فصلنامه اقتصاد محاسباتی
شاپا ۲۸۲۱-۰۴۳۳

رابطه دینامیکی میان مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران

مریم خوشنویس [۱*]
اسما شیری [۲]
اعظم شیری [۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۲۴ **تاریخ پذیرش نهایی:** ۱۴۰۱/۰۳/۲۸

چکیده

رابطه بین علیت مصرف انرژی و رشد اقتصادی یکی از موضوعات مهم اقتصاد انرژی است که بسیار مورد مطالعه قرار گرفته است. با این حال مطالعات قبلی در ایران رفتار غیر خطی این دو متغیر که می‌تواند به عنوان نتیجه‌ای از شکست‌های ساختاری باشد را نادیده گرفته‌اند. در این مقاله مدل رگرسیونی خودبردار پارامترهای زمان با نوسانات احتمال (TVP-VAR) مورد استفاده قرار می‌گیرد تا پویایی میان دوره‌ای را بین تولید ناخالص داخلی واقعی ایران (نفت، غیر نفت)، مصرف برق و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۷۲ بررسی کند. تحلیل پاسخ‌های پیاپی متغیر زمانی تولید ناخالص داخلی، مصرف برق و انتشار گازهای گلخانه‌ای به شوک‌های ساختاری نشان می‌دهد که این پاسخ‌ها به میزان شدت نوسانات ساختاری تولید ناخالص داخلی، مصرف برق و شوک انتشار گازهای گلخانه ای بستگی دارد و می‌توان به وجود یک رابطه غیر خطی یک طرفه، از مصرف انرژی به رشد اقتصادی دست یافت. این یافته به این معنی است که صاحبان تصمیم باید در سیاست‌های انرژی، نوسانات بالا و پایین تولید ناخالص داخلی واقعی، شوک‌های الکتریکی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و روابط الگوهای متغیر زمانی تولید ناخالص داخلی واقعی، مصرف برق و انتشار گازهای گلخانه‌ای را در نظر بگیرند.

واژگان کلیدی: رشد اقتصادی؛ مصرف انرژی؛ انتشار گازهای گلخانه‌ای؛ TVP-VAR.

طبقه‌بندی JEL: R10;C23;P18;O13

[۱] استادیار اقتصاد، گروه اقتصاد، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران، نویسنده مسئول، پست الکترونیکی:m.khoshnevis@semnaniau.ac.ir
[۲] کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، همدان، ایران، پست الکترونیکی: shiri.asma12@gmail.com
[۳] کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، موسسه آموزش عالی امام جواد(ع) یزد، دانشکده علوم پایه و فنی مهندسی، یزد، ایران، پست الکترونیکی: Azamshiri40@gmail.com

۱. مقدمه

بیش از دو ده اقتصاددانان کلاسیک تنها سرمایه‌های مادی و ملموس را به عنوان موتور محرکه رشد و توسعه اقتصادی معرفی می‌کردند. مدل‌های رشد نئوکلاسیکی سولو[1](۱۹۶۵) و سوان[2] (۱۹۶۵) نیز بر عواملی همچون نیروی کار، سرمایه فیزیکی به سطح اولیه درآمد سرانه به عنوان مهمترین عوامل تعیین کننده رشد اقتصادی تاکید می‌نمودند. بعدها مطالعات تجربی و نظری متعددی(مانند ادبیات رشد درون زا) نشان دادند که سرمایه‌های فیزیکی و نیروی کار به تنهایی نمی‌توانند توجیه کننده تفاوت رشد اقتصادی کشورها باشند. در دو دهه اخیر مطالعات تجربی و نظری گسترده‌ای در خصوص شناسایی عوامل تعیین کننده رشد اقتصادی انجام شده است. از جمله این متغیرها؛ منابع طبیعی، کیفیت نهادها، سرمایه‌انسانی، شرایط جغرافیایی، عملکرد دولت‌ها و بسیاری عوامل دیگر هستند که رشد اقتصادی کشورها را در دوره‌های زمانی مختلف تحت تاثیرقرار داده است به طوری که در راستای همین مطالعات (سالای مارتین و همکاران[3]، ۲۰۰۴) بیش از ۱۴۵ متغیر را بر اساس ادبیات تجربی و نظریه رشد در حوزه‌های مختلف اقتصادی شناسایی نموده‌اند که می‌توانند رشد اقتصادی کشورها را تحت تاثیر قرار دهند این پدیده به فاضلاب متغیرهای توضیحی در معادله رگرسیون رشد اقتصادی[4] شهرت یافته است (کوراسما و همکاران[5]، ۲۰۰۸).

از لحاظ نظری با توجه به اینکه انرژی یکی از عوامل تولید محسوب می‌گردد، مصرف انرژی به طور مستقیم بر روی رشد اقتصادی تأثیر گذار خواهد بود. در صورتی که مصرف انرژی به عنوان یک عامل تولید افزایش یابد (یا به عبارت دیگر دسترسی به انرژی بیشتر گردد)، می‌تواند موجبات افزایش رشد اقتصادی را فراهم آورد. اما باید توجه داشت که افزایش مصرف انرژی آثارغیرمستقیم منفی را نیز به دنبال دارد. در واقع تولید و مصرف بیشتر انرژی تنها به هزینه کاهش سرمایه‌گذاری و نیروی‌کار در سایر بخش‌ها (یا بخش غیر انرژی) و کاهش تولید آنها امکان پذیر است. در مورد کشورهایی مانند ایران افزایش مصرف انرژی به معنی کاهش صادرات نفت و درآمدهای ارزی است که می‌تواند اثر منفی بر رشد اقتصادی داشته باشد. بنابراین افزایش مصرف انرژی همواره رشد اقتصادی را با یک نرخ ثابت افزایش نمی‌دهد. با افزایش مصرف انرژی بهره‌وری آن کمتر

[1] Solow
[2] Swan
[3] Sala-i-Martin and et al
[4] kitchen sink regressions
[5] Cuaresma and et al

می‌شود و همزمان تولید سایر بخش‌ها (در مقایسه با ورود بخش انرژی) با نرخ بیشتری کاهش می‌یابد. بدین ترتیب حتی ممکن است افزایش بیش از حد مصرف انرژی اثرات بسیار کم (و حتی منفی) بر رشد اقتصادی داشته باشد (سعیدی، ۱۳۸۶).

علاقه به بررسی روابط احتمالی بین استفاده از انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و توسعه اقتصادی به اوایل دهه ۱۹۷۰ می‌رسد، زمانی که سیاستگذاران و محققان در میان دیگران در مورد روابط احتمالی بین استفاده از انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و توسعه اقتصادی مطلع شدند. با ارائه انرژی به انواع مختلف فعالیت‌های اقتصادی، الکتریسیته یک عامل کلیدی رشد اقتصادی است. درک ارتباطات علی بین مصرف برق، کیفیت محیط زیست و توسعه اقتصادی به عنوان یکی از اولین گام‌های مؤثر سیاست‌های انرژی است. اساساً چهار فرضیه علی قابل اثبات وجود دارد (پین[1]، ۲۰۱۰). اولین فرضیه؛ انرژی یا حفاظت از رشد، سبب علیت یک جهته از رشد اقتصادی به مصرف برق می‌شود. ایده اصلی این است که سیاست‌های حفاظت از انرژی بدون تأثیر بر رشد اقتصادی اعمال می‌شوند. به عبارت دیگر، اقتصاد کمتر به مصرف برق وابسته است و رشد اقتصادی تحت تأثیر سیاست‌های حفاظت از مصرف برق قرار دارد. فرضیه دوم، فرضیه رشد یا رشد انرژی بر مبنای انرژی یک ارتباط یک طرفه را از مصرف برق به رشد اقتصادی نشان می‌دهد. بر این اساس، کاهش مصرف برق ممکن است به کاهش رشد اقتصادی منجر شود. فرضیه سوم، وجود ارتباط دو طرفه بین مصرف برق و رشد اقتصادی را مشخص می‌کند و بیانگر ایجاد همبستگی مصرف برق و رشد اقتصادی و تغییر هم زمان این دو است (فرضیه بازخورد). از این رو، سیاست‌های گسترده انرژی به طور مثبت بر رشد اقتصادی تأثیر می‌گذارد و بالعکس. فرضیه چهارم، فرضیه عدم وجود ارتباط بین مصرف برق و رشد اقتصادی است که نشان می‌دهد که نوسان مصرف برق از رشد اقتصادی جلوگیری نمی‌کند (فرضیه بی طرفی). هر دو سیاست محافظه کارانه و انعطاف پذیر برق بر رشد اقتصادی تأثیر نمی‌گذارد.

