نشریه علمی پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)
مقاله پژوهشی/ سال بیست و چهارم، شماره اول، بهار ۱۴۰۳، ص: ۱-۲۶

پویایی‌های روابط مصرف برق، اثر محیطی و رشد اقتصادی با رویکرد ضرایب پارامتر طی زمان

صمد حکمتی فرید[۱]
فاطمه هواس بیگی[۲]
علی مریدیان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲

چکیده

کشورهای درحال توسعه با مشکل تخریب محیط زیست مواجه هستند. تخریب محیط زیست در اثر استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر برای رشد اقتصادی ایجاد می‌شود، اما نمی‌توان پیامدهای تخریب محیط زیست را نادیده گرفت. در این مطالعه، برای بررسی پویایی بین زمانی بین تولید ناخالص داخلی واقعی ایران (نفتی و غیرنفتی)، مصرف برق و اثر محیطی برای سال‌های *۱۳۴۶-۱۳۹۷* از مدل خودتوضیح برداری پارامترهای متغیر طی زمان (*TVP-VAR*) استفاده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که مدل *TVP-VAR* برای بررسی پویایی رابطه بین مصرف برق، تولید ناخالص داخلی واقعی و اثر محیطی کاربردی است. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل توابع واکنش ضربه‌ای پارامتر طی زمان تولید ناخالص داخلی واقعی (نفتی و غیرنفتی)، مصرف برق و اثر محیطی به شوک‌های ساختاری، نشان می‌دهد که واکنش‌ها به میزان نوسانات ساختاری تولید ناخالص داخلی واقعی (نفتی و غیرنفتی)، مصرف برق و شوک‌های اثر محیطی، بستگی دارد. توصیه می‌شود که سیاست‌گذاران در ایران، به منابع انرژی تجدیدپذیر توجه داشته باشند؛ چراکه جایگزینی منابع انرژی سنتی قدیمی مانند زغال‌سنگ، گاز و نفت، به تقاضای فزاینده برای انرژی کمک می کند. برای دستیابی هم‌زمان به رشد اقتصادی پایدار و کیفیت محیطی بلندمدت، به سرمایه‌گذاری زیادی در فناوری‌های انرژی جدید توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: TVP-VAR، نوسانات تصادفی، تولیدناخالص داخلی واقعی غیرنفتی، ردپای بوم‌شناختی
طبقه‌بندی JEL: Q53، Q43، E52

۱. دانشیار اقتصاد منابع و محیط زیست، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران (نویسندهٔ مسئول)
Email: s.hekmati@urmia.ac.ir
۲. دانشجوی دکتری اقتصاد شهری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
Email: fatemehhavasbeigi71@gmail.com
۳. دانشجوی دکتری اقتصادسنجی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
Emai: lalimoridian@ymail.com

۱. مقدمه

انرژی عامل تعیین‌کنندهٔ مهمی در رشد اقتصادی پایدار در نظر گرفته می‌شود. استرن و همکاران[1] (۲۰۱۹)، استدلال کردند که مصرف انرژی باید به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده اساسی برای رشد اقتصادی در نظر گرفته شود. منابع انرژی نیازهای بخش‌های مختلف، یعنی صنعتی، کشاورزی مدرن، تجارت، حمل‌ونقل و غیره را برآورده می‌کنند. ازاین‌رو، مصرف برق (مصرف انرژی) برای رشد یک اقتصاد حیاتی است. برق، ستون فقرات اقتصادهای صنعتی و مصرف‌کننده امروزی بوده، و سهم آن در ترکیب انرژی به دلیل افزایش درآمد سرانه، برق‌رسانی به حمل‌ونقل، استفاده از دستگاه‌های الکترونیکی و تقاضا برای محصولات مصرفی و صنعتی در حال افزایش است. بااین‌حال، کشورهای توسعه‌یافته به سمت فناوری بهره‌وری انرژی حرکت می‌کنند تا تقاضای فزاینده برای برق و اثرات آن را جبران نمایند (بیلدیریسی و همکاران[2]، ۲۰۱۲).

برخی از کشورها ذخایر انرژی بیشتری نسبت به سایرین دارند و ترکیب انرژی نیز بین کشورها متفاوت است. به دلیل کمبود منابع انرژی، کشورها دو انتخاب دارند: یا پذیرش رشد کمتر با ذخایر انرژی غالب یا واردات از کشورهای دیگر. بنابراین، بررسی نقش انرژی بر رشد اقتصادی برای بررسی اینکه آیا منابع انرژی برای حمایت از پدیده رشد اقتصادی کافی است یا خیر، ضروری می‌باشد. بحران‌های انرژی در سال‌های ۱۹۷۴ و ۱۹۸۱، رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی را به کانون تحقیقات اقتصادی تبدیل کرد و این رابطه، نگرانی واقعی را برای تحلیلگران سیاست نشان داده است (چنگ و لای[3]، ۱۹۹۷؛ کرافت و کرافت[4]، ۱۹۷۸).

مطالعات مربوط به رابطه علی بین این دو متغیر، نتایج متناقضی دارد. به‌عنوان‌مثال، لی[5] (۲۰۰۵)، از داده‌های تابلویی ۱۸ کشور درحال‌توسعه بین سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۷۵ برای بررسی رابطه علی بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی (GDP) استفاده کرد. نتایج علیت گرنجر، نشان داد که مصرف انرژی باعث رشد اقتصادی می‌شود، اما عکس آن صادق نیست. درعین‌حال، جوبرت و کارانفیل[6] (۲۰۰۷)، رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ترکیه را از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۳ بررسی کردند و هیچ رابطه‌ای پیدا نکردند. در مقابل، مطالعات دیگر یک رابطه علی دوطرفه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی را پیشنهاد کرده‌اند. بدیهی است که در مورد اینکه آیا رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی یک علیت یک‌طرفه، یک علیت دوطرفه یا کاملاً نامرتبط، خطی یا غیرخطی است، اتفاق‌نظر

1. Stern *et al.* (2019).
2. Bildirici *et al*. (2012).
3. Cheng & Lai (1997).
4. Craft & craft (1978).
5. Lee (2005).
6. Jobert & Karanfil (2007).

وجود ندارد. بااین‌حال، درک رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی برای کمک به دولت‌ها در تصمیم‌گیری‌های صحیح سیاستی مهم است.

در سال‌های اخیر، نگرانی‌های بین‌المللی در مورد گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی تشدید شده است (چن و همکاران[1]، ۲۰۱۶). یکی از عوامل مؤثر در این مسأله، افزایش سطح دی‌اکسید کربن (CO_2) در سراسر جهان است که درنتیجه احتراق سوخت‌های فسیلی مانند زغال‌سنگ، گاز طبیعی و نفت برای انرژی و حمل‌ونقل حاصل می‌شود (رازا، شهباز و نگویان[2]، ۲۰۱۵).

براساس گزارش ۲۰۱۸ بریتیش پترولیوم (BP)، انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی در سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶، رشد کمی داشته و یا اصلاً رشدی نداشته، اما در سال ۲۰۱۷، به میزان ۱/۶ درصد افزایش یافته است. بنابراین لازم می‌آید که همه کشورها نقش خود را در ایجاد توازن بین انرژی موردنیاز برای رشد و کاهش انتشار CO_2 را ایفا کنند.

گریپا، اسمیت من و سوتریم[3] (۲۰۱۹)، بیان داشتند که رشد اقتصادی پایدار، نشان‌دهنده شناخت روزافزون دولت‌ها است مبنی بر اینکه تغییرات آب و هوایی بر ثبات مالی تأثیر می‌گذارد و درنتیجه، درخواست برای تحقیق در مورد هزینه‌های اقتصادی انتشار CO_2 را به دنبال دارد (گریپا، اسمیت من و سوتریم، ۲۰۱۹).

در مورد رابطه بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و برخی از متغیرهای کلان اقتصادی در دهه‌های اخیر، در میان محققان و سیاست‌گذاران بحث‌های زیادی درگرفته است (اهیجیاموس و لین[4]، ۲۰۱۹؛ اهیجیاموس و همکاران، ۲۰۲۰). این بحث‌ها موجب تولید چندین اثر علمی براساس مطالعات تجربی در مورد رابطه علی بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی یا اجزای آن مانند مصرف برق شده (اهیجیاموس و همکاران، ۲۰۱۹؛ اهیجیاموس، ۲۰۲۰b؛ لین و اسمیت[5]، ۲۰۱۰؛ تانگ و تان[6]، ۲۰۱۲)، و پیوند برق-رشد به دلیل نقش حیاتی الکتریسیته در فعالیت‌های اقتصادی، بسیار مورد توجه قرارگرفته است (آیک[7]، ۲۰۱۵؛ اهیجیاموس، ۲۰۲۰a).

ازاین‌رو، نارایان و اسمیت[8] (۲۰۰۵)، خاطرنشان کردند که رابطه علی بین مصرف برق و رشد اقتصادی، پیامدهای اقتصادی مهمی دارد. اگرچه ادبیات تجربی در مورد رابطه بین مصرف برق و رشد اقتصادی، وسیع و در حال تکامل است، مطالعات موجود، شواهد تجربی متفاوتی را ارائه کرده‌اند.

---

1. Chen *et al.* (2016).
2. Raza, Shahbaz & Nguyen (2015).
3. Grippa, Schmittmann & Suntheim (2019).
4. Ehigiamusoe & Lean (2019).
5. Lean & Smyth (2010).
6. Tang & Tan (2012).
7. Iyke (2015).
8. Narayan & Smyth (2005).

درک پیوندهای علی بین مصرف برق، کیفیت محیطی و رشد اقتصادی به‌این‌ترتیب، اولین گام برای شکل‌دهی مؤثر سیاست‌های انرژی است. اساساً چهار فرضیه علی قابل آزمون وجود دارد (پاین[1]، ۲۰۱۰).

