علاوه بر این، نظر به افزایش تولید و رشد اقتصادی در مواجهه با تکانه مخارج آموزش عمومی، تقاضای انرژی افزایش یافته است. این امر منجر به افزایش آلودگی هوا و کاهش کیفیت زیست محیطی شده است.

## ۶. جمع‌بندی و پیشنهادها

با توجه به افزایش مشکلات و تخریب زیست محیطی در دو دهه اخیر، کشورها در تلاش برای رسیدگی به بحران‌های زیست محیطی و به طور همزمان رشد اقتصادی هستند (منیر، لین و اسمیت، ۲۰۲۰). اساساً اعتقاد بر این است که تخریب اکوسیستم‌های بسیاری از کشورها پیامد اقدامات انسانی از جمله صنعتی‌شدن سریع، رشد جمعیت، گسترش فعالیت‌های اقتصادی، شهرنشینی و مصرف گسترده سوخت‌های فسیلی است (دستک و اصلان، ۲۰۲۰؛ اهیگاموسوئه، گوپتان و لین، ۲۰۱۹). رابطه انتشار دی اکسید کربن - رشد اقتصادی، توجه محققان و سیاست‌گذاران را به کاهش انتشار دی اکسید کربن، بدون تأثیر بر رشد اقتصادی جلب کرده است. یکی از عوامل مؤثر جهت نیل به این هدف، سرمایه انسانی است و علیرغم نقش گسترده آن در ارتقای کارایی انرژی و رشد اقتصادی، توسط کارگران ماهر در فرآیند تولید و ترجیح خانوارهای تحصیل کرده به استفاده از لوازم خانگی با کارایی انرژی بالا، محققان محدودی این عامل را در ادبیات موجود گنجانده‌اند (پاچائوری و جیانگ، ۲۰۰۸؛ دومرگر و فورنیر، ۲۰۱۱؛ برادستاک لی و ژانگ، ۲۰۱۶؛ هی و رینر، ۲۰۱۶). آموزش به عنوان یکی از مهم‌ترین سرمایه‌گذاری‌های سرمایه انسانی به شمار می‌رود و نقش حیاتی در روند رشد اقتصادی و کیفیت زیست محیطی ایفا می‌کند. نظر به اهمیت این موضوع، انگیزه پژوهش حاضر درک اثر مخارج آموزش عمومی بر رشد اقتصادی و کیفیت زیست محیطی با استفاده از یک الگوی DSGE و رویکرد بیزین است. نتایج حاکی از آن است که افزایش مخارج آموزش عمومی به اندازه یک انحراف معیار، موجب افزایش بهره‌وری نهایی مخارج آموزش خصوصی می‌شود. زیرا مخارج آموزش خصوصی و عمومی مکمل یکدیگر هستند و در قالب یک تابع کاب-داگلاس وارد الگو شده‌اند. بنابراین ساعات آموزش، سرمایه‌گذاری در آموزش و متعاقب آن، سرمایه انسانی افزایش یافتند. افزایش سرمایه انسانی، موجب افزایش تولید، رشد اقتصادی و کاهش تورم شد. کاهش تورم، افزایش دستمزد حقیقی نیروی کار و در نهایت تمایل خانوار به افزایش عرضه نیروی کار را به دنبال داشت. مصرف در پاسخ به افزایش دستمزد حقیقی افزایش یافت. همچنین رفتار سرمایه‌گذاری بسیار شبیه به رفتار مصرف و تولید است اما تغییرات آن نسبت به سایر مخارج، شدیدتر است. بنابراین می‌توان گفت که تکانه مخارج آموزش عمومی مانند یک تکانه انبساطی عملکرد اقتصاد را تحت تأثیر قرار داده و موجب بهبود شرایط اقتصاد شده است. نتایج این بخش از پژوهش با نتیجه مطالعه آنجلوپولوس و همکاران (۲۰۰۹)، سو (۲۰۰۴) و بلنکو (۲۰۰۵) هماهنگ و مشابه است. در بخش زیست محیطی، با افزایش سرمایه انسانی، رشد اقتصادی ارتقا یافته و این موضوع منجر به افزایش آلودگی هوا و کاهش کیفیت زیست محیطی شده است. نتایج این بخش از پژوهش با نتیجه مطالعه لی و پنگ (۲۰۲۰) هماهنگ و مشابه است. در توجیه این نتیجه می‌توان به کیفیت نهادی ضعیف در ایران اشاره کرد که با وجود حجم عظیم سرمایه‌گذاری سرمایه انسانی، اثربخشی لازم در بخش زیست محیطی وجود ندارد و این موضوع، تأییدی بر قرار داشتن ایران در مراحل اولیه توسعه اقتصادی است. به عنوان توصیه سیاستی،

