نشریه علمی پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)
مقاله پژوهشی/ سال بیست و چهارم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۳، صص: ۱-۲۷

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

یحیی محقق[۱]
هاشم زارع[۲]
مهرزاد ابراهیمی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۸

چکیده

نظر به افزایش مشکلات و تخریب زیست‌محیطی در دو دهۀ اخیر، انگیزه پژوهش حاضر درک اثر مخارج آموزش عمومی بر رشد اقتصادی و کیفیت زیست‌محیطی ایران با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی تصادفی پویا و رویکرد بیزین است. بدین منظور از متغیرهای قابل‌مشاهده، تولید ناخالص داخلی، مصرف خصوصی، سرمایه‌گذاری، مخارج دولت و نرخ رشد ناخالص پول در دوره ۱۳۸۳:۰۱-۱۴۰۰:۰۲ 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 نیروی‌کار و درنهایت تمایل خانوار به افزایش عرضه نیروی کار را به‌دنبال 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 زیست‌محیطی، با افزایش سرمایه انسانی، رشد اقتصادی ارتقا یافته و این موضوع منجر به افزایش آلودگی هوا و کاهش کیفیت زیست‌محیطی شده است. به‌عنوان توصیه سیاستی، علاوه بر توجه به آموزش و نقش آن در توسعه سرمایه انسانی به‌عنوان یک سرمایه‌گذاری بلندمدت، بایستی بهبود کیفیت نهادها مد نظر قرار گیرد.

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، الگوی رشد درون‌زا، رویکرد بیزین، کارایی انرژی
طبقه‌بندی JEL : C11, H52, I25, O44, Q50

---

۱. دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران (این مقاله مستخرج از رسالۀ دکتری نویسنده اول و با راهنمایی دکتر هاشم زارع است).
Yahya.Mohaghegh@ gmail.com

۲. دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران (نویسندۀ مسئول) Hashem.zare@gmail.com

۳. استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
Mhrzad@yahoo.com

۱. مقدمه

جهان در دو دهۀ گذشته متحمل وخامت شدید محیط زیست شده است. آثار انحرافات اکولوژیکی و تخریب محیط زیست، هشداردهنده 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[۱]، ۲۰۲۲). به همین دلیل، کشورها در تلاش برای رسیدگی به بحران‌های زیست‌محیطی و به‌طور هم‌زمان رشد اقتصادی هستند (منیر، لین و اسمیت[۲]، ۲۰۲۰). اساساً اعتقاد بر این است که تخریب اکوسیستم‌های بسیاری از کشورها پیامد اقدامات انسانی ازجمله صنعتی‌شدن سریع، رشد جمعیت، گسترش فعالیت‌های اقتصادی، شهرنشینی و مصرف گسترده سوخت‌های فسیلی است (دستک و اصلان[۳]، ۲۰۲۰؛ اهیگیاموسوئه، گوپتان و لین[۴]، 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، هرناندز انسیناس و آکوستا[۵]، ۲۰۲۰).

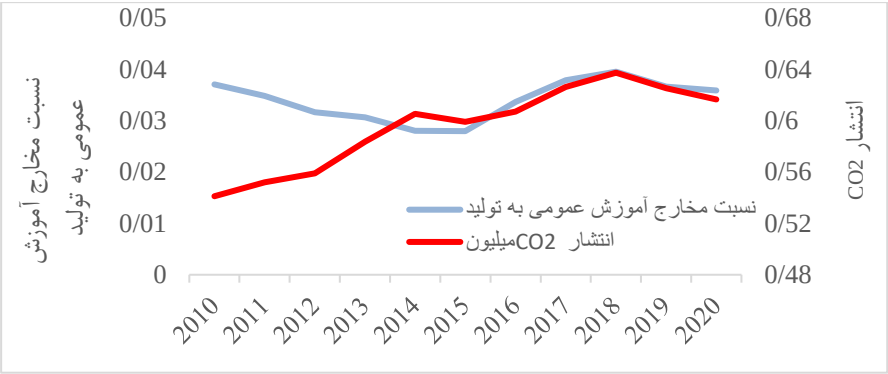
رابطه انتشار دی اکسید کربن - رشد اقتصادی توجه محققان و سیاست‌گذاران را به کاهش انتشار دی اکسید کربن، بدون تأثیر بر رشد اقتصادی جلب کرده است. ممکن است نیل به این هدف، سخت باشد، اما مطالعات عوامل مختلفی را در ارتباط رشد اقتصادی دی اکسیدکربن گنجانده‌اند، مانند: منابع مختلف انرژی (احمد و همکاران[۶]، ۲۰۱۶)، نوآوری‌های فناورانه (سوهاگ و همکاران[۷]، ۲۰۱۵)، جمعیت (بیگم و همکاران[۸]، ۲۰۱۵)، توسعه مالی (کومال و عباس[۹]، ۲۰۱۵)، شهرنشینی (وانگ و همکاران[۱۰]، ۲۰۱۵) و باز بودن تجارت (نسرین و انور[۱۱]، ۲۰۱۴).

علاوه بر عوامل ذکرشده 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 تحصیلکرده به استفاده از لوازم خانگی با کارایی انرژی بالا، محققان محدودی این عامل را در ادبیات موجود گنجانده‌اند (پاچائوری و جیانگ[۱۲]، ۲۰۰۸؛ دمورگر و فورنیر[۱۳]، ۲۰۱۱؛ برادستاک لی و ژانگ[۱۴]، ۲۰۱۶؛

1. Osuntuyi & Lean (2022)
2. Munir, Lean & Smyth (2020)
3. Destek & Aslan (2020)
4. Ehigiamusoe, Guptan & Lean (2019)
5. Acosta Castellanos, Queiruga-Dios, Hernández Encinas & Acosta (2020)
6. Ahmad et al. (2016)
7. Sohag et al. (2015)
8. Begum et al. (2015)
9. Komal & Abbas (2015)
10. Wang, Chen & Kubota (2015)
11. Nasreen & Anwar (2014)
12. Pachauri & Jiang (2008)
13. Démurger & Fournier (2011)
14. Broadstock, Li & Zhang (2016)