بخش عمده‌ای از ادبیات تجربی، رابطه اقتصادی مصرف برق و رشد اقتصادی را بررسی می‌کند. تازه‌ترین و جامع‌ترین مطالعه انجام شده در این زمینه توسط پین انجام شده است. وی بیش از ۴۰ مطالعهٔ در خصوص رابطه رشد اقتصادی و مصرف برق در بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۹ را بررسی کرده است.

[1] Payne

این مطالعات عمدتاً بر روی آزمون علیت دوبعدی بین مصرف برق و رشد تولید ناخالص داخلی و عدم توجه به میزان ارتباط بین این متغیرها تکیه می‌کنند. تعدادی از صاحب نظران معتقدند که تجزیه و تحلیل دو متغیره برای ارائه توصیه‌های سیاستی قوی به دلیل وجود اختلاف متغیرها بسیار ساده است. برای مقابله با این مسئله، دیگر محققان متغیرهای کنترل دیگری نظیر قیمت انرژی، قیمت مصرف کننده، شهرنشینی و همچنین انتشار گازهای گلخانه‌ای (کربن در اکسید) را برای بررسی رابطه مصرف برق و رشد اقتصادی معرفی می‌کنند. بنابراین، بررسی رابطه علی بین درآمد و انتشار گازهای گلخانه‌ای، یک سؤال مکمل است که اجازه می‌دهد تا سیاست‌های مؤثر انرژی و رشد اقتصادی را با توجه به فرضیه منحنی شناخته شده زیست محیطی کوزنتس[1] (EKC) شکل دهیم. مفهوم منحنی زیست محیطی کوزنتس، اولین بار در دهه ۱۹۹۰ و همزمان با مطالعات اثرات بالقوه انعقاد موافقت‌نامه تجارت آزاد آمریکای شمالی[2] بر محیط زیست توسط گروسمن و کروگر[3](۱۹۹۱) و همچنین مطالعه شفیک و باندیوپادهبای[4]، (که در گزارش توسعه جهانی سال ۱۹۹۲ منتشر شد) پدیدار شد. فرضیه کوزنتس فرض می‌کند که رابطه بین رشد اقتصادی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، غیر خطی است و شکل معکوس U را نشان می‌دهد. این بدان معنی است که رشد اقتصادی با افزایش اولیه در انتشار گازهای گلخانه‌ای افزایش و پس از آن، کاهش می‌یابد (فطرس و معبودی، ۱۳۹۰).

توسعه پایدار بخش انرژِی در بهبود شرایط اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی نقش بسزایی دارد به گونه‌ای که توجه به این امر، موجب کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای خواهد شد. اهمیت این مسئله به اندازه ای است که بسیاری از قوانین و مقررات ملی و بین المللی نیز به انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای از بخش انرژی و اثرات آنها توجه داشته‌اند (یانگ[5]، ۲۰۰۰).

یکی از مشکلاتی که در زمینه بررسی عوامل مؤثر بر تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و انتشار گاز دی اکسید کربن ناکارآمد است عدم توانایی مدل‌های خطی در شناسایی عدم تقارن‌ها[6]

[1] Kuznets
[2] North American Free Trade Agreement (NAFTA)
[3] Grossman and Krueger
[4] Shafik and Bandyopadhyay
[5] Yang
[6] asymmetry

(شامل شکست‌های ساختاری) در سری‌های زمانی است؛ بررسی پیشینه تحقیقات انجام گرفته بیانگر این است که در مطالعات تجربی انجام گرفته در اقتصاد ایران، از مدل‌های خطی با ضرایب ثابت برای بررسی چنین ارتباطی بین متغیرهای مدل استفاده شده است این در حالی است که بسته به شرایط حاکم بر اقتصاد کشور ممکن است ارتباط بین متغیرها تغییر کند، مسئله‌ای که لزوم استفاده از مدل‌های جدیدتری که تخمین‌های دقیقی‌تری را در مقاطع زمانی مختلف ارائه دهد بیان می‌کند؛ مدل‌های پارامترهای متغیر در طول زمان[1] که در مطالعات بین‌المللی در حال گسترش هستند امکان چنین بررسی را فراهم می‌آوردند؛ بر این اساس در این تحقیق با استفاده از یک مدل خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در طول زمان[2] (TVP-VAR) که بسطی از مدل مطالعه کروبلیس[3] (۲۰۱۳) است، به بررسی نحوه اثرگذاری دقیق عوامل مؤثر مصرف برق و انتشار گازهای گلخانه ای بر رشد اقتصادی، مصرف برق و انتشار گازهای گلخانه ای در ایران برای سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۷۱ بررسی می‌شود.

یکی دیگر از اهداف مطالعه ما کشف پویایی ارتباط بین مصرف برق، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تولید ناخالص داخلی واقعی در ایران با تفکیک تولید ناخالص داخلی به تولید ناخالص داخلی نفت و بدون نفت به دلیل وابستگی مدل رشد ایران به صادرات نفت و هزینه‌های بخش دولتی و عدم تنوع بخشیدن به درآمد نفت برای اطمینان از توسعه پایدار است. در واقع، هرچند که برنامه‌های توسعه ایران بر انحصار و ترویج بخش خصوصی غیر نفتی تاکید می‌کنند، امروزه بر اهمیت این هدف تاکید می‌شود زیرا قیمت نفت همچنان در حال سقوط است. هدف ما ارائه یک بررسی پویای جامع از تولید ناخالص داخلی انرژی- محیط زیست از یک سو و تولید ناخالص داخلی انرژی- محیطی-غیرنفتی از سوی دیگر است. بنابراین در این تحقیق به دوگانگی بین مسئله بخش‌های نفت و غیر نفتی و نتایج آن در مورد کارآیی سیاست‌های انرژی و توسعه پایدار اشاره خواهد شد.

لازم است دقت کنیم که مطالعه ما تا حدی در راستای مطالعات فلاحی[4] (۲۰۱۱) و کوکاسان[5] (۲۰۱۳) است. خارج از شواهد پویای غیرخطی و تغییرات ساختاری که در ارتباط با انرژی وجود

[1] Time Varying Parameter
[2] Time Varying Parameter Vector Autoregressive Model (TVP-VAR)
[3] Korobilis
[4] Fallahi
[5] Kocaaslan

دارد، دو نویسنده مارکوف- سوئیچینگ[1] یک مدل رگرسیون خود برداری (MS-VAR) استفاده کردند که به آزمون‌های علیت گرنجر وابسته به رژیم و تغییرات ساختاری در روابط بین متغیرها اجازه می‌دهد. اگر چه نتایج آنها نشان دهنده علیت وابسته به رژیم بین تولید ناخالص‌داخلی و مصرف انرژی است اما محققان نظر خود را از پاسخ‌های ضربه‌ای یک متغیر به شوک در متغیر دیگر ارائه نمی‌دهند و در طول زمان، شوک‌های احتمالی را تصدیق نمی‌کنند.

مقاله فوق در پنج بخش تنظیم شده است، در بخش دوم به پیشینه مطالعات انجام شده و ارائه مبانی نظری مقاله پرداخته شده است، در بخش سوم روش تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است، در بخش چهارم تجزیه وتحلیل نتایج ارائه شده است و درنهایت در بخش پنجم به ارائه نتایج و پیشنهادهای سیاستی مقاله پرداخته شده است.

۲. ادبیات موضوع

۲-۱. پیشینه تحقیق

ماین لیم و همکاران[2] (۲۰۱۴). به بررسی مسائل مربوط به علیت کوتاه مدت و بلند مدت در مصرف نفت، تولید گازهای گلخانه ای و رشد اقتصادی در فیلیپین با استفاده از تکنیک سری زمانی و داده‌های سالانه برای دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۶۵ پرداخته اند. یافته‌های مهم تحقیق یک علیت یک سویه بین مصرف نفت و انتشار گازهای گلخانه‌ای را نشان می‌دهد که بدان معناست که کشور فیلیپین نیاز به بهبود بهره وری در مصرف نفت به منظور کاهش انتشار گازهای گلخانه ای دارد.

