نشریه علمی(فصلنامه) پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی
سال پنجم/ شماره ۱۷/ زمستان ۱۳۹۸/ صفحات ۳۲ - ۷

اثرات تکانه‌های نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی: مورد ایران

کاظم یاوری
استاد اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری دانشگاه یزد
kyavari@yazd.ac.ir
کاظم بیابانی خامنه
دانشجوی دکتری تخصصی علوم اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول)
kazem.biabany@modares.ac.ir

نرخ ارز حقیقی نشانگر نسبت قیمت کالاهای قابل مبادله به قیمت کالاهای غیرقابل مبادله و یکی از نماگرهای کلیدی در اقتصاد ایران است که در سالهای اخیر جهش‌های چشمگیری داشت. در تحقیق حاضر با درنظر گرفتن چهار مکانیسم اثر قیمتی (تغییر قیمت نسبی انرژی)، اثر مقیاس (تغییر حجم اقتصاد)، اثر ترکیبی (تغییر ترکیب فعالیت‌های اقتصادی) و اثر تکنیکی (تغییر بهره‌وری)، آثار تکانه‌های نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی اقتصاد ایران به عنوان یکی از شاخص های مهم اقتصادی-زیست محیطی مورد بررسی قرار گرفته است. پس از مدلسازی الگوی تحقیق به‌وسیله روش خودرگرسیون برداری ساختاری با داده‌های سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۵۳، نتایج نشان می‌دهد که افزایش نرخ ارز حقیقی از کانال اثر قیمتی و اثر مقیاس شدت انرژی را کاهش می‌دهد، در مقابل اثر تکنیکی آن باعث افزایش شدت انرژی می‌شود. ضمن اینکه اثر ترکیبی معناداری مشاهده نشد. نهایتاً به دلیل غالب بودن اثر تکنیکی مثبت، برآیند اثر نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی در دوره مورد بررسی مثبت بوده و در نتیجه با کاهش ارزش حقیقی ریال و ثبات سایر شرایط، شدت انرژی افزایش می‌یابد. دلایل این پدیده را می‌توان افزایش قیمت نسبی تجهیزات و تکنولوژی‌های با کارایی انرژی بیشتر (هم برای مصرف کننده و هم تولید کننده، که عمدتاً وارداتی هستند) و همچنین افزایش قاچاق انرژی دانست که منجر به افزایش شدت انرژی می‌شوند.

واژگان کلیدی: شدت انرژی، نرخ ارز حقیقی، قیمت انرژی، قاچاق سوخت، خودرگرسیون برداری ساختاری

تاریخ دریافت: ۱۸/ ۸ / ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: ۶/ ۱۲/ ۱۳۹۸

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

۱. مقدمه

نرخ ارز حقیقی علاوه بر اینکه یک ابزار جابجایی مخارج بین تقاضای داخل و خارج است، برخی مطالعات از آن به عنوان جذب کننده شوک یاد می‌کنند، برخی دیگر آن را منبع شوک می‌دانند و برخی ابزاری برای سیاستگذاری (اندو[1] و همکاران، ۲۰۱۷). مطالعات بسیاری وجود دارند که پول ملی کم ارزش‌گذاری شده را از سیاست‌های برونگرایی رشد اقتصادی، عامل رقابت پذیری اقتصادی و توسعه صنعتی می‌دانند. به تعبیر این دیدگاه،کم ارزش‌گذاری ارز با افزایش تقاضای داخل، بهبود تکنولوژی، تنوع گرایی، انباشت سرمایه، کاهش دستمزدهای حقیقی، افزایش حاشیه سود، افزایش پس انداز و سرمایه‌گذاری به رشد اقتصادی کمک می‌کند (گالا[2]، ۲۰۰۷؛ گالا و لیبانیو[3]، ۲۰۱۰). گازمن[4] و همکاران (۲۰۱۸) فراتر رفته و به دلیل نواقص بازار در تخصیص بهینه منابع به بخش قابل تجارت (بخشی که اثرات سرریز یادگیری دارد) به ویژه در کشورهای غنی از منابع، سیاست‌های ارزی را ابزاری کلیدی برای توسعه اقتصادی و یک بهینه دوم معرفی کرده و نرخ ارز رقابتی را یارانه‌ای به بخش قابل تجارت تلقی می‌کنند که توسعه اقتصادی به همراه می‌آورد. با این‌حال، مطالعاتی نیز هستند که ارز کم ارزش‌گذاری شده را عامل رانت‌جویی، تضعیف سرمایه انسانی، افزایش نابرابری، کاهش تقاضای کل (به‌خاطر کاهش درآمد خانوارهای با میل نهایی به مصرف بالا) و مسبب رکود اقتصادی معرفی می‌کنند (ریبریو[5]، ۲۰۱۹).

1. Ndou
2. Gala
3. Gala and Libanio
4. Guzman
5. Ribeiro

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

در این میان یکی از شاخص‌های مهم اقتصادی که تحولات آن به‌خاطر بحران انرژی و آلایندگی زیست محیطی مصرف سوخت‌های فسیلی - به ویژه در کشورهای در حال توسعه- در کانون توجه قرار دارد، شاخص شدت انرژی[1] (نسبت مصرف انرژی به GDP) است، که شاخصی پولی برای اندازه‌گیری کارایی انرژی[2] اقتصاد و نمایانگر چگونگی تأثیر فعالیت‌های اقتصادی بر مصرف منابع انرژی است. در ادبیات اقتصاد انرژی تغییرات درآمدی، تغیرات قیمتی و بهبود مستقل کارایی انرژی[3] (تغییرات ساختاری و فنی) در یک اقتصاد عوامل تعیین‌کننده تحولات شدت انرژی تلقی می‌شوند (آذر و دولت آبادی[4]،۱۹۹۹؛ درگاهی و خامنه[5]، ۲۰۱۹). چنانچه مطرح شد، ادبیات اقتصادی اثرات بالقوه‌ای از تغییرات نرخ ارز حقیقی بر اقتصاد شناسایی کرده‌اند، اثراتی که هر کدام بسته به وضعیت و ساختار اقتصادی هرکشور می‌تواند نهایتاً باعث تغییر شدت انرژی از کانال‌های فوق الذکر شده و طبیعتاً علاوه بر تغییر در عرضه و تقاضای انرژی با اثرات زیست محیطی قابل توجهی همراه باشد.

به طور مثال، با تغییر نرخ ارز حقیقی، نسبت قیمت‌ها و تبعاً قیمت نسبی انرژی می‌تواند تغییر کند که به تغییر در تقاضای انرژی مطابق اصل کشش قیمتی تقاضا ختم می‌شود. از کانالی دیگر، با تغییر رشد اقتصادی، چنانچه کشش درآمدی تقاضای انرژی بزرگتر از یک باشد شدت انرژی به میزان بیشتری تغییر می‌یابد. از کانال تأثیر بر رشد فناوری، اگر پیشرفت فناوری انرژی-اندوز[6] به‌خاطر تغییر نرخ ارز حقیقی حاصل شود و اثر آن بر کارایی انرژی بیش از اثر درآمدی تقاضای انرژی باشد شدت انرژی کاهش خواهد یافت. همچنین، چنانچه اشاره شد تغییر در ترکیب فعالیت‌های اقتصادی و بخش‌های قابل تجارت و غیرقابل تجارت به سبب تغییر در نرخ ارز

1. Energy Intensity
2. Energy efficiency
3. Autonomous Energy Efficiency Improvements
4. Azar, C. And H. Dowlatabadi
5. Dargahi and Khameneh
6. Energy-augmenting

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

حقیقی، تغییر در ساختار فعالیت‌های اقتصادی مصرف‌کننده انرژی و تبعاً شدت انرژی نیز محتمل خواهد بود. این اثرات به ترتیب اثر قیمتی[1]، اثر مقیاس[2]، اثر تکنیکی[3] و اثر ترکیبی[4] نامیده می‌شوند که هر کدام بنابر شرایط اقتصادی هر کشور تأثیری متفاوت بر شدت انرژی آن دارند؛ بنابراین برآیند اثرات تغییر نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی نامعلوم بوده و تحلیل آن به مدلسازی اقتصادسنجی نیاز دارد.