هی و رینر[1]، ۲۰۱۶). آموزش به‌عنوان یکی از مهم‌ترین سرمایه‌گذاری‌های سرمایه انسانی به‌شمار می‌رود و نقشی حیاتی در روند رشد اقتصادی ایفا می‌کند (بنوس و زوتو[2]، ۲۰۱۴). آموزش در سطح خرد بر جریان درآمد آتی افراد اثر می‌گذارد و در سطح کل، تصور می‌شود که نیروی‌کار با تحصیلات بهتر باعث افزایش موجودی سرمایه انسانی در اقتصاد می‌شود. افزایش سرمایه انسانی به نوبه خود می‌تواند آثار خارجی مثبت ازجمله جرایم کمتر یا بهبود پیامدهای سلامتی به همراه داشته باشد که از نظر اجتماعی مطلوب هستند و احتمالاً آثار مثبت بر بهره‌وری خواهند داشت. درواقع، وجود چنین عوامل خارجی مثبتی است که توجیه اقتصادی برای دولت‌ها فراهم می‌کند تا از آموزش حمایت کنند (والرو[3]، ۲۰۲۱). اعتقاد بر این است که مخارج عمومی آموزش و سلامت، بهبود سرمایه انسانی، کاهش فقر، رشد و توسعه اقتصادی و کاهش آلودگی (یانگ و همکاران[4]، ۲۰۱۶)را به دنبال خواهد داشت.

شکل (۱) ارتباط میان سهم مخارج آموزش عمومی از تولید ناخالص داخلی و میزان انتشار CO_2 را برای ایران در فاصله زمانی ۲۰۱۰-۲۰۲۰ نشان می‌دهد:



شکل ۱: ارتباط سهم مخارج آموزش عمومی از تولید ناخالص داخلی و میزان انتشار CO_2 در ایران (۲۰۱۰-۲۰۲۰)

(منبع: بانک جهانی)

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 تکانه‌های مخارج آموزش عمومی بر رشد اقتصاد و کیفیت زیست‌محیطی ایران است. بدین منظور، با توجه به ویژگی‌های الگوهای تعادل عمومی

1. He & Reiner (2016)
2. Benos & Zotou (2014)
3. Valero (2021)
4. Yang, Wang & Shi (2016)

تصادفی پویا[1] در برآورد آثار تکانه‌های 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 آنی حاصل از برآورد آمده است. بخش پایانی به نتیجه‌گیری و پیشنهادات پرداخته است.

۲. پیشینه پژوهش

توسعه اقتصادی هر کشور به‌شدت 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 توصیف کرده‌اند، ازجمله اینکه سرمایه انسانی منجر به رشد اقتصادی می‌شود (سو[2] (۲۰۰۴)؛ بلنکوا[3] (۲۰۰۵)؛ علی، چودری و فاروق[4]، ۲۰۱۲؛ اصغر، اعوان و رحمان[5]، ۲۰۱۲؛ بوکانفوسو، ساوارد و ساوی[6]، ۲۰۱۳؛ گیتو و مانکوسو[7]، ۲۰۱۵؛ قدری و وحید[8]، ۲۰۱۴؛ تقوی و محمدی، ۱۳۸۵؛ برقندان و همکاران، ۱۳۸۹؛ مظفری، ۱۴۰۰).

بنوس و زوتو (۲۰۱۴) تأثیر آموزش بر رشد اقتصادی را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که رشد اقتصادی کشورهای مختلف بسته به سطح آموزش آن‌ها متفاوت است. مطالعات علی (۲۰۱۷) و لی و چانگ[9] (۲۰۰۸) نشان می‌دهند که آموزش متوسطه می‌تواند به کاهش فقر و افزایش توسعه اقتصادی کمک کند. بدمن و لی[10] (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای، اثر مثبت سرمایه انسانی را بر رشد اقتصادی، به دلیل وجود افراد تحصیلکرده، مبتکر و مولد، مستند کردند.

ربیعی (۱۳۸۸) با استفاده از الگوی رشد رومر، اثر متغیرهای سرمایه انسانی، سرمایه فیزیکی و تحقیق و توسعه را بر رشد اقتصاد ایران 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 پرداختند و نشان دادند که با وجود سرمایه‌گذاری‌های عظیم در سرمایه انسانی که عمدتاً توسط درآمدهای نفتی تأمین مالی شده است، کیفیت پایین نهادها باعث کندی رشد اقتصادی شده است.

1. Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE)
2. Su (2004)
3. Blankenau (2005)
4. Ali, Chaudhry & Farooq (2012)
5. Asghar, Awan & Rehman (2012)
6. Boccanfuso, Savard & Savy (2013)
7. Gitto, & Mancuso (2015)
8. Qadri, & Waheed (2014)
9. Lee, & Chang (2008)
10. Bodman & Le (2013)

افقه و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی روابط بین تغییرات جمعیتی، سرمایه انسانی و رشد اقتصاد ایران پرداختند. نتایج نشان داد که بین تغییرات جمعیتی و سرمایه انسانی با رشد اقتصادی ارتباط معنی‌داری وجود دارد.

همچنین سرمایه انسانی نیز به دلیل آموزش، آگاهی و دانش در مورد امنیت انرژی، به افزایش مصرف انرژی تجدیدپذیر کمک می‌کند (دشا، رابینسون و اسپرول[1]، ۲۰۱۵ و گلگنیس و هریس[2]، ۲۰۱۴).

