فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال بیست‌ویکم / شماره ۸۴/ بهار ۱۴۰۴/ صفحات ۷۸-۵۱

بررسی تأثیر بهره‌وری انرژی و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران

سید امین منصوری[۱]

دانشیار اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، Sa.mansouri@scu.ac.ir

سید عزیز آرمن

استاد اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، saarman@scu.ac.ir

یعقوب اندایش

استادیار اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، andayesh230@gmail.com

کیوان خورسند

کارشناس ارشد اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، khoursandkeivan@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۳

چکیده

بهره‌وری انرژی امروزه به‌عنوان یکی از راهکارهای کاهش حجم انتشاز گازهای گلخانه‌ای بدون کاهش رشد اقتصادی مطرح می‌باشد. علیرغم این موضوع که در ایران به واسطه وجود ذخایر عظیم سوخت‌های فسیلی، به بهره‌وری انرژی توجه چندانی نشده است. طبق گزارش ترازنامه انرژی در سال‌های گذشته، شدت مصرف نهایی انرژی در ایران بر اساس معیار قدرت خرید، ۱/۵ برابر متوسط جهانی بوده است. همچنین در این سال‌ها شاخص سرانه مصرف نهایی انرژی در بخش‌های کشاورزی، خانگی و عمومی و تجاری، حمل و نقل و صنعت به ترتیب، ۳,۳، ۱,۹، ۱,۷ و ۱/۵ برابر متوسط جهانی است. این آمار نشان می‌دهد که مصرف انرژی در ایران بسیار بالا می‌باشد و اغلب آلودگی محیط‌زیست و انتشار دی‌اکسیدکربن را نیز به همراه دارد. بر این اساس، هدف از تحقیق حاضر، بررسی بهره‌وری انرژی و رشداقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران بوده است. این تحقیق در بازه‌ی زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۱ انجام شده و رویکرد مورد استفاده در آن ARDL بوده است. یافته‌های حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که در بلند مدت، اثرگذاری بهره‌وری انرژی بر انتشار دی‌اکسید کربن، مثبت و معنادار می‌باشد. همچنین اثرگذاری رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن نیز مثبت و معنادار است. نتایج رابطه تصحیح خطا معنادار بوده و نتایج حاصل از برآوردهای آن نشان می‌دهد که متغیرها با سرعت ۰/۵۴ درصد خطالی عدم تعادل را تعدیل کرده و به سمت بلندمدت میل می‌کنند.

طبقه‌بندی JEL: Q41، C58.

کلیدواژه: رشد اقتصادی، بهره‌وری، CO_2، انرژی، ایران.

---

۱. نویسنده مسئول

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

۱- مقدمه

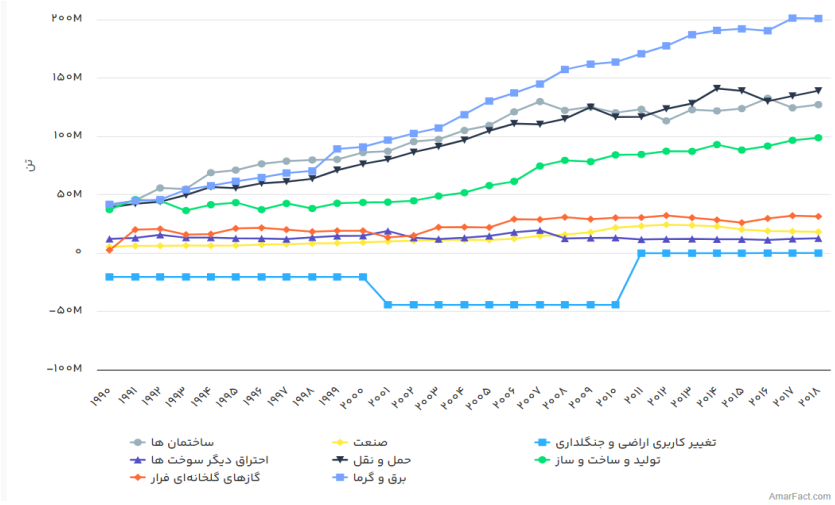
رشد اقتصادی به‌عنوان یکی از نمادهای پیشرفت به حساب می‌آید و از سویی گستردگی مباحث مربوط به آن تا حدی است که رابرت لوکاس (۱۹۸۸)، در این باره می‌گوید: وقتی که ما فکر کردن درباره رشد را آغاز می‌کنیم، فکر کردن به چیزهای دیگر مشکل می‌شود (لوکاس[1]، ۱۹۸۸). در ادبیات اقتصادی، بررسی علل رشد اقتصادی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده و توجه اقتصاددانان بسیاری را به خود جلب نموده و در این زمینه حجم گسترده‌ای از مطالعات را به خود اختصاص داده است. مطالعات اولیه عمدتاً بر نقش سرمایه فیزیکی به‌عنوان عامل رشد تأکید داشته است. مطالعات اخیر با گسترش مفهوم سرمایه از حیطه محدود «ماشین‌آلات و تجهیزات» و «انرژی» به محدوده وسیع‌تری که دانش متبلور شده انسان و تحقیقات از یک سو و «نهادهای اجتماعی» به‌عنوان سرمایه اجتماعی از سوی دیگر را نیز شامل می‌شود. این مطالعات تلاش نموده‌اند نواقص تحلیل‌های کلاسیک رشد اقتصادی را برطرف نمایند (جونز[2]، ۲۰۰۲).

هدف بسیاری از مطالعات تجربی انجام شده در زمینه رشد اقتصادی، تعیین اهمیت اثر یکی (یا مجموعه‌ای) از متغیرهای توضیحی بر رشد اقتصادی است. تعدد متغیرهای توضیحی بالقوه تأثیرگذار بر رشد اقتصادی در ادبیات تجربی رشد، نشان دهنده آن است که نظریه‌ی رشد اقتصادی در مورد اینکه چه متغیرهایی باید درنظرگرفته شوند، کامل نشده و نیازمند بررسی دقیق تر است (دوپلهافر[3]، ۲۰۰۰). لازم به ذکر است که به ارتباط معنادار بین شدت انرژی و رشد اقتصادی در ادبیات اقتصادی به طور مفصل پرداخته شده است. افزایش مصرف انرژی دلایل متعددی از جمله صنعتی شدن جوامع، رشد اقتصادی، رشد جمعیت، رشد شهرنشینی، آزادسازی تجاری، سبک زندگی و غیره دارد (موتانبا و همکاران[4]، ۲۰۲۱). رابطه بین انرژی و رشد اقتصادی تأثیر قابل توجهی بر انتشار کربن، بهره‌وری انرژی و سیاست‌گذاری برای توسعه صنعت دارد. این امر به ویژه برای کشورهای در حال توسعه که سریعاً در حال رشد سریع و صنعتی شدن هستند و تفاوت‌های جدی در توسعه منطقه‌ای دارند، مهم است. بر این اساس، هدف اصلی بسیاری از سیاست‌های اقتصادی دولت‌ها ایجاد رشد اقتصادی به همراه آسیب‌های کمتر زیست‌محیطی، از طریق افزایش بهره‌وری انرژی است (کوی و همکاران[5]، ۲۰۲۱).

1. Lucas
2. (Jones, 2002)
3. (Doppelhofer, 2000)
4. (Mutumba, Odongo, Okurut, & Bagire, 2021)
5. (Cui, Li, Xu, & Güneralp, 2021)

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

انرژی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تولید و همچنین یکی از ضروری‌ترین محصولات نهایی، جایگاه ویژه‌ای در رشد و توسعه کشورها دارد. با این حال، مصرف انرژی یکی از عوامل مهم انتشار از گازهای گلخانه‌ای و ایجاد مشکلات زیست‌محیطی است (ساری و سویتاس[1]، ۲۰۰۹؛ هیرینگ[2]، ۲۰۰۹). این مساله در اقتصاد ایران در مقایسه با سایر کشورهای جهان، بعلت گستردگی منابع انرژی اهمیت ویژه‌ای دارد. انجام هر گونه اقدام در زمینه مصرف بهینه انرژی مستلزم شناخت وضع موجود است که این شناخت از طریق جمع‌آوری آمار، اطلاعات و محاسبه بهره‌وری انرژی حاصل می‌شود. طبق گزارش سازمان جهان ما در نگاه آمار[3]، ایران در سال ۲۰۲۰، بیش از ۷۴۵ میلیون تن گاز CO2 منتشر نموده است. منابع اصلی آلودگی هوا در ایران پالایشگاه‌ها و پس از آن آلودگی هوا از شهرها و مناطق شهری هستند. با توجه به اینکه نفت و فرآورده‌های نفتی یکی از منابع اصلی انتشار CO2 است، فشار بر تولید انرژی مبتنی بر نفت افزایش یافته است. بررسی روند سالیانه انتشار این گازها از سال ۱۹۹۰ به بعد حاکی از افزایش چشمگیر گازهای گلخانه‌ای در بخش‌های مختلف به خصوص برق، حمل و نقل و ساختمان بوده است (سایت OWID[4]، ۲۰۲۲).