در این راستا هدف از تحقیق حاضر ارزیابی اثرات تکانه‌های نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی در اقتصاد ایران است تا مشخص گردد که فرضاً با تکانه مثبت نرخ ارز حقیقی (کاهش ارزش حقیقی ریال) چه تغییری در شدت انرژی ایران محتمل است. اهمیت این مسأله زمانی روشن‌تر است که روند صعودی شدت انرژی، مصرف انرژی و انتشار گازهای آلاینده در اقتصاد در حال توسعه ایران را در کنار تحولات اخیر ارزی که نرخ ارز جهش‌های چشمگیری داشت مورد توجه قرار دهیم. از این رو شناخت اثرات تکانه‌های نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی ایران می‌تواند مفاهیم قابل توجهی در جهت سیاستگذاری مکمل در حوزه انرژی همراه داشته باشد. به گونه‌ای که سیاستگذار انرژی در قبال تغییرات شاخص‌های خارج از کنترل وی بتواند اهداف و ابزارهای سیاستی خود را به نحو مناسبی تغییر دهد و تدابیر لازم را برای چنین رخدادهایی تدارک ببیند.

در ادامه مقاله، در بخش دوم و سوم چارچوب نظری موضوع و پیشینه‌ای از تحقیقات مرتبط مرور شده، در بخش چهارم روش‌شناسی و مدل تجربی تحقیق معرفی و سپس نتایج مدل تفسیر خواهند شد و نهایتاً در بخش آخر نتایج اصلی تحقیق و پیشنهادات ارائه می‌شود.

1. Price Effect
2. Scale Effect
3. Technique Effect
4. Composite Effect

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

۲. چارچوب نظری

همان‌طور که در بخش پیشین مطرح شد، تغییرات شدت انرژی به ۴ عامل قیمتی، درآمدی، فنی و ساختاری مرتبط است. از این رو مکانیسم‌های اثرگذاری تکانه‌های نرخ ارز حقیقی بر شاخص شدت انرژی نیز به ۴ اثر قیمتی، مقیاس، تکنیکی و ترکیبی قابل تفکیک است:

الف) اثر قیمتی: نرخ ارز حقیقی نشان دهنده قیمت کالاهای قابل مبادله نسبت به قیمت کالاهای غیرقابل مبادله است (رودریک[1]،۲۰۰۸؛ آرکاند[2] و همکاران، ۲۰۰۸؛ اوریب و اشمیت-گروهه[3]، ۲۰۱۷). بنابراین افزایش نرخ ارز حقیقی قیمت نسبی کالاهای قابل مبادله را افزایش می‌دهد و قیمت‌های نسبی تغییر می‌کنند. آرکاند و همکاران (۲۰۰۸) مشخصا اذعان دارند که کاهش ارزش پول ملی قیمت نسبی انرژی را افزایش می‌دهد. بنابراین یکی از محتمل‌ترین اثرات تغییر نرخ ارز حقیقی، تغییر قیمت نسبی انرژی و در نتیجه اثر بر تقاضای انرژی است که اندازه این اثر نیز به کشش قیمتی تقاضای انرژی بستگی خواهد داشت.

ب) اثر مقیاس: مطابق ادبیات اقتصادی، یکی از اثرات کاهش ارزش پول ملی افزایش تولید بخش قابل تجارت و صادرات کالاهای قابل مبادله است که می‌تواند باعث افزایش حجم اقتصاد و تولید شود. مطالعاتی نظیر گیلفاسون و اشمید[4] (۱۹۸۳) و رودریک (۲۰۰۸) شواهدی تجربی از اثر مثبت کاهش ارزش پول بر رشد اقتصادی گزارش کرده‌اند. با این حال در سمت دیگر، همان‌طور که پیشتر اشاره شد، کاهش ارزش پول ملی ممکن است با تغییر توزیع درآمد اثر منفی بر تقاضای کل و تولید داشته باشد. علاوه بر این و مهمتر اینکه اگر تقاضای واردات بی کشش باشد و کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای سهم قابل توجهی در واردات کشور داشته باشند، کاهش

1. Rodrik
2. Arcand
3. Uribe and Schmitt-Grohé
4. Gylfason and Schmid

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

ارزش پول ملی اثرات منفی بر تولید خواهد گذاشت (برانسون و دی ماکادو[1]، ۱۹۸۷؛ ادواردز، ۱۹۸۶؛ رزاقی[2] و همکاران، ۲۰۱۷). کروگمن و تیلور[3](۱۹۷۸) نیز سه دلیل اثر منفی بالقوه کاهش ارزش پول ملی را بیشتر بودن واردات از صادرات (کسری تجاری)، تفاوت بین تمایل به مصرف سود و دستمزد و افزایش درآمد دولت به‌خاطر کاهش ارزش پول، معرفی می‌کنند. به‌این‌ترتیب تغییر محتمل در رشد اقتصادی به سبب تغییر نرخ ارز حقیقی و تأثیر آن بر شدت انرژی، همان اثر مقیاس خواهد بود. این‌گونه که به عنوان مثال، تحت بازدهی ثابت نسبت به مقیاس و فرض تابع تولید همگن از درجه یک و عدم جانشینی عوامل تولید، یک افزایش n درصدی در تولید ناشی از تغییر نرخ ارز حقیقی به افزایش متناسب n درصدی در مصرف نهاده انرژی منجر می‌شود و به معنای این است که شدت انرژی ثابت می‌ماند. به تعبیری کشش درآمدی (تولیدی) تقاضای انرژی تعیین کننده چگونگی اثر مقیاس نرخ ارز حقیقی خواهد بود.

ج) اثر تکنیکی: اثر تکنیکی به تأثیر نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی از کانال تغییر بهره‌وری کل عوامل تولید و تغییر تکنولوژیکی اشاره دارد. بهبود بهره‌وری و تکنولوژی را می‌توان یک رقابت پذیری غیرقیمتی در تجارت بین الملل دانست که خود باعث رشد اقتصادی بیشتر می‌شود. سیمولی[4] و همکاران (۲۰۱۱) نرخ ارز حقیقی بالا را عامل افزایش شدت تکنولوژیکی صادرات و تنوع صادراتی می‌دانند. فرضیه رقابت پذیری در چهارچوب نئوکینزین تاکید دارد که افزایش نرخ ارز حقیقی (کاهش ارزش پول ملی) با افزایش بهره گیری از عوامل تولید، اثرات یادگیری ضمن انجام کار و افزایش بازده مقیاس به رشد بهره‌وری ختم می‌شود. با این حال هریس[5](۲۰۰۱) بیان می‌کند که با کاهش پایدار ارزش پول داخلی و در نتیجه افزایش هزینه

1. Branson and de Macedo
2. Razzaque
3. Krugman and Taylor
4. Cimoli
5. Harris

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

تولید، هزینه کالاهای سرمایه‌ای وارداتی و هزینه واردات تکنولوژی، جهش از رقابت غیرقیمتی به رقابت قیمتی، افت تحقیق و توسعه و از بین رفتن فرآیند تخریب خلاق شومپیتری ممکن است بهره‌وری اقتصاد به افول کشانده شود. این تأثیر منفی افت واردات تجهیزات سرمایه‌ای و تکنولوژی‌های با کارایی انرژی بیشتر به سبب افت ارزش پول ملی می‌تواند برای تغییرات شدت انرژی بسیار حائز اهمیت باشد. مطالعاتی نظیر مایر[1] (۲۰۰۱) و شارما و میشرا[2] (۲۰۱۵) نشان می‌دهند که واردات عامل انتقال تکنولوژی به اقتصاد داخلی بوده و اثر مثبتی بر بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) خواهد گذاشت. در نتیجه کاهش ارزش حقیقی پول ملی می‌تواند این انتقال تکنولوژی را محدود کند.

د) اثر ترکیبی: تغییر ترکیب ساختار فعالیت‌های اقتصادی به سبب تغییر در نرخ ارز حقیقی و به تبع آن شدت انرژی، اثر ترکیبی نامیده می‌شود. رودریک (۲۰۰۸) و گازمن و همکاران (۲۰۱۸) افزایش در نرخ ارز حقیقی و نسبت قیمت کالاهای قابل مبادله به غیرقابل مبادله را عامل بهبود کارایی ایستا و یک بهینه دوم به ویژه هنگام وجود نهادهای ضعیف در اقتصادهای درحال توسعه و متغیر نرخ ارز را یک ابزار سیاست صنعتی معرفی می‌کنند و ادغان دارند که تضعیف ارزش پول ملی می‌تواند به گسترش تولید کالاهای قابل مبادله و مشخصاً بخش صنعتی کمک کند. آنها سیاست‌های ارزی را یکی از سیاست‌های حمایت از صنایع نوزاد و صنایع با اثرات خارجی و سرریز یادگیری تلقی می‌کنند. بنابراین اگر تغییر نرخ ارز حقیقی به تغییر در ساختار فعالیت‌های اقتصادی که مصرف‌کننده انرژی هستند منجر شود، شدت انرژی کل اقتصاد تغییر خواهد نمود. جهت و درجه این تغییر البته به کارایی انرژی بخش‌های اقتصادی و سهم آنها از مصرف انرژی بستگی خواهد داشت.