فرضیه اول، یعنی فرضیه انرژی یا حفاظت از رشد، یک علیت یک‌طرفه از رشد اقتصادی به مصرف برق را فرض می‌کند. ایده پشت سر این مطلب، آن است که سیاست‌های صرفه‌جویی در انرژی، می‌تواند بدون هیچ تأثیری بر رشد اقتصادی اجرا شود. به‌عبارت‌دیگر، اقتصاد کمتر وابسته به مصرف برق خواهد بود و رشد اقتصادی، کمتر تحت تأثیر سیاست‌های صرفه‌جویی در مصرف برق قرار می‌گیرد.

فرضیه دوم، فرض رشد یا رشد مبتنی بر انرژی، یک علیت یک‌طرفه از مصرف برق به رشد اقتصادی را پیشنهاد می‌کند. بر این اساس، کاهش مصرف برق، ممکن است موجب کاهش رشد اقتصادی گردد[۲].

فرضیه سوم، وجود علیت دوطرفه بین مصرف برق و رشد اقتصادی را مشخص می‌کند و دلالت بر ایجاد روابط مصرف برق و رشد اقتصادی و تغییر در آنها دارد (فرضیه بازخورد). ازاین‌رو، سیاست‌های انبساطی انرژی بر رشد اقتصادی تأثیر مثبت می‌گذارد و بالعکس.

فرضیه چهارم، عدم وجود علیت بین مصرف برق و رشد اقتصادی را فرض می‌کند، و نشان می‌دهد که شوک‌های مصرف برق شامل رشد اقتصادی نمی‌شود (فرضیه بی‌طرفی). هر دو سیاست محافظه‌کارانه و انبساطی برق بر رشد اقتصادی تأثیری نخواهد داشت (حشمتی و همکاران، ۲۰۱۵).

حجم وسیعی از ادبیات تجربی، رابطه مصرف برق و رشد اقتصادی را بررسی می‌کند. جدیدترین و جامع‌ترین مطالعهٔ انجام‌شده در این زمینه توسط پاین (۲۰۱۰) انجام شده است. نویسنده بیش از چهل مطالعه در ارتباط با مصرف برق-رشد را که بین سال‌های ۱۹۷۸ و ۲۰۰۹ منتشر شده بود، بررسی کرد که نهایتاً به نتایج متفاوتی ازنظر رابطه مصرف برق و رشد منجر شد. بر این اساس، پاین (۲۰۱۰)، بیان می‌کند که نتایج مبهم در مورد موضوع، عمدتاً به دلیل استفاده از رویکردهای مختلف اقتصادسنجی، مجموعه داده‌های مختلف، انتخاب متغیر و تفاوت در ویژگی‌های کشورها است.

هدف از این مطالعه، بررسی پویایی رابطه بین مصرف برق، ردپای بوم‌شناختی و تولید ناخالص داخلی واقعی در ایران با تجزیه تولید ناخالص داخلی به تولید ناخالص داخلی نفتی و تولید ناخالص داخلی غیرنفتی بوده و منطق آن هم این است که مدل رشد ایران وابسته به صادرات نفت و مخارج

---

1. Payne (2010).

۲. برق به عنوان یک ورودی مستقیم در فرایند تولید و به عنوان ورودی مکمل عوامل نیروی کار و سرمایه در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، کاهش مصرف برق ممکن است بر رشد اقتصادی تأثیر منفی بگذارد. این فرضیه توسط اقتصاددانان بوم شناسی که انرژی را به عنوان منبع اصلی ارزش مکمل برای عوامل ورودی سنتی (کار و سرمایه) در بهبود سطوح تولید می‌دانند، پشتیبانی می‌شود.

بخش عمومی با عدم تنوع بخشیدن به درآمدهای نفتی برای تضمین توسعه پایدار است. درواقع، اگرچه برنامه‌های توسعه متوالی ایران بر تنوع و ارتقای بخش خصوصی غیرنفتی به‌عنوان یک هدف اولویت‌دار تأکید کرده است، اما امروزه تأکید بر دستیابی اساسی به این هدف، با ادامه روند کاهش وابستگی به نفت خواهد بود. هدف ما، ارائه یک بررسی جامع از پویایی مصرف انرژی-محیط زیست- تولید ناخالص داخلی با نفت از یک‌سو و پویایی انرژی-محیط زیست- تولید ناخالص داخلی غیرنفتی از سوی دیگر است. بنابراین، به دوگانگی بین مشکل بخش‌های نفتی و غیرنفتی و نتایج آن بر کارآیی سیاست‌های انرژی و توسعه پایدار می‌پردازیم.

۲. مبانی نظری

بحث‌های مربوط به ماهیت رابطه بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار CO_2 در سه دهه گذشته موردتوجه قرارگرفته، اما اجماع کمی در میان محققان ایجاد کرده است. ادبیات تجربی موجود در این زمینه، به رابطه بین انتشار CO_2 و رشد اقتصادی می‌پردازد، عمدتاً در مورد اینکه آیا چنین رابطه‌ای با فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) مطابقت دارد یا خیر. این فرضیه بیان می‌کند که یک رابطه U شکل معکوس بین آلاینده‌های خاص و درآمد سرانه وجود دارد (گروسمن و کروگر[۱]، ۱۹۹۵). دیندا[۲] (۲۰۰۴) بررسی جامعی از ادبیات EKC در رابطه با انتشار CO_2 در کنار سویتاس و همکاران[۳] (۲۰۰۷) و ایواتا و همکاران[٤] (۲۰۱۰) ارائه می‌دهد.

۲-۱. پیشینهٔ پژوهش

مطالعات بر روی فرضیه EKC به سه نتیجه متفاوت در مورد انتشار CO_2 رسیده است. یکی "نظریه U شکل معکوس" را تأیید می‌کند (دایتز و روزا[٥]، ۱۹۹۴؛ اوزوکو و اوزمیر[٦]، ۲۰۱۷)، اما دومی، یک رابطه بلندمدت بین انتشار CO_2 و درآمد سرانه را فرض می‌کند و بیان می‌کند که U معکوس نیست بلکه N یا شکل دیگری است (فریدل و گتزلر[۷]، ۲۰۰۳؛ هولتز-ایکین و سلدن[۸]، ۱۹۹۵). سومین نظریه که

1. Grossman & Kruger (1995).
2. Dinda (2004).
3. Soytas *et al*. (2007).
4. Iwata *et al*. (2010).
5. Dietz & Rosa (1994).
6. Özokcu & Özdemir (2017).
7. Friedl & Getzner (2003).
8. Holtz-Eakin & Selden (1995).

به‌عنوان نظریه عدم شناخته می‌شود، ادعا می‌کند که هیچ رابطه‌ای بین این دو وجود ندارد (آگراس و چاپمن[1]، ۱۹۹۹؛ هی و ریچارد[2]، ۲۰۱۰؛ ریچموند و کافمن[3]، ۲۰۰۶).

مشکل اصلی مطالعات اولیه در مورد EKC، این است که آنها به‌طور بالقوه در معرض یک سوگیری متغیر حذف‌شده هستند و زمانی اتفاق می‌افتد که یک مدل آماری یک یا چند متغیر مستقل را که بر متغیر وابسته تأثیر دارد، کنار بگذارد (استرن، ۱۹۹۳). از سویی، محققان دیگر علیت بین رشد اقتصادی و انتشار CO_2 را بررسی نموده‌اند. صلاح‌الدین و همکاران[4] (۲۰۱۵)، یک رابطه علی گرنجر دوطرفه بین این دو عامل پیدا کردند، درحالی‌که عمری و همکاران[5] (۲۰۱۴)، فقط یک علیت گرنجر یک‌طرفه را یافتند که از انتشار CO_2 به رشد اقتصادی در برخی از کشورهای اروپایی، آسیای مرکزی و آمریکای لاتین به‌وجود می‌آید.

دسته دوم ادبیات که توسط کرافت و کرافت (۱۹۷۸)، ارائه شده است، به رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی مربوط می‌شود.

اوزتورک[6] (۲۰۱۰)، پیشنهادی داشته است که چهار نوع کلی از روابط در آن وجود دارد. فرضیه اول، فرضیه رشد، پیش‌بینی می‌کند که مصرف انرژی باعث رشد اقتصادی می‌شود، به این معنی که سیاست‌های حفاظت از انرژی، ممکن است تولید ناخالص داخلی را کم کنند. برای مثال، شیو و لام[7] (۲۰۰۴)، تحقیقی را برای آزمون علیت بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی در چین انجام دادند. این مطالعه با استفاده از مدل تصحیح خطای برداری روی نمونه‌ای از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰، یک علیت یک‌طرفه از مصرف انرژی به رشد اقتصادی پیدا کردند.

نارایان و سینگ[8] (۲۰۰۷)، ارتباط علی بین تولید ناخالص داخلی واقعی و مصرف انرژی در فیجی را بررسی کردند. پس از استفاده از علیت گرنجر برای نمونه‌ای از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۲، این مطالعه علیت بلندمدت یک‌طرفه از مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی واقعی را در بلندمدت پیدا کرد؛ درحالی‌که هیچ علیتی در کوتاه‌مدت پیدا نشد.

---

1. Agras & Chapman (1999).
2. He & Richard (2010).
3. Richmond & Kaufmann (2006).
4. Salahuddin *et al*. (2015).
5. Omri *et al*. (2014).
6. Ozturk (2010).
7. Shiu & Lam (2004).
8. Narayan & Singh (2007).

مسعودالزّمان[1] (۲۰۱۲)، علیت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی را در بنگلادش در طول دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۱ مورد بررسی قرار داد و تأثیر مثبت مصرف انرژی را بر رشد اقتصادی یافت. نتایج بیشتر تأیید می‌کند که مصرف انرژی در کوتاه‌مدت، باعث رشد اقتصادی شده است.

تاکر و همکاران[2] (۲۰۱۹)، علیت بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی واقعی را در مالزی آزمایش کردند و از علیت گرنجر در سری داده‌ها از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۰ استفاده کردند. نویسندگان علیت یک‌طرفه از مصرف انرژی به رشد اقتصادی را در مالزی تأیید کردند.

هازاریکا[3] (۲۰۲۰)، علت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی را در هند آزمایش کرد. این مطالعه که دوره ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۸ را دربر می‌گرفت، علت را از مصرف انرژی به رشد اقتصادی پیدا کرد.