مهرآرا، رضوی و حمیدی (۲۰۱۵) نشان دادند سرمایه انسانی که با نرخ تحصیلات عالی اندازه‌گیری می‌شود، عامل اصلی مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر است و کارایی انرژی‌های تجدیدپذیر را از طریق نیروی کار ماهر، اشتراک دانش و توسعه اقتصادی ارتقا می‌دهد. پابلو رومرو و سانچز-برازا[3] (۲۰۱۵) نقش انرژی را در رشد اقتصادی برای کشورهای سازمان همکاری و توسعه اقتصادی[4]، کشورهای عضو پیمان تجارت آزاد آمریکای شمالی[5]، کشورهای بریک[6]، اروپای شرقی، آسیای شرقی و اتحادیه اروپا مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها از سرمایه انسانی، سرمایه فیزیکی و مصرف انرژی به‌عنوان عوامل تولید استفاده کردند و دریافتند سرمایه انسانی که با درصد ساعات کار کارگران با تحصیلات عالی و متوسط اندازه‌گیری می‌شود، جانشینی قوی برای انرژی است و به رشد اقتصادی پایدار کمک می‌کند. گردز و اسمالدرز[7] (۱۹۹۳) مطالعه‌ای با هدف ارزیابی معاوضه بین مراقبت از محیط زیست و رشد بلندمدت انجام داده‌اند. آن‌ها سرمایه انسانی را به‌عنوان عامل اصلی رشد اقتصادی معرفی کردند و آلودگی را به‌عنوان 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. داسگوپتا، هتیگه و ویلر[8] (۲۰۰۰) در مطالعه تجربی خود نشان دادند که بنگاه‌هایی 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 زیست‌محیطی انجام می‌دهند. هارتمن و اوون[9] (۲۰۰۵) با استفاده از یک الگوی رشد درون‌زا نشان دادند که سرمایه انسانی به تولید کالاهای آلوده‌کننده کمتر کمک می‌کند. مندرسون و کلر[10] (۲۰۱۲) نشان دادند که اگر یک بنگاه، سرمایه انسانی زیادی داشته باشد، هزینه زیست‌محیطی کمتر خواهد بود. بنو و

1. Desha, Robinson & Sproul (2015)
2. Gelegenis & Harris (2014)
3. Pablo Romero & Sánchez-Braza (2015)
4. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)
5. North American Free Trade Agreement (NAFTA)
6. BRIC
7. Gradus & Smulders (1993)
8. Dasgupta, Hettige & Wheeler (2000)
9. Hartman & Kwon (2005)
10. Manderson & Kneller (2012)

همکاران[1] (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[2] و الگوی تصحیح خطای برداری[3] پرداختند. نتایج نشان می‌دهد بهبود سرمایه انسانی از طریق آموزش به کاهش انتشار کربن در بلندمدت می‌شود که به سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا استراتژی جامعی برای کاهش انتشار کربن از طریق بهبود سرمایه انسانی طراحی کنند. رحمان، نپال و آلم[4] (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 صنعتی‌شده[5] پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که در بلندمدت، رشد اقتصادی و سرمایه انسانی کیفیت زیست‌محیطی را ارتقا می‌دهد؛ مصرف انرژی و صادرات، کیفیت زیست‌محیطی را بدتر می‌کند. همچنین فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس[6] برای این کشورها تأیید نشد.

۳. مبانی نظری

سرمایه انسانی یکی از عوامل ورودی ضروری است که در فرآیند تولید برای ایجاد ارزش افزوده به‌کار گرفته می‌شود (بارو[7]، ۱۹۹۱؛ فانگ و چانگ[8]، ۲۰۱۶ و منکیو و همکاران[9]، ۱۹۹۲). تحصیلات، دانش، آموزش، مهارت‌ها، تجربه کاری و شایستگی در چهارچوب سرمایه انسانی گنجانده شده است. سرمایه انسانی را می‌توان به سه بخش طبقه‌بندی کرد: (۱) سرمایه انسانی عمومی که به‌عنوان موجودی 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 و (۳) سرمایه انسانی ویژه کار که شامل آموزش، تجربه، مهارت‌ها و دانش مربوط به وظیفه است (کای مینگ او، آلتمن و راسل[10]، 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 می کنند که افزایش دائمی یکباره در موجودی سرمایه انسانی منجر به افزایش یکباره 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.

1. Bano et al. (2018)
2. The autoregressive distributed lag model (ARDL)
3. The vector error correction model (VECM)
4. Rahman, Nepal & Alam (2021)
5. Newly industrialized country (NIC)
6. Environmental Kuznets Curve (EKC)
7. Barro (1991)
8. Fang & Chang (2016)
9. Mankiw, Romer & Weil (1992)
10. Kai Ming Au, Altman & Roussel (2008)

افزایش یکباره سرمایه انسانی باعث افزایش یکباره تولید در مورد (الف) و افزایش دائمی رشد در مورد (ب) می شود. بنابراین، مزایای اجتماعی آموزش در مورد دوم بسیار بیشتر است (سیانسی و ون رینن[۱]، 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 درنتیجه رشد را ارتقا می‌دهد (هانوشک و ووسمان[۲]، ۲۰۰۸).

در حوزه زیست‌محیطی، بهبود سرمایه انسانی می‌تواند استفاده از سوخت فسیلی در فرآیند تولید را کاهش دهد (یانگ و همکاران[۳]، ۲۰۱۶). 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 درنتیجه 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[۴]، ۲۰۰۹). سرمایه انسانی نه‌تنها 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[۵]، ۲۰۱۴).

محققان مختلفی تأثیر سرمایه انسانی بر رشد یا کیفیت زیست‌محیطی 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 ثبت‌نام آموزشی، پیشرفت تحصیلی، میانگین تعداد سال تحصیلی و مخارج آموزشی عمومی است (بنوس و زوتو، ۲۰۱۴؛ برادستاک و همکاران، ۲۰۱۶؛ کوهن و سوتو[۶]، ۲۰۰۷؛ فانگ و چانگ، ۲۰۱۶؛ هی و رینر، ۲۰۱۶؛ کروگر و لیندال[۷]، ۲۰۰۱ و وانگ و یائو،[۸] ۲۰۰۳). این مطالعه مخارج آموزشی عمومی را به‌عنوان شاخص سرمایه انسانی در نظر گرفته است. یکی از مهم‌ترین توجیه‌های اقتصادی مخارج آموزش عمومی (صرف‌نظر از اندازه نسبی آن) این است که سرمایه انسانی آثار خارجی ایجاد می‌کند. به عبارت دیگر، بازدهی یک عامل سرمایه انسانی به‌طور مثبت تحت تأثیر

1. Sianesi & Van Reenen (2003)
2. Hanushek & Woessmann (2008)
3. Yang, Wang & Shi (2016)
4. Kwon (2009)
5. Rist (2014)
6. Cohen & Soto (2007)
7. Krueger & Lindahl (2001)
8. Wang & Yao (2003)

سرمایه انسانی سایر عوامل در جامعه است. از این‌رو، تصمیم‌گیری غیرمتمرکز منجر به نرخ رشد سرمایه انسانی پایین می‌شود (رومر[۱]، ۱۹۸۶؛ لوکاس[۲]، ۱۹۸۸؛ آنجلوپلوس و همکاران[۳]۲۰۰۹؛ آذریادیس و درازن[۴]، ۱۹۹۰؛ تامورا[۵]، ۱۹۹۱).

