-- Iranian Energy Economics------
Winter 2022, 41(11), 33-59
Jiee.atu.ac.ir
DOI: http://dx.doi.org/10.22054/jiee.2023.65146. 1877

Original Research
Received: 3/Dec/2021
Accepted: 9/Nov/2022
ISSN: 2423-5954
eISSN: 2476-6437

The Role of Energy Intensity in the Asymmetric Impact of GDP on Energy Consumption in OPEC Countries[1]

Somayeh Azami — Associate Professor, Department of Economics, Razi University, Kermanshah, Iran

Pouria Mohammadi * — M. A. Student, Department of Economics, Razi University, Kermanshah, Iran

Abstract

GDP is one of the factors affecting energy consumption and climate change. This study examines the impact of GDP on energy consumption in OPEC countries in two stages. In the first stage, based on the panel causality test, the causal relationship between GDP and energy consumption was investigated, and the results indicate a one-way causal relationship from GDP to energy consumption. In the second stage, using a dynamic panel threshold regression model, this study investigated the role of energy intensity (one of the important indicators of energy efficiency) in the relationship between energy consumption and the GDP of OPEC countries. The results showed that at values above the threshold level of energy intensity (7.27), GDP significantly increases energy consumption, while at values below this level, GDP has a positive and non-significant effect on energy consumption. Without considering the control variables, at values above the threshold level of energy intensity (6.91), GDP significantly increases energy consumption, while at values below this level, GDP has a negative and non-significant effect on energy consumption. In energy and environmental policy-making, paying attention to energy intensity can lead to sustainable economic growth. Also, the results of this study are related to the Kuznets Environmental Curve Hypothesis; at low-intensity energy levels, increased GDP does not necessarily lead to environmental damage.

Keywords: L

JEL Classification: O11 , Q43, C24

1. This paper is derived from master thesis of Pouria Mohammadi, under supervision of Dr. Somayeh Azami.

* Corresponding Author: s.azami@razi.ac.ir

How to Cite: Azami, S., Mohamadi, P. (2022). The Role of Energy Intensity in the Asymmetric Impact of GDP on Energy Consumption in OPEC Countries. Iranian Energy Economics, 41 (11), 33-59.

-- پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران ---------
دوره ۱۱، شماره ۴۱، زمستان ۱۴۰۰، ۳۳-۵۹
Jiee.atu.ac.ir
DOI: http://dx.doi.org/10.22054/jiee.2022.65146.1877

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۸
ISSN: ۲۴۲۳-۵۹۵۴
eISSN: ۲۴۷۶-۶۴۳۷

نقش شدت انرژی در تأثیر نامتقارن تولید بر مصرف انرژی کشورهای اوپک[۱]

سمیه اعظمی * دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی و تربیتی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

پوریا محمدی کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، دانشکده علوم اجتماعی و تربیتی، دانشگاه رازی کرمانشاه، ایران

چکیده

تولید یکی از عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و تغییرات آب و هوایی است. این مطالعه، در دو مرحله به بررسی تأثیر تولید ناخالص داخلی بر مصرف انرژی کشورهای اوپک می‌پردازد. در مرحله اول، براساس آزمون علیت پانل گرنجری رابطه علی بین تولید و مصرف انرژی بررسی شد که نتایج حاکی از رابطه علی یکطرفه از تولید به مصرف انرژی است. در مرحله دوم، با استفاده از مدل رگرسیون «پانل پویای آستانه‌ای» تأثیر تولید بر مصرف انرژی با در نظر گرفتن شدت انرژی (معیاری از کارایی انرژی) به عنوان متغیر آستانه‌ای برآورد شد. نتایج نشان داد در مقادیر بالاتر از سطح آستانه‌ای شدت انرژی (۷/۲۷) تولید مصرف انرژی را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد، در حالی که در مقادیر پایین‌تر از این سطح، تولید تأثیر مثبت و بی‌معنی بر مصرف انرژی دارد. بدون در نظر گرفتن متغیرهای کنترلی، در مقادیر بالاتر از سطح آستانه‌ای شدت انرژی (۶/۹۱) تولید مصرف انرژی را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد، در حالی که در مقادیر پایین‌تر از این سطح، تولید تأثیر منفی و بی‌معنی بر مصرف انرژی دارد. در سیاستگزاری انرژی و محیط زیست توجه به شدت انرژی می‌تواند منجر به حصول رشد اقتصادی پایدار شود. همچنین نتایج این مطالعه با فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس مرتبط است، در سطوح پایین شدت انرژی افزایش تولید الزاماً منجر به آسیب‌های زیست‌محیطی نمی‌گردد.

