# اثر پویای مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر ردّپای اکولوژیک در کشورهای درحال‌توسعۀ منتخب (رهیافت گشتاورهای تعمیم‌یافته GMM)

**اعظم اصفهانی** *
**سارا قبادی** **
**کریم آذربایجانی** ***

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۵

## چکیده

هدف این مقاله تحلیل اثر پویای مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر (شامل انرژی‌های فسیلی) و تجدیدپذیر (شامل انرژی‌های پاک) بر محیط‌زیست کشورهای منتخب درحال‌توسعه طی سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۰۰ است. به‌منظور تحلیل اثرات زیست‌محیطی از شاخص ردّپای اکولوژیک استفاده شد و علاوه بر انرژی، متغیرهای باز بودن تجاری، رشد اقتصادی و نرخ باروری نیز به‌عنوان سایر متغیرهای اثرگذار در الگو در نظر گرفته شد. برای تحلیل اثرات پویای مصرف انرژی بر ردّپای اکولوژیکی روش پویای پانلی گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) به کار گرفته شد. نتایج حاصل از برآورد نشان داد که مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر و تجدیدپذیر بر ردّپای اکولوژیکی کشورهای منتخب درحال‌توسعه به ترتیب اثر مثبت و منفی داشته‌اند. بدین ترتیب مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر منجر به تخریب بیشتر محیط‌زیست شده، اما مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر موجبات بهبود محیط‌زیست را

---

* دانشجوی دکتری رشتۀ علوم اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

** استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران. (نویسنده مسئول)
Email: sghobadi@khuisf.ac.ir

*** استاد گروه اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

فراهم آورده است. از طرفی درجه باز بودن تجاری اثر منفی و رشد اقتصادی و نرخ باروری اثر مثبت بر ردّپای اکولوژیک داشتند.

**واژگان کلیدی:** ردّپای اکولوژیک، زیست‌بوم، انرژی تجدیدپذیر، انرژی تجدیدناپذیر، رشد اقتصادی.
**طبقه‌بندی JEL : Q56, Q57, C3, O5, Q40**

## مقدمه

امروزه، با گسترش فعالیت‌های اقتصادی بشر و استفادهٔ روزافزون از انرژی، محیط‌زیست، هم در سطح منطقه‌ای و هم در سطح جهانی، مورد تهدید جدی قرار گرفته است؛ تاجایی‌که نگرانی در مورد روند انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از افزایش مصرف انرژی و اثرات مخرب آن بر محیط‌زیست، یکی از مهم‌ترین و چالش‌برانگیزترین مسائل پیش‌ِروی محققان و دانشمندان است. همچنین، روابط و قوانین دوسویه‌ای که میان رشد و توسعهٔ اقتصادی و بهبود محیط‌زیست وجود دارد، از مسائل بسیار مهم و پیچیده است و همواره دیدگاه‌های گوناگونی در این زمینه وجود داشته است. کشورها خواهان رشد اقتصادی متوازن و توسعهٔ پایدار هستند و این مهم، مستلزم درنظرگرفتن آثار سوء زیست‌محیطی ناشی از تولید و مصرف انرژی بوده و عدم‌توجه به این مسئله، می‌تواند تبعات جبران‌ناپذیری را برای کشورها به همراه داشته باشد (شارکیان و لطفعلی‌پور[1]، ۱۳۹۵). در دهه‌های اخیر، گرمایش جهانی توجه عموم را به‌سمت تغییرات آب‌وهوایی معطوف کرده که در اثر فعالیت‌های بشری ایجاد شده و تاکنون نیز سابقه نداشته است. باتوجه‌به این مطلب، با شدت و اطمینان بیشتری بر نقش سوخت‌های فسیلی بر گرمایش جهانی تأکید می‌شود. برهمین‌اساس، انتظار افزایش تقاضا، برای سایر انرژی‌های جایگزین، به‌خصوص انرژی‌های تجدیدپذیر، قابل پیش‌بینی است. درواقع، توجه جهانی همیشه بر روی تغییر معکوس اثرات زیست‌محیطی انرژی‌های متعارف معطوف شده است. درمقابل، منابع انرژی غیرمتعارف، به‌طور مشخص، انرژی‌های تجدیدپذیر، این تصور را ایجاد می‌کنند که اثرات نامطلوبی بر روی محیط‌زیست نمی‌گذارد (ریچ[2]، ۲۰۰۳). طی دهه‌های گذشته،

---

[1] Sharakian & Lotfali Pour (2016)
[2] Reiche

عواملی همچون افزایش رشد اقتصادی، جمعیت و مصرف جوامع، موجبات کاهش شدید سرمایه‌های طبیعی و خدمات اکوسیستم در مقیاس جهانی را فراهم آورده است (اوسثوک و گیلز[1]، ۲۰۰۵). صنعتی‌شدن جوامع و افزایش مهاجرت به شهرها نیز، منجر به استفادهٔ بیشتر از منابع طبیعی، از جمله انواع انرژی‌ها، شده است. درمقابل، موجودی سرمایه‌های طبیعی، که منابع بین‌نسلی هستند و به نسل‌های آینده نیز تعلق دارند، ثابت و یا در حال کاهش است. باتوجه‌به اینکه انرژی یکی از منابع حیاتی برای بقا انسان است، مصرف بی‌رویهٔ آن در سال‌های اخیر، علاوه بر به خطر انداختن سهم آیندگان از این منابع، موجب بروز مشکلات زیست‌محیطی بسیاری ازجمله آلودگی هوا، اثرات گلخانه‌ای و ... شده است. رشد تخریب محیط‌زیست و ایجاد آلودگی تا جایی است که حتی از ظرفیت بیولوژیکی[2] کرهٔ زمین نیز فراتر رفته است (ریس و واکرناگل[3]، ۱۹۹۶). شاخص‌های زیست‌محیطی متعددی، برای نظارت بر فرایندهای تخریب محیط‌زیست، از سوی سازمان ملل متحد و مراکز علمی و دانشگاهی مطرح شده (محمدی و ظریف[4]، ۱۳۹۷)، اما در اکثر پژوهش‌ها، شاخص انتشار گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه گاز دی‌اکسیدکربن، به‌عنوان شاخص تخریب محیط‌زیست مورداستفاده قرار گرفته است (طرازکار و همکاران[5]، ۱۳۹۹). برای پایداری اکولوژیکی، مسئلهٔ آستانهٔ تحمل، با طرح این پرسش مطرح شد که درصورت حفظ کارکرد کنونی اکوسیستم، آیا موجودیِ سرمای طبیعی باقیمانده، برای تأمین منابع مصرفی و جذب ضایعات تولیدی نسل‌های آتی، کافی است؟ به‌عبارتی، آیا به‌اندازهٔ کافی، آستانهٔ تحمل انسان در محیط‌زیست وجود دارد؟ (دیلی و اهرلیچ[6]، ۱۹۹۲). پاسخ به این سؤال، به‌ویژه در مورد کشورهای درحال‌توسعه که در تلاش برای دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر هستند، از اهمیت زیادی برخوردار است؛ زیرا این تلاش، مستلزم مصرف بیشتر انرژی است. باتوجه‌به اثرات نامطلوب زیست‌محیطی ناشی از مصرف انرژی، در این مقاله، به تحلیل اثر مصرف دو نوع انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، بر شاخص ردّپای اکولوژیک، به‌عنوان

---

1. Oosthoek & Gills
2. Biocapacity
3. Rees & Wackernagel
4. Mohammadi & zarif (2018)
5. Tarazkar et al (2020)
6. Daily & Ehrlich

شاخص پایداری محیط‌زیست، با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته، برای ۱۶ کشور منتخب درحال‌توسعه، پرداخته می‌شود تا مشخص شود که انواع انرژی، چگونه محیط‌زیست را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. بدین‌منظور، مقالهٔ حاضر در پنج بخش تهیه شده است. در بخش دوم، ادبیات و مبانی نظری و مروری بر پیشینهٔ موضوع ارائه می‌شود. بخش سوم، به تبیین الگو و تشریح روش اقتصادسنجیِ مورداِستفاده می‌پردازد. در بخش چهارم، یافته‌های پژوهش مطرح خواهد شد. در بخش پنجم نیز، نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی مبتنی بر نتایج پژوهش، ارائه می‌شود.

## مبانی نظری

### شاخص زیست‌محیطی ردّپای اکولوژیکی

یکی از مهم‌ترین آلودگی‌های ایجاد شده بر اثر مصرف انرژی، آلودگی هوا در اثر انتشار گازهای آلاینده، ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی، همچون اکسیدهای گوگرد، اکسیدهای‌نیتروژن، منوکسیدکربن، ذرات معلق، هیدروکربن‌ها و دی‌اکسیدکربن است که انتشار آنها سبب بارش باران‌های اسیدی، بروز مخاطرات بهداشتی و سلامتی، برای انسان و سایر جانداران می‌شوند. ازطرفی، گازهای گلخانه‌ای، مانند دی‌اکسیدکربن، سبب بروز تغییرات آب‌وهوایی و گرمایش جهانی می‌شوند؛ 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[1]، ۲۰۱۷). برخلاف شاخص‌های انتشار گازهای گلخانه‌ای، شاخصی به نام «ردّپای اکولوژیکی»[2]، به‌عنوان موفق‌ترین معیار برای ارزیابی توسعهٔ پایدار محیط‌زیست، مجموعه فشارها بر محیط‌زیست را اندازه‌گیری می‌کند. اصطلاح «ردّپای اکولوژیکی» یا «بوم‌شناختی»، برای اولین‌بار، توسط ماتیس واکرناگل[3]، در اوایل دههٔ ۱۹۹۰، با عبارت «آستانهٔ تحمل مناسب» مطرح شد و سپس،

---

[1] Charfeddine & Mrabet

[2] Ecological Footprint

[3] Mathis Wackernagel.

