فصلنامه علمی، پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)
مقاله پژوهشی/ سال بیست و دوم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱، ص: ۲۳۲-۲۰۳

تحلیل رابطه بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و ردپای اکولوژیکی در منتخبی از کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه

اعظم اصفهانی[۱]
سارا قبادی[۲]
کریم آذربایجانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۱۵

چکیده

هدف از نگارش این مقاله، تحلیل ارتباط بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و ردپای اکولوژیکی در ۲۷ کشور درحال‌توسعه و ۲۷ کشور توسعه‌یافته طی دوره زمانی ۲۰۱۸-۱۹۹۰ است. به‌منظور تحلیل ارتباط بین متغیرهای مذکور، از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی (Sys-GMM) استفاده شد. نتایج، حاکی از آن بود که در هر دو دسته از کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه، رشد اقتصادی با مصرف انرژی و شاخص ردپای اکولوژیکی، ارتباط متقابل داشته‌اند. مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر، نرخ شهرنشینی، نرخ باروری و نرخ مرگ‌ومیر در هر دو گروه از کشورهای مورد بررسی، اثر مثبت و متغیرهای انرژی‌های تجدیدپذیر، نرخ رشد فنّاوری و سرمایه انسانی، اثر منفی بر ردپای اکولوژیکی داشته‌اند. رشد اقتصادی بر ردپای اکولوژیکی کشورهای توسعه‌یافته، اثر منفی و بر ردپای اکولوژیکی کشورهای درحال‌توسعه، اثر مثبت داشته است که حاکی از اتکای بیشتر کشورهای توسعه‌یافته، به مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر است. از طرفی، ردپای اکولوژیکی، اثر منفی و متغیرهای رشد اقتصادی، نرخ شهرنشینی و توسعه مالی، اثر مثبت بر مصرف انرژی هر دو گروه کشورهای مورد بررسی داشته‌اند. ردپای اکولوژیکی بر رشد اقتصادی کشورهای توسعه‌یافته، اثر منفی و بر رشد اقتصادی کشورهای درحال‌توسعه، اثر مثبت داشته است. انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، توسعه مالی، درجه باز بودن تجاری، سرمایه فیزیکی، نیروی کار و جهانی‌سازی اقتصادی، اثر مثبت و متغیرهای بی‌ثباتی سیاسی و نرخ مرگ‌ومیر، اثر منفی بر رشد اقتصادی هر دو گروه کشورهای مورد بررسی داشته‌اند.

واژگان کلیدی: ردپای اکولوژیکی، رشد اقتصادی، انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی‌های تجدیدناپذیر
طبقه‌بندی JEL: Q56, Q57, C3, O5, Q40

۱. دانشجوی دکتری رشته علوم اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.
azamesfahani@khuisf.ac.ir
۲. استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران. (نویسنده مسؤول)
sghobadi@khuisf.ac.ir
۳. استاد گروه اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. k_azarbayjani@ase.ui.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه جوامع، سیاست‌های اقتصادی مختلفی را برای بهبود رشد و توسعه اقتصادی پایه‌ریزی و اجرا می‌کنند. بر اساس مطالعات صورت‌گرفته در ادبیات اقتصادی همچون مطالعات ناثانیل و همکاران[۱] (۲۰۲۱)، آکادیری و همکاران[۲] (۲۰۱۹) و محمد[۳] (۲۰۱۹)، بین رشد اقتصادی و مصرف انواع انرژی‌ها (تجدیدناپذیر و تجدیدپذیر)، ارتباطی قوی وجود دارد، زیرا انرژی، نیروی محرکه اکثر فعالیت‌های تولیدی و خدماتی بوده و جایگاه خاصی در رشد و توسعه اقتصادی دارد. به عقیده اقتصاددانان اکولوژیک همانند نایر و آیریس[۴]، انرژی، تنها و مهم‌ترین عامل رشد در مدل بیوفیزیک رشد است و نیروی کار و سرمایه، عوامل واسطه‌ای هستند که برای به‌کارآمدن در تولید، به انرژی نیاز دارند (استرن[۵]، ۲۰۰۴). از طرفی، اغلب اقتصاددانان نئوکلاسیک مانند برندت و دنیسون[۶] برخلاف اقتصاددانان اکولوژیک، معتقدند که انرژی به‌طور غیرمستقیم و از طریق تأثیری که بر روی نیروی کار و سرمایه می‌گذارد، بر رشد اقتصادی مؤثر است (استرن، ۱۹۹۳).

بحران جهانی نفت در دهه ۱۹۷۰، باعث شدکه توجه محققان در کشورهای توسعه‌یافته علاوه بر عوامل تعیین‌کننده رشد اقتصادی، به آثار ناشی از رشد نیز معطوف شود. نهادی مشهور به کلوب رم[۷] براساس این استدلال که جمعیت جهان در حال افزایش بوده و منابع انرژی که حیات بشر به آنها وابستگی دارد، محدود است، عنوان نمود که رشد اقتصادی، می‌باید محدود شود (مدوز و همکاران[۸]، ۱۹۷۲).

هرچند این نتیجه‌گیری بسیار بدبینانه بود و چندان مورد پذیرش قرار نگرفت، اما هشداری به طرفداران فعالیت‌های اقتصادی نامحدود بشری تلقی شد. پس از آن، توجه بسیاری از محققان به مسأله فرسایش منابع زیست‌محیطی به‌واسطه رشد اقتصادی جلب شد (سولو[۹]، ۱۹۷۴). مطالعات زیادی همچون تحقیقات ناثانیل و همکاران (۲۰۲۱)، پاتا[۱۰] (۲۰۲۰)، نیاگو[۱۱] (۲۰۲۰) و آکادیری و همکاران (۲۰۱۹)، به اثر مخرب مصرف انرژی و آلودگی‌های ناشی از آن در فرایند دستیابی به رشد اقتصادی، اشاره دارند.

بدین ترتیب، توجه به عواملی که با استفاده از آنها بتوان همزمان با رشد اقتصادی، از تخریب محیط‌زیست جلوگیری کرد و حتی کیفیت محیط‌زیست را نیز ارتقا بخشید، از اهمیت بالایی برخوردار

---

1. Nathaniel *et al*. (2021)
2. Akadiri *et al*. (2019)
3. Muhammad (2019)
4. Nair & Ayres
5. Stern (2004)
6. Brendt & Denison
7. Club of Rome
8. Meadows *et al*. (1972)
9. Solow (1974)
10. Pata (2020)
11. Neagu, 2020

است. مایر و کنت[1] در مورد ارتباط بین مصرف انرژی و تخریب محیط‌زیست، معتقدند که هرچند پس از انقلاب صنعتی و بویژه در دهه‌های اخیر، با استفاده بیشتر از انرژی، متوسط بهره‌وری عوامل تولید افزایش یافته، اما استفاده از انرژی، به تخریب محیط‌زیست منجر شده، زیرا بخش عمده گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در جهان، به‌صورت گاز دی‌اکسیدکربن بوده، که ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی است. ازاین‌رو، بخش انرژی بیشترین سهم را درخصوص تغییر شرایط محیط‌زیست دارد و سیاست‌گذاری در حوزه‌های انرژی و محیط‌زیست، ارتباط تنگاتنگی با هم دارند (شیم[2]، ۲۰۰۶).

بدین ترتیب، یکی از عوامل ایجاد پیامدهای زیست‌محیطی، رشد اقتصادی می‌باشد. در این زمینه، مطالعات زیادی انجام شده که از مشهورترین آنها منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC)[3] بوده، که بیانگر یک رابطه به شکل U معکوس بین آلودگی محیط‌زیست و تولید ناخالص ملی سرانه است. این منحنی نشان می‌دهد که رشد اقتصادی، در سطوح پایین درآمدی، به تخریب محیط‌زیست منجر می‌شود، اما همراه با افزایش درآمد، پیامدهای زیست‌محیطی مضر کاهش، می‌یابد (کوزنتس، ۱۹۹۵).

یکی از ابزارهای مفیدی که می‌توان با اندازه‌گیری آن، فشار وارد شده بر اکولوژی و محیط‌زیست را به اطلاع عموم مردم رساند و برنامه‌های لازم برای کاهش این فشار را طراحی و اجرا کرد، ردپای اکولوژیکی است. این شاخص که نرخ مصرف منابع و تولید ضایعات توسط انسان را با نرخ بازتولید منابع و دفع ضایعات توسط زیست‌کره مقایسه می‌کند، براساس مقدار زمین موردنیاز برای نگهداشتن این چرخه تعریف می‌شود. ردپای اکولوژیکی، مقدار فضای بیولوژیکی موردنیاز برای تولید منابع و دفع ضایعات ایجاد شده توسط یک جمعیت، سازمان یا فعالیت را باتوجه‌به سیستم مدیریتی و تکنولوژیکی موجود نشان می‌دهد (مانفردا و همکاران[4]، ۲۰۰۴).

هدف از نگارش مقاله حاضر، تحلیل ارتباط متقابل رشد اقتصادی، مصرف انرژی و ردپای اکولوژیکی و همچنین شناسایی عوامل تأثیرگذار بر سه متغیر مذکور، به‌عنوان متغیرهای کلیدی در اقتصادهای مختلف می‌باشد. مقایسه نوع ارتباط این متغیرها در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه که می‌تواند به ارائه راهکارهای مناسب بویژه برای کشورهای در حال توسعه منجر شود، از دیگر اهداف این مطالعه می‌باشد.

شایان‌ذکر است، در مطالعات قبلی که دارای موضوعات مشابه مقاله حاضر بوده‌اند، رابطه بین رشد اقتصادی و ردپای اکولوژیکی یا مصرف انرژی و ردپای اکولوژیکی، به‌صورت یک طرفه و یا به روش خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی[5] بررسی شده، اما وجه تمایز مقاله حاضر، بررسی اثرات متقابل

1. Mayer & Kent
2. Shim (2006)
3. Environmental Kuznets Curve
4. Monfreda *et al.* (2004)
5. Autoregressive Distributed Lag (ARDL)

رشد اقتصادی، ردپای اکولوژیکی و مصرف انرژی در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه، به‌صورت مقایسه‌ای، با استفاده از معادلات همزمان و همچنین روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی[1] بوده، علاوه بر این، متغیرهای دیگری مانند بی‌ثباتی سیاسی، سرمایه انسانی، انرژی‌های تجدیدناپذیر و غیره، برای تخمین رابطه استفاده شده، که در مطالعات قبلی، لحاظ نشده بود، همچنین در این مقاله، تأثیر جهانی‌شدن اقتصاد و همکاری‌های تجاری بین کشورها در کاهش تخریب‌های محیط‌زیست و افزایش رشد اقتصادی، مورد توجه قرار گرفته است.

۲. پیشینه

پارسا شریف و همکاران (۱۴۰۰)، به بررسی رابطه بین ردپای اکولوژیکی سرانه و متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه، مصرف انرژی، درجه بازبودن تجاری و توسعه مالی برای منتخبی از کشورهای آسیا و اروپا پرداختند و نتیجه گرفتند که متغیرهای مصرف انرژی، توسعه مالی و تولید ناخالص داخلی سرانه، اثر مثبت و متغیرهای تجارت باز و توان دوم تولید ناخالص داخلی سرانه، اثر منفی بر ردپای اکولوژیکی داشته‌اند. این نتیجه، مؤید منحنی محیط‌زیستی کوزنتس می‌باشد.

طرازکار و همکاران (۱۳۹۹)، به تحلیل اثر رشد اقتصادی، مصرف انرژی، ظرفیت زیستی و آزاد سازی تجاری بر ردپای اکولوژیکی در کشورهای خاورمیانه پرداختند و نتیجه گرفتند که یک رابطه مثبت، میان ردپای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی و یک رابطه منفی، میان آزادسازی تجاری و ردپای اکولوژیکی وجود دارد و افزایش مصرف انرژی نیز به افزایش ردپای اکولوژیکی منجر می‌شود. از طرفی، یک رابطه N شکل میان ردپای اکولوژیکی و رشد اقتصادی وجود دارد که نشان می‌دهد، افزایش رشد اقتصادی در این منطقه، به تخریب بیشتر محیط‌زیست منجر خواهد شد.