سهیل و همکاران[4](۲۰۲۱)، از رویکرد هم انباشتگی گرگوری و هانسن[5] (۱۹۹۶) برای استفاده از شکست ساختاری با استفاده از سری داده‌ها از سال ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۹ استفاده کردند و تأثیر مثبت مصرف گاز طبیعی بر رشد اقتصادی در بلندمدت در پاکستان را یافتند. این مطالعه علاوه بر این، علیت یک طرفه از مصرف گاز طبیعی به رشد اقتصادی را گزارش کرد که از فرضیه‌های رشد محرک یا رشد مبتنی بر انرژی حمایت می‌کرد.

دوم، فرضیه محافظه کارانه، ادعا می‌کند که مصرف انرژی هیچ تأثیری بر رشد اقتصادی ندارد و سیاست‌های صرفه جویی در انرژی، لزوماً تأثیر منفی بر تولید ناخالص داخلی واقعی ندارند. به عنوان مثال، آمیاو و همکاران[6] (۲۰۱۷) علیت بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی را در غنا بررسی کردند. در این مطالعه، علیت گرنجر از ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۴ اعمال شد و یک ارتباط علی یک طرفه از رشد اقتصادی به مصرف انرژی به‌دست آمد.

بکیون و آگبولا[7] (۲۰۱۹)، عواملی را بررسی کردند که مصرف برق را برای اقتصاد نیجریه تعیین می‌کند. این مطالعه، از تکنیک علیت تودا یاماموتو در سری داده‌ها از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۴ استفاده کرد و رابطه هم‌جمعی بین مصرف انرژی و عوامل آن را آشکار نمود. این مطالعه، همچنین یک ارتباط علّی یک‌طرفه از رشد اقتصادی به مصرف انرژی را نشان داد.

---

1. Masuduzzaman (2012).
2. Thaker *et al*. (2019).
3. Hazarika (2020).
4. Sohail *et al*. (2021).
5. Gregory & Hansen (1996).
6. Ameyaw *et al*. (2017).
7. Bekun & Agboola (2019).

اتوکاکپان و همکاران[1] (۲۰۲۰)، جهت علیت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی را در ترکیه بررسی کردند. با استفاده از روش ARDL، نتایج این مطالعه تأیید کرد که مصرف انرژی در کوتاه مدت باعث رشد اقتصادی و رشد اقتصادی در بلند مدت باعث مصرف انرژی می‌شود.

میگری و راگوبی[2] (۲۰۲۰)، رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی را در تونس مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه، از ARDL و یک آزمون علیت با پوشش دوره ۲۰۱۳-۱۹۷۱ استفاده شد. نویسندگان دریافتند که مصرف انرژی در کوتاه مدت، باعث رشد اقتصادی، و رشد اقتصادی در دراز مدت، باعث مصرف انرژی می‌شود.

سومین فرضیه بازخورد، بیان می‌کند که مصرف انرژی و رشد اقتصادی تعامل مکملی با یکدیگر دارند. ادبیات گسترده‌ای شواهد فرضیه بازخورد را تأیید کرده است. به عنوان مثال، ژونگ و همکاران[3] (۲۰۱۹)، با استفاده از روش ARDL و علیت بر روی نمونه‌ای از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۹، تأثیر مثبت مصرف انرژی بر رشد اقتصادی را بررسی و تأیید کردند. علاوه بر این، نتایج علیت، یک رابطه علی دو طرفه کوتاه مدت بین هر دو متغیر را نشان داد، در حالی که مصرف انرژی در بلندمدت باعث رشد اقتصادی بود.

ناتانیل و بکیون[4] (۲۰۲۰)، با استفاده از روش ARDL از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۴ در نیجریه، تأثیر مثبت مصرف انرژی بر رشد اقتصادی را در بلندمدت و کوتاه مدت تأیید، همچنین روابط علی دو طرفه را در درازمدت پیدا کردند، در حالی که هیچ علتی در کوتاه مدت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در نیجریه یافت نشد. پس از استفاده از ARDL و مصرف انرژی برای یک نمونه از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۴، دی و تارکیوه (۲۰۲۰)، شواهدی از علیت یک طرفه از مصرف انرژی به رشد اقتصادی در کوتاه مدت ارائه کردند. با این حال، هر دو متغیر، یک اثر بازخورد بلندمدت در بنگلادش نشان دادند.

هوانگ[6] (۲۰۲۱)، با استفاده از سری داده‌ها از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۶، پیوند علی بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی را در سنگاپور، ویتنام، اندونزی، فیلیپین، مالزی و تایلند بررسی کرد. پس از به‌کارگیری تکنیک‌های اثر ثابت، اثر تصادفی و بیزی برای آزمایش تغییرات رشد اقتصادی ناشی از تغییرات مصرف برق، شواهدی از تأثیر مثبت مصرف انرژی بر رشد اقتصادی مشاهده شد. نتایج بیشتر اثباتی بر یک علیت دو طرفه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی ارائه کردند.

---

1. Etokakpan *et al*. (2020).
2. Mighri & Ragoubi (2020).
3. Zhong *et al*. (2019).
4. Nathaniel & Bekun (2020).
5. Dey & Tareque (2020).
6. Hoang (2021).

تیواری و همکاران[1] (۲۰۲۱)، ارتباط علی بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی کلی، و رشد اقتصادی تفکیک شده را در بخش‌های کشاورزی و صنعتی در ۱۸ ایالت هند بررسی کردند. پس از اعمال آزمون علیت پانل بر روی سری داده‌ها از سال ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۵، نتایج این مطالعه، شواهدی از علیت دو متغیره بین رشد اقتصادی در سطح کل و مصرف انرژی ارائه کرد. یک ارتباط علّی تک متغیره از مصرف انرژی به رشد تولید کشاورزی در سطح تفکیک شده، و یک رابطه علی تک متغیره از رشد تولید صنعتی به مصرف انرژی اجرا شد.

گلخندان و علیزاده (۱۳۹۶)، در بررسی رابطه بین حامل‌های انرژی و ارزش افزوده بخش‌های اقتصاد، علیت دو طرفه بین برق و ارزش افزوده کل بخش‌ها تأیید گردید.

همچنین کشاورزیان و طباطبایی نسب (۱۴۰۰)، در بررسی رابطه علی بین مصرف برق و رشد اقتصادی کشورهای عضو اوپک، به این نتیجه دست یافتند که بین مصرف برق و رشد اقتصادی، رابطه علّی دوطرفه وجود دارد که نشان از تأیید فرضیه بازخورد در این مطالعات است.

درنهایت، فرضیه خنثی، نشان می‌دهد که مصرف انرژی با رشد اقتصادی همبستگی ندارد، به این معنی که سیاست‌های حفظ انرژی، تأثیر محدودی بر رشد اقتصادی خواهند داشت. نتیجهٔ برخی از مطالعات، فرضیه بی‌طرفی را تأیید می‌کنند. به عنوان مثال، علی و همکاران[2] (۲۰۲۰)، تأثیر استفاده از برق بر رشد اقتصادی را برای اقتصاد نیجریه بررسی کردند. پس از استفاده از تحلیل‌های هم‌انباشتگی و علیت از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۴، این مطالعه به تأثیر مثبت استفاده از برق بر رشد اقتصادی دست یافت. این مطالعه، همچنین عدم وجود هرگونه علیت بین مصرف برق و رشد اقتصادی را در کوتاه مدت گزارش کرد.

ارتباط علی بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی توسط تامبا و همکاران[3] (۲۰۱۷)، برای اقتصاد کامرون بررسی شد. نویسندگان از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۳ از رگرسیون خودکار برداری (VAR) روی سری داده‌ها استفاده کردند و هیچ رابطه علی بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی در کامرون پیدا نکردند. این مطالعه، شواهدی از فرضیه بی‌طرفی در کامرون ارائه می‌کند.

حسن و همکاران[4] (۲۰۱۷)، رویکرد تابع تولید را با در نظر گرفتن نیروی کار، سرمایه و تولید برق با استفاده از منابع گاز طبیعی در پاکستان به کار بردند. با استفاده از هم‌انباشتگی چند متغیره یوهانسن از سال ۱۹۷۷ تا ۲۰۱۳، این مطالعه به این نتیجه رسید که افزایش نیروی کار، موجودی سرمایه و تولید برق، با استفاده از منابع گاز طبیعی، به طور قابل توجهی رشد اقتصادی را در بلندمدت

1. Tiwari (2021).
2. Ali *et al*. (2020).
3. Tamba *et al*. (2017).
4. Hassan *et al*. (2017).

افزایش داد. علل دو طرفه بین سهام سرمایه و رشد اقتصادی و نیروی کار و رشد اقتصادی نیز گزارش گردید. علاوه بر این، علیت یک طرفه از تولید برق از منبع گاز طبیعی به رشد اقتصادی در کوتاه مدت پیدا شد.

در مطالعه‌ای دیگر، اقبالی و همکاران (۱۳۹۹)، به بررسی رابطه علی مصرف حامل‌های برق، گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی با ارزش افزوده زیر بخش‌های منتخب صنعت در ایران پرداختند که در این مطالعه، هیچ رابطهٔ علی بین برق و ارزش افزده پیدا نشد که نشان از تأیید فرضیه خنثی در این مطالعه است.

دسته سوم تحقیقات، به بررسی روابط E۳ پرداخته است. سویتاس و همکاران (۲۰۰۷)، مصرف انرژی را با رابطه بین تولید ناخالص داخلی و انتشار CO_2 توضیح داد تا یک سوگیری متغیر حذف شده بالقوه را کنار بزند. این نتایج نشان می‌دهد که در ایالات متحده، درآمد باعث انتشار CO_2 نمی‌شود، اما مصرف انرژی باعث انتشار می‌شود.

آپرگیس و پاین[1] (۲۰۰۹)، دریافتند که برای شش کشور آمریکای مرکزی طی دوره ۲۰۰۴-۱۹۷۱، تعادل بلندمدت در مصرف انرژی، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار CO_2 داشت، در حالی که تولید ناخالص داخلی واقعی، یک فرضیه U شکل معکوس EKC را نشان داد.

