

فصلنامه علمی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران

سال نهم، شماره ۳۴، تابستان ۱۳۹۹

صفحات: ۷۷-۱۰۷

DOI: 10.22084/aes.2020.20099.2940

(مقاله پژوهشی)

نقش سرمایه انسانی در رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلودگی زیست محیطی در راستای توسعه پایدار در ایران

سعید جعفری^۱

مرضیه اسفندیاری^{۲*}

مصیب پهلوانی^۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۳۱

چکیده

در این پژوهش نقش سرمایه انسانی در توسعه پایدار از طریق بررسی همزمان سه معادله‌ی رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار CO₂ با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم یافته (GMM) طی دوره زمانی ۲۰۱۴-۱۹۷۱ بررسی و تحلیل شده است. در همین راستا و با هدف بهبود تبیین مفهوم سرمایه انسانی در این الگوی معادلات همزمان از شاخص سرمایه انسانی مبتنی بر متوسط سال‌های تحصیل و بازدهی‌های آموزش استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که سرمایه انسانی در ایران به دلیل عدم توجه به آموزش‌های کاربردی، کیفیت آموزش و به کارگیری در موقعیت‌های شغلی نامتناسب با تحصیلات نه تنها منجر به افزایش رشد اقتصادی نشده است بلکه با اختلال در روند تخصیص بهینه منابع و اتلاف منابع، کاهش رشد اقتصادی را نیز به همراه داشته است. همچنین نتایج مؤید نقش سرمایه انسانی در کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش انتشار آلودگی از طریق گسترش فناوری‌های کارا و کاهنده انرژی است. از طرفی افزایش سرمایه‌گذاری سبب افزایش رشد اقتصادی در ایران شده است؛ اما در روند رشد و مصرف انرژی به ملاحظات زیست محیطی توجهی صورت نپذیرفته است. در نهایت نتایج نشان‌دهنده‌ی آن است که افزایش رانتهای نفتی در ایران در مقادیر پایین، سبب کاهش رشد اقتصادی شده است در حالی که در مقادیر بالا، افزایش رشد را به همراه داشته است؛ بنابراین علائمی از بروز پدیده "نفرین نفت" در ایران حداقل در مقادیر کم رانتهای نفتی وجود دارد.

کلید واژه‌ها: سرمایه انسانی، توسعه پایدار، رشد اقتصادی، مصرف انرژی، انتشار CO₂.

طبقه‌بندی JEL: Q01، Q41، Q56، Q44.

Email: saeid904@gmail.com

Email: m.esfandiari@eco.usb.ac.ir

Email: pahlavani@eco.usb.ac.ir

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه سیستان و بلوچستان

۲. استادیار گروه اقتصاد دانشگاه سیستان و بلوچستان (*نویسنده مسئول)

۳. دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه سیستان و بلوچستان.

۱. مقدمه

توسعه پایدار، توسعه اقتصادی است که نیازهای نسل فعلی را برآورده می‌کند بدون اینکه توانایی نسل‌های آینده را برای برآورده کردن نیازهایشان تحت تأثیر قرار دهد (بوسل^۱، ۱۹۹۹). توسعه پایدار اقتصادی که ابعاد زیست‌محیطی، مادی، بوم‌شناسی، اجتماعی، اقتصادی، قانونی، فرهنگی، سیاسی و روان‌شناختی را در برمی‌گیرد (بوسل، ۱۹۹۹) یک مفهوم کیفی است و شاخص‌های متنوعی نیز برای کمی کردن آن در ادبیات نظری و تجربی وجود دارد؛ اما در ادبیات توسعه، آنچه که به‌عنوان لازمه دستیابی به توسعه پایدار مطرح شده، رشد اقتصادی مداوم به همراه کمترین آسیب به محیط‌زیست و کمترین اتلاف منابع است. تداوم رشد اقتصادی یکی از عوامل اصلی توسعه اقتصادی به‌شمار می‌آید اما پایدار بودن این توسعه نیازمند توجه به ملاحظات زیست‌محیطی و استفاده بهینه از منابع است. در واقع در ادبیات توسعه پایدار، رشدی مطلوب تلقی می‌شود که با بهترین شکل استفاده از منابع طبیعی و کمترین تخریب محیط‌زیست و دیگر آسیب‌های بیوفیزیکی ناشی از رشد بیشتر (کمپ و گیبسون^۲، ۲۰۰۵) همراه باشد؛ بنابراین با شناسایی عواملی که در رشد مداوم اقتصادی و استفاده بهینه از منابع و محیط‌زیست نقش دارند، می‌توان به اهداف توسعه پایدار اقتصادی دست یافت.

براساس آمار بانک جهانی، تولید ناخالص داخلی حقیقی در ایران از ۶۵ میلیارد دلار در سال ۱۹۶۰ به ۵۶۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۷ رسیده است و در مجموع روندی صعودی را طی کرده است. این در حالی است که سرانه تولید ناخالص داخلی حقیقی پس از تجربه یک روند افزایشی با شیب تند طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۶ و یک روند کاهشی با شیب تند از سال ۱۹۷۶ تا ۱۹۸۸، به یک روند تقریباً باثبات صعودی با شیب ملایم پس از این دوره رسیده است. در سال ۱۹۸۸، سرانه GDP حقیقی ۳۶۴۰ دلار بوده است که این مقدار در سال ۲۰۱۷ به ۶۹۵۲ افزایش یافته است؛ اما رشد سرانه GDP حقیقی^۳ در ایران روندی نوسانی را تجربه کرده است. نوسانات رشد سرانه GDP حقیقی در ایران حتی با نادیده گرفتن کاهش ۳۰/۲ درصدی در سال ۱۹۸۰ و افزایش ۲۲/۱ درصدی آن در سال ۱۹۸۲، در دیگر سال‌ها نیز قابل‌توجه بوده است. کاهش ۸/۶ درصدی درآمد سرانه در سال ۲۰۱۲ و افزایش ۱۱/۹ درصدی آن در سال ۲۰۱۶ مؤید همین مطلب است. به‌طور کلی می‌توان گفت تولید ناخالص داخلی حقیقی در ایران روندی تقریباً صعودی را طی کرده است؛ همچنین سرانه تولید ناخالص داخلی حقیقی در ایران از سال ۱۹۸۸ به بعد روندی تقریباً صعودی با شیب ملایم را تجربه کرده است درحالی‌که رشد آن بسیار نوسانی بوده است.

1. Bossel

2. Kemp & Gibson

۳. در مطالعات معمولاً رشد سرانه تولید ناخالص داخلی حقیقی به‌عنوان شاخص رشد اقتصادی در نظر گرفته می‌شود.

براساس آمار بانک جهانی سرانه مصرف انرژی در ایران با طی یک روند تقریباً صعودی از ۵۶۷ کیلوگرم معادل نفت^۱ در سال ۱۹۷۱ به ۳۰۶۰ کیلوگرم معادل نفت در سال ۲۰۱۴ رسیده است. همچنین آمارهای بانک جهانی نشان‌دهنده آن است که شدت انرژی در ایران در گذر زمان به صورت نوسانی افزایش یافته است. این بدان معنا است که کارایی مصرف انرژی در طول زمان کاهش یافته است. از طرفی براساس آمار بانک جهانی، روند انتشار CO₂ و سرانه آن نیز در ایران صعودی بوده است. از طرفی سهم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران بسیار اندک بوده است و سوخت‌های فسیلی در تمام سال‌ها بیش از ۹۷ درصد از کل مصرف انرژی به خود اختصاص داده‌اند؛ بنابراین شواهد حاکی از آن است که در مصرف انرژی نه به کارایی انرژی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک توجهی صورت پذیرفته است و نه ملاحظات زیست‌محیطی مدنظر قرار گرفته است؛ اما سؤال اساسی اینجاست که چه متغیرهایی در به وجود آوردن این روند مؤثر بوده‌اند.

یکی از متغیرهایی که می‌تواند بر این روند مؤثر باشد سرمایه انسانی است که تمرکز اصلی این مقاله نیز بر نقش آن در رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلودگی زیست‌محیطی قرار دارد. شاخص سرمایه انسانی ارائه شده در FRED^۲ که یک شاخص ترکیبی و مبتنی بر متوسط سال‌های تحصیل و بازدهی آموزش است، با طی یک روند صعودی از ۱/۰۵ در سال ۱۹۵۵ به ۲/۴ در سال ۲۰۱۷ رسیده است. براساس آنچه بیان شد، این روند صعودی با افزایش مصرف سرانه انرژی، انتشار آلودگی بیشتر و رشد نوسانی سرانه تولید ناخالص داخلی حقیقی همراه بوده است؛ اما اینکه سرمایه انسانی در شکل‌گیری روندهای یادشده چه نقشی را ایفا کرده است، نیاز به بررسی بیشتری دارد.

ادبیات وسیعی پیرامون عوامل مؤثر بر توسعه پایدار شکل گرفته است و مطالعات مختلف، عوامل تأثیرگذار بر رشد، مصرف انرژی و انتشار آلودگی را به صورت جداگانه یا همزمان موردبررسی و مطالعه قرار داده‌اند (احمد و دو^۳، ۲۰۱۷؛ پاندی و راستوگی^۴، ۲۰۱۹؛ چرنی و جوینی^۵، ۲۰۱۷؛ میرزا و کانوال^۶، ۲۰۱۷؛ احمد^۷ و دیگران، ۲۰۱۹؛ کای^۸ و دیگران، ۲۰۱۸؛ آچیمپونگ^۹، ۲۰۱۸؛ وانگ^{۱۰} و دیگران، ۲۰۱۶؛

1. Kg of oil equivalent
2. Federal Reserve Bank of St. Louis
3. Ahmad & Du
4. Pandey & Rastogi
5. Cherni & Jouini
6. Mirza & Kanwal
7. Ahmad
8. Cai
9. Acheampong
10. Wang

لوکمن^۱ و دیگران، ۲۰۱۹؛ ایتو^۲، ۲۰۱۷؛ گوروس و آیدین^۳، ۲۰۱۸؛ محمد^۴، ۲۰۱۹؛ برهان^۵ و دیگران، ۲۰۱۲؛ روسیاوان^۶ و دیگران، ۲۰۱۵؛ مردانی^۷ و دیگران، ۲۰۱۹؛ میکائیلوف^۸ و دیگران، ۲۰۱۸؛ ازکان^۹ و دیگران، ۲۰۱۹؛ رونیوتی و کورونئوس^{۱۰}، ۲۰۱۷؛ اچ دوم^{۱۱}، ۲۰۱۹؛ پائو و چن^{۱۲}، ۲۰۱۸؛ حنیف^{۱۳} و دیگران، ۲۰۱۹؛ بوزنیت و رومرو^{۱۴}، ۲۰۱۶؛ وانگ و لی^{۱۵}، ۲۰۱۸؛ آنتوناکاکیس^{۱۶} و دیگران، ۲۰۱۷؛ بالسالوبره- لورنته^{۱۷} و دیگران، ۲۰۱۸؛ رضا^{۱۸} و دیگران، ۲۰۱۹؛ سیدی و حمای^{۱۹}، ۲۰۱۵؛ آدویی و اوودومی^{۲۰}، ۲۰۱۷؛ میرزا و کانوال^{۲۱}، ۲۰۱۷). براساس این مطالعات، عواملی چون مصرف انرژی، انتشار آلودگی و سرمایه انسانی می‌تواند بر رشد اقتصادی تأثیرگذار باشد. همچنین مصرف انرژی می‌تواند متأثر از رشد اقتصادی، انتشار آلودگی و سرمایه انسانی باشد. به همین ترتیب این مطالعات بر نقش رشد اقتصادی، مصرف انرژی و سرمایه انسانی در انتشار آلودگی و تخریب زیست‌محیطی تأکید داشته‌اند؛ بنابراین یکی از عواملی که براساس مطالعات مختلف می‌تواند رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار آلودگی را تحت تأثیر قرار دهد، سرمایه انسانی است.