مزغانی و بن هاداده (۲۰۱۶). به بررسی رابطه بین تولید ناخالص داخلی واقعی عربستان (نفت، غیر نفت)، مصرف برق و میزان انتشار گاز کربن دی اکسید با استفاده از مدل رگرسیونی خودبردار پارامترهای زمان با نوسانات احتمال (TVP-VAR) برای دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۷۱پرداخته‌اند. آنها مدل TVP-VAR را برای بررسی رابطه دینامیک بین مصرف برق، تولید ناخالص داخلی واقعی و انتشارگاز دی اکسید کربن، استفاده می‌کنند. علاوه بر این، تحلیل پاسخ‌های پیاپی متغیر زمانی تولید ناخالص داخلی واقعی (نفت، غیر نفتی)، مصرف برق و انتشار گاز کربن دی اکسید به شوک‌های ساختاری نشان می‌دهد که این پاسخ‌ها به میزان شدت نوسانات

[1] Markov-Switching
[2] Min Lim et al

ساختاری تولید ناخالص داخلی واقعی (نفت، غیر نفتی)، مصرف برق و شوک انتشارگاز دی اکسید کربن بستگی دارد.

لاوال و همکاران[1] (۲۰۲۰). با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم یافته برای دوره زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۷ رابطه مصرف برق و رشد اقتصادی را ارزیابی کرده اند. نتایج آن‌ها نشان داد که بین مصرف برق و رشد اقتصادی در اقتصادهای صحرای آفریقا رابطه‌ی مثبت و معنی‌دار وجود دارد.

تیواری و همکاران[2] (۲۰۲۰). به بررسی مصرف برق و رشد اقتصادی در سطح ایالتی و بخشی درهند با استفاده از روش خودرگرسیون برداری پانل برای دوره‌ی زمانی ۶۱-۱۹۶۰ تا ۱۵-۲۰۱۴ پرداخته اند. نتایج نشان می‌دهد که بین رشد اقتصادی و مصرف برق تنها در بخش کشاورزی رابطه بلندمدت وجود داشته و همچنین در سطح بخشی برای بخش کشاورزی رابطه علّی یکطرفه از مصرف برق به رشد اقتصادی و برای بخش صنعتی رابطه علّی یکطرفه از رشد اقتصادی به مصرف برق وجود دارد.

چنانچه دیده شد، در مطالعات تجربی انجام گرفته، از مدل‌های خطی با ضرایب ثابت برای بررسی ارتباط بین متغیرهای مدل استفاده شده است در حالی که در بین مطالعات صورت گرفته، مطالعه‌ای وجود ندارد که به بررسی این مسائل در طی برنامه‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور به صورت غیرخطی پرداخته باشد. همچنین مشاهده می‌شود که از بین مطالعات انجام شده مطالعه‌ای یافت نمی‌شود که به بررسی مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از مدل TVP-VAR و نرم‌افزارMatlab پرداخته باشد. بنابراین این مطالعه سعی نموده است که بدون نواقصی که در مطالعات پیشین ذکر شد، به بررسی مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران بپردازد.

۲-۲. مبانی نظری

در تحلیل تئوری‌های جدید رشد، علاوه بر دو نهاده نیروی کار و سرمایه نهاده انرژی نیز به مدل‌های رشد اضافه شده است، اما با این وجود اقتصاددانان در ارتباط با نقش و اهمیت حضور این نهاده در فرآیند تولید اتفاق نظر ندارند. دیدگاه‌های متفاوتی نسبت به نقش انرژی در رشد

[1] Lawal et al.
[2] Tiwari et al.

اقتصادی وجود دارد، اما به طور کلی می‌توان بین دو دیدگاه در رابطه با جایگاه انرژی در تابع تولید و رشد اقتصادی تمایز قائل شد؛ این اختلاف دیدگاه‌ها به طورکلی در قالب دو دیدگاه اقتصاددانان نئوکلاسیکی و دیدگاه دوم اقتصاددانان بیولوژیست[1] که دلالت‌های سیاستی متفاوتی را نیز به همراه دارند، تجلی می‌یابند.

برخی از اقتصاددانان از جمله نئوکلاسیک‌ها اعتقاد دارند که انرژی نقش نسبتا کوچکی در تولید اقتصادی دارد و یک نهاده واسطه‌ای است. اقتصاددانان نئوکلاسیک با اشاره به امکان جانشینی میان عوامل تولید ادعا می‌کنند که پیشرفت دانش و تکنولوژی از طریق افزایش بهره وری در سرمایه و نیروی کار، نیاز به مصرف انرژی در فرایند تولید را کاهش خواهد داد. از این رو، فرایند رشد و تولید اقتصادی با وجود محدودیت در ذخایر انرژی امکان پذیر است. بنابراین، انرژی رابطه ضعیف و تفکیک‌پذیری با نیروی کار دارد و به عنوان یک عامل مؤثر و ضروری در رشد اقتصادی مطرح نمی‌گردد. اما پس از بحران نفتی دهه ۱۹۷۰، اکثر اقتصاددانان مانند: هامیلتون[2]، بارپیج[3] و هاریسون[4]، نقش بزرگ تری را برای انرژی در نظر گرفته و در مطالعات زیادی، اثر مصرف انرژی یا قیمت‌های آن را بر روی محصول اقتصادی در چارچوب مدل‌های رشد اقتصادی مورد ارزیابی قرار دادند (بندت و همکاران[5]، ۱۹۷۸).

در مقابل، اقتصاددانان بوم شناختی یک مدل بیوفیزیکی برای رشد اقتصادی قائل هستند. این گروه معتقدند انرژی تنها عامل و مهمترین عامل تأثیرگذار بر رشد اقتصادی است که برای تشکیل سرمایه و نگهداری آن به مصرف مقادیر فراوان انرژی و ماده نیاز است و در تبین دیدگاه خود، از اصل اول ترمودینامیک بهره می‌گیرند به طوری که در مکانیزم تبدیل ماده از شکلی به شکلی دیگر انرژی ثابت است و از بین نمی‌رود. تمامی کالاهای تولید شده در اقتصاد از انرژی بدست می‌آیند. به طور کلی آنچه در اقتصاد به کالا تبدیل می‌گردد، ناشی از انرژی به کار گرفته شده از طبیعت است. این گروه از اقتصاددانان که نهاده انرژی را در تابع رشد مسلط می‌دانند، اقتصاددانان اکولوژیست[6] یا بوم‌شناس نامیده اند (اوکول[7]، ۲۰۰۸). آنها در پاسخ به ادعای نئوکلاسیک‌ها مبنی

[1] Biologist Economist
[2] Hamilton
[3] Barbidge
[4] Harrison
[5] Berndt an et al
[6] Ecological Economists
[7] Ockwell

بر امکان جانشینی میان تکنولوژی و انرژی به عنوان نهاده‌های تولید اظهار می‌دارند با وجود بهبود بهره‌وری در نهاده‌های نیروی کار و سرمایه همچنین به کارگیری این دو نهاده در فرآیند تولید نیازمند صرف انرژی می‌باشد، چرا که پیشرفت دانش و تکنولوژی تنها یکی از نهاده‌های شرکت کننده در تولید در میان سایر نهاده‌های تولیدی است. براساس نظریه بوم شناسان، انرژی عامل محرک رشد اقتصادی بوده و سیاست‌های تهدیدکننده مصرف انرژی به عنوان عامل بازدارنده رشد اقتصادی مطرح می‌باشد (همتی، ۱۳۸۳).

۳. روش تحقیق

۳-۱. مدل خود رگرسیون برداری با پارامترهای متغیر زمانی (TVP-VAR)

مدل خود توضیح برداری (VAR) کاربردهای فراوانی در تحلیل‌های اقتصادسنجی دارد. مدل TVP-VAR امکان محاسبه ضرایب متغیر در طول زمان، در مدل VAR را فراهم می‌کند. در سری‌های زمانی اقتصاد کلان به علت تغییرات شرایط، شکست‌های ساختاری و تغییرات سیکلی در سری‌های زمانی مشاهده شده است (استوک واتسون ۲۰۰۸). مدل TVP-VAR ماهیت بالقوه تغییر زمانی ساختار اقتصادی را به شیوه‌ای انعطاف‌پذیر و قوی به دست می آورد. بر این اساس، ضرایب متغیر زمانی (TVP)[1] منجر به نتایج دقیق‌تری می‌شوند (دل نگرو و اترک[2]، ۲۰۰۸؛ ایکمیر، لمک و مارسلینو[3]، ۲۰۱۱؛ کروبلیس[4]، ۲۰۱۳). در مدل VAR با پارامترهای متغیر در زمان (TVP-VAR) با نوسانات تصادفی که به‌وسیله پریمیسری[5] (۲۰۰۵) پیشنهاد داده شد، همه پارامترها در تصریح VAR فرض می‌شوند از یک فرآیند گام تصادفی مرتبه اول تبعیت می‌کنند، در نتیجه این امکان تغییرات دائمی و گذار را برای پارامترها مهیا می‌کند. در بسیاری از موارد، به‌نظر می‌رسد که ضرایب و شوک‌ها در فرآیند تولید داده متغیر اقتصادی دست‌خوش نوسانات تصادفی می‌شوند. در صورت وجود چنین پدیده‌ای، کاربرد مدل ضرایب با پارامترهای متغیر اما با نوسانات ثابت منجر به برآورد پارامترهای اریب متغیر در زمان می‌شود زیرا تغییر احتمالی نوسانات در توزیع نادیده گرفته‌شده است. جهت دوری از این تصریح نادرست، نوسانات تصادفی در مدل