کلیدواژه‌ها: پانل پویای آستانه‌ای، مصرف انرژی، رشد اقتصادی و شدت انرژی

طبقه‌بندی JEL: C24 , Q43 , O11

۱. مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته اقتصاد انرژی دانشگاه رازی است.

* نویسنده مسئول: s.azami@razi.ac.ir

۱. مقدمه

از یک سو، انرژی به عنوان یک منبع محدود و کمیاب شناخته می‌شود و همواره برای کشورها، حتی کشورهای دارنده ذخایر انرژی، این مهم است که تا چه اندازه می‌توانند از منابع کمیاب در تولید استفاده و بهره‌برداری نمایند و از سوی دیگر، مصرف انرژی(سوخت‌های فسیلی) به دلیل انتشار آلاینده‌ها منجر به خسارات و آسیب‌های زیست‌محیطی می‌گردد. عوامل متعددی بر مصرف انرژی مؤثر هستند که در این میان می‌توان به رشد اقتصادی (افزایش تولید ناخالص داخلی) اشاره نمود و این سؤال اساسی را مطرح نمود که آیا افزایش تولید منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شود؟ این سؤال به دو دلیل کمیابی منابع و آسیب‌های زیست محیطی هم برای کشورهای صادرکننده انرژی و هم برای کشورهای واردکننده انرژی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به جایگاه و موقعیت کشورهای عضو اوپک در میان کشورهای جهان از منظر انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف سرانه انرژی، بررسی ارتباط مصرف انرژی و رشد اقتصادی در این کشورها مهم است. جدول (۱) رتبه‌بندی کشورهای اوپک را در میان کشورهای جهان براساس انتشار دی‌اکسیدکربن، مصرف سرانه انرژی و شدت انرژی در سال ۲۰۱۴ نشان می‌دهد.

جدول ۱. رتبه کشورهای اوپک در میان کشورهای جهان در انتشار دی‌اکسیدکربن، مصرف سرانه انرژی و شدت انرژی*

کشورهای اوپک	رتبه در انتشار دی‌اکسیدکربن	رتبه در مصرف سرانه انرژی (معادل بشکه نفت خام)	رتبه در شدت انرژی
الجزایر	۳٤	۸۳	۱۰۹
آنگولا	۷۰	۱۲۸	۱۲۹
اکوادور	٦۱	۹۷	۱۳۹
گابن	۱۲٦	٤٤	٤۳
اندونزی	۱٤	۹۸	۱۲۵
ایران	۷	۳۳	۳٤
نیجریه	۳۹	۱۰۷	٦۰
قطر	۳۵	۱	۵۰
عربستان سعودی	۸	۹	۵۵
امارت متحده عربی	۲٦	۷	۸۰
ونزوئلا	۲۹	۵۳	٦٦
تعداد کشورهای لحاظ شده در رتبه‌بندی	۱۹۲	۱٦۸	۱۸۵