طرازکار و همکاران (۱۳۹۶)، اثر رشد اقتصادی بر پایداری محیط‌زیست در ایران و همچنین روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت ردپای بوم شناختی و تولید ناخالص داخلی سرانه، مصرف سرانه انرژی، تراکم جمعیت و آزادسازی تجاری را مورد تحلیل قرار دادند. نتایج، حاکی از آن بود که رابطه رشد اقتصادی و ردپای بوم شناختی به‌صورت U وارون بوده است. همچنین ۱۰ درصد افزایش در تراکم جمعیت، به ۱۱/۲ و ۹/۶ درصدی ردپای بوم شناختی، به‌ترتیب، در کوتاه‌مدت و بلندمدت منجر می‌شود. علاوه بر این، آزادسازی تجاری در بلندمدت، تأثیر مثبتی بر ردپای بوم شناختی دارد، درحالی‌که در کوتاه مدت، تأثیر این متغیر معنی‌دار نیست. ۱۰ درصد افزایش در مصرف انرژی، موجب افزایش ۴/۶ و ۳/۹ درصدی شاخص ردپای بوم شناختی در کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌شود.

محمدی و ظریف (۱۳۹۷)، به بررسی اثرگذاری متغیرهایی همچون شدت انرژی، مصرف کودهای شیمیایی، شاخص توسعه انسانی و ارزش افزوده بخش صنعت نسبت به ارزش افزوده کل، بر شاخص عملکرد محیط‌زیست برای دو گروه کشورهای اوپک و کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه

1. Generalized Method Of Moments (GMM)

اقتصادی پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش متغیرهای شدت انرژی، مصرف کودهای شیمیایی و ارزش افزوده بخش صنعت، به کاهش شاخص عملکرد محیط‌زیست منجر شده است.

شارکیان و لطفعلی پور (۱۳۹۵)، اثر متغیرهای شدت انرژی، جمعیت، ثروت و مصرف انرژی را بر انتشار دی‌اکسیدکربن به‌عنوان شاخص کیفیت محیط‌زیست در کشورهای منتخب صادرکنندهٔ نفت مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که جمعیت، ثروت، مصرف انرژی و شدت انرژی، اثری مثبت و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن داشته‌اند.

مولایی و بشارت (۱۳۹۴)، به بررسی رابطه تولید ناخالص داخلی سرانه و ردپای اکولوژیکی سرانه در ایران پرداختند و نتیجه گرفتند که افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه، هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت، تأثیر مثبتی بر رد پای اکولوژیکی سرانه داشته است.

ناثانیل و همکاران (۲۰۲۱)، به بررسی رابطه بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی، تجارت بین‌المللی و ردپای اکولوژیکی در ۱۱ کشور درحال‌توسعه پرداختند و نشان دادند که مقررات زیست‌محیطی در کاهش ردپای اکولوژیکی، بی‌تأثیر بوده است.

نیاگو (۲۰۲۰)، به بررسی ارتباط پیچیدگی اقتصادی، درآمد سرانه و مصرف انرژی‌های فسیلی به‌عنوان متغیرهای توضیح دهنده ردپای اکولوژیکی برای ۴۸ کشور پرداخت. نتایج، نشان داد که شاخص پیچیدگی اقتصادی، تولید ناخالص داخلی سرانه و مصرف انرژی‌های فسیلی، اثر مثبتی بر شاخص ردپای اکولوژیکی داشته است.

پاتا (۲۰۲۰)، به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی، جهانی‌سازی و مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر ردپای اکولوژیکی در ایالات متحده آمریکا پرداخته است. نتایج، نشان داد که افزایش پیچیدگی اقتصادی، باعث به حداقل رساندن تخریب محیط‌زیست پس از سطح آستانه می‌شود و دولت ایالات متحده می‌تواند با استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و جهانی‌سازی، محیط‌زیست بهتری را فراهم کند.

آکادیری و همکاران (۲۰۱۹)، به بررسی دیدگاه جدیدی درباره سرانه مصرف انرژی و ارتباط آن با سطح درآمد واقعی سرانه در آفریقای جنوبی پرداخته‌اند. نتایج، نشان داد که رابطه علیت یک‌طرفه، از سوی کیفیت زیست‌محیطی به درآمد واقعی سرانه، از سوی سرانه مصرف انرژی به کیفیت زیست‌محیطی و از سوی سرانه مصرف انرژی به درآمد واقعی سرانه، برقرار است. همچنین نتایج، بیانگر آن است که آلودگی زیست‌محیطی در آفریقای جنوبی تولید محور نیست، اما به سرانه مصرف انرژی بستگی دارد.

محمد و همکاران (۲۰۱۹)، ارتباط متقابل بین مصرف انرژی، انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی را در کشورهای توسعه‌یافته، درحال‌توسعه و منا مورد بررسی قراردادند. نتایج، نشان‌دهنده ارتقاء رشد اقتصادی به‌دنبال افزایش مصرف انرژی در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه است؛ درحالی‌که در

کشورهای منتخب حوزه منا، رابطه معکوسی بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی وجود دارد. همچنین، در همه کشورهای موردمطالعه، انتشار دی‌اکسیدکربن همراه با افزایش مصرف انرژی، بالا رفته است.

عمری و همکاران[1] (۲۰۱۵)، به بررسی ارتباط متقابل بین توسعه مالی، کیفیت محیط‌زیست، درجه باز بودن تجارت و رشد اقتصادی برای ۱۲ کشور حوزه منا پرداختند. نتایج تحقیق، نشان می‌دهد که شواهدی مبنی بر وجود رابطه علیت دو طرفه بین انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی وجود دارد. همچنین رابطه علیت دوطرفه بین درجه بازبودن تجارت و رشد اقتصادی نیز در این کشورها برقرار است.

تفاوت مقاله حاضر با مطالعات پیشین، این است که ارتباط سه جانبه و همزمان بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و ردپای اکولوژیکی در دو گروه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، بررسی می‌شود و مقایسه‌ای بین نتایج این دو گروه کشور صورت می‌گیرد. این مقایسه، می‌تواند به ارائه راهکارهای مناسب به منظور بهبود شرایط محیط‌زیست در کنار دستیابی به رشد اقتصادی پایدار بویژه برای کشورهای در حال توسعه منجر شود.

۲. مبانی نظری

۲-۱. مصرف انرژی، رشد اقتصادی و ردپای اکولوژیکی

دیدگاه‌های متفاوتی در مورد میزان و نحوه تأثیرگذاری انرژی بر تولید و رشد اقتصادی مطرح شده است، که می‌توان آنها را در دو دیدگاه کلی شامل «دیدگاه اقتصاددانان اکولوژیکی یا بوم‌شناختی» و «دیدگاه اقتصاددانان نئوکلاسیک» بیان نمود. بر اساس دیدگاه اقتصادانان اکولوژیکی، انرژی نهاده غالب در تابع تولید است و مهمترین عامل رشد اقتصادی است و سایر عوامل همچون نیروی کار و سرمایه، عوامل واسطه‌ای در تولید هستند. در مقابل اقتصاددانان نئوکلاسیک معتقدند، انرژی نقش نسبتاً کمی در تولید و رشد اقتصادی دارد و یک نهاده واسطه‌ای است که در سایه سرمایه، نیروی کار و زمین، اهمیت پیدا می‌کند (استرن، ۲۰۰۴).

به‌طورکلی، امروزه از لحاظ نظری، انرژی یکی از عوامل تولید محسوب می‌شود و مصرف انرژی به‌طور مستقیم بر روی رشد اقتصادی تأثیرگذار خواهد بود. در صورتی که مصرف انرژی به‌عنوان یک عامل تولید افزایش یابد (یا به‌عبارت دیگر، دسترسی به انرژی بیشتر شود)، می‌تواند موجبات افزایش رشد اقتصادی را فراهم آورد؛ اما باید توجه داشت که افزایش مصرف انرژی، آثار غیرمستقیم منفی را نیز به دنبال دارد. از جمله آثار منفی مصرف انرژی، می‌توان به ایجاد آلاینده‌های زیست‌محیطی ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی اشاره کرد. در شرایطی که مصرف انرژی با ناکارآمدی همراه باشد، فرآیند تولید آلاینده‌ها تشدید خواهد شد (طرازکار و همکاران، ۱۳۹۹).

1. Omri *et al*. (2015)

یکی از عوامل مهم آلودگی هوا، انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای است که نتیجه مصرف سوخت‌های فسیلی در بخش‌های تولیدی، تجاری، خدماتی و خانگی است. هرچند پس از انقلاب صنعتی بویژه در دهه‌های اخیر، با مصرف بیشتر انرژی، متوسط بهره‌وری عوامل تولید افزایش یافته است، اما استفاده از انرژی از طریق تأثیرات آلوده‌کننده خود، باعث تخریب محیط‌زیست شده است. بدین ترتیب، بخش انرژی بیشترین سهم را در مسأله تغییر شرایط محیط‌زیست دارد و در نتیجه سیاست انرژی و سیاست محیط‌زیست، ارتباط تنگاتنگی با یکدیگر دارند (شیم، ۲۰۱۶).

یکی از مسائلی که در شرایط کنونی باید در نظر گرفته شود، این است که آیا برای رشد اقتصادی، تنها استفاده از منابع فسیلی و انرژی‌های پایان‌پذیر کافی است و یا اینکه به‌منظور رفع مشکلات ناشی از انرژی‌های فسیلی، باید از انرژی‌های تجدیدپذیر نیز استفاده نمود؟ به‌منظور پاسخ به این پرسش، باید بررسی کرد که آیا کشورهای مختلف از لحاظ میزان رشد اقتصادی، رفتار مشابهی در ارتباط با تغییر سبد انرژی خود در مواجهه با افزایش قیمت انرژی از خود نشان می‌دهند یا خیر. شواهد تجربی به‌روشنی نشان می‌دهد که افزایش قیمت نفت، رشد اقتصادی را در اثر افزایش تورم و بیکاری و کاهش ارزش دارایی‌های مالی کاهش می‌دهد. این رابطه به اثر نفت تولید ناخالص داخلی معروف است. ایده افزایش قیمت نفت و افت فعالیت‌های اقتصادی، جدید نیست ولی رابطه نفت و تولید ناخالص داخلی، از اواخر دهه ۱۹۴۰ به‌صورت کمی اندازه‌گیری شده است.

به اعتقاد اوربوچ و ساوتر[1] (۲۰۰۶)، ثروتی که درنتیجه اجتناب از رابطه منفی بین قیمت نفت و تولید ناخالص داخلی ایجاد می‌شود، منابعی را برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر فراهم می‌نماید. در این صورت، در کشورهایی که دارای رشد اقتصادی بالا هستند، با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر یک اثر جانشینی به وجود می‌آورد که از رابطی منفی بین قیمت نفت و تولید ناخالص داخلی جلوگیری می‌نماید. در مقابل کشورهای دارای رشد اقتصادی پایین در ایجاد سیاست‌های انگیزشی برای توسعه انرژی تجدیدپذیر هنگامی که شرایط اقتصادی در بلندمدت نامساعد می‌شود، ناتوان هستند. این دیدگاه اشاره می‌کند که کشورهای دارای رشد اقتصادی بالا در مقایسه با کشورهای دارای رشد اقتصادی پایین، آسان‌تر می‌توانند فشار ناشی از افزایش ناگهانی قیمت انرژی را از طریق سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر مهار نمایند (چانگ و همکاران[2]، ۲۰۰۹).

طی دهه‌های گذشته، افزایش رشد اقتصادی، افزایش جمعیت و نهایتاً، افزایش مصرف سرانه بشر، به کاهش شدید سرمایه‌های طبیعی و خدمات اکوسیستم در مقیاس جهانی منجر شده است. از طرفی، صنعتی‌شدن جوامع و افزایش مهاجرت به شهرها، موجبات استفاده بیشتر از منابع طبیعی را فراهم آورده است. در مقابل، موجودی سرمایه‌های طبیعی، ثابت و یا در حال کاهش است. رشد تخریب محیط‌زیست و

1. Awerbuch & Sauter (2006)
2. Chang *et al.* (2009)

ایجاد آلودگی تا جایی است که حتی از ظرفیت بیولوژیکی[1] کره زمین نیز فراتر رفته است (واکرناگل و ریس[2]، ۱۹۹۶).

تاکنون، شاخص‌ها و معیارهای محیط‌زیستی مختلفی برای بررسی میزان تخریب محیط‌زیست و پایداری آن مورد استفاده واقع شده است، اما در اکثر پژوهش‌ها، شاخص انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان شاخص تخریب محیط‌زیست مورد استفاده قرار گرفته است، اما انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، به‌عنوان شاخص اثرات محیط‌زیستی، تنها بخشی از آسیب کلی به محیط‌زیست را نشان می‌دهد و نمی‌توان آن را به‌عنوان یک شاخص جامع در مسائل محیط‌زیستی در نظر گرفت (چارفدین و مرابت[3]، ۲۰۱۷).