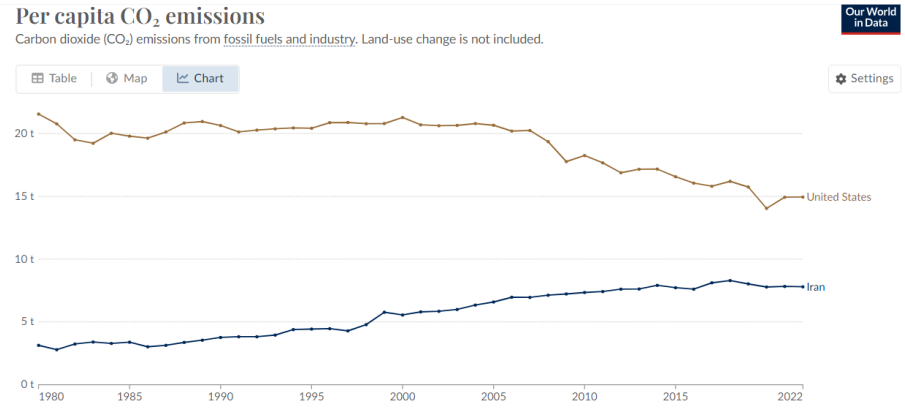


شکل ۱. انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران به تفکیک بخش‌های مختلف

1. (Sari & Soytas, 2009)
2. (Herring, 1999)
3. Our world in data (OWID)
4. https://ourworldindata.org/CO2-and-greenhouse-gas-emissions

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

وضعیت سرانه‌ی انتشار گاز CO2 در ایران در دوره‌ی ۱۹۸۰ به بعد رو به افزایش بوده است. این وضعیت در نشان داده شده است.



شکل ۲. انتشار گاز CO2 در ایران به صورت سرانه و مقایسه با امریکا

بهره‌وری انرژی یکی از راهکارهای کاهش حجم انتشاز گازهای گلخانه‌ای بدون کاهش رشد اقتصادی است. علیرغم این موضوع در ایران به واسطه وجود ذخایر عظیم سوخت‌های فسیلی، به بهره‌وری انرژی توجه زیادی نشده است. با توجه به آسیب‌های وارده بر محیط‌زیست در روند رشد و توسعه اقتصادی، مطالعه در خصوص مصرف انرژی به شکل‌های کارایی انرژی، شدت انرژی و بهره‌وری انرژی طی چند دهه اخیر افزایش یافته است (هو & وانگ[1]، ۲۰۰۶). بر این اساس هدف اصلی تحقیق حاضر پاسخ به این پرسش است که بهره‌وری انرژی و رشد اقتصادی چه تأثیری بر انتشار CO2 در ایران داشته است؟ نتایج این تحقیق به سیاست‌گذاران در زمینه‌ی اصلاح سیاست‌های انرژی و زیست محیطی کمک می‌کند. برای این منظور با استفاده از روش شناسی همجمعی ARDL، برای دوره‌ی زمانی ۲۰۲۰-۱۹۸۰ به بررسی سئوال تحقیق پرداخته شده است. بر این اساس ساختار مقاله در چند بخش تنظیم شده است. در بخش اول مبانی نظری و ادبیات تحقیق بیان می‌شود. پس از آن پیشینه مطالعات بیان شده و در بخش آخر به مدل تحقیق بررسی و در نهایت نتیجه‌گیری ارائه خواهد شد.

1. (J.-L. Hu & Wang, 2006)

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

۲- ادبیات تحقیق

۲-۱- مبانی نظری رشد و انتشار CO2

رشد اقتصادی یکی از مکانیزم‌های پرقدرت برای ایجاد افزایش بلندمدت درآمد سرانه است. بررسی علل و عوامل رشد همواره مورد توجه خاص اقتصاددان‌ها بوده و مدل‌های رشد متعددی برای آن طراحی شده است. از نظر تاریخی، نخستین مفهوم و عامل تأثیرگذار بر رشد اقتصادی در الگوهای رشد اقتصادی عامل سرمایه بوده است. تأثیر سرمایه‌گذاری بر رشد اقتصادی و تولیدات برای نخستین بار در مطالعات هارود-دومار[1] مشاهده می‌شود. در آن الگو (که فرم ساده‌ای از نظریه توزیع درآمد کینز است)، جامعه‌ای متشکل از دو گروه یکی بنگاه‌ها و دیگری خانوار وجود دارد. فعالیت بنگاه‌ها در قالب تولید و فروش کالا، سرمایه‌گذاری جدید و پرداختی به خانوار برای جبران خدمات نیروی کار و فعالیت خانوار در چارچوب اختصاص درآمد بین مصرف و پس‌انداز دیده می‌شود. در واقع در به‌منظور رسیدن به تعادل، لازم است پس‌انداز خانوار با سرمایه‌گذاری بنگاه‌ها برابر باشد. به همین دلیل سرمایه‌گذاری به میل نهایی به پس‌انداز مرتبط شده است (ربلو[2]، ۱۹۸۸). مدل‌های رشد نئوکلاسیکی، مانند سولو[3] (۱۹۵۶) عواملی چون سرمایه‌گذاری خصوصی، رشد جمعیت، پیشرفت برونزای فن‌آوری و سطح اولیه درآمد سرانه را از متغیرهای مؤثر بر رشد می‌دانند. این مدل تلاش می‌کند رشد اقتصادی بلند مدت را با بررسی انباشت سرمایه، رشد جمعیت یا نیروی کار و افزایش در بهره‌وری که به‌طور معمول پیشرفت فنی شناخته می‌شود توضیح دهد (آسموگلو[4]، ۲۰۰۹). تأثیر پیشرفت فنی بر رشد و نحوه تأثیرگذاری آن در چارچوب‌های مختلفی به بحث گذاشته شده است.این چارچوب‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول، تأثیر پیشرفت فنی در قالب کالاهای سرمایه‌ای تجسم و مورد تحلیل قرار گرفته است. در این حالت، فن‌آوری جدید سبب افزایش بهره‌وری سرمایه می‌شود. در حالت دوم، فن‌آوری جدید عمدتاً بهره‌وری نیروی کار را افزایش می‌دهد و از آن به‌عنوان فن‌آوری نهفته در نیروی کار یاد می‌شود. در دسته سوم، فن‌آوری ممکن است بهره‌وری کلی (نه لزوماً

1. Harrod-Domar
2. (Rebelo, 1998)
3. Solow
4. (Acemoglu, 2009)

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

بهره‌وری کار یا سرمایه) را افزایش دهد که از آن به‌عنوان فن‌آوری خنثی هیکس یاد می‌شود (کواه[1]، ۲۰۰۲).

برای بررسی رابطه نظری بین بهره‌وری و انتشار CO2، لازم است ابتدا رابطه بین مصرف انرژی و CO2 بررسی شود. مطالعات اولیه بین ارتباط بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی توسط افرادی از جمله کارتر[2] (۱۹۷۴)، اودوم و اودوم[3] (۱۹۷۶)، کرفت و کرفت[4] (۱۹۷۸)، آکارکا و لانگ[5] (۱۹۸۰)، هومفری و استنسلو[6] (۱۹۷۹) و نوپ[7] (۱۹۸۰) صورت گرفت. به طور کلی جهت علیت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی به چهار فرضیه طبقه بندی می‌شود (موتومبا[8]، ۲۰۲۱):

اول، فرضیه رشد[9]: بر اساس این فرضیه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی یک علیت یک طرفه وجود دارد. به طوریکه انرژی با تحت تأثیر قرار دادن نیروی کار و سرمایه منجر به رشد اقتصادی می‌شود. این اثر در نظریه عده‌ای از اقتصاددانان مانند برنت و وود (۱۹۷۹) منعکس شده است. آن‌ها استدلال می‌کنند که انرژی با تحت تأثیر قرار دادن سرمایه در تابع تولید می‌تواند وارد شود. به عقیده آن‌ها عامل تولید سرمایه و انرژی به صورت جداگانه استفاده نمی‌شوند. آن‌ها با ترکیب با هم یک عامل تولید جدید ایجاد می‌کنند که همراه با کار، می‌تواند باعث رشد اقتصادی شود (برنت & وود[10]، ۱۹۷۹). برخی دیگر مانند آیرس و نایر (۱۹۸۴)، انرژی را در تابع تولید به صورت بیوفیزیکی در نظر گرفته و بیان می‌کنند که تنها عامل اصلی رشد اقتصادی انرژی است و عوامل تولیدی مانند نیروی کار و سرمایه برای کار کردن به انرژی نیاز دارند. بر اساس این فرضیه رشد، سیاست‌های صرفه جویی در انرژی که مصرف انرژی را کاهش می‌دهد ممکن است تأثیر منفی بر رشد اقتصادی داشته باشد (آیرس & نیر[11]، ۱۹۸۴).

1. (Quah, 2002)
2. (Carter, 1974)
3. (Odum & Odum, 1976)
4. (Kraft & Kraft, 1978)
5. (Akarca & Long, 1980)
6. (Humphrey & Stanislaw, 1979)
7. (Knop, 1980)
8. (Mutumba et al., 2021)
9. Growth Hypothesis
10. (Berndt & Wood, 1979)
11. (Ayres & Nair, 1984)

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

دوم، فرضیه حفاظت[1]: بیان می‌کند که ممکن است بین سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی و رشد اقتصادی، رابطه منفی وجود نداشته باشد. در این نظریه بیان می‌شود که اگر رشد اقتصادی منجر به افزایش مصرف انرژی شود، اقتصاد در حال رشد ممکن است توسط عوامل دیگر مانند حاکمیت، زیرساخت، باز بودن تجارت و یا مصرف انرژی محدود شود.