منبع: www.indexmundi.com

بررسی ارتباط مصرف انرژی و رشد اقتصادی موضوع جدیدی در ادبیات اقتصاد انرژی نیست و از زمان بروز تکانه‌های نفتی در دهه ۱۹۷۰ و ایجاد نوسانات شدید در قیمت حامل‌های انرژی توسط محققان زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است. مطالعات بر کشورهای مختلف، دوره‌های زمانی مختلف و متغیرهای مختلف متمرکز شده‌اند و متدلوژی‌های مختلفی(اقتصادسنجی و غیر اقتصادسنجی) را برای بررسی ارتباط مصرف انرژی و رشد اقتصادی به کار برده‌اند. گروهی از مطالعات به بررسی رابطه علی میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی پرداخته‌اند و چهار فرضیه درخصوص رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی مطرح نموده‌اند، فرضیه رشد[1]، فرضیه صرفه‌جویی[2]، فرضیه بازخورد[3] و فرضیه خنثی[4]. گروه دیگر خارج از چارچوب روابط علی در قالب تحلیل‌های رگرسیونی و یا تحلیل تجزیه به بررسی تأثیر رشد اقتصادی بر مصرف انرژی و بالعکس پرداخته‌اند. مطالعه حاضر، طی دو مرحله به بررسی تأثیر تولید بر مصرف انرژی می‌پردازد. در اولین مرحله، با استفاده از تحلیل‌های مبتنی بر فروض خطی و بدون هیچ پیش‌فرضی به بررسی رابطه علی میان مصرف انرژی و تولید در کشورهای اوپک پرداخته می‌شود. در دومین مرحله، بررسی می‌شود که آیا تأثیر تولید بر مصرف انرژی برحسب شدت انرژی تغییر می‌کند. در مقایسه با مطالعات انجام شده، این مطالعه ابتدا جهت علیت را میان متغیرهای مصرف انرژی و تولید مورد بررسی قرار می‌دهد و سپس به بررسی تأثیر تولید بر مصرف انرژی با در نظر گرفتن شدت انرژی به عنوان متغیر آستانه‌ای می‌پردازد. دوم اینکه، برخلاف مطالعات انجام‌شده در ایران به جای رشد اقتصادی به عنوان متغیر آستانه‌ای از شدت انرژی به عنوان متغیر آستانه‌ای استفاده شده است. به عبارتی، متغیر وابسته به رژیم (تولید) و متغیر آستانه‌ای (شدت انرژی) متفاوت از هم هستند. سوم اینکه، به منظور لحاظ پویایی‌های مصرف انرژی از مدل پانل پویای آستانه‌ای استفاده شده است.

سازمان‌دهی مقاله به این صورت است که در ادامه ادبیات موضوع مطرح می‌شود. روش‌شناسی پژوهش و مروری بر داده‌ها موضوع بخش سوم است. یافته‌های تجربی و بحث به بخش چهارم و نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی به بخش پنجم اختصاص دارد.

1. Growth Hypothesis
2. Conservation Hypothesis
3. Feedback Hypothesis
4. Neutral Hypothesis

۲. ادبیات موضوع

در دهه هفتاد میلادی، تکانه‌های نفتی همراه با رکود اقتصادی در غرب سبب شد نقش نهاده انرژی در تحولات اقتصادی، جایگاه ویژه‌ای پیدا کند و در دهه هشتاد میلادی ارتباط بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در کانون توجه تحلیلگران اقتصادی قرار گیرد و تا کنون در این راستا مطالعات تجربی گسترده‌ای برای کشورهای واردکننده و صادرکننده انرژی انجام شده است. گروهی از مطالعات در قالب الگوهای اقتصادسنجی به بررسی رابطه علی مصرف انرژی و رشد اقتصادی پرداخته‌اند. یافته‌های تجربی این مطالعات، متفاوت و در برخی موارد متضاد هستند. پاین[۱] (۲۰۱۰) و ازترک[۲] (۲۰۱۰) ادبیات تجربی همبستگی انرژی ـ رشد را مورد بازبینی قرار داده‌اند و چهار فرضیه قابل آزمون را بررسی می‌کنند. اولین فرضیه «فرضیه رشد» است که بر علیت یکطرفه از مصرف انرژی به رشد اقتصادی تأکید دارد. در چنین وضعیتی سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی اثرات زیان‌بار بر رشد اقتصادی دارد. در این میان می‌توان به مطالعات آپرگیس و تانگ[۳] (۲۰۱۳)، ال ـ ختلان و جاوید[۴] (۲۰۱۳) و آنتوناکاکیس و همکاران[۵] (۲۰۱۷) اشاره نمود. با توجه به گستردگی تعداد مطالعات انجام‌شده درخصوص همبستگی انرژی ـ رشد و نیز تمرکز مطالعه حاضر بر کشورهای اوپک عمدتاً به مطالعات انجام شده در کشورهای اوپک اشاره شده است.