۴. توصیف الگو

هسته اصلی الگوی پژوهش حاضر برگرفته از مطالعات آنجلوپلوس و همکاران (۲۰۰۹)، آذریادیس و درازن (۱۹۹۰) و تامورا (۱۹۹۱) و الگوسازی مخارج آموزش عمومی براساس مطالعات سو (۲۰۰۴) و بلنکوا (۲۰۰۵) انجام شده است. همچنین کیفیت زیست‌محیطی براساس مطالعه لی و پنگ[۶] (۲۰۲۰) و یو و همکاران[۷] (۲۰۲۱) الگوسازی شده است.

۴ – ۱. خانوارها

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

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ lnC_t + \psi_m \, ln\left(\frac{M_t}{P_t}\right) + \psi_q QE_t - \psi_n N_t \right\}, \qquad (۱)$$

که در آن، E_0 ارزش انتظاری عملگر، C_t مصرف حقیقی خانوار، M_t مانده‌های اسمی پول، P_t سطح عمومی قیمت‌ها، QE_t کیفیت زیست‌محیطی و N_t ساعات کار در دوره t است. $0 < \beta < 1$ عامل تنزیل تابع مطلوبیت، ψ_m کشش بهره‌ای تقاضای پول و ψ_q پارامتر ضریب کیفیت زیست‌محیطی و ψ_n پارامتر عدم مطلوبیت عرضه کار در تابع مطلوبیت خانوار است.

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

$$N_t + Ed_t + L_t = 1 \qquad (۲)$$

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 δ^h مستهلک می‌شود و برای حفظ آن، بایستی در آن سرمایه‌گذاری I_t^h انجام شود. معادله حرکت سرمایه انسانی به‌صورت ذیل است:

$$H_{t+1} = [I_t^h + (1 - \delta^h) H_t] \qquad (۳)$$

1. Romer (1986)
2. Lucas (1988)
3. Angelopoulos, Malley & Philippopoulos (2009)
4. Azariadis & Drazen (1990)
5. Tamura (1991)
6. Li & Peng (2020)
7. Xu, Xiao, Khiewngamdee & Lin (2021)

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

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

که در آن، $Ed_t.H_t$ 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، ϕ بهره‌وری سرمایه انسانی خانوار، ζ بهره‌وری مخارج آموزش خصوصی، η بهره‌وری سرمایه انسانی کل اقتصاد، υ بهره‌وری مخارج آموزش عمومی و B پارامتر مقیاس ثابت است.

درنهایت، هر خانوار در سرمایه فیزیکی، سرمایه‌گذاری کرده و به‌عنوان صاحب سرمایه، درآمد حقیقی بهره‌ای $\frac{R_t^k}{P_t}.k_t$ 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 به‌صورت سود سهام دریافت می‌کنند. 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 به‌صورت مانده حقیقی پول نگهداری می‌کند. سرمایه اقتصاد با توجه به سرمایه‌گذاری فیزیکی خانوار و نرخ استهلاک سرمایه فیزیکی، تعدیل می‌یابد:

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

در رابطه (۵)، I_t^k سرمایه‌گذاری فیزیکی، δ^k نرخ استهلاک سرمایه فیزیکی و z پارامتر هزینه تعدیل سرمایه‌گذاری است. هر خانوار با محدودیت بودجه ذیل مواجه است:

$$W_t.N_t.H_t + R_t^k.K_t + M_{t-1} + P_tD_t - P_tC_t - P_tX_t^h - P_t.I_t^k - M_t - W_t.Ed_t \geq 0 \quad (۶)$$

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

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

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 λ_t، μ_t و Q_t به ترتیب ضریب لاگرانژ مربوط به این سه قید باشد و همچنین تعریف نسبت ${}^{Q_t}/_{\lambda_t}$ به‌عنوان q توبین، شرایط مرتبه اول استخراج می‌شود:

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

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

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

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

$$m_t: \quad \left({1}/{C_t} \right) = \left({\psi_m}/{m_t} \right) + \beta E_t \left({1}/{C_{t+1}} \right) \left({1}/{\pi_{t+1}} \right) \tag{۱۲}$$

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

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

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

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 به‌صورت ذیل است:

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

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

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

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

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

شرایط مرتبه اول بنگاه به صورت ذیل است:

$$r_t^k = \alpha \left({Y_t}/{K_t} \right) \tag{۱۹}$$

$$w_t = (1-\alpha) \left({Y_t}/{N_t . H_t} \right) \tag{۲۰}$$

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، نیروی‌کار را استخدام می‌کند. درنهایت، 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.

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

دولت در هر دوره مقداری برون‌زا از منابع را مصرف می‌کند. مخارج دولت از طریق چاپ پول[1] و مالیات تأمین می‌شود. بنابراین، محدودیت پویای بودجه دولت به شرح زیر است:

$$P_tG_t + P_tX_t^g = P_t.T_t + M_t - M_{t-1} \quad (۲۱)$$

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

$$G_t + X_t^g = T_t + m_t - {m_{t-1}}/{\Pi_t} \quad (۲۲)$$

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

$$ln\left(\frac{G_t}{\bar{G}}\right) = \rho_g\, ln\left(\frac{G_{t-1}}{\bar{G}}\right) + \varepsilon_t^g \;, \quad \varepsilon_t^G \sim N(0.\sigma_G^2) \quad (۲۳)$$

در رابطه (۲۳)، $\bar{G} > 0$ سطح وضعیت باثبات فرآیند مخارج عمومی، $0 < \rho_g < 1$ پارامتر ماندگاری خودتوضیح مرتبه اول و ε_t^g تکانه‌های تصادفی به فرآیند مخارج عمومی هستند.