در سال‌های اخیر، شاخص «ردپای اکولوژیکی»، به‌عنوان شاخص ارزیابی توسعه پایدار محیط‌زیست مورد استفاده محققان قرار گرفته است (یودین و همکاران[4]، ۲۰۱۷). ردپای اکولوژیکی که توسط وکرناگل و ریس[5] مطرح شد "میزان زمین یا آبی را مشخص می‌کند که برای تأمین مقدار مشخصی ماده یا انرژی موردنیاز است". برخلاف شاخص‌های انتشار گازهای گلخانه‌ای، شاخص ردپای اکولوژیکی، مجموعه فشارها بر محیط‌زیست را اندازه‌گیری می‌کند. این شاخص به‌عنوان موفق‌ترین معیار برای ارزیابی توسعه پایدار محیط‌زیست، در سال‌های اخیر مورد توجه بسیار زیاد سیاست‌گذاران و پژوهشگران قرار گرفته است (واکرناگل و ریس، ۱۹۹۶). بنابر مطالب مندرج در وبگاه شبکه ردپای زیست‌محیطی[6]، این شاخص، امکان محاسبه میزان فشاری که انسان جهت استخراج منابع به طبیعت وارد می‌کند را فراهم می‌سازد. واحد ردپای اکولوژیکی، هکتار در مقیاس جهانی (GHa)[7] است و به مفهوم یک هکتار زمین و آب با بهره‌وری معادل متوسط جهانی است.

به گفته اوینگ و همکاران[8] (۲۰۱۰)، واحد هکتار جهانی، میزان متوسط زمین‌های مولد در کره زمین به لحاظ زیستی را به‌ازای هر نفر مشخص می‌کند. اطلاعات مربوط به ردپای اکولوژیکی و توان زیستی توسط شبکه ردپای اکولوژیکی برای مناطق مختلف براساس معادله‌ها و تعاریف مطرح شده، محاسبه می‌شود. این شبکه جهانی، چهارچوبی را برای حساب‌های ردپای ملی معرفی می‌کند که

1. Biocapacity
2. Wackernagel & Rees (1996)
3. Charfeddine & Mrabet (2017)
4. Uddin *et al*. (2017)
5. Wackernagel & Rees
6. www.footprintnetwork.org
7. Global hectares
8. Ewing *et al.* (2010)

براساس آن، توان زیستی و ردپای اکولوژیکی برای کشورهای مختلف و جهان محاسبه می‌شود و در اختیار پژوهشگران قرار می‌گیرد (طرازکار و همکاران، ۱۳۹۶).

۲-۲. عوامل مؤثر بر ردپای اکولوژیکی

بنا بر باور عمومی، فناوری باعث بهبود قابلیت تولید زمین و یا افزایش کارآیی منابع برای تولید کالا و خدمات می‌شود، به‌طوری‌که استفاده از فناوری کارآمد، از یک‌سو باعث بهبود نحوه تولید و کاهش میزان مصرف زمین می‌شود و از سوی دیگر، عوارض اکولوژیکی پیشرفت‌های صنعتی را کاهش می‌دهد. اما طبق تحقیقات انجام‌گرفته، رابطه مثبتی بین صنعتی‌شدن جوامع با میزان ردپای اکولوژیکی آنها وجود دارد. این رابطه مثبت را نباید به‌مثابه اثرات استفاده از فنّاوری تلقی کرد، بلکه در واقع، بزرگ‌تر بودن ردپای اکولوژیک این جوامع، به‌دلیل استفاده از فنّاوری ناکارآمد است؛ بنابراین، انتظار منطقی، آن است که در شرایط یکسان، استفاده از فنّاوری کارآمد، به بهبود ردپای اکولوژیکی منجر شود (هاردینگ[1]، ۲۰۰۶).

افزایش نرخ باروری و افزایش بی‌سابقه جمعیت به همراه نسبت روزافزون شهرنشینی که در واقع، تمرکز و فشار نقطه‌ای به همراه گسترش شیوه‌های زندگی‌مند محیط‌زیست را در پی دارد، پیامدهای زیانباری برای زیست‌کره داشته است؛ به‌طوری‌که شهرهای جهان، حدود سه - چهارم منابع طبیعی موردنیاز جهانیان را به مصرف می‌رسانند. تداوم این‌گونه رشد شهری، چالش آفرین بوده و هشداری برای ناپایداری شهرنشینی به روال کنونی است (ژانگ[2]، ۲۰۰۵). از طرفی، سرمایه انسانی که از طریق آموزش و افزایش بازدهی نیروی انسانی به‌وسیله آموزش ایجاد می‌شود، می‌تواند از طریق آگاه‌سازی مردم از عوامل مؤثر بر تخریب زیست محیطی، به کاهش ردپای اکولوژیکی منجر شود. از سوی دیگر، با افزایش نرخ مرگ و میر که باعث کاهش سرمایه های انسانی آگاه می‌شود، اثرات مخرب زیست محیطی افزایش می‌یابد (احمد و همکاران[3]، ۲۰۱۹).

۲-۳. عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی

به اعتقاد سادروسکی[4] (۲۰۱۰)، بازارهای مالی از طریق تسهیل تأمین اعتبار برای مصرف‌کنندگان، تقاضا را افزایش می‌دهند. همچنین توسعه مالی، این امکان را برای تولیدکنندگان فراهم می‌آورد که بتوانند خطوط تولید خود را گسترش دهند و ماشین‌آلات جدیدی که انرژی‌بر هستند و برای تولید آنها نیز انرژی صرف شده است را به خدمت بگیرند. درعین‌حال، توسعه بازارهای مالی، می‌تواند از دو مجرای اثر سطح و اثر کارآیی با افزایش سرمایه‌گذاری، موجب رشد اقتصادی شود.

1. Harding (2006)
2. Zhang (2005)
3. Ahmed *et al.* (2019)
4. Sadrosky (2010)

اثر سطح، نشان می‌دهد که توسعه بخش مالی منابع را از پروژه‌های ناکارآمد به سمت سرمایه‌گذاری های مولد هدایت می‌کند. شفافیت در مقررات بازارهای مالی، همچون رعایت استانداردهای حسابداری و سیستم گزارش‌دهی، اعتماد سرمایه‌گذاران را افزایش می‌دهد که در جذب سرمایه‌گذاری بسیار مهم است. اثر کارآیی، حاکی از آن است که با توسعه بازارهای مالی، تنوع و نقدینگی افزایش‌یافته و منابع به سمت پروژه‌هایی با بازده بالا هدایت می‌شوند. این دو اثر، موجب افزایش سرمایه‌گذاری و رشد اقتصادی می‌شود و درنتیجه، توسعه بازار مالی، می‌تواند با رشد تقاضای مصرف انرژی همراه شود (سادروسکی، ۲۰۱۱).

از طرفی، اقتصاددانان کلاسیک و نئوکلاسیک، بر این باور هستند که افزایش درجه باز بودن تجاری، موتور محرکه رشد و توسعه اقتصادی است و این مهم، به تشویق کشورهای جهان در افزایش همگرایی اقتصادشان از طریق افزایش صادرات و واردات منجر می‌شود. به‌طورکلی، این امر از طریق افزایش سطح تخصص‌گرایی و بهره‌وری کشورها صورت می‌پذیرد. لازم به ذکر است که حتی با وجود پذیرش این امر که همگرایی اقتصادی و افزایش تجارت، موجب افزایش رشد اقتصادی جهان می‌شود، همواره این ارتباط در کشورهای مختلف به علت تفاوت در فنّاوری و فراوانی‌های عوامل تولید، به شکل یکسان نبوده و در واقع، در برخی کشورها، تأثیر منفی بر رشد اقتصادی داشته است (لوکاس[1]، ۱۹۸۸).

از دیگر عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی، بی‌ثباتی در ساختارهای سیاسی است که می‌تواند آثار بسیار مخرب و زیانباری بر پیکره اقتصاد کشورها تحمیل کند. بی‌ثباتی سیاسی از طریق چهار کانال بر عملکرد اقتصادی تأثیر می‌گذارد: اول، بی‌ثباتی، به متزلزل شدن حقوق مالکیت فردی که مانعی برای سرمایه‌گذاری های بلندمدت و معاملات اقتصادی است، منجر می‌شود. دوم، عدم وجود یک سیستم سیاسی باثبات، پیش‌بینی ماهیت و عملکرد دولت‌های آینده و تغییرات سازمانی را غیرممکن می‌سازد و باعث می‌شود تا سرمایه‌گذاران، محیط‌هایی که قابلیت پیش‌بینی را دارند، ترجیح دهند. سوم، بی‌ثباتی، احتمال شرکت افراد فرصت‌طلب در فعالیت‌های واسطه‌گری را افزایش می‌دهد که منابع را به‌سوی فعالیت‌های غیرمولد سوق می‌دهد و در آخر، زمانی که مبارزات سیاسی با خشونت و اعمال زور همراه شود، باعث تخریب دارایی ها شده و تهدیدی برای سرمایه‌گذاران محسوب می‌شود. علاوه بر این، گسترده شدن خشونت منجر می‌شود تا بازارها به حالت تعطیل یا نیمه‌تعطیل درآیند که صدمه جدی به ساختار اقتصاد وارد خواهد کرد (چمبرز و گوردون[2]، ۱۹۶۷).

1. Lucas (1988)
2. Chambers & Gordon (1967)

۳. تصریح الگو

این مقاله، به تجزیه و تحلیل ارتباط بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و ردپای اکولوژیکی در ۲۷ کشور منتخب درحال‌توسعه[۱] و ۲۷ کشور منتخب توسعه‌یافته[۲] طی دوره زمانی ۲۰۱۸-۱۹۹۰ می‌پردازد[۳]. الگوی موردنظر برای دستیابی به هدف مقاله، توسط محقق ساخته شده و برگرفته از تحقیقاتی همچون آکادیری و همکاران (۲۰۱۹) و محمد (۲۰۱۹) بوده، که به‌صورت سه معادله زیر است:

$$EFP_{it} = \alpha_1 + \alpha_{2i}EG_{it} + \alpha_{3i}NREC_{it} + \alpha_{4i}REC_{it} + \alpha_{5i}TEC_{it} + \alpha_{6i}URB_{it} + \alpha_{7i}FR_{it} + \alpha_{8i}MR_{it} + \alpha_{9i}HC_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱)$$

$$NREC_{it} = \beta_1 + \beta_{2i}EFP_{it} + \beta_{3i}EG_{it} + \beta_{4i}URB_{it} + \beta_{5i}FD_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۲)$$

$$EG_{it} = \gamma_1 + \gamma_{2i}EFP_{it} + \gamma_{3i}NREC_{it} + \gamma_{4i}REC_{it} + \gamma_{5i}FD_{it} + \gamma_{6i}TO_{it} + \gamma_{7i}L_{it} + \gamma_{8i}K_{it} + \gamma_{9i}PI_{it} + \gamma_{10i}HC_{it} + \gamma_{11i}MR_{it} + \gamma_{12i}KOFE_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۳)$$

در معادلات (۱) تا (۳)، شرح متغیرها به‌صورت زیر است:

EFP شاخص ردپای اکولوژیک است که نرخ مصرف منابع و تولید ضایعات توسط انسان را با نرخ بازتولید منابع و دفع ضایعات توسط زیست‌کره مقایسه می‌کند و بر اساس مقدار زمین موردنیاز برای نگهداشتن این چرخه، تعریف می‌شود (مانفردا و همکاران، ۲۰۰۴). واحد اندازه‌گیری شاخص مذکور، هکتار جهانی بوده، و داده‌های مربوط به آن، از وبگاه ردپای اکولوژیکی جهانی استخراج شده و EG رشد اقتصادی است که معمولاً به‌عنوان درصد افزایش در تولید ناخالص داخلی یا درآمد ناخالص داخلی اندازه‌گیری می‌شود (بانک جهانی[۴]، ۲۰۱۴). داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی در این مقاله، با قیمت ثابت سال ۲۰۱۰ و بر حسب دلار آمریکا، از وبگاه بانک جهانی به دست آمده است. NREC مصرف انرژی تجدیدناپذیر، و شامل انرژی حاصل از انرژی‌های تجدیدناپذیر قابل احتراق، همچون نفت، گاز، هیدروکربن، زغال‌سنگ انرژی و انرژی هسته‌ای است. داده‌های مربوط به این

---

۱. ایران، پاناما، تایلند، کلمبیا، الجزایر، پرو، اکوادور، دومینیکن، کره شمالی، تونس، جامائیکا، فیجی، پاراگوئه، اردن، مصر، گابن، ونزوئلا، اندونزی، آلبانی، آذربایجان، ارمنستان، بلیز، بوسنی و هرزگوین، چین، گرجستان، لبنان و لیبی.

۲. نروژ، سوئیس، آلمان، استرالیا، سوئد، هلند، دانمارک، فنلاند، کانادا، نیوزلند، بریتانیا، ایالات متحده، بلژیک، ژاپن، اتریش، لوکزامبورگ، اسلوانی، اسپانیا، فرانسه، ایتالیا، استونی، یونان، لهستان، لیتوانی، اسلواکی، مجارستان و لاتویا.