[1] time-variation coefficient
[2] Del Negro and Otrok
[3] Eickmeier, Lemke and Marcellino
[4] Korobilis
[5] Primiceri

TVP-VAR در نظر گرفته شده است. در نظر گرفتن نوسانات تصادفی، تخمین مدل را دشوارتر می‌کند زیرا در این حالت تابع حداکثر راست نمایی، قابلیت انعطاف ندارد اما مدل را می‌توان با استفاده از زنجیره مارکوف مونت‌کارلو[1] (MCMC) در فضای استنباط بیزی[2] تخمین زد. در ادامه ابتدا مدل TVP-VAR در قالب مدل‌های فضا-حالت بیان شده و درنهایت توضیحی کلی درباره روش بیزین داده شده است.

به‌منظور معرفی مدل TVP-VAR، ابتدا یک مدل VAR ساختاری در نظر گرفته شده است، که به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$Ay_t = Q_1 y_{t-1} + \cdots + Q_p y_{t-p} + u_t, t = p+1, \ldots, T \quad (۱)$$

که y_t نشان‌دهنده بردار $n \times 1$ متغیرهای مشاهده‌شده، A و $Q_1 \ldots Q_p$ ماتریس $n \times n$ پارامترها و $u_t \sim (0, \Sigma_u)$ بردار $n \times 1$ شوک‌های ساختاری است که به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \sigma_n \end{bmatrix} \quad (۲)$$

رابطه شبیه‌سازی بین شوک‌های ساختاری به شکل بازگشتی تعیین شده است. فرض کنید که A یک ماتریس پایین مثلثی است، که عناصر روی قطر اصلی برابر با یک هستند:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ \alpha_{2,1} & 1 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ \alpha_{n,1} & \cdots & \alpha_{n,n-1} & 1 \end{bmatrix} \quad (۳)$$

در معادله (۱) مشکل تعیین مقدار منحصربه‌فردی برای پارامترها در مدل وجود دارد زیرا ضرایب مجهول می‌باشند و متغیرها ممکن است هم زمان بر یکدیگر اثر بگذارند (بردین و اوریلی[3]؛ ۲۰۰۴). برای تخمین پارامترها، معادله (۱) به‌صورت مدل VAR تعدیل‌شده دوباره تصریح شده است:

$$y_t = B_1 y_{t-1} + \cdots + B_p y_{t-p} + A^{-1}\Sigma_t \varepsilon_t, \varepsilon_t \sim (0, I_n) \quad (۴)$$

[1] Markov chain Monte Carlo
[2] Bayesian inference
[3] Bredin and O'Reilly

در معادله (۴)، $B_i = A^{-1}Q_i$ برای i=1,…,p. همچنین B را به‌عنوان یک سطر $B_1, \dots, B_n$ تعریف کرده تا شکل تعدیل‌شده به‌صورت زیر نشان داده شود:

$$y_t = X_t B + A^{-1}\Sigma_t \varepsilon_t \quad (۵)$$

که در اینجا $X_t = I_n \otimes [1, y_{t-1}', \dots, y_{t-p}']$ و $\otimes$ نیز حاصل‌ضرب کرونکر است. همه پارامترها متغیر در زمان نیستند.

مطابق پریمیسری (۲۰۰۵)، کوپ و همکاران (۲۰۰۹) و ناکاجیما (۲۰۱۱) فرض شده است، همه پارامترهای $(B, A\ \Sigma)$ در طی زمان تغییر می‌کنند. سپس، معادلات (۴) و (۵) دوباره به شکل زیر تصریح شده است:

$$y_t = B_{1t}y_{t-1} + \cdots + B_{pt}y_{t-p} + e_t, e_t \sim N(0, \Phi_t) \quad (۶)$$

$$y_t = X_t B + e_t, t = p+1, \dots, n \quad (۷)$$

که در اینجا y_t بردار $(k \times 1)$ از متغیرهای مشاهده‌شده است. $B_{1t}, \dots, B_{pt}$ بردار $(k \times k)$ از ضرایب متغیر در زمان است. Φ_t ماتریس کوواریانس متغیر در زمان با ابعاد $(k \times k)$ است. همچنین Φ_t برابر با $\Phi_t = A_t^{-1}\Sigma_t\Sigma_t\acute{A}_t^{-1}$ است که A_t ماتریس مثلث پایین با عناصر قطری برابر با یک و Σ_t نیز ماتریس قطری شامل انحراف معیار شوک‌های ساختاری است. X_t هم همان تعریف قبلی را دارد. همه پارامترها متغیر در زمان نیستند. B_t برداری سطری به صورت $B_{1t}, \dots, B_{pt}, a_t$ نیز بردار سطری از عناصر ماتریس A_t است درنهایت عناصر بردار $x_t = (x_{1t}, \dots, x_{nt})$ به‌صورت $x_{ji} = \log \sigma_{ji}$ تعریف می شود (j=1,…,n). پارامترهای متغیر در زمان فرض می‌شود که از یک فرآیند گام تصادفی پیروی می‌کنند (ناکاجیما، ۲۰۱۱؛ پرایمیسری، ۲۰۰۵):

$$\begin{matrix} B_t = B_{t-1} + v_t \\ a = a_{t-1} + \xi_t \\ x_t = x_{t-1} + \eta_t \end{matrix} \qquad \begin{pmatrix} \varepsilon_t \\ v_t \\ \xi_t \\ \eta_t \end{pmatrix} \sim N\left(0, \begin{pmatrix} I_n & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Sigma_B & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Sigma_a & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Sigma_x \end{pmatrix}\right) \quad (۸)$$

در اینجا t=p+1,…,n است. همچنین $e_t = A_t^{-1}\Sigma_t\varepsilon_t$ است و I_n ماتریس واحدی با n عنصر است زمانی که Σ_a، Σ_B و Σ_x ماتریس‌های معین مثبت باشند. ماتریس کوواریانس Σ_a و Σ_x قطری می‌باشند. در این ماتریس، شوک‌ها بین پارامترهای متغیر در زمان ناهمبسته می‌باشند. همان‌طور که مشاهده می‌شود معادلات (۷) و (۸) در فرم فضا-حالت بیان شده‌اند. مدل‌های فضا-حالت

شامل دو معادله است: یکی معادله حالت[1] در اینجا معادله (۸) که بعضی وقت‌ها معادله انتقال[2] نیز نامیده می‌شود و دیگری معادله اندازه‌گیری[3]. معادله اندازه‌گیری، معادله‌ای است که ارتباط بین متغیرهای مشاهده شده (داده‌ها) و متغیرهای مشاهده نشده را توصیف می‌کند و معادله حالت پویایی متغیرهای حالت را نشان می‌دهد. مجموع این دو معادله همان مدل فضا-حالت نامیده می‌شود. مطابق ناکاجیما، کاسیا و واتاناب[4] (۲۰۰۹)، فرض شده است که حالت برای پارامترهای متغیر در زمان برابر با $B_{p+1}\sim N(v_{\beta 0},\Sigma_{\beta 0})$، $a_{p+1}\sim N(v_{a0},\Sigma_{a0})$ و $x_{p+1}\sim N(v_{x0},\Sigma_{x0})$ باشند.

۴. یافته‌ها

۴-۱. متغیرهای تحقیق

داده‌های استفاده شده در این تحقیق به صورت سالانه بوده و مربوط به سال‌های ۲۰۱۴ -۱۹۷۲ است. متغیرهای تولید ناخالص داخلی واقعی ایران با نفت و بدون نفت، انتشار گاز دی اکسید کربن و مصرف برق (کیلو وات بر ساعت) به عنوان متغیرهای مدل استفاده شده است.

اطلاعات مربوط به مصرف برق و انتشار دی اکسید کربن از پایگاه داده آژانس بین المللی انرژی (IEA[5]) بدست آمده است و اطلاعات مربوط به تولید ناخالص داخلی واقعی از بانک اطلاعات سری زمانی و نماگرهای اقتصادی بانک مرکزی ایران جمع‌آوری شده است.