علاوه بر توجه به آموزش و نقش آن در توسعه سرمایه انسانی به عنوان یک سرمایه گذاری بلندمدت، بایستی بهبود کیفیت نهادی (به ویژه بهبود اثربخشی نهاد دولت در حوزه قانونگذاری و پاسخگویی) مد نظر قرار گیرد.

### تعارض منافع

نویسندگان هرگونه تعارض منافع در تحقیق را اعلام می کنند.

### مشارکت نویسندگان

مقدمه و ادبیات موضوع توسط نویسنده مسئول مقاله و نویسنده دوم تنظیم شده است. بخش روش تحقیق و نتیجه گیری توسط همه نویسندگان انجام شده است.

## References

- Acosta Castellanos, P. M., Queiruga-Dios, A., Hernández Encinas, A., & Acosta, L. C. (2020). Environmental Education in Environmental Engineering: Analysis of the Situation in Colombia and Latin America. *Sustainability*, 12(18), 7239. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/18/7239>
- Afghah, M., Mansouri, S. A., Moltafet, H., & Baharvand, P. (2022). Investigating the effect of demographic changes and human capital on economic growth in Iran. *Stable Economy Journal*, 3(1), 161-185. (In Persian). <https://doi.org/10.22111/sedj.2022.40383.1142>
- Ahmad, A., Zhao, Y., Shahbaz, M., Bano, S., Zhang, Z., Wang, S., & Liu, Y. (2016). Carbon emissions, energy consumption and economic growth: An aggregate and disaggregate analysis of the Indian economy. *Energy Policy*, 96, 131-143. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.05.032>
- Ahmad, I. (2016). Assessing the Effects of Fiscal Decentralization on the Education Sector: A Cross-Country Analysis. *THE LAHORE JOURNAL OF ECONOMICS*, 21, 53-96. <https://doi.org/10.35536/lje.2016.v21.i2.a3>
- Ali, S., Chaudhry, I. S., & Farooq, F. (2012). Human Capital Formation and Economic Growth in Pakistan. *Pakistan Journal of Social Sciences*, 32(1). <http://pjss.bzu.edu.pk/index.php/pjss/article/view/147>
- Angelopoulos, K., Malley, J., & Philippopoulos, A. (2009). Welfare Implications of Public Education Spending Rules. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/https://doi.org/10.2139/ssrn.1324572>
- Asghar, N., Awan, A., & Rehman, H. (2012). Human Capital and Economic Growth in Pakistan: A Cointegration and Causality Analysis. *International Journal of Economics and Finance*, 4. <https://doi.org/10.5539/ijef.v4n4p135>
- Azariadis, C., & Drazen, A. (1990). Threshold Externalities in Economic Development\*. *The Quarterly Journal of Economics*, 105(2), 501-526. <https://doi.org/10.2307/2937797>
- Bano, S., Zhao, Y., Ahmad, A., Wang, S., & Liu, Y. (2018). Identifying the impacts of human capital on carbon emissions in Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 183, 1082-1092. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.008>
- Barghandan, A., Barghandan, K., Sotoudehnia Korani, S., & Pazand, M. (2010). Effects of Human Capital on Economic Growth in Iran. *Economic Modelling*, 4(12), 39-56. (In Persian). [https://eco.firuzkuh.iau.ir/article\\_555555\\_95fbec00746f9802b30f44975ba03a2f.pdf](https://eco.firuzkuh.iau.ir/article_555555_95fbec00746f9802b30f44975ba03a2f.pdf)
- Barro, R. (1991). Economic Growth in a Cross Section of Countries. *The Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407-443. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:oup:qjecon:v:106:y:1991:i:2:p:407-443>.