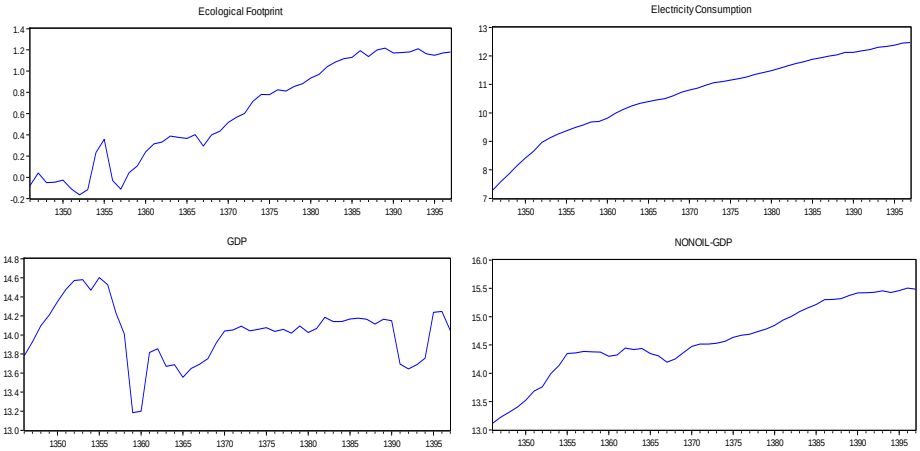
پائو و تسای[2] (۲۰۱۰)، برزیل، روسیه، هند و جمهوری خلق چین (BRIC) را از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۵ مورد مطالعه قرار دادند. یافته‌های آنها نشان می‌دهد که بجز روسیه در سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۹۰، یک علیت قوی دو طرفه بین مصرف انرژی و انتشار CO_2 و یک رابطه علیت بلندمدت خفیف دو طرفه بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی وجود داشته است. آنها همچنین یک رابطه علیت یک طرفه کوتاه مدت بین انتشار CO_2 و مصرف انرژی و همچنین تولید ناخالص داخلی پیدا کردند.

۳. داده‌ها و بررسی های اولیه

مجموعه داده‌ها، مشاهدات سالانه را شامل می‌شود و نمونه دوره زمانی ۱۳۴۶ تا ۱۳۹۷ را پوشش می دهد. متغیرهای مورد بررسی در برآوردها، عبارتند از: تولید ناخالص داخلی واقعی نفتی و غیرنفتی (میلیارد ریال به قیمت ثابت ۱۳۹۰)، مصرف برق (مصرف برق (کیلووات ساعت) و اثر محیطی (سرانه). اطلاعات مربوط به مصرف برق و تولید ناخالص داخلی واقعی (نفتی و غیرنفتی) از بانک مرکزی به دست آمده، و اطلاعات مربوط به اثر محیطی از شبکه اثرات اکولوژیکی جهانی[3] استخراج شده است. همه متغیرها به لگاریتم طبیعی تبدیل شده‌اند. نمودار ۱، نمودارهای سری‌ها در سطح را گزارش

1. Apergis & Payne (2009).
2. Pao & Tsai (2010).
3. Global Footprint Network

می‌کند. نمودارها شواهدی در مورد روابط بلندمدت بین متغیرها و شکست‌های ساختاری در داده را ارائه می‌دهند.



نمودار ۱: روند متغیرها

(مأخذ: یافته‌های تحقیق)

۳-۱. ریشه واحد و هم‌انباشتگی

ویژگی‌های متغیرهای سری زمانی با استفاده از آزمون ریشه واحد زیوت و اندریوز بررسی می‌شود. جدول ۱ نشان می‌دهد که هیچ‌یک از متغیرها، فرضیه صفر ریشه واحد را رد نمی‌کنند، یعنی همهٔ متغیرها نامانا در سطح می‌باشند که با یک‌بار تفاضل مانا می‌شوند. همچنین نتایج آزمون‌های هم‌انباشتگی در جدول (۲) ارائه شده است. بنابراین، یک مدل خودتوضیح برداری با یک رابطه هم انباشتگی برای دو معادله (تولید ناخالص داخلی نفت ، مصرف انرژی و اثر محیطی) و (تولید ناخالص داخلی غیرنفتی، مصرف انرژی و اثر محیطی) انجام شده است. نتایج حاکی از وجود هم‌انباشتگی در دو معادله (تولید ناخالص داخلی نفتی، مصرف انرژی و اثر محیطی) و (تولید ناخالص داخلی غیرنفتی، مصرف انرژی و اثر محیطی) است.

جدول ۱: نتایج آزمون زیوت-اندریوز ۱۳۴۶-۱۳۹۷

متغیر	در سطح		با تفاضل	
	مقدار آماره t	سال شکست	مقدار آماره t	سال شکست
تولید ناخالص داخلی واقعی نفت	-۴/۸۱۴	۱۳۵۷	-۷/۲۹۷	۱۳۶۰
تولید ناخالص داخلی واقعی بدون نفت	-۴/۷۲۶	۱۳۶۳	-۵/۸۷۱	۱۳۶۸
ردپای اکولوژیک	-۳/۸۱۳	۱۳۸۸	-۷/۸۶۹	۱۳۵۶
مصرف برق	-۴/۸۹۲	۱۳۸۶	-۶/۳۶۸	۱۳۶۰
مقادیر بحرانی: ۵ درصد، ۵/۰۸- در ۱۰ درصد برابر ۴/۸۲-				

(مأخذ: یافته‌های تحقیق)

جدول ۲: نتایج آزمون هم انباشتگی

Panel A: (CO_2، مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی نفتی)			
فرضیه صفر	Trace Statistic	Critical value 5%	P-value
r=0	۵۶/۲۶۹۴	۲۹/۷۹۷۰	۰/۰۰۰۰
r≤1	۱۹/۴۲۲۳	۱۵/۴۹۴۷	۰/۰۱۲۱
r≤2	۴/۹۸۳۲	۳/۸۴۱۴	۰/۰۲۵۶
Panel B: (انتشار CO_2، مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی غیرنفتی)			
r=0	۴۳/۹۹۵۱	۲۹/۷۹۷۰	۰/۰۰۰۶
r≤1	۱۳/۹۴۲۷	۱۵/۴۹۴۷	۰/۰۸۴۵
r≤2	۳/۳۰۳۲	۳/۸۴۱۴	۰/۰۶۹۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۴. روش اقتصادسنجی و نتایج تجربی

۴ - ۱. مدل TVP-VAR با نوسانات تصادفی

در این مطالعه، یک مدل TVP-VAR با نوسانات تصادفی را به‌کار می‌بریم. مدل TVP-VAR برای اولین بار توسط پریمیسری[1] (۲۰۰۵) و ناکاجیما[2] (۲۰۱۱) برای تشخیص تغییرات در انتقال سیاست‌های پولی و نوسانات در واریانس شوک برونزا استفاده شد. این مطالعه برای اولین بار بررسی دقیقی از تغییرات مصرف انرژی، آلودگی‌های زیست محیطی و شوک‌های درآمد در ایران را برای دوره ۱۳۴۶ تا ۱۳۹۷ انجام می‌دهد.

به دنبال کار ناکاجیما (۲۰۱۱)، ما از مدل TVP-VAR با نوسانات تصادفی استفاده کردیم:

$$y_t = c_t + \beta_{1t} y_{t-1} + \cdots + \beta_{qt} y_{t-q} + u_t \qquad (۱)$$

که در آن، $t=q+1,\ldots,T$، y_t یک بردار (۱×۳) از مصرف برق، اثر محیطی و تولید ناخالص داخلی نفتی و غیرنفتی است. $\beta_{1t}, \ldots, \beta_{qt}$ ماتریس (۳×۳) پارامترهای VAR متغیر طی زمان هستند. شوک‌های ساختاری غیرقابل مشاهده به‌صورت $u_t = A_t^{-1} \sum_t \varepsilon_t$ با ماتریس واریانس کوواریانس متغیر زمانی $\Omega_t = A_t^{-1} \sum_t \sum_t A_t^{-1}$ تعریف می شود، که A_t یک ماتریس پایین مثلثی با درایه‌های قطری است که برابر با یک هستند و $\sum_t = diag(\sigma_{1t}, \sigma_{2t}, \sigma_{3t})$ شامل انحراف معیار استاندارد شوک‌های ساختاری است. اگر β را به عنوان بردار سطری انباشته از $\beta_{1t}, \ldots, \beta_{qt}$ تعریف کنیم، α_t، بردار سطری

1. Primiceri (2005).

2. Nakajima (2011).

انباشته از عناصر آزاد A_t است و $h_t = (h_{1t}, h_{2t}, h_{3t}\acute{)}$ است که $h_{jt} = \log(\sigma_{jt}^2), j = 1,2,3$.
فرض می‌شود پارامترهای متغیر طی زمان از فرایند گام تصادفی زیر پیروی می‌کنند:

$$\begin{matrix}\beta_{t+1} = \beta_t + \upsilon_{Bt} \\ \alpha_{t+1} = \alpha_t + \upsilon_{\alpha t} \\ h_{t+1} = h_t + \upsilon_{ht}\end{matrix} \begin{pmatrix}\varepsilon_t \\ \upsilon_{Bt} \\ \upsilon_{\alpha t} \\ \upsilon_{ht}\end{pmatrix} \sim N\left(0, \begin{pmatrix} I & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Sigma_B & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Sigma_\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Sigma_h \end{pmatrix}\right)$$

برای t=q+1,…,T با $\alpha_{q+1} \sim N(\mu_{\alpha 0}, \Sigma_{\alpha 0})$، $B_{q+1} \sim N(\mu_{B0}, \Sigma_{B0})$ و $h_{q+1} \sim N(\mu_{h0}, \Sigma_{h0})$.
علاوه بر این، فرض می‌شود که شوک‌ها میان پارامترهای متغیر طی زمان ناهمبسته هستند و ماتریس‌های کوواریانس Σ_B، Σ_α و Σ_h قطری باشند.