1. Mayer
2. Sharma and Mishra

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

۳. پیشینه پژوهش

مطالعاتی که به عوامل مؤثر بر شدت انرژی چه در ایران و چه در دیگر کشورها پرداخته‌اند تعداد پرشماری هستند. به طور مثال، میلنیک و گولدمبرگ[1] (۲۰۰۱) با بررسی ۲۰ کشور درحال‌توسعه با داده‌های پانلی بیان می‌کنند که کاهش شدت انرژی با افزایش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به دلیل بهره‌مندی از فناوری‌های جدید رابطه دارد.کافمن[2] (۲۰۰۴) با رویکرد هم انباشتگی برای امریکا نشان می‌دهد که نوع سوخت‌های مصرفی، مخارج مصرفی خانوار روی انرژی و قیمت انرژی بر تغییرات شدت انرژی مؤثر است و بهبود مستقل کارایی انرژی به خاطر دگرگونی‌های فنی و یا ساختاری ایجاد شده است. سادورسکی[3] (۲۰۱۳) با مطالعه ۷۶ کشور درحال‌توسعه در قالب داده‌های پانلی نتیجه گرفت که شدت انرژی با درآمد رابطه منفی و با شهرنشینی و صنعتی شدن رابطه مثبت دارد. خیمنز و مرکادو[4] (۲۰۱۴) در پژوهش خود روند شدت انرژی را برای دوره ۲۰۱۰-۱۹۷۰ در یک نمونه ۷۵ کشوری از منطقه امریکای لاتین بررسی کرده‌اند. نتایج آنها در قالب داده‌های پانلی نشان داد که بهبود کارایی عامل مهم کاهش شدت انرژی بوده و دگرگونی در ترکیب فعالیت‌های اقتصادی دگرگونی‌های روشنی در شدت انرژی را باعث نشده است. همچنین درآمد سرانه، قیمت فراورده‌های نفتی، ترکیب انرژی‌ها، رانت منابع طبیعی و رشد تولید ناخالص داخلی عامل‌های تعیین‌کننده شدت انرژی و کارایی انرژی بوده‌اند. آدام[5] (۲۰۱۵) با بررسی الجزایر و مدلسازی هم انباشتگی رابطه مثبت میان درآمد حقیقی سرانه و سهم صنعت از تولید با شدت انرژی و رابطه منفی شدت انرژی با بهره‌وری کل عوامل تولید، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و درجه باز بودن تجاری را نتیجه گرفت. برای ایران

1. Mielnik and Goldemberg
2. Kaufmann
3. Sadorsky
4. Jimenez and Mercado
5. Adom

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

فرج‌زاده و نعمت‌اللهی(۲۰۱۸)، با روش GMM رابطه U شکل بین GDP سرانه و شدت انرژی و اثر منفی شهرنشینی، صنعتی شدن، FDI بر شدت انرژی گزارش نمودند. درگاهی و بیابانی‌خامنه (۲۰۱۹) برای ایران اثر منفی بهره‌وری کل عوامل تولید، قیمت نسبی انرژی و توسعه صنعتی بر شدت انرژی و اثر مثبت درآمد سرانه را بر شدت انرژی با بکارگیری اقتصادسنجی سری زمانی ARDL و SVAR گزارش نمودند.

با این‌حال، مطالعاتی که به بررسی اثرات نرخ ارز بر مصرف یا شدت انرژی پرداخته‌اند اندک هستند. استرن[1](۲۰۱۲) برای ۸۵ کشور با استفاده از داده‌های پانلی و مدلسازی مرز تصادفی نشان می‌دهد که رابطه مثبت بین ارز کم ارزش‌گذاری شده و کارایی انرژی وجود دارد و یک نرخ ارز نسبی بیشتر از سطح PPP کارایی انرژی را کاهش می‌دهد. او همچنین انحراف نرخ ارز هر کشور را از برابری قدرت خرید (PPP) عاملی مهم برای تأثیر گذاری بر قیمت مؤثر انرژی وارداتی می‌داند. شهباز[2] و همکاران(۲۰۱۸) برای پاکستان با روش ARDL نتیجه گرفتند که کاهش ارزش پول داخلی (افزایش نرخ ارز حقیقی مؤثر) با کاهش تولید محصول داخلی و صادرات، مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. قدوسی و همکاران (۲۰۱۹) در قالب داده‌های پانلی به برآورد اثر شوک‌های نرخ ارز بر تقاضای بنزین در ایران پرداخته و نتایج آنها اثر منفی شوک مثبت ارزی را بر تقاضای وسیله نقلیه و مصرف بنزین نشان می‌دهد.

۴. روش شناسی، داده‌ها و مدل تجربی

مدل‌های خودرگرسیون‌برداری به‌عنوان جایگزینی برای سیستم معادلات همزمان و در پاسخ به نقدهای اساسی که بر آن رویکرد وارد بود توسعه داده شدند. در این مدل‌ها متغیرهای درون‌زا به‌صورت یک ترکیب خطی از مقادیر گذشته خودشان و مقادیر گذشته تمامی متغیرهای دیگر

1. Stern
2. Shahbaz

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

مدل توضیح داده می‌شوند، بنابراین ساختار یک مدل VAR به‌جای ملاحظات نظری، بر دینامیک داده‌های موردبررسی در مدل مبتنی است (اندرس[1] ۲۰۱۴). از مزایای اصلی این مدل‌ها بی‌نیازی از مشخص کردن متغیرهای درون‌زا است. بااین‌حال در مدل VAR نظریه اقتصادی مشخصی در چگونگی برآورد معادلات سیستم آن و نحوه تأثیر گذاری متغیرها بر یکدیگر نقش ندارد. در مقابل مدل‌های ساختاری همیشه به مدلسازی بر اساس نظریه اقتصادی اشاره دارند. بنابراین در تحقیق حاضر برای مدلسازی اثرات تغییر نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی از یک الگوی خودرگرسیون برداری ساختاری بهره خواهیم برد. به خاطر ماهیت سیستمی و ابزارهای این روش می‌توانیم که چهار مکانیسم اثر گذاری نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی را تفکیک و تحلیل کنیم. مدل SVAR فرم ساختاری یک مدل خودرگرسیون برداری است:

$$Ay_t = A_1^* y_{t-1} + \cdots + A_P^* y_{t-p} + B\varepsilon_t \qquad (۱)$$

که در آن y برداری شامل K متغیر درونزا است. فرض می‌شود که خطاهای ساختاری[2] نوفه سفید هستند و ماتریس ضرایب A_1^* به ازای $i = 1, \dots, p$ ضرایب ساختاری را تشکیل می‌دهند که اگر $A \neq I$ نباشد از متناظر خود در مدل فرم خلاصه شده[3] متفاوت است. برای مشاهده این مطلب معادله (۱) را از چپ در معکوس A ضرب می‌کنیم

$$\begin{aligned} y_t &= A^{-1}A_1^* y_{t-1} + \cdots + A^{-1}A_P^* y_{t-p} + A^{-1}B\varepsilon_t \qquad (۲) \\ &= A_1 y_{t-1} + \cdots + A_P y_{t-p} + u_t \end{aligned}$$

پس از تحمیل محدودیت‌هایی بر ماتریس A و/ یا B با استفاده از ابزارهای واکنش تکانه‌ای و تجزیه واریانس می‌توان به شناسایی شوک‌ها، مکانیسم انتشار آنها و تحلیل پویایی سیستم پرداخت. در این مدل پسماندهای فرم حل شده به‌وسیله $u_t = A^{-1}B\varepsilon_t$ قابل استخراج است و

1. Enders
2. Structural errors
3. Reduced-form

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

ماتریس واریانس-کوواریانس آن نیز $\Sigma_u = A^{-1}BB'A^{-1}$ خواهد بود. عموماً در تحلیل‌های واکنش تکانه‌ای به‌جای مشخص‌کردن رابطه‌های میان متغیرهای قابل مشاهده بخشی از تغییرات یا شوک‌های متغیرها که انتظاری نیستند تفسیر می‌شوند. به این خاطر غیرمتداول نیست که ابداعات ساختاری مستقیماً از خطاهای پیش‌بینی یا پسماندهای فرم خلاصه شده شناسایی شوند. راهی برای انجام این کار در نظر گرفتن خطاهای پیش‌بینی به صورت توابعی خطی از ابداعات ساختاری است. در این حالت، رابطه‌ای به شکل $u_t = B\varepsilon_t$ خواهیم داشت. یعنی در این مدل $A = I_k$ بوده و از این رو $\Sigma_u = B\Sigma_\varepsilon B'$ است. با نرمال سازی واریانس‌های ابداعات ساختاری بر یک، یعنی $\varepsilon_t \sim (0, I_k)$ خواهیم داشت. $\Sigma_u = BB'$ به این نوع شناسایی مدل ساختاری، مدل B گفته می‌شود که محدودیت‌های ساختاری بر ماتریس B اعمال می‌شوند(لوتکپول، ۲۰۰۵).

