

Investigating the Asymmetric Relationship between Economic Growth and Energy Consumption, Considering the Role of the Informal Economy

Masoumeh Motalebi^{*}, Ali Moridian^{}**

Nasser Yarmohammadian^{*}**

Abstract

This paper examines the asymmetric relationship between economic growth and energy consumption by considering the role of the informal economy. For this purpose, three indicators of formal GDP, correct GDP (total formal and informal GDP) and relative size of the informal sector were considered to examine the growth-energy relationship in three models and the autoregression method with nonlinear distribution intervals (NARDL). And Hatami-J asymmetric causality was used during the period 1967-2018. The results of the NARDL model show that in the long run, the positive and negative shocks of formal GDP, correct GDP and the relative size of the informal economy increase energy consumption. Also, in the short run, the positive and negative shocks of official GDP and correct GDP in the current period will increase energy consumption. While only the positive shock of the informal economy in the current period will increase energy consumption. The results of asymmetric causality showed that there is a bilateral causality between

* PhD in Economics, Lorestan University, masoumehmotalebi@yahoo.com

** Master of Urban and Regional Economics, Isfahan University of Arts, (Corresponding Author)
alimoridian@ymail.com

*** Assistant Professor, Department of Urban Economics, Isfahan University of Arts,
n.yarmohammadian@au.ac.ir

Date received: 03/08/2021, Date of acceptance: 16/11/2021



Copyright © 2018, This is an Open Access article. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

energy consumption and informal sector size. While there is a unilateral causality from correct GDP to energy consumption, there is a bilateral causality between the positive shocks of formal GDP, correct GDP and energy consumption. Therefore, energy conservation and efficient use of energy in various economic activities can play a major role in controlling the informal economy and directing activities to the formal sector.

Keywords: Energy Consumption, Official Gross Domestic Product, Unofficial Economy, NARDL Model, Asymmetric Causality.

JEL Classification: C14, E26, Q41

بررسی رابطه نامتقارن بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی با در نظر گرفتن نقش اقتصاد غیررسمی

معصومه مطلبی*

علی مریدیان**، ناصر یارمحمدیان***

چکیده

مطالعه حاضر به بررسی رابطه نامتقارن میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی با در نظر گرفتن نقش اقتصاد غیررسمی می‌پردازد. برای این منظور سه شاخص GDP رسمی، GDP صحیح (مجموع GDP رسمی و غیررسمی) و اندازه نسبی بخش غیررسمی برای بررسی رابطه رشد-انرژی در سه الگو در نظر گرفته شد و از روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی (NARDL) و علیت نامتقارن هاتمی-جی، طی دوره ۱۳۹۷-۱۳۴۶ استفاده شد. نتایج الگوی NARDL نشان داد که در بلندمدت شوک‌های مثبت و منفی GDP رسمی، GDP صحیح و اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی باعث افزایش مصرف انرژی می‌شود. هم‌چنین، در کوتاه‌مدت شوک‌های مثبت و منفی GDP رسمی و GDP صحیح در دوره جاری باعث افزایش مصرف انرژی می‌شود. درحالی‌که تنها شوک مثبت اقتصاد غیررسمی در دوره جاری باعث افزایش مصرف انرژی می‌شود. نتایج علیت نامتقارن نشان داد که، علیت دوطرفه بین مصرف انرژی و اندازه بخش غیررسمی وجود دارد. درحالی‌که علیت یک‌طرفه از GDP صحیح به مصرف انرژی وجود دارد و بین شوک‌های مثبت GDP رسمی،

* دکترای اقتصاد، دانشگاه لرستان، masoumehmotalebi@yahoo.com

** کارشناس ارشد اقتصاد شهری و منطقه‌ای، دانشگاه هنر، اصفهان (نویسنده مسئول)،

alimoridian@ymail.com

*** استادیار گروه اقتصاد شهری، دانشگاه هنر، اصفهان، n.yarmohamadian@au.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۲۵



Copyright © 2018, This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International, which permits others to download this work, share it with others and Adapt the material for any purpose.

GDP صحیح و مصرف انرژی علیت دو طرفه برقرار است. بنابراین، محافظت از انرژی و استفاده کارا از انرژی در فعالیتهای مختلف اقتصادی می تواند نقش زیادی در کنترل اقتصاد غیررسمی و هدایت فعالیتهای بخش رسمی داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی رسمی، اقتصاد غیررسمی، مدل NARDL، علیت نامتقارن

طبقه بندی JEL: C14, E26, Q41

۱. مقدمه

جهان بیش از یک قرن است، پیشرفت اقتصادی قابل توجهی را تجربه می کند. توسعه های صنعتی، افزایش در تعداد وسایل نقلیه و تجهیزات داخلی به افزایش قابل توجه در تقاضا برای انرژی منجر می شود (کاهولی (Kahouli, 2017)، ۲۰۱۷: ۱۹). انرژی اصل ضروری توسعه اقتصادی و اجتماعی است. عرضه انرژی چالش دائمی برای جوامع مختلف است، به ویژه که نیاز دولت ها پیوسته افزایش می یابد. کارانفیل (Karanfil) (۲۰۰۸)، بیان کرد که علیت بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی فقط با مدل دو متغیره ساده قابل توجیه نیست. از آنجایی که در کشورهای در حال توسعه به دلیل فعالیتهای ثابت نشده، GDP رسمی به طور صحیح اندازه گیری نمی شود، بررسی رابطه بین مصرف انرژی و GDP رسمی نتایج قابل اطمینان نمی دهد. اقتصاد غیررسمی، سهم زیادی از تولید ناخالص داخلی را به ویژه برای کشورهای در حال توسعه نشان می دهد (حسن و اشنايدر (Hassan and Schneider, 2011)، ۲۰۱۶: ۲۹). بنابراین، مطالعه رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی بدون در نظر گرفتن درآمدهای ثابت نشده می تواند به نتایج تورش دار منجر شود (بنکرائیم و همکاران (Benkraiem et al. 2019)، ۲۰۱۹: ۴۰۵).

با توجه به اینکه میانگین اقتصاد غیررسمی به GDP بین ۲۰ تا ۳۰ درصد است (علیزاده و غفاری، ۱۳۹۲؛ ابونوری و نیک پور، ۱۳۹۳) و فراوانی و در دسترس بودن منابع مختلف انرژی و ارزان بودن قیمت آن در ایران، به نظر می رسد دسترسی به مصرف انرژی برای فعالیتهای مستقر در اقتصاد غیررسمی به آسانی صورت گرفته و هزینه زیادی نداشته باشد. لذا، مطالعه رابطه بین این دو متغیر مهم است. از طرف دیگر، با توجه به، حجم بالای فعالیتهای غیررسمی، GDP اعلام شده به صورت رسمی حجم کمتری از

تولید ناخالص داخلی واقعی صحیح را نشان می‌دهد و بررسی رابطه بین GDP رسمی و مصرف انرژی باعث به دست آمدن نتایج غلط می‌شود. لذا برای بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی لازم است که فعالیت‌های غیررسمی نیز در تولید ناخالص داخلی در نظر گرفته شود. با توجه به پیچیدگی روابط بین این متغیرها و شکست‌های ساختاری موجود در روند متغیرها لازم است رابطه به صورت غیرخطی بررسی شود. در حقیقت، طی دوره زمانی در نظر گرفته شده حوادث زیادی شکست‌های ساختاری در روند داده‌ها را باعث می‌شود که می‌توان به جنگ و انقلاب، تحریم‌های نفتی و بانکی، بحران اقتصادی آسیا در ۱۹۹۷، بحران مالی در سال ۲۰۰۸ و مانند اینها اشاره کرد. همه این موارد، باعث می‌شود که سری‌های زمانی دیگر از روند خطی پیروی نکنند و به الگوهای غیرخطی برای انعکاس روابط دقیق بین متغیرها نیاز باشد.

در نظر گرفتن عدم تقارن بین مصرف انرژی و متغیرهای مؤثر بر مصرف انرژی مهم است. بدین دلیل که تغییر مثبت و منفی در یک متغیر همان اثر را بر متغیر دیگر ندارد. به عنوان مثال، واکنش مصرف انرژی به افزایش و کاهش اقتصاد غیررسمی ممکن است متفاوت باشد و بررسی این مسأله که میزان مصرف انرژی در برابر کاهش و افزایش اقتصاد غیررسمی چه تغییری می‌کند، برای تصمیم‌گیری‌های سیاستی برای کنترل اقتصاد غیررسمی از اهمیت زیادی برخوردار است. همچنین، ممکن است مصرف انرژی فقط به تکانه‌های افزایشی یا فقط به تکانه‌های کاهش‌ی واکنش نشان دهد یا اینکه واکنش در دوره بلندمدت یا کوتاه‌مدت باشد که همه اینها می‌تواند بر تصمیمات سیاستی تأثیرگذار باشد. وجود رابطه نامتقارن بین دو متغیر می‌تواند ناشی از عوامل زیادی باشد، یکی از موارد به پیچیدگی سیستم‌های اقتصادی و مکانیسم‌های تولید متغیرهای تحت مطالعه مرتبط است. مطالعات قبلی به چهار کانال اثرگذاری رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی، شامل محافظه کارانه (زیست محیطی)، بازخورد و خنثی بودن اشاره کردند، بنابراین رابطه بین این دو متغیر پیچیده است. رابطه بین مصرف انرژی و توسعه مالی نیز، بدین دلیل که کانال‌های اثرگذاری متعددی بین آنها می‌تواند وجود داشته باشد، پیچیده می‌شود (شهباز و همکاران (Shahbaz et al. 2017)، ۲۰۱۷: ۲۰۰). در مطالعات مختلفی که به بررسی رابطه بین GDP و مصرف انرژی با در نظر گرفتن اقتصاد غیررسمی پرداختند، کارانفیل (Karanfil) (۲۰۰۸)، بیان کرد که هیچ رابطه هم‌انباشتگی و علی بین GDP و مصرف انرژی با لحاظ کردن اقتصاد غیررسمی وجود ندارد. بنکرائیم و همکاران (Benkraiem et al) (۲۰۱۹)،

یافتند که تکانه مثبت اقتصاد غیررسمی و GDP با لحاظ اقتصاد غیررسمی، مصرف انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین، با توجه به مطالب بیان شده، در مطالعه حاضر از رهیافت‌هایی استفاده می‌شود که عدم تقارن بین متغیرهای مختلف و مصرف انرژی در نظر گرفته شود. بنابراین، در مطالعه حاضر به دنبال بررسی این موضوع هستیم که آیا رابطه نامتقارن و غیرخطی بین متغیرهای GDP رسمی، GDP صحیح (True gross domestic product) (GDP رسمی به علاوه غیررسمی)، GDP غیررسمی، توسعه مالی، تشکیل سرمایه و مصرف انرژی در ایران طی دوره زمانی ۹۷-۱۳۴۶ وجود دارد.

در بخش دوم، مبانی نظری و مرور مطالعات مرتبط با موضوع پژوهش بررسی می‌شود. روش‌شناسی تحقیق در بخش سوم ارائه می‌شود. در بخش چهارم، برآورد الگو و تحلیل نتایج ارائه می‌شود و در بخش پنجم، نتیجه‌گیری و پیشنهادات بیان می‌شود.