۳. معیار تقسیم‌بندی کشورها به توسعه یافته و در حال توسعه، میزان تولید سرانه و شاخص توسعه انسانی است. همچنین در بین کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، کشورهایی انتخاب شدند که طی دوره مورد بررسی، دارای بیشترین میزان شاخص ردپای اکولوژیکی بوده‌اند.

4. World Bank (2014)

متغیر، از وبگاه بانک جهانی استخراج شده، و REC مصرف انرژی تجدیدپذیر است که از انرژی‌هایی بوده که عملاً تمام‌نشدنی هستند؛ اما از نظر میزان انرژی موجود در واحد زمان، محدودند. این نوع انرژی‌ها شامل زیست‌توده، چوب و ضایعات چوب، زباله جامد شهری، گاز حاصل از محل دفن زباله و بیوگاز، نیروگاه آبی، بادی و خورشیدی است. داده‌های مربوط به این متغیر، از وبگاه بانک جهانی استخراج گردیده، و FD توسعه مالی که معیاری برای ارزیابی قدرت بازار مالی در یک کشور است. این شاخص نشان می‌دهد که چه بخشی از سرمایه‌گذاری‌های کشور در بازارهایی که قدرت نقدشوندگی بالا دارند، خرید و فروش می‌شود.

در این مقاله، بر مجموع شاخص حجم اعتبارات بانک‌ها و حجم معاملات بازار بورس تمرکز می گردد که در طبقه‌بندی شاخص‌های توسعه مالی، شاخص ساختاری توسعه مالی محسوب می‌شود (لوین[1]، ۲۰۰۳). داده‌های مربوط به شاخص مذکور، از وبگاه بانک جهانی استخراج شده، و URB نرخ رشد شهرنشینی بوده، که شاخص شهرنشینی، به‌صورت درصدی از کل جمعیت در نظر گرفته شده است که در مناطق شهری هر کشور زندگی می‌کنند (بانک جهانی، ۲۰۱۴). داده‌های متغیر مذکور، از وبگاه بانک جهانی به دست آمده، و TO درجه باز بودن تجارت است که به‌صورت نسبت مجموع صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی تعریف می‌شود. داده‌های متغیر مذکور، از وبگاه بانک جهانی استخراج گردیده، و L نیروی کار بوده، که بیانگر تعداد افرادی است که در سن کار (۱۵ تا ۶۴ سال) هستند. داده‌های متغیر مذکور، از وبگاه بانک جهانی به دست آمده، و K سرمایه‌گذاری بوده، و برابر با موجودی سرمایه خالص است. داده‌های متغیر مذکور، از وبگاه بانک جهانی استخراج شده، و HC سرمایه انسانی بوده، که عبارت است از: ذخیره دانش، مهارت، صلاحیت و توانایی‌هایی که عمدتاً از طریق آموزش کسب می‌شوند و بر کیفیت کار تأثیر مثبت می‌گذارند و ارزش اقتصادی آن را در بازار کارافزایش می‌دهند.

در این مقاله، از شاخص متوسط مدت‌زمان تحصیل به‌عنوان شاخص توسعه انسانی استفاده به‌عمل آمده، و داده‌های مربوط به آن، از وبگاه بانک جهانی استخراج شده، و FR نرخ باروری بوده است، به این معنی که کل تعداد کودکانی که یک زن تا پایان سال‌های فرزندآوری خود، می‌تواند به دنیا بیاورد (فرزندان خود را مطابق با سن مخصوص نرخ باروری به دنیا می‌آورد) (بانک جهانی، ۲۰۱۴). داده‌های متغیر مذکور، از وبگاه بانک جهانی استخراج گردیده، و MR نرخ مرگ‌ومیر است؛ معادل میزان مرگ‌ومیر در یک جمعیت معین در یک دوره زمانی مشخص (مانند یک سال) که معمولاً در هر یه هزار و یا ۱۰۰هزار نفر بیان می‌شود. داده‌های متغیر مذکور، از وبگاه بانک جهانی استخراج شده، و PI بی‌ثباتی سیاسی است. ثبات سیاسی و فقدان تجاوز و تروریسم، به‌وسیله احتمال عدم ثبات

1. Levine (2003)

سیاسی و یا تحریک خشونت سیاسی از جمله، تروریسم اندازه‌گیری می‌شود. مقدار عددی این شاخص بین ۲/۵- (عدم ثبات سیاسی) و ۲/۵+ (ثبات کامل) است (سایت حکمرانی بانک جهانی[1]، ۲۰۱۲). داده‌های متغیر مذکور، از وبگاه حکمرانی خوب بانک جهانی[2] استخراج شده، و TEC فنّاوری است. داده‌های متغیر مذکور، از وبگاه بانک جهانی استخراج شده، و KOFE جهانی‌شدن اقتصاد بوده، که شامل جریان‌های واقعی اقتصاد و محدودیت‌ها بر سر تجارت و سرمایه است.

جریان‌های واقعی اقتصاد، معمولاً برای اندازه‌گیری جهانی‌شدن اقتصادی به کار برده می‌شود و دربردارنده تجارت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و سرمایه‌گذاری پرتفوی است (سایت مؤسسه کسب و کار (KOF[3])، ۲۰۰۸). داده‌های متغیر مذکور از وبگاه مؤسسه KOF سوئیس استخراج شده است. ε_{it} جزء اخلال، i= 1, 2, …., n نشان دهنده کشورهای مورد بررسی، و t= 1, 2, …., n گویای زمان می‌باشد.

۱-۳. آزمون‌های قبل از تخمین

۱-۱-۳. آزمون وابستگی مقطعی در بین اعضای پانل

پسران[4] (۲۰۰۷)، نشان می‌دهد که نادیده‌گرفتن همبستگی مقطعی، به تورش و انحراف اساسی در نتایج منجر خواهد شد. از طرفی، برای تعیین نوع آزمون مانایی، ابتدا باید آزمون وابستگی مقاطع انجام شود. برای انجام آزمون مانایی داده‌های تابلویی، می‌توان از آزمون‌های ریشه واحد دیکی فولر تعمیم‌یافته[5]؛ لوین، لین و چاو؛ فیشر[6]؛ ایم، شین و پسران[7]؛ هادری[8] و پسران[9] استفاده کرد (بالتاجی[10]، ۲۰۰۷). در صورت وجود وابستگی مقطعی، باید از آزمون ریشه واحد CD پسران که در آن، وابستگی مقطعی در نظر گرفته شده، استفاده کرد (پسران، ۲۰۰۷). فرضیه صفر این آزمون، نشان‌دهنده عدم وابستگی مقطعی بین اعضای پانل است و فرضیه مقابل این آزمون، به وابستگی مقطعی اشاره دارد (دی هویز و سارافیدیس[11]، ۲۰۰۶).

1. www.govindicators.org (2012)
2. WGI
3. http://globalization.kof.ethz.ch/, (2008)
4. Pesaran (2007)
5. Augmented Dicky Fuller
6. Fisher
7. Im, Pesaran And Shin
8. Hadri
9. Pesaran
10. Baltagi (2007)
11. De Hoyos & Sarafidis (2006)

جدول ۱: نتیجه آزمون استقلال مقطعی پسران

معادله	آزمون استقلال مقطعی پسران برای کشورهای توسعه‌یافته		آزمون استقلال مقطعی پسران برای کشورهای درحال‌توسعه	
	احتمال	آماره	احتمال	آماره
۱	۰/۰۰	۶/۲۷	۰/۰۱	۲/۳۹
۲	۰/۰۰	۱۴/۳۳	۰/۰۱	۲/۵۲
۳	۰/۰۰	۴/۸۲	۰/۰۳	۲/۱۲

منبع: محاسبات پژوهش

طبق نتایج به‌دست‌آمده، فرضیه صفر در مورد هر سه رابطه در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه، رد می‌شود؛ لذا بین متغیرهای مورد بررسی، وابستگی مقطعی وجود دارد. باتوجه‌به وجود وابستگی مقطعی بین متغیرها، برای بررسی مانایی داده‌ها، می‌باید از آزمون پسران استفاده کرد.

جدول ۲: نتایج آزمون مانایی پسران

		کشورهای توسعه‌یافته			کشورهای درحال‌توسعه		
نام متغیر	نماد	آماره	احتمال	نتیجه	آماره	احتمال	نتیجه
ردپای اکولوژیک	efp	-۱/۴۲	۰/۰۷	مانا	-۲/۸۸	۰/۰۲	مانا
رشد اقتصادی	gdp	-۷/۱۱	۰/۰۰	مانا	-۷/۱	۰/۰۰	مانا
مصرف انرژی تجدیدناپذیر	ec	-۳/۲	۰/۰۰	مانا	-۲/۸	۰/۰۰	مانا
انرژی‌های تجدیدپذیر	rec	-۲/۹۹	۰/۰۰	مانا	-۲/۸۳	۰/۰۰	مانا
سرمایه انسانی	hc	-۲/۲۶	۰/۰۱	مانا	-۲/۴۹	۰/۰۰	مانا
توسعه مالی	fd	-۳/۸	۰/۰۰	مانا	-۲/۱۱	۰/۰۱	مانا
سرمایه فیزیکی	k	-۰/۲	۰/۳	نامانا	-۲/۴۴	۰/۰۴	مانا
تفاضل مرتبه‌اول سرمایه	Δk	-۱/۷	۰/۰۵	مانا	____	____	___
نیروی کار	l	-۱/۸۲	۰/۰۴	مانا	-۲/۴۴	۰/۰۰۱	مانا
نرخ شهرنشینی	urb	-۱/۶۸	۰/۰۴	مانا	۰/۹	۰/۸	نامانا
تفاضل مرتبه‌اول شهرنشینی	Δurb	____	___	___	-۵/۲۳	۰/۰۰	مانا
نرخ رشد فنّاوری	tec	-۱/۰۲	۰/۱	مانا	-۳/۴۲	۰/۰۰	مانا
نرخ باروری	fr	-۲/۲۵	۰/۰۱	مانا	-۲/۷	۰/۰۰	مانا
نرخ مرگ‌ومیر	mr	-۳/۱	۰/۰۰	مانا	۰/۹	۰/۸	نامانا
تفاضل مرتبه اول مرگ‌ومیر	Δmr	____	____	___	-۲/۵۳	۰/۰۰	مانا
درجه باز بودن تجاری	TO	-۳/۶	۰/۰۰	مانا	-۲/۰۴	۰/۰۴	مانا
جهانی‌شدن اقتصادی	kofe	-۲/۱	۰/۰۳	مانا	-۲/۳	۰/۰۱	مانا
بی‌ثباتی سیاسی	PI	-۳/۵۶	۰/۰۰	مانا	-۲/۱	۰/۰۳	مانا

منبع: یافته‌های پژوهش

مطابق با اطلاعات جدول (۲)، متغیرها ترکیبی از مانا و نامانا، و به عبارتی دیگر، از درجه مانایی I(0) و I(1) هستند.

۲-۱-۳. آزمون هم‌انباشتگی داده‌های تابلویی[1] کائو

در تحلیل‌های هم‌انباشتگی، وجود روابط بلندمدت اقتصادی، آزمون و برآورد می‌شود. ایده اصلی در تجزیه‌وتحلیل هم‌انباشتگی، این است که اگرچه بسیاری از سری‌های زمانی اقتصادی نامانا (حاوی روندهای تصادفی) هستند، اما ممکن است که در بلندمدت، ترکیب خطی این متغیرها، مانا (و بدون روند تصادفی) باشند. تجزیه‌وتحلیل‌های هم‌انباشتگی به آزمون و برآورد این رابطه تعادلی بلندمدت کمک می‌کند. آزمون هم‌انباشتگی به‌هنگام استفاده از داده‌های تابلویی، به‌روش پیشنهادی کائو انجام می‌شود. آماره آزمون، دارای توزیع t استاندارد است.

جدول ۳: نتیجه آزمون هم‌جمعی کائو

معادله	کشورهای توسعه‌یافته		کشورهای درحال‌توسعه	
	احتمال	آماره	احتمال	آماره
۱	۰/۰۰	۶/۶	۰/۰۵	-۲/۳
۲	۰/۰۰	۲/۶	۰/۰۰	-۳/۲۹
۳	۰/۰۰	-۴/۱۴	۰/۰۰	-۳/۹۷

منبع: محاسبات پژوهش

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از آزمون کائو، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود هم‌جمعی بین متغیرها رد شده و وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها در الگوهای برآوردی، تأیید می‌شود و رگرسیون برآورد شده، کاذب نخواهد بود.