دومین فرضیه، «فرضیه صرفه‌جویی» است. مطابق با این فرضیه، یک علیت یکطرفه از رشد اقتصادی به مصرف انرژی وجود دارد و سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی مانند کاهش و حذف یارانه‌های انرژی، اقدامات لازم برای افزایش بهره‌وری انرژی، همراه با سیاست‌های مدیریت تقاضا و سیاست‌های کاهش مصرف انرژی و جلوگیری از هدر رفتن آن می‌تواند بدون تأثیر منفی بر رشد اقتصادی اجرا گردد. در این میان می‌توان به مطالعات آل ایریانی (۲۰۰۶)، مهرآرا (۲۰۰۷)، زمانی[۶] (۲۰۰۷)، آماده و همکاران[۷]، لطیفی‌پور و همکاران[۸] (۲۰۱۰)،

1. Payne
2. Ozturk
3. Apergis and Tang
4. Alkhathlan and Javid
5. Antonakakis et al.
6. Zamani
7. Amadeh et al.
8. Lotfalipour et al.

آل سحلاوی[۱] (۲۰۱۳)، دامت و سقیر[۲] (۲۰۱۳)، بانافی[۳] (۲۰۱۴)، صلاح‌الدین و گو[۴] (۲۰۱۴)، احمد و آزام[۵] (۲۰۱۶) و سایدی و همکاران[۶] (۲۰۱۷) اشاره نمود. برخی مطالعات به علیت دو طرفه میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی اشاره دارد که «فرضیه بازخورد» نامیده می‌شود. فرضیه بازخورد نشان‌دهنده این است که مصرف انرژی و رشد اقتصادی وابسته به هم هستند. در این حالت سیاست‌های کاهش مصرف انرژی نیز ممکن است موجب کاهش رشد اقتصادی گردند، از طرف دیگر تغییرات در رشد اقتصادی نیز ممکن است باعث تغییر میزان مصرف انرژی گردد. در این میان می‌توان به مطالعات آروری و همکاران[۷] (۲۰۱۲)، آپرگیس و پاین[۸] (۲۰۱۲)، بلاید و آبدراهمندی[۹] (۲۰۱۳)، فویندهاس و مارکویس[۱۰] (۲۰۱۳)، امری[۱۱] (۲۰۱۳)، امری و کهولی[۱۲] (۲۰۱۳)، شاهاتیت[۱۳] (۲۰۱۴)، محمدی و پرورش[۱۴] (۲۰۱۴)، شهباز و همکاران[۱۵] (۲۰۱۴)، نسرین و انور[۱۶] (۲۰۱۴)، اسبیا و همکاران[۱۷] (۲۰۱۴)، چارفدین و خدیری[۱۸] (۲۰۱۵)، جامازی و الوی[۱۹] (۲۰۱۵)، ازترک و آل مولای[۲۰] (۲۰۱۵) و عثمان و همکاران[۲۱] (۲۰۱۶) اشاره نمود. «فرضیه خنثی» بیانگر عدم وجود رابطه علی میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی و نشان‌دهنده نقش ناچیز و بسیار اندک انرژی در فرایند رشد اقتصادی می‌باشد. براساس این فرضیه هیچ رابطه علی بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی وجود ندارد. بنابراین سیاست‌های افزایش (کاهش) مصرف

1. Alsahlwai
2. Damette and Seghir
3. Banafea
4. Salahuddin and Gow
5. Ahmed and Azam
6. Kais et al.
7. Arouri et al.
8. Apergis and Payne
9. Bélaïd and Abderrahmani
10. Fuinhas and Marques
11. Omri
12. Omri and Kahouli
13. Shahateet
14. Mohammadi and Parvaresh
15. Shahbaz et al.
16. Nasreen and Anwar
17. Sbia et al.
18. Charfeddine and Khediri
19. Jammazi and Aloui
20. Ozturk & Al- Mulali
21. Osman et al.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

انرژی موجب افزایش (کاهش) رشد اقتصادی نخواهند شد. در این میان می‌توان به مطالعات صدر و همکاران[۱] (۲۰۱۲)، ازترک و آکاراوی[۲] (۲۰۱۱)، نارایان و پاپ[۳] (۲۰۱۲)، ازم و همکاران[۴] (۲۰۱۶)، نارایان[۵] (۲۰۱۶)، رومرو و جسس[۶] (۲۰۱۶) و سولارین و ازترک (۲۰۱۶) اشاره نمود.