۲. ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش

ادبیات نظری در مورد رابطه بین متغیرهای مختلف و مصرف انرژی صحبت کرده است که در بخش‌های بعدی به‌طور مختصر در مورد آنها بحث می‌شود. حذف

۱.۲ ادبیات موضوع

۱.۱.۲ رابطه بین رشد اقتصادی، توسعه مالی و مصرف انرژی

از زمان انتشار مطالعه کرافت و کرافت (Kraft & Kraft) (۱۹۷۸)، تعداد زیادی از مطالعات رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی را برای کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته بررسی کردند. بعضی محققان فرضیه رشد را معتبر می‌دانند که مصرف انرژی به رشد اقتصادی منجر می‌شود (تانگ و همکاران (Tang et al. 2016)، ۲۰۱۶؛ هی و همکاران (He et al. 2017)، ۲۰۱۷). بعضی از محققان فرضیه حفاظت از انرژی را معتبر می‌دانند، بدین صورت که رشد اقتصادی بر مصرف انرژی اثرگذار است (کاسمن و دومان (Kasman & Duman, 2015)، ۲۰۱۵؛ اررا و شی (Arora and shi, 2016)، ۲۰۱۶). بعضی محققان فرضیه بازخورد را معتبر می‌دانند که بیان می‌کند، رابطه علیت دوطرفه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی وجود دارد (موتاسکو (Mutascu, 2016)، ۲۰۱۶؛ سروار و همکاران

بررسی رابطه نامتقارن بین رشد اقتصادی ... (معصومه مطلبی و دیگران) ۱۵۵

(Sarwar et al. 2017)، (۲۰۱۷). درحالی که محققان دیگر فرضیه خشتی بودن را حمایت می کنند که فرض می کند رشد اقتصادی و مصرف انرژی مستقل هستند (ولد رافائل Wold-Rufael, 2009)، (۲۰۰۹؛ اسمیچ و پاپیز (Smiech & Papiez, 2014)، (۲۰۱۴).

علی رغم مطالعات زیاد انجام شده بر رابطه رشد-انرژی، هیچ توافقی بر جهت علیت وجود ندارد. این اختلاف در نتایج، به نظر می رسد بر پایه کشورها، دوره ها یا رهیافت استفاده شده باشد. یک راه حل برای حل این مشکل اضافه کردن متغیرهای کنترل اضافی نظیر توسعه مالی (شهbaz و همکاران (Shahbaz et al. 2017)، (۲۰۱۷) و تشکیل سرمایه (بنکرائیم و همکاران (Benkraiem et al. 2019)، (۲۰۱۹) است.

سادورسکی (Sandusky) (۲۰۱۱)، به سه کانال تأثیرگذاری توسعه مالی بر مصرف انرژی اشاره کرد. کانال اول اثر مستقیم است. زمانی که توسعه مالی بیشتر می شود، مصرف کنندگان به منظور خرید کالاهای بادوام که مقدار زیادی انرژی مصرف می کنند، می توانند آسانتر و ارزانتر وام بگیرند. کانال دوم، اثر تجارت است. توسعه مالی بهبود یافته به کسب و کارها برای دسترسی به سرمایه مالی آسانتر و کم هزینه تر کمک می کند. به علاوه توسعه بازار سهام می تواند، کسب و کارها را با فراهم آوردن منابع تأمین مالی اضافی برای آنها تحت تأثیر قرار دهد. کانال سوم، اثر ثروت است. فعالیت افزایشی بازار سهام، معمولاً اعتماد مصرف کنندگان و کسب و کارها را با ایجاد اثر ثروت تحت تأثیر قرار می دهد. اعتماد اقتصادی افزایشی ممکن است، اقتصاد را توسعه دهد و تقاضای انرژی افزایش یابد. انرژی به عنوان ابزار ضروری برای توسعه پایدار دیده می شود. در این شرایط تعیین رابطه علی بین مصرف انرژی، توسعه مالی و رشد اقتصادی اهمیت خاصی برای محققان و تصمیم گیرندگان دارد. تعداد کمی مطالعه وجود دارد که رابطه بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و توسعه مالی را بررسی کرده اند. مطالعات تجربی محدوده ای از نتایج متضاد را نشان می دهند که از نظر علائم، اندازه اثرگذاری و معنی داری خیلی متفاوت هستند (ماهالیک و همکاران (Mahalik et al. 2017)، (۲۰۱۷؛ بخت و همکاران (Bekhet et al. 2017)، (۲۰۱۷).

۲.۱.۲ مصرف انرژی و اقتصاد زیرزمینی

قبل از بررسی مبانی نظری رابطه بین مصرف انرژی و اقتصاد زیرزمینی لازم است اقتصاد غیررسمی تعریف شود. اسمیت (Smith) (۱۹۹۴)، اقتصاد غیررسمی را به عنوان مجموعه ای

از فعالیت‌های قانونی و غیرقانونی تعریف کرد که از تشخیص در تخمین‌های رسمی تولید ناخالص داخلی فرار می‌کنند.

اقتصاد غیررسمی در بیشتر کشورها، مخصوصاً کشورهای پیشرفته به‌عنوان یک بخش کاربر در عوض سرمایه‌بر بدون دسترسی به تکنولوژیکی پیشرفته در تولید توصیف می‌شود (متهیوز (Mathews, 1983)، ۱۹۸۳: ۲۶۳). می‌توان بیان کرد که بخش غیررسمی در مقیاس کوچک به منظور اجتناب از بررسی دقیق دولت کار می‌کند. در نتیجه، به دلیل محدودیت‌ها بر صرفه‌جویی‌های مقیاس، بخش غیررسمی با صرفه‌جویی‌های کمتر و میزان نیروی کار بالاتر تولید می‌کند. توضیح دیگر برای کاربر بودن به دلیل هزینه‌های عملیاتی پایین‌تر نیروی کار در بخش غیررسمی است. نیروی کار در بخش غیررسمی، ارزان‌تر از بخش رسمی است. بدین دلیل که کارفرمایان بخش غیررسمی مجبور به پرداخت حداقل دست‌مزد، پرداخت‌های خاتمه خدمت ۱ یا حق بیمه برای کارگران به میزانی که در بخش رسمی پرداخت می‌شود، نیستند.

بسبی و همکاران (Basbay et al) (۲۰۱۶) بیان کردند که رابطه بین غیررسمی بودن و شدت انرژی با دو نیروی رقیب توضیح داده می‌شود که در جهت‌های مخالف کار می‌کنند. از یک طرف، سطوح بالاتر اندازه بخش غیررسمی به سطوح پایین‌تری از استفاده از انرژی منجر می‌شود. چون بخش غیررسمی مجبور است برای اجتناب از نظارت توسط عوامل قانونی بر مقیاس کوچک‌تری عمل کند، بخش غیررسمی تمایل دارد با به‌کار بردن سرمایه کم‌تر و نیروی کار بیشتر عمل کند. شدت نیروی کار معمولاً با سطوح کمتر استفاده از انرژی مطابقت دارد، افزایش در اندازه بخش غیررسمی احتمالاً به سطوح کمتر استفاده از انرژی منجر می‌شود.

از طرف دیگر، در کشورهایی با قواعد قانونی ضعیف، نهادهای ضعیف و قدرت نظارت محدود، بخش غیررسمی می‌تواند از هزینه‌های مرتبط با مصرف انرژی فرار کند و در بعضی موارد حتی به‌طور غیرقانونی و آزادانه به مصرف انرژی پردازد. در نتیجه، در بخش غیررسمی تا زمانی که تولیدکننده تولید کل را افزایش می‌دهد، انرژی می‌تواند به‌وفور بدون هیچ هزینه یا نظارتی استفاده شود. این مکانیسم می‌تواند رابطه مثبت بین اندازه بخش غیررسمی و مصرف انرژی ایجاد کند. اما، این مکانیسم جهانی نیست و عموماً برای اقتصادهای در حال توسعه با سطوح بالای غیررسمی بودن رخ می‌دهد. این دو نیروی

رقیب در جهت مخالف کار می‌کند، اولی برای یک محدوده وسیعی از اندازه بخش غیررسمی معتبر است و دومی تنها برای سطوح بالای غیررسمی بودن رخ می‌دهد. در دو مطالعه دیگر نیز الگین و ازتونالی (Elgin and Oztunali) (۲۰۱۴a)، برای ۱۵۲ کشور و الگین و ازتونالی (۲۰۱۴b) برای اقتصاد ترکیه رابطه بین چندین شاخص آلودگی و اندازه بخش غیررسمی را به صورت غیرخطی بررسی کردند و استدلال کردند که دو کانال مختلف برای رابطه بین غیررسمی بودن و آلودگی وجود دارد. اول اینکه یک بخش غیررسمی بزرگتر (کوچکتر) با استفاده از سرمایه کمتر (بیشتر) و بنابراین آلودگی کم‌تر (بیش‌تر) همراه است. دوم اینکه یک بخش غیررسمی وسیع‌تر (کوچکتر) با آلودگی بیش‌تر (کم‌تر) می‌تواند همراه شود، صرفاً بدین دلیل که بخش غیررسمی از مقررات و استانداردهای زیست محیطی دولت تبعیت نمی‌کند. کانال اول، اثر مقیاس بخش غیررسمی و کانال دوم اثر آزادسازی نامیده می‌شود. در مورد آلودگی، برای سطوح پایین‌تر اقتصاد غیررسمی، اثر آزادسازی مسلط بر اثر مقیاس است؛ در حالی که برای سطوح وسیع‌تر اقتصاد غیررسمی برعکس می‌شود. این دو مکانیسم ارائه شده در جهت مخالف برای رابطه بین آلودگی و اقتصاد غیررسمی می‌تواند به مورد مصرف انرژی و اقتصاد غیررسمی نیز توسعه داده شود و علت اصلی رابطه غیرخطی بین مصرف انرژی و اقتصاد غیررسمی باشد (بسبی و همکاران، ۲۰۱۶: ۱۹).

۲.۲ پیشینه پژوهش

مطالعات مختلف در مورد موضوع پژوهش حاضر انجام شده است. در جدول ۱، برخی از مطالعات که با موضوع حاضر مرتبط‌تر هستند، بحث می‌شود.