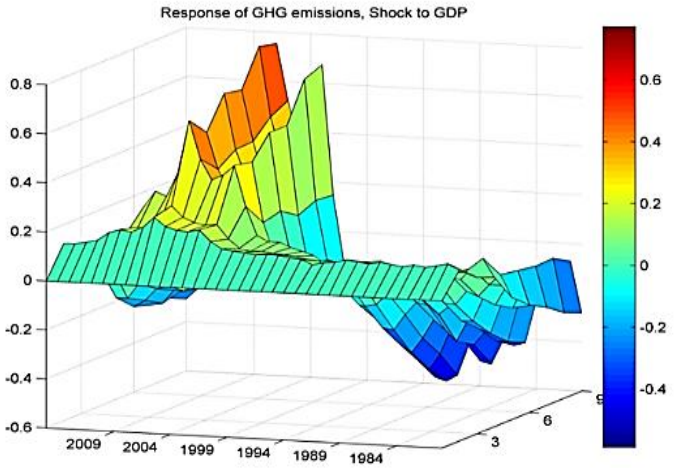
۴-۲. تخمین مدل TVP-VAR

در ادامه پس از تخمین مدل TVP-VAR با استفاده از نرم‌افزار MATLAB و استفاده از دو وقفه متغیر درون زای مدل، نتایج آنالیز واکنش آنی متغیر گازهای گلخانه‌ای (دی اکسید کربن) در نتیجه شوک در متغیرهای مدل تا ۹ دوره ارائه شده است[6]. در این تحقیق به منظور اجرای تابع واکنش آنی

[1] State equation
[2] Transition equation
[3] Measurement equation
[4] Nakajima, Kasiya and Watanabe
[5] International Energy Agency
[6] کد نرم افزار متلب مورد استفاده در این مقاله با اصلاحات از کد مورد استفاده در مطالعه کوپ و کروبلیس (۲۰۱۳) برداشته شده است.

از تجزیه چولسکی[1] استفاده شده است. در واقع تجزیه چولسکی نوعی ساختار بازگشتی ویژه را به مدل تحمیل می‌کند. لذا کوپ و همکاران[2] (۱۹۹۶) و پسران و شین[3] (۱۹۹۸) رویکرد توابع عکس العمل آنی تعمیم یافته[4] و تجزیه واریانس خطای پیش بینی تعمیم یافته[5] را معرفی نمودند که در آن، نتایج به دست آمده، به ترتیب قرار گرفتن متغیرها حساس نیست. نتایج تابع واکنش آنی تحقیق حاضر در طول زمان متغیر است و از این جهت از تحقیقات گذشته متفاوت است به طوری که به صورت سه بعدی ترسیم می‌شود. محور عمودی تابع واکنش آنی مقادیر واکنش متغیرها به شوک‌های وارده و محور افقی آن زمان اجرای شوک و دوره واکنش آنی (تا ۹ دوره) را ارائه می‌دهد.

شکل (۱): تابع واکنش آنی متغیر تولید ناخالص داخلی با نفت و بدون نفت بر انتشار گازهای گلخانه‌ای



منبع: محاسبات محقق

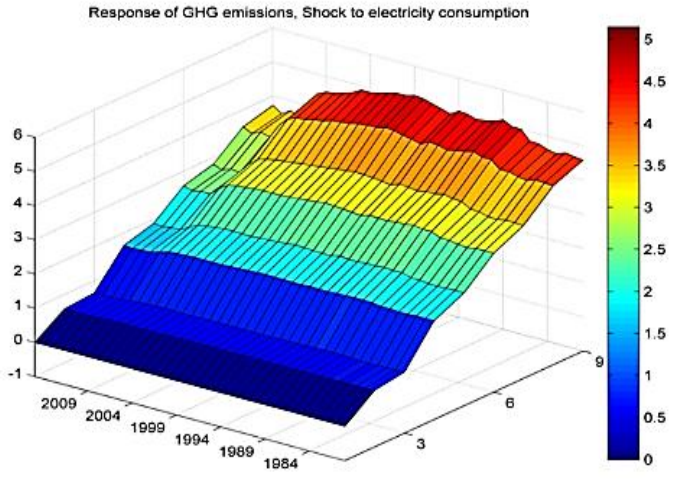
در شکل (۱) به بررسی اثرتولید ناخالص داخلی بر انتشار گازهای گلخانه ای پرداخته شده است. همان طور که مشاهده می‌شود متغیر تولید ناخالص داخلی اثرات غیر خطی بر روی انتشار

[1] Cholesky
[2] Koop and et al
[3] Pesaran and shin
[4] Generalized Impulse Response funection
[5] Generalized Variance Decompsition function

گازهای گلخانه‌ای داشته است، به طوری که بعضی دوره‌ها شاهد اثرات مثبت و بعضی دوره‌ها شاهد اثرات منفی بوده است.

شکل (۱) اثرات شوک‌های ناشی از تولید ناخالص داخلی در دوره نمونه را نشان می‌دهد. رشد تولید ناخالص داخلی که به مفهوم رشد اقتصادی است سبب افزایش آلودگی به واسطه انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی اکسید کربن) می‌گردد. با این وجود امکان کاهش تولید ناخالص داخلی وجود ندارد زیرا با کاهش این متغیر سطح سرمایه گذاری و اشتغال در اقتصاد کاهش می‌یابد. کاهش سطح اشتغال به مشکل بیکاری در کشور دامن می‌زند. اما امکان کاهش میزان مصرف انرژی به واسطه بهبود کارآیی مصرف این نهاده در واحدهای تولیدی در داخل کشور وجود دارد. انتشار گازهای گلخانه‌ای در برابر فشارهای ناشی از تولید ناخالص داخلی در سال‌های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۶، با دو تکان در سال ۱۹۸۹ و ۱۹۹۶ ادامه یافت و از سال ۲۰۰۰ تا پایان دوره پایدار باقی مانده است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که نوسانات نفت و تولید ناخالص داخلی منجر به افزایش اثرات مثبت بر انتشار گاز دی اکسید کربن می‌شود. با این حال، واکنش‌های ناشی از انتشار گاز دی اکسید کربن به تولید ناخالص داخلی به دلایل مختلف است.

شکل (۲): تابع واکنش آنی متغیر مصرف برق بر انتشار گازهای گلخانه‌ای

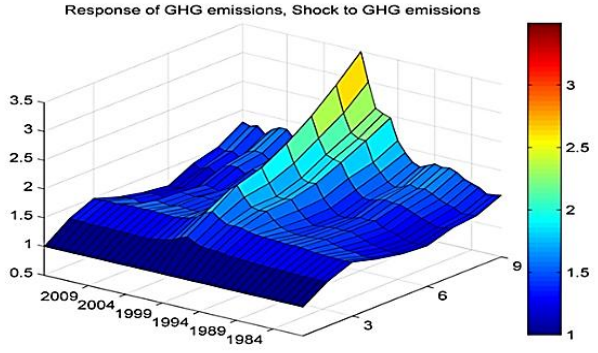


منبع: محاسبات محقق

شکل (۲) به بررسی اثر متغیر مصرف برق بر انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداخته است، همان طور که مشاهده می‌شود اثر مصرف برق بر گازهای گلخانه‌ای در تمام طول دوره مورد بررسی، مثبت است.

در شکل (۲)، مهمترین عامل افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی اکسید کربن) در تمامی بخش‌های اقتصادی که ناشی از مصرف برق در کل کشوراست، اثر تولیدی و پس از آن اثر شدت انرژی[۱] می‌باشد. اثر تولیدی در طول چهار برنامه توسعه رو به افزایش بوده است ولی اثر شدت انرژی در طول برنامه اول تا سوم تقریباً ثابت ولی طی برنامه چهارم به شدت کاهش پیدا کرده است که این امر می‌تواند ناشی از کاهش مصرف برق به دلیل شروع بحث هدفمند سازی یارانه‌ها باشد. ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی اکسید کربن) در کل کشور در طول برنامه اول تا سوم رو به کاهش بوده است ولی در برنامه چهارم همانند کلیه زیربخش‌ها افزایش پیدا کرده است. به عبارت دیگر در برنامه چهارم توسعه ،اهمیت مباحث زیست محیطی بسیار کمتر شده است. دو عاملی که می‌تواند سبب کاهش شدت انرژی و به تبع آن کاهش انتشار گازهای گلخانه ای شود، افزایش کارایی و قیمت انرژی است و انتظار می‌رود در برنامه پنجم که بحث هدفمند سازی یارانه‌ها اجرایی می‌شود، این اثر با سرعت بیشتری کاهش یافته و حتی منفی شود.