خارج از چارچوب روابط علی، گروه دیگری از مطالعات در قالب تحلیل‌های رگرسیونی به بررسی تأثیر مصرف انرژی بر رشد اقتصادی (آیدین و اسن[۷]، ۲۰۱۸) و یا تأثیر رشد اقتصادی بر مصرف انرژی (سوری و چاپمن[۸]، ۱۹۹۸، هالیسیوجلو[۹]، ۲۰۰۷، هالیسیوجلو، ۲۰۰۹، چانگ و همکاران[۱۰]، ۲۰۰۹، سایدی و همامی[۱۱]، ۲۰۱۵) پرداخته‌اند. گروه دیگری از مطالعات با استفاده از تحلیل تجزیه[۱۲] و تجزیه مصرف انرژی به بررسی تأثیر رشد اقتصادی بر مصرف انرژی پرداخته‌اند (ری و چانگ[۱۳]، ۲۰۰۶، پارک و هئو[۱۴]، ۲۰۰۷، سو و آنگ[۱۵]، ۲۰۱۲، کیم و همکاران[۱۶]، ۲۰۱۵، رومن کالدو و کولینت[۱۷]، ۲۰۱۸).

در ایران نیز مطالعاتی درخصوص همبستگی انرژی ـ رشد انجام شده است که در این میان می‌توان به مطالعات ملکی (۱۳۸۳)، مهرآرا و همکاران (۱۳۹۰)، هوشمند و همکاران (۱۳۹۲) و علیزاده و گل‌خندان (۱۳۹۵) اشاره نمود. ملکی (۱۳۸۳) نشان داد که تغییر در مصرف انرژی چه در کوتاه‌مدت و چه در بلندمدت بر رشد اقتصادی ایران اثرگذار است. مهرآرا و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی وجود رابطه غیر خطی میان رشد اقتصادی و رشد مصرف انرژی در کشورهای عضو اوپک و کشورهای بریک در دوره ۲۰۰۶-۱۹۸۰ با استفاده از الگوی تصحیح خطای آستانه‌ای می‌پردازد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که

1. Sadr et al.
2. Ozturk and Acaravci
3. Narayan and Popp
4. Azam et al.
5. Narayan
6. Romero and Jesus
7. Aydin & Esen
8. Suri & Chapman
9. Halicioglu
10. Chang et al.
11. Saidi & Hammami
12. Decomposition Analysis
13. Rhee and Chang
14. Park and Heo
15. Su and Ang
16. Kim et al.
17. Roman Collado and Colint

رشد اقتصادی در هر دو گروه از کشورهای مورد بررسی، افزایش مصرف انرژی را در پی دارد. اما این رابطه مستقیم میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی، یک رابطه خطی نمی‌باشد، بلکه رشد اقتصادی بالاتر مصرف انرژی را با شدت بیشتری افزایش می‌دهد. فعال توفیقی (۱۳۹۰) نشان می‌دهد که آزمون علیت بیانگر یک رابطه علی یک‌طرفه از مصرف انرژی به رشد اقتصادی در کشورهای صادرکننده نفت (ایران و عربستان) ولی در کشورهای واردکننده نفت (مالزی، ترکیه، هند، کره و پاکستان) رشد اقتصادی عامل مصرف انرژی می‌باشد. یعنی رابطه علی یک‌طرفه از تولید ناخالص داخلی به مصرف انرژی در این گروه وجود دارد. هوشمند و همکاران (۱۳۹۲) به آزمون رابطه علیت بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و قیمت‌ها در میان کشورهای عضو گروه اوپک می‌پردازند. این مطالعه با استفاده از داده‌های سالیانه طی دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۷۸ و با بهره‌گیری از تکنیک داده‌های پانل انجام شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که در بلندمدت رابطه علی دوطرفه میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی وجود دارد و همچنین در کوتاه‌مدت رابطه علی دوطرفه میان مصرف انرژی، رشد اقتصادی و قیمت‌ها وجود دارد. علیزاده و گلخندان (۱۳۹۵) سعی دارند رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی را در کشورهای اوپک با تأکید بر وابستگی مقطعی طی دوره زمانی ۲۰۱۱-۱۹۹۰ بررسی کنند. نتایج تحقیق حاکی از تأثیر مثبت مصرف انرژی بر رشد اقتصادی کشورهای اوپک در بلندمدت و کوتاه‌مدت است. همچنین در بلندمدت و کوتاه‌مدت یک رابطه علی دو طرفه میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی وجود دارد (فرضیه بازخورد).