جدول ۱. برخی از مطالعات خارجی و داخلی انجام شده در مورد موضوع

منبع: مطالعات محققین

نویسندگان	کشور	دوره	روش	نتیجه
مطالعات خارجی				
کارانفیل (۲۰۰۸)	ترکیه	۱۹۷۰-۲۰۰۵	تکنیک مدلسازی تصحیح خطا	رابطه بلندمدت بین GDP رسمی و مصرف انرژی وجود دارد. همچنین، علیت یک‌طرفه از

<p>GDP رسمی به انرژی در کوتاه‌مدت و بلندمدت وجود دارد. اما، زمانی که اقتصاد غیررسمی نیز در GDP در نظر گرفته می‌شود، هیچ رابطه علیت یا هم‌انباشتگی بین GDP صحیح و مصرف انرژی وجود ندارد.</p>				
<p>در سطح کلی، شدت انرژی به‌طور معکوس با اندازه بخش غیررسمی مرتبط است. علاوه بر این، بعضی شواهد از غیرخطی بودن و عدم تقارن در این رابطه وجود دارد.</p>	پنل	۱۹۸۰-۲۰۱۲	۱۵۹ کشور	بسی و همکاران (۲۰۱۶)
<p>هم‌انباشتگی نامتقارن بین متغیرها وجود دارد. علیت نامتقارن نشان می‌دهد که تنها تکانه‌های منفی مصرف انرژی و توسعه مالی بر رشد اقتصادی اثر دارد.</p>	رویکرد خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی	1960Q1-2015Q4	هند	شهباز و همکاران (۲۰۱۷)
<p>نتایج، وجود رابطه نامتقارن بین متغیرهای مورد بررسی را تأیید می‌کند. تکانه‌های مثبت و منفی GDP رسمی و GDP صحیح و اقتصاد سایه اثر مثبت بر مصرف انرژی دارد.</p>	NARDL و علیت نامتقارن هاتمی-سجی	۱۹۶۰-۲۰۱۵	بولیوی	بنکرائیم و همکاران (۲۰۱۹)
مطالعات داخلی				
<p>در هر دو گروه کشورها اثرات رشد اقتصادی بر مصرف انرژی غیرخطی است، به‌طوری که نرخ‌های بالای رشد اقتصادی (نرخ‌های رشد اقتصادی بیش‌تر از آستانه ۰/۰۱ برای OPEC و ۰/۰۹ برای BRICS)، نرخ رشد مصرف انرژی در آن کشورها را با شدت بیشتری افزایش می‌دهد.</p>	تصحیح خطای آستانه‌ای	۱۹۸۰-۲۰۰۶	کشورهای عضو اوپک و کشورهای BRIC عضو	مهرآرا و همکاران (۱۳۹۰)
<p>توسعه مالی و رشد اقتصادی رابطه بلندمدت با مصرف انرژی دارند. همچنین، رابطه علی یک طرفه از رشد اقتصادی و توسعه مالی به مصرف انرژی تأیید می‌شود.</p>	آزمون همگرایی باند و علیت گرنجر تودا- یاماموتو	۱۳۵۵-۸۹	ایران	فرازمند و همکاران (۱۳۹۲)

توسعه مالی، تولید ناخالص داخلی و شدت انرژی اثر مثبت و معنادار هم در کوتاه مدت و هم در بلندمدت بر مصرف انرژی دارد.	گشتاورهای تعمیم یافته	۲۰۰۰-۲۰۱۱	کشورهای منتخب عضو اوپک	حمیدی و همکاران (۱۳۹۶)
در دوره بلندمدت ارتباط مثبت و معنی دار میان سرمایه و تولید ناخالص داخلی با مصرف انرژی وجود دارد. همچنین، وجود رابطه کوتاه مدت بین تمامی متغیرهای مدل تأیید گردید.	حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) و روش میانگین گروهی (MG)	۱۳۶۵-۹۵	ایران	مرتضوی و همکاران (۱۳۹۷)

در مطالعات انجام شده در ایران اثر متغیرهای مختلف بر مصرف انرژی بررسی شده است، اما تا کنون اثر تولید ناخالص داخلی غیر رسمی بر مصرف انرژی و اثر تولید ناخالص داخلی بر مصرف انرژی با لحاظ کردن تولید ناخالص داخلی غیررسمی بررسی نشده است. با توجه به بالا بودن سطح فعالیت‌های غیررسمی در ایران، لحاظ کردن فعالیت‌های غیر رسمی در رابطه رشد-انرژی می‌تواند به گرفتن نتایج صحیح کمک کند و در بهبود سیاست‌گذاری مؤثر باشد. مطالعه حاضر به بررسی اثر نامتقارن و غیرخطی تکانه‌های مثبت و منفی تولید ناخالص داخلی غیررسمی و تولید ناخالص داخلی با لحاظ کردن تولید ناخالص داخلی غیررسمی بر مصرف انرژی می‌پردازد که تا کنون مطالعه‌ای به این صورت در ایران انجام نشده است.

۳. داده و تصریح الگو

۱.۳ داده

مجموعه داده شامل شش متغیر مصرف انرژی (EC)، تشکیل سرمایه (K)، توسعه مالی (FD)، تولید ناخالص داخلی رسمی (OGDP)، تولید ناخالص داخلی صحیح (TGDP) و اقتصاد غیررسمی (UE) برای اقتصاد ایران طی دوره زمانی ۱۳۴۶-۹۷ است. مصرف انرژی که برای آن از مصرف نهایی انرژی به میلیون بشکه معادل نفت خام استفاده می‌شود و از سایت وزارت نیرو جمع‌آوری می‌شود. تشکیل سرمایه که برای آن از تشکیل سرمایه ثابت ناخالص به میلیارد ریال استفاده شده است و از حساب‌های ملی، بانک مرکزی جمع‌آوری می‌شود. توسعه مالی که برای آن از نسبت اعتبارات اعطایی به بخش خصوصی

به تولید ناخالص داخلی (به درصد) استفاده شده است و از پایگاه داده بانک جهانی جمع‌آوری شده است. تولید ناخالص داخلی رسمی به میلیارد ریال از حساب‌های ملی، بانک مرکزی جمع‌آوری شده است. اقتصاد غیررسمی به درصد به صورت اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی که برای تخمین آن از روش MIMIC استفاده شده است و از مطالعه مطلبی و همکاران (۲۰۲۰) جمع‌آوری شده است که تا سال ۱۳۹۷ به روز شده است. تولید ناخالص داخلی واقعی که به صورت مجموع تولید ناخالص داخلی رسمی و تولید ناخالص داخلی غیررسمی محاسبه می‌شود. برای محاسبه آن از مدل ساوانسن (Savansen) (۲۰۰۳) و اشنایدر و ساوانسن (Schneider & Savansen) (۲۰۰۷) استفاده می‌شود که در مطالعه کارانفیل (۲۰۰۸) و بنکرائیم و همکاران (۲۰۱۹) نیز برای لحاظ کردن تولید ناخالص داخلی غیررسمی در تولید ناخالص داخلی و محاسبه تولید ناخالص داخلی صحیح از همین روش استفاده شده است. با توجه به اینکه واحد متغیرهای مورد استفاده در این مطالعه یکسان نیست، برای یکسان‌سازی کلیه متغیرها لگاریتم‌گیری می‌شوند.

۲.۳ روش‌شناسی پژوهش

در مطالعه حاضر الگوی خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی (Nonlinear autoregressive distributed lag) (NARDL) ارائه شده توسط شین و همکاران (Shin et al, 2014) (۲۰۱۴) استفاده می‌شود. رهیافت NARDL عدم تقارن و غیرخطی بودن در روابط را در کنار روابط هم‌انباشتگی در نظر می‌گیرد (بنکرائیم و همکاران، ۲۰۱۹: ۴۰۸-۴۰۹). بنکرائیم و همکاران (۲۰۱۹)، برای بررسی رابطه غیرخطی و علیت نامتقارن بین اقتصاد غیررسمی و مصرف انرژی از سه معادله جداگانه استفاده کردند و تولید ناخالص داخلی رسمی، تولید ناخالص داخلی صحیح (مجموع اقتصاد رسمی و غیررسمی) و اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی را در سه معادله جداگانه در کنار متغیرهای توسعه مالی و تشکیل سرمایه برای بررسی رابطه رشد-انرژی برای کشور بولیوی در نظر گرفتند. در این مطالعه نیز به پیروی از مطالعه بنکرائیم و همکاران (۲۰۱۹) از همان متغیرها و همان سه معادله برای بررسی رابطه رشد-انرژی در اقتصاد ایران استفاده می‌شود و برای بررسی رابطه نامتقارن و غیرخطی از رهیافت NARDL و علیت نامتقارن از علیت نامتقارن هاتمی-جی (Hatemi-J) (۲۰۱۲) مانند مطالعه اشاره شده استفاده می‌شود.

گنجاندن عدم تقارن کوتاه مدت و بلندمدت به طور هم زمان در الگوی ARDL بالا و در نظر گرفتن الگوی NARDL برای هر یک از سه متغیر کلیدی در نظر گرفته شده به تخمین سه الگو NARDL به صورت زیر منجر می شود.

$$\begin{aligned} \Delta IEC_t = & \mu + \rho_{EC} IEC_{t-1} + \rho_{OGDP}^+ ILOGDP_{t-1}^+ + \rho_{OGDP}^- ILOGDP_{t-1}^- + \rho_K^+ IK_{t-1}^+ + \rho_K^- IK_{t-1}^- \\ & + \rho_{FD}^+ IFD_{t-1}^+ + \rho_{FD}^- IFD_{t-1}^- + \sum_{i=1}^{p-1} \varphi_i \Delta IEC_{t-i} + \sum_{i=0}^{q-1} (\theta_i^+ \Delta ILOGDP_{t-i}^+ \\ & + \theta_i^- \Delta ILOGDP_{t-i}^-) + \sum_{i=0}^{q-1} (\gamma_i^+ \Delta IK_{t-i}^+ + \gamma_i^- \Delta IK_{t-i}^-) + \sum_{i=0}^{q-1} (\delta_i^+ \Delta IFD_{t-i}^+ \\ & + \delta_i^- \Delta IFD_{t-i}^-) + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \Delta IEC_t = & \mu + \rho_{EC} IEC_{t-1} + \rho_{TGDP}^+ ITGDP_{t-1}^+ + \rho_{TGDP}^- ITGDP_{t-1}^- + \rho_K^+ IK_{t-1}^+ + \rho_K^- IK_{t-1}^- \\ & + \rho_{FD}^+ IFD_{t-1}^+ + \rho_{FD}^- IFD_{t-1}^- + \sum_{i=1}^{p-1} \varphi_i \Delta IEC_{t-i} + \sum_{i=0}^{q-1} (\theta_i^+ \Delta ITGDP_{t-i}^+ \\ & + \theta_i^- \Delta ITGDP_{t-i}^-) + \sum_{i=0}^{q-1} (\gamma_i^+ \Delta IK_{t-i}^+ + \gamma_i^- \Delta IK_{t-i}^-) + \sum_{i=0}^{q-1} (\delta_i^+ \Delta IFD_{t-i}^+ \\ & + \delta_i^- \Delta IFD_{t-i}^-) + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta IEC_t = & \mu + \rho_{EC} IEC_{t-1} + \rho_{UE}^+ IUE_{t-1}^+ + \rho_{UE}^- IUE_{t-1}^- + \rho_K^+ IK_{t-1}^+ + \rho_K^- IK_{t-1}^- + \rho_{FD}^+ IFD_{t-1}^+ \\ & + \rho_{FD}^- IFD_{t-1}^- + \sum_{i=1}^{p-1} \varphi_i \Delta IEC_{t-i} + \sum_{i=0}^{q-1} (\theta_i^+ \Delta IUE_{t-i}^+ + \theta_i^- \Delta IUE_{t-i}^-) \\ & + \sum_{i=0}^{q-1} (\gamma_i^+ \Delta IK_{t-i}^+ + \gamma_i^- \Delta IK_{t-i}^-) + \sum_{i=0}^{q-1} (\delta_i^+ \Delta IFD_{t-i}^+ + \delta_i^- \Delta IFD_{t-i}^-) + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (4)$$

اندیس (+) و (-) در معادلات (۲) تا (۴)، مقادیر جزئی مثبت و منفی را نشان می دهد که به صورت زیر محاسبه می شود.

$$\begin{aligned} ILOGDP_t^+ &= \sum_{j=1}^t \Delta ILOGDP_j^+ & ILOGDP_t^- &= \sum_{j=1}^t \Delta ILOGDP_j^- \\ &= \sum_{j=1}^t \max(0, \Delta ILOGDP_j); & &= \sum_{j=1}^t \min(\Delta ILOGDP_j, 0) \\ ITGDP_t^+ &= \sum_{j=1}^t \Delta ITGDP_j^+ = \sum_{j=1}^t \max(0, \Delta ITGDP_j); & ITGDP_t^- &= \sum_{j=1}^t \Delta ITGDP_j^- = \sum_{j=1}^t \min(\Delta ITGDP_j, 0) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 lUE_t^+ &= \sum_{j=1}^t \Delta lUE_j^+ = \sum_{j=1}^t \max(0, \Delta lUE_j); & lUE_t^- &= \sum_{j=1}^t \Delta lUE_j^- = \sum_{j=1}^t \min(\Delta lUE_j, 0) \\
 lK_t^+ &= \sum_{j=1}^t \Delta lK_j^+ = \sum_{j=1}^t \max(0, \Delta lK_j); & lK_t^- &= \sum_{j=1}^t \Delta lK_j^- = \sum_{j=1}^t \min(\Delta lK_j, 0) \\
 lFD_t^+ &= \sum_{j=1}^t \Delta lFD_j^+ = \sum_{j=1}^t \max(0, \Delta lFD_j); & lFD_t^- &= \sum_{j=1}^t \Delta lFD_j^- = \sum_{j=1}^t \min(\Delta lFD_j, 0)
 \end{aligned}$$

ضرایب بلندمدت مثبت و منفی برای هر عامل تعیین کننده مصرف انرژی در روش مشابه با استفاده از همین فرمول محاسبه می شوند. برای مثال ضرایب بلندمدت مثبت و منفی برای OGDP به ترتیب به صورت $\beta_{OGDP}^+ = -\frac{\rho_{OGDP}}{\rho_{EC}}$ و $\beta_{OGDP}^- = -\frac{\rho_{OGDP}}{\rho_{EC}}$ محاسبه می شوند.