تأثیر سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی پیشینه‌ای طولانی دارد. پس از آن‌که مدل ارائه شده توسط سولو^{۲۲} (۱۹۵۶) در بیان حقایق رشد درآمد سرانه کشورها، به‌صورت تجربی حمایت‌نشد وی با افزودن عامل "تغییر فنی"^{۲۳} به تابع تولید خود، عمده تفاوت رشد درآمد سرانه کشورها را ناشی از این عامل

-
1. Luqman
 2. Ito
 3. Gorus & Aydin
 4. Muhammad
 5. Borhan
 6. Rusiawan
 7. Mardani
 8. Mikayilov
 9. Ozcan
 10. Roinioti & Koroneos
 11. Hdom
 12. Pao & Chen
 13. Hanif
 14. Bouznit & Pablo-Romero
 15. Wang & Li
 16. Antonakakis
 17. Balsalobre-Lorente
 18. Raza
 19. Saidi & Hammami
 20. Adewuyi and Awodumi
 21. Mirza & Kanwal
 22. Solow (1956)
 23. Technical change

دانست (سولو، ۱۹۵۷). وی "تغییر فنی"^۱ را برونزا و دربردارنده‌ی عواملی چون بهبود آموزش نیروی کار می‌داند که سبب انتقال تابع تولید می‌شوند. نلسون و فلیس^۲ (۱۹۶۶) نشان دادند که سرمایه انسانی از کانال بهره‌وری، رشد اقتصادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد درحالی که منکیو^۳ و دیگران (۱۹۹۲) و بارو^۴ و دیگران (۱۹۹۵) استدلال کردند که سرمایه انسانی به‌عنوان یک عامل تولید در رشد اقتصادی نقش دارد. همچنین اقتصاددانانی چون لوکاس^۵ (۱۹۸۸) و رومر^۶ (۱۹۸۶؛ ۱۹۸۹؛ ۱۹۹۴) با تأکید بر نقش سرمایه انسانی در قالب مدل‌های رشد درون‌زای خود، تفاوت درآمد سرانه کشورها را به عوامل درون‌زا منتسب کردند. به موازات ادبیات نظری، پیشینه تجربی گسترده‌ای نیز پیرامون عوامل تأثیرگذار بر رشد اقتصادی کشورها شکل گرفته است. به‌عنوان نمونه بنوس و کاراجیانیس^۷ (۲۰۱۶) نقش سرمایه انسانی در بهره‌وری و در نتیجه رشد اقتصادی را با استفاده از داده‌های آماری سرمایه انسانی آموزشی برای یونان بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها زمانی که آموزش متوسطه بالا و آموزش دانشگاهی^۸ به‌عنوان سرمایه انسانی در نظر گرفته شدند، نشان‌دهنده‌ی وابستگی مثبت قوی سرمایه انسانی و بهره‌وری نیروی کار و زمانی که آموزش ابتدایی به‌عنوان شاخص سرمایه انسانی در نظر گرفته شد، حاکی از ارتباط منفی این دو است. آموزش متوسطه سطح پایین^۹ نیز هیچ ارتباطی را با بهره‌وری نشان نداد. به همین ترتیب بر اساس فلاحی و دیگران (۱۳۹۴)، شاخص‌های سرمایه انسانی در ایران سبب افزایش بهره‌وری کل عوامل و در نتیجه رشد اقتصادی می‌شود. همچنین لی و وانگ^{۱۰} (۲۰۱۸) با استفاده از داده‌های تابلویی استانی در چین به بررسی کانال‌های رشد سرمایه انسانی پرداختند. نتایج مطالعه‌ی آن‌ها تأییدکننده‌ی این است که انواع مختلف سرمایه انسانی، از کانال‌های مختلف، رشد اقتصادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ به این صورت که سرمایه انسانی پایه‌ای^{۱۱} از طریق کانال انباشت عوامل و سرمایه انسانی پیشرفته^{۱۲} از طریق کانال بهره‌وری فردی، رشد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج پژوهش برهان و دیگران (۲۰۱۶) نیز مؤید تأثیر مثبت سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی است. هر چند براساس بشیر^{۱۳} و دیگران (۲۰۱۹) سرمایه انسانی در کوتاه‌مدت و بلندمدت رشد اقتصادی را تحت تأثیر قرار

۱. این عامل در مطالعات تجربی تحت عنوان "بهره‌وری کل عوامل" در نظر گرفته می‌شود.

2. Nelson, R., & Phelps
3. Mankiw
4. Barro
5. Lucas
6. Romer
7. Benos and Karagiannis
8. Upper secondary and tertiary education
9. Lower secondary education
10. Li & Wang
11. Basic human capital
12. Advanced human capital
13. Bashir

نمی‌دهد. همچنین قریشی و علوی راد (۲۰۱۷) نشان دادند که یک علیت یک‌طرفه از مخارج سلامت به‌عنوان شاخص سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی وجود دارد. همچنین نتایج مطالعه آدویی و آوودومی (۲۰۱۷) نشان‌دهنده آن است که سرمایه انسانی در اکثر کشورهای غرب آفریقا نقشی در رشد اقتصادی نداشته است؛ هر چند شواهدی از تأثیر منفی قابل توجه و تأثیر مثبت سرمایه انسانی بر رشد نیز در برخی کشورها مشاهده شده است. همچنین نتایج پژوهش هنیوشک^۱ (۲۰۱۳) نشان‌دهنده آن است که کشورهای درحال توسعه هر چند از نظر کمیت مدارس تفاوت چشمگیری با کشورهای توسعه‌یافته ندارند اما تفاوت قابل توجهی بین کیفیت آموزش در کشورهای درحال توسعه و توسعه‌یافته وجود دارد. از این رو توجه به کمیت مدارس به‌جای کیفیت آن در کشورهای درحال توسعه سبب شده که دستیابی به رشد در این کشورها در بلندمدت با مشکل جدی مواجه شود.

همچنین برخی مطالعات تأثیر سرمایه انسانی در مصرف انرژی را موردبررسی و تحلیل قرار داده‌اند. براساس آدویی و آوودومی (۲۰۱۷) سرمایه انسانی در بیشتر کشورهای غرب آفریقا تأثیری بر مصرف انرژی‌های زیست‌توده نداشته است؛ هر چند شواهد اندکی از تأثیر مثبت و تأثیر منفی قابل توجه نیز در برخی از این کشورها مشاهده شده است. علاوه‌براین، سلیم^۲ و دیگران (۲۰۱۷) به بررسی رابطه‌ی پویای بین سرمایه انسانی و مصرف انرژی در چین پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان‌گر رابطه‌ی منفی و معنی‌دار مصرف انرژی و سرمایه انسانی در چین است؛ به این صورت که یک درصد افزایش در سرمایه انسانی سبب کاهش ۱۸ تا ۴۵ درصدی مصرف انرژی در این کشور شده است. همچنین براساس بونیک^۳ و پاپلر (۲۰۱۱) سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی با کمک به صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌تواند توسعه پایدار اقتصادی را به همراه داشته باشد. همچنین اکرم^۴ و دیگران (۲۰۱۹) نشان دادند که مصرف انرژی با افزایش سرمایه انسانی در هند کاهش یافته است. همچنین سرمایه انسانی سبب کاهش انواع مصرف انرژی به‌جز نفت در این کشور شده است. تأثیر سرمایه انسانی در انتشار آلودگی نیز در برخی مطالعات موردبررسی قرار گرفته است. بانو^۵ و دیگران (۲۰۱۸) به بررسی اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت سرمایه انسانی روی انتشار کربن در پاکستان طی سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۷۱ پرداختند. نتایج مطالعه‌ی آن‌ها وجود رابطه‌ی معنی‌دار بلندمدت بین سرمایه انسانی و انتشار کربن را نشان می‌دهد. همچنین نتایج آزمون علیت گرنجر نمایانگر وجود علیت دو طرفه بین سرمایه انسانی و انتشار کربن در بلندمدت و عدم علیت بین این دو در کوتاه‌مدت است. لی و اویانگ^۶ (۲۰۱۹) نیز نشان دادند که یک رابطه N معکوس بین سرمایه انسانی و انتشار کربن در چین وجود دارد. به این صورت که سرمایه

1. Hanushek
2. Salim
3. Bojnec & Papler
4. Akram
5. Bano
6. Li & Ouyang

انسانی ابتدا سبب کاهش شدت انتشار CO₂ در چین شده است و در کوتاه‌مدت مجدداً شدت انتشار را افزایش داده است و در نهایت در بلندمدت کاهش شدت انتشار را در پی داشته است.

هدف این مقاله، بررسی نقش سرمایه انسانی در دستیابی به اهداف توسعه پایدار از طریق بررسی تأثیر آن در رشد اقتصادی، مصرف انرژی و تخریب زیست‌محیطی در ایران طی دوره زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۴ است. عمده مطالعات این حوزه را می‌توان به دو گروه کلی تقسیم‌بندی کرد؛ گروه اول مطالعاتی که به بررسی علیت رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار آلودگی پرداخته‌اند. گروه دوم مطالعاتی که نقش متغیرهای تأثیرگذار بر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار آلودگی را به‌طور همزمان مورد بررسی قرار داده‌اند. این پژوهش از جنبه‌هایی با سایر پژوهش‌های انجام شده در این حوزه متفاوت است؛ اول آنکه این مطالعه به دنبال کشف روابط علی بین این متغیرها نیست؛ دوم آنکه این مطالعه علاوه بر بررسی نقش متغیرهای تأثیرگذار بر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار آلودگی، به‌طور ویژه بر نقش سرمایه انسانی در تحقق اهداف توسعه پایدار متمرکز است. در واقع این مطالعه به‌طور ویژه به دنبال آن است که بداند سرمایه انسانی چگونه در رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار آلودگی نقش داشته است. در این راستا برای کمی‌سازی مفهوم سرمایه انسانی از شاخص سرمایه انسانی مبتنی بر متوسط سال‌های تحصیل و بازدهی‌های آموزش استفاده می‌شود که برخلاف شاخص‌های تک‌بعدی مرسوم، علاوه بر بعد آموزش، بازدهی آن را نیز در نظر می‌گیرد و می‌تواند نمود واقعی‌تری را نسبت به شاخص‌های تک‌بعدی ارائه دهد. سوم آنکه در این مطالعه با توجه به نوسانات قیمت جهانی نفت و تأثیر آن بر عواید نفتی در ایران، نقش متغیر رانت‌های نفتی (تفاوت بین تولید نفت خام در قیمت جهانی و هزینه کل تولید آن) در رشد اقتصادی بررسی و تحلیل شده است. در بخش‌های بعدی پس از مقدمه به بیان مبانی نظری پرداخته خواهد شد و پس از آن با معرفی داده‌ها و مدل، برآورد و تفسیر نتایج و در پایان نتیجه‌گیری کلی ارائه خواهد شد.

۲. مبانی نظری

لازمه رسیدن به توسعه پایدار اقتصادی، رشد اقتصادی مداوم در تمام بخش‌های اقتصاد با در نظر گرفتن مخاطرات زیست‌محیطی و استفاده بهینه از منابع است. در گام اول برای رسیدن به رشد اقتصادی پایدار نیاز است تا نهاده‌هایی چون سرمایه، نیروی کار و انرژی به شیوه‌ای سازگار با محیط‌زیست با هم ترکیب شوند تا رشد پایداری را ایجاد کنند. براساس مطالعاتی چون بشیر و دیگران (۲۰۱۹)، آدویی و آوودومی (۲۰۱۷)، امری^۱ (۲۰۱۳) و جیان^۲ و دیگران (۲۰۱۹) بررسی عوامل مؤثر بر توسعه پایدار با ترکیب یک مدل رشد، تابع تقاضای انرژی و تابع تولید آلودگی امکان‌پذیر است؛ بنابراین می‌توان با بررسی جداگانه

1. Omri

2. Jian

عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی، تقاضای انرژی و آلودگی زیست‌محیطی و در نهایت ترکیب آن‌ها در قالب یک الگوی معادلات همزمان، نقش عوامل مؤثر بر توسعه پایدار را مورد بررسی قرار داد.