- Begum, R. A., Sohag, K., Abdullah, S. M. S., & Jaafar, M. (2015). CO2 emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41(C), 594-601. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:rensus:v:41:y:2015:i:c:p:594-601>
- Benos, N., & Zotou, S. (2014). Education and Economic Growth: A Meta-Regression Analysis. *World Development*, 64, 669-689. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.06.034>
- Blankenau, W. (2005). Public schooling, college subsidies and growth. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 29(3), 487-507. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2004.04.001>
- Boccanfuso, D., Savard, L., & Savy, B. E. (2013). Human Capital and Growth: New Evidences from African Data. *International Economic Journal*, 27(1), 55-77. <https://doi.org/10.1080/10168737.2012.659276>
- Bodman, P., & Le, T. (2013). Assessing the roles that absorptive capacity and economic distance play in the foreign direct investment-productivity growth nexus. *Applied Economics*, 45(8), 1027-1039. <https://doi.org/10.1080/00036846.2011.613789>
- Broadstock, D. C., Li, J., & Zhang, D. (2016). Efficiency snakes and energy ladders: A (meta-)frontier demand analysis of electricity consumption efficiency in Chinese households. *Energy Policy*, 91, 383-396. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.01.009>
- Brooks, S. P., & Gelman, A. (1998). General Methods for Monitoring Convergence of Iterative Simulations. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 7(4), 434-455. <https://doi.org/10.1080/10618600.1998.10474787>
- Cohen, D., & Soto, M. (2007). Growth and human capital: good data, good results. *Journal of Economic Growth*, 12(1), 51-76. <https://doi.org/10.1007/s10887-007-9011-5>
- Cooley, T. F., & Hansen, G. D. (1989). The Inflation Tax in a Real Business Cycle Model. *The American Economic Review*, 79(4), 733-748. <http://www.jstor.org/stable/1827929>
- Dasgupta, S., Hettige, H., & Wheeler, D. (2000). What Improves Environmental Compliance? Evidence from Mexican Industry. *Journal of Environmental Economics and Management*, 39(1), 39-66. <https://doi.org/10.1006/jjem.1999.1090>
- Démurger, S., & Fournier, M. (2011). Poverty and firewood consumption: A case study of rural households in northern China. *China Economic Review*, 22(4). <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2010.09>
- Destek, M. A., & Aslan, A. (2020). Disaggregated renewable energy consumption and environmental pollution nexus in G-7 countries. *Renewable Energy*, 151, 1298-1306. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.11.138>