آزمون Wald، برای بررسی عدم تقارن بلندمدت ($\theta = \theta^+ = \theta^-$) و عدم تقارن کوتاه مدت ($\alpha = \alpha^+ = \alpha^-$) برای همه متغیرها اعمال می شود. برای آزمون وجود هم-انباشتگی بلندمدت نامتقارن، شین و همکاران (۲۰۱۴)، آزمون کرانه‌ها را پیشنهاد می کنند که آزمون مشترک از تمام سطوح وقفه‌های رگرسیون‌ها است. برای آزمون وجود هم-انباشتگی بلندمدت، دو آماره t از بنرجی و همکاران (Banerjee et al) (۱۹۹۸) و آماره F از پسران و همکاران (Pesaran et al) (۲۰۰۱) استفاده می شود. ضرایب نامتقارن بلندمدت براساس $L_{mi^+} = \theta^+/\rho$ و $L_{mi^-} = \theta^-/\rho$ تخمین زده می شود.

ضرایب پویای نامتقارن برای هر یک از عوامل تعیین کننده (Y) مصرف انرژی شامل $\{OGDP, TGDP, UE, K, FD\}$ ، با توجه به یک واحد تکانه مثبت و منفی (تغییرات مثبت و منفی Y) مطابق فرمول های زیر محاسبه می شود:

$$m_{h,Y}^+ = \sum_{j=0}^h \frac{\partial EC_{t+j}}{\partial Y_t^+} \text{ and } m_{h,Y}^- = \sum_{j=0}^h \frac{\partial EC_{t+j}}{\partial Y_t^-}$$

شین و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که $m_{h,Y}^- \rightarrow \beta_Y^-$ و $m_{h,Y}^+ \rightarrow \beta_Y^+$ همان طور که $h \rightarrow \infty$. ضرایب پویا نشان دهنده پاسخ های نامتقارن متغیر وابسته (مصرف انرژی) به تکانه های مثبت و منفی در متغیرهای مستقل (عوامل تعیین کننده مصرف انرژی) است. براساس ضرایب برآورد شده، تعدیل های پویا، از تعادل اولیه به تعادل جدید بین متغیرهای سیستم پس از تغییراتی که بر سیستم تاثیر می گذارند، مشاهده می شوند.

۴. نتایج تجربی

۱.۴ آزمون مانایی متغیرها

قبل از برآورد الگو لازم است مانایی متغیرها بررسی شود. در مطالعه حاضر برای بررسی مانایی متغیرها از آزمون مانایی دیکی فولر تعمیم یافته (Augmented Dickey-Fuller) و آزمون زیووت-اندریوز (Zivot-Andrews Test) با لحاظ یک شکست ساختاری درون‌زا استفاده می‌شود. در جدول ۲ نتایج آزمون مانایی متغیرهای مورد استفاده در تحقیق ارائه شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون ریشه واحد
 آماره بحرانی در سطح ۹۵٪ برای آزمون ADF برابر با ۳/۵-
 و برای آزمون زیووت-اندریوز برابر با ۵/۰۸- است.
 منبع: یافته‌های پژوهش

زیووت-اندریوز		دیکی فولر تعمیم یافته		متغیر
I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	
-۵/۶۶	-۴/۲	-۴/۴۲	-۲/۶	IEC
-۷/۱	-۴/۱۴	-۶/۴۳	-۱/۲۴	IFD
-۶/۶	-۳/۴	-۵/۳	-۲/۲	IK
-۶/۶	-۴/۶	-۴/۵	-۱/۹۷	IOGDP
	-۵/۱۵	-۸/۴	-۲/۷۴	IUE
-۶/۳	-۴/۶	-۴/۳	-۲/۶۳	ITGDP

بر اساس نتایج، همه متغیرها مانا با یک تفاضل با عرض از مبدأ و روند در آزمون دیکی-فولر تعمیم یافته هستند. در آزمون زیووت-اندریوز متغیر اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی مانا در سطح و سایر متغیرها مانا با یک تفاضل هستند.

۲.۴ آزمون غیرخطی BDS

به منظور اطمینان از غیرخطی بودن متغیرها، در این مطالعه از آزمون براك، دیکرت و شاینکمن (Brock, Dechert and Scheinkman) (BDS) استفاده شده است. فرضیه صفر

آزمون BDS بدین صورت است که داده‌ها به‌طور مستقل و یکسان (i.i.d) توزیع شده‌اند. رد فرضیه صفر وجود وابستگی غیرخطی بین داده‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۳. نتایج آزمون BDS

منبع: یافته‌های پژوهش

IK			IEC		
Bootstrap Prob	آماره BDS	بعد	Bootstrap Prob	آماره BDS	بعد
۰/۰۰۰	۰/۱۶۳	۲	۰/۰۰۰	۰/۲۰۱	۲
۰/۰۰۰	۰/۲۷	۳	۰/۰۰۰	۰/۳۴	۳
۰/۰۰۰	۰/۳۳۳	۴	۰/۰۰۰	۰/۴۴	۴
۰/۰۰۰	۰/۳۷	۵	۰/۰۰۰	۰/۵۰۶	۵
۰/۰۰۰	۰/۳۸۴	۶	۰/۰۰۰	۰/۵۶۱	۶
IOGDP			IFD		
Bootstrap Prob	آماره BDS	بعد	Bootstrap Prob	آماره BDS	بعد
۰/۰۰۰	۰/۱۷۲	۲	۰/۰۰۰	۰/۱۶۳	۲
۰/۰۰۰	۰/۲۸۲	۳	۰/۰۰۰	۰/۲۶	۳
۰/۰۰۰	۰/۳۶	۴	۰/۰۰۰	۰/۳۲	۴
۰/۰۰۰	۰/۴۱	۵	۰/۰۰۰	۰/۳۶	۵
۰/۰۰۰	۰/۴۴۳	۶	۰/۰۰۰	۰/۳۷۶	۶
IUE			ITGDP		
Bootstrap Prob	آماره BDS	بعد	Bootstrap Prob	آماره BDS	بعد
۰/۰۰۰	۰/۱۴۵	۲	۰/۰۰۰	۰/۱۷۰۳	۲
۰/۰۰۰	۰/۲۴۲	۳	۰/۰۰۰	۰/۲۸	۳
۰/۰۰۰	۰/۳۲۲	۴	۰/۰۰۰	۰/۳۵۷	۴
۰/۰۰۰	۰/۳۷۴	۵	۰/۰۰۰	۰/۴۰۸	۵
۰/۰۰۰	۰/۴۲۲	۶	۰/۰۰۰	۰/۴۵	۶

بررسی رابطه نامتقارن بین رشد اقتصادی ... (معصومه مطلبی و دیگران) ۱۶۵

در جدول ۳، مقادیر آماره BDS نشان‌دهنده غیرخطی بودن شدید فرآیند زمانی تمام متغیرها است، بنابراین می‌توان از رهیافت‌های NARDL و علیت نامتقارن هاتمی جی (۲۰۱۲) استفاده کرد.

۳.۴ نتایج الگوی NARDL

در جداول ۴ و ۵ به ترتیب، نتایج آزمون باند (Bound Testing) برای هم‌انباشتگی نامتقارن و نتایج ضرایب بلندمدت و کوتاه‌مدت NARDL ارائه شده است.

جدول ۴. نتایج آزمون باند برای هم‌انباشتگی نامتقارن

IUE	ITGDP	IOGDP	آزمون باند	
۱۳/۶۶۳	۱۳/۹۹۴	۱۱/۸۳۹	F _{PSS}	
-۳/۸۱	-۴/۴۸	-۴/۹۶۸	t _{BDM}	
بنرچی و همکاران (۱۹۹۶)		پسران و همکاران (۲۰۰۱)		
مقدار بحرانی	سطح معناداری	UCB I(1)	LCB I(0)	سطح معناداری
-۴/۷۱	%۹۹	۴/۳۹	۳/۲۷	%۹۹
-۴/۰۳	%۹۵	۳/۶۲	۲/۶۳	%۹۵
-۳/۶۷	%۹۰	۳/۲۵	۲/۳۳	%۹۰

جدول ۵. نتایج الگوی NARDL

منبع: یافته‌های پژوهش

Unofficial Economy		True GDP		Official GDP	
ضریب	متغیر	ضریب	متغیر	ضریب	متغیر
** -۰/۸۵(۰/۰۲)	IEC _{t-1}	** -۰/۷۵(۰/۰۰۳)	EC _{t-1}	** -۰/۸۴(۰/۰۰۲)	IEC _{t-1}
** ۱/۴۱(۰/۰۰۰)	IUE _{t-1} ⁺	** ۱/۴۵(۰/۰۰۰)	ITGDP _{t-1} ⁺	** ۱/۶(۰/۰۰۰)	IOGDP _{t-1} ⁺
-۰/۱۱(۰/۰۴)	IUE _{t-1} ⁻	-۰/۱(۰/۰۲۳)	ITGDP _{t-1} ⁻	* -۰/۱۵(۰/۰۱)	IOGDP _{t-1} ⁻
۰/۰۹(۰/۰۶)	IK _{t-1} ⁺	* ۰/۳(۰/۰۰۹)	IK _{t-1} ⁺	* ۰/۳۴(۰/۰۰۵)	IK _{t-1} ⁺
۰/۲۱(۰/۰۲۳)	IK _{t-1} ⁻	۰/۱۲(۰/۰۱۳)	IK _{t-1} ⁻	۰/۹۷(۰/۰۱۹)	IK _{t-1} ⁻
-۰/۵۱(۰/۰۰۱) ***	IFD _{t-1} ⁺	** -۰/۵۹(۰/۰۰۰)	IFD _{t-1} ⁺	** -۰/۵۸۹(۰/۰۰۰)	IFD _{t-1} ⁺

۱۶۶ اقتصاد و تجارت نوین، سال ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