X_t^g مخارج آموزش عمومی از یک فرآیند خودتوضیح مرتبه اول پیروی می‌کند:

$$ln\left(\frac{X_t^g}{\overline{X^g}}\right) = \rho_{x^g} ln\left(\frac{X_{t-1}^g}{\overline{X^g}}\right) + \varepsilon_t^{x^g}, \quad \varepsilon_t^{x^g} \sim N(0, \sigma_x^2) \quad (۲۴)$$

در رابطه ۲۴، $\overline{X^g} > 0$ 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:

$$T_t = tr.Y_t + T_t^x \quad (۲۵)$$

$$ln\left(\frac{T_t^x}{\overline{T^x}}\right) = \rho_{t^x} ln\left(\frac{T_{t-1}^x}{\overline{T^x}}\right) + \varepsilon_t^{t^x}, \quad \varepsilon_t^{T^x} \sim N\left(0, \sigma_{T^x}^2\right) \quad (۲۶)$$

در این روابط، tr نرخ مالیات بر فروش بنگاه‌ها، $\overline{T^x} > 0$ سطح وضعیت باثبات فرآیند مالیات، ρ_{t^x} پارامتر ماندگاری خودتوضیح مرتبه اول و $\varepsilon_t^{t^x}$ تکانه‌های تصادفی به فرآیند مالیات هستند. $(-m_t$ ${m_{t-1}}/{\Pi_t}$) درآمد ناشی از چاپ پول است.

براساس کولی و هانسن[2] (۱۹۸۹)، عرضه پول (پایه پولی) با نرخ رشد مدیریت می‌شود:

$$\gamma_t = \frac{{M_t}/{P_t}}{{M_{t-1}}/{P_t}} = \frac{{M_t}/{P_t}}{{M_{t-1}}/{P_{t-1}}} \cdot \frac{P_t}{P_{t-1}} = \left({m_t}/{m_{t-1}}\right)\Pi_t \quad (۲۷)$$

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

$$ln\,\gamma_t = \rho_\gamma\, ln\left(\frac{\gamma_{t-1}}{\bar{\gamma}}\right) + \varepsilon_t^\gamma \;, \quad \varepsilon_t^\gamma \sim N\left(0.\sigma_\gamma^2\right) \quad (۲۸)$$

1. Seigniorage
2. Cooley & Hansen (1989)

در رابطه (۲۸)، $\bar{\gamma}$ سطح وضعیت باثبات نرخ رشد ناخالص عرضه پول، $0 < \rho_\gamma < 1$ پارامتر ماندگاری خودتوضیح مرتبه اول و ε_t^γ تکانه‌های تصادفی به نرخ رشد ناخالص عرضه پول هستند.

به پیروی از صیادی و خوش‌کلام خسروشاهی (۲۰۲۰)، درآمدهای نفتی از یک فرآیند خودتوضیح مرتبه اول پیروی می‌کند:

$$ln\left(\frac{O_t}{\bar{O}}\right) = \rho_g\, ln\left(\frac{O_{t-1}}{\bar{O}}\right) + \varepsilon_t^O \;, \quad \varepsilon_t^O \sim N(0.\sigma_O^2) \tag{۲۹}$$

در رابطه (۲۹)، $\bar{O}$ سطح وضعیت باثبات درآمدهای نفتی، $0 < \rho_O < 1$ پارامتر ماندگاری خودتوضیح مرتبه اول و ε_t^O تکانه‌های تصادفی به درآمدهای نفتی هستند.

کیفیت زیست‌محیطی براساس معادله ذیل تغییر می‌کند:

$$Qe_t = \rho_q Qe_{t-1} - \theta Y_t + \sigma H_t + \omega G_t \tag{۳۰}$$

در این رابطه، Qe کیفیت زیست محیطی، ρ_q پارامتر ماندگاری کیفیت زیست محیطی، θ شاخص شدت آلودگی، σ و ω به ترتیب اثربخشی سرمایه انسانی و مخارج عمومی بر کیفیت زیست‌محیطی هستند.

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

$$Y_t + O_t = C_t + X_t^h + I_t^k + G_t + X_t^g + w_t Ed_t = GDP_t \tag{۳۱}$$

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.

درنهایت، الگوی طراحی‌شده شامل ۲۶ متغیر و ۲۶ معادله است که با استفاده از روش اُهلیگ[1] (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[2] استفاده شده است. داده‌های متغیرهای قابل‌مشاهدهٔ الگو شامل داده‌های تعدیل‌شده فصلی تولید ناخالص داخلی، مصرف خصوصی، سرمایه‌گذاری، مخارج دولت و نرخ رشد ناخالص پول در دوره ۱۳۸۳:۰۱-۱۴۰۰:۰۲ است که با استفاده از فیلتر هدریک-پرسکات، روندزدایی شده‌اند. قبل از برآورد الگو، باید پارامترهایی که به‌صورت نسبت متغیرهای کلان اقتصادی هستند محاسبه شوند. بر این اساس، پارامترهایی را که می‌توان آن‌ها را براساس حل الگو در شرایط پایدار مقداردهی کرد، در جدول (۱) آمده است:

1. Uhlig (2001)
2. Random Walk Metropolis-Hastings algorithm

جدول ۱: مقدار پارامترهای الگو براساس شرایط پایدار

نسبت	توضیحات	مقدار
$\frac{C}{GDP}$	نسبت باثبات مصرف خصوصی به تولید کل	۴۳۰/
$\frac{X^h}{GDP}$	نسبت باثبات مخارج آموزش خصوصی به تولید کل	۰۱۷۰/
$\frac{I^k}{GDP}$	نسبت باثبات سرمایه‌گذاری خصوصی به تولید کل	۱۶۰/
$\frac{G}{GDP}$	نسبت باثبات مخارج دولتی به تولید کل	۱۶۴۰/
$\frac{X^g}{GDP}$	نسبت باثبات مخارج آموزش عمومی به تولید کل	۰/۰۳۳

(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).