واکرناگل و ویلیام ریس[1] (۱۹۹۶)، با انتشار کتاب *ردّپای اکولوژیکی ما: کاهش تأثیر انسان بر روی زمین*، این اصطلاح را در مجامع علمی رواج دادند. «ردّپای اکولوژیکی» نشان می‌دهد که لازمهٔ استفاده از منابع و دفع ضایعات به‌وسیلهٔ جمعیت در سطح زمین، استفاده از الگوهای توسعهٔ پایدار است. به عبارتی، ازآنجاکه «ردّپای اکولوژیکی» تخریب بالقوهٔ سرمایه‌های طبیعی (نه تخریب واقعی) را اندازه‌گیری می‌کند، می‌تواند شاخصی برای تهدید پایداری تلقی شود (لمبرت و همکاران[2]، ۲۰۱۰). ریس، در بررسی‌های اخیر خود، نشان می‌دهد که مساحت «ردّپای اکولوژیکی» جامعه، به چهار عامل، بستگی دارد: اندازهٔ جمعیت، متوسط استاندارد زندگی مادی، متوسط بهره‌وری اکوسیستم زمین/ آب، و بازدهی برداشت، پردازش و استفاده از منابع. با چشم‌پوشی از اهمیت نسبی این عوامل و چگونگی اثر متقابل آنها، هر جامعه یک «ردّپای اکولوژیکی» دارد که میزان سرمایهٔ (منابع مولد) طبیعی، مانند زمین و آب، را نشان می‌دهد (ریس، ۲۰۱۲). ازآنجایی‌که «ردّپای اکولوژیکی» و ظرفیت زیستی[3] (موجودی سرمایهٔ اکولوژیکی زمین)، هر دو، با واحد یکسانی اندازه‌گیری می‌شوند، بنابراین، قابلیت مقایسه نیز دارند. از دههٔ ۱۹۷۰، ظرفیت زیستی به مفهوم مهمی در برنامه‌ریزی محیط‌زیست تبدیل شده است و شاخصی برای مناسب بودن الگوهای مصرفی از نظر پایداری الگوها است (بیکنل و همکاران[4]، ۱۹۹۸). چنانچه «ردّپای اکولوژیکی» سرانهٔ منطقه‌ای، از ظرفیت زیستی سرانهٔ آن، بزرگ‌تر باشد، منطقه دارای کسری اکولوژیکی است. درچنین‌شرایطی، برای تأمین کسری اکولوژیکی، دو راه‌حل وجود دارد: ۱. واردات منابع طبیعی از کشورهایی که دارای مازاد اکولوژیکی هستند؛ و ۲. بهره‌برداری بیش از حد از ظرفیت زیستی منطقه (مانفردا و همکاران[5]، ۲۰۰۴).

در گزارش توسعهٔ انسانی سال ۲۰۱۱ سازمان‌ملل‌متحد، «ردّپای اکولوژیکی» به‌عنوان شاخص پایداری مدّنظر قرار گرفته که اهمیت این شاخص را نشان می‌دهد. براساس این گزارش، «ردّپای اکولوژیکی» هر فرد، در سطح کرهٔ زمین، ۲/۷ هکتار بوده، درحالی‌که ظرفیت زیست‌کرهٔ

---

[1] William Rees
[2] Lambert et al
[3] Biocapacity
[4] Bicknell et al
[5] Monfreda et al

زمین ۱/۸ هکتار است؛ یعنی جهان با ۰/۹ هکتار کسری اکولوژیکی، برای هر فرد، مواجه است. به عقیدهٔ تینسلی و جرج[1] (۲۰۰۶)، «ردّپای اکولوژیکی» شاخصی کمّی است که مشخص می‌کند، چه مقدار انرژی و ماده، در یک بازهٔ زمانی مشخص، مصرف شده و چه مقدار پسماند جامد، مایع و گاز در طبیعت، رهاسازی شده است. سپس، مقدار زمینی که برای تأمین انرژی و پشتیبانی از این پروسه موردنیاز است را تعیین می‌کند تا بتوان، میان برداشت از منابع و توان تجدیدپذیری طبیعت، تعادل برقرار نمود. «ردّپای اکولوژیکی»، که توسط وکرناگل و ریس مطرح شد، «میزان زمین یا آبی را مشخص می‌کند که برای تأمین مقدار مشخصی ماده یا انرژی موردنیاز است» (وکرناگل و ریس، ۱۹۹۶). بنا بر مطالب مندرج در وبگاه «شبکهٔ ردّپای زیست‌محیطی»[2]، این شاخص، امکان محاسبهٔ میزان فشاری را فراهم می‌سازد که انسان، جهت استخراج منابع، به طبیعت اعمال می‌کند. واحد «ردّپای اکولوژیکی»، هکتار در مقیاس جهانی (GHa)[3] است و به مفهوم یک هکتار زمین و آب با بهره‌وری معادل متوسط جهانی است. به گفتهٔ اوینگ و همکاران[4] (۲۰۱۰)، واحد هکتار جهانی، میزان متوسط زمین‌های مولد در کرهٔ زمین به لحاظ زیستی را، به‌ازای هر نفر، مشخص می‌کند. برای محاسبهٔ «ردّپای اکولوژیکی»، زمین به پنج کاربری مختلف تقسیم می‌شود. دراین‌چارچوب، تمامی کالاها و خدمات مصرفی انسان، در این پنج کاربری اراضی شکل می‌گیرد و شامل زمین کشاورزی، زمین مرتعی، زمین جنگلی (در دو گروه ردّپای جذب کربن[5] و ردّپای تولیدات)، پهنه‌های دریایی و زمین‌های ساخته‌شده است. زمین کشاورزی، مساحت زمینی است که برای تولید محصولات زراعی مورداستفادهٔ افراد جامعه قرار می‌گیرد. براین‌اساس، ردّپای زراعی شامل تولید محصولات زراعی، خوراک دام و خوراک ماکیان است. زمین مرتعی، وسعت مرتع برای تولیدات دامی موردنیاز انسان است که بر مبنای آن، ردّپای مراتع در تولید محصولات دامی مطرح می‌شود. دستهٔ سوم این تقسیم‌بندی، زمین جنگلی است که شامل مساحت جنگل است و

---

[1] Tinsley & George

[2] www.footprintnetwork.org

[3] Global hectares

[4] Ewing

[5] جنگل‌ها به عنوان اصلی‌ترین منبع جذب کربن برای کاهش دی‌اکسیدکربن هستند.

برای تولید چوب و کاغذ و همچنین جذب کربن است. ردّپای جنگل، در تولید محصولات اولیه و ثانویهٔ جنگلی و در قالب دو ردّپای جذب کربن و ردّپای تولیدات لحاظ می‌شود. ردّپای کربن ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی است و معادل مساحت جنگلی که برای جذب این آلودگی‌ها موردنیاز است، در نظر گرفته می‌شود. پهنه‌های دریایی، مساحت دریایی برای تولید ماهی و آبزیان مورد مصرف انسان در نظر گرفته می‌شود. براین‌اساس ردّپای صیادی، ردّپای مناطق دریایی و اقیانوسی در تولید ماهی و سایر آبزیان مطرح می‌شود. درنهایت، زمین‌های ساخته شده، مساحت زمینی است که برای احداث زیرساخت‌ها و سکونتگاه‌ها استفاده می‌شود و ردّپای ساخت‌وساز در ارتباط با این زیرساخت‌ها است (لین و همکاران[1]، ۲۰۱۵).

## مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، رشد اقتصادی و ردّپای اکولوژیکی

عامل انرژی یکی از عواملی است که در نظریه‌های جدید رشد اقتصادی، وارد الگوی رشد شده، ولی اهمیت آن، در الگوهای مختلف، یکسان نیست. 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. براساس دیدگاه اقتصاددانان اکولوژیکی، انرژی، نهادهٔ غالب در تابع تولید است و مهم‌ترین عامل رشد اقتصادی است، و سایر عوامل، همچون نیروی کار و سرمایه، عوامل واسطه‌ای در تولید هستند. از اقتصاددانان طرف‌دار این دیدگاه، می‌توان آیرس[2]، نایر[3] و استرن[4] را نام برد؛ درمقابل، اقتصاددانان نئوکلاسیک معتقدند، انرژی نقش نسبتاً کمی در تولید و رشد اقتصادی دارد و یک نهادهٔ واسطه‌ای است که در سایهٔ سرمایه، نیروی کار و زمین، اهمیت پیدا می‌کند (استرن[5]، ۲۰۰۴). به‌طورکلی، امروزه، از لحاظ نظری، انرژی یکی از عوامل تولید محسوب می‌شود و مصرف انرژی، به‌طورمستقیم، بر روی رشد اقتصادی تأثیرگذار خواهد بود. درصورتی‌که مصرف انرژی، به‌عنوان یک عامل

---

[1] Lin et al

[2] Ayres

[3] Nair

[4] Stern

[5] Stern

تولید، افزایش یابد (به‌عبارت‌دیگر، 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. ازجمله آثار منفی مصرف انرژی، می‌توان به ایجاد آلاینده‌های زیست‌محیطی ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی اشاره کرد. درشرایطی که مصرف انرژی با ناکارآمدی همراه باشد، فرآیند تولید آلاینده‌ها تشدید خواهد شد (طرازکار و همکاران، ۱۳۹۹). از پیامدهای چنین پدیده‌ای، تغییرات برگشت‌ناپذیر در اقلیم و محیط‌زیست است. آثار زیست‌محیطی مصرف انرژی، تنها به یک اقلیم و منطقهٔ خاص محدود نمی‌شود؛ بلکه، در بسیاری از موارد، به‌صورت مشکلی جهانی پدیدار می‌شود. امروزه، مسائلی چون افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای، تخریب محیط‌زیست و جنگل‌زدایی، به همراه کاهش ظرفیت زیست‌کره برای پاسخ‌گویی به نیازهای بشر، از مهم‌ترین دغدغه‌های جهانی است (فتاحی و همکاران[1]، ۱۳۹۷).