-۰/۲۱(۰/۳۳)	IFD _{t-1} ⁻	۰/۱۵(۰/۴)	IFD _{t-1} ⁻	***۰/۳(۰/۰۰۲)	IFD _{t-1} ⁻
-۰/۰۹(۰/۰۶)	ΔIEC _{t-1}	-۰/۰۰۳(۰/۰۹۸)	ΔIEC _{t-1}	۰/۰۶(۰/۰۶)	ΔIEC _{t-1}
۰/۲۳(۰/۰۲۶) *	ΔIUE _t ⁺	*۰/۲۴(۰/۰۰۲)	ΔITGDP _t ⁺	***۰/۶۶(۰/۰۰۳)	ΔIOGDP _t ⁺
-۰/۲(۰/۵۱)	ΔIUE _{t-1} ⁺	-۰/۲۷(۰/۲۶)	ΔITGDP _{t-1} ⁺	-۰/۴(۰/۱۰۳)	ΔIOGDP _{t-1} ⁺
۰/۱۱(۰/۵۷)	ΔIUE _{t-2} ⁺	*۰/۳۲(۰/۰۸)	ΔITGDP _{t-2} ⁺	۰/۲۸(۰/۱۴۵)	ΔIOGDP _{t-2} ⁺
۰/۱۳(۰/۶۴)	ΔIUE _{t-3} ⁺	۰/۲۱(۰/۱۸)	ΔITGDP _{t-3} ⁺	۰/۲۸(۰/۱۱)	ΔIOGDP _{t-3} ⁺
۰/۲۸(۰/۲)	ΔIUE _t ⁻	***۰/۷(۰/۰۰۲)	ΔITGDP _t ⁻	***۰/۷۶(۰/۰۰۲)	ΔIOGDP _t ⁻
۰/۲۵(۰/۳۴)	ΔIUE _{t-1} ⁻	۰/۳۱(۰/۲۶)	ΔITGDP _{t-1} ⁻	۰/۴۵(۰/۱۳)	ΔIOGDP _{t-1} ⁻
-۰/۲۳(۰/۳۲)	ΔIUE _{t-2} ⁻	۰/۱(۰/۶۱)	ΔITGDP _{t-2} ⁻	۰/۱۸(۰/۳۷)	ΔIOGDP _{t-2} ⁻
-۰/۳۳(۰/۱۵)	ΔIUE _{t-3} ⁻	**۰/۴(۰/۰۳)	ΔITGDP _{t-3} ⁻	**۰/۳۸(۰/۰۴)	ΔIOGDP _{t-3} ⁻
**۰/۲۹(۰/۰۴)	ΔIk _t ⁺	**۰/۱۸(۰/۰۴۵)	ΔIk _t ⁺	-۰/۱۳(۰/۱۴)	ΔIk _t ⁺
*۰/۳(۰/۰۸)	ΔIk _{t-1} ⁺	***۰/۴۲(۰/۰۰۶)	ΔIk _{t-1} ⁺	***۰/۴۶(۰/۰۰۴)	ΔIk _{t-1} ⁺
-۰/۲۴(۰/۱۰۳)	ΔIk _{t-2} ⁺	***۰/۴(۰/۰۰۵)	ΔIk _{t-2} ⁺	***۰/۴۵(۰/۰۰۴)	ΔIk _{t-2} ⁺
۰/۳۱(۰/۰۰۵)	ΔIk _{t-3} ⁺	*۰/۳۸(۰/۰۰۵)	ΔIk _{t-3} ⁺	***۰/۳۸(۰/۰۰۵)	ΔIk _{t-3} ⁺
۰/۰۸(۰/۳)	ΔIk _t ⁻	۰/۵۶(۰/۴)	ΔIk _t ⁻	۰/۰۸(۰/۲۳)	ΔIk _t ⁻
-۰/۱۷(۰/۲۵)	ΔIk _{t-1} ⁻	**۰/۲۷(۰/۰۲)	ΔIk _{t-1} ⁻	**۰/۲۵(۰/۰۰۳)	ΔIk _{t-1} ⁻
-۰/۰۴(۰/۷۴)	ΔIk _{t-2} ⁻	-۰/۱۱(۰/۱۹)	ΔIk _{t-2} ⁻	-۰/۱۲(۰/۱۸)	ΔIk _{t-2} ⁻
-۰/۰۳(۰/۸)	ΔIk _{t-3} ⁻	-۰/۰۹(۰/۲۱۴)	ΔIk _{t-3} ⁻	-۰/۱(۰/۱۷)	ΔIk _{t-3} ⁻
-۰/۱۶(۰/۱۵)	ΔIFD _t ⁺	-۰/۰۳۵(۰/۵۵)	ΔIFD _t ⁺	۰/۰۱۵۲(۰/۷۸)	ΔIFD _t ⁺
۰/۲۵(۰/۰۱)	ΔIFD _{t-1} ⁺	*۰/۳۶(۰/۰۰۱)	ΔIFD _{t-1} ⁺	***۰/۴(۰/۰۰۱)	ΔIFD _{t-1} ⁺
۰/۲(۰/۰۲)	ΔIFD _{t-2} ⁺	*۰/۴۱(۰/۰۰۰)	ΔIFD _{t-2} ⁺	***۰/۴۷(۰/۰۰۰)	ΔIFD _{t-2} ⁺
۰/۰۶(۰/۳۶)	ΔIFD _{t-3} ⁺	**۰/۲۱(۰/۰۲)	ΔIFD _{t-3} ⁺	**۰/۲۶(۰/۰۰۸)	ΔIFD _{t-3} ⁺
۰/۴۶(۰/۰۴)	ΔIFD _t ⁻	*۰/۵۶(۰/۰۰۱)	ΔIFD _t ⁻	***۰/۵۷(۰/۰۰۱)	ΔIFD _t ⁻
۰/۱۲(۰/۴۵)	ΔIFD _{t-1} ⁻	۰/۰۰۱(۰/۹۹)	ΔIFD _{t-1} ⁻	-۰/۰۳(۰/۷۸)	ΔIFD _{t-1} ⁻
۰/۱(۰/۳۶)	ΔIFD _{t-2} ⁻	-۰/۰۴(۰/۷)	ΔIFD _{t-2} ⁻	-۰/۱(۰/۴)	ΔIFD _{t-2} ⁻
*۰/۲۸(۰/۰۸)	ΔIFD _{t-3} ⁻	-۰/۰۵(۰/۶۵)	ΔIFD _{t-3} ⁻	-۰/۱۶(۰/۲۳)	ΔIFD _{t-3} ⁻
۰/۳۶(۰/۰۳)	c	*۰/۷(۰/۰۰۶)	c	***۰/۰۳(۰/۰۰۳)	C
۰/۹۹	R ²	۰/۹۹	R ²	۰/۹۹	R ²
۰/۹۲	R ² تعدیل شده	۰/۹۴	R ² تعدیل شده	۰/۹۳	R ² تعدیل شده
۲۴/۴(۰/۲۸)	خود همبستگی	۴۱/۱(۰/۱۵)	خود همبستگی	۳۵/۵۲(۰/۱۲)	خود همبستگی
۰/۳۴(۰/۵۶)	ناهمسانی	۰/۰۶(۰/۸۱)	ناهمسانی	۰/۷۱(۰/۴)	ناهمسانی

بررسی رابطه نامتقارن بین رشد اقتصادی ... (معصومه مطلبی و دیگران) ۱۶۷

۰/۸۲(۰/۵۶)	فرم تبعی	۲/۱۶(۰/۲۴)	فرم تبعی	۱/۰۳(۰/۴۷)	فرم تبعی
۰/۹۹۷(۰/۶۱)	نرمال بودن	۲/۰۵(۰/۳۶)	نرمال بودن	۰/۴(۰/۸۱)	نرمال بودن
۰/۱۶(۰/۰۴۶)	L_{IUE}^+	*۱/۹۴(۰/۰۰۱)	L_{ITGDP}^+	***۱/۸۷(۰/۰۰۱)	L_{IOGDP}^+
**۰/۶۳(۰/۰۴)	L_{IUE}^-	**۰/۱۳(۰/۰۳)	L_{ITGDP}^-	*۰/۱۷(۰/۰۹)	L_{IOGDP}^-
**۰/۰۷(۰/۰۴)	L_{IK}^+	**۰/۳۸(۰/۰۴)	L_{IK}^+	**۰/۴۱(۰/۰۲)	L_{IK}^+
**۰/۵۳(۰/۰۵)	L_{IK}^-	**۰/۱۷(۰/۰۲)	L_{IK}^-	*۰/۱۱۵(۰/۰۶)	L_{IK}^-
۰/۱۸(۰/۰۴)	L_{IFD}^+	*۰/۸(۰/۰۰۲)	L_{IFD}^+	***۰/۷(۰/۰۰۱)	L_{IFD}^+
*۰/۱۶(۰/۰۷)	L_{IFD}^-	**۰/۲(۰/۰۵)	L_{IFD}^-	***۰/۳۴(۰/۰۰۶)	L_{IFD}^-
۱/۴(۰/۰۲)	$W_{LR,IUE}$	*۲۶۷(۰/۰۰۰)	$W_{LR,ITGDP}$	***۳۶/۳۵(۰/۰۰۰)	$W_{LR,IOGDP}$
۰/۶۸(۰/۲)	$W_{SR,IUE}$	۰/۱ (۰/۷۵)	$W_{SR,ITGDP}$	۰/۰۹(۰/۷۷)	$W_{SR,IOGDP}$
۰/۱۲(۰/۷۴)	W_{LRIK}	۰/۸۷(۰/۴)	W_{LRIK}	۲/۲۲(۰/۱۸)	W_{LRIK}
*۴/۸(۰/۰۷)	$W_{SR,IK}$	**۹/۳۵(۰/۰۲)	$W_{SR,IK}$	**۱۰/۳(۰/۰۲)	$W_{SR,IK}$
۶/۶(۰/۰۱)	$W_{LR,IFD}$	*۲۱/۲(۰/۰۰۲)	$W_{LR,IFD}$	***۲۵/۱(۰/۰۰۰)	$W_{LR,IFD}$
۲/۲(۰/۱۸)	$W_{SR,IFD}$	۲/۲(۰/۱۸)	$W_{SR,IFD}$	**۵/۹۸(۰/۰۴)	$W_{SR,IFD}$

یادداشت‌ها: علامت "+" و "-" تغییرات مثبت و منفی را به ترتیب نشان می‌دهند. L^+ و L^- ضرایب بلندمدت برآورد شده مرتبط با تغییرات مثبت و منفی است که توسط $\beta = -\theta/\rho$ تعریف شده است. W_{SR} و W_{LR} نشان-دهنده آزمون والد برای عدم تقارن بلندمدت و کوتاه‌مدت برای متغیرهای مربوطه است. مقادیر احتمال در پرانتز نمایش داده می‌شوند. *, **, و *** نشان‌دهنده معناداری در سطوح ۰/۰۵، ۰/۰۱، و ۰/۰۰۱ است.

قبل از بررسی نتایج لازم است ذکر شود که تولید ناخالص داخلی رسمی، تولید ناخالص داخلی صحیح و اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی در سه الگوی جداگانه برای بررسی رابطه رشد-انرژی در نظر گرفته شده است. در الگوی اول، GDP رسمی، در الگوی دوم، GDP صحیح و در الگوی سوم، اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی در نظر گرفته می‌شود.

بر اساس نتایج جدول ۴، آماره t_{BDM} ارائه شده توسط بنرجی و همکاران (۱۹۹۶)، هم‌انباشتگی متغیرها در بلندمدت را برای الگوی اول در سطح معناداری ۰/۹۹، برای الگوی دوم در سطح معناداری ۰/۹۵ و برای الگوی سوم در سطح معناداری ۰/۹۰ تأیید می‌کند. آماره F_{PSS} ارائه شده توسط پسران و همکاران (۲۰۰۱)، برای هر سه الگو بیش از مقادیر بحرانی کران بالا در سطح معناداری ۰/۹۹ است. بنابراین هم‌انباشتگی نامتقارن بلندمدت بین متغیرهای مورد بررسی و مصرف انرژی در هر سه الگو برای دوره زمانی ۹۷-۱۳۴۶ تأیید می‌شود.