در این تحقیق سیستمی از معادلات برآورد می‌گردد که علاوه بر دو متغیر نرخ ارز حقیقی[۱] RER و شدت مصرف نهایی انرژی EI، حاوی چهار متغیر دیگر توضیح دهنده شدت انرژی خواهد بود. در نتیجه متغیرهای قیمت نسبی (حقیقی) انرژی[۲] EP، سهم ارزش افزوده بخش صنعت در تولیدIND، بهره‌وری کل عوامل تولید[۳] TFP و تولید ناخالص داخلی سرانه حقیقی GDP نیز متغیرهایی هستند که در مدل لحاظ می‌شوند و بخشی از تغییرات شدت انرژی را در اقتصاد ایران توضیح خواهند داد. این متغیرها به ترتیب پروکسی از اثر قیمتی، اثر ترکیب، اثر

۱. نرخ ارز حقیقی برابر است با حاصل ضرب نسبت قیمت خارج به داخل (شاخص قیمت مصرف کننده امریکا به شاخص قیمت مصرف کننده ایران) در نرخ ارز اسمی بازار آزاد.

۲. از تقسیم شاخص قیمت داخلی موزون ۸ حامل انرژی به شاخص قیمت ضمنی تولید با سال پایه ۱۳۹۰ محاسبه می‌گردد.

۳. بهره‌وری کل عوامل تولید به روش تحلیل پوششی داده ها-شاخص مالم کوئیست و با تابع تولید سه نهاده‌ای شامل نیروی کار، سرمایه و انرژی محاسبه گردیده است. برای جزئیات بیشتر به درگاهی و بیابانی خامنه (۲۰۱۹) و لی و همکاران (۲۰۱۵) مراجعه گردد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

تکنیکی و اثر مقیاس نیز خواهند بود که تغییرات نرخ ارز از کانال آنها می‌تواند به تغییر بالقوه در شدت انرژی منجر می‌شود.

داده‌های مورد استفاده برای محاسبه متغیرها از سال ۱۳۹۵-۱۳۵۳ را شامل می‌شود. شاخص قیمت مصرف‌کننده کشور آمریکا از بانک جهانی و سایر متغیرها از بانک اطلاعات سری زمانی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و ترازنامه انرژی سال‌های مختلف استخراج شده‌اند. همچنین سال پایه تمام داده‌ها ۱۳۹۰ است.

با توجه به هدف تحقیق می‌بایست پارامترهای ساختاری سیستم معادلات را به گونه‌ای شناسایی کنیم که فرم ساختاری مورد نظر برای ارزیابی اثرات نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی را به‌دست آوریم.

به این ترتیب نرخ ارز حقیقی را به عنوان متغیر با بالاترین درجه برونزایی در سیستم درنظر می‌گیریم، بنابراین خطاهای پیش‌بینی این متغیر تابعی از ابداعات ساختاری[1] خود بوده و خطاهای پیش‌بینی یا ابداعات ساختاری دیگر متغیرهای سیستم اثر همزمان[2] بر آن ندارند. همان‌طور که اشاره شد مطابق گازمن و همکاران (۲۰۱۸) نرخ ارز حقیقی بر سهم صنعت از تولید به طور نظری مؤثر است. قیمت انرژی نیز مستقیماً بر هزینه‌های بخش‌های اقتصادی اثرگذار است و اگر کشش قیمتی تقاضای انرژی بخش‌های اقتصادی متفاوت باشد انتظار می‌رود که سهم ارزش افزوده این بخش‌ها در کل تولید با تغییر قیمت انرژی تغییر کند. مطالعه چن و سانتوس-پائولینو[3](۲۰۱۳) نیز تأثیر قیمت انرژی را بر صنعت تأیید می‌کند. بنابراین خطاهای پیش‌بینی متغیر سهم ارزش افزوده صنعت در تولید را تابعی خطی از ابداعات ساختاری خودش، نرخ ارز حقیقی و قیمت نسبی انرژی درنظر می‌گیریم. خطای پیش‌بینی متغیر بعدی مربوط به بهره‌وری کل عوامل یا همان

1. Structural Innovations
2. Contemporaneous effect
3. Chen and Santos-Paulino

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

پروکسی تکنولوژی در مدل است. قیمت انرژی اثرات مهمی بر بهره گیری از فناوری‌های انرژی-کارا و بهبود کارایی انرژی و در نتیجه بهره‌وری کل دارد. مطالعاتی مانند ونگ و مک فیل[1] (۲۰۱۴) نیز اثرگذاری شوک قیمت انرژی را بر بهره‌وری عوامل تأیید می‌کنند. پندر[2] (۲۰۰۳) نشان می‌دهد که بخش صنعتی می‌تواند از طریق گسترش بازارهای جدید و افزایش تمایل به پرداخت مصرف کنندگان و اثر سریز مثبت میان صنایع، رشد درآمد و بهره‌وری را متأثر کند. ضمن اینکه نرخ ارز حقیقی می‌تواند شاخصی از قدرت رقابت پذیری یک اقتصاد باشد. طبق هریس(۲۰۰۱) از سوی دیگر نرخ ارز حقیقی می‌تواند بر انتقال تکنولوژی نیز مؤثر باشد و در نتیجه بهره‌وری کل عوامل تولید اقتصاد را متاثر کند. بنابراین خطاهای پیش‌بینی متغیر TFP را تابعی خطی از ابداعات ساختاری این سه متغیر و خودش درنظر می‌گیریم.

پس از آن، خطاهای پیش‌بینی متغیر تولید حقیقی سرانه را تابعی از ابداعات ساختاری قیمت انرژی، نرخ ارز حقیقی، سهم صنعت، بهره‌وری کل و ابداعات ساختاری درآمدی درنظر می‌گیریم زیرا شوک‌های قیمتی در کوتاه مدت مستقیماً با افزایش هزینه‌ها به کاهش فعالیت‌های اقتصادی و تولید منجر می‌شوند. نرخ ارز حقیقی نیز همان‌گونه که اشاره شد باعث تغییر مقیاس تولید از طریق تأثیر بر صادرات می‌گردد. اگرچه اگر اثرات توزیعی تغییر نرخ ارز قابل توجه باشد اثرات انقباضی بر تولید می‌تواند بگذارد. توسعه صنعتی و بهره‌وری کل عوامل تولید نیز از عوامل مهم رشد اقتصادی هستند. نهایتاً خطای پیش‌بینی شدت انرژی را تابعی خطی از ابداعات ساختاری عوامل قیمتی، ساختاری، بهره‌وری و درآمدی و ابداعات ساختاری خود این متغیر در نظر می‌گیریم، به دلیل اینکه تغییرات شدت انرژی متأثر از یکی از این عوامل است و چون نرخ‌ارز حقیقی نیز از چهار کانال تغییر قیمت نسبی، رشد مقیاس اقتصاد، تغییر ساختاری و تکنیکی بر شدت انرژی اثر می‌گذارد، ابداعات ساختاری متغیر نرخ ارز حقیقی مستقیماً خطای

1. Wang and McPhail
2. Peneder

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

پیش‌بینی شدت انرژی حضور ندارد و ابداعات ساختاری آن تنها اثر غیرمستقیم همزمان بر خطای پیش‌بینی شدت انرژی دارد. بنابر آنچه توضیح داده شد، نهایتاً فرم ساختاری ذیل برای $u_t = B\varepsilon_t$ برآورد می‌گردد:

$$\begin{bmatrix} u_t^{rer} \\ u_t^{ep} \\ u_t^{ind} \\ u_t^{tfp} \\ u_t^{gdpp} \\ u_t^{ei} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{21} & b_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & 0 & 0 & 0 \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} & 0 & 0 \\ b_{51} & b_{52} & b_{53} & b_{54} & b_{55} & 0 \\ 0 & b_{62} & b_{63} & b_{64} & b_{65} & b_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_t^{rer} \\ \varepsilon_t^{ep} \\ \varepsilon_t^{ind} \\ \varepsilon_t^{tfp} \\ \varepsilon_t^{gdpp} \\ \varepsilon_t^{ei} \end{bmatrix} \quad (۳)$$

همان‌طور که مشخص است تعداد قیدهایی که به ماتریس B تحمیل شده یک قید بیش از تعداد قیدهای لازم برای دقیقاً شناسا بودن سیستم است[۱]. در نتیجه با یک سیستم بیش شناسا[۲] مواجه هستیم که معناداری این تعداد قیدهای بیش شناسا می‌بایست با استفاده از آزمون نسبت راستنمایی[۳] آزمون گردد.