روند روبه‌رشد مصرف انرژی، کاهش منابع سوخت‌های فسیلی و گرم‌شدن بیش از اندازهٔ کرهٔ زمین، از علل عمده و مهم در گرایش کشورها به استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر، به‌عنوان جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی، محسوب می‌شود. انتشار CO2، به‌عنوان مهم‌ترین گاز آلوده‌کننده، ۵۸/۸ درصد از مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان را شامل می‌شود. ازآنجایی‌که عامل اصلی در تولید این گاز، استفاده از سوخت‌های فسیلی در بخش تولید انرژی است، بنابراین، به نظر می‌رسد که عمده‌ترین تلاش‌ها در جهت کاهش انتشار $CO_2$ کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی است. بدین‌منظور، استفاده از انرژی‌های پایا و تجدیدپذیر، ازجمله انرژی بادی و خورشیدی، ملاک کار بسیاری از دولت‌ها، برای تولید سایر انرژی‌ها، ازجمله انرژی برق، قرار گرفته است. انرژی تجدیدپذیر، علاوه بر آنکه دارای ظرفیت ویژه‌ای برای رشد اقتصادی است، باعث تنوع‌بخشی به سبد انرژی کشور و ارتقا و امنیت انرژی در آن شده و نیز می‌تواند، به‌وسیلهٔ کاهش آلودگی هوا، در حفظ محیط‌زیست، نقش عمده‌ای را ایفا کند (صادقی و همکاران[2]، ۱۳۹۶). باتوجه‌به نیاز کشورها

---

[1] Fatahi et al (2018)

[2] Sadeghi et al (2017)

به رشد و توسعهٔ اقتصادی بیشتر، میزان به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر نیز، در کشورهای جهان، روند روبه‌افزایشی را طی می‌کند؛ به‌طوری‌که مصرف انرژی، یکی از شاخص‌های توسعه‌یافتگی محسوب می‌شود. مطابق با برنامه‌ریزی‌های به‌عمل‌آمده، این نوع انرژی، روزبه‌روز، سهم بیشتری در نظام تأمین انرژی ایجاد نموده است. درمقابل، برخی از صاحب‌نظران معتقدند که انرژی‌های تجدیدپذیر نقشی بر اقتصاد کشور، خصوصاً رشد اقتصادی جوامع، ندارند و یا نقش آنها، در این زمینه، قابل‌شناسایی نیست (فیلسوف کاخکی[1]، ۱۳۹۴). درهرحال، باتوجه‌به مصرف زیاد و فزایندهٔ سوخت‌های فسیلی، همچون زغال‌سنگ، نفت، گاز و مانند آنها در طی دو سدهٔ گذشته و محدود بودن منابع این نوع سوخت‌ها، توجه به جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر، امری اجتناب‌ناپذیر است (فطروس و همکاران[2]، ۱۳۹۱).

انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توانند از منابع مختلفی تأمین شوند. وکرناگل و مونفردا (۲۰۰۶) عنوان می‌دارند که ترکیبی از صفحات فتوولتاییک، توربین‌های بادی و سوخت اتانولی برپایهٔ زیست‌توده، توانایی تولید متوسط ۹۵ گیگا ژول بر هکتار در سال را دارا است که این میزان از انرژی، در مقایسه باانرژی که یک زمین با کیفیت متوسط می‌تواند تولید کند، بالاتر است و کمترین اثر زیست‌محیطی را به‌دنبال دارد (خان‌محمدی و مهروان[3]، ۱۳۹۸). جدول زیر، تأثیرگذاری منابع انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر آلودگی محیط‌زیست را نشان می‌دهد.

**جدول ۱: تأثیرگذاری منابع انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر آلودگی محیط‌زیست**

| تأثیر بر آلودگی محیط‌زیست | انرژی‌های تجدیدپذیر | | | | انرژی‌های تجدیدناپذیر | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | انرژی باد | انرژی خورشید | انرژی زمین گرمایی | انرژی بیومس | زغال‌سنگ | نفت خام | گاز طبیعی |
| | نزدیک‌به صفر | نزدیک‌به صفر | نزدیک‌به صفر | کم تا متوسط | بسیارزیاد | متوسط تا زیاد | کم تا زیاد |

**مأخذ: شهنیا و اصولی[4] (۱۳۸۹)**

---

1. Filsof kakhaki (2015)
2. Fetros et al (2012)
3. Khan mohammadi & mehravan (2019)
4. Shahnia & osouli (2010)

## دیگر عوامل مؤثر بر ردّپای اکولوژیکی

محیط‌زیست هر کشوری، علاوه بر اثرپذیری از تحولات اقتصاد داخلی، در معرض تغییرات در عرصهٔ تجارت خارجی نیز قرار دارد. این تعامل محیط‌زیست با تجارت خارجی، عمدتاً از طریق آزادسازی تجاری صورت می‌گیرد (فاخر و همکاران[1]، ۱۳۹۶). اثر تجارت روی وضعیت محیط‌زیست به سه اثر مقیاس، ترکیب و اثر فناوری تقسیم می‌شود. اثر مقیاس، بیانگر تغییر در اندازهٔ فعالیت‌های اقتصادی، اثر ترکیب، بیانگر تغییر در ترکیب یا سبد کالاهای تولیدی و اثر فناوری، بیانگر تغییر در فناوری تولید، به‌ویژه تغییر در جهت فناوری پاک است. اثر مقیاس به افزایش و اثر فناوری به کاهش تخریب محیط‌زیست منجر می‌شود. باتوجه‌به مزیت نسبی در هر کشوری، اگر در کالاهای آلاینده (پاک) مزیت داشته باشند و در تولید آن کالا تخصص پیدا کنند، درآن‌صورت، اثر ترکیب، به‌دلیل تغییر ترکیب کالاهای آلاینده، اثر منفی (مثبت) بر محیط‌زیست خواهند داشت. در پی آزادسازی تجاری، اگر اثر فناوری، بر اثر مقیاس و اثر ترکیب غالب شود و یا اگر اثر فناوری همراه با اثر ترکیب، بر اثر مقیاس غالب شود، درآن‌صورت، تجارت موجب بهبود کیفیت محیط‌زیست می‌شود (گراسمن و کروگر[2]، ۱۹۹۱).

از دیگر عوامل مؤثر بر ردّپای اکولوژیکی، افزایش نرخ باروری و افزایش جمعیت است که پیامدهای زیان‌باری برای زیست‌کره داشته است. با افزایش جمعیت و در پی آن، افزایش تقاضا در تمامی بخش‌ها (از جمله بخش انرژی)، انتظار بر این است که فشار بر محیط‌زیست افزایش یابد و آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز بیشتر شود (بلالی و همکاران[3]، ۱۳۹۲).