سوم، فرضیه بازخورد[2]: به این موضوع اشاره دارد که ممکن است بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی علیت دو طرفه وجود داشته باشد. به طوریکه رشد اقتصادی با افزایش درآمد باعث افزایش مصرف انرژی شده و افزایش مصرف انرژی رشد اقتصادی را همراه داشته باشد.

چهارم، فرضیه بی طرفی[3]: بیان می‌کند که مصرف انرژی یک جزء کوچک از تولید کل یک اقتصاد است و لذا تأثیر کمی بر رشد اقتصادی دارد. در این صورت سیاست‌های صرفه جویی در مصرف انرژی تأثیر معناداری بر کاهش رشد اقتصادی ندارد. این فرضیه در حالت حدی مصرف انرژی را بی تأثیر بر رشد اقتصادی در نظر می‌گیرد.

۲-۲- مبانی نظری مصرف انرژی و انتشار CO2

در سال‌های اخیر، تخریب محیطزیست همراه با رشد روزافزون تولیدات صنعتی در کشورهای توسعه‌یافته، منجر به افزایش آگاهی و واکنش عمومی نسبت به اثرات فعالیت‌های اقتصادی مضر زیست‌محیطی شده است. در بررسی مبانی نظری رابطه بین مصرف انرژی و انتشار CO2، سه رویکرد توسط محققان پیشنهاد شده است.

رویکرد اول به نوعی به انتخاب بین رشد اقتصادی و حفظ معیار زیست محیطی می‌پردازد؛ این بدان معنی است که اساسا رشد اقتصادی و در نتیجه افزایش تولید و مصرف، ناگزیر به مواد اولیه و انرژی بیشتری نیاز دارد؛ زیرا داده‌های تولید به نوبه خود، تولید زباله را افزایش می‌دهد. به عبارت دیگر، با افزایش سطح درآمد در طول توسعه اقتصادی، برخلاف استخراج منابع طبیعی بیشتر و افزایش تخریب محیط زیست، باعث

1. Conservation Hypothesis
2. Feedback Hypothesis
3. Neutrality Hypothesis

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

کاهش رفاه انسان می‌شود. لذا، رشد فعالیت‌های اقتصادی نوعی خطر محسوب می‌شود. بنابراین، استدلال می‌شود که سیاست‌گذاران باید در این رابطه نوعی انتخاب کنند، یعنی با هدف دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر، باید خطرات زیست محیطی بیشتری را بپذیرند، یا اگر به ضرورت حفظ محیط زیست اعتقاد دارند، باید با سطوح بسیار پایین رشد اقتصادی، که انتخاب دشواری است، کنار بیایند (اسلاملوئیان& همکاران، ۱۳۹۴).

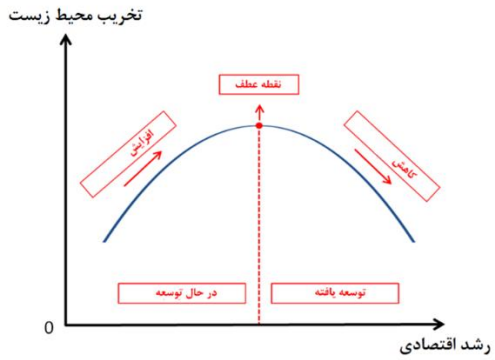
رویکرد دوم اعتقاد بر این است که مسیر ارتقای کیفیت محیط زیست موازی با رشد اقتصادی است و به منظور ارتقای استانداردهای زیست محیطی باید در جریان رشد اقتصادی گام بردارد. زیرا اساسا سطح بالاتر درآمد باعث افزایش تقاضا برای محصولی می‌شود که از مواد اولیه کمتری استفاده می‌کند و این افزایش درآمد باعث افزایش تقاضا برای کیفیت محیط زیست می‌شود و این به معنای پذیرش استانداردها و مقررات حفاظت از محیط زیست است (امین‌زاده & همکاران، ۱۴۰۱).

رویکرد سوم، که توسط گروسمن و کروگر[1] (۱۹۹۱)، از اوایل دهه ۱۹۹۰ پیشنهاد شد، یک رابطه معکوس U شکل بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست را پیشنهاد کرد، که به عنوان فرضیه انتقال محیط زیست یا فرضیه منحنی محیط زیست کوزنتس[2] شناخته می‌شود، که نام خود را از سیمون کوزنتس[3] (۱۹۵۵) گرفته است.

منحنی محیط زیستی کوزنتس (EKC) یک رابطه فرضی بین شاخص‌های مختلف تخریب محیط زیست و درآمد سرانه است. بر اساس این منحنی، در مراحل اولیه رشد اقتصادی، انتشار آلودگی افزایش می‌یابد و کیفیت محیط زیست کاهش می‌یابد، اما وقتی درآمد سرانه از سطح مشخصی بیشتر می‌شود، روند معکوس می‌شود و در سطوح بالای درآمد، رشد اقتصادی منجر به بهبود محیط زیست می‌شود. این بدان معنی است که اثرات زیست محیطی یا انتشار گازهای گلخانه‌ای سرانه یک تابع معکوس U شکل از درآمد سرانه است. شکل ۱ نمودار EKC را نشان می‌دهد.

1. (Grossman, 1991)
2. Kuznets
3. (Kuznets, 2019)

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]



شکل ۱. منحنی کوزنتس- رابطه رشد و توسعه اقتصادی با تخریب محیط‌زیست

منبع: گروسمن و کروگر، ۱۹۹۱.

در این راستا، اثر مقیاس، اثر درآمد و اثر ترکیبی مهم است. به طوری که در سطوح اولیه توسعه، افزایش مقیاس فعالیت‌های اقتصادی منجر به آلودگی بیشتر خواهد شد و بنابراین شیب منحنی مثبت خواهد بود (اثر مقیاس). با افزایش درآمد سرانه، تقاضا برای یک محیط با کیفیت بهتر افزایش می‌یابد و مقررات سختگیرانه‌تر زیست‌محیطی منجر به جایگزینی فن‌آوری‌های قدیمی با فن‌آوری‌های پاک تر (اثر درآمد) می‌شود. اثر درآمدی باعث دوری از فعالیت‌های صنعتی سنتی به سمت فعالیت‌های صنعتی جدید و ایجاد روند کاهش آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. بنابراین، هنگامی که درآمد سرانه از یک سطح خاص بالاتر می‌رود، اثرات ترکیبی و درآمد ناشی از اثر مقیاس غلبه می‌کند و منحنی را به سمت پایین می‌کشد. دیدگاه سنتی که معتقد است توسعه اقتصادی و بهبود کیفیت محیط زیست اهداف متناقضی است، تنها به اثر مقیاس مربوط می‌شود (دیندا[1]، ۲۰۰۴).

نظریه EKC از این جهت حائز اهمیت است که بهبود محیط‌زیست را در راستای بهبود رشد اقتصادی تفسیر می‌کند و مخالف با دیدگاه «محدودیت رشد» قرار دارد. به عبارتی می‌توان اقتصاد و محیط زیست را به صورت همزمان و به صورت پایدار توسعه داد (دلگادو[2]، ۲۰۲۳). با این حال انتقاداتی به نظریه EKC وارد شده است. از جمله این نظریه به صراحت الزامات انتخاب شاخص‌های آلودگی زیست محیطی را بیان نمی‌کند. به‌عنوان مثال استرن

1. (Dinda, 2004)
2. (Delgado, 2023)

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

(۲۰۰۴)، نشان می‌دهد که این نظریه در سطح محله معناداری بیشتری نسبت به داده‌های جهانی دارد (استرن[1]، ۲۰۰۴). از طرف دیگر ممکن است کاهش آلاینده در کشوری ناشی انتقال آلودگی به کشور همسایه باشد و لذا اعتبار نتایج آن کاهش می‌یابد (دلگادو، ۲۰۲۳). انتشار گازهای گلخانه‌ای از فعالیت‌های متعددی مانند مصرف انرژی تجدید ناپذیر (ووهرا[2] و همکاران، ۲۰۲۱)، حمل و نقل (چاکار و همکاران[3]، ۲۰۲۱) و صنایع (وو و همکاران[4]، ۲۰۲۱) رخ می‌دهد. محققان به طور مداوم عنوان نموده‌اند که رشد اقتصادی همیشه به طور نامطلوب تخریب محیطزیست را تحمیل می‌کند. اخیراً، شواهد تجربی نشان داده‌اند که تخریب محیطزیست و رشد اقتصادی به طور قابل توجهی با هم مرتبط هستند (وانگ و همکاران[5]، ۲۰۲۲). به عنوان مثال، افزایش یک درصدی در رشد اقتصادی، سطح انتشار دی‌اکسید کربن هوا را تقریباً ۰/۹۳ درصد در ۱۴۷ کشور بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ افزایش داده است (لی و همکاران[6]، ۲۰۲۱).