۴-۱. برآورد مدل

ناپایایی داده‌های سری زمانی باعث می‌شود که تمامی استنباط‌های آماری بر مبنای نظریه مجانبی استاندارد[۴] بی اعتبار شوند. بنابراین پیش از برآورد مدل‌های سری زمانی باید از فرآیندی که

۱. در مدل B حداقل محدودیت‌های لازم برای شناسا شدن پارامترهای ساختاری برابر $K(K-1)/2$ قید صفر در ماتریس B است (لوتکپول ۱، ۲۰۰۵).

2. Over-identified
3. LR test
4. The Standard Asymptotic Theory

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

داده‌ها از آن پیروی می‌کنند اطلاع یافت. در جدول (۱) نتایج آزمون DF-GLS برای متغیرهای سیستم گزارش شده است. آزمون DF-GLS نسبت به آزمون ADF در نمونه‌های کوچک عملکرد بهتری دارد. ملاحظه می‌گردد که لگاریتم طبیعی متغیرها در سطح داده‌ها I(1) بوده اما همگی متغیرها با یک مرتبه تفاضل گیری پایا می‌شوند. در سیستم‌های خودرگرسیون‌برداری برای پایداری سیستم می‌بایست تمامی متغیرهای درون‌زا پایا باشند، بنابراین از تفاضل مرتبه اول لگاریتم طبیعی متغیرها در سیستم استفاده خواهیم کرد.

برای برآورد مدل SVAR ابتدا باید یک مدل VAR نامقید[1] برآورد و سپس با تحمیل قیود ساختاری بر ماتریس پارامترها الگوی ساختاری را شناسا نمود. در نتیجه ابتدا مرتبه بهینه سیستم VAR باید انتخاب شود. طبق جدول (۲) در وقفه اول سیستم مشکل نرمال نبودن پسماندها، همبستگی سریالی و ناهمسانی واریانس دارد. در وقفه دوم مسأله نرمال نبودن پسماندها همچنان در سطح اطمینان ۹۵ درصد برقرار است. در وقفه سوم اما پسماندهای سیستم از فرآیند نوفه سفید پیروی می‌کند و در حالی که سیستم در دیگر وقفه‌ها از مشکلات نوفه سفید نبودن پسماندها رنج می‌برد، سیستم از مرتبه ۳ فروض کلاسیک را تأمین می‌کند، ضمن اینکه از سیستم با چهار وقفه معیار شوارتز کوچکتری دارد.[2] بنابراین مدل VAR(3) انتخاب می‌شود. پایداری این سیستم نیز با بررسی ریشه‌های مشخصه چندجمله‌ای خودرگرسیو تایید می‌شود.

1. Unrestricted Vector Autoregressive Model

۲. به دلیل بیش پارامتری شدن سیستم در مدل با ۴ وقفه، آزمون ناهمسانی واریانس قابل انجام نیست.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

جدول ۱. آزمون ریشه واحد DF-GLS

متغیر (لگاریتمی)	با عرض از مبدأ (انتخاب خودکار وقفه با معیار شوارتز حداکثر ۳ وقفه)	
	در سطح	تفاضل مرتبه اول
بهره‌وری کل عوامل	-۰/۸۳	-۳/۶۷
درآمد سرانه	-۱/۴۳	-۴/۲۶
سهم صنعت از تولید	۰/۲۷	-۶/۴۷
شدت انرژی	-۰/۳۱	-۳/۲۶
نرخ ارز حقیقی	-۰/۹۸	-۲/۵۷
قیمت حقیقی انرژی	-۱/۲۴	-۴/۸۱
مقدار بحرانی (۵ درصد)	-۱/۹۴	

ماخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۲. تعیین وقفه بهینه و آزمون‌های تشخیص صحت تصریح مدل در آن وقفه

وقفه سیستم	نرمالیتی	همبستگی سریالی		ناهمسانی واریانس	معیار شوارتز
		وقفه اول	وقفه دهم		
۱	۶۶/۴۶ [۰/۰۰]	۳/۲۱ [۰/۰۰]	۰/۸۵ [۰/۷۰]	۳۰۴/۶۶ [۰/۰۱]	-۱۳/۶۳
۲	۲۲/۳۲ [۰/۰۳]	۱/۴۲ [۰/۰۹]	۰/۵۳ [۰/۹۸]	۵۱۷/۹۷ [۰/۳۲]	-۱۳/۸۷
۳	۷/۳۵ [۰/۸۳]	۱/۱۵ [۰/۳۲]	۰/۹۲ [۰/۵۹]	۷۷۳/۹۲ [۰/۳۱]	-۱۲/۷۹
۴	۹/۵۵ [۰/۶۵]	۰/۷۲ [۰/۷۷]	۱/۴۹ [۰/۲۳]	-	-۱۲/۶۷

ماخذ: محاسبات تحقیق- مقادیر داخل براکت ارزش احتمال آزمون‌ها هستند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

پس از برآورد، محدودیت‌های ساختاری عبارت (۳) را اعمال می‌کنیم. چون سیستم فراشناسا است باید حمایت داده‌ها از این قید اضافی آزمون شود. در آزمون مذکور لگاریتم راستنمایی[1] برابر ۳۷۸، آماره آزمون با یک درجه آزادی برابر ۲/۷۱ و ارزش احتمال متناظر آن ۰/۰۹۹ به‌دست آمده است. پس فرض صفر مبنی بر معناداری محدودیت‌های فراشناسا در سطح اطمینان ۹۵ درصد رد نشده و داده‌ها از این محدودیت حمایت می‌کنند.