بر اساس نتایج در جدول ۵، آماره R2 در هر سه الگو ۰/۹۹ است و هر سه الگو از قدرت توضیح‌دهندگی مناسبی برخوردار است. آزمون‌های آسیب‌شناسی الگو شامل خودهمبستگی سریالی، واریانس ناهمسانی، فرم تبعی و نرمال بودن برای هر سه الگو خطایی بالاتر از ۰/۰۵ دارد و بنابراین، قابلیت اطمینان و سازگاری نتایج برای هر سه الگو تأیید می‌شود. نتایج آزمون والد نشان‌دهنده معناداری عدم تقارن بلندمدت بین GDP رسمی، GDP صحیح و اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی و مصرف انرژی است. بر اساس آزمون والد، عدم تقارن بین توسعه مالی و مصرف انرژی در الگوی اول در کوتاه‌مدت و بلندمدت، و در الگوی دوم و سوم در بلندمدت وجود دارد. عدم تقارن بین تشکیل سرمایه و مصرف انرژی در الگوی اول و دوم در کوتاه‌مدت در سطح ۹۵٪ و در الگوی سوم در کوتاه‌مدت در سطح ۹۰٪ وجود دارد.

بر اساس نتایج در جدول ۵، در بلندمدت تکانه مثبت GDP رسمی باعث افزایش مصرف انرژی در سطح ۹۵٪ و تکانه منفی باعث افزایش مصرف انرژی در سطح ۹۰٪ می‌شود. اثر تکانه مثبت بیشتر از تکانه منفی بر مصرف انرژی است. تکانه مثبت و منفی GDP صحیح اثر مثبت و معنادار در سطح ۹۵٪ بر مصرف انرژی دارد و اثر تکانه مثبت GDP صحیح بزرگ‌تر از تکانه منفی آن بر مصرف انرژی است. در نتیجه رشد GDP صحیح باعث افزایش بیش‌تر مصرف انرژی می‌شود. تکانه مثبت و منفی اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی باعث افزایش مصرف انرژی می‌شود. تکانه منفی اثر بیشتری بر افزایش مصرف انرژی دارد. می‌توان بیان کرد که میزان انرژی برای بخش غیررسمی تقریباً محدود و ثابت است و با افزایش اندازه غیررسمی اثر افزایشی آن بر مصرف انرژی کاهش می‌یابد.

تکانه مثبت تشکیل سرمایه اثر مثبت و معنادار در سطح ۹۵٪ بر مصرف انرژی در دو الگوی اول دارد. تکانه منفی تشکیل سرمایه اثر منفی و معنادار در الگوی اول در سطح ۹۰٪ و در الگوی دوم در سطح ۹۵٪ بر مصرف انرژی دارد. در واقع، افزایش سرمایه‌گذاری باعث افزایش مصرف انرژی و کاهش سرمایه‌گذاری باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود. تکانه مثبت تشکیل سرمایه اثر منفی و تکانه منفی آن اثر مثبت و معنادار در سطح ۹۵٪ بر مصرف انرژی در الگوی سوم دارد. در واقع، با در نظر گرفتن اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی افزایش سرمایه‌گذاری باعث کاهش مصرف انرژی و کاهش سرمایه‌گذاری باعث افزایش مصرف انرژی می‌شود. می‌توان بیان کرد با افزایش

سرمایه‌گذاری در اقتصاد غیررسمی از عوامل تولید دیگر به‌جای انرژی استفاده می‌شود. در حالی که با کاهش سرمایه‌گذاری با توجه به فراوانی انرژی در ایران، انرژی می‌تواند جایگزین عوامل تولید دیگر در اقتصاد غیررسمی شود. تکانه مثبت و منفی توسعه مالی باعث کاهش مصرف انرژی در دو الگوی اول می‌شود. تکانه مثبت توسعه مالی باعث افزایش مصرف انرژی در سطح ۹۰٪ در الگوی سوم می‌شود.

بر اساس نتایج در جدول ۵، در کوتاه‌مدت تکانه مثبت GDP رسمی اثر مثبت بر مصرف انرژی در دوره جاری دارد. تکانه منفی GDP رسمی اثر مثبت و معنادار در دوره جاری و بعد از سه دوره وقفه اثر منفی و معنادار در سطح ۹۵٪ بر مصرف انرژی دارد. بنابراین، در کوتاه‌مدت چندین دوره طول می‌کشد تا کاهش GDP رسمی باعث کاهش مصرف انرژی شود. تکانه مثبت GDP صحیح در دوره جاری اثر مثبت و معنادار در سطح ۹۵٪ و بعد از دو دوره وقفه اثر مثبت و معنادار در سطح ۹۰٪ بر مصرف انرژی دارد. تکانه منفی GDP صحیح در دوره جاری اثر مثبت و معنادار و بعد از سه دوره وقفه اثر منفی و معنادار در سطح ۹۵٪ بر مصرف انرژی دارد. تکانه مثبت اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی اثر مثبت و معنادار در سطح ۹۵٪ بر مصرف انرژی در دوره جاری دارد. بنابراین افزایش هر سه شاخص رشد اقتصادی می‌تواند باعث افزایش فوری در مصرف انرژی شود.

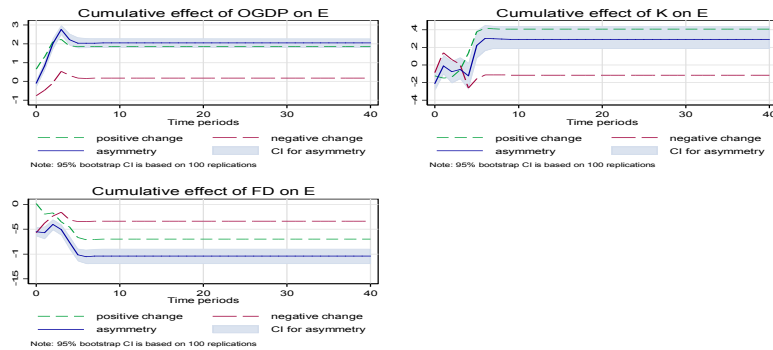
در الگوی اول تکانه مثبت تشکیل سرمایه با یک، دو و سه دوره وقفه باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود. تکانه منفی تشکیل سرمایه باعث کاهش مصرف انرژی با یک دوره وقفه می‌شود. در الگوی دوم تکانه مثبت تشکیل سرمایه، اثر منفی و معنادار در دوره جاری و با یک، دو و سه دوره وقفه بر مصرف انرژی دارد. تکانه منفی تشکیل سرمایه با یک دوره وقفه اثر منفی و معنادار بر مصرف انرژی دارد. در الگوی سوم، تکانه مثبت تشکیل سرمایه، در دوره جاری و با سه دوره وقفه اثر منفی و معنادار در سطح ۹۵٪ و با یک دوره وقفه اثر منفی و معنادار در سطح ۹۰٪ بر مصرف انرژی دارد. تکانه منفی تشکیل سرمایه اثری بر مصرف انرژی ندارد. در الگوی اول و دوم تکانه مثبت توسعه مالی اثر مثبت و معنادار در سطح ۹۵٪ با یک، دو و سه دوره وقفه بر مصرف انرژی دارد. تکانه منفی توسعه مالی در دوره جاری اثر مثبت و معنادار بر مصرف انرژی دارد. در الگوی سوم تکانه مثبت توسعه مالی اثر مثبت و معنادار در سطح ۹۵٪ با یک و دو دوره وقفه بر مصرف انرژی دارد.

تکانه منفی توسعه مالی اثر مثبت و معنادار در دوره جاری در سطح ۹۵٪ و بعد از سه دوره وقفه، در سطح ۹۰٪ بر مصرف انرژی دارد.

۴.۴ تعدیل پویای چندگانه

سرانجام، برای تکمیل کردن نتایج الگوی NARDL، تعدیل‌های پویای چندگانه برای هر سه الگو ارائه می‌شوند. شکل‌های ۱، ۲ و ۳، ضرایب پویای تجمعی را به صورت نموداری نشان می‌دهد. این ضرایب، الگوی تعدیل مصرف انرژی را به سمت تعادل جدید بلندمدت، پس از یک واحد تکانه مثبت یا منفی در متغیرهای اثرگذار انتخابی بر مصرف انرژی، در هر سه الگو نشان می‌دهد. ضرایب پویا بر اساس بهترین الگوی NARDL انتخاب شده توسط معیار آکاییک (AIC)، برآورد شده است. خطوط مثبت (سبز) و منفی (قرمز) تعدیل مصرف انرژی به تکانه‌های مثبت و منفی متغیرهای ذکر شده در یک افق پیش‌بینی معین را در نظر می‌گیرد. منحنی نامتقارن (خط آبی پیوسته) تفاوت بین ضرایب پویا در ارتباط با تکانه‌های مثبت و منفی، یعنی $m_h^+ - m_h^-$ را نشان می‌دهد. منحنی با کران‌های پایین و بالای آن در یک فاصله اطمینان ۹۵٪ نشان داده می‌شود تا مقیاس معنادار آماری از عدم تقارن را در هر افق ارائه دهد.

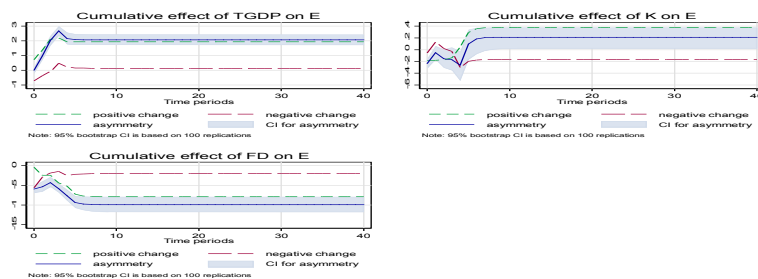
بر اساس شکل ۱، در الگوی اول، نمودار اثر تجمعی GDP رسمی بر مصرف انرژی، نشان می‌دهد که تکانه مثبت GDP رسمی با اثر مثبت بر مصرف انرژی نسبت به تکانه منفی با اثر منفی اثرگذاری بیشتری دارد (۱/۶ به ۰/۱۵-). نمودار اثر تجمعی تشکیل سرمایه بر مصرف انرژی نشان می‌دهد که تکانه منفی با اثر مثبت بر مصرف انرژی نسبت به تکانه مثبت با اثر مثبت، اثرگذاری بیشتری دارد. اگرچه تکانه منفی بی‌معنا است (۰/۹۷ به ۰/۳۴). نمودار اثر تجمعی توسعه مالی بر مصرف انرژی نشان می‌دهد که تکانه مثبت با اثر منفی بر مصرف انرژی نسبت به تکانه منفی با اثر مثبت اثرگذاری بیشتری دارد (۰/۵۸۹- به ۰/۳).