## مروری بر ادبیات تحقیق

پارسا شریف و همکاران[4] (۱۴۰۰)، با استفاده از روش پانل خود، توضیح برداری با وقفه‌های گسترده، به بررسی رابطهٔ بلندمدت و کوتاه‌مدت بین ردّپای اکولوژیکی سرانه و متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه، مصرف انرژی، درجهٔ بازبودن تجاری و توسعهٔ مالی برای منتخبی از

---

[1] Fakher et al (2017)
[2] Grossman & Krueger
[3] Balali et al (2013)
[4] Parsa sharif et al (2021)

کشورهای عضو آسیا و اروپا در دوره زمانی ۱۹۹۲-۲۰۱۳ پرداختند. نتایج نشان داد که بین ردّپای اکولوژیکی سرانه و متغیرهای مصرف انرژی، توسعهٔ مالی و تولید ناخالص داخلی سرانه، رابطهٔ مثبت و بین ردّپای اکولوژیکی و متغیرهای تجارت باز و توان دوم تولید ناخالص داخلی سرانه، رابطهٔ منفی برقرار است که بیانگر تأیید منحنی محیط‌زیستی کوزنتس به‌صورت U معکوس است. طرازکار و همکاران (۱۳۹۹)، با استفاده از روش FMOLS به تحلیل اثر رشد اقتصادی، مصرف انرژی، ظرفیت زیستی و آزادسازی تجاری بر ردّپای اکولوژیکی مصرف، در کشورهای خاورمیانه طی دورهٔ ۱۹۹۰-۲۰۱۳ پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که رابطهٔ مثبتی میان ردّپای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی و یک رابطهٔ منفی میان آزادسازی تجاری و ردّپای اکولوژیکی وجود دارد. همچنین، افزایش مصرف انرژی منجر به افزایش ردّپای اکولوژیکی می‌شود. ازطرفی، یک رابطهٔ N شکل میان ردّپای اکولوژیکی و رشد اقتصادی وجود دارد که نشان می‌دهد، افزایش رشد اقتصادی به تخریب بیشتر محیط‌زیست منجر خواهد شد. محمدی و ظریف (۱۳۹۷)، با استفاده از مدل داده‌های تابلویی پویا، به بررسی اثرگذاری متغیرهایی همچون شدت انرژی، مصرف کودهای شیمیایی، شاخص توسعهٔ انسانی و ارزش‌افزودهٔ بخش صنعت، نسبت به ارزش‌افزودهٔ کل، بر شاخص عملکرد محیط‌زیست، برای دو گروه کشورهای اوپک و کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، طی سال‌های ۲۰۰۷ الی ۲۰۱۴، پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش متغیرهایی همچون شدت مصرف انرژی، مصرف کودهای شیمیایی و ارزش‌افزودهٔ بخش صنعت، منجر به کاهش شاخص عملکرد محیط‌زیست خواهد شد؛ به‌طوری‌که افزایش یک واحد در متغیر شدت انرژی، منجر به کاهش در شاخص عملکرد محیط‌زیست در کشورهای مورد بررسی خواهد شد. طرازکار و همکاران[1] (۱۳۹۶)، با به‌کارگیری روش خودرگرسیون با وقفه‌های گسترده، اثر رشد اقتصادی، مصرف سرانهٔ انرژی، تراکم جمعیت و آزادسازی تجاری بر پایداری محیط‌زیست در ایران را، طی دورهٔ ۱۹۸۵-۲۰۱۳، بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که رابطهٔ رشد اقتصادی و ردّپای بوم شناختی به‌صورت U وارون بوده و اثر بلندمدت رشد اقتصادی بر شاخص ردّپای بوم‌شناختی ۰/۶۹ است. همچنین ۱۰درصد افزایش در تراکم جمعیت منجر به ۱۱/۲ و ۹/۶ درصدی ردّپای بوم

---

[1] Tarazkar et al (2017)

شناختی، به‌ترتیب در کوتاه و بلندمدت می‌شود. آزادسازی تجاری، در بلندمدت، تأثیر مثبتی بر ردّپای بوم شناختی دارد؛ درحالی‌که در کوتاه‌مدت، تأثیر این متغیر معنی‌دار نیست. ۱۰درصد افزایش در مصرف انرژی، موجب افزایش ۴/۶ و ۳/۹ درصدی شاخص ردّپای بوم‌شناختی در کوتاه و بلندمدت می‌شود. شارکیان و لطفعلی‌پور (۱۳۹۵)، بااستفاده از روش داده‌های تابلویی، اثر متغیرهای شدت انرژی، جمعیت، ثروت (درآمد سرانه) و مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن (به‌عنوان شاخص کیفیت محیط‌زیست) را، در کشورهای منتخب صادرکنندۀ نفت، طی دورۀ ۱۹۹۶- ۲۰۱۰، مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که جمعیت، ثروت، مصرف انرژی و شدت انرژی، همگی اثری مثبت و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارند. همچنین، بالا بودن ضریب برآوردی متغیر اصلی مورد بررسی (شدت انرژی)، میزان اهمیت توجه به کارایی انرژی در حوزۀ محیط‌زیست را تأیید می‌کند.

ناثانیل و همکاران[1] (۲۰۲۱)، با استفاده از روش داده‌های تابلویی، به بررسی رابطۀ بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی، تجارت بین‌المللی و ردّپای اکولوژیکی، در کشورهای عضو N11، طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۶، پرداختند. نتایج حاصل از برآوردها نشان می‌دهد که مقررات زیست‌محیطی موجود در یازده کشور مورد بررسی، در کاهش ردّپای اکولوژیکی این کشورها بی‌اثر بوده است. مصرف انرژی بیشتر و افزایش درجۀ باز بودن تجاری، باعث افزایش ردّپای اکولوژیکی می‌شود. فرضیۀ منحنی محیط‌زیست کوزنتس نیز، برای ۱۱ کشور موردبررسی، تأیید شده است. افزایش مصرف انرژی، منجر به تخریب محیط‌زیست در کشورهای موردبررسی شده است؛ درحالی‌که مقررات زیست‌محیطی، رشد اقتصادی و تجارت بین‌المللی، بر محیط‌زیست، تأثیرات ناهمگنی داشته است. پاتا[2] (۲۰۲۰)، در چارچوب فرضیۀ زیست‌محیطی کوزنتس و با استفاده از آزمون همگرایی، به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی، جهانی‌سازی و مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر ردّپای اکولوژیکی، در ایالات متحدۀ آمریکا، طی دورۀ ۱۹۸۰-۲۰۱۶، پرداخته است. نتایج حاکی از آن است که رابطه‌ای به شکل U وارونه، بین پیچیدگی اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست در ایالات متحدۀ آمریکا وجود دارد. علاوه‌براین،

---

[1] Nathaniel
[2] Pata

جهانی‌شدن و مصرف انرژی تجدیدپذیر، نقش غالب در کاهش آلودگی محیط‌زیست دارد؛ درحالی‌که مصرف انرژی تجدیدناپذیر، از عوامل مؤثر در فشار بر محیط‌زیست است. به‌طورکلی، نتایج نشان می‌دهد که افزایش پیچیدگی اقتصادی به‌حداقل‌رساندن تخریب محیط‌زیست پس از سطح آستانه را به دنبال دارد و دولت می‌تواند، با استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و جهانی‌سازی، محیط‌زیست بهتری را فراهم کند. نیاگو[1] (۲۰۲۰)، با به‌کارگیری رویکرد هم‌انباشتگی داده‌های تابلویی، به روش مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده و حداقل مربعات معمولی پویا، به بررسی ارتباط پیچیدگی اقتصادی، درآمد سرانه و مصرف انرژی‌های فسیلی به‌عنوان متغیرهای توضیح‌دهنده رد پای اکولوژیکی برای ۴۸ کشور طی دورهٔ ۱۹۹۵-۲۰۰۴ پرداخت. نتایج نشان داد که شاخص پیچیدگی اقتصادی، تولید ناخالص داخلی سرانه و مصرف انرژی‌های فسیلی، اثر مثبتی بر شاخص ردّپای اکولوژیکی داشته است. آکادیری و همکاران [2] (۲۰۱۹)، با استفاده از آزمون علیت گرنجر، مدل خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی[3] و روش تودا - یاماموتو[4]، به بررسی دیدگاه جدیدی دربارهٔ سرانهٔ مصرف انرژی و سطح درآمد واقعی سرانه بر اثرات زیست‌محیطی برای آفریقای جنوبی، در دورهٔ زمانی ۱۹۷۳-۲۰۱۴، پرداخته‌اند. نتایج تجربی، نقش معنادار و قابل‌توجه سرانهٔ مصرف انرژی و سطح درآمد واقعی سرانه را در کاهش عملکرد زیست‌محیطی در آفریقای جنوبی نشان می‌دهند. رابطهٔ علیت یک‌طرفه، از سوی کیفیت زیست‌محیطی به درآمد واقعی سرانه، از سوی سرانهٔ مصرف انرژی به کیفیت زیست‌محیطی و از سوی سرانهٔ مصرف انرژی به درآمد واقعی سرانه برقرار است. نتایج بیانگر آن است که آلودگی زیست‌محیطی در آفریقای جنوبی، تولید محور نیست؛ اما به سرانهٔ مصرف انرژی بستگی دارد. آلولا و همکاران[5] (۲۰۱۹)، با استفاده از مدل داده‌های تابلویی خودتوضیحی با وقفه‌های گستردهٔ میان‌گروهی تلفیقی[6]، به بررسی محرک‌های ضروری برای رسیدن به

---

[1] Neagu

[2] Akadiri et al.