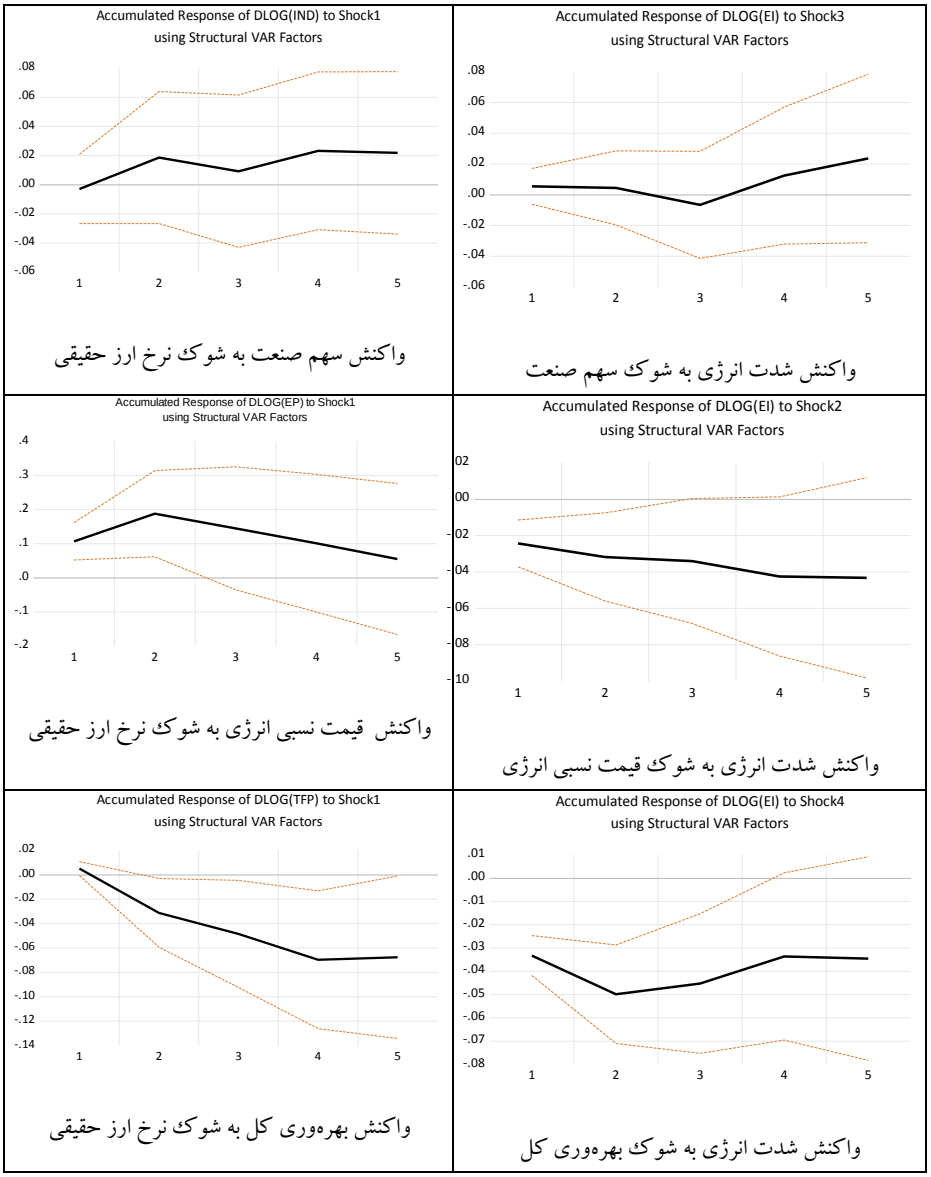
۴-۲. نتایج مدل

در مدلسازی SVAR برای بررسی مقدار (اندازه) و جهت (مثبت یا منفی) شوک‌های یک متغیر بر متغیر دیگر در تعادل سیستم و ارزیابی پویایی‌های آن، از توابع واکنش تکانه‌ای استفاده می‌شود که تعامل میان متغیرهای درون‌زا را بررسی کرده و مبتنی بر نمایش میانگین متحرک والد[2] فرآیند VAR(p) هستند. در نمودار (۱) نتایج توابع واکنش تکانه‌ای ساختاری سیستم برآوردی به نمایش درآمده است. لازم به ذکر است به دلیل اینکه متغیرها به شکل تفاضل مرتبه اول در سیستم لحاظ شده‌اند واکنش‌های تجمعی شوک‌ها در نمودارها ارائه شده‌اند. با اعمال یک انحراف معیار شوک مثبت (۱۴ ٪) به متغیر نرخ ارز حقیقی ملاحظه می‌شود قیمت نسبی انرژی تا ۲۰ ٪ در دوره ۲ افزایش یافته و این اثر معنادار است. بنابراین طبق آرکاند و همکاران(۲۰۰۸) مشاهده می‌شود که افزایش نرخ ارز حقیقی قیمت نسبی انرژی را افزایش می‌دهد. به این دلیل که شدت انرژی نیز حدود ۳/۵٪ – در سه دوره نخست، با شوک مثبت ۱۸ درصدی قیمت نسبی انرژی کاهش می‌یابد (به‌خاطر کشش قیمتی منفی تقاضای انرژی)، در نتیجه با افزایش قیمت نسبی انرژی به سبب رشد نرخ ارز حقیقی، اثر نرخ ارز حقیقی از کانال قیمتی بر شدت انرژی منفی خواهد بود. برای متغیر سهم صنعت از تولید نتایج نشان می‌دهد که

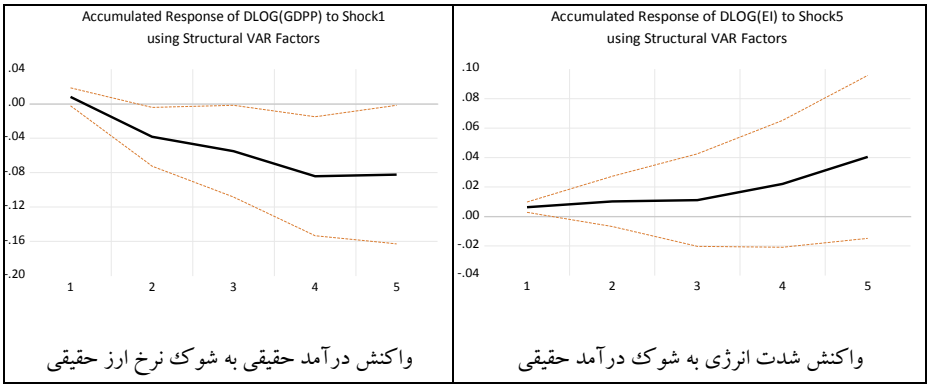
1. Log likelihood
2. Wold Moving Average Representation

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

شوک مثبت نرخ ارز حقیقی اگرچه به میزان اندک با افزایش سهم صنعت از تولید همراه می‌شود اما این اثر معنادار نیست (در تمام دوره‌ها فاصله اطمینان شوک‌ها، خط صفر را دربرگرفته‌اند). در نتیجه اثر ترکیبی نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی از نظر آماری پذیرفته نمی شود.



[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]



نمودار ۱. نتایج توابع واکنش تکانه‌ای ساختاری

واکنش متغیر بهره‌وری به یک انحراف معیار شوک مثبت (۱۴ ٪) نرخ ارز حقیقی منفی است و تا ۵ دوره در مقدار بیشینه ۶٪- کاهش می‌یابد. یعنی با افزایش نرخ ارز حقیقی بهره‌وری کل عوامل تولید تنزل می‌یابد. این نتیجه طبق هریس (۲۰۰۱) نشان می‌دهد که محتملاً در اقتصاد ایران وابستگی بالا به نهاده‌های وارداتی، کالاهای سرمایه‌ای و واسطه‌ای (تکنولوژی‌های وارداتی) باعث می‌شود با کاهش ارزش پول ملی بهره‌وری کل عوامل تولید کاهش یابد. همچنین واکنش شدت انرژی به شوک مثبت (۴ ٪) بهره‌وری کل منفی و در مقدار بیشینه برابر ۵٪- است. در نتیجه افزایش نرخ ارز حقیقی با تنزل بهره‌وری کل عوامل تولید به افزایش شدت انرژی می‌انجامد، به تعبیری دیگر اثر تکنیکی نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی منفی خواهد بود. افت تکنولوژی و کارایی انرژی به تبع افزایش نرخ ارز حقیقی را دلیل افزایش شدت انرژی می‌توان دانست.

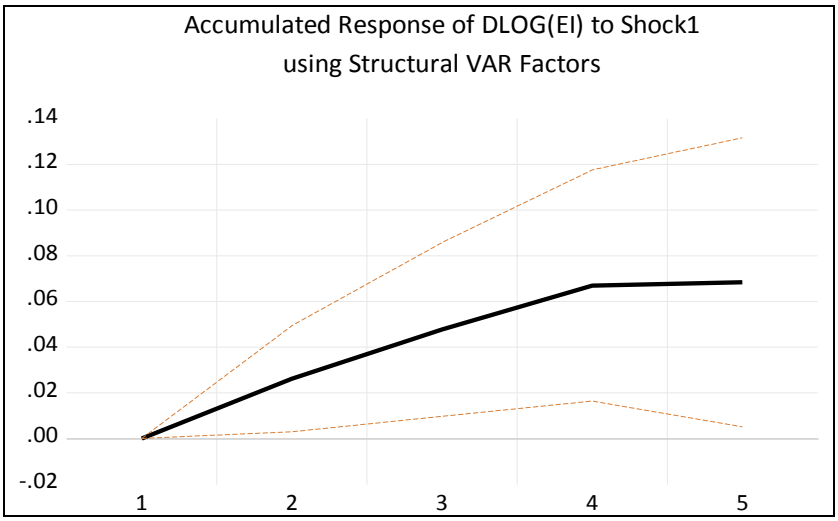
آخرین کانال اثرگذاری نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی از طریق تغییر حجم تولید یا همان اثر مقیاس است. با یک انحراف معیار شوک مثبت (۱۴٪) نرخ ارز حقیقی، تولید سرانه تا ۵ دوره با مقدار بیشینه ۸٪- کاهش می‌یابد و همان‌طور که در بخش مبانی نظری اشاره شد محتملاً به دلیل اتکای بالای تولید به نهاده‌های وارداتی و اثرات توزیعی منفی افزایش نرخ ارز در اقتصاد ایران است، نتیجه‌ای که برانسون و دی ماکادو (۱۹۸۷) آن را برای چنین کشوری محتمل

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

می‌دانند. از سمت دیگر واکنش شدت انرژی به شوک مثبت (۱/۵ ٪) درآمدی در دوره اول معنادار، مثبت و ۰/۵ درصد است (این نتیجه همچنین نشان می‌دهد که کشش درآمدی تقاضای انرژی بزرگتر از واحد است). بنابراین اثر مقیاس ناشی از تغییر نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی منفی است.