جدول ۲: برآورد پارامترهای الگو

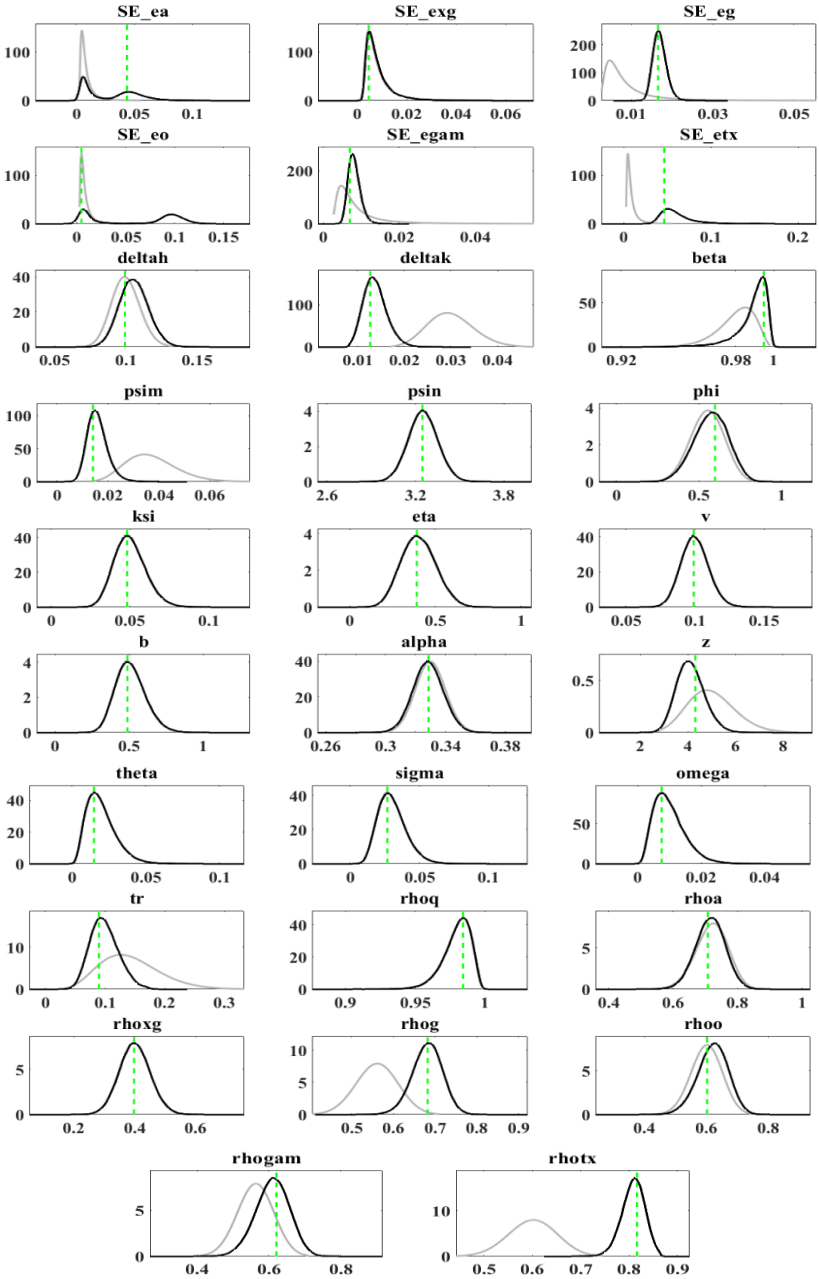
شاخص	میانگین پیشین	توزیع پیشین	منبع	میانگین پسین	فاصله بالاترین چگالی پسین
β	۰/۹۸	بتا	صالحیان بهروز و عرفانی (۱۳۹۷)	۰/۹۸۸	۰/۹۷۱ – ۰/۹۹۹
δ^h	۰/۱	بتا	تنظیم[۱]	۰/۱۰۵	۰/۰۸۶۱ – ۰/۱۲۵
δ^k	۰/۰۳	بتا	تنظیم	۰/۰۱۵	۰/۰۰۹ – ۰/۰۱۸
ψ_m	۰/۰۳۷	گاما	پاشازانوس و همکاران (۱۳۹۸)	۰/۰۱۵۸	۰/۰۰۸ – ۰/۰۲۳
ψ_n	۳/۲۵	گاما	پاشازانوس و همکاران (۱۳۹۸)	۳/۲۵	۳/۰۵۴ – ۳/۴۴۵
ϕ	۰/۵۵	بتا	آنجلوپلس و همکاران (۲۰۰۹)	۰/۵۷	۰/۳۷ – ۰/۷۶
ζ	۰/۰۵	بتا	آنجلوپلس و همکاران (۲۰۰۹)	۰/۰۴۹	۰/۳۱ – ۰/۶۹
η	۰/۴	بتا	آنجلوپلس و همکاران (۲۰۰۹)	۰/۴	۰/۲۰۹ – ۰/۵۹۵
ν	۰/۱	بتا	آنجلوپلس و همکاران (۲۰۰۹)	۰/۰۹۹	۰/۰۸ – ۰/۱۱

۱. این پارامتر به‌نحوی تنظیم شده است که علاوه بر تحقق مبانی نظری مربوط، بهترین خروجی از الگو استخراج شود.