[3] Autoregressive Distributive Lag

[4] Toda-Yamamoto

[5] Alola et al

[6] Panel Pool Mean Group Autoregressive distributive lag

اهداف توسعهٔ پایدار[1]، در زمینهٔ کاهش آلودگی محیط‌زیست، در ۱۶ کشور عضو اتحادیهٔ اروپا[2]، طی دورهٔ زمانی ۱۹۹۷-۲۰۱۴، پرداختند. این مطالعه، رابطهٔ بین ردّپای اکولوژیکی، تولید ناخالص داخلی واقعی، درجهٔ باز بودن تجاری، نرخ باروری، مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر را، که توسط آزمون‌های هم‌انباشتگی[3] کائو و پدرونی پیشنهاد شده است، ارزیابی می‌کند. نتایج حاکی از اثر مثبت رشد اقتصادی، و اثر منفی درجهٔ باز بودن تجاری و نرخ باروری در بلندمدت بر ردّپای اکولوژیکی است. مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، بر ردّپای اکولوژیکی کشورهای موردمطالعه، اثر مثبت داشته است، اما اثر انرژی‌های تجدیدناپذیر، بر افزایش ردّپای اکولوژی، از اثر انرژی‌های تجدیدپذیر، کمتر است. بدین‌ترتیب، استفاده از انرژی تجدیدپذیر، نسبت به تجدیدناپذیر، اثر تخریبی کمتری بر محیط‌زیست دارد. یودین و همکاران[4] (۲۰۱۷)، با استفاده از روش داده‌های تابلویی پویا[5]، به بررسی اثرات درآمد واقعی، توسعهٔ مالی، و درجهٔ باز بودن تجاری بر روی ردّپای اکولوژیکی، در ۲۷ کشورِ دارایِ بالاترین میزان انتشار آلودگی، در دورهٔ زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۲، پرداخته‌اند. نتایج، حاکی از ارتباط مثبت و معنادار، بین ردّپای اکولوژیکی و درآمد واقعی و تأثیر منفی و ناچیز از درجهٔ باز بودن تجارت بر ردّپای اکولوژیکی است. توسعهٔ مالی نیز، منجر به کاهش ردّپای اکولوژیکی می‌شود.

مرور مطالعات گذشته، حاکی از آن است که مطالعهٔ داخلی، برای برآورد اثر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، به‌صورت یکجا، بر شاخص ردّپای اکولوژیکی، به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری تخریب زیست‌محیطی، انجام نشده است. ازطرفی، مطالعات خارجی در این زمینه نیز، اثر این منابع انرژی را بر ردّپای اکولوژیکی، برای کشورهای درحال‌توسعه، به‌صورت پویا، بررسی نکرده‌اند. تحلیل پویای اثر مصرف این دو منبع انرژی، بر ردّپای اکولوژیکی، می‌تواند منجربه ارائهٔ راهکارهای مؤثری در جهت کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و اثرات مخرب آن بر اقتصاد جوامع بشود؛ خصوصاً در کشورهای درحال‌توسعه که در مسیر دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر، تلاش می‌کنند.

---

1. Sustainable Development
2. European Union
3. Cointegration tests
4. Uddin et al
5. Panel Dynamic Ordinary Least Squares

## روش‌شناسی و روش تحقیق

پژوهش حاضر از نوع توصیفی - تحلیلی است و برمبنای مطالعات تجربی، به تجزیه‌وتحلیل اثر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، بر ردّپای اکولوژیکی، در ۱۶ کشور منتخب درحال‌توسعه[1]، طی دورهٔ زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۷، می‌پردازد. الگوی موردنظر، برای دستیابی‌به هدف پژوهش، به پیروی از آلولا و همکاران (۲۰۱۹)، به‌صورت معادلهٔ زیر است:

$$EFP_{it} = f(GDP_{it}, ECN_{it}, ECR_{it}, TO_{it}, FR_{it}) \qquad (۱)$$

در معادلهٔ (۱) EFP، شاخص ردّپای اکولوژیک است که نرخ مصرف منابع و تولید ضایعات توسط انسان را، با نرخ بازتولید منابع و دفع ضایعات توسط زیست‌کره، مقایسه می‌کند و براساس مقدار زمین موردنیاز، برای نگه‌داشتن این چرخه، تعریف می‌شود (مانفردا و همکاران[2]، ۲۰۰۴). واحد اندازه‌گیری شاخص مذکور، هکتار جهانی است. $GDP_{it}$ شاخص رشد اقتصادی است که ناظر به ارزش کالاها و خدمات تولیدشده در یک اقتصاد است (بانک جهانی[3]، ۲۰۱۴). ECN مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر و عبارت‌استاز مصرف انرژی‌های فسیلی همچون نفت، گاز و گازوئیل (بانک جهانی، ۲۰۱۷). ECR مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر است و عبارت از مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر قابل احتراق، زبالهٔ زیست‌تودهٔ جامد و فضولات حیوانی، گاز و گاز مایع حاصل از زیست‌توده و زباله‌های صنعتی و شهری است (بانک جهانی، ۲۰۱۷). TO درجهٔ باز بودن تجارت است، که به‌صورت نسبت مجموع صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی تعریف می‌شود. این متغیر، همچنین توسعه‌یافتگی و تنوع اقتصادی را منعکس می‌کند. FR نرخ باروری است که نشان‌دهندهٔ تعداد کودکانی است که یک زن، تا پایان سال‌های فرزندآوری خود، می‌تواند به دنیا بیاورد (بانک جهانی، ۲۰۱۷). $\varepsilon_{it}$ جزء اخلال، $i= 1,2,\ldots, n$ نشان دهندهٔ کشورهای مورد بررسی و $t= 1,2,\ldots, n$ گویای زمان است. داده‌های مربوط به متغیر ردّپای اکولوژیکی، از سایت ردّپای اکولوژیکی جهانی، و داده‌های مربوط به سایر متغیرهای پژوهش، از سایت بانک

---

[1] کشورهای درحال توسعهٔ منتخب شامل: ایران، تایلند، کلمبیا، الجزایر، پرو، اکوادور، دومینیکن، تونس، جامائیکا، اردن، مصر، ونزوئلا، اندونزی، آذربایجان، ارمنستان و چین است.

[2] Monfreda et al

[3] World bank

جهانی، به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰، و برحسب دلار آمریکا، برای ۱۶ کشور درحال‌توسعه، طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۷، استخراج می‌شود.

## الگوی گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)

در این مقاله، به‌منظور حذف درون‌زایی بین متغیرها و همچنین درنظرگرفتن پویایی رابطه بین مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر و ردّپای اکولوژیکی، از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)، که در آن اثرات خاص کشورها و درون‌زایی احتمالی و خطای اندازه‌گیری متغیرهای توضیحی کنترل می‌شود، برای تخمین الگو استفاده شده است. در مدل‌های پانلی پویا، به‌دلیل امکان استفاده از متغیرهای ابزاری (ابزارهای داخلی) برای همهٔ متغیرهای توضیحی، تخمین‌های دقیق‌تری به‌دست خواهد آمد (محمدی‌خیاره و رستمی[1]، ۱۳۹۹). ازآنجاکه در این مقاله، تعداد مقاطع، کمتر از تعداد سال‌های مورد بررسی است، همچنین در معادلات مورد بررسی، باتوجه‌به اینکه متغیر وابسته به‌صورت وقفه در طرف راست ظاهر شده است، همبستگیِ وقفهٔ متغیرِ وابسته در سمت راست، با جزء خطا، سبب می‌شود تخمین زنندهٔ OLS تورش‌دار و ناسازگار شود (هسیائو، ۱۹۸۶، آرلانو و بوند، ۱۹۹۱ و بالتاجی، ۲۰۰۸)؛ لذا می‌بایست به روش‌های برآورد دومرحله‌ای( 2SLS) یا گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)، متوسل شد (بالتاجی، ۲۰۰۸). برآورد ۲ SLS ممکن است، به‌دلیل مشکل در انتخاب ابزارها، واریانس‌های بزرگ برای ضرایب به‌دست دهد و برآوردها، از لحاظ آماری، معنی‌دار نباشد. بنابراین، روش GMMتوسط آرلانو و بوند، برای حل این مشکل، پیشنهاد شده است. این تخمین‌زن، از طریق کاهش تورش نمونه، پایداری تخمین را افزایش می‌دهد. علاوه‌براین، باتوجه‌به آنکه متغیرها در واحدهای مختلفی اندازه‌گیری شده‌اند، قبل از تحلیل‌های تجربی، لازم است مجموعه‌داده‌ها نرمالایز شده و به یک معیار واحد تبدیل شود؛ بنابراین، بااستفاده از لگاریتم طبیعی، از مشکلات مربوط به توزیع داده‌ها جلوگیری می‌گردد.

---

[1] Mohammadi khiare & rostami (2020)

در راستای دستیابی به هدف مقاله، رویکرد گشتاورهای تعمیم‌یافته، به‌صورت مدل لگاریتمی زیر، در نظر گرفته می‌شود:

$$lnEFP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 lnEFP_{i(t-1)} + \alpha_{2i} lnGDP_{it} + \alpha_{3i} lnECN_{it} + \alpha_{4i} lnECR_{it} + \alpha_{6i} lnTEC_{it} + \alpha_{7i} LnTO_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (۲)$$

روش GMM، نسبت به دیگر روش‌های برآورد، از مزایایی، همچون حل مشکل درون‌زا بودن متغیرها، کاهش یا رفع هم‌خطی در مدل، که منجر به اعتبار بالاتر مدل می‌شود، حذف متغیرهای ثابت در طول زمان و افزایش بُعد زمانی، برخوردار است. این روش به اطلاعات دقیق، در مورد توزیع جملات اخلال نیازی نداشته و براساس این فرض استوار است که، جملات اخلال در معادلات، با مجموعه‌متغیرهای ابزاری، غیروابسته است (بالتاجی، ۲۰۰۸). فرم رگرسیونی روش گشتاورهای تعمیم‌یافته، به‌صورت زیر است:

$$Y_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 Y_{i(t-1)} + \alpha_3 X_{it} + \Gamma_i + \varepsilon_{it} \qquad (۳)$$