بر اساس ادبیات نظری مدل‌های رشد، عواملی چون نیروی کار و سرمایه به‌عنوان عوامل اصلی تولید می‌تواند در کنار عواملی چون سرمایه انسانی، مصرف انرژی و تمام عوامل دیگری که بهره‌وری عوامل تولید را افزایش می‌دهند، رشد اقتصادی یک جامعه را تحت تأثیر قرار دهد. هر چند در مورد نیروی کار و سرمایه به‌عنوان عوامل اصلی تولید یک توافق کلی وجود دارد اما در مورد مکانیسم تأثیرگذاری مصرف انرژی و سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی دیدگاه‌های متفاوتی وجود دارد. برخی ادعا می‌کنند که انرژی مکمل نیروی کار و سرمایه در تابع تولید است و برخی دیگر استدلال می‌کنند که انرژی را می‌توان جایگزین این عوامل کرد (ابوهون^۱، ۱۹۹۶)؛ اما در هر دو حالت انرژی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته تلقی می‌شود. هر چند بر اساس ابوهون (۱۹۹۶) محدودیت عرضه و چسبندگی‌های قیمتی در کشورهای در حال توسعه یک محدودیت جدی برای جانشینی انرژی و سایر عوامل است. در مورد کانال تأثیرگذاری سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی نیز دیدگاه‌های نظری و تجربی متفاوتی وجود دارد. بر اساس لی و وانگ (۲۰۱۸) سرمایه انسانی هم می‌تواند از کانال انباشت عوامل، رشد اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهد و به‌عنوان یک عامل تولید مجزا در تابع تولید قرار گیرد (منکیو و دیگران، ۱۹۹۲؛ بارو و دیگران، ۱۹۹۵) و هم می‌تواند از کانال بهره‌وری در رشد اقتصادی نقش داشته باشد (نلسون و فلیس، ۱۹۹۶). سرمایه انسانی از یک سو زمینه نوآوری در فرایند تولید را فراهم می‌کند و از سوی دیگر سرعت انطباق با تکنولوژی‌های موجود را افزایش می‌دهد و از این دو طریق سبب افزایش بهره‌وری کل عوامل، خلق ارزش افزوده و رشد اقتصادی می‌شود (کومار و کوبر، ۲۰۱۲؛ لی و وانگ، ۲۰۱۸؛ کوتتی و سولیس، ۲۰۱۶). از طرفی لوکاس (۱۹۸۸) و رومر (۱۹۸۶)؛ (۱۹۸۹؛ ۱۹۹۴) نقش سرمایه انسانی در رشد را به‌صورت نظری در قالب مدل‌های رشد درون‌زا مورد بررسی قرار دادند؛ بنابراین می‌توان تولید را به‌صورت تابعی از سرمایه فیزیکی (K)، نیروی کار (L)، سرمایه انسانی (H)، انرژی (E) و بهره‌وری کل عوامل (A) در نظر گرفت. بر اساس بسیاری از مطالعات تجربی، بهره‌وری کل عوامل می‌تواند تابعی از عوامل مختلف باشد. به‌عنوان نمونه بر اساس آدویی و آوودومی (۲۰۱۷) یکی از عواملی که انتظار می‌رود از طریق تأثیر منفی بر سلامتی افراد، بهره‌وری نیروی کار و در نتیجه رشد اقتصادی را کاهش دهد، آلودگی زیست‌محیطی است که در بیشتر مطالعات، سطح انتشار CO₂ به‌عنوان جایگزین آن استفاده شده است. تأثیر آلودگی زیست‌محیطی بر رشد اقتصادی در سایر مطالعات نظیر سیدی و حمامی (۲۰۱۵)، امری (۲۰۱۳)، بشیر و دیگران (۲۰۱۹)،

1. Ebohon
2. Kumar & Kober
3. Conti & Sulis

قریشی و علوی‌راد (۲۰۱۷) و جیان و دیگران (۲۰۱۹) نیز مورد تأکید قرار گرفته است. همچنین یکی دیگر از عواملی که به‌ویژه در کشورهای نفت‌خیز می‌تواند بهره‌وری کل عوامل را تحت تأثیر قرار دهد، رانتهای نفتی^۱ است (بادیب^۲ و دیگران، ۲۰۱۶؛ جرارد^۳، ۲۰۱۱؛ داسگوپتا^۴ و دیگران، ۲۰۰۲). براساس آوتی^۵ (۱۹۹۳) هر چند انتظار می‌رود رانتهای نفتی، افزایش رشد اقتصادی را به همراه داشته باشد اما مشاهدات تجربی حاکی از آن است که این عامل در کشورهای نفت‌خیز سبب کاهش رشد اقتصادی شده است. وی این پدیده را "نفرین منابع"^۶ نامید که از آن با عنوان "نفرین نفت"^۷ نیز یاد می‌شود. براساس مطالعه جرارد (۲۰۱۱) بیماری هلندی در کشورهای نفت‌خیز سبب سرمایه‌گذاری بیش‌ازحد در بخش منابع طبیعی می‌شود که این خود منجر به غفلت از سرمایه‌گذاری در بخش‌های بهره‌ورتری می‌شود که رشد بلندمدت را به دنبال دارند. همچنین پژوهش بادیب و دیگران (۲۰۱۶)، رانتهای نفتی ممکن است سبب غفلت از توسعه سرمایه انسانی در کشورهای وابسته به نفت شود که این خود بر بهره‌وری کل عوامل و در نتیجه رشد اقتصادی تأثیر منفی دارد؛ همچنین بر اساس مهرگان و سلمانی (۱۳۹۳)، نوسانات قیمت نفت یکی از علل رشد اقتصادی پایین در ایران است و با وجود این نوسانات دستیابی به رشد پایدار در ایران با چالش رو به رو می‌شود. بنابراین لحاظ کردن رانتهای نفتی در تابع تولید به‌منظور بررسی پدیده نفرین نفت در ایران به‌عنوان یک کشور نفت‌خیز ضروری به نظر می‌رسد؛ بنابراین بهره‌وری کل عوامل را می‌توان به‌صورت تابعی از انتشار CO2 و رانتهای نفتی (*Oil*) در نظر گرفت:

$$Y_t = A_t L_t K_t H_t E_t \quad (\text{الف-۱})$$

$$A_t = A(CO_2, Oil)$$

از ترکیب دو معادله بالا، مدل رشد به‌صورت زیر به دست می‌آید:

$$Y_t = L_t K_t H_t E_t CO_2 Oil_t \quad (\text{ب-۱})$$

همچنان که بیان شد پایداری رشد اقتصادی در گرو توجه ویژه به ملاحظات زیست‌محیطی است. به همین دلیل مطالعات بسیاری نقش عوامل مختلف را در تخریب زیست‌محیطی مورد بررسی قرار داده‌اند. یکی از مهم‌ترین عواملی که براساس مطالعات مختلف می‌تواند بر انتشار آلودگی در محیط‌زیست

-
1. Oil rents
 2. Badeeb
 3. Gerard
 4. Dasgupta
 5. Auty
 6. Resource Curse
 7. Oil Curse

نقش داشته باشد، سطح درآمد سرانه است. براساس گروسمن و کروگر^۱ (۱۹۹۱؛ ۱۹۹۵) رشد اقتصادی در مراحل اولیه توسعه و در سطوح پایین درآمدی تخریب بیشتر محیط‌زیست را به همراه دارد اما در ادامه با افزایش درآمد تمایل به پرداخت برای ارتقای کیفیت محیط‌زیست بیشتر می‌شود (فرضیه EKC). هر چند شواهدی وجود دارد که بعضاً کشورهای درحال توسعه نسبت به کشورهای ثروتمند در زمینه کنترل آلودگی بهتر عمل کرده‌اند و بنابراین احتمال منسوخ شدن فرضیه EKC کلاسیک وجود دارد (استرن^۲، ۲۰۰۴). براساس مطالعات تجربی نظیر ناروگلو و کانست^۳ (۲۰۱۸) و وینسنت^۴ (۱۹۹۷) شواهد اندکی از برقراری رابطه زیست‌محیطی کوزنتس در کشورهای درحال توسعه وجود دارد. همچنین براساس وحیده^۵ و دیگران (۲۰۱۹) نقش رشد اقتصادی در انتشار کربن در کشورهای درحال توسعه قابل توجه است؛ بنابراین براساس بسیاری از مطالعات چون محمود^۶ و دیگران (۲۰۱۹)، بشیر و دیگران (۲۰۱۹)، آدویی و آوودومی (۲۰۱۷) و جیان و دیگران (۲۰۱۹) سرانه انتشار CO₂ تابعی از سطح درآمد سرانه است.

همچنین براساس بسیاری از مطالعات انتظار می‌رود که مصرف انرژی نقش قابل توجهی در انتشار CO₂ داشته باشد (پاندی و راستوگی، ۲۰۱۹؛ حنیف و دیگران، ۲۰۱۹؛ محمد، ۲۰۱۹؛ ازکان و دیگران، ۲۰۱۹؛ روینیوتی و کورنتوس، ۲۰۱۷؛ رضا و دیگران، ۲۰۱۹؛ پوزنیت و رومرو، ۲۰۱۶؛ وانگ و دیگران، ۲۰۱۹). این امر به‌ویژه در کشورهایی که سهم استفاده از سوخت‌های فسیلی در آن‌ها بالا است، نمایان‌تر است (پائو و چن، ۲۰۱۸). همچنین براساس کای و دیگران (۲۰۱۸) و اچ دوم (۲۰۱۹) مصرف انرژی‌های پاک و انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند سبب کاهش انتشار CO₂ شود. از طرفی براساس بسیاری از مطالعات چون امری (۲۰۱۳)، آدویی و آوودومی (۲۰۱۷) و فطرس و دیگران (۱۳۹۰)، شهرنشینی می‌تواند نقش قابل توجهی در انتشار آلودگی داشته باشد.

بنابراین تابع تولید آلودگی برای توصیف انتشار کربن (CO₂) به سطح فعالیت‌های اقتصادی (Y_t)، مصرف انرژی (E)، نرخ جمعیت یا شهرنشینی (U_t) و همچنین بهره‌وری تکنولوژیکی (A) وابسته است (آدویی و آوودومی، ۲۰۱۷). یکی از عواملی که می‌تواند بر بهره‌وری تکنولوژیکی تأثیر داشته باشد درجه باز بودن تجاری (T_t) است؛ درجه باز بودن تجاری هم می‌تواند سبب افزایش بهره‌وری تکنولوژیکی شود و هم می‌تواند کاهش بهره‌وری را به همراه داشته باشد. به‌عنوان مثال براساس آدویی و آوودومی (۲۰۱۷)، اقتصادی با مبادلات تجاری بیشتر، می‌تواند دسترسی بیشتری به نهاده‌های خارجی پیشرفته یا نهاده‌هایی با کارایی انرژی بالا داشته باشد که این خود می‌تواند بهره‌وری تکنولوژیکی را

1. Grossman & Krueger
2. Stern
3. Nuroglu & Kunst
4. Vincent
5. Waheed
6. Mahmood

افزایش دهد. از سوی دیگر محمود و دیگران (۲۰۱۹) استدلال می‌کنند که انتقال فناوری ناشی از تجارت در کشورهای در حال توسعه به معنای انتقال فناوری‌های منسوخ است که نه تنها سازگار با محیط‌زیست نیستند و سبب افزایش آلودگی می‌شوند، بلکه مصرف انرژی بیشتری را نیز در پی دارند. از طرفی صنایع آلاینده در کشورهای توسعه یافته به دلیل عدم برخورداری از استانداردهای زیست‌محیطی به کشورهای در حال توسعه منتقل می‌شوند؛ بنابراین درجه باز بودن تجاری می‌تواند تأثیر مثبت یا منفی بر انتشار آلودگی داشته باشد.

$$CO2_t = A_t Y_t U_t E_t \quad (\text{الف-۲})$$

$$A_t = A(T_t)$$

از ترکیب دو معادله بالا، تابع تولید آلودگی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$CO2_t = Y_t E_t U_t T_t \quad (\text{ب-۲})$$