۳- پیشینه‌ی تحقیق

۳-۱- مطالعات خارجی

آلتین[7] (۲۰۲۴)، به بررسی تأثیر بهره‌وری انرژی و مصرف انرژی تجدیدپذیر بر انتشار کربن در کشورهای عضو G7 پرداخته است. دوره مورد بررسی سال‌های ۲۰۲۳-۱۹۷۱ می باشد. بر اساس نتایج تحقیق، یک رابطه همگرایی بلندمدت بین بهره‌وری انرژی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و انتشار کربن وجود دارد. دوم جهت و قوت این رابطه بلندمدت است. با افزایش بهره‌وری انرژی، انتشار کربن کاهش می‌یابد. یکی از نتایج مهم در این تحقیق این است که بین مصرف انرژی تجدیدپذیر و انتشار کربن رابطه مثبت وجود دارد.

1. (Delgado, 2023; Stern, 2004)
2. (Vohra et al., 2021)
3. (Demircan Çakar, Gedikli, Erdoğan, & Yıldırım, 2021)
4. (Wu, Geng, & Pan, 2021)
5. (Wang, Wang, & Li, 2022)
6. (Li, Wang, Liu, & Jiang, 2021)
7. (Altın, 2024)

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

عزیزی و همکاران[1] (۲۰۲۴)، به ارزیابی تأثیر بهره‌وری انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر بر کاهش انتشار CO2 در صنعت برق پرداخته‌اند. پژوهش آنها از رویکرد جامع دینامیک سیستم برای بررسی این سیاست‌ها برای کاهش انتشار CO2 در بخش تولید برق ایران استفاده می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که هر دو سیاست در ارتقای امنیت انرژی کشور مؤثر هستند، اما تأثیر سیاست توسعه تجدیدپذیر در کاهش انتشار کربن مهم‌تر است. همچنین با اجرای سیاست افزایش بهره‌وری می‌توان به‌بهره‌وری انرژی ۳/۵ درصد رسید.

ژن و همکاران[2] (۲۰۲۳)، مقاله‌ای تحت عنوان «اثر بازگرداندن گازهای گلخانه‌ای ناشی از افزایش بهره‌وری انرژی در محصولات اصلی چین» انجام داده‌اند. بررسی کامل اثر برگشت ناهموار گازهای گلخانه‌ای (GHG-RE) ناشی از افزایش بهره‌وری انرژی در سطح محصول خاص می‌تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند. این مطالعه ابتدا شدت انرژی تجسم یافته (EEIs) و شدت (EGHGIs) ۳۲GHG محصول اصلی چین را از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷ مورد ارزیابی قرار داد.

چن و همکاران[3] (۲۰۲۳)، در مقاله‌ای تحت عنوان «تجزیه و تحلیل علی تأثیرات استفاده از نفت، رشد اقتصادی و نوآوری‌های تکنولوژیکی بر انتشار کربن در بنگلادش» اثرات مصرف نفت، رشد اقتصادی و نوآوری‌های تکنولوژیکی بر انتشار کربن در بنگلادش را با استفاده از داده‌های فرکانس سه ماهه از ۱۹۷۲ تا ۲۰۲۰ ارزیابی نموده‌اند. به‌طور کلی، جدا از تایید روابط هم انباشتگی بین متغیرها، یافته‌های رگرسیون نشان می‌دهد که مصرف بالاتر نفت و رشد اقتصادی با افزایش انتشار دی‌اکسید کربن، تخریب محیط‌زیست را تحریک می‌کند در حالی که نوآوری‌های تکنولوژیکی با محدود کردن ارقام انتشار بنگلادش، رفاه زیست‌محیطی را احیا می‌کند. علاوه‌بر این، به نظر می‌رسد که نوآوری فن‌آوری با کاهش مشترک انتشار گازهای گلخانه‌ای همراه با کاهش مصرف نفت، رابطه بین مصرف نفت و انتشار کربن را تعدیل می‌کند، در نهایت، تحلیل علیت نشان می‌دهد که مصرف نفت، رشد اقتصادی و نوآوری‌های تکنولوژیکی بر انتشار کربن تأثیر می‌گذارند. بر اساس این یافته‌های کلیدی، توصیه می‌شود که بنگلادش وابستگی

1. (Azizi, Radfar, Ghatari, & Nikoomaram, 2024)
2. (Zhen, Qin, & Miao, 2023)
3. (Chen, Rahaman, Murshed, Mahmood, & Hossain, 2023)

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

خود به نفت را کاهش دهد، اهداف زیست‌محیطی را با سیاست‌های رشد اقتصادی خود ترکیب کند و موجودی فن‌آوری خود را توسعه دهد.

رایهان[1] (۲۰۲۳)، در مطالعه‌ای به طور تجربی رابطه بین رشد اقتصادی، استفاده از انرژی، ارزش افزوده کشاورزی و انتشار CO2 در ویتنام را بررسی نمود. برای بررسی روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین متغیرها، این مطالعه از تکنیک تاخیر توزیع‌شده خودرگرسیون (ARDL) و مدل تصحیح خطای برداری (VECM) با استفاده از داده‌های سری زمانی از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۰ برای ویتنام استفاده شده است. یافته‌های تجربی نشان داد که رشد اقتصادی و استفاده از انرژی با افزایش انتشار CO2 باعث تخریب محیطزیست می‌شود، در حالی که افزایش ارزش افزوده کشاورزی کیفیت زیست‌محیطی ویتنام را با کاهش انتشار CO2 در بلندمدت و کوتاه مدت بهبود می‌بخشد. نتایج برآورد شده در مقایسه با برآوردگرهای جایگزین مانند حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS)، حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده (FMOLS) و رگرسیون هم‌انباشته متعارف (CCR) قوی هستند. این تحقیق با روشن کردن پتانسیل ارزش افزوده کشاورزی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در ویتنام به ادبیات موجود کمک می‌کند و توصیه‌های سیاستی را در زمینه‌های اقتصاد کم کربن، ترویج انرژی‌های تجدیدپذیر و کشاورزی پایدار ارائه می‌نماید که می‌تواند انتشار CO2 را در ویتنام کاهش دهد.

لی و همکاران[2] (۲۰۲۲)، به بررسی تأثیر بهره‌وری انرژی بر ۳۰ استان در چین پرداخته اند. نتایج نشان می‌دهد که اثر بازدارندگی بهره‌وری انرژی بر انتشار کربن در صنعت حمل و نقل با بهبود کارایی انرژی در حال افزایش است. بر اساس نتایج تحقیق هنگامی که بهره‌وری انرژی اگر کمتر از مقدار آستانه (۰/۴۷۳ میلیون RMB/t) باشد، به ازای هر یک درصد افزایش در بهره‌وری انرژی، ۰/۸۱۸ درصد انتشار کربن کاهش می‌یابد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که شهرنشینی انتشار کربن از بخش حمل و نقل را مهار می‌کند، اما اثر شهرنشینی کمتر از اثر بهره‌وری انرژی است.

1. (Raihan, 2023)
2. (Li, Li, & Wang, 2022)

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

میرزا و همکاران[1] (۲۰۰۲)، به بررسی تأثیر بهره‌وری انرژی بر انتشار CO2 در کشورهای در حال توسعه پرداخته اند. در این مطالعه آنها شدت انرژی طبق منحنی کوزنتس بر انتشار CO2 برای ۳۰ کشور در حال توسعه بررسی شده است. شاخص‌های تجزیه شده نشان می‌دهد که کارایی انرژی نقش کلیدی در کاهش شدت انرژی ایفا نموده، در حالی که تغییرات ساختاری تنها باعث کاهش جزئی در شدت انرژی شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که بهبود بهره‌وری انرژی بیشترین تأثیر را بر کاهش انتشار CO2 دارد. در حالی که تغییرات ساختاری در کشورهای در حال توسعه تمایل به افزایش انتشار CO2 دارند، زیرا این کشورها به سمت بخش هایی حرکت می‌کنند که آلودگی بیشتری تولید می‌نمایند.

ژئو و همکاران[2] (۲۰۲۱) به بررسی «رشد اقتصادی، بهره‌وری انرژی و توسعه صنعتی چین: اثرات غیرخطی بر انتشار دی‌اکسید کربن» پرداختند. این مقاله تأثیرات متغیر زمانی رشد اقتصادی، بهره‌وری انرژی و توسعه صنعتی چین را بر انتشار دی‌اکسید کربن از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۹ تجزیه و تحلیل می‌کند. ابتدا، آنها بررسی کردند و دریافتند که دو تغییر ساختاری قابل توجه در دنباله CO2 در طول سال، و یک رابطه غیرخطی معنادار بین چهار وجود داشت. اولین مدل ساختاری غیرخطی ساخته شده، مدل رگرسیون TVP است. با توجه به معیار مقایسه مدل بیزی، TVP-SV-VAR به عنوان دومین مدل ساخته شده از چهار نوع مدل VAR حاوی ساختارهای غیرخطی انتخاب شد. نتایج نشان می‌دهد که مقدار شدت هدایت بازده مصرف انرژی به انتشار CO2 سال به سال افزایش یافته است، از ۰/۴۵ در سال ۱۹۷۱ به ۰/۹۷ در سال ۲۰۱۹ رسیده است. مکانیسم انتقال کوتاه‌مدت کارایی مصرف انرژی به انتشار کربن مهم‌تر است. شدت هدایت رشد اقتصادی چین بر انتشار CO2 سال به سال افزایش می‌یابد. رشد اقتصادی چین نقش مهمی در کاهش انتشار CO2 در بلند مدت دارد. تأثیر توسعه صنعتی بر انتشار CO2 در سال ۱۹۷۷ به نقطه اوج ۰/۳۴ رسید و شدت تأثیر اساساً در ۰/۲۶ تثبیت شده است.