شکل (۳): تابع واکنش آنی متغیر انتشار گازهای گلخانه‌ای بر گازهای گلخانه‌ای



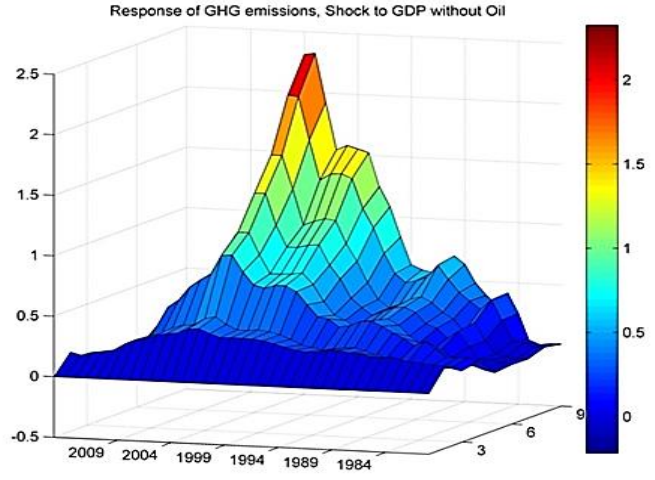
منبع: محاسبات محقق

[۱] این اثر توسط نرخ مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی مشخص می‌شود. مصرف انرژی اساساً با متغیرهایی از قبیل ساختار اقتصادی، کارآیی سیستم‌های انرژی، فن آوری های بکارگیری انرژی، قیمت های انرژی، سرمایه گذاری‌هایی برای ذخیره حفاظت از انرژی که مشتق از اثر شدت انرژی است، ارتباط دارد.

در شکل (۳) تاثیر متغیر انتشارگازهای گلخانه‌ای (کربن دی اکسید) بر خودش ترسیم شده است. همان طور که مشاهده می‌شود در تمام طول دوره مورد بررسی تأثیر مثبت دارد و در بعضی سال‌ها این تأثیر افزایش می‌یابد که شکست ساختاری را با خود به همراه دارد.

انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی اکسید کربن) به فعالیت‌های مراکز صنعتی و خانگی، پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌های حرارتی و سایر امور وابسته به آنها نظیر شبکه‌های حمل و نقل کشورهای مختلف (به طور مستقیم و غیر مستقیم) بستگی دارد. با توجه به اینکه سهم انتشار گازدی اکسید کربن از میان گازهای گلخانه‌ای بیشترین مقدار می باشد، در نتیجه تولید گاز گلخانه‌ای (دی اکسید کربن) حاصل از فعالیت‌های بشری اجتناب ناپذیر است، اما بخشی از اثرات منفی ناشی از آن قابل اجتناب بوده و امکان به حداقل رساندن آنها وجود دارد. لذا دست یافتن به یک حالت بهینه در توسعه فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی و کنترل اثرات زیست محیطی ناشی از این بخش‌ها دارای اهمیت وافری است، که بایستی در سیاست گذاری‌ها به آنها توجه نمود. همچنین این سیاست‌گذاری‌ها باید در راستای اهداف توسعه پایدار صورت گیرد.

شکل (۴): تابع واکنش آنی متغیر تولید ناخالص داخلی (بدون نفت) بر انتشار گازهای گلخانه‌ای

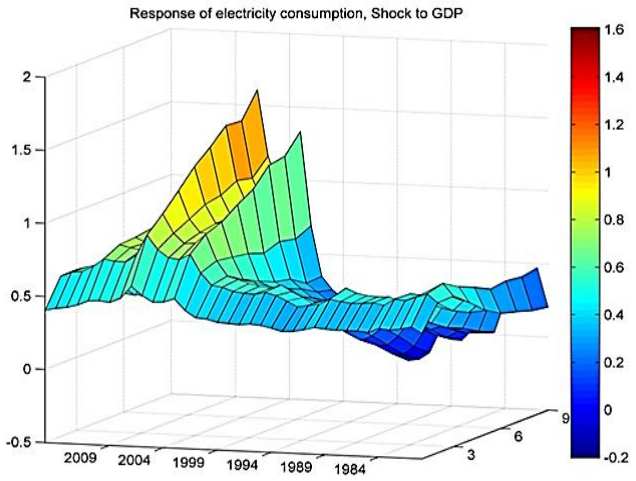


منبع: محاسبات محقق

در شکل (۴) به اثر متغیر تولید ناخالص داخلی بدون نفت بر انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداخته شده است. همان طور که در شکل (۴) نشان داده شده است، تأثیر تولید ناخالص داخلی بدون نفت بر انتشارگازهای گلخانه‌ای (دی اکسید کربن) مثبت است. تأثیر مثبت این عامل روی انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان دهنده کارایی و بازدهی پایین در کشور است.

براساس شکل (۴)، افزایش تولید ناخالص داخلی بدون نفت در ایران در حدی نبوده که بتواند بر آلاینده‌های زیست محیطی تأثیری کاهنده داشته باشد، بنابراین می‌توان گفت اگر روند رشد تولید ناخالص داخلی بدون نفت با نرخی سریع‌تر صورت بگیرد، به گونه ای که نرخ رشد آن از نرخ رشد حجم گازهای گلخانه‌ای (دی اکسید کربن) بیشتر شود، می‌تواند باعث کاهش حجم این گاز گردد.

شکل(۵): تابع واکنش آنی متغیر تولید ناخالص داخلی با نفت و بدون نفت برمصرف برق



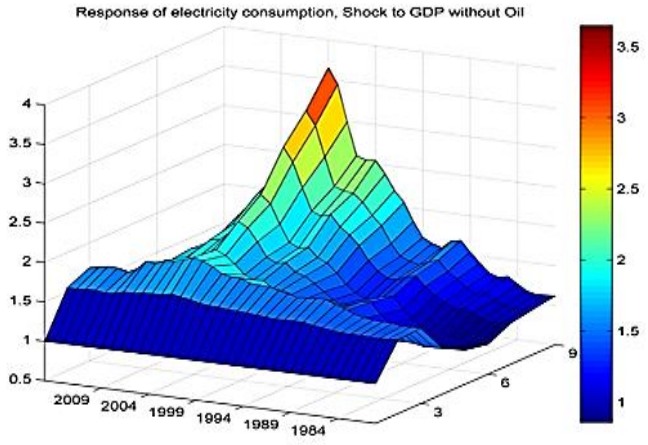
منبع: محاسبات محقق

براساس شکل (۵)، تابع واکنش آنی متغیر مصرف برق به شوک مثبت تولید ناخالص داخلی واقعی با نفت و بدون نفت درتمام دوره مورد بررسی مثبت است، به طوری که در بعضی از دوره‌ها این تأثیر نسبت به سال‌های دیگر بیشتر است، که به علت وجود شکست ساختاری است.

واکنش مصرف انرژی درون زا به شوک‌های تولید ناخالص داخلی با نفت و بدون نفت در شکل (۵) نشان داده شده است. شوک‌های نفتی و تولید ناخالص داخلی تأثیر مثبتی بر مصرف برق در طی دوره نمونه گیری داشته‌اند. نوسانات تصادفی شوک ساختاری نفت و تولید ناخالص داخلی از سال ۱۹۸۲-۱۹۷۱، پیشرفت تقریباً ثابتی را نشان می‌دهد که در سال ۱۹۸۳ به شدت افزایش می‌یابد، از ۱۹۹۹-۱۹۸۹ به شدت کاهش می‌یابد و از سال ۲۰۰۰ تا پایان دوره نمونه‌گیری پایدار باقی می‌ماند. این نوسانات ناشی از کاهش تولید نفت عربستان و قیمت نفت از ۱۹۸۵-۱۹۸۰ می‌باشد. در واقع، درگیری بین عراق و ایران باعث کاهش تولید نفت، افزایش قیمت نفت خام از ۱۴ دلار در هر بشکه در سال ۱۹۷۸ به میزان ۳۵ دلار در هر بشکه در سال ۱۹۸۱ در این دو کشور شده است. این افزایش قیمت باعث کاهش تقاضای جهانی شده است، اما کشورهای غیر اوپک را تحریک کرده است تا سطح تولید نفت از ۲۵ میلیون بشکه در روز به ۳۱ میلیون بشکه در روز افزایش دهند که منجر به کاهش تولید نفت در کشورهای عضو اوپک شده است. تولید ناخالص داخلی در سال ۱۹۸۰ تأثیر ناچیزی بر مصرف برق در کوتاه مدت داشته است اما از سال چهارم تا پایان دوره، این اثر قابل توجه است. پاسخ‌های ضروری مصرف برق به شوک نفتی و غیر نفتی در سال ۱۹۹۱ در کوتاه مدت و بلند مدت مثبت و چشمگیر بوده است. به طور کلی، شوک‌های نفتی و غیر نفتی تولید ناخالص داخلی اثر مثبت بر مصرف برق داشته است. در حقیقت، افزایش تولید ناخالص داخلی، کیفیت زندگی شهروندان را افزایش و تقاضای برق را از طریق استفاده از ابزارهای الکترونیکی و فن آوری ارتباطات افزایش داده است. بدیهی است با افزایش رشد اقتصادی و سرمایه گذاری در بخش‌های زیربنایی و صنعتی البته به همراه سیاست‌های مدیریتی مناسب در جهت استفاده از تکنولوژی‌های کارآمد و مصرف بهینه انرژی، مصرف برق در کشور کاهش خواهد یافت.