- Ehigiamusoe, K. U., Guptan, V., & Lean, H. H. (2019). Impact of financial structure on environmental quality: evidence from panel and disaggregated data. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 14(10-12), 359-383. <https://doi.org/10.1080/15567249.2020.1727066>
- Fang, Z., & Chang, Y. (2016). Energy, human capital and economic growth in Asia Pacific countries — Evidence from a panel cointegration and causality analysis. *Energy Economics*, 56(C), 177-184. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:eneeco:v:56:y:2016:i:c:p:177-184>
- Gelegenis, J. J., & Harris, D. J. (2014). Undergraduate studies in energy education – A comparative study of Greek and British courses. *Renewable Energy*, 62(C), 349-352. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:renene:v:62:y:2014:i:c:p:349-352>
- Gitto, S., & Mancuso, P. (2015). The contribution of physical and human capital accumulation to Italian regional growth: a nonparametric perspective. *Journal of Productivity Analysis*, 43. <https://doi.org/10.1007/s11123-013-0362-y>
- Gradus, R., & Smulders, S. (1993). The Trade-off Between Environmental Care and Long-term Growth — Pollution in Three Prototype Growth Models. *Journal of Economics*, 58(1), 25-51. <http://www.jstor.org/stable/41794297>
- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2008). The Role of Cognitive Skills in Economic Development. *Journal of Economic Literature*, 46(3), 607-668. <https://doi.org/10.1257/jel.46.3.607>
- Hartman, R., & Kwon, O. S. (2005). Sustainable growth and the environmental Kuznets curve. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 29(10), 1701-1736. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2004.10.001>
- He, X., & Reiner, D. (2016). Electricity demand and basic needs: Empirical evidence from China's households. *Energy Policy*, 90, 212-221. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.033>
- Kai Ming Au, A., Altman, Y., & Roussel, J. (2008). Employee training needs and perceived value of training in the Pearl River Delta of China. *Journal of European Industrial Training*, 32, 19-31. <https://doi.org/10.1108/03090590810846548>
- Komal, R., & Abbas, F. (2015). Linking financial development, economic growth and energy consumption in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.015>
- Krueger, A. B., & Lindahl, M. (2001). Education for Growth: Why and For Whom? *Journal of Economic Literature*, 39(4), 1101-1136. <http://www.jstor.org/stable/2698521>

- Kwon, D.-B. (2009). Human capital and its measurement. *The 3rd OECD World Forum on Statistics, Knowledge and Policy*. [https://www.academia.edu/24595168/The3rd OECD World Forum on Statistics Knowledge and Policy HUMAN CAPITAL AND ITS MEASUREMENT KWON DAE-BONG](https://www.academia.edu/24595168/The3rd_OECD_World_Forum_on_Statistics_Knowledge_and_Policy_HUMAN_CAPITAL_AND_ITS_MEASUREMENT_KWON_DAE-BONG)
- Lee, C.-C., & Chang, C.-P. (2008). Energy consumption and economic growth in Asian economies: A more comprehensive analysis using panel data. *Resource and Energy Economics*, 30(1), 50-65. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:resene:v:30:y:2008:i:1:p:50-65>
- Li, H., & Peng, W. (2020). Carbon Tax, Subsidy, and Emission Reduction: Analysis Based on DSGE Model. *Complexity*, 2020, 6683482. <https://doi.org/10.1155/2020/6683482>
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- Majed, V., & Safari Asl, S. (2019). Impact of Productivity and Institutional Quality on Environmental Quality (Evidences from Developing Economies) [Research]. *Quarterly Journal of Economic Research and Policies*, 27(89), 139-162. (In Persian). <http://qjerp.ir/article-1-2179-fa.html>
- Manderson, E., & Kneller, R. (2012). Environmental Regulations, Outward FDI and Heterogeneous Firms: Are Countries Used as Pollution Havens? *Environmental and Resource Economics*, 51(3), 317-352. <https://doi.org/10.1007/s10640-011-9500-z>
- Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407-437. <https://doi.org/10.2307/2118477>
- Mehrara, M., Rezaei, S., & Hamidi razi, D. (2015). Determinants of Renewable Energy Consumption among ECO Countries; Based on Bayesian Model Averaging and Weighted-Average Least Square. *International Letters of Social and Humanistic Sciences*, 54, 96-109. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/ILSHS.54.96>
- Mohammadi, T., & Omidvar, S. (2015). Interaction Effects of Human Capital and Institutions on the Economic Growth and its Implications for Iranian Economy. *The Economic Research (Sustainable Growth and Development)*, 15(1), 185-208. (In Persian). <http://ecor.modares.ac.ir/article-18-6179-fa.html>
- Mozaffari, Z. (2021). The Effect of Human Capital on Economic Growth in Iran; GMM in Time Series Approach and Fuzzy Logic. *Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, 56(1), 145-172. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jte.2021.324398.1008473>