در مورد تخمین مدل TVP-VAR با نوسانات تصادفی، ناکاجیما (۲۰۱۱)، استنتاج بیزین را بر اساس روش زنجیره مارکوف مونت کارلو (MCMC) ارائه کرد. روش MCMC بر مشکلات پارامترسازی بیش از حد مرتبط با مدل TVPVAR غلبه می‌کند. از آنجایی که روش اجرای MCMC نیاز به ارزیابی توزیع پسین مشترک پارامترهای مورد بررسی تحت سطوح احتمال پیشین مطمئن دارد، ناکاجیما (۲۰۱۱)، از پیشین‌ها به‌صورت زیر استفاده می‌کند:

$\Sigma_B \sim IW(25, 0.01I)$ و IW، $(\Sigma_\alpha)_i^{-2} \sim Gamma(4, 0.02)$، $(\Sigma_h)_i^{-2} \sim Gamma(4, 0.02)$
توزیع معکوس ویشارت[1] را نشان می‌دهد، $(\Sigma_\alpha)_i^{-2}$ و $(\Sigma_h)_i^{-2}$ به‌ترتیب، درایه‌های قطری *i-th* ام از ماتریس Σ_α و Σ_h هستند.

سرانجام، برای مجموعه اولیه پارامترهای متغیر طی زمان، پیشین‌ها یکنواخت می‌شوند:

$$\mu_{B_0} = \mu_{\alpha_0} = \mu_{h_0} = 0 \; and \; \Sigma_{B_0} = \Sigma_{\alpha_0} = \Sigma_{h_0} = 10 \times I$$

۵. نتایج تجربی

۵ - ۱. برآوردهای پسینی برای نوسانات تصادفی شوک‌های ساختاری و رابطهٔ هم‌زمان

قبل از استفاده از روش بیزی برای شبیه‌سازی نمونه‌برداری و تخمین مدل TVP-VAR، تعیین مقادیر اولیه به پارامترها مهم است. جدول ۳ نتایج تخمینی پارامترهای انتخاب شده در مدل TVP-VAR را برای اولین مجموعه متغیرها نشان می‌دهد. جدول میانگین خلفی، انحراف استاندارد خلفی، بازه ۹۵ درصد و تشخیص همگرایی[2] جیویک[3] (۱۹۹۲) از عناصر قطری Σ_B، Σ_α و Σ_h را نشان می‌دهد و همچنین عوامل ناکارآمد[4] محاسبه شده با استفاده از نمونه‌گیری MCMC. در نتایج برآورد شده، تمام مقادیر

1. inverse Wishart distribution
2. convergence diagnostics
3. Geweke (1992).
4. inefficient factors

جیویک کمتر از سطح معنی‌داری ۵ درصد بر اساس تشخیص همگرایی ۱/۹۶ در مجموعه اول متغیرها بودند که نشان‌دهنده پذیرش فرضیه صفر همگرایی به توزیع پسین است. در این میان، عوامل ناکارآمد نسبتاً کم بوده که نشان می‌دهد، تعداد نمونه‌های کارآمد مورد استفاده برای پارامترها و متغیرهای بیان شده کافی بوده و حداقل آن تقریباً M/100=200 است. گونگ و لین[1] (۲۰۱۸) و چن و همکاران[2](۲۰۲۰)، نشان داده‌اند که تخمین پارامتر این مدل مؤثر است.

جدول ۳: نتایج تخمین پارامترهای انتخاب شده در مدل TVP-VAR

پارامتر	میانگین	خطای استاندارد	95%L	95%U	آماره جیویک	عوامل ناکارآمد
مدل نفت						
sb1	۰/۰۲۳۰	۰/۰۰۲۷	۰/۰۱۸۴	۰/۰۲۹۰	۰/۶۶۵	۴/۰۷
sb2	۰/۰۲۲۲	۰/۰۰۲۵	۰/۰۱۸۰	۰/۰۲۷۶	۰/۳۳۴	۲/۵۸
sa1	۰/۰۶۷۹	۰/۰۲۲۴	۰/۰۳۸۹	۰/۱۲۶۹	۰/۸۷۳	۱۴/۶۵
sa2	۰/۰۶۶۴	۰/۰۲۱۶	۰/۰۳۸۳	۰/۱۱۹۳	۰/۷۱۳	۰/۷۱۳
sh1	۰/۷۷۶۱	۰/۲۵۲۵	۰/۳۹۱۴	۱/۳۹۳۷	۰/۶۱۰	۴۴/۳۰
sh2	۰/۱۳۹۶	۰/۰۸۹۶	۰/۰۵۱۸	۰/۳۹۳۱	۰/۰۹۸	۶۳/۳۲
مدل بدون نفت						
sb1	۰/۰۲۲۵	۰/۰۰۲۶	۰/۰۱۸۲	۰/۰۲۸۲	۰/۲۰۸	۳/۰۴
sb2	۰/۰۲۱۸	۰/۰۰۲۲	۰/۰۱۷۹	۰/۰۲۶۶	۰/۹۷۶	۳/۱۷
sa1	۰/۰۸۹۹	۰/۰۳۸۷	۰/۰۴۳۸	۰/۱۹۶۸	۰/۰۶۷	۴۵/۱۴
sa2	۰/۰۸۵۶	۰/۰۳۸۴	۰/۰۴۲۵	۰/۱۹۰۷	۰/۸۴۹	۳۱/۳۹
sh1	۰/۳۳۶۲	۰/۱۶۴۸	۰/۰۹۰۴	۰/۷۱۳۰	۰/۲۸۱	۵۶/۲۹
sh2	۰/۱۳۲۴	۰/۰۸۳۸	۰/۰۴۹۵	۰/۳۷۴۹	۰/۱۶۰	۸۲/۹۲

(نکته: این نتیجه تخمین پارامترهای انتخاب شده در مدل TVP-VAR برای مجموعه متغیرها است که نشان می‌دهد میانگین، انحراف استاندارد و فواصل معتبر ۹۵ درصد (بالا و پایین)، تشخیص همگرایی جیویک (۱۹۹۲) و تعداد نمونه‌های ناکارآمد، بخشی از عناصر قطری ماتریس‌های کوواریانس هستند.)

(مأخذ: یافته‌های تحقیق)

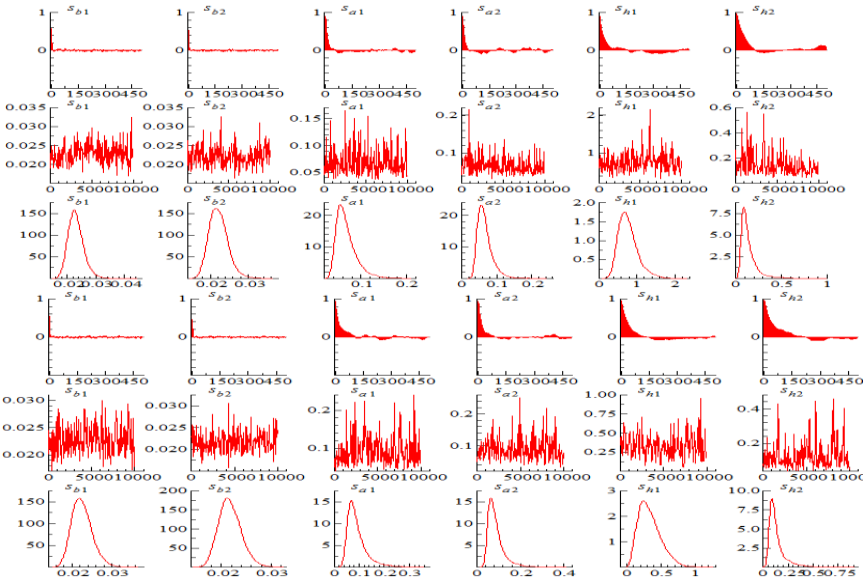
درنهایت، ضریب همبستگی نمونه، مسیر همگرایی نمونه و نمودار توزیع چگالی پسین در شکل (۱) از بالا به پایین نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که زمان‌های نمونه‌برداری تعیین‌شده در این مقاله، می‌تواند همبستگی خودکار بین نمونه‌ها را از بین ببرد و توالی نمونه در یک مسیر «نویز

1. Gong & Lin (2018).

2. Chen *et al*. (2020).

سفید» نزدیک به میانگین در نوسان است. در عین حال، در شکل (۱) نیز مشاهده می‌شود که نمونه‌های به‌دست‌آمده از نمونه‌گیری با الگوریتم مونت کارلو زنجیره مارکوف مؤثر هستند. همان‌طور که ناکاجیما (۲۰۱۱)، نشان می‌دهد که روش نمونه‌گیری ما به‌طور کارآمد، نمونه‌هایی با حداقل همبستگی خودکار تولید می کند.

نمودار (۲) همبستگی خودکار نمونه، مسیرهای نمونه و تراکم‌های پسین پارامترها را برای اولین مجموعه متغیرها نشان می‌دهد. همبستگی‌های خودکار نمونه در ردیف اول هر شکل، همگی به سرعت کاهش یافتند و اندکی در حدود سطح صفر قرار گرفتند که نشان می‌دهد، اکثر نمونه‌ها همبستگی خودکار پایینی داشتند. همچنین مسیرهای نمونه در ردیف دوم در هر شکل، همگی بسیار پایدار بودند که نشان دهنده کارآمد بودن نمونه‌های تولید شده با روش MCMC است.