تقاضای کل انرژی - که شامل تقاضای انرژی بنگاه و خانوار است - نیز می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار گیرد (آدویی و آوودومی، ۲۰۱۷). تابع تقاضای استاندارد انرژی خانوار (E^{hd}) به عواملی نظیر سطح درآمد (Y)، قیمت انرژی (P) و نرخ رشد جمعیت یا شهرنشینی (U) مرتبط است. براساس سیدی و حمامی (۲۰۱۵)، امری (۲۰۱۳)، بشیر و دیگران (۲۰۱۹) و جیان (۲۰۱۹) رشد اقتصادی می‌تواند در مصرف انرژی نقش داشته باشد. براساس فرضیه حفاظت از منابع طبیعی^۱، رشد اقتصادی منجر به مصرف انرژی بیشتر می‌شود. در یک اقتصاد رو به رشد، درآمد حقیقی سرانه افزایش می‌یابد که این منجر به افزایش سطح تقاضای کل می‌شود. در نتیجه سطح فعالیت‌های اقتصادی که به مصرف انرژی بیشتری نیاز دارد، افزایش می‌یابد (آدویی و آوودومی، ۲۰۱۷). همچنین انتظار می‌رود که افزایش قیمت انرژی سبب کاهش تقاضای انرژی توسط خانوارها شود. از طرفی نرخ رشد شهرنشینی یا جمعیت نیز یکی از عوامل تأثیرگذار بر تقاضای انرژی است (امر، ۲۰۱۳؛ سیدی و حمامی، ۲۰۱۵؛ آدویی و آوودومی، ۲۰۱۷). به طور مشابه، تابع تقاضای انرژی بنگاه (E^{fd})، یک تابع تقاضای نهاده است که به درآمد یا سطح فعالیت‌های اقتصادی (Y)، سایر نهاده‌های مکمل مانند سرمایه فیزیکی (K)، نیروی کار (L)، توسعه سرمایه انسانی (H)، سرمایه مالی (F) و کارایی سیستم تولید (A) وابسته است (آدویی و آوودومی، ۲۰۱۷). براساس امری (۲۰۱۳)، سیدی و حمامی (۲۰۱۵) و آدویی و آوودومی (۲۰۱۷)، استخدام بیشتر نیروی کار و سرمایه به‌عنوان نهاده‌های اصلی تولید سبب می‌شود که نیاز بیشتری به انرژی به‌عنوان مکمل آن‌ها (ابوهون، ۱۹۹۶) وجود داشته باشد. همچنین براساس مطالعاتی چون سلیم و دیگران (۲۰۱۷)، آدویی و آوودومی (۲۰۱۷) و بشیر و دیگران (۲۰۱۹) سرمایه انسانی می‌تواند در

1. The conservation hypothesis

مصرف انرژی نقش داشته باشد. به عنوان نمونه براساس سلیم و دیگران (۲۰۱۷) سرمایه انسانی می تواند از طریق اثر درآمدی و اثر تکنولوژی روی مصرف انرژی تأثیر بگذارد؛ انباشت سرمایه انسانی ممکن است سبب افزایش رشد اقتصادی و به دنبال آن افزایش درآمد سرانه حقیقی و در نتیجه افزایش سطح تقاضای کل شود که این خود می تواند افزایش مصرف انرژی را به دنبال داشته باشد (اثر درآمدی). علاوه بر این انباشت سرمایه انسانی با تغییر تکنولوژی به یک تکنولوژی کارا، سبب کاهش مصرف انرژی در فرایند تولید می شود (آدوی و اوودومی، ۲۰۱۷). جدای از این دو اثر، اثر سوم که به پیوند بین سرمایه انسانی و مصرف انرژی مربوط است، به درجه جانشینی یا مکمل بودن سرمایه انسانی، سرمایه فیزیکی و نهاده های انرژی در تابع تولید مربوط است. اگر سرمایه انسانی و نهاده های انرژی قابلیت جانشینی در تابع تولید داشته باشند، انباشت بیشتر سرمایه انسانی - با فرض ثابت بودن سطح تولید - به طور مؤثری مصرف انرژی را کاهش می دهد و عکس این قضیه در حالتی اتفاق می افتد که نهاده ها مکمل باشند (سلیم و دیگران، ۲۰۱۷). همچنان که بیان شد، ابوهون (۱۹۹۶) استدلال می کند که در کشورهای درحال توسعه، انرژی و سایر نهاده ها مکمل یکدیگر هستند. همچنین براساس سیدی و حمامی (۲۰۱۵)، توسعه مالی سبب افزایش سرمایه گذاری می شود که این خود از طریق افزایش رشد اقتصادی سبب افزایش مصرف انرژی می شود. از طرفی براساس آدوی و اوودومی (۲۰۱۷)، توسعه مالی فرایند انباشت سرمایه و تأمین مالی انرژی را برای بنگاه تسهیل می کند. همچنین براساس امری (۲۰۱۳)، توسعه مالی سبب گسترش فعالیت های اقتصادی می شود و از طریق دسترسی ارزان تر به منابع مالی، تقاضای انرژی را افزایش می دهد. همچنین دسترسی آسان تر به اعتبار، خرید خانه، خودرو و وسایل را تسهیل می کند و به مصرف انرژی می افزاید. همچنین براساس آدوی و اوودومی (۲۰۱۷)، یکی از عواملی که می تواند بر کارایی سیستم تولید (A) تأثیر بگذارد، میزان آلاینده های منابع انرژی به کاررفته در فرایند تولید است؛ به این صورت که تقاضا برای آن دسته از منابع انرژی که آلاینده های بیشتری دارند در صورتی که بتوان برای آن ها جایگزین های مقرون به صرفه ای پیدا کرد، ممکن است کاهش یابد. این امر بدان معنا است که اگر در تقاضای انرژی توسط یک بنگاه به ملاحظات زیست محیطی توجه شود، کارایی سیستم تولید - با افزایش استفاده از انرژی های پاک - بیشتر خواهد شد. نقش سرانه انتشار کربن در مصرف انرژی در مطالعات بسیاری نظیر سیدی و حمامی (۲۰۱۵)، بشیر و دیگران (۲۰۱۹)، جیان و دیگران (۲۰۱۹) و امری (۲۰۱۳) نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

$$E^{hd} = E(Y_t, P_t, U_t) \quad (۳)$$

$$E^{fd} = E(A_t, Y_t, K_t, L_t, H_t, F_t) \quad (۴-الف)$$

$$A = A(CO_2_t)$$

$$E^{fd} = E(Y_t, K_t, L_t, H_t, F_t, CO_2_t) \quad (۴-ب)$$

بنابراین معادله‌ی انرژی با عوامل تقاضای خانوار و بنگاه به صورت زیر است:

$$E^d = E(Y_t, P_t, U_t, K_t, L_t, H_t, F_t, CO2_t) \quad (۵)$$

بنابراین با توجه به مطالب مطرح شده، پیوند انرژی، رشد و آلودگی می‌تواند به صورت زیر در یک مدل معادلات همزمان توصیف شود:

$$Y_t = f(K_t, L_t, H_t, E_t, CO2_t, Oil_t) \quad (۶)$$

$$CO2_t = f(Y_t, U_t, E_t, T_t) \quad (۷)$$

$$E_t = f(Y_t, P_t, U_t, K_t, L_t, H_t, F_t, CO2_t) \quad (۸)$$

۳. معرفی داده‌ها و تصریح مدل

در این قسمت با توجه به ادبیات نظری مطرح شده در قسمت قبل، به معرفی مدل و داده‌های مربوطه پرداخته می‌شود. همچنان که بیان شد، درآمد سرانه، انتشار CO2 و مصرف انرژی به طور همزمان و درون‌زا با یکدیگر در ارتباط هستند. با توجه به معادلات (۶) تا (۸)، مدل معادلات همزمانی به شکل لگاریتمی برای تعیین رابطه بین متغیرهای مطرح شده معرفی می‌شود:

$$\ln(GDPPC_t) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(E_t) + \alpha_2 \ln(CO2PC_t) + \alpha_3 \ln(K_t) + \alpha_4 \ln(HC_t) + \alpha_5 \ln(Oil_t) + \pi_t \quad (۹)$$

$$\ln(E_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(GDPPC_t) + \beta_2 \ln(CO2PC_t) + \beta_3 \ln(K_t) + \beta_4 \ln(HC_t) + \beta_5 \ln(FD_t) + \beta_6 \ln(URB_t) + \varepsilon_t \quad (۱۰)$$

$$\ln(CO2PC_t) = \lambda_0 + \lambda_1 \ln(GDPPC_t) + \lambda_2 \ln(E_t) + \lambda_3 \ln(URB_t) + \lambda_4 \ln(TR_t) + \theta_t \quad (۱۱)$$

حال باید قابلیت شناسایی معادلات ۹ تا ۱۱ با استفاده از شروط درجه‌ای و رتبه‌ای مورد بررسی قرار گیرد. همچنان که مشخص است تعداد کل متغیرهای درون‌زای الگو (M) برابر ۳ است. تعداد کل متغیرهای برون‌زای الگو (K) نیز برابر ۶ است. جدول (۱) قابلیت شناسایی هر کدام از معادلات الگو را براساس شرط رتبه‌ای نشان می‌دهد. براساس این شرط باید تعداد کل متغیرهای برون‌زای خارج از هر معادله حداقل به اندازه تعداد متغیرهای درون‌زای هر معادله منهای یک باشد. همان‌طور که در جدول (۱) مشخص است، تمام معادلات سیستم، شرط رتبه‌ای را برآورده می‌کنند و بنابراین امکان محاسبه ضرایب فرم ساختاری با استفاده از ضرایب فرم خلاصه شده وجود دارد (سوری، ۱۳۹۲: ۶۳۵).

جدول ۱: بررسی قابلیت شناسایی با استفاده از شرط رتبه‌ای

متغیر	تعداد متغیرهای درونزا	تعداد متغیرهای برونزا	$(K-k) \geq (m-1)$	قابلیت شناسایی
کل سیستم	M=3	K=6	-	-
معادله رشد	m=3	k=3	3>2	بیش از حد مشخص
معادله مصرف انرژی	m=3	k=4	2=2	دقیقاً مشخص
معادله انتشار آلودگی	m=3	k=2	4>2	بیش از حد مشخص

منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس شرط درجه‌ای در جدول (۲)، در هر کدام از معادلات، حداقل یک ماتریس $(M-1) \times (M-1)$ از ضرایب خارج از آن معادله وجود دارد که دترمینان غیر صفر دارد. در واقع حداقل یک ماتریس 2×2 از ضرایب خارج از هر معادله می‌توان یافت که دترمینان غیر صفر داشته باشد؛ بنابراین شرط درجه‌ای در مورد هر یک از معادلات وجود دارد.

جدول ۲: بررسی قابلیت شناسایی با استفاده از شرط درجه‌ای

شماره معادله	1	GDPPC _t	E _t	CO2PC _t	K _t	HC _t	Oil _t	FD _t	URB _t	TR _t
(۹)	α_0	1	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	0	0	0
(۱۰)	β_0	β_1	1	β_2	β_3	β_4	0	β_5	β_6	0
(۱۱)	λ_0	λ_1	λ_2	1	0	0	0	0	λ_3	λ_4

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، روابط ۹ تا ۱۱ یک سیستم معادلات همزمان شامل معادلات رشد اقتصادی، تقاضای انرژی و تابع انتشار CO₂ است. همچنان که بیان شد سرمایه انسانی هم به‌عنوان یک عامل تولید و هم از طریق تأثیر بر بهره‌وری کل عوامل می‌تواند رشد اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهد (لی و وانگ، ۲۰۱۸). همچنین سرمایه انسانی معمولاً از طریق تبدیل تکنولوژی‌های کهنه به یک تکنولوژی کارا که مصرف انرژی کمتری را به همراه دارد، در کاهش مصرف انرژی نقش دارد (سلیم و دیگران، ۲۰۱۷؛ آدویی و آوودومی، ۲۰۱۷). اکثر مطالعات داخلی و خارجی از شاخص‌هایی نظیر نرخ ثبت‌نام در مقاطع مختلف تحصیلی، متوسط سال‌های تحصیل، مخارج آموزشی، سرمایه‌گذاری در آموزش و مانند آن برای کمی‌سازی مفهوم سرمایه انسانی بهره برده‌اند که تمام این شاخص‌ها تک‌بعدی بوده و در آن به نقش بازار کار توجهی صورت نپذیرفته است. به‌تازگی نهادهایی نظیر مجمع جهانی اقتصاد و بانک جهانی به محاسبه و ارائه شاخص‌های جامع‌تری از مفهوم سرمایه انسانی پرداخته‌اند. با توجه به مفهوم کیفی سرمایه انسانی و ادبیات تجربی پیرامون آن، در این مقاله از شاخص سرمایه

انسانی مبتنی بر میانگین سال‌های تحصیل و بازدهی‌های تحصیل استفاده شده که توسط سایت تحقیق اقتصادی^۱ بانک فدرال رزرو سنت لوئیس^۲ محاسبه و ارائه شده است. توصیف هر یک از متغیرهای ارائه شده در مدل، در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳: معرفی و توصیف متغیرهای مدل