- Munir, Q., Lean, H. H., & Smyth, R. (2020). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries: A cross-sectional dependence approach. *Energy Economics*, 85, 104571. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104571>
- Nasreen, S., & Anwar, S. (2014). Causal relationship between trade openness, economic growth and energy consumption: A panel data analysis of Asian countries. *Energy Policy*, 69, 82-91. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.02.009>
- Osuntuyi, B. V., & Lean, H. H. (2022). Economic growth, energy consumption and environmental degradation nexus in heterogeneous countries: does education matter? *Environmental Sciences Europe*, 34(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00624-0>
- 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>
- Pachauri, S., & Jiang, L. (2008). The household energy transition in India and China. *Energy Policy*, 36(11), 4022-4035. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.06.016>
- Pasha zanous, P., Bahrami, J., Tavakkolian, H., & Mohammadi, T. (2019). Investigating the performance of currency regimes in production and inflation fluctuations under international financial integration conditions for Iran: using a DSGE Model. *new economy and trad*, 14(3), 41-69. (In Persian) [https://jnet.ihcs.ac.ir/article\\_4990.html?lang=en](https://jnet.ihcs.ac.ir/article_4990.html?lang=en)
- Payne, R. A. (1995). Freedom and the Environment. *Journal of Democracy*, 6(3), 41-55. <https://doi.org/10.1353/jod.1995.0053>
- Rafei, M., Bahrami, J., & Daneshjafari, D. (2014). Evaluation of Fiscal Policy for Economy of Iran in a Dynamic Stochastic General Equilibrium Model based on Real Business Cycles. *Economics Research*, 14(54), 33-65. (In Persian) [https://joer.atu.ac.ir/article\\_797.html?lang=en](https://joer.atu.ac.ir/article_797.html?lang=en)
- Rahmani, A., Samadi, S., & Bakhshi Dastjerdi, R. (2021). Investigating the Effect of Financial and Monetary Policy on the Iranian Stock Market by Using DSGE Model. *Iranian Economic Review*, 25(3), 509-523. <https://doi.org/10.22059/ier.2021.84146>
- Rostamzadeh, P., & Nasirabadi, S. (2017). The Role of Indirect Environmental Taxation in Endogenous Growth Model on Environmental Quality in Iran. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 4(3), 35-58. (In Persian) [https://ecoj.tabrizu.ac.ir/article\\_6743.html?lang=en](https://ecoj.tabrizu.ac.ir/article_6743.html?lang=en)
- Qadri, F. S., & Waheed, A. (2014). Human capital and economic growth: A macroeconomic model for Pakistan. *Economic Modelling*, 42(C), 66-76. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:ecmode:v:42:y:2014:i:c:p:66-76>