۲-۳. آزمون‌های درونزایی

یکی از مسائل مهم در برآورد رگرسیون، موضوع برونزایی متغیرهای توضیحی است. یک متغیر درونزا است، اگر با اجزای اخلال، همبستگی معناداری داشته باشد. اگر متغیرهای توضیحی مدل رگرسیون درونزا باشد، در این صورت، برآورد مدل با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی برآوردهای تورش-دار است و ناسازگاری را نتیجه خواهد داد. برای آزمون درونزایی متغیرها، می‌توان از آزمون‌های دوربین - وو - هاسمن استفاده کرد. فرضیه صفر در این آزمون، برونزایی متغیرهای مدل است.

جدول ۴: نتایج آزمون درونزایی

معادله	آزمون درونزایی کشورهای توسعه‌یافته				آزمون درونزایی کشورهای درحال‌توسعه			
	آزمون دوربین		آزمون وو - هاسمن		آزمون دوربین		آزمون وو - هاسمن	
	احتمال	آماره	احتمال	آماره	احتمال	آماره	احتمال	آماره
۱	۰/۰۰	۲۶/۵	۰/۰۰	۱۳/۶۷	۰/۰۰	۲۴/۱۲	۰/۰۰	۱۲/۴۶
۲	۰/۰۰	۱۲/۰۵	۰/۰۰	۶/۰۸	۰/۰۰	۱۲/۵۸	۰/۰۰	۶/۳۸
۳	۰/۰۳	۸۷/۷۵	۰/۰۳	۵۱/۴۸	۰/۰۰	۱۴/۷	۰/۰۰	۷/۳۶

منبع: محاسبات پژوهش

1. Panel cointegration test

طبق نتایج به‌دست‌آمده، فرضیه صفر مبنی بر برونزایی متغیرها رد شده و تمامی متغیرها درونزا هستند؛ لذا نمی‌توان از روش حداقل مربعات معمولی برای تخمین مدل استفاده کرد و باید به روش‌های برآورد حداقل مربعات دومرحله‌ای یا گشتاورهای تعمیم‌یافته متوسل شد و باید از روش‌های دیگر برآورد نظیر حداقل مربعات دو مرحله‌ای (2SLS) یا گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) استفاده کرد (آرلانو و باند[1]، ۱۹۹۱).

برآوردگر 2SLS، ممکن است به‌دلیل مشکل در انتخاب ابزارها، واریانس‌های بزرگ برای ضرایب به‌دست دهد و برآوردها از لحاظ آماری معنی‌دار نباشد، لذا روش GMM سیستمی برای حل این مشکل پیشنهاد شده است. به‌کارگیری روش GMM، مزیت‌هایی مانند لحاظ ناهمسانی فردی و اصلاعات بیشتر و حذف تورش‌های موجود در رگرسیون مقطعی را به همراه دارد که منتج به تخمین-های دقیق‌تر، با کارآیی بالاتر و همخطی کمتر است (بالتاجی، ۲۰۰۷).

۳-۳. آزمون شناسایی محدودیت‌های بیش از حد (آزمون جی هانسن)

آزمون تشخیصی به‌منظور الگوهای داده‌های تابلویی سیستمی به روش گشتاورهای تعمیم‌یافته، آزمون جی هانسن است که برای مشخص‌شدن صحت و اعتبار متغیرهای ابزاری به‌کار می‌رود. بدین ترتیب، محدودیت‌های مدل در زمینه بیش از حد مشخص‌بودن، باید مورد آزمون قرار گیرد. در آزمون هانسن، فرضیه صفر به معنای آن است که ابزارهای مورداستفاده، معتبر بوده است. در این آزمون، اگر آماره j از مقدار بحرانی بزرگ‌تر باشد، مدل موردنظر رد می‌شود.

جدول ۵: نتایج آزمون درونزایی

معادله	آزمون جی هانسن	
	احتمال	آماره
کشورهای توسعه‌یافته	۰/۵۱	۰/۴۱
کشورهای درحال‌توسعه	۰/۷۱	۰/۶۷

منبع: یافته‌های پژوهش

باتوجه به نتایج جدول، فرضیه صفر رد نشده و متغیرهای ابزاری، از اعتبار کافی برخوردارند.

۴-۳. الگوی گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)[2]

از جمله روش‌های اقتصادسنجی مناسب برای حل یا کاهش مشکل درونزا بودن شاخص‌ها و همبستگی بین متغیرهای توضیحی، تخمین مدل با استفاده از گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) است. به‌کاربردن روش GMM، مزیت‌هایی همانند، لحاظ نمودن ناهمسانی فردی و اطلاعات بیشتر، حذف تورش‌های موجود در رگرسیون‌های مقطعی است که نتیجه آن، تخمین‌های دقیق‌تر، با کارآیی بالاتر و هم‌خطی

1. Arellano & Bond (1991)
2. General Method of Moments (GMM)

کمتر در GMM خواهد بود. روش GMM، هنگامی به کار می‌رود که تعداد متغیرهای مقطعی (N)، بیشتر از تعداد زمان و سال‌ها (T) باشد (N>T) که در این مقاله نیز این شرط وجود دارد؛ یعنی تعداد کشورها بیشتر از تعداد زمان است (بالتاجی، ۲۰۰۸).

نتایج حاصل از برآورد الگو برای کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته منتخب، با در نظر گرفتن متغیرهای ردپای اکولوژیکی، رشد اقتصادی، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر، توسعه مالی، درجه باز بودن تجاری، بی‌ثباتی سیاسی، سرمایه فیزیکی، جهانی شدن اقتصاد، سرمایه انسانی، نرخ مرگ و میر، نرخ رشد فناوری، نرخ شهرنشینی و عرض از مبدأ، به‌عنوان متغیر ابزاری، در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول ۶: نتایج برآورد مدل برای کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه

	متغیرهای مستقل	کشورهای توسعه‌یافته		کشورهای درحال‌توسعه	
		ضریب	احتمال	ضریب	احتمال
معادله ۱- متغیر وابسته ردپای اکولوژیکی	رشد اقتصادی	-۰/۶۵	۰/۰۰	۰/۴۹	۰/۰۰
	انرژی‌های تجدیدناپذیر	۰/۵۶	۰/۰۱	۰/۷۴	۰/۰۰
	انرژی‌های تجدیدپذیر	-۰/۷۷	۰/۰۰	-۰/۰۶	۰/۰۲
	نرخ شهرنشینی	۰/۰۴	۰/۶۷	۰/۱۶	۰/۰۰
	نرخ رشد فنّاوری	-۰/۴۷	۰/۰۰	-۰/۰۱	۰/۴۱
	سرمایه انسانی	-۰/۲۴	۰/۰۰	-۰/۰۴	۰/۰۹
	نرخ باروری	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۲	۰/۱
	نرخ مرگ‌ومیر	۰/۱	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰
	متغیرهای مستقل	کشورهای توسعه‌یافته		کشورهای درحال‌توسعه	
معادله ۲- متغیر وابسته مصرف انرژی		ضریب	احتمال	ضریب	احتمال
	ردپای اکولوژیک	-۰/۰۷	۰/۰۰	-۰/۱۵	۰/۰۰
	رشد اقتصادی	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰
	نرخ شهرنشینی	۰/۲۵	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۰
	توسعه مالی	۰/۳۲	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۰۰
	متغیرهای مستقل	کشورهای توسعه‌یافته		کشورهای درحال‌توسعه	
معادله ۳- متغیر وابسته رشد اقتصادی		ضریب	احتمال	ضریب	احتمال
	ردپای اکولوژیک	-۰/۱۳	۰/۰۰	۰/۳۶	۰/۰۰
	انرژی‌های تجدیدناپذیر	۰/۲۹	۰/۰۰	۰/۳۵	۰/۰۰
	انرژی‌های تجدیدپذیر	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۰
	توسعه مالی	۰/۲۶	۰/۰۰	۰/۳۱	۰/۰۰
	درجه باز بودن تجاری	۰/۳۱	۰/۰۰	۰/۱۹	۰/۰۰
	بی‌ثباتی سیاسی	-۰/۳۳	۰/۰۰	-۰/۱۶	۰/۰۷*
	سرمایه فیزیکی	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۳۱	۰/۰۰
	نیروی کار	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰
	جهانی‌سازی اقتصادی	۰/۶۴	۰/۰۰	۰/۴۹	۰/۰۰
	سرمایه انسانی	۰/۲۲	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۰
	نرخ مرگ‌ومیر	-۰/۱۲	۰/۰۰	-۰/۰۳	۰/۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

مطابق با نتایج حاصل از برآورد معادله (۳) در جدول (۶)، مصرف انرژی (تجدیدناپذیر)، بر رشد اقتصادی هر دو دسته از کشورهای مورد بررسی، اثر مثبت داشت، که مطابق با نظریات اقتصاددانان اکولوژیکی مبنی بر نقش پررنگ انرژی بر رشد اقتصادی است. از طرفی، ردپای اکولوژیکی بر رشد اقتصادی کشورهای توسعه‌یافته، اثر منفی، و بر رشد اقتصادی کشورهای درحال‌توسعه، اثر مثبت داشته است.

طبق فرضیه کوزنتس، افزایش تولید در اقتصاد، مستلزم استفاده بیشتر از نهاده‌ها، منابع طبیعی و انرژی است که این امر، به تولید گازهای گلخانه‌ای منجر شده و تخریب محیط‌زیست را به‌دنبال دارد. کشورهای درحال‌توسعه به‌دلیل اینکه در ابتدای مسیر توسعه و در شاخه صعودی منحنی کوزنتس قرار گرفته‌اند، با افزایش رشد اقتصادی، میزان آلودگی بیشتر و تخریب‌های بیشتر زیست محیطی را تجربه می‌کنند، لذا در این کشورها، یک رابطه متقابل میان رشد اقتصادی و ردپای اکولوژیک وجود دارد؛ اما کشورهای توسعه‌یافته به‌دلیل اینکه در شاخه نزولی منحنی کوزنتس قرار گرفته‌اند، با افزایش رشد اقتصادی به‌دلیل بهره‌گیری از فنّاوری‌های پیشرفته و دوستدار محیط‌زیست و به‌دلیل وجود استانداردهای زیست‌محیطی محکم و باثبات، تخریب‌های زیست‌محیطی، کاهش یافته است.

نتایج برآورد معادله (۲) نیز نشان می‌دهد که در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه، رشد اقتصادی بر مصرف انرژی، اثر مثبت داشته، که بیانگر آن است که با افزایش رشد اقتصادی به‌دلیل انرژی بر بودن تولیدات در کشورهای مورد بررسی، نیاز به مصرف انرژی نیز بیشتر شده است. از طرفی، براساس نتیجه برآورد معادله (۲)، ردپای اکولوژیکی بر مصرف انرژی (تجدیدناپذیر)، اثر منفی داشته است که به ایجاد آلودگی ناشی از مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر و اثرات مخرب این آلودگی ها بر محیط‌زیست اشاره دارد.

براساس نتایج برآورد معادله (۱)، در کشورهای توسعه‌یافته، رشد اقتصادی، اثر منفی بر ردپای اکولوژیکی داشته، درحالی‌که در کشورهای درحال‌توسعه، اثر رشد اقتصادی بر ردپای اکولوژیکی، مثبت بوده است. این نتیجه، از این موضوع حکایت دارد که در کشورهای توسعه‌یافته بر خلاف کشورهای درحال‌توسعه، رشد و توسعه اقتصادی با استفاده از انرژی‌های پاک که مصرف آنها با عدم ایجاد آلودگی و یا کاهش تولید آلودگی همراه بوده است و از طرفی، کشورهای توسعه‌یافته، از فنّاوری های جدیدتر استفاده کرده‌اند که به اثر منفی رشد اقتصادی بر تخریب زیست‌محیطی منجر شده است.

همچنین براساس نتایج برآورد معادله (۱)، مصرف انرژی (تجدیدناپذیر) بر ردپای اکولوژیکی هر دو دسته کشورهای مورد بررسی، مثبت بوده، درحالی‌که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، اثر منفی بر ردپای اکولوژیکی کشورهای مورد مطالعه داشته است که لزوم جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر با انرژی‌های تجدیدناپذیر را مشخص می‌سازد.