منبع	توصیف متغیر	متغیر	نماد متغیر
بانک جهانی	تولید ناخالص داخلی سرانه (دلار-به قیمت ثابت ۲۰۱۰)	تولید ناخالص داخلی سرانه	GDPPC _t
بانک جهانی	سرانه مصرف انرژی (کیلوگرم معادل نفت)	سرانه مصرف انرژی	E _t
بانک جهانی	سرانه انتشار CO ₂ (متریک تن)	سرانه انتشار کربن دی‌اکسید	CO2PC _t
سایت تحقیق اقتصادی بانک فدرال رزرو سنت لوئیس (FRED)	موجودی سرمایه (به قیمت‌های ثابت ملی)	موجودی سرمایه فیزیکی سرانه	K _t
بانک جهانی	رانت‌های نفتی (تفاوت درآمد حاصل از نفت خام منهای هزینه تولید آن) به صورت درصدی از تولید ناخالص داخلی (GDP)	رانت‌های نفتی	Oil _t
سایت تحقیق اقتصادی بانک فدرال رزرو سنت لوئیس (FRED) - فینسترا و دیگران ^۳ (۲۰۱۵)	شاخص سرمایه انسانی مبتنی بر متوسط سال‌های تحصیل و بازدهی‌های تحصیل	سرانه سرمایه انسانی	HC _t
بانک جهانی	اعتبارات داخلی اعطا شده به بخش خصوصی (به صورت درصدی از GDP)	توسعه مالی	FD _t
بانک جهانی	جمعیت شهری (به صورت درصدی از کل جمعیت)	نرخ شهرنشینی	URB _t
بانک جهانی	مجموع صادرات و واردات کالاها و خدمات (به صورت درصدی از GDP)	درجه باز بودن تجاری	TR _t

منبع: بانک جهانی، مجمع جهانی اقتصاد و یافته‌های پژوهش

۵. برآورد مدل و تفسیر نتایج

در این قسمت پس از بررسی مانایی متغیرها، مدل ارائه شده در قسمت قبل برآورد و تفسیر می‌شود. نتایج آزمون مانایی دیکی فولر تعمیم‌یافته با شکست ساختاری و بدون شکست ساختاری در جدول (۴)

1. Economic research
2. FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis
3. Feenstra, et al. (2015)

نشان می‌دهد که بیشتر متغیرها انباشته از درجه یک $I(1)$ هستند. هر چند براساس آزمون مانایی با لحاظ شکست ساختاری، متغیرهای موجودی سرمایه، سرمایه انسانی و شهرنشینی در سطح مانا هستند.

جدول ۴: نتایج آزمون مانایی

متغیر	بدون شکست ساختاری		با شکست ساختاری	
	سطح	تفاضل مرتبه اول	سطح	تفاضل مرتبه اول
GDPPC _t	-۲/۳ (۰/۱۷۵۸)	-۴/۵۷* (۰/۰۰۰۰)	-۳/۱۳ (۰/۶۰۹۲)	-۶/۰۸* (<۰/۰۱)
E _t	-۳/۳۳*** (۰/۰۷۵۴)	-۸/۳۴* (۰/۰۰۰۰)	-۳/۵۹ (۰/۳۳۴۴)	-۱۰/۲۸* (<۰/۰۱)
CO2PC _t	-۱/۲۲ (۰/۶۶۰۴)	-۶/۰۷* (۰/۰۰۰۰)	-۲/۵۵ (۰/۸۸۵۵)	-۷/۳۶* (<۰/۰۱)
K _t	-۳/۱۵** (۰/۰۲۸۱)	-	-۷/۳۶* (<۰/۰۱)	-
Oil _t	-۲/۸۱*** (۰/۰۶۵۱)	-	-۴/۱ (۰/۱۲۴۹)	-۸/۶۸* (<۰/۰۱)
HC _t	-۳/۷۷** (۰/۰۲۵۸)	-	-۵/۱۵* (<۰/۰۱)	-
FD _t	۱/۷۲ (۰/۹۷۸۱)	-۶/۵۵* (۰/۰۰۰۰)	-۴/۰۵ (۰/۱۴۰۳)	-۷/۷۴* (<۰/۰۱)
URB _t	-۳/۲۴** (۰/۰۲۳۷)	-	-۱۹/۶۴* (<۰/۰۱)	-
TR _t	-۲/۷۶*** (۰/۰۷۰۵)	-	-۴/۰۵ (۰/۱۴۰۷)	-۶/۴۴* (<۰/۰۱)

*، ** و *** به ترتیب نشان‌دهنده سطح معنی‌داری ۱٪، ۵٪ و ۱۰٪ است. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده P-Value است.

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به اینکه برخی متغیرها انباشته از درجه یک هستند، در این قسمت با استفاده از آماره‌های حداکثر مقدار ویژه و اثر، آزمون هم‌جمعی انجام می‌شود. نتایج آزمون هم‌جمعی در جدول (۵) ارائه شده است. براساس نتایج آزمون اثر، تعداد ۷ بردار هم‌انباشتگی و براساس نتایج آزمون حداکثر مقدار ویژه، تعداد ۴ بردار هم‌انباشتگی در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد بین متغیرهای مدل وجود دارد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هم‌انباشتگی بین متغیرها وجود دارد.

جدول ۵: نتایج مربوط به آزمون‌های حداکثر مقدار ویژه و اثر برای تعیین تعداد بردارهای هم‌انباشته

فرض صفر	فرض مقابل	آزمون حداکثر مقدار ویژه		آزمون اثر	
		آماره	مقادیر بحرانی در سطح ۰/۰۵	آماره	مقادیر بحرانی در سطح ۰/۰۵
$r=0$	$r=1$	۸۸/۶۱ (۰/۰۰۰۰)	۵۸/۴۳	۳۷۲/۲۵ (۰/۰۰۰۰)	۱۹۷/۳۷
$r \leq 1$	$r=2$	۷۹/۳۴ (۰/۰۰۰۰)	۵۲/۳۶	۲۸۳/۶۴ (۰/۰۰۰۰)	۱۵۹/۵۳
$r \leq 2$	$r=3$	۵۴/۹۵ (۰/۰۰۴۶)	۴۶/۲۳	۲۰۴/۴۰ (۰/۰۰۰۰)	۱۲۵/۶۲
$r \leq 3$	$r=4$	۵۱/۴۳ (۰/۰۰۱۸)	۴۰/۰۸	۱۴۹/۴۵ (۰/۰۰۰۰)	۹۵/۷۵
$r \leq 4$	$r=5$	۳۲/۸۴ (۰/۰۰۶۲)	۳۳/۸۸	۹۸/۰۲ (۰/۰۰۰۱)	۶۹/۸۲
$r \leq 5$	$r=6$	۲۹/۴۲ (۰/۰۰۲۸۷)	۲۷/۵۸	۶۵/۱۹ (۰/۰۰۰۵)	۴۷/۸۶
$r \leq 6$	$r=7$	۲۴/۰۹ (۰/۰۰۱۸۶)	۲۱/۱۳	۳۵/۷۷ (۰/۰۰۹۱)	۲۹/۸

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده P-Value است.

منبع: یافته‌های پژوهش

پس از انجام آزمون‌های لازم، در این بخش الگوی معادلات همزمان با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) برآورد و تجزیه و تحلیل خواهد شد. دلیل استفاده از این رویکرد، درون‌زایی نهفته در الگوی معادلات همزمان و اجتناب از مشکلات نقض فروض کلاسیک است. برای این منظور از وقفه و تفاضل متغیرها و همچنین اثر تعاملی متغیرها (حاصل ضرب دوجه‌دوی متغیرها) به‌عنوان متغیر ابزاری استفاده شده است. به‌علاوه در این پژوهش دو مدل برآورد شده است که تفاوت آن‌ها در معادله رشد است. در مدل دوم تغییرات موجودی سرمایه (سرمایه‌گذاری) جایگزین سطح این متغیر شده است؛ در واقع در مدل دوم فرض می‌شود که ممکن است افزایش سرمایه‌گذاری عامل رشد اقتصادی باشد نه افزایش موجودی سرمایه. همچنین در این مدل، علاوه بر رانت‌های نفتی، توان دوم این متغیر در مدل گنجانده شده است؛ چراکه ممکن است رانت‌های نفتی به‌صورت غیرخطی رشد اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهد. از طرفی لحاظ توان دوم رانت‌های نفتی مشکلی در شناسایی معادله رشد و سایر معادلات ایجاد نمی‌کند. نتایج حاصل از برآورد دو مدل در جدول (۶) ارائه شده است. از این‌رو در ادامه با توجه به نتایج برآورد، هر معادله با تأکید بر سرمایه انسانی به‌صورت جداگانه تفسیر می‌شود.

جدول ۶: نتایج برآورد الگوی معادلات همزمان

معادله	متغیر	مدل اول		مدل دوم	
		ضرایب	P-Value	ضرایب	P-Value
معادله رشد (متغیر وابسته: $GDPPC_t$)	C_{GDP}	۵/۲۴*	(۰/۰۰۰۱)	۵/۵۷*	(۰/۰۰۰۰)
	E_t	۰/۳۸*	(۰/۰۰۵۶)	۰/۳۹*	(۰/۰۰۰۱)
	$CO2PC_t$	۱/۸۲*	(۰/۰۰۰۰)	۱/۳۳*	(۰/۰۰۰۰)
	K_t	۰/۱۷	(۰/۳۷۴۹)	۱/۸۸*	(۰/۰۰۰۹)
	HC_t	-۳/۲۶*	(۰/۰۰۰۰)	-۲/۴۹*	(۰/۰۰۰۰)
	Oil_t	-۰/۱۱*	(۰/۰۰۰۰)	-۰/۵۶*	(۰/۰۰۰۰)
	$(Oil^2)_t$	-۰/۱۱*	(۰/۰۰۰۰)	-۰/۰۹*	(۰/۰۰۰۰)
معادله انتشار آلودگی (متغیر وابسته: $CO2PC_t$)	C_{CO2}	-۱۱/۵۷*	(۰/۰۰۰۰)	-۱۱/۴۲*	(۰/۰۰۰۰)
	$GDPPC_t$	۰/۶۶*	(۰/۰۰۰۰)	۰/۶۶*	(۰/۰۰۰۰)
	E_t	۰/۱۸*	(۰/۰۰۹۳)	۰/۲۱*	(۰/۰۱۲۴)
	URB_t	۱/۴۵*	(۰/۰۰۰۰)	۱/۳۷*	(۰/۰۰۰۰)
	TR_t	۰/۰۶*	(۰/۰۰۱۱)	۰/۰۶*	(۰/۰۰۰۶)
معادله مصرف انرژی (متغیر وابسته: E_t)	C_E	-۹/۰۳*	(۰/۰۰۰۰)	-۹*	(۰/۰۰۰۰)
	$GDPPC_t$	۰/۲۷*	(۰/۰۰۰۰)	۰/۲۶*	(۰/۰۰۰۰)
	$CO2PC_t$	۰/۰۹	(۰/۱۰۶۸)	۰/۰۸***	(۰/۰۵۲۴)
	K_t	-۰/۲۶*	(۰/۰۰۰۰)	-۰/۲۶*	(۰/۰۰۰۰)
	HC_t	-۰/۷۶*	(۰/۰۰۰۱)	-۰/۷۵*	(۰/۰۰۰۱)
	FD_t	۰/۰۰۸	(۰/۶۶۳۵)	۰/۰۰۹	(۰/۶۵۰۹)
	URB_t	۳/۶۹*	(۰/۰۰۰۰)	۳/۶۹*	(۰/۰۰۰۰)

*، ** و *** به ترتیب نشان‌دهنده سطح معنی‌داری ۱٪، ۵٪ و ۱۰٪ است.

منبع: یافته‌های پژوهش

۵-۱. عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی با تأکید بر سرمایه انسانی

نتایج برآورد معادله رشد نشان‌دهنده آن است که در هر دو مدل، متغیرهای مصرف انرژی و انتشار CO_2 تأثیر مثبت و معنی‌دار و متغیر سرمایه انسانی تأثیر منفی و معنی‌داری بر رشد اقتصادی داشته است. این در حالی است که موجودی سرمایه در مدل اول تأثیری بر رشد اقتصادی نداشته است در حالی که تغییرات آن (سرمایه‌گذاری) در مدل دوم تأثیر مثبت و معنی‌داری بر رشد داشته است. همچنین در مدل اول تأثیر خطی رانتهای نفتی بر رشد منفی و معنی‌دار بوده است در حالی که در مدل دوم ارتباط غیرخطی رانتهای نفتی و رشد اقتصادی تأیید شده است.