- Rabiei, M. (2009). The Effect of Innovation and Human Capital on Economic Growth in Iran. *Monetary & Financial Economics*, 16(26), 122-142. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/pm.v16i26.1960>
- Rahman, M. M., Nepal, R., & Alam, K. (2021). Impacts of human capital, exports, economic growth and energy consumption on CO2 emissions of a cross-sectionally dependent panel: Evidence from the newly industrialized countries (NICs). *Environmental Science & Policy*, 121, 24-36. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.03.017>
- Rist, G. (2014). *The History of Development: From Western Origins to Global Faith*. Zed Books; Fourth Edition, New Edition, Fourth. [https://www.amazon.com/History-Development-Western-Origins-Global/dp/1783600225#detailBullets\\_feature\\_div](https://www.amazon.com/History-Development-Western-Origins-Global/dp/1783600225#detailBullets_feature_div)
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of political economy*, 94(5), 1002-1037. <https://www.jstor.org/stable/1833190>
- Salehian Behrouz, M., & Erfani, A. (2019). Analyzing Fiscal and Monetary Policies in the form of an Open DSGE Model for the Iranian Economy. *new economy and trad*, 13(4), 159-179. (In Persian) [https://jnet.ihcs.ac.ir/article\\_3889.html?lang=en](https://jnet.ihcs.ac.ir/article_3889.html?lang=en)
- Sayadi, M., & Khoshkalam Khosroshahi, M. (2020). Assessing Alternative Investment Policies in a Resource-Rich Capital-Scarce Country: Results from a DSGE analysis for Iran. *Energy Policy*, 146, 111813. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111813>
- Sianesi, B., & Reenen, J. V. (2003). The Returns to Education: Macroeconomics. *Journal of Economic Surveys*, 17(2), 157-200. <https://doi.org/10.1111/1467-6419.00192>
- Sohag, K., Begum, R. A., Abdullah, S. M. S., & Jaafar, M. (2015). Dynamics of energy use, technological innovation, economic growth and trade openness in Malaysia. *Energy*, 90, 1497-1507. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.06.101>
- Su, X. (2004). The allocation of public funds in a hierarchical educational system. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 28, 2485-2510. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2004.01.003>
- Taghavi, M., & Mohammadi, H. (2006). The Effect of Human Capital on Economic Growth: Case of IRAN. *Economics Research*, 6(22), 15-43. (In Persian). [https://joer.atu.ac.ir/article\\_3336\\_12bd1511b2c55ea158859c9235fca692.pdf](https://joer.atu.ac.ir/article_3336_12bd1511b2c55ea158859c9235fca692.pdf)
- Tamura, R. (1991). Income Convergence in an Endogeneous Growth Model. *Journal of political economy*, 99(3), 522-540. <https://doi.org/10.1086/261765>

- Uhlig, H. (2001). 30A Toolkit for Analysing Nonlinear Dynamic Stochastic Models Easily. In R. Marimon & A. Scott (Eds.), *Computational Methods for the Study of Dynamic Economies* (pp. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/0199248273.003.0003>
- Valero, A. (2021). Education and economic growth. *CEP Discussion Papers, 1764*. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED614082.pdf>
- Wang, Y., Chen, L., & Kubota, J. (2015). The relationship between urbanization, energy use and carbon emissions: Evidence from a panel of Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) countries. *Journal of Cleaner Production, 112*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.041>
- Wang, Y., & Yao, Y. (2003). Sources of China's economic growth 1952-1999: incorporating human capital accumulation. *China Economic Review, 14*(1), 32-52. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:chieco:v:14:y:2003:i:1:p:32-52>
- Xu, T., Xiao, Y., Khiewngamdee, C., & Lin, Q. (2021). Port Environmental Quality or Economic Growth? Their Relevance and Government Preference in Developing Countries. *Discrete Dynamics in Nature and Society, 2021*, 3869125. <https://doi.org/10.1155/2021/3869125>
- Yang, L., Wang, J., & Shi, J. (2016). Can China meet its 2020 economic growth and carbon emissions reduction targets? *Journal of Cleaner Production, 142*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.018>

## **The Relationship between Human Capital, Economic Growth and Environmental Quality with an Emphasis on Public Education Expenditures: An Application of DSGE Models**