هو و ژانگ[3] (۲۰۱۹) به بررسی «پویایی بلندمدت انتشار دی اکسید گوگرد، رشد اقتصادی و بهره‌وری انرژی در چین» پرداختند. مقاله آنها ارتباط بین انتشار کل

1. (Mirza, Sinha, Khan, Kalugina, & Zafar, 2022)
2. (Zhou, Chen, Li, & Jiang, 2021)
3. (B. Hu, Li, & Zhang, 2019)

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

دی‌اکسید گوگرد (SO2)، تولید ناخالص داخلی کل و بهره‌وری انرژی را با استفاده از داده‌های پانل استانی چین از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ برآورد می‌کند. بازده انرژی با استفاده از تحلیل مرزی تصادفی تخمین زده می‌شود و به بازده پایدار و گذرا تجزیه می‌شود. سپس با استفاده از مدل تصحیح خطا مبتنی بر پانل و در نظر گرفتن اثرات تغییرات چرخه‌ای، پویایی بلندمدت انتشار SO2، رشد اقتصادی و کارایی انرژی بررسی شده است. تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که تولید ناخالص داخلی تأثیر مثبتی بر انتشار کل SO2 در کوتاه‌مدت و افزایش بهره‌وری انرژی تأثیر منفی قابل توجهی بر انتشار در بلندمدت دارد. با کنترل اثرات چرخه تجاری، اثرات تولید ناخالص داخلی بر انتشارات هم در کوتاه مدت و هم در بلندمدت مثبت باقی می‌ماند. تجزیه و تحلیل مقطعی بینش‌های مشابهی را ارائه می‌دهد. استدلال می‌شود که رشد اقتصادی خود عامل انتشار CO2 است. بنابراین، دولت باید یک استراتژی بلندمدت برای مهار انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق بهبود بهره‌وری انرژی ایجاد کند.

۳-۲- مطالعات داخلی

دل گرم و همکاران (۱۴۰۲)، به بررسی تأثیر پیشرفت فن‌آوری بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در منتخبی از کشورهای پیمان شانگهای در بازه زمانی ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۱ با استفاده از الگوی پانل و روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) پرداخته اند. نتایج نشان داد که تحقیق و توسعه و سرمایه انسانی اثر منفی بر انتشار CO2 را تایید می‌کند. این در حالی است که مصرف انرژی‌های اولیه و باز بودن تجارت اثر مثبت بر انتشار CO2 داشته است.

محمدپرست و همکاران (۱۴۰۲)، به بررسی تجزیه و تحلیل بهره‌وری انرژی و محیط زیست بخش حمل و نقل تحت محدودیت مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست در ایران با استفاده از رویکرد تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها با مرز بهره‌وری تعادل عمومی (CEEFDEA) پرداخته اند. بر اساس نتایج مرز بهره‌وری تعادل از طریق میزان رضایت، همه استان‌های کشور باید مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن را تنظیم کنند. همچنین، ارزش بهره‌وری پایداری اکثر استان‌ها در بخش حمل و نقل کمتر از یک شد. بر اساس نتایج بدست آمده، بخش حمل و نقل کشور از نظر بهره‌وری انرژی و

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

حفظ محیط‌زیست ناکارآمد است. بنابراین لازم است با اتخاذ و اجرای سیاست‌های منطقی سازگار با نقش انرژی و محیط زیست در این بخش زمینه توسعه پایدار فراهم شود.

محمدیان (۱۴۰۲)، به بررسی رابطه بین رشد اقتصادی، حجم حمل و نقل و تخریب زیست‌محیطی در ایران پرداخته است. بر اساس نتایج این مطالعه، اصلاح قیمت انرژی در سال ۲۰۱۹ باعث شد که رابطه بین رشد اقتصادی و رشد حمل و نقل از یک پیوند رو به رشد (رشد اقتصادی با رشد حجم حمل و نقل) به یک جدایی قوی (رشد اقتصادی با کاهش حجم حمل و نقل) تغییر کند، اما به دلیل عدم جدایی قوی بین رشد حمل و نقل و رشد آلودگی، اصلاح قیمت انرژی منجر به کاهش انتشار کربن نشده است.

خدائی‌جوقان و همکاران (۱۴۰۱) در مقاله‌ای تحت عنوان «سنجش بهره‌وری انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی و شاخص پایداری بوم نظام‌های گندم و کلزا در خرمشهر» کارایی مصرف انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و ارزیابی پایداری در مزارع گندم و کلزا شهرستان خرمشهر را بررسی نموده‌اند.

نتایج نشان داد که میزان انرژی ورودی در یک هکتار مزارع گندم و کلزا مورد مطالعه ۴۱۸۱۰ و ۳۳۵۱۷ مگاژول بود که نهاده‌های الکتریسیته، کود نیتروژن و سوخت بیشترین تأثیر را به خود اختصاص دادند. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در یک هکتار مزارع گندم و کلزا شهرستان به ترتیب ۱۴۳۸/۵ و ۱۴۶۶ کیلوگرم معادل دی اکسیدکربن در هکتار و پتانسیل گرمایش جهانی به ترتیب ۱۸۲۲۳ و ۲۲۳۸ تن دی اکسیدکربن محاسبه گردید. در این مطالعه شاخص پایداری براساس میزان کربن ورودی و خروجی در گندم ۲/۴۵ و در کلزا ۱/۱۷ بود. نتایج نشان داد که در بوم سامانه‌های گندم و کلزای خرمشهر، مدیریت انرژی برای استفاده کارآمد و پایدار انرژی مهم و تأثیرگذار است. در این راستا بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش هزینه‌های مصرف انرژی به منظور حفظ سلامت محیط‌زیست ضروری می‌باشد.

مهدی (۱۴۰۰) در مقاله‌ای تحت عنوان «اثرگذاری رشد اقتصادی، مصرف انرژی و درجه بازبودن اقتصادی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای با تاکید بر توسعه مالی» انجام داده است. این مقاله به بررسی اثرگذاری رشد اقتصادی، مصرف انرژی و درجه باز بودن اقتصادی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای با تاکید بر توسعه مالی در کشورهای در حال

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

توسعه پرداخته است. جامعه آماری در این مقاله شامل کشورهای اسلامی در حال توسعه عضو D ۸ بوده است. همچنین تخمین داده‌های تابلویی (پانل دیتا) طی دوره (۲۰۰۰-۲۰۱۸) با استفاده از روش پانل ایستا و نرم افزار Eviwes انجام شده است. روش به کار رفته در مقاله از نوع توصیفی – تحلیلی بوده و به منظور تطبیق تئوری‌های اقتصادی با واقعیت‌های جامعه، روابط علی بین متغیرها با استفاده از آمار و ارقام مورد بررسی قرار گرفته و تمامی فرضیات تحقیق مورد تایید قرار گرفت.

مسعودی و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر و نوآوری‌های فنی و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن پرداختند. هدف از این مطالعه بررسی اثر نوآوری‌های فنی، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی بر انتشار CO2 در کشورهای منتخب آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر (IRENA) با استفاده از رویکرد ایستا، پویا و ضرایب بلندمدت داده‌های ترکیبی طی دوره زمانی ۲۰۱۶-۱۹۹۰ بود. نتایج این مطالعه نشان داد که نوآوری فنی و انرژی‌های تجدیدناپذیر تأثیر مثبتی بر انتشار CO2 داشته است، اما اثر انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار CO2 منفی و معنی‌دار بوده است. تأثیر رشد اقتصادی نیز بر انتشار CO2 مثبت و معنی‌دار بوده است.

پورمقدم (۱۳۹۹) به بررسی مصرف انرژی، رشد اقتصادی و انتشار گاز CO2 با استفاده از مدل معادلات همزمان و داده‌های پانل در ۱۴ کشور منطقه منا در طول دوره ۲۰۱۶-۱۹۹۰ پرداخته است. نتایج تجربی تحقیق نشان داد که یک رابطه دو طرفه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی وجود دارد. با این حال، نتایج نشان داد که یک علیت یک طرفه از مصرف انرژی به انتشار گاز CO2 وجود دارد. همچنین در حالت کلی یک رابطه علی دوطرفه میان رشد اقتصادی و انتشار گاز CO2 برای این منطقه وجود دارد. این مطالعه نشان داد که سیاست‌های زیست‌محیطی و انرژی باید تفاوت در رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی را به منظور حفظ رشد پایدار اقتصادی در منطقه منا به رسمیت بشناسند.