نتایج نشان‌دهنده آن است که سرانه سرمایه انسانی در ایران تأثیر منفی و معنی‌داری بر رشد درآمد سرانه داشته است؛ این نتیجه که هم راستا با نتایج آدویی و اوودومی (۲۰۱۷) در مورد برخی از کشورهای غرب آفریقا نیز هست، با شواهد آماری نیز مطابقت دارد. براساس آمار FRED، نوسانات رشد اقتصادی

در ایران تا حدود زیادی متأثر از نوسانات رشد بهره‌وری کل عوامل و مشابه آن است؛ به‌عنوان مثال کاهش ۲۴/۶ درصدی بهره‌وری کل عوامل در سال ۱۹۸۰ با کاهش ۳۰ درصدی درآمد سرانه در این سال همراه بوده است. همچنین افزایش ۲۲ درصدی رشد درآمد سرانه در سال‌های ۱۹۸۲ متأثر از رشد ۱۸ درصدی بهره‌وری کل عوامل در این سال بوده است. در سال‌های اخیر نیز کاهش ۸/۸ درصدی بهره‌وری کل عوامل در سال ۲۰۱۲ دلیل اصلی کاهش ۸/۶ درصدی رشد درآمد سرانه در این سال بوده است؛ بنابراین نظریه سولو (۱۹۵۷) مبنی بر اینکه عمده نوسانات رشد اقتصادی ناشی از نوسانات رشد بهره‌وری کل عوامل است، در مورد ایران صدق می‌کند. از طرفی همچنان که نلسون و فلیپس (۱۹۶۶) نیز بیان کردند، سرمایه انسانی از کانال بهره‌وری کل عوامل، رشد اقتصادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. براساس FRED، سرانه سرمایه انسانی در ایران با طی یک روند صعودی در گذر زمان، از ۱/۰۵ در سال ۱۹۵۵ به ۲/۴ در سال ۲۰۱۷ رسیده است. این در حالی است که بهره‌وری کل عوامل در ایران روندی نزولی را در گذر زمان تجربه کرده است به‌طوری‌که از ۴ در سال ۱۹۵۹ به حدود ۱/۱ در سال ۲۰۱۷ رسیده است؛ بنابراین می‌توان گفت روند صعودی سرمایه انسانی در کنار روند نزولی بهره‌وری کل عوامل و ارتباط تنگاتنگ بهره‌وری کل عوامل و رشد اقتصادی به گواه آمار، یکی از دلایل تأثیر منفی سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی است.

آمار بانک مرکزی نیز مؤید آن است که نقش نیروی کار متخصص و آموزش‌دیده در بازار کار ایران کم‌رنگ است. براساس آمار بانک مرکزی از بودجه خانوار در مناطق شهری در سال ۱۳۹۵، میزان افراد بی‌سواد جمعیت در سال ۱۳۹۵ معادل ۱۰/۸ درصد بوده که تنها ۴/۸ درصد از آن‌ها شاغل‌اند. همچنین ۲/۱ درصد از افراد جمعیت، سواد خواندن و نوشتن دارند و تنها ۱/۶ درصد از آن‌ها اشتغال به کار دارند. به‌علاوه از ۲۰/۶ درصد افراد دارای تحصیلات ابتدایی در جمعیت، تنها ۱۳/۴ درصد آن‌ها اشتغال به کار دارند. به همین ترتیب ۴۲/۷ درصد از جمعیت دارای تحصیلات راهنمایی و متوسطه هستند که ۴۷/۲ درصد از آن‌ها شاغل هستند. افراد دارای تحصیلات دانشگاهی نیز ۲۳/۸ درصد جمعیت را تشکیل می‌دهند که تنها ۳۳ درصد از آن‌ها شاغل‌اند؛ بنابراین ۴/۸ درصد از افراد بی‌سواد، ۱/۶ درصد از افراد دارای سواد خواندن و نوشتن، ۱۳/۴ درصد از افراد دارای تحصیلات ابتدایی، ۴۷/۲ درصد از افراد با تحصیلات راهنمایی و متوسطه (نزدیک به نیمی از آن‌ها) و ۳۳ درصد از افراد دارای تحصیلات دانشگاهی (حدود یک‌سوم آن‌ها) شاغل هستند. این آمار نشان می‌دهد که حدود یک‌سوم افراد دارای تحصیلات دانشگاهی دارای شغل هستند و دو سوم دیگر بیکار هستند. بیشترین گروه جمعیتی شاغل نیز مربوط به افراد با تحصیلات راهنمایی و متوسطه است که تقریباً نیمی از آن‌ها جذب بازار کار شده‌اند و نیمی از آن‌ها شاغل نیستند؛ بنابراین می‌توان گفت ساختار بازار کار در ایران در جذب افراد با تحصیلات بالا بسیار ضعیف عمل کرده است. از طرفی براساس لی و وانگ (۲۰۱۸)، نیروی کار با تحصیلات بالا از طریق بهره‌وری کل عوامل در رشد اقتصادی نقش دارد، چراکه نوآوری در فرایند تولید و انطباق

سریع‌تر با تکنولوژی‌های موجود و در نتیجه رشد بهره‌وری کل عوامل و رشد اقتصادی در گرو به‌کارگیری نیروی کار با تحصیلات بالا است؛ بنابراین سهم اندک نیروی کار متخصص در بازار کار به‌عنوان یکی از موانع رشد اقتصادی در ایران عمل می‌کند. از طرفی تمرکز بر کمیت آموزش به‌جای کیفیت آن (هنیوشک، ۲۰۱۳) و غفلت از آموزش‌های کاربردی و بازدهی آموزش از دیگر دلایل تأثیر منفی سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی است. نکته دیگر عدم تطابق تحصیلات و موقعیت شغلی است که این خود از یک‌سو بهره‌وری نیروی کار را کاهش می‌دهد و از سوی دیگر روند استفاده از عوامل تولید را مختل کرده و موجب اتلاف منابع می‌شود؛ بنابراین به‌کارگیری کمتر نیروی کار متخصص و غفلت از آموزش‌های کاربردی و بازده آموزش در کنار عدم تطابق تحصیلات و موقعیت شغلی می‌تواند از مهم‌ترین دلایل تأثیر منفی سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی در ایران باشد.

تأثیر مثبت مصرف انرژی بر رشد اقتصادی در ایران نیز مؤید فرضیه‌ی رشد است. مطابق فرضیه‌ی رشد، مصرف انرژی اثرات مستقیم و غیرمستقیمی بر رشد اقتصادی دارد. براساس آدویی و آوودومی (۲۰۱۷)، تقاضای بالا برای انرژی می‌تواند به‌طور مستقیم سبب افزایش سرمایه‌گذاری در بخش انرژی شده و از این طریق با خلق فرصت‌های اشتغال در این بخش، موجبات رشد اقتصادی را فراهم آورد. اثر غیرمستقیم مصرف انرژی نیز از نقش مکمل آن در تسهیل بهره‌وری نیروی کار و سرمایه در فرایند تولید ناشی می‌شود. همچنین براساس نتایج به‌دست‌آمده، افزایش انتشار CO₂ سبب افزایش رشد اقتصادی شده است. هر چند انتظار می‌رود افزایش انتشار آلودگی از طریق تأثیر منفی بر سلامتی افراد و در نتیجه بهره‌وری نیروی کار سبب کاهش رشد اقتصادی شود اما به نظر می‌رسد هزینه‌هایی که انتشار آلودگی و تخریب محیط‌زیست بر افراد و محیط‌زیست تحمیل کرده است از طریق افزایش مخارج درمانی و هزینه‌های جانبی انتشار آلودگی بر محیط‌زیست سبب افزایش تقاضای کل و در نتیجه افزایش رشد اقتصادی شده است. این یافته هم‌راستا با یافته‌های اعظم و دیگران (۲۰۱۶) در مورد چین، ژاپن و آمریکا و آدویی و آوودومی (۲۰۱۷) در مورد اکثر کشورهای غرب آفریقا است.

همچنین یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که رانت‌های نفتی در ایران با رشد اقتصادی ارتباط U شکل دارد؛ در واقع مقادیر کم رانت‌های نفتی در ایران - که ناشی از قیمت پایین نفت است - سبب کاهش رشد اقتصادی شده است؛ اما با افزایش قیمت نفت و در نتیجه افزایش رانت‌های نفتی، رشد اقتصادی به‌تدریج افزایش یافته است. این بدان معنا است که رشد اقتصادی در ایران به‌شدت به افزایش و کاهش رانت‌های نفتی وابسته است؛ از این‌رو می‌توان گفت اتکای بیش‌ازاندازه به عواید نفتی در ایران، رشد اقتصادی را به علت نوسانات زیاد قیمت نفت به خطر خواهد انداخت. در واقع سرمایه‌گذاری بیش‌ازحد در بخش‌های نفتی در دوران افزایش قیمت نفت سبب غفلت از سرمایه‌گذاری در

بخش‌های بهره‌ورتر محرک رشد بلندمدت (جرارد، ۲۰۱۱) و همچنین غفلت از توسعه سرمایه انسانی (بادیب و دیگران، ۲۰۱۶) خواهد شد. این امر سبب می‌شود که در هنگام کاهش قیمت نفت نتوان به سرعت منابع را به سمت سرمایه‌گذاری در بخش‌های محرک رشد هدایت کرد که این خود به معنی بروز پدیده‌ی "نفرین نفت" در ایران است. همچنین براساس مدل اول، سرانه موجود سرمایه تأثیر معنی‌داری بر رشد اقتصادی ندارد درحالی‌که در مدل دوم تغییرات آن (سرمایه‌گذاری) سبب افزایش قابل‌توجه رشد اقتصادی شده است. این بدان معنا است که افزایش سرمایه‌گذاری در ایران سبب رشد اقتصادی شده است و بنابراین رشد اقتصادی در ایران متأثر از افزایش سرمایه‌گذاری است نه افزایش موجودی سرمایه. در واقع رشد سرمایه‌گذاری عامل رشد اقتصادی در ایران است.

۲-۵. عوامل مؤثر بر مصرف انرژی با تأکید بر سرمایه انسانی

براساس معادله تقاضای انرژی در دو مدل، متغیرهای تولید ناخالص داخلی، شهرنشینی و موجودی سرمایه تأثیر مثبت و معنی‌دار و متغیر سرمایه انسانی تأثیر منفی و معنی‌داری بر تقاضای انرژی در ایران داشته است. همچنین توسعه مالی در هر دو مدل تأثیری بر مصرف انرژی در ایران نداشته است درحالی‌که انتشار CO₂ در مدل اول نقشی در مصرف انرژی نداشته است درحالی‌که در مدل دوم در سطح اطمینان ۹۰ درصد تأثیر مثبت بر تقاضای انرژی گذاشته است. نتایج نشان‌دهنده‌ی آن است که افزایش سرانه سرمایه انسانی سبب کاهش سرانه مصرف انرژی شده است. این یافته هم‌راستا با یافته‌های سلیم و دیگران (۲۰۱۷) در مورد چین است. همچنان که بیان شد این بدان معنی است که سرمایه انسانی از طریق آموزش، استفاده از منابع کارا تر انرژی و به‌کارگیری روش‌ها و ابزارهایی که کاهنده‌ی شدت انرژی هستند، توانسته تا حدودی در کاهش مصرف انرژی در ایران نقش داشته باشد. در واقع سرمایه انسانی از کانال تکنولوژی، مصرف انرژی را تحت تأثیر قرار داده است. براساس عبدلی و ورهرامی (۱۳۸۸)، بهبود تکنولوژی، نرخ رشد شدت مصرف انرژی را در بخش‌های صنعت و کشاورزی در ایران کاهش داده است. همچنین تولید و استفاده از ابزار و وسایل کاهنده‌ی مصرف انرژی نظیر لوازم الکتریکی کم‌مصرف در گذر زمان در ایران رشد قابل‌توجهی را تجربه کرده است؛ بنابراین می‌توان گفت تأثیر منفی سرمایه انسانی بر مصرف انرژی در ایران منطقی است.