در رابطهٔ (۳)، $Y_{it}$ متغیر وابسته، که در مقالهٔ حاضر ردّپای اکولوژیکی است، $X_{it}$ مجموعه‌ای از متغیرهای توضیحی، $\Gamma_i$ نشان‌دهندهٔ اثرات انفرادی یا ثابت کشورها، $\varepsilon_{it}$ جمله اخلال و $t$ و $i$ بیانگر واحد مشاهدهٔ دورهٔ زمانی است. در الگوی (۳)، متغیر وابسته، با وقفه در سمت راست معادله، آورده شده است. بنابراین از روش OLS نمی‌توان برای برآورد مدل استفاده کرد. دراین‌حالت، باید از روش برآورد دو مرحله‌ای 2SLS یا روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) استفاده شود. به عقیدهٔ بارو و لی[1] (۱۹۹۶)، در معادلاتی که در تخمین آنها اثرات غیرقابل مشاهدهٔ خاص هر کشور وجود دارد و همچنین وقفهٔ متغیر وابسته، به‌عنوان یکی از متغیرهای توضیحی در نظر گرفته می‌شود، باید از تخمین‌زنندهٔ گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)، که در واقع مدل پویای پانلی است، استفاده شود. به‌منظور تخمین مدل از این روش، ابتدا باید متغیرهای ابزاری به‌کاررفته در مدل مشخص شوند (طیبی و همکاران[2]، ۱۳۹۰). آرلانو و باند روشی را، در مورد تخمین‌زنندهٔ تعمیم‌یافته، پیشنهاد کرده‌اند که شامل حذف اثرات ویژهٔ فردی مستقل از زمان $\Gamma_i$ با گرفتن تفاضل مرتبهٔ اول از معادلهٔ (۳) است. بدین‌ترتیب، رابطهٔ زیر حاصل می‌شود:

---

[1] Barro & lee

[2] Tayebi et al (2011)

$$Y_{it} - Y_{i(t-1)} = \rho(Y_{i(t-1)} - Y_{i(t-2)} + \sigma(X_{it} - X_{i(t-1)})_i + (\varepsilon_{it} - \varepsilon_{i(t-1)}) \qquad (۴)$$

دراین‌حالت، $(Y_{it} - Y_{i(t-1)})$ با $(\varepsilon_{it} - \varepsilon_{i(t-1)})$ دارای هم‌بستگی هستند. تخمین حداقل مربعات معمولی معادلهٔ (۴)، منجر به تخمین سازگار و بدون تورشی از $\rho$ نمی‌شود. بدین‌ترتیب، باید ابزار معتبری برای مدل پیدا کرد. این فرض، که جملات خطا به‌صورت سریالی هم‌بسته نیستند، به‌صورت زیر مطرح می‌شود:

$$E\left[\varepsilon_{it}\varepsilon_{i(t-1)}\right] = 0 \quad , \quad i = 1, \dots, N \quad , \quad s \neq t \qquad (۵)$$

ازطرفی حالات اولیه، از قبل تعیین‌شده هستند:

$$E\left[Y_{it}\ \varepsilon_{i(t-1)}\right] = 0 \quad , \quad i = 1, \dots, N \quad , \quad t \geq 2 \qquad (۶)$$

آرلانو و باند (۱۹۹۱) محدودیت‌های گشتاورهای زیر را بیان کردند:

$$E\left[Y_{it}\ (\varepsilon_{it} - \varepsilon_{i(t-1)})\right] = 0 \quad , \quad i = 1, \dots, N \quad , \quad s \geq 2 \qquad (۷)$$

به‌دلیل‌اینکه مقادیر $Y_{it}$، با دو یا بیش از دو دوره وقفه، با $(Y_{i(t-1)} - Y_{i(t-2)})$ هم‌بسته است و با $(\varepsilon_{it} - \varepsilon_{i(t-1)})$ هم‌بسته نیست، می‌توان آنها را به‌عنوان ابزارهای معتبری برای معادله در نظر گرفت (آرین‌مهر و همکاران[1]، ۱۳۹۲). سازگار بودن تخمین‌زننده GMM، به اعتبار فرض عدم‌هم‌بستگی سریالی جملات خطا و ابزارها بستگی دارد که به‌وسیلهٔ آزمون‌های سارگان و آرلانو- باند آزمون می‌شود. آزمون سارگان در مورد محدودیت‌های ازپیش‌تعیین‌شده است که معتبر بودن ابزارها را آزمون می‌کند. آمارهٔ این آزمون، دارای توزیع $\chi^2$ با درجات آزادی برابر با تعداد محدودیت‌های بیش‌ازحد است. آزمون هم‌بستگی سریالی، به‌وسیلهٔ آمارهٔ $M_2$، وجود هم‌بستگی سریالی مرتبهٔ دوم AR(2) در جملات خطای تفاضلی مرتبهٔ اول را آزمون می‌کند. در این آزمون، تخمین‌زن GMM، زمانی دارای سازگاری است که هم‌بستگی سریالی مرتبهٔ دوم، در جملات خطا از معادلهٔ تفاضلی مرتبهٔ اول، وجود نداشته باشد. عدم رد فرضیهٔ صفر هر دو آزمون، مبنی بر عدم‌هم‌بستگی سریالی و معتبر بودن ابزارها است (گل‌خندان و همکاران[2]، ۱۳۹۴).

---

[1] Arianmehr et al (2013)

[2] GolKhandan et al (2015)

## یافته‌های پژوهش

### آزمون وابستگی مقطعی و مانایی

به‌منظور تعیین نوع آزمون مانایی، ابتدا باید به انجام آزمون وابستگی مقاطع اقدام شود. وابستگی مقطعی می‌تواند در اثر عواملی همچون پیامدهای خارجی، ارتباط‌های منطقه‌ای و اقتصادی، وابستگی متقابل اجزاءِ باقیماندهٔ محاسبه‌نشده و عوامل غیرمعمول مشاهده نشده، در بین مقاطع مختلف وجود داشته باشد. پسران[1] (۲۰۰۶) نشان می‌دهد که در صورت نادیده‌گرفتن هم‌بستگی مقطعی، یک تورش و انحراف اساسی در نتایج به‌وجود خواهدآمد. برای انجام آزمون مانایی داده‌های تابلویی، می‌توان از آزمون‌های ریشهٔ واحد دیکی فولر تعمیم‌یافته[2]، لوین، لین و چاو[3]، فیشر[4]، ایم، شین و پسران[5]، هادری[6] و پسران (۲۰۰۷) استفاده کرد (بالتاجی[7]، ۲۰۰۵). درصورت وجود وابستگی مقطعی، باید از آزمون ریشهٔ واحد پسران (۲۰۰۷) استفاده کرد که در آن وابستگی، مقطعی درنظرگرفته‌شده‌است. به‌این‌منظور، آزمون‌های متعددی، نظیر آزمون‌های بروش و پاگان (۱۹۸۰) و CD پسران (۲۰۰۷)، ارائه شده‌اند. در این مقاله از آزمون CD پسران (۲۰۰۷)، که برای داده‌های تابلویی متوازن و نامتوازن قابل‌اجرا بوده و در نمونه‌های کوچک دارای خصوصیات مطلوبی است، استفاده می‌شود (پسران، ۲۰۰۷). فرضیهٔ صفر آزمون، نشان‌دهندهٔ عدم وابستگی مقطعی بین اعضای پانل است و فرضیه مقابل به وابستگی مقطعی اشاره دارد. برای پانل‌های متوازن، آمارهٔ آزمون CD به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$CD=\sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}}\left(\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N}\hat{P}_{ij}\right)\rightarrow \mathrm{N}(0,1) \qquad (۸)$$

---

[1] Pesaran
[2] Augmented Dicky Fuller
[3] Levin, Lin, Chu
[4] Fisher
[5] Im, Pesaran And Shin
[6] Hadri
[7] Baltagi

در رابطه (۸)، $\widehat{P}_{ij}$ ضرایب هم‌بستگی جفت جفت پیرسون از جملات پسماندهای معادله رگرسیونی رابطه (روابط اصلی مدل) است. هرگاه آمارۀ CD محاسباتی در یک سطح معناداری معین، از مقدار بحرانی توزیع نرمال استاندارد بیشتر باشد، درآن‌صورت، فرضیۀ صفر این آزمون رد شده و وابستگی مقطعی نتیجه‌گیری خواهد شد (دهویز و سارافیدیس[1]، ۲۰۰۶). نتایج آزمون وابستگی مقطعی، برای متغیرهای الگو، برابر با ۴/۷۵۴- به‌دست آمده که دارای احتمالی برابر با ۰/۰۰۰ است و درنتیجهt وابستگی بین مقاطع وجود دارد. بدین‌ترتیب، باید از آزمون مانایی پسران (۲۰۰۷) استفاده کرد. نتایج آزمون مانایی پسران در جدول (۲) ارائه شده است.

**جدول ۲: نتیجۀ آزمون مانایی CD پسران**

| متغیر | آماره | احتمال آماره | نتیجه آزمون |
|---|---|---|---|
| LEFP | -۱/۶۸۳ | ۰/۰۴۶ | مانا |
| LGDP | -۴/۴۲۳ | ۰/۰۰۰ | مانا |
| LECN | -۲/۴۲۵ | ۰/۰۰۳ | مانا |
| LECR | -۴/۱۲۶ | ۰/۰۰۰ | مانا |
| LTEC | -۲/۷۰۵ | ۰/۰۰۰ | مانا |
| LTO | -۲/۸۷۷ | ۰/۰۰۰ | مانا |
| LFR | -۲/۱۵۵ | ۰/۰۱۶ | مانا |

**مأخذ: یافته‌های پژوهش**

مطابق با نتایج جدول (۲)، تمامی متغیرها در سطح مانا هستند.