در شکل (۶) به بررسی اثر متغیرتولید ناخالص داخلی بدون نفت بر مصرف برق پرداخته شده است. همان طور که مشاهده می‌شود تولید ناخالص داخلی بدون نفت در تمام طول دوره مورد بررسی تأثیر مثبت بر مصرف برق دارد اما در بعضی از دوره‌ها مانند دوره تعدیل ساختاری اثرات مثبت فوق بسیار بیشتراست و میزان انتقال تابع واکنش آنی به سمت بالا بیشتر از دوره‌های دیگر است.

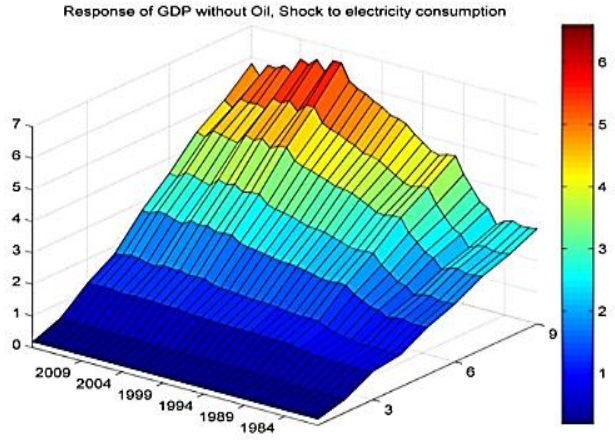
شکل (۶): تابع واکنش آنی متغیر تولید ناخالص داخلی بدون نفت بر مصرف برق



منبع: محاسبات محقق

در کشورهای مورد بررسی، چگونگی مصرف انرژی و از جمله برق، علاوه بر شرایط اقلیمی، ساختار اقتصادی، اجتماعی و مقطع زمانی، به سطح تکنولوژی موجود و هم چنین به سطح رفاه اقتصادی بستگی دارد و الگوی از پیش تعیین شده ای برای مصرف انرژی در این گروه کشورها موجود نیست. مصرف برق و تولید ناخالص داخلی بدون نفت در هر گروه از کشورهای پردرآمد و کم درآمد با یکدیگر در ارتباط هستند، اما استفاده از برق در کشورهای مختلف با توجه به میزان درآمد و رشد اقتصادی آن کشور متفاوت بوده است و چون کشورها از رشد یکسانی برخوردار نیستند لذا ارتباط بین مصرف برق با تولید ناخالص داخلی بدون نفت در این کشورها متفاوت است به طوری که افزایش سطح زندگی و توسعه صنعت و در نتیجه رشد تولید ناخالص ملی کشورهای پردرآمد به صورت سریع، دامنه مصرف انرژی از جمله برق را گسترده‌تر می‌کند. در کشورهای کم درآمد نیز، عوامل جبری از جمله رشد سریع جمعیت و توسعه شهرنشینی موجب شده است که به اجبار دامنه مصرف برق گسترش یابد، که این افزایش به طور نسبی بسیار کم تر از کشورهای پردرآمد می‌باشد، می‌توان گفت که در کشورهای کم درآمد متغیر میزان مصرف برق تأثیر مستقیم بر تولید ناخالص داخلی بدون نفت داشته‌است. این درحالی است که در کشورهای پردرآمد میزان مصرف برق بر تولید ناخالص داخلی تأثیری نداشته است.

شکل (۷): تابع واکنش آنی متغیر مصرف برق بر تولید ناخالص داخلی بدون نفت



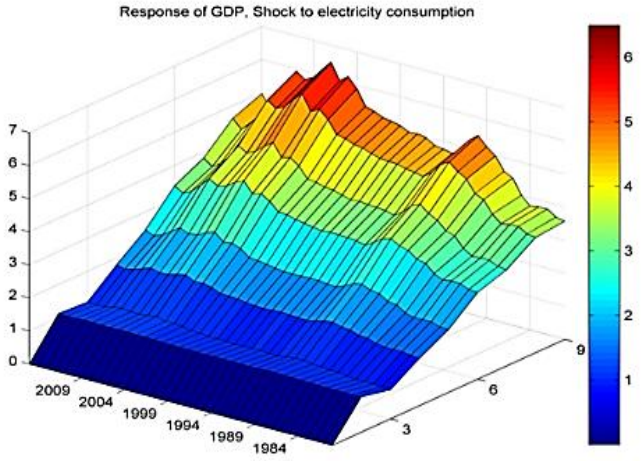
منبع: محاسبات محقق

در شکل (۷) به بررسی اثر متغیر مصرف برق بر تولید ناخالص داخلی بدون نفت پرداخته شده است، همان طور که مشاهده شد، اثر متغیر مصرف برق بر تولید ناخالص داخلی بدون نفت در تمام طول دوره مورد بررسی مثبت است.

پاسخ‌های تحرک ناگهانی تولید ناخالص داخلی بدون نفت روند مثبت را در سال ۱۹۸۷ نشان داده است، شکل (۷) به وضوح نشان داد که واکنش‌های تولید ناخالص داخلی بدون نفت نسبت به مصرف برق وابسته به زمان است و تغییرات در اثر مکانیسم انتشار شوک الکتریکی بر تولید ناخالص داخلی بدون نفت ممکن است ناشی از بی ثباتی احتمالی شوک مصرف برق باشد. افزایش مصرف برق موجب افزایش بیشتر تولید شده است. در توجیه این نتیجه می‌توان گفت که برق جانشین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی چون نفت است؛ به همین دلیل با افزایش قیمت این مواد امکان جانشینی بیشتر این سوخت به جای نفت فراهم می‌شود. بنابراین آزادسازی قیمت برق با مدیریت صحیح و بکارگیری سیاست‌های مناسب می‌تواند به تخصیص بهینه این حامل انرژی و استفاده کارآمد از آن منجر شود. علاوه بر این کاهش مصرف برق، فرصت صادرات این حامل انرژی و دیگر حامل‌های انرژی را، که به منظور تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرند، فراهم

می‌نماید که از این طریق منابع ارزی ارزشمندی برای کشور فراهم می‌گردد. تزریق این منابع ارزی به زیرساخت‌ها و بخش‌های تولیدی می‌تواند به رشد و توسعه اقتصادی کشور کمک نماید.

شکل (۸): تابع واکنش آنی متغیر مصرف برق بر رشد اقتصادی



منبع: محاسبات محقق

همان طور که در شکل (۸) مشاهده می‌شود اثر واکنش آنی متغیر مصرف برق بر رشد اقتصادی در تمام طول دوره‌های مورد بررسی مثبت است.