شاخص	میانگین پیشین	توزیع پیشین	منبع	میانگین پسین	فاصله بالاترین چگالی پسین
B	۰/۵۰۷	گاما	آنجلوپلس و همکاران (۲۰۰۹)	۰/۵۰۷	۰/۳۱ – ۰/۷۰۷
α	۰/۳۳	بتا	تنظیم	۰/۳۲	۰/۳۰۸ – ۰/۳۴۸
z	۵	گاما	تنظیم	۴/۱	۳/۰۲ – ۵/۲۸
θ	۰/۰۲	گاما	تنظیم	۰/۰۱۹	۰/۰۰۳ – ۰/۰۳۹
σ	۰/۰۳	بتا	تنظیم	۰/۰۳۰۱	۰/۰۱۲ – ۰/۰۵
ω	۰/۰۱	بتا	رستم‌زاده و نصیرآبادی (۱۳۹۶)	۰/۰۱	۰/۰۰۱۸ – ۰/۰۱۹
tr	۰/۱۴۲	بتا	رافعی و همکاران (۱۳۹۳)	۰/۰۹۸	۰/۰۵۴ – ۰/۱۴۵
ρ_q	۰/۹۸	بتا	تنظیم	۰/۹۷	۰/۹۶ – ۰/۹۹
ρ_a	۰/۷۲	بتا	رحمانی و همکاران (۲۰۲۱)	۰/۷۱	۰/۶۲ – ۰/۸
ρ_{x^g}	۰/۴	بتا	رحمانی و همکاران (۲۰۲۱)	۰/۳۹	۰/۳۰۴ – ۰/۵۰۱
ρ_g	۰/۵۶	بتا	رحمانی و همکاران (۲۰۲۱)	۰/۶۸	۰/۶۰۸ – ۰/۷۴۸
ρ_o	۰/۶	بتا	رحمانی و همکاران (۲۰۲۱)	۰/۶۱	۰/۵۲ – ۰/۷۱
ρ_γ	۰/۵۶۲	بتا	رحمانی و همکاران (۲۰۲۱)	۰/۶۰۸	۰/۵۱۴ – ۰/۶۹۶
ρ_{t^x}	۰/۶	بتا	تنظیم	۰/۸	۰/۷۶ – ۰/۸۵
ε_t^a	۰/۰۱	معکوس گاما	——	۰/۰۲	۰/۰۰۲ – ۰/۰۶۶
$\varepsilon_t^{x^g}$	۰/۰۱	معکوس گاما	——	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲ – ۰/۰۱۸
ε_t^g	۰/۰۱	معکوس گاما	——	۰/۰۱۶	۰/۰۱۳ – ۰/۰۲
ε_t^o	۰/۰۱	معکوس گاما	——	۰/۰۵۷	۰/۰۰۲ – ۰/۱۱
ε_t^γ	۰/۰۱	معکوس گاما	——	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵ – ۰/۰۱۱
$\varepsilon_t^{t^x}$	۰/۰۱	معکوس گاما	——	۰/۰۵۹	۰/۰۳ – ۰/۰۹

(منبع: یافته‌های پژوهش)

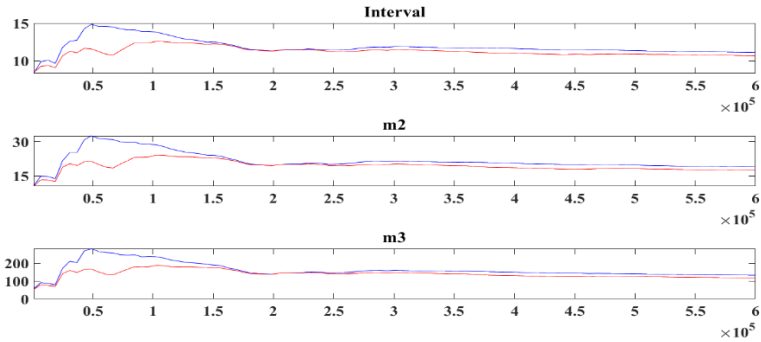
توزیع پیشین و توزیع پسین برآورد پارامترهای الگو در شکل (۲) آمده است:



شکل ۲: توزیع‌های پیشین و پسین شاخص‌های الگو

(منبع: یافته‌های پژوهش)

آزمون تشخیصی بروکز و گلمن[1] (۱۹۹۸) و زنجیره مارکوف مونت کارلو[2] نشان می‌دهد که تخمین پارامتر مناسب و قابل‌اعتماد است. این آزمون، سه شاخص، فاصله، گشتاور مرتبه دوم (m2) و گشتاور مرتبه سوم (m3) پارامترها را نشان می‌دهد. نتایج آزمون چندمتغیره بروکز و گلمن (۱۹۹۸) در شکل (۳) آمده است:



شکل ۳: آزمون تشخیصی چندمتغیره MCMC بروکز و گلمن

(منبع: یافته‌های پژوهش)

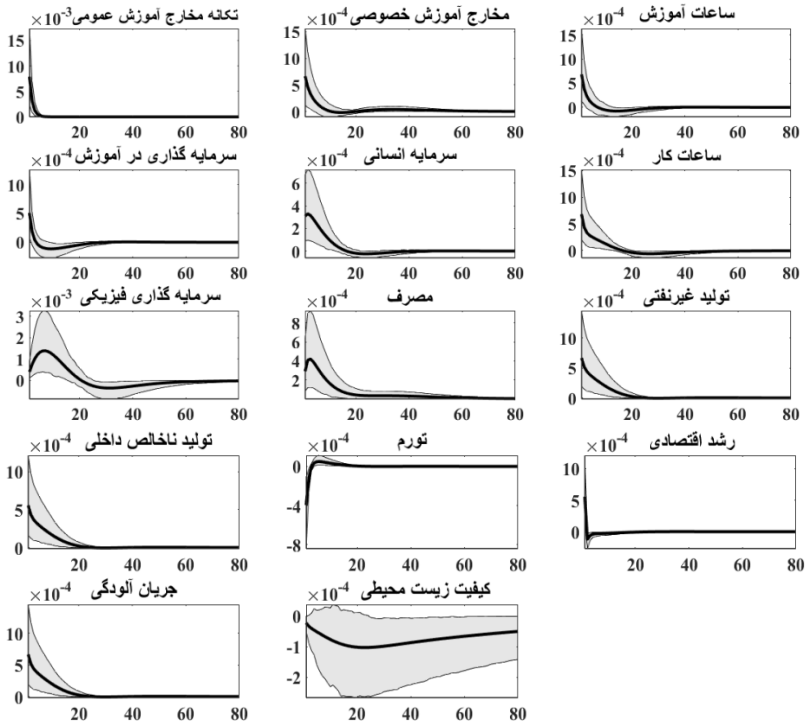
نتایج این آزمون حاکی از آن است که واریانس درون نمونه‌ای و بین نمونه‌ای همهٔ پارامترها درنهایت به هم همگرا شده‌اند. بنابراین، نتایج تخمین بیزی از دقت خوبی برخوردار است. همچنین نتایج آزمون تک متغیره بروکز و گلمن (۱۹۹۸) در پیوست آمده است.