**Hashem Zare<sup>1</sup>**

**Zahra Mohaghegh<sup>2</sup>**

**Mehrzaad Ebrahimi<sup>3</sup>**

Received: 2023-10-28

Accepted: 2023-11-19

### **Aim and Introduction:**

The world has suffered severe environmental degradation in the last two decades. The effects of ecological deviations and environmental destruction are alarming and cause concern for stakeholders and environmentalists. These problems have led to environmental disasters such as extreme weather changes and rising sea levels. For this reason, countries are trying to address environmental crises and economic growth at the same time. Basically, it is believed that the destruction of ecosystems in many countries is the result of human actions, including rapid industrialization, population growth, expansion of economic activities, urbanization, and widespread consumption of fossil fuels. Undoubtedly, one of the main factors of climate change and environmental degradation is the emission of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) caused by economic activities. The relationship between carbon dioxide emissions and economic growth has attracted the attention of researchers and policymakers to reduce carbon dioxide emissions without affecting economic growth. Achieving this goal may be difficult, but studies have included various factors in the growth-carbon dioxide relationship, such as: different energy sources, technological innovations, population, financial development, urbanization, and trade openness. In addition to the factors mentioned above, there is a need to assess other relevant factors such as human capital for effective policy development. Despite the extensive role of human capital in promoting energy efficiency and economic growth, by skilled workers in the production process and the preference of educated households to use home appliances with high energy efficiency, few researchers have included this factor in the existing literature. Education is considered as one of the most important human capital investments and plays a vital role in the process of economic growth. Education, at the micro level, affects the future income flow of people,

---

1. PhD student, Department of Economics, Faculty of Economics and Management, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

2. Department of Economics, Faculty of Economics and Management, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran (Corresponding author).

3. Department of Economics, Faculty of Economics and Management, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

and at the macro level, it is thought that a workforce with better education increases the stock of human capital in the economy. Increased human capital in turn can have positive externalities, such as lower crime or improved health outcomes, which are socially desirable and likely to have positive effects on productivity. In fact, it is the existence of such positive externalities that provides economic justification for governments to support education. It is believed that public spending on education and health will lead to improvement of human capital, reduction of poverty, economic growth and development, and reduction of pollution.

Theoretical studies emphasize different mechanisms through which education affects economic growth. (1) Education increases the human capital of the labor force, thereby increasing labor productivity and shifting growth toward a higher equilibrium level of output. (2) In endogenous growth theories, education increases the economy's capacity to innovate new technologies, products, and processes, thereby promoting growth.

In the environmental field, improving human capital can reduce the use of fossil fuel in the production process. The motive of this research is to understand the effect of public education expenditure shocks on economic growth and environmental quality in Iran.

### **Methodology:**

To achieve the goal of the research, a dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) model and Bayesian approach have been used. In this regard, observable variables, gross domestic product, private consumption, investment, government expenditure and the gross growth rate of money have been used in the period of 2004:4-2021:5.

### **Findings:**

The results indicate that an increase in public education expenses by one standard deviation increases the marginal efficiency of private education expenses. Because private and public education expenses complement each other and entered the model in the form of a Cobb-Douglas function. Therefore, education hours, investment in education and subsequently, human capital increased. The increase in human capital led to an increase in production, economic growth and a decrease in inflation. The decrease in inflation led to an increase in the real wages of the workforce and finally the desire of the household to increase the supply of labor. Consumption increased in response to an increase in real wages. Also, the behavior of investment is very similar to the behavior of consumption and production, but its changes are more intense than other expenses. Therefore, it can be said that the shock of public education expenses has affected the performance of the economy like an expansionary impulse and has improved the economic conditions. In the environmental sector, with the increase in human capital, economic growth has been improved and this has led to an increase in air pollution and a decrease in environmental quality.

**Discussion and Conclusion:**

In justifying these results, we can point to the weak institutional quality in Iran, that despite the huge amount of human capital investment, there is no necessary effectiveness in the environmental sector, and this is a confirmation that Iran is in the early stages of economic development. As a policy recommendation, in addition to paying attention to education and its role in the development of human capital as a long-term investment, improving the quality of institutions should be considered.

**Keywords:** Air pollution, Endogenous growth model, Bayesian approach, Energy efficiency.

**JEL Classification:** C11, H52, I25, O44, Q50.

پیش از انتشار