رهبر و همکاران (۱۳۹۸)، به بررسی تأثیر تکانه‌های بهره‌وری انرژی بر انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن در بخش‌های اقتصادی ایران (صنعت، حمل و نقل و کشاورزی) در دوره ۱۳۹۴-۱۳۷۶ پرداختند. برای این منظور، یک مدل چند متغیره شامل شدت انتشار دی‌اکسیدکربن، بهره‌وری انرژی، نیروی کار و سرمایه، رشد قیمت حامل‌های

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

انرژی، ارزش افزوده یک بخش و هزینه‌های تحقیق و توسعه بخش‌های انتخاب شده مورد آزمایش قرار گرفته است. نتایج این مطالعه نشان داده است که تکانه‌های بهره‌وری انرژی تأثیر قابل توجه و رو به کاهش بر شدت انتشار کربن داشته است.

شهابی نژاد (۱۳۹۴)، به بررسی رشد بهره‌وری انرژی در ایران و کشورهای منتخب در حال توسعه پرداخت. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که عمده کشورهای منتخب در حال توسعه از متوسط رشد بهره‌وری منفی در انرژی برخوردار بوده اند. همچنین تغییرات منفی فنی یکی از دلایل کاهش بهره‌وری انرژی در این کشورها بوده است. از دیگر نتایج این تحقیق این بوده است که افزایش در بهره‌وری انرژی در ایران مربوط به طرح هدفمندسازی یارانه و اصلاح قیمت‌های انرژی می‌باشد.

۴- معرفی متغیرهای تحقیق

در این تحقیق داده‌های سری زمانی برای ایران طی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۱ از سایت بانک جهانی و سایت اقتصادی فرد[1] (۲۰۲۱) جمع‌آوری شده است. به طور خاص، داده‌های مربوط به متغیر وابسته اصلی CO2 اندازه‌گیری شده بر حسب کیلوتن (kt) از سایت اقتصادی فرد (۲۰۲۱) به دست آمده است. داده‌های تولید ناخالص داخلی به صورت ثابت دلار آمریکا در نظر گرفته شده و از سایت اقتصادی فرد (۲۰۲۱) به دست آمده است. برای EP، داده‌ها در کل عرضه انرژی اولیه (TPES) در واحد تولید ناخالص داخلی اندازه‌گیری شده بدست آمده است. همچنین متغیر تحقیق و توسعه (RD) به صورت درصدی از هزینه‌های تحقیق و توسعه به تولید ناخالص داخلی تعریف شده است. ضمناً از متغیر ارزش افزوده تولید به میلیارد دلار (VA) و تمامی متغیرها به صورت لگاریتمی استفاده شده اند.

بر این اساس تصریح مدل به صورت زیر انجام می‌شود:

معادله (۱):

$$CO2,t = f(GDPt, EPt, RDt, VAt)$$

در معادله فوق (۱)، t در زیرنویس نشان‌دهنده دوره زمانی برای هر متغیر است.

1. FERED. DATA

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

معادله (۲):

$$CO2,t = \theta1 + \theta2GDPt + \theta3EPt + \theta4RDt + \theta5Vat + \mu t$$

که در آن CO2,t نشان دهنده انتشار دی‌اکسید کربن از مصرف سوخت فسیلی در منطقه مورد مطالعه در طول زمان است. تولید ناخالص داخلی نشان‌دهنده رشد اقتصادی در طول زمان است و EP نشان دهنده بهره‌وری انرژی می‌باشد. RD مخارج ناخالص داخلی برای تحقیق و توسعه (R&D) در طول زمان را نشان می‌دهد و شامل مخارج سرمایه‌ای و جاری در چهار بخش اصلی می‌شوند: شرکت تجاری، دولت، آموزش عالی و غیر انتفاعی خصوصی هستند. تحقیق و توسعه تحقیقات پایه، تحقیقات کاربردی و توسعه تجربی را پوشش می‌دهد. VA نشان دهنده ارزش افزوده بخش‌های مختلف به واحد میلیارد ریال از مرکز آمار ایران در طول زمان است.

۵- برآورد مدل

۵-۱- آزمون مانایی

به منظور بررسی مانایی در داده‌های تحقیق و اجتناب از رگرسیون کاذب از آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته[1] استفاده می‌شود. این آزمون با استفاده از آماره آکائیک[2] برای مدل با عرض از مبدأ و با روند بررسی می‌شود.

جدول ۱. نتایج حاصل از آزمون ADF در سطح

	با یکبار دیفرانسیل گیری		در سطح		
نتیجه	----	----	Prob	t-Statistic	Variable
مانا با تفاضل یک	۰/۰۰۰۰	-۶/۰۸۹	۰/۱۲۷	-۲/۴۸۰	LCO2
مانا	----	----	۰/۰۴۱	-۳/۰۳۴	LEP
مانا با تفاضل یک	۰/۰۰۰۰	-۵/۶۸۷	۰/۹۳۶۳	-۰/۱۵۱	LGDP
مانا با تفاضل یک	۰/۰۰۰۰	-۱۳/۶۶۶	۰/۲۴۲	-۲/۱۰۹	LRD
مانا	----	----	۰/۰۲۰۸	-۳/۹۰۲	LVA

مأخذ: نتایج تحقیق

1. Augmented Dickey-Fuller Test
2. Akaike Criteria

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

با توجه به نتایج جدول ۱ می‌توان دریافت که Prob متغیرهای EP و VA کمتر از ۰/۰۵ شده و معنا دار هستند. در نتیجه این دو متغیر در سطح مانا بوده و در نتیجه با I(0) نشان داده می‌شوند. متغیرهای CO2، GDP و RD با Prob بیشتر از ۰/۰۵ نامانا هستند و باید با یک مرتبه تفاضل‌گیری مانایی آنها مورد بررسی قرار گیرد. از آنجا که ممکن است متغیرها از نظر مانایی درجات مختلفی داشته باشند، یکی از بهترین روش‌ها برای تخمین مدل استفاده از روش آزمون کرانه‌های پسران و همکاران[1] (۲۰۰۱)، یا باند تست (والد) است. همچنین با توجه به ادبیات حاضرکه علاوه بر روابط بلند مدت بین دو متغیر، به دنبال پویایی‌های کوتاه‌مدت نیز می‌باشد، باید الگویی انتخاب شود که پویایی‌های کوتاه مدت را به بلند مدت پیوند دهد. در تعریف یک رابطه هم انباشتگی بین سری‌هایی که دارای درجات مشابه انباشتگی نیستند و یا حتی تعریف یک رابطه هم انباشتگی که درجه انباشتگی آن غیر قابل تعیین است، پیچیدگی‌هایی پدیدار می‌شود. استفاده از رویکرد خود رگرسیونی با وقفه‌های توزیعی ARDL به هم انباشتگی (رابطه بلند مدت) این اجازه را می‌دهد که در مورد سری‌های I(0)، I(1) یا حتی I(d) که d اعشاری نیست، وجود رابطه بلند مدت را مورد بررسی قرار دهد.

۵-۲- نتایج تخمین مدل کوتاه مدت

در جدول ۲ نتایج مربوط به تخمین رابطه‌ی همجمعی کوتاه مدت با آماره‌ی شوارتز-بیزین نشان داده شده است. بر اساس این نتایج ARDL(1,1,0,0,2) مورد تأیید قرار گرفته است.

جدول ۲. برآورد مدل ARDL با معیار بهینه‌ی شوارتز

Variable	Coeffcient	Std.Error	t-Statistic	Prob
LCO2 (-1)	۰/۴۶۱	۰/۰۹۸	۴/۶۷۸	۰/۰۰۰۱
LEP	۰/۲۶۴	۰/۹۹۹	۲/۶۴۹	۰/۰۱۲۶
LEP (-1)	۰/۱۶۴	۰/۰۸۰	۲/۰۵۳	۰/۰۴۸۶
LGDP	۰/۵۳۰	۰/۱۰۱	۵/۲۳۱	۰/۰۰۰۰
LRD	-۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	-۰/۱۲۶	۰/۹۰۰۰
LVA	۰/۰۴۵	۰/۱۰۳	۰/۴۳۸	۰/۶۶۴۴
LVA (-1)	۰/۰۸۶	۰/۱۲۰	۰/۷۲۳	۰/۴۷۴۶
LVA (-2)	-۰/۱۷۹	۰/۰۷۲	-۲/۴۸۳	۰/۰۱۸۶
C	-۴/۰۸۱	۰/۷۹۲	-۵/۱۵۱	۰/۰۰۰۰

مأخذ: نتایج تحقیق

1. Pesaran et al

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

۵-۳- نتایج آزمون کرانه‌ها

اولین گام در آزمون کرانه ها، آزمون فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود هم انباشتگی می‌باشد. چون توزیع F نامتقارن است (پسران و همکاران، ۲۰۰۱). مقادیر بحرانی را برای آماره F در دو مرحله تخمین زده اند. ابتدا با این فرض که همه متغیرها I(0) هستند و بار دیگر با این فرض که همه متغیرها I(1) اند و سپس کران پایینی را با رگرسورهای I(0) و کران بالا با رگرسورهای I(1) تعریف کرده اند (حاجی‌زاده، ۱۳۹۸). بنابراین یکی از روش‌ها برای بررسی رابطه بلندمدت، آزمون کرانه‌های پسران و همکاران (۲۰۰۱) است که از رویکرد تخمین مدل تصحیح خطای غیر مقید (UECM) شامل رابطه پویا و رابطه تعادلی بلندمدت استفاده کرده است. در این روش وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها توسط محاسبه آماره F مربوط به معناداری سطوح با وقفه متغیرها در فرم تصحیح خطا آزمون می‌شود. اگر آماره F بزرگتر از کران بالا باشد فرضیه صفر پذیرفته می‌شود و در صورت کوچکتر بودن از کران بالا برعکس می‌باشد. نتایج حاصل از این تست با بررسی Prob هر بخش در جدول نشان داده شده است:

جدول ۳. نتایج آزمون کرانه‌ها

	Value	Signif	I(0)	I(1)
F	۲۰/۱	٪۱۰	۲/۲	۳/۰۹
K	۴	٪۵	۲/۵۶	۳/۴۹

ماخذ: یافته‌های تحقیق

با بررسی نتایج بدست آمده و با توجه به بررسی مقدار F و بررسی کران بالا باید دانست که اگر مقدار F کوچکتر از I(1) شد دارای رابطه بلند مدت نخواهند بود و اگر مقدارF بزرگتر از I(1) باشد وجود رابطه بلند مدت پذیرفته می‌شود و در واقع برای متغیرهای ما رابطه بلند مدت وجود دارد.