افزایش درآمد سرانه نیز سبب افزایش سرانه مصرف انرژی در ایران شده است که این مؤید فرضیه حفاظت از منابع طبیعی است. در واقع افزایش تقاضای ناشی از افزایش درآمد سرانه حقیقی سبب افزایش مصرف انرژی شده است. همچنین یافته‌ها حاکی از آن است که افزایش انتشار سرانه CO₂ در مدل اول تأثیری در سرانه مصرف انرژی نداشته است درحالی‌که در مدل دوم سبب افزایش آن شده است. هر دوی این نتایج حاکی از آن است که در مصرف انرژی در ایران به ملاحظات زیست‌محیطی توجهی صورت نپذیرفته است. همچنین افزایش سرانه موجودی سرمایه سبب افزایش سرانه مصرف انرژی در ایران شده است. به‌عبارت‌دیگر افزایش به‌کارگیری سرمایه در فرایند تولید سبب افزایش مصرف انرژی

به‌عنوان مکمل آن (ابوهون، ۱۹۹۶) شده است. همچنین براساس یافته‌های پژوهش، شهرنشینی تأثیر قابل‌توجهی در مصرف انرژی در ایران داشته است. در واقع افزایش شهرنشینی سبب نیاز بیشتر به مصرف انرژی شده است. در نهایت افزایش اعتبارات اعطا شده به بخش خصوصی به‌عنوان شاخص توسعه مالی در ایران تأثیری در مصرف انرژی نداشته است. در واقع افزایش اعتبارات اعطا شده صرف تأمین مالی انرژی در ایران نشده است.

۳-۵. عوامل مؤثر بر انتشار آلودگی با تأکید بر سرمایه انسانی

نتایج حاصل از برآورد معادله آلودگی در دو مدل نشان‌دهنده تأثیر مثبت و معنی‌دار رشد اقتصادی، مصرف انرژی، شهرنشینی و درجه بازبودن تجاری بر انتشار آلودگی در ایران است؛ اما سرمایه انسانی به‌طور غیرمستقیم و از طریق تأثیر بر مصرف انرژی در انتشار آلودگی نقش داشته است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، مصرف انرژی در ایران همچنان که انتظار می‌رود تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار CO₂ داشته است. با توجه به اینکه عمده مصرف انرژی در ایران مربوط به سوخت‌های فسیلی با آلودگی بالا است، تأثیر مثبت مصرف انرژی بر انتشار آلودگی منطقی است. از طرفی همچنان که استدلال شد انباشت سرمایه انسانی در ایران از طریق افزایش استفاده از تکنولوژی‌های کاهنده انرژی و کم‌مصرف سبب کاهش مصرف انرژی شده است؛ بنابراین با توجه به تأثیر مثبت مصرف انرژی بر انتشار CO₂ می‌توان گفت که سرمایه انسانی در کاهش انتشار آلودگی در ایران نقش داشته است. به‌عبارت‌دیگر سرمایه انسانی از طریق به‌کارگیری تکنولوژی‌های کاهنده مصرف انرژی سبب کاهش انتشار آلودگی در ایران شده است. همچنین براساس نتایج، افزایش درآمد سرانه حقیقی در ایران با افزایش فعالیت‌های اقتصادی و در نتیجه افزایش انتشار CO₂ همراه بوده است. همچنین افزایش شهرنشینی همچنان که یافته‌های فطرس و دیگران (۱۳۹۰) نیز نشان می‌دهد، سبب افزایش انتشار CO₂ در ایران شده است. این یافته‌ها هم‌راستا با یافته‌های آدویی و آوودومی (۲۰۱۷) در مورد برخی کشورهای غرب آفریقا است. درجه باز بودن تجاری نیز تأثیر اندکی در انتشار CO₂ در ایران داشته است. به‌عبارت‌دیگر افزایش مبادلات تجاری در ایران تأثیر اندکی در افزایش انتشار آلودگی داشته است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش نقش سرمایه انسانی در توسعه پایدار اقتصادی از طریق بررسی همزمان سه معادله رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار CO₂ با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) طی دوره زمانی ۲۰۱۴-۱۹۷۱ بررسی و تحلیل شده است. در همین راستا از شاخص ترکیبی سرمایه انسانی مبتنی بر متوسط سال‌های تحصیل و بازدهی‌های آموزش استفاده شده است که در مقایسه با شاخص‌های تک‌بعدی رقیب، ابعاد واقعی‌تری از مفهوم سرمایه انسانی را ارائه می‌دهد. نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن است که سرمایه انسانی تأثیر منفی و معنی‌داری بر رشد اقتصادی در ایران داشته است. از دلایل

آماري اين امر مي‌توان به روند كاهشي بهره‌وري كل عوامل در ايران در مقابل روند صعودي سرمايه انساني اشاره كرد. در واقع افزايش سرمايه انساني در ايران با كاهش بهره‌وري كل عوامل در گذر زمان همراه بوده است كه اين خود به دليل ارتباط تنگاتنگ بهره‌وري كل عوامل با رشد اقتصادي در ايران مي‌تواند از مهم‌ترين دلايل آماري تأثير منفي سرمايه انساني بر رشد اقتصادي باشد. از سوي ديگر سهم اندك افراد با تحصيلات دانشگاهي در بازار كار به معني كاهش نيروي كار متخصص در فرايند توليد كالاها و ارائه خدمات است كه اين امر نوآوري در فرايند توليد را محدود مي‌كند. همچنين عدم تناسب تحصيلات با موقعيت شغلي نيروي كار، عدم توجه به آموزش‌هاي کاربردي و كيفيت آموزش و در نهايت عدم توجه به بازدهي آموزش سبب اخلاص در تخصيص بهينه منابع و روند استفاده از عوامل توليد شده است. مجموع اين عوامل از مهم‌ترين دلايل تأثير منفي سرمايه انساني بر رشد اقتصادي در ايران است. همچنين نتايج نشان‌دهنده‌ي آن است كه سرمايه انساني از طريق ايجاد و به‌كارگيري تكنولوژي‌هاي كارا و كهنده‌ي مصرف انرژي در ايران سبب كاهش مصرف انرژي و انتشار آلودگي شده است. همچنين نتايج مؤيد تأثير مثبت مصرف انرژي بر رشد اقتصادي (فرضيه رشد) و تأثير مثبت رشد اقتصادي بر مصرف انرژي (فرضيه حفاظت از منابع طبيعي) در ايران است. در واقع برقراري فرضيه رشد و فرضيه حفاظت از منابع طبيعي در ايران به معني برقراري فرضيه بازخوردي نيز هست. برقراري فرضيه بازخوردي نيز به معني ارتباط دو طرفه مصرف انرژي و رشد اقتصادي است. همچنين نتايج نشان‌دهنده‌ي آن است كه رشد اقتصادي در ايران به‌طور قابل توجهي متأثر از نوسانات رانته‌هاي نفتي است. به اين معني كه در هنگام كاهش قيمت نفت كه رانته‌هاي نفتي پايين است رشد اقتصادي با افزايش رانته‌هاي نفتي به تدريج كاهش يافته است و در هنگام افزايش قيمت نفت كه رانته‌هاي نفتي نيز بالا است، رشد اقتصادي به تدريج افزايش يافته است؛ بنابراین تأثير رانته‌هاي نفتي بر رشد اقتصادي در ايران L شكل است. در واقع هر چند افزايش رانته‌هاي نفتي در هنگام افزايش قيمت نفت رشد اقتصادي را در پي داشته است اما اتكاي بيش از اندازه به عوايد نفتي در ايران در دوران افزايش قيمت نفت، سبب غفلت از سرمايه‌گذاري در بخش‌هايي شده كه رشد بلندمدت اقتصادي را به همراه دارند؛ در نتيجه در هنگام كاهش قيمت نفت، رشد اقتصادي به مخاطره افتاده و كاهش يافته است. در واقع در هنگام كاهش رانته‌هاي نفتي در ايران علائم "نفرين نفت" مشاهده شده است. از طرفي افزايش سرمايه‌گذاري در ايران، رشد اقتصادي قابل توجهي را به دنبال داشته است و افزايش انتشار آلودگي نيز با افزايش رشد اقتصادي همراه بوده است. همچنين رشد اقتصادي در ايران با افزايش انتشار آلودگي همراه بوده است كه اين به معني عدم توجه به ملاحظات زيست‌محيطي در روند رشد اقتصادي است. از طرفي انتشار آلودگي تأثيري در مصرف انرژي در ايران نداشته است كه اين نيز به معني عدم توجه به ملاحظات زيست‌محيطي در مصرف انرژي است. همچنين افزايش به‌كارگيري سرمايه در فرايند توليد با افزايش مصرف انرژي همراه بوده است. افزايش شهرنشيني نيز سبب افزايش مصرف انرژي و انتشار آلودگي در

ایران شده است. در نهایت درجه بازبودن تجاری تأثیر اندکی بر انتشار آلودگی در ایران داشته است درحالی که توسعه مالی تأثیری در مصرف انرژی در ایران نداشته است. با توجه به نتایج به دست آمده می توان گفت توجه به کیفیت آموزش و آموزش های کاربردی در کنار به کارگیری بیشتر نیروی کار متخصص در موقعیت های شغلی مرتبط می تواند سبب توسعه و بهبود کیفیت سرمایه انسانی در دستیابی به رشد اقتصادی و توسعه پایدار در ایران شود. همچنین به کارگیری بیشتر سرمایه انسانی جهت توسعه فناوری های کارا و کاهنده ی مصرف انرژی می تواند در کاهش مصرف انرژی، گسترش انرژی های پاک و در نتیجه کاهش مخاطرات زیست محیطی که از مهم ترین مؤلفه های توسعه پایدار هستند، نقش قابل توجهی داشته باشد. همچنین به دلیل نوسانات قابل توجه قیمت جهانی نفت، کاهش وابستگی به رانت های نفتی در ایران ضروری به نظر می رسد. در این راستا توجه به توسعه کیفی سرمایه انسانی و همچنین وضع پایه های جدید مالیاتی به فعالیت های سوداگرانه نظیر مالیات بر عایدی سرمایه که در واقع جزیی از مالیات بر مجموع درآمد است، می تواند کاهش وابستگی به عواید نفتی را تسهیل و تسریع کند.

منابع

- سوری، علی. (۱۳۹۲). *اقتصادسنجی (پیشرفته)*، ج دوم، همراه با کاربرد Eviews8 و Stata 12. تهران: نشر فرهنگ شناسی.
- عبدلی، قهرمان و ورهرامی، ویدا. (۱۳۸۸). «بررسی اثر پیشرفت تکنولوژی بر صرفه‌جویی مصرف انرژی در بخش صنعت و کشاورزی با استفاده از تابع کاب داگلاس»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، دوره ششم، شماره ۲۳، ۳۳-۴۱.
- فطرس، محمدحسن؛ فردوسی، مهدی و مهریما، حسین. (۱۳۹۰). «بررسی تأثیر شدت انرژی و گسترش شهرنشینی بر تخریب محیط‌زیست در ایران (تحلیل هم‌جمعی)». *فصلنامه محیط‌شناسی*. دوره ۳۷، شماره ۶۰، ۲۲-۱۳.
- فلاحی، محمدعلی؛ جندقی‌میبدی، فرشته؛ اسکندری‌پور، زهره. (۱۳۹۴). «تأثیر ابعاد سرمایه انسانی بر بهره‌وری کل عوامل تولید در اقتصاد ایران». *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، دوره ۴، شماره ۱۶، ۱۰۶-۸۱.
- مهرگان، نادر؛ سلمانی، یونس. (۱۳۹۳). «نوسانات قیمتی نفت و رشد پایدار اقتصادی: مطالعه‌ی موردی ایران و ژاپن». *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، دوره ۳، شماره ۱۰، ۱۲۵-۱۰۷.
- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (۱۳۹۵). نتایج بررسی بودجه خانوار در مناطق شهری ایران. برگرفته از: www.cbi.ir/simplelist/1600.aspx
- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (۱۳۹۷). بانک اطلاعات سری زمانی. برگرفته از: www.cbi.ir/page/4275.aspx
- Acheampong, A. O. (2018). "Economic growth, CO2 emissions and energy consumption: What causes what and where?", *Energy Economics*, 74, 677-692.
- Adewuyi, A. O., Awodumi, O. B. (2017). "Biomass energy consumption, economic growth and carbon emissions: Fresh evidence from West Africa using a simultaneous equation model". *Energy*, 119, 453-471.
- Ahmad, M., Zhao, Z.-Y., Li, H. (2019). "Revealing stylized empirical interactions among construction sector, urbanization, energy consumption, economic growth and CO2 emissions in China". *Science of the Total Environment*, 657, 1085-1098.
- Ahmad, N., Du, L. (2017). "Effects of energy production and CO2 emissions on economic growth in Iran: ARDL approach". *Energy*, 123, 521-537.
- Akram, V., Jangam, B. P., Rath, B. N. (2019). "Does human capital matter for reduction in energy consumption in India?", *International Journal of Energy Sector Management*, 13(2), 359-376.
- Antonakakis, N., Chatziantoniou, I., Filis, G. (2017). "Energy consumption, CO2 emissions, and economic growth: An ethical dilemma". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 808-824.
- Auty, R.M. (1993). *Sustaining Development in Mineral Economies: The Resource Curse Thesis*. Routledge, London.
- Azam, M., Khan, A. Q., Abdullah, H. B., Qureshi, M. E. (2016). "The impact of CO2 emissions on economic growth: evidence from selected higher CO2 emissions economies". *Environmental Science and Pollution Research*, 23(7), 6376-6389.
- Badeeb, R. A., Lean, H. H., Smyth, R. (2016). "Oil curse and finance-growth nexus in Malaysia: The role of investment". *Energy Economics*, 57, 154-165.

- Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., Roubaud, D., Farhani, S. (2018). "How economic growth, renewable electricity and natural resources contribute to CO2 emissions?", *Energy Policy*, 113, 356-367.
- 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.
- Barro, Robert J., N. Gregory Mankiw, and Xavier Sala-I-Martin (1995) "Capital Mobility in Neoclassical Models of Growth", *American Economic Review*, 85(1), 103-115.
- Bashir, A., Thamrin, K. H., Farhan, M., Mukhlis, M., Dirta, P. A. (2019). "The causality between human capital, energy consumption, co2 emissions, and economic growth: empirical evidence from Indonesia". *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(2), 98-104.
- Benos, N., Karagiannis, S. (2016). "Do education quality and spillovers matter? Evidence on human capital and productivity in Greece". *Economic Modelling*, 54, 563-573.
- Bojnec, Š., Papler, D. (2011). "Economic efficiency, energy consumption and sustainable development". *Journal of Business Economics and Management*, 12(2), 353-374.
- Borhan, H., Ahmed, E. M., Hitam, M. (2012). "The impact of CO2 on economic growth in ASEAN 8", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 35, 389-397.
- Bossel, H. (1999). *Indicators for sustainable development: theory, method, applications*. International Institute for Sustainable Development Winnipeg.
- Bouznit, M., Pablo-Romero, M. del P. (2016). "CO2 emission and economic growth in Algeria". *Energy Policy*, 96, 93-104.
- Cai, Y., Sam, C. Y., Chang, T. (2018). "Nexus between clean energy consumption, economic growth and CO2 emissions". *Journal of Cleaner Production*, 182, 1001-1011.
- Cherni, A., Jouini, S. E. (2017). "An ARDL approach to the CO2 emissions, renewable energy and economic growth nexus: Tunisian evidence". *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(48), 29056-29066.
- Conti, M., Sulis, G. (2016). "Human capital, employment protection and growth in Europe". *Journal of Comparative Economics*, 44(2), 213-230.
- Dasgupta, D., Keller, J., Srinivasan, T. G. (2002). *Reform and Elusive Growth in the Middle- East: What Has Happened in the 1990s?* World Bank, Washington, DC.
- Ebohon, O. J. (1996). "Energy, economic growth and causality in developing countries: a case study of Tanzania and Nigeria". *Energy policy*, 24(5), 447-453.
- Feenstra, Robert C., Robert Inklaar and Marcel P. Timmer (2015), "The Next Generation of the Penn World Table". *American Economic Review*, 105(10), 3150-3182, available for download at www.ggd.net/pwt.
- Gerard, B. (2011). *A Natural Resource Curse: Does it Exist Within the United States?*
- Ghorashi, N., Rad, A. A. (2017). "CO2 emissions, health expenditures and economic growth in iran: application of dynamic simultaneous equation models". *Journal of Community Health Research*, 6(2), 109-116.

- Gorus, M. S., Aydin, M. (2019). "The relationship between energy consumption, economic growth, and CO2 emission in MENA countries: Causality analysis in the frequency domain". *Energy*, 168, 815-822.
- Grossman, G. M., Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American free trade agreement (No. w3914)*. National Bureau of Economic Research.
- Grossman, G. M., Krueger, A. B. (1995). "Economic growth and the environment". *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377.
- Hanif, I., Raza, S. M. F., Gago-de-Santos, P., Abbas, Q. (2019). "Fossil fuels, foreign direct investment, and economic growth have triggered CO2 emissions in emerging Asian economies: Some empirical evidence". *Energy*, 171, 493-501.
- Hanushek, E. A. (2013). "Economic growth in developing countries: The role of human capital". *Economics of Education Review*, 37, 204-212.
- Hdom, H. A. (2019). "Examining carbon dioxide emissions, fossil & renewable electricity generation and economic growth: Evidence from a panel of South American countries". *Renewable Energy*, 139, 186-197.
- Ito, K. (2017). "CO2 emissions, renewable and non-renewable energy consumption, and economic growth: Evidence from panel data for developing countries". *International Economics*, 151, 1-6.
- Jian, J., Fan, X., He, P., Xiong, H., Shen, H. (2019). "The Effects of Energy Consumption, Economic Growth and Financial Development on CO2 Emissions in China: A VECM Approach". *Sustainability*, 11(18), 4850, 1-16.
- Kemp, R., Parto, S., Gibson, R. B. (2005). "Governance for sustainable development: moving from theory to practice". *International Journal of Sustainable Development*, 8(1-2), 12-30.
- Kumar, A., Kober, B. (2012). "Urbanization, human capital, and cross-country productivity differences". *Economics Letters*, 117(1), 14-17.
- Li, P., Ouyang, Y. (2019). "The dynamic impacts of financial development and human capital on CO2 emission intensity in China: an ARDL approach". *Journal of Business Economics and Management*, 20(5), 939-957.
- Li, T., Wang, Y. (2018). "Growth channels of human capital: A Chinese panel data study". *China Economic Review*, 51, 309-322.
- Lucas Jr, R. E. (1988). "On the mechanics of economic development". *Journal of monetary economics*, 22(1), 3-42.
- Luqman, M., Ahmad, N., Bakhsh, K. (2019). "Nuclear energy, renewable energy and economic growth in Pakistan: Evidence from Non-linear autoregressive distributed lag model". *Renewable Energy*, 137(8), 1299-1309.
- Mahmood, N., Wang, Z., Hassan, S. T. (2019). "Renewable energy, economic growth, human capital, and CO 2 emission: an empirical analysis". *Environmental Science and Pollution Research*, 26(20), 20619-20630.
- 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.
- Mardani, A., Streimikiene, D., Cavallaro, F., Loganathan, N., Khoshnoudi, M. (2018). *Carbon dioxide (CO2) emissions and economic growth: A systematic review of two decades of research from 1995 to 2017*. Science of the Total Environment.

- Mikayilov, J. I., Galeotti, M., Hasanov, F. J. (2018). "The impact of economic growth on CO2 emissions in Azerbaijan". *Journal of Cleaner Production*, 197, 1558-1572.
- Mirza, F. M., Kanwal, A. (2017). "Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Pakistan: Dynamic causality analysis". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 1233-1240.
- Muhammad, B. (2019). "Energy consumption, CO2 emissions and economic growth in developed, emerging and Middle East and North Africa countries". *Energy*, 179(14), 232-245.
- Nelson, R., Phelps, E. (1966). *Investment in humans, technological diffusion, and economic growth*. American Economic Review: Papers and Proceedings.
- Nuroglu, E., Kunst, R. M. (2018). *Kuznets and Environmental Kuznets Curves for Developing Countries*. In: Yülek M. (eds) *Industrial Policy and Sustainable Growth*. Sustainable Development. Springer, Singapore.
- Omri, A. (2013). "CO2 emissions, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: Evidence from simultaneous equations models". *Energy Economics*, 40, 657-664.
- Ozcan, B., Tzeremes, P. G., Tzeremes, N. G. (2019). *Energy consumption, economic growth and environmental degradation in OECD countries*. Economic Modelling.
- Pandey, K. K., Rastogi, H. (2019). "Effect of energy consumption & economic growth on environmental degradation in India: A time series modelling". *Energy Procedia*, 158, 4232-4237.
- Pao, H.-T., Chen, C.-C. (2019). "Decoupling strategies: CO2 emissions, energy resources, and economic growth in the Group of Twenty". *Journal of Cleaner Production*, 206, 907-919.
- Raza, S. A., Shah, N., Sharif, A. (2019). "Time frequency relationship between energy consumption, economic growth and environmental degradation in the United States: Evidence from transportation sector". *Energy*, 173, 706-720.
- Roinioti, A., Koroneos, C. (2017). "The decomposition of CO2 emissions from energy use in Greece before and during the economic crisis and their decoupling from economic growth". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 448-459.
- Romer, P. M. (1986). "Increasing returns and long-run growth". *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
- Romer, P. M. (1989). *Human capital and growth: theory and evidence*. National Bureau of Economic Research.
- Romer, P. M. (1994). "The origins of endogenous growth". *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 3-22.
- Rusiawan, W., Tjiptoherijanto, P., Suganda, E., Darmajanti, L. (2015). "System dynamics modeling for urban economic growth and CO2 emission: a case study of Jakarta, Indonesia". *Procedia Environmental Sciences*, 28, 330-340.
- Saidi, K., Hammami, S. (2015). "The impact of CO2 emissions and economic growth on energy consumption in 58 countries". *Energy Reports*, 1, 62-70.
- Saidi, K., Hammami, S. (2015). "The impact of energy consumption and CO2 emissions on economic growth: Fresh evidence from dynamic simultaneous-equations models". *Sustainable Cities and Society*, 14, 178-186.

- Salim, R., Yao, Y., Chen, G. S. (2017). "Does human capital matter for energy consumption in China?", *Energy Economics*, 67, 49-59.
- Solow, R. M. (1956). "A contribution to the theory of economic growth". *The quarterly journal of economics*, 70(1), 65-94.
- Solow, R. M. (1957). "Technical change and the aggregate production function". *The review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320.
- Stern, D. I. (2004). "The rise and fall of the environmental Kuznets curve". *World development*, 32(8), 1419-1439.
- T. Wang, Y. (2016). *Growth channels of human capital: A Chinese panel data study*. China Economic Review.
- Vincent, J. R. (1997). "Testing for environmental Kuznets curves within a developing country". *Environment and development economics*, 2(4), 417-431.
- Waheed, R., Sarwar, S., Wei, C. (2019). "The survey of economic growth, energy consumption and carbon emission". *Energy Reports*, 5, 1103-1115.
- Wang, S., Zhou, C., Li, G., Feng, K. (2016). "CO₂, economic growth, and energy consumption in China's provinces: investigating the spatiotemporal and econometric characteristics of China's CO₂ emissions". *Ecological Indicators*, 69, 184-195.
- Wang, Z.-X., Li, Q. (2019). "Modelling the nonlinear relationship between CO₂ emissions and economic growth using a PSO algorithm-based grey Verhulst model". *Journal of Cleaner Production*, 207, 214-224.

The Role of Human Capital in Economic Growth, Energy Consumption and Environmental Pollution along with Sustainable Development in Iran

Jafari, S.¹, Esfandiari, M.^{2*}, Pahlavani, M.³

Abstract

In this study, the role of human capital in sustainable development has been analyzed through A simultaneous equations models (economic growth, energy consumption and CO2 emissions) using (GMM) over the period of 1971-2017. In this regard, and with the aim of improving the concept of human capital, average years of schooling and returns to education have been used as human capital index in the model. The results show that human capital in Iran due to the lack of attention to applied educations, the quality of education and mismatch between employment education and their jobs, not only lead to increase in economic growth but also make economic growth slowdown through Disruption of optimal resource allocation and waste of resources. The results also confirm the role of human capital in reducing energy consumption and thereby CO2 emission through the development of energy efficient technologies. The results also show that environmental considerations have not been taken into account in the process of economic growth and energy consumption. Finally, the results show that oil rents in Iran have reduced economic growth and thus has been led to the “oil curse phenomenon”.

Keywords: Human Capital, Sustainable Development, Economic Growth, Energy Consumption, CO2 Emission.

JEL classification: Q01, Q41, Q56, Q44.

1. Ph.D. Student in Economics, University of Sistan and Baluchestan

Email: saeid904@gmail.com

2. Assistant Prof in Economics, University of Sistan and Baluchestan

Email: m.esfandiari@eco.usb.ac.ir

3. Associate Prof in Econometrics, University of Sistan and Baluchestan

Email: pahlavani@eco.usb.ac.ir