مطابق با مطالعات انجام شده، دیدگاه مشخص و روشنی درخصوص رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی در کشورهای اوپک وجود ندارد. این مطالعه، بدون در نظر گرفتن هیچ فرضی در مورد همبستگی انرژی ـ رشد اقتصادی، ابتدا به بررسی رابطه علی میان مصرف انرژی و تولید می‌پردازد. سپس، با استفاده از مدل رگرسیون پانل پویای آستانه‌ای به بررسی تأثیر تولید بر مصرف انرژی با در نظر گرفتن شدت انرژی به عنوان متغیر آستانه‌ای پرداخته می‌شود. به منظور در نظر گرفتن پویای‌های مصرف انرژی، مدل پانل آستانه‌ای به صورت پویا تصریح شده است.

انرژی یکی از نهاده‌های تولید در تابع تولید است. مطابق با ادبیات نظری و تجربی، عوامل متعددی در مصرف انرژی مؤثر است که ازجمله می‌توان به رشد اقتصادی اشاره نمود. رشد اقتصادی یکی از محرک‌های عمده تغییرات مصرف انرژی در بسیاری از

کشورها است. بزرگ شدن بازارها و شکل‌گیری بازارهای جدید، افزایش مصرف انرژی را به دنبال خواهد داشت. تشکیل سرمایه ثابت دیگر عامل مؤثر بر مصرف انرژی است. پروژه‌های سرمایه‌بری که در بخش‌های مختلف اقتصادی و زیرساخت‌ها به مرحله اجرا در می‌آیند، منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شوند.

صادارت و واردات کالاهای صنعتی از دیگر محرک‌های تغییرات مصرف انرژی هستند. انتظار می‌رود تولید کالاهای صنعتی قابل صدور مصرف انرژی و به تبع آن انتشار آلاینده‌ها را افزایش دهد. با توجه به همین نکته، اقتصادهای توسعه‌یافته ترجیح می‌دهند تولید کالاهای صنعتی با انرژی‌بری بالا را متوقف کنند و خریدار این نوع کالاها از اقتصادهای در حال توسعه باشند. اگر واردات کالاهای صنعتی از نوع ماشین‌آلات و تجهیزات باشد با توجه به افزایش تولید می‌توان انتظار داشت مصرف انرژی افزایش یابد و اگر این واردات به منظور جایگزینی این کالاها با تولیدات داخل باشد می‌توان انتظار داشت مصرف انرژی کاهش یابد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

۱-۳. مدل پانل پویای آستانه‌ای[1]

در اقتصادسنجی، مدل‌های رگرسیون آستانه‌ای یک گروه از مدل‌های رژیم ـ سوئیچینگ هستند که در این مدل‌ها پارامترهای شیب مطابق با مکانیسم رژیم ـ سوئیچینگ تغییر می‌کنند که این تغییر وابسته به متغیر آستانه[2] است. در مدل‌های رگرسیون آستانه‌ای برخلاف مدل‌های مارکوف ـ سوئیچینگ رژیم قابل مشاهده است. در این مطالعه، مدل پانل پویای آستانه‌ای که توسط کرمر و همکاران[3] (۲۰۱۳) گسترش یافته است به کار می‌رود. مدل کرمر و همکاران (۲۰۱۳) بسط مدل ایستای هانسن[4] (۱۹۹۹) برای رگرسورهای درونزا است. در این الگو متغیر وابسته تابعی از متغیر وابسته با وقفه است و یا به عبارتی، متغیر وابسته با وقفه یکی از متغیرهای توضیحی مدل است. مدل پانل آستانه‌ای که در این مطالعه به کار می‌رود براساس مدل مقطعی آستانه‌ای کانر و هانسن[5] (۲۰۰۴)