۴. بحث

نتایج حاصل از برآورد الگو در جدول (۶)، بیانگر آن است که ضریب اثرگذاری شاخص مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر بر ردپای اکولوژیکی در هر دو دسته کشورهای مورد بررسی مثبت، اما در کشورهای درحال‌توسعه، از کشورهای توسعه‌یافته بیشتر بوده است (۰/۷۴ > ۰/۵۶). همچنین ضریب اثرگذاری شاخص مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر ردپای اکولوژیکی در هر دو دسته از کشورهای مورد مطالعه منفی، اما در کشورهای توسعه‌یافته، بیش از کشورهای درحال‌توسعه بوده است (۰/۷۷ > ۰/۰۶). مقایسه ضرایب مصرف این دو دسته از انرژی‌ها در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه باتوجه‌به ماهیت متفاوتی که دارند، بیانگر اتکای بیشتر تولید به استفاده از انواع انرژی در کشورهای توسعه‌یافته نسبت به کشورهای درحال‌توسعه است. این نتیجه، با نتایج مطالعات پارسا شریف و همکاران (۱۴۰۰)، طرازکار و همکاران (۱۳۹۹)، پاتا (۲۰۲۰) و نیاگو (۲۰۲۰) مطابقت دارد.

ضریب اثرگذاری رشد اقتصادی بر شاخص ردپای اکولوژیکی در کشورهای توسعه‌یافته، منفی و برابر با ۰/۶۵- و در کشورهای درحال‌توسعه مثبت و برابر با ۰/۴۹ است. به عبارتی، رشد اقتصادی بیشتر در کشورهای توسعه‌یافته، با کاهش تخریب زیست‌محیطی و در کشورهای درحال‌توسعه، با افزایش تخریب زیست‌محیطی همراه بوده است. متضاد بودن نحوه اثرگذاری رشد اقتصادی بر شاخص ردپای اکولوژیکی در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه باتوجه‌به نحوه اثرگذاری انرژی‌های تجدیدناپذیر و تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی و به‌دنبال آن، ردپای اکولوژیکی، بیانگر آن است که کشورهای توسعه‌یافته، رویکردی را در پیش گرفته‌اند که براساس آن، در فرایند تولید، بیش از آنکه از انرژی‌های تجدیدناپذیر استفاده شود، از انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده شده است؛ درحالی‌که استفاده بیشتر از انرژی‌های تجدیدناپذیر در کشورهای درحال‌توسعه، اگرچه به دستیابی به رشد اقتصادی منجر شده، اما تخریب زیست‌محیطی بیشتر را به همراه داشته است. این نتیجه، با نتایج مطالعات طرازکار و همکاران (۱۳۹۹)، طرازکار و همکاران (۱۳۹۶)، نیاگو (۲۰۲۰) و آکادیری و همکاران (۲۰۱۹)، مطابقت دارد.

ضریب اثرگذاری نرخ شهرنشینی بر ردپای اکولوژیکی در هر دو دسته از کشورهای مورد بررسی مثبت، اما در کشورهای درحال‌توسعه، بیشتر از کشورهای توسعه‌یافته است (۰/۱۶ > ۰/۰۴). در هر دو دسته از کشورهای مورد بررسی، مدیریت بهتر سیاست‌گذاران در راستای مصرف انواع انرژی که بویژه در زندگی شهری مورد مصرف بیشتری دارد بالاخص در امور حمل و نقل که در آن از سوخت‌های فسیلی همچون بنزین و گازوئیل استفاده می‌شود، می‌تواند در کاهش اثرات مخرب شهرنشینی بر محیط‌زیست مؤثر باشد.

ضریب اثرگذاری نرخ رشد فنّاوری بر ردپای اکولوژیکی در هر دو دسته از کشورهای مورد بررسی، منفی است؛ اما این ضریب در کشورهای درحال‌توسعه از نظر آماری معنادار نیست. بدین ترتیب، استفاده از فنّاوری‌های پیشرفته که نسبت به انواع قدیمی‌تر فنّاوری‌ها، اغلب پاک‌تر و ایمن‌تر هستند

و حتی ممکن است که روش‌هایی را برای بازسازی آسیب‌های زیست‌محیطی موجود از قبل پیشنهاد کنند، می تواند راهگشا باشد.

سرمایه انسانی در هر دو دسته از کشورهای مورد بررسی، اثری منفی بر ردپای اکولوژیکی داشته است. بیشتر بودن این تأثیر در کشورهای توسعه‌یافته نسبت به کشورهای درحال‌توسعه (۰/۲۴ > ۰/۰۴)، نشان از مؤثرتر و کارآمدتر بودن سرمایه انسانی در کشورهای توسعه‌یافته دارد.

اثر نرخ باروری بر ردپای اکولوژیکی در هر دو دسته کشورهای مورد بررسی مثبت، اما در کشورهای درحال‌توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته، بیشتر بوده است (۰/۲ > ۰/۰۱). افزایش نرخ باروری که به رشد جمعیت منجر می‌شود، با افزایش تقاضا در جامعه همراه است. در صورت استفاده بی‌رویه از منابع طبیعی به‌منظور پاسخ به تقاضای جامعه، بدون توجه به ظرفیت‌های موجود این منابع، موجبات تخریب سریع منابع طبیعی و محیط‌زیست فراهم می‌آید.

ضریب اثرگذاری نرخ مرگ‌ومیر بر شاخص ردپای اکولوژیکی در هر دو دسته کشورهای مورد بررسی مثبت بوده، اما در کشورهای توسعه‌یافته، بزرگ‌تر از کشورهای درحال‌توسعه است (۰/۱ > ۰/۰۱). این موضوع، به توانایی سرمایه‌های انسانی در کشورهای توسعه‌یافته برای کاهش دادن تخریب زیست‌محیطی برمی‌گردد؛ بنابراین، حفظ بهداشت و سلامت افراد که به کاهش مرگ‌ومیر و ازدست‌رفتن سرمایه‌های انسانی منجر می‌شود، می‌باید در دستور کار سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کشورهای مورد بررسی قرار گیرد.

ضریب اثرگذاری شاخص ردپای اکولوژیکی بر مصرف انرژی در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه منفی، اما در کشورهای درحال‌توسعه، بیش از کشورهای توسعه‌یافته است (۰/۱۵ > ۰/۰۷). همان‌طور که اشاره شد، در کشورهای درحال‌توسعه نسبت به توسعه‌یافته، از انرژی‌های تجدیدناپذیر بیشتر استفاده می‌شود که با اثرات منفی زیست‌محیطی همراه است. بدین ترتیب، با افزایش ردپای اکولوژیکی، استفاده از این نوع انرژی نیز در کشورهای درحال‌توسعه، کاهش بیشتری داشته است. ازآنجاکه مصرف انرژی تجدیدناپذیر از جمله سوخت‌های فسیلی، به افزایش تخریب زیست‌محیطی منجر شده است، کاهش مصرف این دسته از انرژی‌ها، کاهش تخریب زیست‌محیطی را به همراه داشته است. بااین‌وجود، به‌دلیل تأثیر مصرف انرژی در دستیابی به رشد اقتصادی، بار دیگر لزوم جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک با انرژی‌های تجدیدناپذیر، مطرح می‌شود.

ضریب اثرگذاری رشد اقتصادی بر مصرف انرژی در هر دو دسته از کشورهای مورد مطالعه مثبت، اما در کشورهای درحال‌توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته، بزرگ‌تر است (۰/۱۶ > ۰/۰۱). ازآنجایی‌که در کشورهای توسعه‌یافته نسبت به درحال‌توسعه‌ها، فنّاوری‌های پیشرفته‌تری در تولید وجود دارد، تلاش برای افزایش رشد اقتصادی، با افزایش مصرف انرژی کمتری همراه بوده است. باتوجه‌به اهمیت استفاده از انرژی در دستیابی به رشد اقتصادی و از طرفی، اثر مخرب مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر بر رشد اقتصادی در هر دو دسته از کشورها، در این یافته نیز بر جایگزینی مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر با تجدیدناپذیر تأکید می‌شود.

ضریب اثرگذاری نرخ شهرنشینی بر مصرف انرژی در هر دو دسته از کشورهای مورد مطالعه مثبت، اما در کشورهای توسعه‌یافته نسبت به کشورهای درحال‌توسعه، بزرگ‌تر است (۰/۲۵ > ۰/۰۳). بیشتر بودن مصرف انرژی در راستای گسترش شهرنشینی در کشورهای توسعه‌یافته نسبت به درحال‌توسعه‌ها، بیانگر سبک زندگی مبتنی بر مصرف انرژی بیشتر در این کشورها است. از طرفی، گسترش شهرنشینی در کشورهای توسعه‌یافته، با صنعتی بودن شهرها و افزایش تولیدات کارخانه‌ای همراه است که به مصرف بیشتر انرژی در این کشورها نسبت به کشورهای درحال‌توسعه، منجر می‌شود. به‌دلیل ماهیت شهرنشینی بویژه در حوزه حمل‌ونقل، تولیدات کارخانه‌ای و استفاده از وسایل گرمایی و سرمایی انرژی بر، افزایش مصرف انرژی در پی گسترش شهرنشینی، اجتناب‌ناپذیر است؛ اما باتوجه‌به اثر منفی انرژی‌های تجدیدناپذیر بر کیفیت محیط‌زیست، بار دیگر لزوم جایگزینی این دو دسته انرژی با یکدیگر مطرح می‌شود.

ضریب اثرگذاری توسعه مالی بر مصرف انرژی در هر دو دسته از کشورهای مورد بررسی مثبت، اما اثر در کشورهای توسعه‌یافته بیش از کشورهای درحال‌توسعه است (۰/۳۲ > ۰/۰۵). این یافته، بیانگر آن است که مصرف‌کنندگان با تأمین مالی بیشتر از طریق توسعه مالی، مصرف کلیه کالاها از جمله کالاهای انرژی‌بر را افزایش داده و تولیدکنندگان نیز با توسعه مالی که به دسترسی به منابع مالی آسان‌تر و ارزان‌تر منجر می‌شود، به تولیدات بیشتر می‌پردازند که مستلزم استفاده از انرژی در تولیدات‌شان بوده، اما در این مورد نیز لزوم استفاده بیشتر از انرژی‌های پاک به‌جای انرژی‌های فسیلی مشهود است.

ضریب اثرگذاری شاخص ردپای اکولوژیکی بر رشد اقتصادی کشورهای توسعه‌یافته منفی، و برای کشورهای درحال‌توسعه، مثبت است. کشورهای توسعه‌یافته، سال‌های طولانی توانسته‌اند رشد اقتصادی بالایی را تجربه کنند و از ظرفیت‌های تولیدی خود استفاده کرده‌اند؛ بنابراین، تخریب محیط‌زیست، به کاهش روند رشد در این دسته از کشورها منجر شده، درحالی‌که در کشورهای درحال‌توسعه، هنوز از ظرفیت‌های تولید به‌طور کامل استفاده نشده، و در مسیر دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر- حتی با وجود تخریب زیست‌محیطی- توقف و کندی اتفاق نیفتاده است. در این راستا، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و استفاده از انرژی‌های پاک علاوه بر کاهش تخریب محیط‌زیست، می‌تواند به رشد اقتصادی کشورها کمک کند.

مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر و تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی هر دو دسته از کشورهای مورد بررسی، اثر مثبت داشته، اما این اثر در کشورهای درحال‌توسعه، بیشتر از کشورهای توسعه‌یافته بوده است (۰/۳۵ > ۰/۲۹ و ۰/۰۹ > ۰/۰۴). بدین ترتیب، صرفه‌جویی در مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر و جایگزین کردن انرژی‌های تجدیدپذیر، علاوه بر اینکه به رشد اقتصادی خللی وارد نمی‌کند، از تخریب محیط‌زیست نیز جلوگیری خواهد کرد.

ضریب اثرگذاری توسعه مالی بر رشد اقتصادی هر دو دسته کشورهای مورد بررسی مثبت، اما در کشورهای درحال‌توسعه، بیش از کشورهای توسعه‌یافته است (۰/۳۱ > ۰/۲۶)؛ بنابراین، کشورها می

توانند با تقویت نظام بانکی، به تخصیص بهینه منابع مالی کمک کنند و منابع مالی را بیشتر به سمت طرح‌های سرمایه‌گذاری مولد سوق دهند.

درجه بازبودن تجاری و شاخص جهانی‌سازی بر رشد اقتصادی کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه، اثر مثبت داشته‌اند؛ هرچند این اثر در کشورهای توسعه‌یافته، بیش از کشورهای درحال‌توسعه است (۰/۳۱ > ۰/۱۹ و ۰/۶۴ >۰/۴۹). این یافته که با نتایج مطالعه عمری و همکاران (۲۰۱۵) همسو است، نشان می‌دهد که سیاست‌گذاران اقتصادی، همواره باید زمانی که برای رشد اقتصادی کشورشان برنامه‌ریزی می‌کنند، مسأله تجارت خارجی را نیز مورد توجه جدی قرار دهند.