نهایتاً اثر نهایی نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی حاصل برآیند اثر قیمتی منفی، اثر مقیاس منفی و اثر تکنیکی مثبت خواهد بود. نتیجه اثر یک انحراف معیار شوک مثبت (۱۴٪) نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی در نمودار (۲) نمایش داده شده است. بنابراین برآیند سه اثر قیمتی، تکنیکی و مقیاس ناشی از افزایش نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی مثبت است. تعبیری دیگر از این نتیجه این است که اثر تکنیکی مثبت نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی به میزانی است که اثر قیمتی و اثر مقیاس کاهش دهنده شدت انرژی را خنثی می‌کند و نهایتاً شدت انرژی تا حدود ۷درصد بعد از ۵ دوره افزایش می‌یابد. پس می‌توان نتیجه گرفت که در دوره مورد بررسی در ایران کاهش ارزش پول ملی به کاهش کارایی انرژی و افزایش شدت انرژی اقتصاد ایران منتهی شده است. وابستگی بالای تولید به نهاده‌ها، تجهیزات سرمایه‌ای و تکنولوژی‌های وارداتی (به طور مثال در سال ۱۳۹۵ از ۴۰۲۸۸ میلیون دلار واردات، ۶۴ درصد سهم مواد اولیه و کالاهای واسطه‌ای، ۲۰ درصد سهم کالاهای سرمایه‌ای و ۱۵ درصد سهم کالاهای مصرفی بوده است) و افت جریان تجارت و کاهش انتقال تکنولوژی به داخل، به ویژه تکنولوژی‌های با کارایی انرژی بیشتر را می‌توان علت افزایش شدت انرژی به تبع کاهش ارزش پول ملی دانست. ضمناً این احتمال وجود دارد که با کاهش ارزش حقیقی پول ملی، قاچاق انرژی گسترش یابد و تبعاً شدت انرژی را افزایش می‌دهد، زیرا انرژی قاچاق شده هیچ نقشی در تولید ارزش افزوده در داخل اقتصاد ایران ندارد. این مسأله در ایران که قیمت حامل‌های انرژی تفاوت قابل توجهی با کشورهای همسایه دارد بسیار حائز اهمیت است و همان‌طور که قدوسی و همکاران (۲۰۱۹) بیان می‌کنند افزایش نرخ ارز شکاف بین قیمت انرژی داخل و خارج را بیشتر می‌کند، در نتیجه دور از ذهن نیست که قاچاق انرژی نیز با افزایش نرخ ارز حقیقی تقویت شود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]



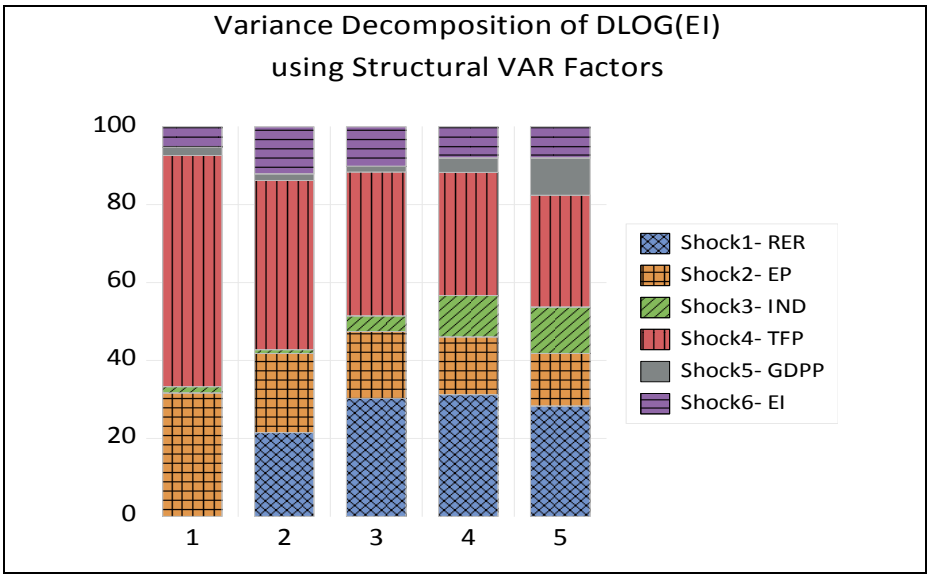
نمودار ۲. واکنش تکانه‌ای شدت انرژی به شوک ساختاری مثبت نرخ ارز حقیقی

در آخر، با استفاده از تجزیه واریانس اهمیت شوک هر یک از متغیرهای سیستم را در توضیح دهندگی خطای پیش‌بینی متغیرهای درون‌زا می‌توانیم رتبه‌بندی کنیم. به عبارتی تجزیه واریانس این امکان را مهیا می‌کند که سهم متغیر j را از واریانس خطای پیش‌بینی h–قدمی متغیر k تحلیل کنیم. اگر مجذور عناصر توابع واکنش تکانه‌ای به واریانس خطای پیش‌بینی تقسیم شوند، نتیجه آن درصدهایی است که سهم متغیر j را نشان می‌دهد.

در نمودار (۳) ملاحظه می‌گردد که در دوره نخست، واریانس خطای پیش‌بینی متغیر شدت انرژی ۳۱ درصد توسط شوک‌های قیمتی و ۵۹ درصد توسط شوک‌های بهره‌وری توضیح داده می‌شوند و دیگر شوک‌ها اثر ناچیزی دارند. از دوره دوم به بعد سهم شوک نرخ ارز حقیقی افزایش قابل توجه یافته و به ۲۱ درصد می‌رسد. شوک‌های قیمتی و بهره‌وری به ترتیب ۲۰ و ۴۳ درصد دارای سهم هستند. به همین ترتیب با افزایش افق زمانی به ۵ دوره، سهم شوک‌های درآمدی و ساختاری افزایش می‌یابد. اما همچنان شوک‌های بهره‌وری با ۲۸درصد ، شوک نرخ ارز حقیقی با ۲۸ درصد، شوک قیمتی با ۱۳/۵درصد، شوک ساختاری با ۱۲ درصد، شوک

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

درآمدی با ۹/۵درصد و شوک خود متغیر شدت انرژی با ۸ درصد سهم، به ترتیب بیشترین توضیح دهندگی را از تجزیه واریانس خطای پیش‌بینی شدت انرژی دارند.



نمودار ۳. نتیجه تجزیه واریانس ساختاری شدت انرژی

۵. نتیجه گیری

مسأله مصرف انرژی و شدت انرژی‌بری فعالیت‌های اقتصادی هم از جنبه اتمام پذیری منابع سوخت‌های فسیلی و هم از جنبه آلایندگی‌های زیست محیطی که تولید و مصرف آنها ایجاد می‌کند، در ادبیات اقتصاد انرژی محور اصلی تحقیقات است. در این میان مسأله برای کشور ایران نه تنها آسیب‌های زیست محیطی مصرف انرژی بلکه سرعت فزاینده مصرف انرژی و ناکارایی شدید مصرف آن است که به رشد و توسعه اقتصادی نیز آسیب وارد کرده است. تحقیقات بسیاری از جمله در ایران به تحلیل عوامل مؤثر بر شدت انرژی پرداخته‌اند و عوامل مؤثر درآمدی، تکنولوژیکی، قیمتی و ساختاری متنوعی را بر تحولات شدت انرژی گزارش

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

نموده‌اند. در این تحقیق اما به متغیر نرخ ارز حقیقی توجه شد که از کانال‌های مذکور به طور غیر مستقیم می‌تواند شدت انرژی در اقتصاد ایران را متاثر کند. به دنبال اهداف تحقیق آثار تکانه‌های نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی از چهار کانال مجزا با استفاده از روش خودرگرسیون برداری ساختاری مدلسازی شد.