نمودار ۲: خودهمبستگی (ردیف ۱)، مسیر نمونه برداری (ردیف ۲)، چگالی پسین (ردیف ۳) نمودار سمت راست با نفت و سمت چپ بدون نفت

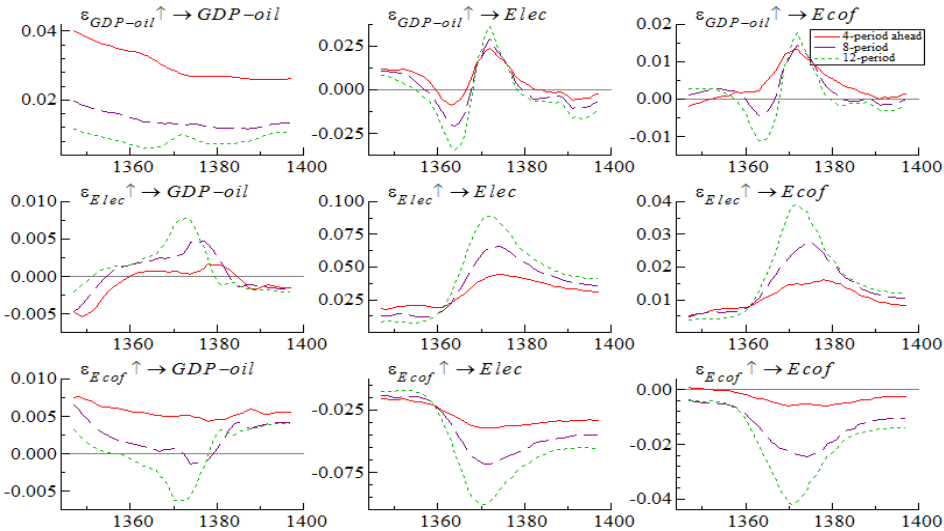
(مأخذ: یافته‌های تحقیق)

۵ - ۲. تخمین: توابع واکنش

از توابع واکنش برای بررسی پویایی متغیرهای انتخاب شده توسط سیستم VAR تخمین‌زده استفاده می‌شود. همه پارامترها در توابع واکنش در یک مدل VAR استاندارد تغییرناپذیر در طی زمان در نظر گرفته می‌شوند، اما در مدل TVP-VAR این‌گونه نیست. از این رو، آنها باید در تمام نقاط زمانی، با استفاده از پارامترهای متغیر طی زمان تخمین زده شده محاسبه شوند. در چنین مواردی، توابع واکنش بر اساس تخمین پارامترهای مدل TVP-VAR می‌تواند به روش‌های مختلفی شبیه‌سازی

شود. برای محاسبه پاسخ‌ها، ما قابلیت مقایسه را در طول زمان در نظر می‌گیریم و شوک اولیه را برابر با میانگین نوسانات تصادفی در طول دوره نمونه قرار می‌دهیم. سپس از روابط هم‌زمان در هر نقطه از زمان استفاده می‌کنیم. ضرایب متغیر طی زمان تخمین زده شده برای محاسبه نوآوری بازگشتی یک متغیر در پایان دوره نمونه استفاده می‌شود.

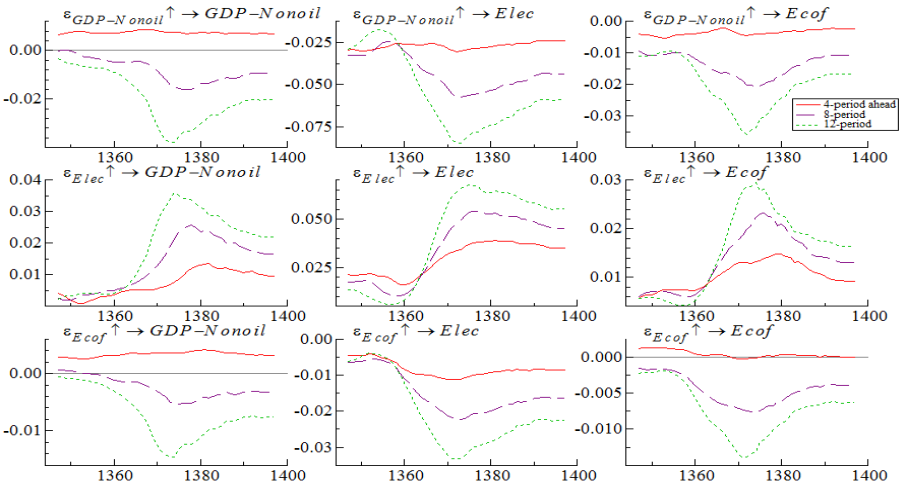
نمودار (۳) نشان می‌دهد که توابع واکنش تولید ناخالص داخلی با نفت به شوک مثبت از اثر محیطی و مصرف برق در طول زمان به طور قابل توجهی متفاوت است. نتایج مشابهی برای پاسخ‌های تکانه اثر محیطی به شوک مثبت از مصرف برق و تولید ناخالص داخلی وجود دارد. با توجه به نمودار ۲، پاسخ مثبت تولید ناخالص داخلی به مصرف برق قبل از سال ۱۳۵۷، منفی بین سال‌های ۱۳۵۸ و ۱۳۷۰ و بعد از سال ۱۳۸۲ را می‌یابیم. در رابطه با توابع واکنش تولید ناخالص داخلی به شوک‌های اثر محیطی در بین سال‌های ۱۳۵۸ الی ۱۳۶۵ در افق‌های ۸ و ۱۲ دوره منفی و در سایر دوره‌ها و زمان ها مثبت می‌باشد. پاسخ ضربه‌ای مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی در افق چهار دوره طی سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۵ مثبت و در سایر سال‌ها منفی می‌باشد همچنین در افق‌های ۸ و ۱۲ دوره به ترتیب، ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۳ و ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۸ منفی و در سایر سال‌ها مثبت بوده است. در رابطه با توابع واکنش اثر محیطی از تولیدناخالص داخلی و مصرف انرژی در افق ۴ دوره اثر مثبت، اما در افق ۸ دوره بجز سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۷۳ مثبت می‌باشد و در افق ۱۲ دوره‌ای طی سال‌های ۱۳۵۸ الی ۱۳۷۸، اثر منفی مشاهده می‌شود و اما اثرپذیری اثر محیطی از مصرف انرژی در طول دوره مثبت است.



نمودار ۳: توابع واکنش پارامتر طی زمان (تولید ناخالص داخلی با نفت)

(مأخذ: یافته‌های تحقیق)

در ارتباط با نمودار شمارهٔ (۴)، می‌توان بیان نمود که واکنش تولیدناخالص داخلی بدون نفت به مصرف انرژی و اثر محیطی در کل دوره‌ها و مدت زمان مورد نظر، منفی می‌باشد. توابع واکنش مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی بدون نفت و اثر محیطی نیز با توجه به افق‌های ۴، ۸ و ۱۲ دوره و طی زمان کاملاً مثبت می‌باشد و اما توابع واکنش اثر محیطی از متغیر تولید ناخالص داخلی در افق ۴ دوره مثبت و در افق‌های ۸ و ۱۲ دوره در طی زمانی منفی بوده، و در توابع واکنش از متغیر مصرف انرژی در طی زمان و افق‌های مورد بررسی نیز منفی است.



نمودار ۴: توابع واکنش متغیر طی زمان (تولید ناخالص داخلی بدون نفت)

(مأخذ: یافته‌های تحقیق)

۶. نتیجه‌گیری و بحث

در سال‌های اخیر، سه گانه رشد اقتصادی-مصرف انرژی-محیط زیست، به موضوعی کلیدی برای محققان و سیاست‌گذاران تبدیل شده است. افزایش تقاضا برای انرژی و متعاقب آن، آلودگی محیط زیست، کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه را در برابر اثرات گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی آسیب پذیر می‌کند. این امر دولت‌ها را وادار به اتخاذ سیاست‌هایی می‌نماید که هدف آن کاهش انتشار CO_2و هم‌زمان ایجاد دانش و تخصص جدید برای تأمین انرژی مورد نیاز برای رشد و توسعه است.

انگیزه سیاسی برای اقدام علیه گرمایش جهانی، یک شرط ضروری برای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه بوده، و این انگیزه، سبب تصویب سیاست‌هایی برای تولید انرژی پایدار از نظر زیست محیطی و تنظیم انتشار CO_2 ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی است؛ به این دلیل که برخی از کشورها انتشار CO_2 را به عنوان یک تهدید غیرقابل برگشت برای سیاره می‌بینند؛ در حالی که برخی دیگر با سوابق محیطی ضعیف، آن را بی اساس و فاقد هرگونه شواهد علمی می‌دانند. نتیجه این تضاد

نگرش، یک بن بست دیپلماتیک بین‌المللی بین کشورهای فعال و غیرفعال در رابطه با بهبود انتشار CO_2 و ارتقاء منابع انرژی تجدیدپذیر است.

در مطالعه حاضر، پویایی بین زمانی بین مصرف برق، تولید ناخالص داخلی واقعی (نفتی و غیرنفتی) و اثر محیطی در ایران طی دورهٔ ۱۳۴۶-۱۳۹۷ با اجرای مدل خودرگرسیون برداری پارامترهای متغیر زمانی با نوسانات تصادفی بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که رژیم‌های با نوسانات بالا و پایین تولید ناخالص داخلی واقعی (نفتی و غیرنفتی)، مصرف برق و شوک‌های اثر محیطی، اثرات نامتقارن (مثبت یا منفی) بر این متغیرها دارند. به طور خاص، نوسانات بالای مصرف برق مشاهده شده در دهه‌های ۱۳۶۰، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰، احتمالاً بر تولید ناخالص داخلی واقعی نفت و اثر محیطی تأثیر منفی می‌گذارد، اما به طور منفی، به کاهش رشد تولید ناخالص داخلی غیرنفتی واقعی کمک می‌کند و همچنین در دهه‌های ۱۳۶۰، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰، نوسانات کم مصرف برق، تأثیر منفی، و در نوسانات پایین تولید ناخالص داخلی نفتی واقعی و غیرنفتی، تأثیر مثبت بر اثر محیطی دارد.

علاوه بر این، نوسانات شوک تولید ناخالص داخلی نفتی واقعی در دهه‌های ۱۳۶۰ و ۱۳۷۰، هر دو اثر مثبت بر مصرف برق دارد. مشاهده نوسانات شوک تولید ناخالص داخلی غیرنفتی واقعی پایین، احتمالاً تأثیر مثبتی بر اثر محیطی و نوسانات شوک تولید ناخالص داخلی غیرنفتی واقعی بالا و پایین، تأثیر مثبتی بر مصرف برق دارد، اما شوک نوسانات تولید ناخالص داخلی غیرنفتی واقعی بالا، بر اثر محیطی، تأثیر منفی می‌گذارد.