پس از تایید بردار بلندمدت از طریق آزمون باند می‌توان نتایج رابطه بلندمدت را بررسی و به نتایج آن اعتماد کرد. نتایج تخمین رابطه تصحیح خطا در جدول ۴ نشان داده شده است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

جدول ۴. نتایج تخمین ضرایب بلند مدت

Variable	Coeffcient	t-Statistic	Prob
C	-۴/۰۸۱	-۵/۱۵۱	۰/۰۰۰۰
LCO2*	-۰/۵۳۸	-۵/۴۵۹	۰/۰۰۰۰
LEP	۰/۴۲۹	۴/۷۶۱	۰/۰۰۰۰
LGDP **	۰/۵۳۰	۵/۲۳۱	۰/۰۰۰۰
LRD**	-۰/۰۰۱	-۰/۱۲۶	۰/۹۰۰۰
LVA	-۰/۰۴۶	-۰/۴۶۷	۰/۶۴۳۳

ماخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج بدست آمده از این آزمون بدین صورت است که در بلند مدت، اثرگذاری بهره‌وری انرژی بر انتشار دی‌اکسید کربن معنادار و مستقیم می‌باشد. یعنی با افزایش یک واحد در انتشار دی‌اکسید کربن، بهره‌وری انرژی به مقدار ۰/۴۲۹ افزایش می‌یابد. و اثرگذاری رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن معنادار و مستقیم است. یعنی با افزایش یک واحد در انتشار دی‌اکسید کربن، رشد اقتصادی به مقدار ۰/۵۳۰ افزایش می‌یابد. در خصوص اثرگذاری انتشار دی‌اکسید کربن بر مخارج ناخالص داخلی برای تحقیق و توسعه و ارزش افزوده بخش‌های مختلف باید گفت که این اثرگذاری در بلند مدت معنادار نمی‌باشد. البته با یک بار وقفه بر روی ارزش افزوده بخش‌های داخلی می‌تواند این اثرگذاری معنادار باشد.

۵-۴- برآورد الگوی تصحیح خطا (ECM)

پس از اطمینان از وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای اقتصادی، می‌توان از الگوهای تصحیح خطا (ECM) استفاده کرد. این الگوها بین نوسانات کوتاه مدت متغیرها و مقادیر تعادلی بلندمدت آنها ارتباط برقرار می‌کنند. با استفاده از این الگوها پویایی‌های کوتاه مدت و سرعت نزدیک شدن به تعادل بلندمدت اندازه گیری می‌شود.

جدول ۵. نتایج الگوی تصحیح خطای ECM

Prob	Coeffcient	Variable
۰/۰۰۰۰	-۰/۵۳۸	C0inEq(-1)*

مآخذ: یافته‌های تحقیق

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

در صورتی که ضریب تصحیح خطای بدست آمده منفی و معنی دار باشد می‌توان دریافت که طی هر دوره زمانی با چه سرعتی خطای عدم تعادل تعدیل گردیده و مقدار کوتاه مدت به سمت مقدار تعادل و بلند مدت خود میل می‌کند. بنابراین با بررسی ضریب می‌توان دریافت که ضریب تصحیح خطای متغیرها منفی است و با بررسی Prob آن معنی‌داری آن را نشان می‌دهد، در نتیجه این متغیرهای ما تمایل به میل به برگشت با سرعت ۰/۵۳۸ درصد خطای عدم تعادل را تعدیل کرده و به سمت بلندمدت میل می‌کنند.

۶- نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف بررسی بهره‌وری انرژی و رشداقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران در بازه زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۱ انجام شده است. رویکرد مورد استفاده در این تحقیق ARDL بوده است. داده‌های حاصل از تحقیق از بانک جهانی بدست آمده‌اند و نرم افزار مورد استفاده در این تحقیق جهت تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده نرم افزار Eviwes 2012 بوده است. یافته‌های حاصل از تحقیق نشان داده است که:

- همه متغیرهای تحقیق با دو مرتبه AR (0) و AR (1) مانا شده‌اند.
- نتایج حاصل از آزمون کرانه‌های پسران و شین هم نشان داد که برای متغیرها رابطه‌ی بلند مدت وجود داشته. و مقدار F از مقدار I(1) در سطح ۵ درصد و ۱۰درصد بزرگتر است.
- در بلند مدت، اثرگذاری بهره‌وری انرژی بر انتشار دی‌اکسید کربن معنادار است و این اثرگذاری مستقیم است.
- بخش تحقیق و توسعه و ارزش افزوده بخش‌های مختلف بی معنا بوده است.
- نتایج رابطه متغیرها در کوتاه مدت معنادار است و نتایج حاصل از برآوردهای آن نشان داده است که متغیرها با سرعت ۰/۵۳۸ درصد خطای عدم تعادل را تعدیل کرده و به سمت بلندمدت میل می‌کنند. بنابراین با توجه به نتایج حاصل فرضیات تحقیق مورد تایید قرار گرفته است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

بر اساس نتایج به دست آمده فرضیه یک مبنی بر اثر معنادار بهره‌وری انرژی بر انتشار دی‌اکسید کربن مورد تایید است. نتایج آن با نتایج مطالعات رهبر و همکاران (۱۳۹۸)، وورل[1] و همکاران (۲۰۰۱)، نخعی و ایران‌نژاد (۱۳۹۳) همراستا می‌باشد.

فرضیه ۲ مبنی بر اثر معنادار رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن مورد تایید قرار گرفته است. با توجه به موارد فوق می‌توان دریافت که نتایج حاصل از این مطالعات همراستا با نتایج فرضیه تحقیق حاضر هستند.

با توجه به تایید دو فرضیه اصلی تحقیق پیشنهاد می‌شود که با استفاده از تکنولوژی‌های جدید در راستای بهبود بهره‌وری انرژی در ایران گام برداشته شود. این اثر همراه با افزایش رشد اقتصادی می‌تواند سیاست بهینه‌ای برای نگهداشت وضعیت فعلی انتشار CO2 در ایران باشد.

تضاد منافع: نویسنده مقاله اعلام می‌کند که در انتشار مقاله ارائه شده تضاد منافعی وجود ندارد.

1. (Worrell, Price, & Martin, 2001)

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

منابع

- اسلاملوئیان، کریم، و علی حسین، استادزاد. (۱۳۹۴). مالیات سبز دربخش‌های انرژی و کالای نهایی در ایران: رویکرد نظریه بازی‌ها. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۵(۱۷)، ۱-۳۷. doi: 10.22054/jiee.2017.7161
- امین‌زاده، کاظم، بختیاری، صادق، دایی کریم‌زاده، سعید، (۱۴۰۱)، بررسی فرضیه منحننی محیط‌زیستی کوزنتس و رشد اقتصادی در استان‌های صنعتی ایران با استفاده از رویکرد DOLS، مجله محیط‌زیست و توسعه فرابخشی، دوره ۷، شماره ۷۷، ص ۶۳-۸۷.
- آشنا، ملیحه، حسین آبادی، سعید، (۱۳۹۹)، ارزیابی عوامل موثر بر تغییرات انتشار دی‌اکسید کربن در ایران با تاکید بر نقش شهرنشینی، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۹، شماره ۲، شماره پیاپی ۳۴، ص ۱۴۵-۱۶۳.
- بهبودی، داوود، فلاحی، فیروز، و برقی گلعذانی، اسماعیل. (۱۳۸۹). عوامل اقتصادی و اجتماعی موثر بر انتشار سرانه دی‌اکسید کربن در ایران (۱۳۸۳-۱۳۴۶). تحقیقات اقتصادی، دوره ۴۵، پیاپی ۹۰، ص ۱-۷۱.
- پورمقدم، امین، (۱۳۹۹)، مصرف انرژی، رشد اقتصادی و انتشار گاز CO2 در کشورهای منا،دهمین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار،تهران.
- خدائی جوقان، آیدین، تاکی، مرتضی، و مطوریان، حمید. (۱۴۰۱). سنجش بهره‌وری انرژی، انتشار گازهای گلخانه ای، پتانسیل گرمایش جهانی و شاخص پایداری بوم نظام‌های گندم و کلزا در خرمشهر. دانش کشاورزی وتولید پایدار، ۳۲(۱)، ۳۰۹-۳۲۴. doi: 10.22034/saps.2021.44507.2634
- دل‌گرم عاطفه، پهلوانی مصیب، رادنیا مرجان. (۱۴۰۲). تأثیر پیشرفت فن‌آوری بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن (منتخبی از کشورهای پیمان شانگهای). فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۹(۷۷)، ۱۶۳-۱۹۱.
- رهبر، فرهاد، برخورداری، سجاد، و قره باغی دنیاداری، پانیذ. (۱۳۹۸). بررسی تأثیر تکانه‌های بهره‌وری انرژی بر انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن در بخش‌های اصلی اقتصاد ایران با رویکرد Panel-VAR. فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، ۳(۶)، ۲۹-۵۳. doi: 10.22054/eenr.2019.12481