در کشور ما تولید ناخالص داخلی در فاصله سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۵۱ به دلیل شوک‌های نفتی و همچنین سال‌های جنگ تحمیلی و تحریم‌های اقتصادی با نوسان هایی همراه بوده است، اما پس از پایان یافتن جنگ تحمیلی یک روند صعودی را طی کرده است. مصرف برق طی دوره مورد مطالعه یک سیر صعودی با آهنگ رشد ملایمی داشته است. قیمت واقعی برق تا سال ۱۳۷۴ یک روند نزولی داشته و پس از آن سیر صعودی خود را آغاز کرده است. با توجه به رخدادهایی مانند: انقلاب اسلامی سال۱۳۵۷، جنگ تحمیلی، تحریم‌های اقتصادی، سیاست یکسان سازی نرخ ارز در سال ۱۳۷۲و شوک‌های نفتی که بر معادلات حاکم بر نظام اقتصادی ایران تأثیر گذار بوده است، وجود شکست ساختاری در داده‌های سری زمانی ایران بسیار محتمل است. بنابراین در مقاله

حاضر می‌توان گفت طبق شکل (۸) در سال‌های اخیر به طور کلی رشد اقتصادی در کشور مستلزم افزایش مصرف انرژی الکتریکی بوده است.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

انرژی یکی از عوامل حیاتی برای توسعه اقتصادی درهر کشوری می‌باشد و بنابراین نقش مهمی در فعالیت‌های اقتصادی ایفا می‌نماید. از طرفی دیگر، سطوح بالاتر توسعه اقتصادی می‌تواند مصرف بیشتر انرژی را القا کند. مشکل گرم شدن زمین به دلیل گسترش آلاینده‌ها و وضع قوانین کاهش گازهای گلخانه‌ای در پروتکل کیوتو، سیاست‌های انرژی کشورهای زیادی را به شکل‌های متفاوت تحت تأثیر قرار داده است. تغییر در سیاست انتشار گازهای گلخانه‌ای و تأثیر متناظر آن، بر روی رشد اقتصادی نیازمند مطالعات دقیق‌تری است و روابط پیچیده این دو متغیر نباید محدود به روش‌های خطی گردد که از دقت کافی برای روابط پیچیده برخوردار نیستند. در این تحقیق با استفاده از داده‌های سالانه برای سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۷۲ و مدل خودرگرسیون برداری (TVP-VAR) با پارامترهای متغیر در طول زمان (VAR) و متغیرهای تولید ناخالص داخلی واقعی با نفت و بدون نفت و مصرف برق، به بررسی عوامل موثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی اکسید کربن) در ایران پرداخته شده است.

نتایج تجزیه تغییرات انتشارگازهای گلخانه‌ای (دی اکسیدکربن) به عوامل اثرگذار در سطح اقتصاد کلان نشان می‌دهد که تغییرات تولید ناخالص داخلی در تمام دوره‌های مورد بررسی، نقش تعیین کننده‌ای داشته است. چنین نتیجه‌ای نشان می‌دهد دستیابی به اهداف رشد اقتصادی کشور همواره با قبول افزایش انتشارگازهای گلخانه‌ای (دی‌اکسیدکربن) ناشی از مصرف انرژی ممکن بوده است.

تولید ناخالص داخلی و به دنبال آن رشد اقتصادی مقدم بر مصرف برق می‌باشد و در صورت لزوم بدون کاستن از تولید ناخالص داخلی می‌توان سیاست صرفه جویی را در مورد مصرف برق دنبال کرد. مصرف برق به عنوان عامل محرک رشد اقتصادی محسوب نمی‌گردد و سیاست‌های محدود کننده مصرف برق، کاهش رشد اقتصادی را موجب نخواهند شد. همچنین قیمت برق بر مصرف آن و رشد اقتصادی در بلندمدت، اثرگذار نمی‌باشد. با توجه به اختصاص یارانه قابل توجه به مصرف برق و عدم تأثیرپذیری رشد اقتصادی از مصرف برق در بلندمدت، می‌توان گفت که

سیاست آزادسازی قیمت برق نه تنها در بلندمدت خللی در فرایند رشد اقتصادی کشور ایجاد نخواهد کرد، بلکه با سرمایه گذاری و مدیریت صحیح منابع مالی به دست آمده از این سیاست، در بخش‌های تولیدی و صنعتی کشور، و همچنین استفاده کارآمدتر از این عامل انرژی، می‌توان به رشد و توسعه اقتصادی کشور در بلندمدت، کمک شایانی نماید.

منابع

- Arouri, A., Youssef, B., and H. Mhenni (2012). Energy consumption, Economic Growth and CO2 Emission Middle East and North African Countries, Energy Policy, 45: 126-135.
- Berndt, E. R. D.O and Wood (1978),"Technology, Prices and the Derived Demand for Energy", Review of Economics and Statistics, Vol. 57, PP. 259-268.
- Cuaresma, J. C., Doppelhofer G. and M. Feldkircher (2008), 'The determinants of economic growth in European region", Working papers in Economics and Statistics, University of Innsbruck.
- Fallahi, F. (2011) "Causal relationship between energy consumption (EC) and GDP: a Markov-switching (MS) causality", Energy; 36:4165–70.
- Grossman, G. M. and A. B. Krueger (1991), "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", National Bureau of Economic Research, Working paper, NO.3914, NBER, Cmbaridge MA.
- Kulionis, V. (2013). "The relationship between renewable energy consumption, CO2 emission and economic growthin Denmark", Universit essay Fromlunds Universitet/Economisk-Historiska institutionen.
- Kocaaslan OK. (2013). "The causal link between energy and output growth: evidence from Markov switching Granger causality". Energy Policy; 63:1196–206
- Lawal, A. I., Ozturk, I., Olanipekun, I. O., & Asaleye, A. J. (2020). Examining the linkages between electricity consumption and economic growth in African economies. Energy, 208.
- Min Lim, L., and Ye, K., and S. Khoon Yoo (2014). "Oil consumption CO_2 emission, and economic growth: Evidence from the Philipines", Sustainability, 6: 967-979.
- Menyah, K., and Y. Wolde-Rufael (2010). "CO2 emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US", *Energy Policy*, 38: 2911–2915.
- Ockwell, D.G. (2008), "Energy and economic growth: grounding our understanding in physical reality", Energy Policy.36 (12), pp. 4600-4604.
- Sala-i-Martin, X., G. Doppelhofer and R. I. Miller (2004), "Determinants of LongTerm Growth: A Bayesian Averaging of Classical Estimates (BACE) Approach", American Economic Review, Vol. 94, No. 4, PP. 813-835.

- Solow, R. M. (1965),"A contribution to the theory of conomic growth", Quarterly Journal of Economics, Vol. 70, No. 1, PP. 65-94.
- Swan, T. W. (1965), "Economic growth and capital accumulation" Economic Record, Vol. 32, PP. 334-61
- Sharzehi, Gh. and M. Hagani (2010). "Causality relationship between energy consumption and national income", Journal of Economics Research (87): 75-90. (In Farsi).
- Shafik, N. and S. Bandyopadhyay (1992), "Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-country Evidence", The world Bank, Working paper Series, WP 904.
- Tiwari, A. K., Eapen, L. M., & Nair, S. R. (2020). Electricity consumption and economic growth at the state and sectoral level in India: Evidence using heterogeneous panel data methods. Energy Economics
- Payne JE. (2010) "A survey of the electricity consumption-growth literature". Appl Energy; 87:723–31.
- -Yang, H.Y. (2000). "A note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan", Energy Economics, 22: 309-317.

Computational Economics
ISSN 2821-0433

Dynamic Relationship between Energy Consumption and Economic Growth in Iran

Maryam Khoshnevis [1*]
Asma Shiri [2]
Azam Shiri [3]

Abstract

The relationship between causation of energy use and economic growth is one of the important issues of energy economy, which has been studied extensively. However, previous studies in Iran have ignored the nonlinear behavior of these two variables, which can be as a result of structural failures. In this research, the self-monitoring regression model of time parameters with probability fluctuations (TVP-VAR) is used to determine the inter-annual dynamics between the real GDP of Iran (oil, non-oil), electricity consumption, and greenhouse gas emissions in 1972-2014. The results show that the TVP-VAR model is used to study the dynamic relationship between power consumption, real GDP, and greenhouse emissions. In addition, analyzing the successive responses of GDP time, energy consumption, and greenhouse gas emissions to structural shocks suggests that these responses depend on the severity of GDP structural fluctuations, power consumption, and greenhouse gas emissions. In fact, the existence of a one-way non-linear relationship has led to economic growth as a result of energy use. This finding means that decision-makers should consider the fluctuations of real GDP, electric shock, greenhouse gas emissions, and the relationship between time-varying patterns of Real GDP, consumption electricity and emissions of greenhouse gases when deciding on energy policies.

Keywords

Economic Growth; Energy Consumption; Greenhouse Gas Emissions; TVP-VAR

***JEL Classification*:** R10; C23; P18; O13

[1] Assistant Professor of Economics, Department of Economics, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran, Corresponding Author, Email: m.khoshnevis@semnaniau.ac.ir
[2] MSc. in Economics, Bu-Ali Sina University, Department of Economics and Social Sciences, Hamedan, Iran, Email: shiri.asma12@gmail.com
[3] MSc. in Industrial Engineering, Imam Javad Higher Education Institute, Department of Basic Sciences and Engineering School, Yazd, Iran, Email: Azamshiri40@gmail.com