### نتیجۀ برآورد مدل

مدل (۲) برای کشورهای منتخب درحال‌توسعه، طی دورۀ زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۷، بااستفاده از روش GMM، برآورد شده و نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده است.

---

[1] De Hoyos and Sarafidis

**جدول ۳: نتیجهٔ تخمین الگو و آزمون‌های تشخیصی**

| متغیر | ضریب | انحراف استاندارد | آماره | احتمال آماره |
|---|---|---|---|---|
| LEFP(-1) | ۰/۳۰۷ | ۰/۰۷۴ | ۴/۱۰۰ | ۰/۰۰۰۱ *** |
| LECN | ۰/۶۲۲ | ۰/۲۱۶ | ۲/۸۷۳ | ۰/۰۰۴۵ ** |
| LECR | -۰/۰۷۱ | ۰/۰۲۴ | -۲/۹۲۴ | ۰/۰۰۳۸ *** |
| LTO | -۰/۱۸۸ | ۰/۰۵۷ | -۳/۳۰۲ | ۰/۰۰۱۱ *** |
| LGDP | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۱ | ۲/۷۰۵ | ۰/۰۰۷۴ *** |
| LFR | ۰/۲۰۰ | ۰/۱۰۵ | ۱/۹۰۷ | ۰/۰۵۷۸ * |
| **آزمون‌های تشخیصی** | | | | |
| آزمون خودهم‌بستگی مرتبهٔ اول | | | -۱/۴۹۲ | ۰/۱۳۵۶ |
| آزمون خودهم‌بستگی مرتبهٔ دوم | | | -۰/۰۷۵ | ۰/۹۴۰۶ |
| آزمون سارگان | | | ۹/۴۹۹ | ۰/۳۹۲۵ |

*****، ** و * به‌ترتیب بیانگر معناداری در سطح ٪۱، ٪۵ و ٪۱۰ است.**

**مأخذ: یافته‌های پژوهش**

نتایج آزمون‌های سارگان و آرلانو و باند در جدول (۳)، حاکی از عدم‌هم‌بستگی سریالی در وقفهٔ دوم و معتبر بودن ابزارهای مورداستفاده در مدل است. بدین‌ترتیب، مدل برآوردشده، با تفاضل وقفه‌دار مرتبهٔ اول، روش مناسبی برای تخمین مدل بوده و دارای تورش تصریح مدل نیست. نتایج برآورد مدل پژوهش در جدول (۳)، بیانگر اثر مثبت و معنادار وقفهٔ اول متغیر وابسته (ردّپای اکولوژیکی) است؛ بنابراین ردّپای اکولوژیکی دورهٔ قبل، اثر مثبتی بر مقدار فعلی این متغیر دارد. مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، اثر مثبت و معنادار بر ردّپای اکولوژیکی در کشورهای موردمطالعه داشته است. بدین‌معناکه با افزایش مصرف این نوع از انرژی‌ها، تخریب زیست‌محیطی افزایش می‌یابد. درحالی‌که ضریب برآوردی مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر منفی و معنادار است که نشان می‌دهد، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک، منجر به کاهش تخریب زیست‌محیطی در کشورهای درحال‌توسعهٔ مورد بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش رشد اقتصادی، ردّپای اکولوژیکی،

به‌طور معناداری، افزایش‌یافته است. ازطرفی، افزایش درجهٔ باز بودن تجاری، به‌طور معناداری، منجر به کاهش ردّپای اکولوژیکی شده است. نرخ باروری نیز، بر ردّپای اکولوژیکی، اثر مثبت و معنادار در سطح ۱۰ درصد داشته است. بدین معنی که با افزایش زادوولد فشار بر محیط‌زیست افزایش‌یافته و ردّپای اکولوژیکی بیشتر می‌شود.

**جدول ۴: نتیجهٔ آزمون والد**

| آماره | احتمال آماره |
|---|---|
| ۱۷/۸۹۷ | ۰/۰۰۰۰ |

**مأخذ: یافته‌های پژوهش**

مطابق با جدول (۴)، احتمال آمارهٔ آزمون والد، کمتر از ۵ درصد است و درنتیجه، کل رگرسیون معنادار است.

## جمع‌بندی( نتیجه‌گیری و ارائهٔ پیشنهادهای سیاستی)

در این مقاله، برای تحلیل اثر پویای مصرف انرژی، شامل دودسته انرژی‌های تجدیدناپذیر (همچون انرژی‌های فسیلی) و انرژی‌های تجدیدپذیر (همچون انرژی‌های آبی، بادی، خورشیدی و ...)، بر ردّپای اکولوژیکی (به‌عنوان شاخص محیط‌زیست)، در ۱۶ کشور منتخب درحال‌توسعه، طی دورهٔ ۲۰۱۷-۲۰۰۰، از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته استفاده شد. نتایج، حاکی از اثر مثبت مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر و اثر منفی مصرف انرژی تجدیدپذیر، بر ردّپای اکولوژیکی است. باتوجه‌به این نتیجه، توصیه می‌شود که کشورهای موردمطالعه، راهبردهایی همچون آموزش، فرهنگ‌سازی و مدیریت مصرف برای مصرف بهینهٔ انرژی‌های تجدیدناپذیر را در دستور کار خود قرار دهند و ازطرفی، بااستفاده از انرژی‌های نو و پاک و جایگزینی آن با انرژی‌های فسیلی و تجدیدناپذیر، علاوه بر کمک به کاهش تخریب محیط‌زیست، به تحقق عدالت بین‌نسلی، در راستای استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر، کمک کنند تا از این طریق، امکان توسعهٔ پایدار را نیز محقق نمایند. دراین‌راستا، دولت‌ها می‌توانند، با اعطای تسهیلات لازم، همچون تسهیلات کم‌بهره و

بلندمدت به تولیدکنندگان، برای بهره‌مندی از این فناوری‌ها در کاهش آلودگی محیط‌زیست و کاهش ردّپای اکولوژیکی، نقش مؤثری داشته باشند. وضع مالیات بر تولیدکنندگانی که، با استفاده از انرژی‌های فسیلی، موجبات آلودگی محیط‌زیست را فراهم می‌آورند و اعطای معافیت مالیاتی، به تولیدکنندگانی که از انرژی‌های پاک استفاده می‌کنند نیز، از راهکارهای مؤثر بر کاهش ردّپای اکولوژیکی به‌شمار می‌رود. از دیگر نتایج این تحقیق، می‌توان به اثر مثبت متغیرهای نرخ باروری و رشد اقتصادی بر ردّپای اکولوژیکی اشاره کرد که نشان می‌دهد، با افزایش نرخ باروری (که منجر به افزایش جمعیت می‌شود) و همچنین با افزایش رشد اقتصادی، فشار بر محیط‌زیست بیشتر شده و ردّپای اکولوژیکی افزایش می‌یابد. ازآنجاکه دستیابی به رشد اقتصادی، از اهداف اصلی کشورها (خصوصاً کشورهای درحال‌توسعه) است، باید تلاش شود تا رشد اقتصادی بالاتر، که مستلزم استفاده از انرژی بیشتر به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تولید است، با ایجاد و تقویت انرژی‌های پاک، صورت بگیرد. بدین‌وسیله، با افزایش اطلاعات، آموزش صحیح و ارتباط با دیگر کشورها جهت بهره‌مندی از اطلاعات و کالاهای همسو با محیط‌زیست، چگونگی تولید را اصلاح‌کرده و موجب کاهش خسارت به محیط‌زیست شوند. ازطرفی، نتایج حاکی از آن است که افزایش درجهٔ باز بودن تجاری، منجر به کاهش ردّپای اکولوژیکی می‌شود. این تأثیر، مبتنی بر غلبهٔ اثر فناوری بر اثر مقیاس و اثر ترکیب است؛ بنابراین، افزایش تجارت خارجی منجر به بهبود کیفیت محیط‌زیست و کاهش ردّپای اکولوژیکی در کشورهای موردمطالعه شده است. بدین‌ترتیب، واردکردن فناوری‌های پیشرفته، جهت تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک از کشورهای توسعه‌یافته، اعطای معافیت مالیاتی به صادرکنندگان کالاهای تولید شده از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش تعرفه واردات واردکنندگان فنّاوری‌های تولیدکنندهٔ انرژی‌های پاک نیز، از اقدامات کمک‌کننده برای کاهش تخریب محیط‌زیست و ردّپای اکولوژیک است.

## منابع

آرین مهر، ش، یحیی‌آبادی، ا، هرتمنی، ا. (۱۳۹۲). «بررسی تأثیر خصوصی‌سازی بر رشد اقتصادی در کشورهای گروه D8 با استفاده از مدل پانل پویای برآوردشده به روش GMM ». فصلنامهٔ علمی-پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعهٔ اقتصادی، ۴، ۱۳، ۲۸-۱۱.

بلالی، ح، زمانی، ا، یوسفی، ع. (۱۳۹۲). «رابطهٔ رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی در بخش نفت با تأکید بر نوسانات قیمت آن (مطالعهٔ موردی اقتصاد ایران)». فصلنامهٔ برنامه‌ریزی و بودجه، ۱۸(۳) , ۶۶-۴۹.