بنابراین، در تدوین سیاست‌های انرژی کارآمدتر، سیاست‌گذاران باید نوسانات بالا و پایین تولید ناخالص داخلی واقعی، مصرف برق و اثر محیطی و پویایی‌های متغیر طی زمان و روابط بین تولید ناخالص داخلی واقعی، مصرف برق و اثر محیطی را در نظر بگیرند. علاوه بر این، نتایج تجربی نشان می‌دهد که در رژیم‌های با نوسان زیاد و کم مصرف برق، هر سیاست حفظ برق، اثرات منفی بر تولید ناخالص داخلی غیرنفتی و اثر محیطی دارد. علاوه بر این، در رژیم نوسانات تولید ناخالص داخلی (نفتی و غیرنفتی) بالا، سیاست‌های انرژی که اثر محیطی را کاهش می‌دهند، ممکن است رشد تولید ناخالص داخلی نفتی واقعی و تولید ناخالص داخلی غیرنفتی را به خطر بیندازند. اگرچه در دوره‌های نوسان کم، سیاست‌هایی با هدف کاهش اثر محیطی، ممکن است تنها رشد تولید ناخالص داخلی نفتی واقعی را به خطر بیندازند.

نتایج این مطالعه به دو دلیل متمایز است. اولاً، بر پویایی پارامتر طی زمان بین مصرف انرژی، اثر محیطی و رشد اقتصادی و مکانیسم انتشار شوک‌های نوسانات تصادفی تأکید می‌کنیم. ثانیاً، تولید ناخالص داخلی به تولید ناخالص داخلی نفتی و تولید ناخالص داخلی غیرنفتی تقسیم می‌شود که برای اقتصاد مبتنی بر نفت مانند اقتصاد ایران، موضوع مهمی است.

این مطالعه برای سیاست‌گذاران اهمیت زیادی دارد؛ زیرا آنها پیشنهاد می‌کنند که دولت ایران باید منابع جدید انرژی را برای دستیابی به تنوع اقتصادی از طریق تشویق بخش خصوصی غیرنفتی به استفاده از فناوری کارآمد انرژی کشف کند. از این رو، برای دستیابی هم‌زمان به رشد اقتصادی پایدار و کیفیت محیطی بلندمدت، توصیه می‌شود که سرمایه‌گذاری زیادی در فناوری انرژی‌های جدید مانند فتوولتائیک‌های خورشیدی و ایجاد کسب‌وکار تولیدی تجدیدپذیر انجام شود. بنابراین، یک استراتژی انرژی کارآمد، می‌باید با مشارکت بخش خصوصی اجرا گردد.

یکی از محدودیت های این تحقیق، آن است که تولید ناخالص داخلی غیرنفتی در بخش خصوصی و دولتی تجزیه نمی‌شود. این موضوع را می‌توان برای اندازه‌گیری میزان نوسانات در بخش خصوصی غیرنفتی نسبت به بخش دولتی غیرنفتی و اثرات این نوسانات بر مصرف برق و اثر محیطی بررسی کرد. از جهت دیگر، برای مطالعات آینده می‌توان عوامل بالقوه مانند بی‌ثباتی مالی، بی‌ثباتی صادرات و نوسانات قیمت نفت را برای ارائه نتایج منسجم‌تر به‌کار گرفت که برای بررسی تحول تاریخی رابطه بین مصرف انرژی، اثر محیطی و رشد اقتصادی، مفید خواهد بود.

References

Apergis, N., & Payne, J.E. (2009). CO_2 emissions, energy usage, and output in Central America. *Energy Policy*. 37: 3282-3286. https://doi.org/10.1016/j.enpol. 2009.03.048

Ali, H.S., Nathaniel, S.P., Uzuner, G., Bekun, F.V., & Sarkodie S.A. (2020). Trivariate modelling of the nexus between electricity consumption, urbanization and economic growth in Nigeria: Fresh insights from Maki Cointegration and Causality Tests. *Heliyon*. *6*(2): 1-9.

Agras, J., & Chapman, D. (1999). A dynamic approach to the environmental Kuznets curve hypothesis. *Ecol. Econ*. 28: 267-277. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00040-8.

Ameyaw, B., Oppong, A., Abruquah, L.A., & Ashalley, E. (2017). Causality nexus of electricity consumption and economic growth: An empirical evidence from Ghana. *Open Journal of Business and Management*. *5*(1): 1-10.

Bildirici, M.E., Bakirtas, T., & Kayikci, F. (2012). Economic growth and electricity consumption: Autoregressive distributed lag analysis. *J. Energy South Afr*. *23*(4): 29-45.

Bekun, F.V., & Agboola, M.O. (2019). Electricity consumption and economic growth nexus: Evidence from Maki cointegration. *Eng. Econ*. *30*(1): 14-23.

Cheng, B.S., & Lai, T.W. (1997). An investigation of co-integration and causality between energy consumption and economic activity in Taiwan. Energy Econ. *19*(4): 435-444.

Chen, P.Y., Chen, S.T., Hsu, C.S., & Chen, C.C. (2016). Modeling the global relationships among economic growth, energy consumption, and CO_2 emissions. *Renew Sustain Energy Rev*. 65: 420-431. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.074

Dey, S.R., & Tareque, M. (2020). Electricity consumption and GDP nexus in Bangladesh: A time-series investigation. *Journal of Asian Business and Economic Studies*. *27*(1): 35-48.

Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: A survey. Ecol. Econ. 49: 431-455. https://doi.org/10.1016/j.ecoLECon.2004.02.011

Dietz, T., & Rosa, E.A. (1994). Rethinking the environmental impacts of population, affluence and technology. *Human Ecology Review*. 1: 277-300.

Etokakpan, M.U., Osundina, O.A., Bekun, F.V., & Sarkodie, S.A. (2020). Rethinking electricity consumption and economic growth nexus in Turkey: environmental pros and cons. *Environ SciPollut Res*. *27*(31): 39222-39240.

Ehigiamusoe, K.U. (2020a). A disaggregated approach to analyzing the effect of electricity on carbon emissions: Evidence from African countries. *Energy Reports*. 6: 1286-1296.

Ehigiamusoe, K.U. (2020b). Tourism, growth and environment: Analysis of non-linear and moderating effects. *Journal of Sustainable Tourism*. *28*(8): 1174-1192.

Ehigiamusoe, K.U., & H.H. Lean. (2019). Effects of energy consumption, economic growth, and financial development on carbon emissions: Evidence from heterogeneous income groups. *Environmental Science and Pollution Research*. *26*(2): 22611-22624.

Ehigiamusoe, K.U., V. Guptan. & H.H. Lean. (2019). Impact of financial structure on environmental quality: Evidence from panel and disaggregated data. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*. *14*(10-12): 359-383.

Ehigiamusoe, K.U., H.H. Lean, & R. Smyth. (2020). The moderating role of energy consumption in the carbon emissions-income nexus in middle-income countries. *Applied Energy*. 261: 1-13.

Friedl, B., & Getzner, M. (2003). Determinants of CO_2 emissions in a small open economy. *Ecol. Econ*. 45: 133-148. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03) 00008-9.

Gong, X., & Lin, B. (2018). Time-varying effects of oil supply and demand shocks on China's macro-economy. *Energy*. 149: 424-437.

Golkhandan, Abulqasem, & Alizadeh, Mohammad. (2017). The relationship between the consumption of energy carriers and the added value of Iran's economic sectors: Granger causality test in heterogeneous mixed panels. *Iranian Energy Economics Research Journal*. *7*(25): 125-128 [In Persian]. doi: 10.22054/jiee.2018.9050

Grossman, G.M., & Krueger, A.B. (1995). Economic growth and the environment. *Quarterly Journal of Economics*. *60*(2): 353-375. Published by: The MIT Press Stable URL: http://www.jstor.org/stable/2118443.

Grippa, P., Schmittmann, J., & Suntheim, F. (2019). Climate change and financial risk. *Finance Dev*. *56*(4): 26-29.

Gregory, A. W., & Hansen, B. E. (1996). Practitioners corner: Tests for cointegration in models with regime and trend shifts. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. *58*(3): 555-560.

Hassan, M.S., Tahir, M.N., Wajid, A., Mahmood, H., & Farooq, A. (2017). Natural gas consumption and economic growth in Pakistan: Production function approach. *Glob. Bus. Rev*. *19*(2): 297-310.

Hazarika, H. (2020). Electricity consumption and economic growth in India: Causality analysis. *Int. J. Manag*. *11*(12): 430-435.

He, J., & Richard, P. (2010). Environmental Kuznets curve for CO_2 in Canada. *Ecol. Econ*. 69: 1083-1093. https://doi.org/10.1016/j.ecoLECon.2009.11.030.

Holtz-Eakin, D., & Selden, T.M. (1995). CO_2 emissions and economic growth. *J. Public Econ.* 57:85-101.

Heshmati, A., Abolhosseini, S., & Altmann, J. (2015). *The development of renewable energy sources and its significance for the environment* (pp. 7-29). Singapore:: Springer.

Hoang, C.C. (2021). Examining the relationship between electricity consumption, financial development and economic growth in ASEAN countries: Evidence from a Bayesian analysis. *Int. J. Energy Econ. Policy*. *11*(2): 49-56.

Iyke, B.N. (2015). Electricity consumption and economic growth in Nigeria: A revisit of the energy-growth debate. *Energy Economics*. 51: 166-176.

Iqbali, Leila, Ranjpour, Reza, & Sadeghi, Seyyed Kamal. (2019). Studying the causal relationship between the consumption of electricity carriers, natural gas and oil products with added value in selected sectors of Iran's industry: A bootstrap panel approach. *Iranian Energy Economics Research Journal*. *9*(34): 37-64. doi: 10.22054/jiee.2021.58828.1823 [In Persian].

Iwata, H., Okada, K., & Samreth, S. (2010). Empirical study on the environmental Kuznets curve for CO_2 in France: The role of nuclear energy. *Energy Policy*. 38: 4057-4063. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.031.

Jobert, T., & Karanfil, F. (2007). Sectoral energy consumption by source and economic growth in Turkey. *Energy Policy*. 35: 5447-5456. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.05.008

Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. The *Journal of Energy and Development*. 401-403.