بی‌ثباتی سیاسی بر رشد اقتصادی هر دو دسته از کشورهای مورد بررسی، اثر منفی داشته، اگرچه این اثر در کشورهای توسعه‌یافته، بیشتر از کشورهای درحال‌توسعه است (۰/۳۳ > ۰/۱۶). این یافته، نشان می‌دهد که ایجاد ثبات سیاسی در داخل کشورها و جلب اعتماد همگانی نسبت به دولت در چهارچوب قوانین کشورها، یک ضرورت جدی است.

ضریب اثرگذاری سرمایه فیزیکی مطابق با انتظارات نظری بر رشد اقتصادی هر دو دسته از کشورهای مورد بررسی، اثر مثبت داشته، اما این اثر در کشورهای درحال‌توسعه از کشورهای توسعه‌یافته، بیشتر بوده است (۰/۳۱ > ۰/۰۱). ضریب اثرگذاری نیروی کار بر رشد اقتصادی نیز در هر دو دسته از کشورهای مورد بررسی، مثبت بوده، اما این ضریب در کشورهای درحال‌توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته، بیشتر بوده است (۰/۱۶ > ۰/۰۲). این دو یافته، بیانگر اهمیت دو عامل مهم تولید (سرمایه و نیروی کار) در دستیابی به رشد اقتصادی است. از طرفی، ضریب اثرگذاری سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی در هر دو دسته از کشورهای مورد مطالعه مثبت، اما در کشورهای توسعه‌یافته نسبت به کشورهای درحال‌توسعه، بزرگ‌تر بوده است (۰/۲۲ > ۰/۱) که نشانگر متخصص تر بودن سرمایه‌های انسانی در کشورهای توسعه یافته نسبت به در حال توسعه می‌باشد. بدین ترتیب، حمایت‌های مالی و غیرمالی دولت‌ها برای گسترش آموزش و تحقیق، به افزایش رشد اقتصادی کمک خواهد کرد.

ضریب اثرگذاری نرخ مرگ‌ومیر بر رشد اقتصادی در هر دو دسته از کشورهای مورد مطالعه منفی، اما در کشورهای توسعه‌یافته، بیشتر از کشورهای درحال‌توسعه بوده (۰/۱۲ > ۰/۰۳) که بیانگر نقش مؤثر نیروی انسانی بویژه نیروهای آموزش دیده و متخصص، در حفاظت از محیط زیست و جلوگیری از تخریب آن است.

۵. نتیجه‌گیری

با توجه به نتیجه حاصل از برآورد الگو مبنی بر اثر مثبت مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر بر ردپای اکولوژیکی و اثر منفی مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر ردپای اکولوژیکی در هر دو دسته از کشورهای مورد بررسی، پیشنهاد می‌شود که کشورها، بویژه کشورهای درحال‌توسعه، جهت ایجاد و استفاده از انرژی‌های پاک، تلاش کنند. افزایش اطلاعات، آموزش صحیح و تبادل اطلاعات با دیگر کشورها به‌منظور بهره‌مندی از اطلاعات و کالاهای همسو با محیط‌زیست پیشرفته، تعلق گرفتن مالیات به

تولیدکنندگانی که از انرژی‌های آلاینده استفاده می‌کنند و اعطای معافیت مالیاتی و اعطای تسهیلات کم‌بهره و بلندمدت به تولیدکنندگانی که از انرژی‌های پاک استفاده می‌کنند، به کاهش ردپای اکولوژیکی کمک خواهد کرد.

با توجه به اینکه مطابق با نتایج حاصل از برآورد الگو، افزایش رشد اقتصادی در کشورهای توسعه یافته بر خلاف کشورهای در حال توسعه، به کاهش ردپای اکولوژیکی منجر شده است و این تفاوت بین کشورها می‌تواند به‌دلیل اتخاذ رویکرد استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای توسعه یافته باشد، لازم است تمهیداتی از جانب سیاست‌گذاران کشورهای در حال توسعه اتخاذ شود تا رشد اقتصادی، کمترین صدمه را به محیط‌زیست وارد آورده و اهداف توسعه پایدار محقق شود. در این راستا، توصیه می‌شود که کشورهای درحال‌توسعه نیز همچون کشورهای توسعه‌یافته برای جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر و کمتر آلاینده همچون انرژی خورشیدی، انرژی باد و انرژی حاصل از نیروگاه‌های آبی، به‌جای انرژی‌های تجدیدناپذیر، تلاش کنند.

مطابق با نتایج حاصل از برآورد الگو، افزایش نرخ شهرنشینی بر مصرف انرژی، اثر مثبت داشته و از طرفی، ردپای اکولوژیکی را در هر دو دسته کشورهای مورد بررسی، افزایش داده است که انجام اقداماتی در زمینه کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی بویژه در بخش حمل و نقل، تولیدات کارخانه‌ای و استفاده از وسایل گرمایی و سرمایی انرژی بر که نتیجه سبک زندگی شهری است را الزامی می‌کند. در این راستا، بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل، گسترش استفاده از حمل‌ونقل عمومی در شهرها و افزایش استفاده از منابع انرژی پاک، ساماندهی مسائل شهرنشینی، کارآمدتر کردن مصرف انرژی در تولید و ارتقای فنّاوری‌های تولید و توزیع انرژی، گسترش آموزش‌های فرهنگی حفظ محیط‌زیست و فراهم‌کردن بسترهای مناسب برای توسعه روستاها در کاهش تخریب زیست‌محیطی ناشی از شهرنشینی مؤثرند. این راهکارها بویژه در مورد کشورهای درحال‌توسعه که شهرنشینی در آنها اثرات مخرب‌تری بر محیط‌زیست داشته است، می‌باید در دستور کار دولت قرار گیرد تا بدین ترتیب، ادامه رشد پایدار در این‌گونه کشورها امکان‌پذیر گردد.

با توجه به اینکه نرخ رشد فنّاوری بر ردپای اکولوژیکی، اثر منفی داشته است، استفاده از فنّاوری های پیشرفته و اعطای تسهیلات به تولیدکنندگان به‌منظور کنارگذاشتن فنّاوری‌های قدیمی و آلاینده و استفاده از فنّاوری‌های جدید، می‌تواند در این زمینه مؤثر باشد.

اثر منفی سرمایه انسانی بر ردپای اکولوژیکی در هر دو دسته کشورهای مورد بررسی، لزوم افزایش سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی از طریق افزایش میزان آگاهی افراد جامعه و التزام آنها به رعایت ملاحظات زیست‌محیطی را آشکار می‌کند. بدین ترتیب، افزایش سرمایه انسانی از طریق آموزش و ارتقاء دانش افراد در جامعه، می‌تواند به‌عنوان یک ابزار کنترلی در حوزه انتشار آلودگی به‌حساب آید، زیرا اصولاً در جوامعی که مردم از سطح تحصیلات بالاتری برخوردار هستند، نگرانی بیشتری نسبت به تخریب محیط‌زیست و عواقب آن وجود دارد و آلودگی کمتر، ایجاد می‌شود. این سیاست‌ها بخصوص

در کشورهای درحال‌توسعه که سرمایه انسانی در آنها نسبت به کشورهای توسعه‌یافته، اثر کمتری بر بهبود وضعیت محیط‌زیست داشته است، می‌باید در پیش گرفته شود.

افزایش نرخ باروری بر ردپای اکولوژیکی در هر دو دسته کشورهای مورد بررسی، اثر مثبت داشته است که نشان می‌دهد، سیاست‌گذاران ضمن آگاه‌سازی جامعه در مورد اثرات تخریبی افزایش جمعیت بر محیط‌زیست و ارتقاء سطح آموزش در این حوزه، ضرورت دارد که به شیوه‌های مختلف از جمله تلاش برای افزایش بهره‌وری و کاربرد فنّاوری‌های پاک، این روند را تعدیل نمایند.

از طرفی نرخ مرگ‌ومیر بر شاخص ردپای اکولوژیکی در هر دو دسته کشورهای مورد بررسی، اثر مثبت داشته که حاکی از نقش مؤثر سرمایه‌های انسانی در کمک به کاهش تخریب محیط زیست است. بنابراین، حفظ بهداشت و سلامت افراد که به کاهش مرگ‌ومیر و ازدست‌رفتن سرمایه‌های انسانی منجر می‌شود، می‌باید در دستور کار سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کشورهای مورد بررسی قرار گیرد. آموزش مداوم و ارتقاء سطح آموزش برای جایگزینی سرمایه‌های انسانی جدید به‌جای سرمایه‌های انسانی از بین رفته نیز می‌تواند اثر مثبت نرخ مرگ‌ومیر بر تخریب زیست‌محیطی را کاهش دهد.

با توجه به مثبت بودن اثر توسعه مالی بر رشد اقتصادی هر دو دسته کشورهای مورد بررسی، تقویت نظام بانکی کشورها و برخورداری بخش خصوصی و بویژه بنگاه‌های کوچک، از امکان دسترسی به منابع بانکی، با قدرت جذب بیشتر و هزینه پایین‌تر، همچنین تقویت انضباط مالی دولت‌ها و توسعه بازارهای مالی منسجم و رقابتی نیز از پیشنهادهای مبتنی بر یافته مذکور است.

اثر مثبت درجه بازبودن تجاری و شاخص جهانی‌سازی بر رشد اقتصادی کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه نیز لزوم توجه بیشتر سیاست‌گذاران به تجارت خارجی را روشن می‌سازد. در این راستا، در کشورهای مورد مطالعه، دولت‌ها می‌باید میزان تولیدات داخلی و کیفیت آنها را به‌منظور بالارفتن توان رقابت‌پذیری، افزایش دهند. در جهت تقویت بخش تولید و حذف موانع ساختاری بر سر جهانی‌شدن نیز اصلاح قوانین مربوط به تجارت و اجرای حق مالکیت، می‌تواند مؤثر باشد.

اثر منفی بی‌ثباتی سیاسی بر رشد اقتصادی هر دو دسته از کشورهای مورد بررسی که بیانگر اهمیت ایجاد ثبات سیاسی در داخل کشورها و جلب اعتماد همگانی نسبت به دولت در چهارچوب قوانین کشورها است، لزوم پرهیز از هرگونه ایجاد تنش سیاسی و برنامه‌ریزی مناسب برای ایجاد ثبات سیاسی در شکوفایی رشد و توسعه اقتصادی را نشان می‌دهد.

با توجه به اثر مثبت سرمایه فیزیکی بر رشد اقتصادی هر دو دسته از کشورهای مورد بررسی، توصیه می‌شود که دولت‌ها سرمایه‌گذاری بویژه در امور زیربنایی را گسترش دهند، و با وضع قوانین و ایجاد سازوکارهایی در جهت رفع موانع سرمایه‌گذاری خصوصی و اتخاذ سیاست‌های اقتصادی مناسب، انگیزه برای سرمایه‌گذاری در بخش‌های مولد و پربازده را بیشتر کنند.

براساس نتایج حاصل از برآورد الگو، نیروی کار بر رشد اقتصادی در هر دو دسته از کشورهای مورد بررسی، اثر مثبت داشته است و ایجاب می‌کند که دولت‌ها با درنظرگرفتن افزایش جمعیت در

سال‌های آتی، با ایجاد زمینه افزایش سرمایه‌گذاری نیروی کار در تولیدات و زیرساخت‌ها توسط بخش دولتی و بخش خصوصی، شرایط افزایش نیروی کار و درنتیجه، رفاه اقتصادی را ایجاد نمایند.

به‌دلیل اثر مثبت سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی در هر دو دسته از کشورهای مورد مطالعه، پیشنهاد می‌شود که دولت‌ها حمایت‌های مالی و غیرمالی مختلفی برای گسترش آموزش و تحقیق در نظر بگیرند. از طریق تشویق مؤسسات مختلف تولیدی به سرمایه‌گذاری در تحقیقات و استفاده از نیروی کارآمد، زمینه خلق ایده‌ها و فنّاوری‌های مطلوب را در کشورشان گسترش دهند.

از طرفی، با توجه به اثر منفی نرخ مرگ‌ومیر بر رشد اقتصادی در هر دو دسته از کشورهای مورد مطالعه، انجام اقدامات سیاستی در راستای افزایش امید به زندگی، از قبیل ارتقاء سطح بهداشت و سلامت عمومی افراد جامعه از طریق تهیه تغذیه مناسب برای افراد جامعه، ارائه خدمات بهداشتی و مراقبتی عمومی، تهیه بیمه تأمین اجتماعی برای کلیه اقشار جامعه، توزیع مناسب و عادلانه درآمدها، علاوه بر افزایش رفاه اقتصادی و اجتماعی، به کاهش نرخ مرگ‌ومیر و درنتیجه، حفظ سطح مطلوب رشد اقتصادی کمک خواهد کرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

References

Ahmed, Z., Wang, Z., Mahmood, F., Hafeez, M., & Ali, N. (2019). "Does Globalization Increase the Ecological Footprint? Empirical Evidence from Malaysia". Environmental Science and Pollution Research, **26**(18): 18565-82.