1. Dynamic Panel Threshold Model (DPT)
2. Threshold Variable
3. Kremer et al.
4. Hansen
5. Caner & Hansen

ساخته شده است، که با توجه به درونزایی متغیرهای توضیحی از تخمین زننده گشتاور تعمیم یافته[1] برای برآورد مدل استفاده می‌شود.

$$Y_{it} = \mu_i + \beta_1' Z_{it} I(q_{it} \le \Upsilon) + \beta_2' Z_{it} I(q_{it} > \Upsilon + \varepsilon_{it} \quad (۱)$$

در معادله (۱)، i و t به ترتیب بیانگر مقطع و زمان است. y_{it} متغیر وابسته، μ_i اثر ویژه مقطعی، $\varepsilon_{it} \sim iid(0,\sigma^2)$ جمله خطا، I(.) تابع تصریح‌کننده رژیم، q_{it} متغیر آستانه‌ای و Υ مقدار آستانه و Z_{it} بردار متغیرهای توضیحی است. بردار متغیرهای توضیحی به دو زیرمجموعه Z_{1it} متغیرهای برونزا و Z_{2it} متغیرهای درونزا تقسیم می‌شود. در اولین مرحله از تخمین مدل (۱)، اثرات ویژه (μ_i) از طریق تبدیل اثرات ثابت می‌بایست حذف گردد. در مدل‌های پانل دیتای پویا، متغیر وابسته با وقفه به عنوان متغیر توضیحی در نظر گرفته می‌شود. بنابراین میان مقادیر متغیر وابسته با وقفه به عنوان متغیر توضیحی و جملات خطا ارتباط به وجود می‌آید و این ارتباط به ناسازگاری تخمین‌زننده‌ها منجر می‌شود. در چنین مواردی، مدل پانل دیتای پویا می‌تواند ارتباط میان مقادیر با وقفه متغیر وابسته و جملات خطا را حذف کند و بنابراین سازگاری تخمین زننده‌ها را افزایش دهد. بنابراین در این خصوص روش انحراف متعامد[2] را که توسط آرلانو و باور[3] (۱۹۹۵) معرفی شده است به کار می‌رود.

$$\varepsilon_{it}^{*} = \sqrt{\frac{T-t}{T-t+1}}\left[\varepsilon_{it} - \frac{1}{T-1}(\varepsilon_{i(t+1)} + \cdots + \varepsilon_{iT})\right] \quad (۲)$$

ε_{it}^{*} جمله خطای تبدیل یافته است. مشخصه قابل تمایز این روش از دیگر روش‌ها این است که این روش می‌تواند منجر به اجتناب از همبستگی سریالی جملات خطای تبدیل شده است.

مرحله بعدی فرآیند تخمین شامل استفاده از روش 2sls به منظور تخمین سطح آستانه‌ای متغیر آستانه‌ای است. بدین منظور، ابتدا یک رگرسیون فرم خلاصه شده برای متغیرهای درونزا (Z_{2it}) به عنوان تابعی از متغیرهای ابزاری (X_{it}) تخمین زده می‌شود. متغیرهای درونزا (Z_{2it}) در معادله ساختاری با متغیرهای پیش‌بینی شده ($\hat{Z}_{2it}$) جایگزین می‌شوند. سرانجام، مدل ارائه شده در رابطه (۱) از طریق حداقل مربعات برای یک آستانه

1. GMM
2. The forward orthogonal deviation
3. Arellano & Bover

ثابت (Υ) برآورد می‌شود. این مرحله برای زیرمجموعه متغیر آستانه q تکرار می‌شود. از میان مقادیر آستانه‌ای، مقدار آستانه‌ای با کمترین مجموع مربعات پسماندها $(S(\Upsilon))$ به عنوان مقدار مناسب آستانه انتخاب می‌شود $(\hat{\Upsilon})$. معادله (۳) این فرآیند را نشان می‌دهد (هانسن، ۲۰۰۰).