Keshavarzian, M., & Tabatabaiie Nasab, Z. (2021). Analysis of the relationship between electricity consumption and economic growth in OPEC member countries: Bootstrap Panel Causality Test Approach. *QEER*. *17*(69):1-21. URL: http://iiesj.ir/article-1-1377-fa.html [In Persian].

Lee, C.C. (2005). Energy consumption and GDP in developing countries: A cointegrated Panel Analysis. *Energy Econ*. 27: 415-427. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2005.03.003

Lean, H.H., & R. Smyth. (2010). On the dynamics of aggregate output, electricity consumption and exports in Malaysia: Evidence from multivariate Granger causality tests. *Applied Energy*. *87*(6): 1963-1971.

Masuduzzaman, M. (2012). Electricity consumption and economic growth in Bangladesh: Co-integration and causality analysis. *Global Journal of Management and Business Research*. *12*(11) :46-56.

Mighri, Z., & , H. (2020). Electricity consumption-economic growth nexus: Evidence from ARDL bound testing approach in the Tunisian Context. Global Business Review. https://doi.org/10.1177/0972150920925431.

Nakajima J. (2011). Time-varying parameter VAR model with stochastic volatility: An overview of methodology and empirical applications. *Discussion Paper*. E-9, IMES Discussion Paper Series.

Narayan, P.K., & Singh, B. (2007). The electricity consumption and GDP nexus for Fiji Islands. *Energy Econ*. *29*(6): 1141-1150.

Narayan, P.K., & R. Smyth. (2005). Electricity consumption, employment and real income in Australia evidence from multivariate Granger causality tests. *Energy Policy*. *33*(9): 1109-1116.

Nathaniel, S.P., & Bekun, F.V. (2020). Electricity consumption, urbanization, and economic growth in Nigeria: New insights from combined cointegration amidst structural breaks. *J. Public Aff*. *21*(1): 1-12.

Ozturk, I. (2010). A literature survey on energy-growth nexus. *Energy Policy*, 38: 340-349. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.024

Özokcu, S., & Özdemir, Ö. (2017). Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve. *Renew Sustain Energy Rev*. 72: 639-647.
https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.059

Omri, A., Nguyen, D.K., & Rault, C. (2014). Causal interactions between CO_2 emissions, FDI, and economic growth: Evidence from dynamic simultaneous-equation models. *Econ. Model*. 42: 382-389. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.07.026

Payne, J.E. (2010). A survey of the electricity consumption-growth literature. *Appl. Energy*. 87: 723-31.

Pao, H.T., & Tsai, C.M. (2010). CO_2 emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. *Energy Policy*. 38: 7850-7860. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.045.

Primiceri, G.E. (2005). Time-varying structural autoregressions and monetary policy. *Rev. Econ. Stud*. 72: 821-52.

Raza, S.A., Shahbaz, M., & Nguyen, D.K. (2015). Energy conservation policies, growth, and trade performance: Evidence of feedback hypothesis in Pakistan. *Energy Policy*. 80: 1-10. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.01.011.

Richmond, A.K., & Kaufmann, R.K. (2006). Is there a turning point in the relationship between income and energy use and/or carbon emissions?. *Ecol. Econ*. 56: 176-189. https://doi.org/10.1016/j.ecoLECon.2005.01.011.

Salahuddin, M., Gow, J., & Ozturk, I. (2015). Is the long-run relationship between economic growth, electricity consumption, carbon dioxide emissions and financial development in Gulf Cooperation Council Countries robust*?*. *Renew. Sustain. Energy Rev*. 51: 317-326. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.005.

Shiu, A., & Lam, P.L. (2004). Electricity consumption and economic growth in China. *Energy Policy*. *32*(1): 47-54.

Stern, D.I. (1993). Energy and economic growth in the USA. *Energy Econ*. 15: 137-150. https://doi.org/10.1016/0140-9883 (93)90033-N

Stern, D.I., Burke, P.J., & Bruns, S.B. (2019). The impact of electricity on economic development: a macroeconomic perspective. Energy and Economic Growth State-of-Knowledge. *Paper Series*. No. 1. Retrieved from: https://escholarship.org/uc/item/7jb0015q.

Soytas, U., Sari, R., & Ewing, B.T. (2007). Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States. *Ecol. Econ*. 62: 482-489. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.07.009.

Sohail, H.M., Li, Z., Murshed, M., Alvarado, R., & Mahmood, H. (2021). An analysis of the asymmetric effects of natural gas consumption on economic growth in Pakistan: A non-linear autoregressive distributed lag approach. *Environmental Science and Pollution Research* https://doi.org/10.1007/s11356-021-15987-9

Tamba, J.G., Nsouandele, J.L., Lele, A.F., & Sapnken, F.E. (2017). Electricity consumption and economic growth: Evidence from Cameroon. *Energy Source (part B)*. *12*(11):1007-1014.

Thaker, M.A.M.T., Thaker, H.M.T., Amin, M.F., & Pitchay, A.A. (2019). Electricity consumption and economic growth: A revisit study of their causality in Malaysia. *J. Econ. Malaysia*. *18*(1): 1-12.

Tang, C.F., and E.C. Tan. (2012). Electricity consumption and economic growth in Portugal: Evidence from a multivariate framework analysis. *The Energy Journal*. *33*(4): 23-48.

Tiwari, A. K., Eapen, L. M., & Nair, S. R. (2021). Electricity consumption and economic growth at the state and sectoral level in India: Evidence using heterogeneous panel data methods. *Energy Economics*. *94*, 105064.

Zhong, X., Jiang, H., Zhang, C., & Shi, R. (2019). ive distributed lag approach. *Environ. Sci. Pollut. Res*. *26*(14): 14627-14637.

Quarterly Journal of The Economic Research (Sustainable Growth and Development)
Original Research Article/ Vol.24, No.1, Spring 2024, pp.1-26

Dynamics of relationships between electricity consumption, environmental effect and economic growth with the approach of time-varying parameters

Samad Hekmati Farid[1]

Fatemeh Havasbeigi[2]

Ali Moridian[3]

Received: 2023/02/08 Accepted: 2023/03/13

Introduction:

As Stern et al (2019) argued, energy is considered an important determinant of sustainable economic growth. Energy sources meet the needs of various sectors such as industry, modern agriculture, commerce, transportation, etc. Therefore, electricity consumption (energy consumption) is vital for the growth of an economy.

Electricity is the backbone of today's industrial and consumer economies. Its share in the energy mix is increasing due to increasing per capita income, electrification of transportation, use of electronic devices, and demand for consumer and industrial products. However, developed countries are moving towards energy efficiency technology to offset the increasing demand for electricity and its effects (Bildirici et al., 2012). Discussions about the relationship between economic growth, energy consumption and some macroeconomic variables have been high among researchers and policymakers in recent decades (Ehigiamusoe and Lean, 2019; Ehigiamusoe et al., 2020). The aim of our study is to examine the dynamics of the relationship between electricity consumption, ecological footprint and real GDP in Iran by dividing GDP into oil GDP and non-oil GDP. The logic behind this is that Iran's growth model is dependent on oil exports and public sector spending, with no diversification of oil revenues to ensure sustainable development. In fact, although Iran's successive development plans have emphasized the diversification and promotion of the non-oil private sector as a priority goal, today this goal can be achieved by reducing dependence on oil. Our aim is to provide a comprehensive review of energy consumption-environment-GDP dynamics with oil on one hand and energy-environment-GDP non-oil dynamics on the other hand. Therefore, we address the dichotomy

1. Associate Professor of Resource and Environmental Economics, Urmia University, Urmia, Iran (corresponding author). E-mail: s.hekmati@urmia.ac.ir
2. Ph.D. student of Urban Economics, Urmia University, Urmia, Iran.E-mail: fatemehhavasbeigi71@gmail.com
3. Ph.D. student of Econometrics, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: alimoridian@ymail.com

between the oil and non-oil sectors and its consequences on the efficiency of energy policies and sustainable development.

Methodology:

This study uses the Vector Auto-Regressive model of time-varying parameters (TVP-VAR) to examine the inter-temporal dynamics between Iran's real GDP (oil, non-oil), electricity consumption and ecological footprint during 1967-2018. The results show that the TVP-VAR model is useful for examining the dynamics of the relationship between electricity consumption, real GDP and ecological footprint.

Results and Discussion:

The results show that the reaction functions of GDP with oil to positive shocks of environmental effect and electricity consumption are significantly different over time. Similar results exist for the impulse responses of the environmental effect to the positive shock of electricity consumption and GDP. We find the positive response of GDP to electricity consumption before 1978, negative between 1979 and 1991 and after 2003. The reactions of domestic gross production to environmental impact shocks between 1979 and 1986 are negative in the 8th and 12th period horizons and positive in other periods.

The shock response of energy consumption to GDP is positive in four periods during 1981 to 2006 and is negative in other years. It is negative in the 8-period horizon between 1976 and 2004, as well as in the 12-period horizon between 1971 and 1999 and positive in other years.

In relation to the response functions of the environmental impact of GDP and energy consumption in the horizon of 4 periods, the effect is positive, but it is positive in the horizon of 8 periods except for the years 1994-2000 and in the horizon of 12 periods except for the years 1979 to 1999 positive effects are observed.

Conclusion:

The results show that regimes with high and low volatility of real GDP (oil and non-oil), electricity consumption and environmental impact shocks have asymmetric effects (positive or negative) on these variables. In particular, the high fluctuations in electricity consumption during 1980s, 2000s, and 2010s likely affect real oil GDP and the environmental effect, negatively, But negatively, it leads to a decrease in real non-oil GDP growth. In the 1981s, 2001s, and 2011s, low volatility of electricity consumption had a negative impact on environmental impact, and low volatility of real oil and non-oil GDP had a positive impact on environmental impact.

In addition, real oil GDP fluctuations in the 1980s and 1990s both have positive effects on electricity consumption. The low real non-oil GDP fluctuations likely have positive effects on environmental effect, and real non-oil GDP fluctuations have positive effects on electricity consumption, but high real non-oil GDP fluctuations have negative effects on environmental status.

Keywords: TVP-VAR, stochastic volatility, non-oil real GDP, Ecological footprint
JEL Classification: Q53, Q43, E52