Akadiri, S., Bekun, F. V., & Sarkodie, S. A. (2019). "Contemporaneous Interaction Between Energy Consumption, Economic Growth and Environmental Sustainability in South Africa: What Drives What?" Science of the Total Environment, 686: 468-475.

Alola, A. A., Bekun, F. V., & Sarkodie, S. A. (2019). "Dynamic Impact of Trade Policy, Economic Growth, Fertility Rate, Renewable and Non-Renewable Energy Consumption on Ecological Footprint in Europe". Science of the Total Environment, 685: 702-709.

Arellano, M., & Bond, S. (1991). "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations". The review of economic studies, **58**(2): 277-297.

Awerbuch, S., & Sauter, R. (2006). "Exploiting the Oil-GDP Effect to Support Renewables Deployment". Energy Policy, **34**(17): 2805-19.

Baltagi, B. H. (2008). *Econometric Analysis of Panel Data*. Chichester: John Wiley and Sons Ltd.

Baltagi, B.H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*. 3rd Edition, John Wiley & Sons Inc., New York.

Bond, S. (2002). Dynamic panel Models: A Guide to Micro Data Methods and practice. Institute for Fiscal Studies, Department of Economics, UCL, CEMMAP (Centre for Microdata Methods and practice) Working Paper No. CWPO9/02. Available online: http://cemmap.ifs.org.uk/wps/cwp0209.pdf.

Chambers, E. J., & Gordon, D. F. (1966). "Primary Products and Economic Growth: An Empirical Measurement". Journal of Political Economy, **74**(4): 315-332.

Chang, T. H., Huang, C. M., & Lee, M. C. (2009). "Threshold Effect of the Economic Growth Rate on the Renewable Energy Development from a Change in Energy Price: Evidence from OECD Countries". Energy policy, **37**(12): 5796-5802.

Charfeddine, L., & Mrabet, Z. (2017). "The Impact of Economic Development and Social Political Factors on Ecological Footprint: A Panel Data Analysis for 15 MENA Countries". Renewable and Sustainable Energy Reviews, 76: 138-154.

De Hoyos, R. E., & Sarafidis, V. (2006). "Testing for Cross-Sectional Dependence in Panel-Data Models". The Stata Journal, **6**(4): 482-496.

Ewing, B. D., Moore, S., Goldfinger, A., Oursler, A., Reed A., & Wackernagel, M. (2010) The Ecological Footprint Atlas 2010. Oakland: Global Footprint Network: 113.

Harding, R. (2006). "Ecologically Sustainable Development: Origins, Implementation and Challenges". Desalination, **187**(1-3): 229-239.

Kuznets, S. (1995). "Economic Growth and Income Inequality". American Economic Review, 49: 1-28.

Levine, R. (2003). "More on Finance and Growth: More Finance, More Growth?" Review-Federal Reserve Bank of Saint Louis, **85**(4): 31-46.

Lucas Jr, R. E. (1988). "On the Mechanics of Economic Development". Journal of Monetary Economics, **22**(1): 3-42.

Meadows, D. H., Randers, J., & Meadows, D. L. (2013). *The Limits to Growth (1972)*. Yale University Press: 101-116.

Mohammadi, H., & Zarif, Sh. (2018). "Investigating the Effect of Energy Efficiency on Environmental Performance Index in Selected OPEC Countries and the Organization for Economic Cooperation and Development". Iranian Journal of Energy Economics. **7**(28): 156-133 (In Persian).

Molaei, M., & Basharat, E. (2016). "Investigating Relationship Between Gross Domestic Product and Ecological Footprint as an Environmental Degradation Index". Economic research. **50**(4): 1017-33 (In Persian).

Monfreda, C., Wackernagel, M., & Deumling, D. (2004). "Establishing National Natural Capital Accounts Based on Detailed Ecological Footprint and Biological Capacity Assessments". Land use policy, **21**(3): 231-246.

Muhammad, B. (2019). Energy Consumption, CO2 Emissions and Economic Growth in Developed, Emerging and Middle East and North Africa Countries. Energy, 179, 232-245.

Nathaniel, S. P., Murshed, M., & Bassim, M. (2021). The Nexus between Economic Growth, Energy Use, International Trade and Ecological Footprints: The Role Of Environmental Regulations in N11 Countries. Energy, Ecology and Environment, 6(6), 496-512.

Neagu, O. (2020). Economic Complexity and Ecological Footprint: Evidence from the Most Complex Economies in the World. Sustainability, 12(21), 9031, 1-18.

Omri, A., Daly, S., Rault, C., & Chaibi, A. (2015). "Financial Development, Environmental Quality, Trade and Economic Growth: What Causes What in MENA Countries". Energy Economics, 48: 242-252.

Parsashrif, H., Amirnejad, H., & Taslimi, M. (2021). "Investigating the Factors Affecting the Ecological Footprint of Selected Countries in Asia and Europe". Journal of Agricultural Economics Research, **13**(2): 172-155 (In Persian).

Pata, U. K. (2021). Renewable and Non-Renewable Energy Consumption, Economic Complexity, CO2 Emissions, and Ecological Footprint in The USA: Testing the EKC Hypothesis with a Structural Break. Environmental Science and Pollution Research, 28(1), 846-861.

Pesaran, M. H. (2007). "A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence". J. Appl. Econom., 22: 265-312 [CrossRef].

Sadorsky, P. (2010). "The Impact of Financial Development on Energy Consumption in Emerging Economies". Energy policy, **38**(5): 2528-35.

Sadorsky, P. (2011). "Trade and Energy Consumption in the Middle East". Energy Economics, **33**(5): 739-749.

Sharkian, A., & Lotfalipour, D. (2016). "The Role of Energy Efficiency in Improving the Environment in Selected Oil Exporting Countries (Using Panel

Data Method)". Regional Economics and Development Research, **23**(11): 145-121 (In Persian).

Shim, J. H. (2006). *The Reform of Energy Subsidies for the Enhancement of Marine Sustainability, Case Study of South Korea*. University of Delaware.

Solow, R. M. (1974). *The Economics of Resources or the Resources of Economics*. In Classic papers in natural resource economics, Palgrave Macmillan, London: 257-276.

Stern, D. I. (1993). "Energy and Economic Growth in the USA: A Multivariate Approach". Energy Economics, 15: 137-150.

Stern, D. I. (2004). Energy and Economic Growth. Rensselaer working paper, No. 0410.

Tarazkar, M., Kargar Deh Bedi, N., Side Sponge, R., & Victims, A. (2020). "The Effect of Economic Growth on Environmental Degradation in the Middle East: Application of Ecological Footprint". Natural Environment, Natural Resources of Iran, 37, 1: 90-77 (In Persian).

Tarazkar, M., Victims, A., & Forgive, M. (2017). "The Effect of Economic Growth on Environmental Sustainability in Iran: Application of Ecological Footprint Index". Journal of Environmental Economics and Natural Resources, 2, 3: 51-70 (In Persian).

The World Bank Annual Report 2014, https://openknowledge.worldbank.org

Tsani, S. Z. (2010). "Energy Consumption and Economic Growth: A Causality Analysis for Greece". Energy Economics, **32**(3): 582-590.

Uddin, G. A., Salahuddin, M., Alam, K., & Gow, J. (2017). "Ecological Footprint and Real Income: Panel Data Evidence from the 27 Highest Emitting Countries". Ecological Indicators, 77: 166-175.

Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint*. Canada: New Society Publisher.

Zhang, Y. (2005) "The Change of Ecological Footprint and Its Effect on Sustainable Development in Beijing of China". Chinese Business Review, 4(10): 53-61.

Quarterly Journal of The Economic Research (Sustainable Growth and Development)
Original Research Article/ Vol.22, No.4, Winter 2022, P:203-232.

An Analysis of the Relationship between Economic Growth, Energy Consumption, and Ecological Footprint in Some Selected Developed and Developing Countries

Azam Esfahani[1]
Sara Ghobadi[2]
Karim Azarbayejani[3]

Received: 06-05-2022 Accepted: 05-06-2022

Introduction:
The purpose of this paper is to analyze the relationship between economic growth, energy consumption and ecological footprint in 27 developing countries and 27 developed countries during the period 1990-2018.

Methodology:
This paper analyzes the relationship between economic growth, energy consumption, and ecological footprint in 27 selected developing countries and 27 selected developed countries over a period of 1990-2018. The present model was developed according to as Akadiri et al. (2019) and Mohammad et al. (2019), which are in the form of the following three equations:

$$EFP_{it} = \alpha_1 + \alpha_{2i}EG_{it} + \alpha_{3i}NREC_{it} + \alpha_{4i}REC_{it} + \alpha_{5i}TEC_{it} + \alpha_{6i}URB_{it} + \alpha_{7i}FR_{it} + \alpha_{8i}MR_{it} + \alpha_{9i}HC_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$NREC_{it} = \beta_1 + \beta_{2i}EFP_{it} + \beta_{3i}EG_{it} + \beta_{4i}URB_{it} + \beta_{5i}FD_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$EG_{it} = \gamma_1 + \gamma_{2i}EFP_{it} + \gamma_{3i}NREC_{it} + \gamma_{4i}REC_{it} + \gamma_{5i}FD_{it} + \gamma_{6i}TO_{it} + \gamma_{7i}L_{it} + \gamma_{8i}K_{it} + \gamma_{9i}PI_{it} + \gamma_{10i}HC_{it} + \gamma_{11i}MR_{it} + \gamma_{12i}KOFE_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

The EFP is an ecological footprint index that compares the rate of resource consumption and production of human waste with the rate of resource reproduction and waste disposal by the biosphere, being defined in terms of the amount of land needed to maintain this cycle. EG is described as the economic growth. NREC is the consumption of non-renewable energy and includes energy from combustible non-renewable energy, such as oil, gas, hydrocarbons, coal, and nuclear energy. REC is the consumption of renewable energy. FD is financial development. URB is the growth rate of urbanization. TO is the degree of trade openness. L is the labor force. K is an investment. HC is human capital. FR is the fertility rate. MR is the mortality rate. PI is political instability. TEC is the technology. KOFE is the globalization of the economy. In order to analyze the

1. Ph.D. Candidate in Economics, Islamic Azad University, Isfahan Branch (Khorasgan), Isfahan, Iran. azamesfahani@khuisf.ac.ir
2. Assistant Professor of Economics, Islamic Azad University, Isfahan Branch (Khorasgan), Isfahan, Iran, Corresponding Author, E-mail: sghobadi@khuisf.ac.ir
3. Professor of Economics, University of Isfahan, Isfahan, Iran k_azarbayjani@ase.ui.ac.ir

relationship between the mentioned variables, the Generalized Method of Moments (Sys-GMM) was used.

Results and Discussion:
The results showed that in both groups of developed and developing countries, economic growth was correlated with energy consumption and ecological footprint index. Nonrenewable energy consumption, urbanization rate, fertility rate and mortality rate in both groups of the country had positive effects and the renewable energy, technological growth rate and human capital had negative effects on ecological footprint. Economic growth had a negative effect on the ecological footprint of developed countries and a positive effect on the ecological footprint of developing countries, which indicates that more developed countries rely on the use of renewable energy. Ecological footprint has a negative effect and economic growth, urbanization rate and financial development had positive effects on energy consumption in both groups of countries. Ecological footprint has had a negative effect on the economic growth of developed countries and a positive effect on the economic growth of developing countries. Renewable and non-renewable energy, financial development, degree of trade openness, physical capital, labor and economic globalization had positive effects and political instability and mortality rates had negative effects on economic growth in both groups.

Conclusion:
Based on the results of the research, it is suggested that countries, especially developing countries, try to create and use clean energy. High information, proper education, exchange of information with other countries to benefit from the information and advanced goods that are in line with the environment, taxation of producers who use polluting energy and granting tax exemptions and low-interest and long-term loans to producers who use clean energy will reduce the ecological footprint. Given the impact of non-renewable and renewable energy on growth and economic development, the contradiction of the impact of economic growth on the ecological footprint in developed and developing countries indicates that developed countries have adopted an approach based on which renewable energy is used rather than non-renewable energy in the production process. While the use of non-renewable energy sources in developing countries, although leading to economic growth, has led to environmental degradation. Since increasing economic growth is one of the most important economic goals of countries, it is necessary for policymakers to take measures in terms of economic growth, which imposes the least damage to the environment and achieves the goals of sustainable development. In this regard, it is recommended that the developing countries, as well as the developed countries, use renewable and less polluting energy such as solar, wind, and hydropower instead of non-renewable energy.
Keywords: Ecological Footprint, Economic Growth, Renewable Energy, Non-Renewable Energy, Globalization.
JEL Classification: C3, O5, Q40, Q56, Q57.