نتایج تحقیق نشان داد که نرخ ارز حقیقی از طریق اثر قیمتی و اثر مقیاس باعث کاهش شدت انرژی می‌شود، اما اثر تکنیکی افزایش نرخ ارز حقیقی شدت انرژی را افزایش می‌دهد. ضمن اینکه اثر ترکیبی معناداری شناسایی نشد. طبق این نتایج برآیند اثرات تکانه مثبت نرخ ارز حقیقی بر شدت انرژی در اقتصاد ایران در دوره مورد بررسی مثبت بوده است. به این معنا که با تضعیف ارزش حقیقی پول ملی، شدت انرژی رشد نموده است. از دلایل این نتیجه می‌توان به وابستگی ساختار اقتصاد ایران به تکنولوژی‌ها و تجهیزات وارداتی (هم برای خانوار و هم بنگاه‌ها) اشاره کرد که با افزایش نرخ ارز حقیقی توانایی انتقال آنها به اقتصاد داخلی کاهش می‌یابد، در نتیجه عدم پیشرفت تکنولوژیکی و استفاده از تجهیزات با درجه کمتری از کارایی انرژی به رشد شدت انرژی دامن می‌زند. علاوه بر این به دلیل اختلاف فاحش قیمت انرژی در داخل و کشورهای همسایه این احتمال وجود دارد که با کاهش ارزش پول داخلی قاچاق انرژی تحریک شده و مصرف انرژی افزایش یابد، در حالی که این قاچاق انرژی به عنوان مصرف انرژی ثبت می‌شود، ارزش افزوده‌ای در اقتصاد ملی و GDP کشور ایجاد نمی‌کند و در نتیجه شدت انرژی افزایش می‌یابد.

نتایج تحقیق منعکس کننده سه نکته حائز اهمیت است. نخست آنکه قیمت‌های غیر واقعی انرژی عامل ناکارایی انرژی و اتلاف منابع انرژی است که کاهش ارزش پول ملی نیز آن را تشدید می‌کند. دوم، ساختار تولید و فعالیت‌های اقتصادی داخلی به نحوی شکل گرفته است که عملا از امکان افزایش رقابت پذیری قیمتی ناشی از تنزل ارزش پول ملی نمی‌توان بهره برد. این احتمال وجود دارد که وابستگی نامناسب به نهاده‌های وارداتی، وجود رفتارهای رانت جویانه، عدم توجه به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و مزیت‌های غیرقیمتی و ساختار تجاری نامناسب

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

باعث چنین مسأله‌ای باشد. نکته سوم مسأله آلودگی زیست محیطی و انتشار گازهای گلخانه‌ای است. از آنجا که بیش از ۹۷ درصد عرضه اولیه انرژی در ایران را سوخت‌های فسیلی تأمین می‌کنند، افزایش شدت انرژی به تبع تغییر نرخ ارز حقیقی، پیامدهای مستقیم زیست محیطی نیز خواهد داشت، این مسأله در مدلسازی و پیش‌بینی انتشارگازهای گلخانه‌ای باید مورد توجه قرارگیرد.

منابع

Adom P.K. (2015). Business cycle and economic-wide energy intensity: The Implications for Energy Conservation Policy in Algeria. Energy, No. 88, pp.334-350.

Arcand J.L., Guillaumont P. and S.G. Jeanneney (2008). "Deforestation and the Real Exchange rate". Journal of development economics, 86(2), pp. 242-262.

Azar C. and H. Dowlatabadi (1999). A review of technical change in assessment of climate policy. Annual review of energy and the environment, 24(1), 513-544.

Branson William H. and Braga de Macedo, Jorge (1987)**,** Smuggler's Blues at the Central Bank: Lessons from Sudan. NBER Working Paper No. w2220. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=347010

Chen S. and A.U. Santos-Paulino (2013). "Energy Consumption Restricted Productivity Re-Estimates and Industrial Sustainability Analysis in Post-Reform China". *Energy Policy*, No. 57, pp. 52-60.

Cimoli M., Fleitas S. and G. Porcile (2011). Real Exchange Rate and the Structure of Exports. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/id/eprint/37846

Dargahi H. and K.B. Khameneh (2019). "Energy Intensity Determinants in an Energy-exporting Developing Economy: Case of Iran". *Energy*, No. 168, pp.1031-1044.

Edwards S. (1986). Are Devaluations Contractionary? The Review of Economics and Statistics, 68(3), pp. 501-508. doi:10.2307/1926028

Enders W. (2014). Applied Econometric Time Series. John Wiley & Sons.

Farajzadeh Z. and M.A. Nematollahi (2018). "Energy Intensity and its Components in Iran: Determinants and trends". *Energy Economics*, No. 73, pp.161-177.

Gala P. (2007). "Real Exchange Rate levels and Economic Development: Theoretical Analysis and Econometric Evidence". *Cambridge Journal of economics*, 32(2), pp. 273-288.

Gala P. and G. Libanio (2010). Exchange Rate policies, Patterns of Specialization and Economic Development: Theory and Evidence in Developing Countries.

Ghoddusi H., Morovati M. and N. Rafizadeh (2019). Foreign Exchange Shocks and Gasoline Consumption. Stevens Institute of Technology School of Business Research Paper.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

Ghoddusi H., Morovati M. and N. Rafizadeh (2019), "Foreign Exchange Shocks and Gasoline Consumption", Stevens Institute of Technology School of Business Research Paper. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3270684

Guzman M., Ocampo J.A. and J.E. Stiglitz (2018). "Real Exchange Rate Policies for Economic Development". *World Development*, No. 110, pp. 51-62.

Gylfason T. and M. Schmid (1983). "Does Devaluation Cause Stagflation?". *Canadian Journal of Economics*, pp. 641-654.

Harris R.G. (2001). "Is there a case for Exchange Rate Induced Productivity Changes?". Centre for International Economic Studies.

Jimenez R. and J. Mercado (2014), "Energy Intensity: A Decomposition and Counterfactual Exercise for Latin American countries". *Energy Economics*, No.42, pp.161-171.

Kaufmann R.K. (2004). "The Mechanisms for Autonomous Energy Efficiency Increases: A Cointegration Analysis of the US Energy/GDP ratio". *The Energy Journal*, pp. 63-86.

Krugman P. and L. Taylor (1978). "Contractionary Effects of Devaluation". *Journal of International Economics*, 8(3), pp. 445-456.

Lütkepohl H. (2005). "New Introduction to Multiple Time Series Analysis". Springer Science & Business Media.

Mayer J. (2001). "Technology Diffusion Human Capital and Economic Growth in Developing Countries". *United Nations Conference on Trade and Development*. UNCTAD/OSG/DP/154

Mielnik O. and J. Goldemberg (2002). "Foreign Direct Investment and Decoupling between Energy and Gross Domestic Product in Developing Countries". *Energy Policy*, 30(2), pp. 87-89.

Ndou E., Gumata N. and M. Ncube (2018). "Global Economic Uncertainties and Exchange Rate Shocks: Transmission Channels to the South African Economy". *Springer*.

Peneder M. (2003). "Industrial Structure and Aggregate Growth". *Structural Change and Economic Dynamics*, 14(4), pp. 427-448.

Razzaque M.A., Bidisha S.H. and B.H. Khondker (2017). "Exchange Rate and Economic Growth: An Empirical Assessment for Bangladesh". *Journal of South Asian Development*, 12(1), pp. 42-64.

Ribeiro R.S., McCombie J.S. and G.T. Lima (2019). "Does Real Exchange Rate Undervaluation Really Promote Economic Growth?", *Structural Change and Economic Dynamics*.

Rodrik D. (2008). "The Real Exchange Rate and Economic Growth". Brookings papers on Economic Activity, 2008(2), pp. 365-412.

Sadorsky P. (2013). "Do Urbanization and Industrialization Affect Energy Intensity in Developing Countries?". *Energy Economics*, No. 37, pp. 52-59.

Shahbaz M., Chaudhary A.R. and S.J.H. Shahzad (2018). "Is Energy Consumption Sensitive to Foreign Capital Inflows and Currency Devaluation in Pakistan?". *Applied Economics*, 50(52), pp. 5641-5658.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]

Stern D.I. (2012). "Modeling International Trends in Energy Efficiency". *Energy Economics*, 34(6), pp. 2200-2208.

Uribe M. and S. Schmitt-Grohé (2017). "Open Economy Macroeconomics". Princeton University Press.

Wang S.L. and L. Mcphail (2014). "Impacts of Energy Shocks on US Agricultural Productivity Growth and Commodity Prices-A Structural VAR Analysis". *Energy Economics*, No. 46, pp. 435-444.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-09-17]