۵ – ۲. توابع ضربه – واکنش[3] تکانه مخارج آموزش عمومی

شکل (۴) نشان‌دهندهٔ اثر تکانه مخارج آموزش عمومی بر متغیرهای کلان اقتصاد و کیفیت زیست‌محیطی 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. افزایش سرمایه انسانی، موجب افزایش تولید، رشد اقتصادی و کاهش تورم شده است. کاهش تورم، افزایش دستمزد حقیقی نیروی‌کار و درنهایت 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 نیروی‌کار و سرمایه در تابع تولید کاب داگلاس ناشی می‌شود. این موضوع سبب افزایش سرمایه‌گذاری فیزیکی می‌شود.

1. Brooks & Gelman (1998)
2. The Monte Carlo Markov Chain (MCMC) diagnostic test (1998)
3. The impulse-response functions (IRF)

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 زیست‌محیطی شده است.



شکل ۴: اثر تکانه مخارج آموزش عمومی بر شرایط اقتصاد و کیفیت زیست‌محیطی

(منبع: یافته‌های پژوهش)

۶. جمع‌بندی و پیشنهادها

با توجه به افزایش مشکلات و تخریب زیست‌محیطی در دو دهۀ اخیر، کشورها در تلاش برای رسیدگی به بحران‌های زیست‌محیطی و به‌طور هم‌زمان رشد اقتصادی هستند (منیر، لین و اسمیت،۲۰۲۰). اساساً اعتقاد بر این است که تخریب اکوسیستم‌های بسیاری از کشورها پیامد اقدامات انسانی ازجمله صنعتی‌شدن سریع، رشد جمعیت، گسترش فعالیت‌های اقتصادی، شهرنشینی و مصرف گسترده سوخت‌های فسیلی است (دستک و اصلان، ۲۰۲۰؛ اهیگیاموسوئه، گوپتان و لین، ۲۰۱۹). رابطۀ 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 گستردۀ آن در ارتقای کارایی انرژی و رشد اقتصادی، توسط کارگران ماهر در فرآیند تولید و ترجیح خانوارهای تحصیلکرده به استفاده از لوازم خانگی با کارایی انرژی بالا، محققان محدودی این عامل را در ادبیات موجود گنجانده‌اند (پاچائوری و جیانگ، ۲۰۰۸؛

دمورگر و فورنیر، ۲۰۱۱؛ برادستاک لی و ژانگ، ۲۰۱۶؛ هی و رینر، ۲۰۱۶). آموزش به‌عنوان یکی از مهم‌ترین سرمایه‌گذاری سرمایه انسانی به‌شمار می‌رود و نقشی حیاتی در روند رشد اقتصادی و کیفیت زیست‌محیطی ایفا می‌کند. نظر به اهمیت این موضوع، انگیزه پژوهش حاضر درک اثر مخارج آموزش عمومی بر رشد اقتصادی و کیفیت زیست‌محیطی 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 نیروی‌کار و درنهایت 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 آنجلوپلوس و همکاران (۲۰۰۹)، سو (۲۰۰۴) و بلنکوا (۲۰۰۵) هماهنگ و مشابه است. در بخش زیست‌محیطی، با افزایش سرمایه انسانی، رشد اقتصادی ارتقا یافته و این موضوع منجر به افزایش آلودگی هوا و کاهش کیفیت زیست‌محیطی شده است. نتایج این بخش از پژوهش با نتیجهٔ 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 زیست‌محیطی وجود ندارد و این موضوع، تأییدی بر قرار داشتن ایران در مراحل اولیه توسعه اقتصادی است. به‌عنوان توصیه سیاستی، علاوه بر توجه به آموزش و نقش آن در توسعه سرمایه انسانی به‌عنوان یک سرمایه‌گذاری بلندمدت، بایستی بهبود کیفیت نهادها مد نظر قرار گیرد.

تعارض منافع

نویسندگان هرگونه تعارض منافع در تحقیق را اعلام می‌کنند.

مشارکت نویسندگان

مقدمه و ادبیات موضوع توسط نویسندهٔ مسئول مقاله و نویسندهٔ دوم تنظیم شده است. بخش روش تحقیق و نتیجه‌گیری توسط همهٔ 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

Asadi, E., Zare, H., Ebrahimi, M. & Piraiee, Kh. (2018). Sentiment Shock and Stock Price Bubbles in a Dynamic Stochastic General Equilibrium Model Framework: The Case of Iran. *Iranian Journal Of Economic StudieS*, *7*(2), 115-150. SID. https://sid.ir/paper/661778/en

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

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. 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/jeem.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

Desha, C., Robinson, D., & Sproul, A. (2015). Working in partnership to develop engineering capability in energy efficiency. *Journal of Cleaner Production*, *106*, 283-291. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.099

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

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

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., Razi, D.H. & Rezaei, S. (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

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

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

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

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

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

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

Mohaghegh, Y., ZARE, H., & Ebrahimi, M. (2023). Investigating the Effects of Shock to the Public Education Expenditure on Economic Growth. Journal of Development and Capital. 9(2), 147-168. doi: 10.22103/jdc.2023.21892.1407

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.

Quarterly Journal of The Economic Research (Sustainable Growth and Development)
Original Research Article/ Vol.24, No.4, Winter 2024, pp: 1-27

Human Capital, Economic Growth and Environmental Quality with Special Emphasis on Public Education Expenditures: An Application of DSGE Models

Yahya Mohaghegh[1]
Hashem Zare[2]
Mehrzad Ebrahimi[3]

Received: 2023/10/29 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 (CO2) 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, 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

1. Ph.D. Student, Department of Economics, Faculty of Economics and Management, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran. E-mail: Yahya.Mohaghegh@ gmail.com
2. Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Management, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran. (Corresponding Author) E-mail: Hashem.zare@gmail.com
3. Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Management, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran. E-mail: Mhrzad@yahoo.com

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 to 2021.

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