شکل ۱. تعدیل پویای چندگانه برای مدل GDP رسمی (الگوی اول)

منبع: یافته‌های پژوهش

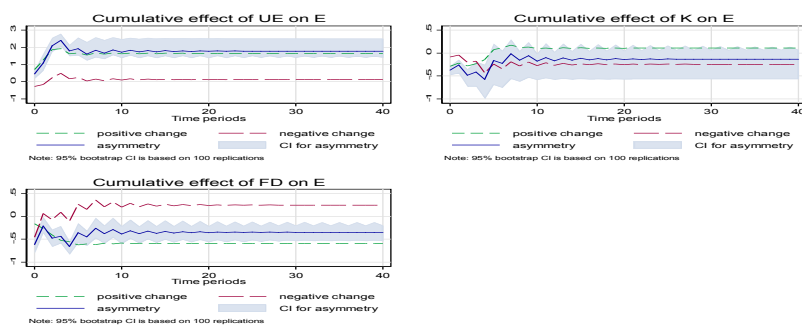
براساس شکل ۲، در الگوی دوم نمودار اثر تجمعی GDP صحیح بر مصرف انرژی نشان می‌دهد که تکانه مثبت GDP صحیح با اثر مثبت بر مصرف انرژی نسبت به تکانه منفی با اثر منفی اثرگذاری بیشتری دارد. اگرچه، تکانه منفی بی‌معنا است (۱/۴۵ به ۰/۱-). نمودار اثر تجمعی تشکیل سرمایه بر مصرف انرژی نشان می‌دهد که تکانه مثبت تشکیل سرمایه با اثر مثبت بر مصرف انرژی نسبت به تکانه منفی با اثر مثبت اثرگذاری بیشتری دارد. اگرچه، تکانه منفی بی‌معنا است (۰/۳ به ۰/۱۲). نمودار اثر تجمعی توسعه مالی بر مصرف انرژی نشان می‌دهد که تکانه مثبت با اثر منفی بر مصرف انرژی نسبت به تکانه منفی با اثر مثبت اثرگذاری بیشتری دارد. اگرچه، اثر تکانه منفی بی‌معنا است (۰/۵۹- به ۰/۱۲).



شکل ۲. تعدیل پویای چندگانه برای مدل GDP صحیح (الگوی دوم)

منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس شکل ۳، نمودار اثر تجمعی اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی بر مصرف انرژی نشان می‌دهد که تکانه مثبت اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی با اثر مثبت بر مصرف انرژی نسبت به تکانه منفی با اثر منفی اثرگذاری بیشتری دارد. اگرچه، اثر تکانه منفی بی‌معنا است (۰/۴۱ به ۰/۱۱). نمودار اثر تجمعی تشکیل سرمایه بر مصرف انرژی نشان می‌دهد که تکانه منفی تشکیل سرمایه با اثر مثبت بر مصرف انرژی نسبت به تکانه مثبت تشکیل سرمایه با اثر مثبت اثرگذاری بیشتری دارد. اگرچه، هر دو تکانه بی‌معنا است (۰/۲۱ به ۰/۰۹). نمودار اثر تجمعی توسعه مالی بر مصرف انرژی نشان می‌دهد که تکانه مثبت توسعه مالی با اثر منفی بر مصرف انرژی نسبت به تکانه منفی توسعه مالی با اثر منفی اثرگذاری بیشتری دارد. اگرچه، اثر تکانه منفی بی‌معنا است (۰/۵۱ به ۰/۲۱).



شکل ۳. تعدیل پویای چندگانه برای مدل اندازه اقتصاد غیررسمی (الگوی سوم)

منبع: یافته‌های پژوهش

بررسی نمودارهای اثر تجمعی نشان می‌دهد که اثر شوک مثبت سه متغیر GDP رسمی، GDP صحیح و اندازه اقتصاد غیررسمی بر مصرف انرژی بیشتر از شوک منفی آن است. بنابراین، شوک مثبت سه متغیر می‌تواند باعث افزایش مصرف انرژی شود.

۵.۴ آزمون علیت نامتقارن

برای بررسی علیت نامتقارن از رهیافت علیت هاتمی-جی (۲۰۱۲)، برای بررسی علیت نامتقارن میان هر جفت متغیر استفاده می‌شود.

بررسی رابطه نامتقارن بین رشد اقتصادی ... (معصومه مطلبی و دیگران) ۱۷۳

نتایج آزمون علیت نامتقارن هاتمی جی در جدول ۶، ارائه شده است. با توجه به این که شوک‌های منفی متغیرها اثر معناداری بر هم نداشتند، فقط علیت کلی و شوک‌های مثبت در جدول گزارش می‌شود.

جدول ۶. نتایج علیت نامتقارن هاتمی جی

منبع: یافته‌های پژوهش

مقدار بحرانی در ۱۰٪	مقدار بحرانی در ۵٪	مقدار بحرانی در ۱٪	آماره آزمون	رابطه علیت
۵/۴۲۹	۷/۲۶۲	۱۱/۵۸۵	۰/۳۱۶	IEC ≠ IK
۱/۸۵	۳/۴۷	۱۱/۸۳۵	۰/۷۲۸	IEC ⁺ ≠ IK ⁺
۳/۰۱۴	۴/۲۹۹	۷/۶۶۵	۰/۰۳۳	IK ≠ IEC
۲/۷۲۶	۵/۲۱۳	۱۸/۷۲۴	۱/۲۰۱	IK ⁺ ≠ IEC ⁺
۸/۴۱	۱۰/۳۶	۱۵/۴۲۸	۱/۸۵۵	IEC ≠ IFD
۳/۲۸۳	۵/۹۸۳	۱۷/۸	۲/۷۶۸	IEC ⁺ ≠ IFD ⁺
۲/۷۷۳	۴/۰۸۲	۷/۱۶۹	۰/۳۸۶	IFD ≠ IEC
۲/۱۱۱	۳/۷۲۱	۱۰/۶۱۵	*۳/۲۲	IFD ⁺ ≠ IEC ⁺
۹/۸۸۲	۱۲/۲۲۱	۱۸/۰۲۶	***۱۹/۹۱۷	IEC ≠ IUE
۲/۵۴۶	۵/۰۹۶	۲۰/۲۶۸	*۲/۹۱۲	IEC ⁺ ≠ IUE ⁺
۸/۷۹	۱۱/۰۶۱	۱۶/۳۵۴	***۱۸/۶۶۴	IUE ≠ IEC
۱/۸۵۵	۳/۴۷۶	۱۱/۵۵۹	۱/۷۶۲	IUE ⁺ ≠ IEC ⁺
۸/۰۸۵	۱۰/۵۷۵	۱۵/۶۷۸	۳/۱۴۱	IEC ≠ ITGDP
۲/۱۶۷	۴/۱۶۳	۲۴/۹۴۸	*۳/۳۸۵	IEC ⁺ ≠ ITGDP ⁺
۵/۵۷	۷/۳۹۱	۱۲/۳۱۸	***۱۵/۲۶۸	ITGDP ≠ IEC
۲/۰۳۵	۳/۷۱۲	۱۰/۴۳۳	*۳/۱۶۹	ITGDP ⁺ ≠ IEC ⁺
۶/۵۸۴	۸/۴۸۷	۱۳/۴۷۷	۰/۰۱	IEC ≠ IOGDP
۲/۱۷	۴/۱۷۱	۲۴/۴۱۹	*۳/۰۹۷	IEC ⁺ ≠ IOGDP ⁺
۳/۲۴۲	۴/۶۶۴	۸/۰۶۱	۱/۴۲۹	IOGDP ≠ IEC
۲/۰۶۱	۳/۷۳۹	۱۰/۵۲۰	*۲/۸۱۳	IOGDP ⁺ ≠ IEC ⁺

علامت > ≠ به معنای «علت نبودن» است. + علامت شوک مثبت است.
***، ** و * به ترتیب نشانگر سطوح معناداری ۹۹، ۹۵ و ۹۰ درصد هستند.

نتایج جدول ۶، نشان می‌دهد که هیچ رابطه علیتی بین مصرف انرژی و تشکیل سرمایه وجود ندارد. رابطه علیت از شوک مثبت توسعه مالی به مصرف انرژی در سطح ۹۰٪ وجود دارد. در نتیجه، افزایش توسعه مالی می‌تواند باعث افزایش مصرف انرژی شود. رابطه علیت از اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی به مصرف انرژی و از مصرف انرژی به اقتصاد غیررسمی در سطح ۹۹٪ وجود دارد. در واقع، فرضیه بازخورد بین اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی و مصرف انرژی تأیید می‌شود و علیت دو طرفه وجود دارد. همچنین، رابطه علیت از شوک‌های مثبت مصرف انرژی به اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی در سطح ۹۰٪ وجود دارد. بنابراین، از شوک‌های مثبت مصرف انرژی به اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی فرضیه رشد برقرار است. رابطه علیت از شوک‌های مثبت مصرف انرژی به GDP صحیح در سطح ۹۰٪ وجود دارد. رابطه علیت از GDP صحیح به مصرف انرژی در سطح ۹۹٪ وجود دارد. بنابراین، برای رابطه بین GDP صحیح و مصرف انرژی فرضیه محافظت تأیید می‌شود. رابطه علیت از شوک‌های مثبت GDP صحیح به مصرف انرژی در سطح ۹۰٪ وجود دارد. بنابراین، برای شوک‌های مثبت مصرف انرژی و GDP صحیح علیت دو طرفه برقرار است و فرضیه بازخورد تأیید می‌شود. رابطه علیت از شوک‌های مثبت مصرف انرژی به GDP رسمی و شوک‌های مثبت GDP رسمی به مصرف انرژی در سطح ۹۰٪ وجود دارد. در واقع، بین شوک‌های مثبت مصرف انرژی و GDP رسمی فرضیه بازخورد تأیید می‌شود و افزایش مصرف انرژی می‌تواند باعث افزایش GDP رسمی و افزایش GDP رسمی می‌تواند باعث افزایش مصرف انرژی شود.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مطالعه حاضر به بررسی رابطه رشد-انرژی با در نظر گرفتن تأثیر اقتصاد غیررسمی می‌پردازد. برای بررسی اثر متغیرهای مختلف در تابع تقاضای انرژی، در کنار متغیرهای تشکیل سرمایه و توسعه مالی برای بررسی دقیق از سه شاخص GDP رسمی، GDP صحیح (مجموع GDP رسمی و غیررسمی) و اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی در سه الگوی جداگانه با استفاده از رهیافت NARDL و علیت نامتقارن هاتمی جی (۲۰۱۲) استفاده می‌شود.

با توجه به نتایج NARDL، رابطه نامتقارن بین متغیرهای GDP صحیح، GDP رسمی، اندازه اقتصاد غیررسمی و مصرف انرژی تنها در بلندمدت توسط آزمون والد تأیید می‌شود. اگرچه رابطه غیرخطی در کوتاه‌مدت و بلندمدت وجود دارد. توسعه مالی برای مدل اول یعنی با حضور اقتصاد رسمی در کوتاه‌مدت و بلندمدت رابطه نامتقارن با مصرف انرژی دارد. اما در دو مدل دیگر تنها در بلندمدت رابطه نامتقارن با مصرف انرژی با توجه به نتایج آزمون والد دارد. اگرچه رابطه غیرخطی در کوتاه‌مدت و بلندمدت وجود دارد. تشکیل سرمایه در هر سه مدل تنها در کوتاه‌مدت رابطه نامتقارن با مصرف انرژی دارد. اگرچه رابطه غیرخطی در کوتاه‌مدت و بلندمدت تأیید می‌شود. بنابراین، با توجه به مطالب بیان شده رابطه غیرخطی بین متغیرهای مختلف و مصرف انرژی برای ایران طی دوره زمانی ۹۷-۱۳۴۶ وجود دارد. اما رابطه نامتقارن بین متغیرهای مختلف و مصرف انرژی برای کوتاه‌مدت یا بلندمدت تأیید می‌شود که در بالا توضیح داده شد.