پارسا شریف، ح، امیر نژاد، ح، تسلیمی، م. (۱۴۰۰). «بررسی عوامل مؤثر بر ردّپای اکولوژیکی کشورهای منتخب آسیا و اروپا». فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱۳(۲)، ۱۷۲-۱۵۵ .

شارکیان، ع و لطفعلی‌پور، د. م. (۱۳۹۵). «نقش کارایی انرژی در بهبود محیط‌زیست در کشورهای منتخب صادرکنندهٔ نفت (به روش داده‌های تابلویی)». پژوهش‌های اقتصاد و توسعهٔ منطقه‌ای، (۱۱)۲۳. ۱۴۵-۱۲۱ .

شهنیا، ف، اصولی، م. (۱۳۸۹). «انرژی‌های تجدیدپذیر و جایگاه آن در سبد انرژی کشورها». مدیریت بهینه‌سازی انرژی. ۱۱-۱.

صادقی، س ک، سجودی، س، احمدزاده دلجوان، ف. (۱۳۹۶). «تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست در ایران»، پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، ۳، ۶، ۲۰۲-۱۷۱.

طرازکار، م، کارگر ده بیدی، ن، اسفنجاری کناری، ر، قربانیان، ع. (۱۳۹۹). «اثر رشد اقتصادی بر تخریب محیط‌زیست در منطقهٔ خاورمیانه :کاربرد ردّپای اکولوژیکی بر محیط‌زیست طبیعی»، منابع طبیعی ایران، ۳۷، ۱، ۹۰-۷۷.

طرازکار، م، قربانیان، ع، بخشوده، م. (۱۳۹۶). «اثر رشد اقتصادی بر پایداری محیط‌زیست در ایران: کاربرد شاخص ردّپای بوم‌شناختی». فصلنامهٔ اقتصاد محیط‌زیست و منابع طبیعی، ۲، ۳، ۷۰-۵۱.

فاخر، ح، عابدی، ز، شایگانی، ب. (۱۳۹۶). «بررسی رابطهٔ باز بودن تجاری و مالی با ردّپای اکولوژیکی». فصلنامهٔ علمی - پژوهشی مدل‌سازی اقتصادی، ۱۱(۴۰) , ۶۷-۴۹/

فتاحی، آ، مهروان، ع، عراقچیان، م. (۱۳۹۷). «کاربرد پوسته‌های هوشمند در کاهش مصرف انرژی و ردّپای اکولوژیکی در معماری ساختمان‌های اداری - تجاری در شهر کرمانشاه». همایش بین‌المللی علوم مهندسی و توسعهٔ شهری پایدار. ۸-۱ .

فطروس، م، آقازاده، ا، جبرائیلی، س، (۱۳۹۱)، «بررسی میزان تأثیر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب درحال‌توسعه (شامل ایران)، دورهٔ زمانی ۲۰۰۹-۱۹۸۰». مطالعات اقتصاد انرژی، ۹، ۳۲، ۷۲-۵۱.

فیلسوف کاخکی، م، (۱۳۹۴). «بررسی رابطهٔ بین مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر رشد اقتصادی: مطالعهٔ موردی ایران». دومین همایش بین‌المللی اقتصاد سبز.

گل خندان، ا، خوانساری، م، و گل خندان، د. (۱۳۹۴). «نظامی‌گری و رشد اقتصادی: شواهدی تجربی از کشورهای منطقهٔ منا در قالب الگوی پانل پویا». فصلنامهٔ علمی-پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعهٔ اقتصادی، ۵، ۱۸، ۵۰-۳۱ .

محمدی، ح، ظریف، ش. (۱۳۹۷). «بررسی تأثیر کارایی انرژی بر شاخص عملکرد محیط‌زیست در کشورهای منتخب اوپک و سازمان همکاری و توسعهٔ اقتصادی». پژوهش‌نامهٔ اقتصاد انرژی ایران. ۷(۲۸). ۱۵۶-۱۳۳ .

محمدی خیاره، م، رستمی، ن. (۱۳۹۹). «تأثیر متغیرهای اقتصاد کلان بر کارآفرینی: رویکرد گشتاورهای تعمیم‌یافته». پژوهش‌نامهٔ اقتصاد کلان، ۱۵(۳۰)، ۵۵-۳۰.

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). The dynamic impact of trade policy, economic growth, fertility rate, renewable and non-renewable energy consumption on the ecological footprint in Europe. Science of the Total Environment, 685, 702-709.

Baltagi, BH. (2005). "Econometric Analysis of Panel Data," Third Edition.

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

Bicknell, K .B., Ball, R. J., Cullen, R., & Bigsby, H. R. (1998). The new methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy. Ecological Economics, Vol. 27(2), pp. 149-160

Barro, R. J. & W. Lee (1993), "International Comparisons of Educational Attainment," Journal of monetary economics, Vol. 32, P.P. 361–394.

Charfeddine, L., and 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.

Daily, G. & Ehrlich, P.(1992).Population, Sustainability and the Earth's Carrying Capacity. Bioscience. Vol. 42 No. 10.pp: 761-771.

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., and Wackernagel, M. The Ecological Footprint Atlas 2010. 2010.Oakland: Global Footprint Network. 113p.

Grossman, M. G. and B. Alan Krueger. (1991). "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreements," Working Paper, No. 3914.

Lin, D., Galli, A., Borucke, M., Lazarus, E., Grunewald, N., Jon Martindill, David Zimmerman, Serena Mancini, Katsunori Iha, Mathis Wackernagel

Tracking supply and demand of biocapacity through ecological footprint accounting Sustainability Assessment of Renewables-Based Products: Methods and Case Studies (2015), pp. 179-200.

Lambert, M. E. (2013). The SJSU ecological footprint challenge and its impacts on pro-environmental behavior.

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

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

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, 1-17.

Oosthoek, J., & Gills, B. K., 2005. Humanity at the crossroads: The globalization of environmental crisis. Globalizations, 2(3): 283-291.

Pesaran, M.H. A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. J. Appl. Econom. 2007, 22, 265–312. [CrossRef]

Pata, U.K. Renewable and non-renewable energy consumption, economic complexity, CO2 emissions, and ecological footprint in the USA: Testing the EKC hypothesis with a structural break. Environ. Sci. Pollut. Res.2020, 1–16.

Reiche, D. 2003. Handbook of renewable energies in the European Union, vol. II. Frankfurt, Germany.

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

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. The Change of Ecological Footprint and Its Effect on Sustainable Development in Beijing of China, Chinese Business Review, 4(10), 2005: 1-13.

Arian Mehr, Sh., Yahya Abadi, A. and Hertamani, A. (2013). Investigating the Impact of Privatization on Economic Growth in Group D8 Countries Using the Dynamic Panel Model Estimated by the GMM Method. Journal of Economic Growth and Development Research, 4, 13, 28-11. (In Persian)

Balali, H., Zamani, A., Yousefi, A. (2013). The Relationship between Economic Growth and Environmental Pollution in the Oil Sector with Emphasis on Price Fluctuations (Case Study of Iranian Economy). Quarterly Journal of Planning and Budgeting, 18 (3), 66-49. (In Persian)

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)

Sharkian, A. and 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, (11) 23. 145-121. (In Persian)

Shahnia, F, Osuli, M. (2010). Renewable energy and its place in the energy basket of countries. Energy optimization management. 11-1. (In Persian)

Sadeghi, SK, Sojudi, S, Ahmadzadeh Deljavan, F. (2017). The Impact of Renewable Energy on Economic Growth and Environmental Quality in Iran, Energy Policy and Planning Research, 3, 6, 202-171. (In Persian)

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). Economic growth on environmental sustainability in Iran: Application of ecological footprint index. Journal of Environmental Economics and Natural Resources, 2, 3, 70-51. (In Persian)

Fakher, H, Abedi, Z, Shaygani, b. (2017). Investigating the relationship between commercial and financial openness and ecological footprint. Journal of Economic Modeling, 11 (40), 67-49. (In Persian)

Fattahi, A., Mehravan, A., Araqchian, M. (2018). Application of smart shells in reducing energy consumption and ecological footprint in the architecture of office-commercial buildings in Kermanshah. International Congress of Engineering Sciences and Sustainable Urban Development. 8-1. (In Persian)

Fatros, M., Aghazadeh, A., Jabraili, S., (2012), The effect of renewable and non-renewable energy consumption on the economic growth of selected developing countries (including Iran), 1980-1980. Energy Economics Studies, 9, 32, 72-51. (In Persian)

Philosopher Kakhki, M., (2015). Investigating the Relationship between Renewable and Non-Renewable Energy Consumption on Economic Growth: A Case Study of Iran. The Second International Conference on Green Economy. (In Persian)

Gol Khandan, A, Khansari, M, and Gol Khandan, d. (2015). Militarism and economic growth: Empirical evidence from countries in the Mena region in the form of a dynamic panel model. Journal of Economic Growth and Development Research, 5, 18, 50-31. (In Persian)

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. (28) 7. 156-133. (In Persian)

Mohammadi Khayareh, M., Rostami, N. (2020). The Impact of Macroeconomic Variables on Entrepreneurship: A Generalized Torque Approach. Journal of *Macroeconomics*, 15 (30), 55-30. (In Persian)