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

- شهابی نژاد وحید. (۱۳۹۴). رشد بهره‌وری کل عامل انرژی در ایران و کشورهای منتخب در حال توسعه. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۱(۴۶)، ۲۲۱-۲۴۲.
- گل مروی، دل آرام، (۱۴۰۰)، بررسی نقش بهره‌وری انرژی و کاربرد انرژی‌های پاک در توسعه پایدار و کاهش انتشار جهانی کربن، پنجمین کنفرانس بین المللی مطالعات جهانی در علوم تکنولوژی و مهندسی،تهران.
- محمدپرست حوا، شهرکی جواد، مردانی نجف آبادی مصطفی. (۱۴۰۲). تحلیل کارآیی انرژی و زیست محیطی بخش حمل و نقل تحت محدودیت‌های مصرف انرژی و آلودگی‌های زیست محیطی در ایران. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۹(۷۶) :۱۱۷-۱۵۶
- مسعودی، نسیم و دهمرده، نظر و اسفندیاری، مرضیه، (۱۳۹۹)، بررسی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر و نوآوری‌های فنی و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن.
- مهدی، صفورا، (۱۴۰۰)، اثرگذاری رشد اقتصادی، مصرف انرژی و درجه باز بودن اقتصادی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای با تاکید بر توسعه مالی،اولین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، مدیریت، اقتصاد و حسابداری.
- محمدیان، فرشته. (۱۴۰۲). بررسی رابطه بین رشد اقتصادی، حجم حمل و نقل و تخریب زیست‌محیطی در ایران: رویکرد جداسازی. فصلنامه علمی پژوهشی اقتصاد مقداری، ۲۰(۱)، ۱۹۵-۲۳۱. doi: 10.22055/jqe.2022.38971.2428
- نخعی، فردیس، و ایران نژاد، مهدی. (۱۳۹۳). بهره‌وری انرژی و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در صنعت فولاد با محور توسعه پایدار. سمپوزیم فولاد.
- Acemoglu, D. (2009). 14.452 Economic Growth: Lecture 2: The Solow Growth Model.
- Akarca, A. T., & Long, T. V. (1980). On the relationship between energy and GNP: a reexamination. The Journal of Energy and Development, 326-331.
- Altın, H. (2024). The impact of energy efficiency and renewable energy consumption on carbon emissions in G7 countries. International Journal of Sustainable Engineering, 17(1), 1-9. doi:https://doi.org/10.1080/19397038.2024.2319648
- Ayres, R. U., & Nair, I. (1984). Thermodynamics and economics. Physics today, 37(11), 62-71.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

- Azizi, S., Radfar, R., Ghatari, A., & Nikoomaram, H. (2024). Assessing the impact of energy efficiency and renewable energy on CO2 emissions reduction: empirical evidence from the power industry. International Journal of Environmental Science and Technology, 1-20.
- Berndt, E. R., & Wood, D. O. (1979). Engineering and econometric interpretations of energy-capital complementarity. The American Economic Review, 69(3), 342-354.
- Carter, A. P. (1974). Energy, environment, and economic growth. The Bell Journal of Economics and Management Science, 578-592.
- Chen, X., Rahaman, M. A., Murshed, M., Mahmood, H., & Hossain, M. A. (2023). Causality analysis of the impacts of petroleum use, economic growth, and technological innovation on carbon emissions in Bangladesh. Energy, 267, 126565.
- Cui, W., Li, J., Xu, W., & Güneralp, B. (2021). Industrial electricity consumption and economic growth: A spatio-temporal analysis across prefecture-level cities in China from 1999 to 2014. Energy, 222, 119932.
- Delgado, F. J. (2023). Green tax: Adjusting taxation for a new balance environment-activity-collection.
- Demircan Çakar, N., Gedikli, A., Erdoğan, S., & Yıldırım, D. Ç. (2021). A comparative analysis of the relationship between innovation and transport sector carbon emissions in developed and developing Mediterranean countries. Environmental Science and Pollution Research, 28(33), 45693-45713.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. Ecological economics, 49(4), 431-455.
- Doppelhofer, G. P. (2000). Three essays on the determinants of economic growth: Columbia University.
- Grossman, G. (1991). Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement.
- Herring, H. (1999). Does energy efficiency save energy? The debate and its consequences. Applied Energy, 63(3), 209-226.
- Hu, B., Li, Z., & Zhang, L. (2019). Long-run dynamics of sulphur dioxide emissions, economic growth, and energy efficiency in China. Journal of cleaner production, 227, 942-949.
- Hu, J.-L., & Wang, S.-C. (2006). Total-factor energy efficiency of regions in China. Energy Policy, 34(17), 3206-3217.
- Humphrey, W. S., & Stanislaw, J. (1979). Economic growth and energy consumption in the UK, 1700–1975. Energy Policy, 7(1), 29-42.
- Jones, C. I. (2002). Introduction to economic growth. (No Title).

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

- Knop, H. (1980). Economic Growth and Energy Consumption. East and West in the Energy Squeeze: Prospects for Cooperation, 45-60.
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. The Journal of Energy and Development, 401-403.
- Kuznets, S. (2019). Economic growth and income inequality. In The gap between rich and poor (pp. 25-37): Routledge.
- Li, R., Li, L., & Wang, Q. (2022). The impact of energy efficiency on carbon emissions: evidence from the transportation sector in Chinese 30 provinces. Sustainable Cities and Society, 82, 103880.
- Li, R., Wang, Q., Liu, Y., & Jiang, R. (2021). Per-capita carbon emissions in 147 countries: the effect of economic, energy, social, and trade structural changes. Sustainable Production and Consumption, 27, 1149-1164.
- Mirza, F. M., Sinha, A., Khan, J. R., Kalugina, O. A., & Zafar, M. W. (2022). Impact of energy efficiency on CO2 Emissions: Empirical evidence from developing countries. Gondwana Research, 106, 64-77.
- Mutumba, G. S., Odongo, T., Okurut, N. F., & Bagire, V. (2021). A survey of literature on energy consumption and economic growth. Energy Reports, 7, 9150-9239.
- Odum, H. T., & Odum, E. C. (1976). Energy basis for man and nature.
- Quah, D. (2002). Technology dissemination and economic growth: Some lessons for the new economy. Technology and the new economy, 3, 95-156.
- Raihan, A. (2023). An econometric evaluation of the effects of economic growth, energy use, and agricultural value added on carbon dioxide emissions in Vietnam. Asia-Pacific Journal of Regional Science, 7(3), 665-696.
- Rebelo, S. (1998). On the determinants of economic growth. In Contemporary Economic Issues: Macroeconomics and Finance (pp. 138-156): Springer.
- Sari, R., & Soytas, U. (2009). Are global warming and economic growth compatible? Evidence from five OPEC countries? Applied Energy, 86(10), 1887-1893.
- Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. World Development, 32(8), 1419-1439.
- Vohra, K., Vodonos, A., Schwartz, J., Marais, E. A., Sulprizio, M. P., & Mickley, L. J. (2021). Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem. Environmental research, 195, 110754.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-08-11]

- Wang, Q., Wang, L., & Li, R. (2022). Renewable energy and economic growth revisited: the dual roles of resource dependence and anticorruption regulation. Journal of cleaner production, 337, 130514.
- Worrell, E., Price, L., & Martin, N. (2001). Energy efficiency and carbon dioxide emissions reduction opportunities in the US iron and steel sector. Energy, 26(5), 513-536.
- Wu, D., Geng, Y., & Pan, H. (2021). Whether natural gas consumption bring double dividends of economic growth and carbon dioxide emissions reduction in China? Renewable and Sustainable Energy Reviews, 137, 110635.
- Zhen, W., Qin, Q., & Miao, L. (2023). The greenhouse gas rebound effect from increased energy efficiency across China's staple crops. Energy Policy, 173, 113398.
- Zhou, D., Chen, B., Li, J., & Jiang, Y. (2021). China’s economic growth, energy efficiency, and industrial development: nonlinear effects on carbon dioxide emissions. Discrete Dynamics in Nature and Society, 2021(1), 5547092.

[Downloaded from iesj.ir on 2025-08-11]