نتایج نشان می‌دهد که در الگوی NARDL، با لحاظ GDP صحیح در مدل، اثر تکانه GDP بر مصرف انرژی بیشتر می‌شود و همچنان که انتظار می‌رود، اثر تکانه مثبت بر مصرف انرژی بسیار بیشتر از اثر تکانه منفی بر مصرف انرژی است. که نشان‌دهنده اهمیت در نظر گرفتن و کنترل اقتصاد غیررسمی برای اتخاذ تصمیمات صحیح سیاستی برای کنترل و مصرف بهینه انرژی است. بر اساس نتایج علیت، وجود رابطه بازخورد بین اندازه اقتصاد غیررسمی و مصرف انرژی تأیید می‌شود. بنابراین، افزایش اقتصاد غیررسمی می‌تواند باعث افزایش مصرف انرژی شود و برعکس. درحالی‌که اثر بازخورد فقط بین شوک‌های مثبت GDP رسمی، GDP صحیح و مصرف انرژی تأیید می‌شود و در حالت کلی، برای GDP صحیح و مصرف انرژی فرضیه محافظت از انرژی تأیید می‌شود. نتایج الگوی NARDL نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت شوک مثبت و منفی تشکیل سرمایه در دوره‌های مختلف باعث کاهش مصرف انرژی با حضور GDP رسمی و GDP صحیح و اندازه اقتصاد غیررسمی می‌شود. در واقع سرمایه‌گذاری چندین دوره طول می‌کشد تا بازدهی داشته باشد و باعث کاهش مصرف انرژی شود. شوک مثبت و منفی توسعه مالی در بلندمدت باعث کاهش مصرف انرژی در حضور GDP رسمی و GDP صحیح می‌شود و در حضور اندازه نسبی اقتصاد غیررسمی باعث افزایش مصرف انرژی می‌شود. با افزایش میزان اعتبارات اعطایی به بخش خصوصی مصرف انرژی در اقتصاد غیررسمی افزایش پیدا می‌کند، درحالی‌که در اقتصاد رسمی و اقتصاد رسمی با لحاظ کردن اقتصاد غیررسمی میزان مصرف

انرژی کاهش پیدا می‌کند. در واقع، می‌توان بیان کرد با افزایش اعتبارات اعطایی به بخش خصوصی در بلندمدت میزان فعالیت بیشتر به سمت اقتصاد غیررسمی می‌رود که می‌تواند به دلیل پیچیدگی‌های قانونی کار در بخش رسمی یا مشکل بودن رقابت با بخش دولتی در اقتصاد و فرار از پرداخت مالیات‌های مختلف باشد.

با توجه به نتایج، اثر تکانه مثبت GDP رسمی و صحیح بیش از تکانه منفی آن است و در رابطه علیت بین شوک‌های مثبت هر دو متغیر و مصرف انرژی اثر بازخورد وجود دارد و با توجه به وجود اثر بازخورد بین مصرف انرژی و اقتصاد غیررسمی، سیاست محافظت از انرژی می‌تواند به‌عنوان مکمل برای سیاست‌های هدف‌گیری شده برای مبارزه با اقتصاد سایه عمل کند که به‌ویژه لازم است در مقادیر بالاتر اقتصاد سایه به سیاست محافظت از انرژی توجه بیشتری شود. با توجه به این‌که توسعه مالی در بلندمدت اثر کاهشی بر مصرف انرژی در حضور GDP صحیح و رسمی دارد، درحالی‌که در حضور بخش غیررسمی اثر افزایشی بر مصرف انرژی دارد. بنابراین، لازم است از بخش خصوصی حمایت بیش‌تری شود، قوانین سخت‌گیرانه برای فعالیت‌های حاضر در بخش رسمی کاهش یابد، حمایت از بخش دولتی کم شود، حضور دولت در بخش‌های اقتصادی کم شود تا از این طریق بخش خصوصی انگیزه پیدا کند تا تسهیلات اعطایی را در بخش رسمی سرمایه‌گذاری کند. افزایش میزان سرمایه‌گذاری و افزایش تشکیل سرمایه می‌تواند باعث افزایش میزان فعالیت‌های اقتصادی و توسعه و پیشرفت اقتصادی در بخش رسمی شود و در نتیجه انگیزه بخش خصوصی برای حضور در اقتصاد غیررسمی کاهش می‌یابد.

پی‌نوشت‌ها

۱. به کارکنانی پرداخت می‌شود که به سبب قصوری که از آنها سر زده است، حکم خاتمه خدمت می‌گیرند.

کتاب‌نامه

ابونوری، اسمعیل و نیک‌پور، عبدالحماد (۱۳۹۳). اثر شاخص‌های بار مالیاتی بر حجم اقتصاد پنهان در ایران. فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ۵(۱۷)، ۷۵-۹۰.

بررسی رابطه نامتقارن بین رشد اقتصادی ... (معصومه مطلبی و دیگران) ۱۷۷

حمیدی، آرزو، نوفرستی، محمد و ورهرامی، ویدا (۱۳۹۶). بررسی رابطه میان توسعه مالی و مصرف انرژی در کشورهای منتخب عضو اپک با استفاده از مدل پنل پویا. *اقتصاد پولی، مالی*، ۲۴(۱۳)، ۱۵۰-۱۷۵.

علیزاده، هانیه و غفاری، فرهاد (۱۳۹۲). برآورد اندازه اقتصاد زیرزمینی در ایران و بررسی عوامل مؤثر بر آن. *فصلنامه علوم اقتصادی*، ۷(۲۵)، ۶۹-۳۱.

فرازمند، حسن، کامران پور، سعیده و قربان‌نژاد، مجتبی (۱۳۹۲). ارتباط بین توسعه مالی، رشد اقتصادی و مصرف انرژی در ایران؛ رویکرد آزمون باند و علیت تودا و یاماموتو. *فصلنامه اقتصاد مقیاری*، ۱۰(۱)، ۳۳-۵۸.

مهرآرا، محسن، ابریشمی، حمید و سبحانیان، محمدهادی (۱۳۹۰). اثرات غیرخطی رشد اقتصادی بر رشد مصرف انرژی در کشورهای عضو اپک و کشورهای بریک با استفاده از روش حد آستانه. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۱۶(۴۹)، ۱۷۷-۲۰۴.

- Arora, V., & Shi, S. (2016). Energy consumption and economic growth in the United States. *Applied Economics*, 48(39), 3763-3773.
- Banerjee, A., Dolado, J., & Mestre, R. (1998). Error-Correction mechanism tests for Cointegration in a single-equation framework. *Journal of Time Series Analysis*, 19(3), 267-283.
- Basbay, M., Elgin, C., & Torul, O. (2016). Energy consumption and the size of the informal economy, Working paper, Econstor.
- Bekhet, H.A., Matar, A., & Yasmin, T. (2017). CO2 emissions, energy consumption, economic growth, and financial development in GCC Countries: dynamic simultaneous equation models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 117-132.
- Benkaraïem, R., Lahiani, A., Miloudi, A., & Shahbaz, M. (2019). The Asymmetric role of Shadow Economy in the energy-growth nexus in Bolivia. *Energy Policy*, 125, 405-417.
- Brock, W.A., Dechert, W. D., & Scheinkman, J. A. (1987). A Test for independence based on the correlation dimension, University of Wisconsin Madison, University of Houston, and University of Chicago.
- Elgin, C., & Oztunali, O. (2014a). Pollution and informal economy. *Economic Systems*, 38(3), 333-349.
- Elgin, C. & Oztunali, O. (2014b). Environmental Kuznets curve for the informal sector of Turkey : 1950-2009. *Panoeconomicus*, 61 (4), 471-485.
- Hassan, M., & Schneider, F. (2016). Size and development of the shadow economies of 157 countries worldwide: Updated and new measures from 1999 to 2013. IZA Discuss. Paper, No. 10281.

- Hatemi-J, A. (2012). Asymmetric causality tests with an application. *Empirical Economics*, 43(1), 447-456.
- He, Y., Fullerton, T.M., & Walke, A.G. (2017). Electricity consumption and metropolitan economic performance in Guangzhou: 1950–2013. *Energy Economics*, 63(C), 154–160.
- Kahouli, B. (2017). The short and long Run causality relationship among economic growth, energy consumption and financial development: Evidence from South Mediterranean Countries (SMCs). *Energy Economics*, 68(C), 19-30.
- Karanfil, F. (2008). Energy consumption and economic growth revisited: Does the size of unrecorded economy matter? *Energy Policy*, 36(8), 3029-3035.
- Kasman, A., & Duman, Y.S. (2015). CO2 emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in New EU Member and candidate countries: a Panel Data Analysis. *Economic Modelling*, 44, 97-103.
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *Journal of Energy and Development*, 3(2), 401-403.
- Mahalik, M.K., Babu, M.S., Loganathan, N., & Shahbaz, M. (2017). Does financial development intensify energy consumption in Saudi Arabia? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1022-1034.
- Matthews, K. (1983). National income and the black economy. *Economic Affairs*, 3 (4), 261-267.
- Motallebi, M., Alizadeh, M., & Faraji Dizaji, S. (2020). Estimating shadow economy and tax evasion by considering the variables of government financial discipline and behavioral factors in Iran's economy. *Iranian Economic Review*, 24(2), 515-554.
- Mutascu, M. (2016). A bootstrap panel granger causality analysis of energy consumption, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 63, 166–171.
- Pesaran, M.H., Shin, Y., & Smith, R.J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Sadorsky, P. (2010). The Impact of financial development on energy consumption in emerging economies. *Energy Policy*, 38(5), 2528–2535.
- Sadorsky, P. (2011). Financial development and energy consumption in Central and Eastern European Frontier Economies. *Energy Policy*, 39(2), 999-1006.
- Sarwar, S., Chen, W., & Wahhed, R. (2017). Electricity consumption, oil price and economic growth: Global perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 9–18.
- Savasan, F. (2003). Modeling the underground economy in Turkey: Randomized response and MIMIC models. *Journal of Economic Insight (formerly the Journal of Economics(MVEA))*, 29 (1), 49–76.
- Schneider, F., & Savasan, F. (2007). Dymimic estimates of the size of shadow economies of Turkey and of her neighbouring Countries. *International Research Journal of Finance and Economics*, 9 (5), 126–143.

- Shahbaz, M., Mallick, H., Mahalik, M.K., & Sadorsky, P. (2016). The role of globalization on the recent evolution of energy demand in India: Implications for sustainable development. *Energy Economics*, 55, 52–68.
- Shahbaz, M., Van Hoang, T. H., Kumar Mahalik, M., & Roubaud, D. (2017). Energy consumption, financial development and economic growth in India: New evidence from a nonlinear and asymmetric analysis. *Energy Economics*, 63, 199-212.
- Shin, Y., Yu, B., & Greenwood-Nimmo, M. (2014). Modelling asymmetric cointegration and dynamic multipliers in an ARDL framework. In: Horrace, W.C., Sickles, R.C. (Eds.), *Festschrift in Honor of Peter Schmidt*. Springer Science and Business Media, New York.
- Smiech, S., & Papiez, M. (2014). Energy Consumption and economic growth in the light of meeting the targets of energy policy in the EU: the Bootstrap Panel Granger Causality Approach. *Energy Policy*, 71, 118–129.
- Smith, P. (1994). Assessing the size of the underground economy. The Canadian statistical perspectives, *Canadian Economic Observer*, 11, 16–33.
- Tang, C.F., Tan, B.W., & Ozturk, I. (2016). Energy consumption and economic growth in Vietnam. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1506–1514.
- Wolde-Rufael, Y. (2009). Energy consumption and economic growth: the Experience of African Countries revisited. *Energy Economics*, 31(2), 217–224.