$$\hat{\Upsilon} = \arg\min S_n(\Upsilon) \qquad (۳)$$

مطابق با مطالعات هانسن (۱۹۹۹)، کانر و هانسن (۲۰۰۴) و کرمر و همکاران (۲۰۱۳) مقادیر بحرانی برآورد می‌شوند و فاصله اطمینان ۹۵٪ مقدار آستانه‌ای متغیر آستانه‌ای تعیین می‌شود. معادله (۴) برای تخمین مقادیر بحرانی به کار می‌رود:

$$\Gamma = \{\Upsilon : LR(\Upsilon) \leq C(\alpha)\} \qquad (۴)$$

در معادله (۴)، $C(\alpha)$ صدک ۹۵٪ توزیع مجانبی آماره $\mathrm{LR}(\Upsilon)$ است. در مدل پانل پویا، وقتی که مقدار آستانه‌ای مناسب $(\hat{\Upsilon})$ تعیین شود ضرایب مدل با روش گشتاورهای تعمیم‌یافته تخمین زده می‌شود. معادله (۵) یک مدل پانل پویای آستانه‌ای برای بررسی اثر مقدار آستانه‌ای شدت انرژی بر رابطه میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی است.

$$\mathrm{ec}_{it} = \mu_i + \beta_1 \mathrm{gdp}_{it}\, I[\mathrm{int}_{it} \leq \Upsilon]) + \delta_1 I\,[\mathrm{int}_{it} \leq \Upsilon] + \beta_2 \mathrm{gdp}_{it}\, I\,[\mathrm{int}_{it} > \Upsilon] + \phi Z_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (۵)$$

ec_{it} مصرف انرژی و gdp_{it} تولید ناخالص داخلی و متغیر وابسته به رژیم[1] است. β_1 و β_2 ضرایب شیب وابسته به رژیم است. β_1 تأثیر تولید ناخالص داخلی بر مصرف انرژی در حالتی که متغیر آستانه‌ای پایین‌تر از سطح آستانه‌ای است و β_2 تأثیر تولید ناخالص داخلی بر مصرف انرژی در حالتی که متغیر آستانه‌ای بالاتر از سطح آستانه‌ای است. int_{it} شدت انرژی و متغیر آستانه‌ای و Υ سطح آستانه‌ای شدت انرژی است. شدت انرژی به صورت مقدار انرژی مورد نیاز به ازای هر واحد تولید و یا فعالیت اندازه‌گیری می‌شود. به طوری که کاهش مصرف انرژی برای یک واحد تولید شدت انرژی را کاهش می‌دهد. شدت انرژی یکی از مهمترین معیارهای کارایی انرژی است (آیدین واسن، ۲۰۱۸). کاهش شدت انرژی را می‌توان به صورت افزایش کارایی انرژی تعبیر نمود. δ_1 ضریب رژیم ثابت است. Z_{it} بردار متغیرهای کنترلی است. متغیرهای کنترلی در

1. Dependent-regime variable

این مطالعه شامل تشکیل سرمایه ثابت ناخالص ($gfcf_{it}$)، سهم صادرات صنعتی از کل صادرات ($sexport_{it}$) و سهم واردات صنعتی از کل واردات ($simport_{it}$) است. مطابق با بیک[1] (۲۰۱۰) و کرمر و همکاران (۲۰۱۳)، سطح اولیه مصرف انرژی ec_{it-1} به عنوان متغیر درونزا به کار می‌رود. مقدار با وقفه مصرف انرژی در مدل به عنوان متغیر توضیحی در نظر گرفته شده است، با این استدلال که سطح مصرف سرانه انرژی به طور کلی مستقل از دوره‌های قبل نیست. بنابراین سطوح مصرف انرژی در دوره‌های قبل در دوره‌های بعد تجلی پیدا می‌کند (رامیوز ـ روندان[2]، ۲۰۱۳).

۲-۳. داده و آمار توصیفی

هدف این مطالعه بررسی کند تأثیر رشد اقتصادی بر مصرف انرژی در کشورهای اوپک در فاصله زمانی ۲۰۱۴-۱۹۸۰ است. کشورهای مورد مطالعه شامل الجزایر، آنگولا، اکوادور، گابن، اندونزی، ایران، نیجریه، قطر، عربستان سعودی، امارات متحده عربی و ونزوئلا است و سایر کشورهای عضو اوپک به دلیل عدم دسترسی به داده‌های آنها در نظر گرفته نشده‌اند. معادله (۵) به منظور تخمین اثرات آستانه‌ای رشد اقتصادی بر مصرف انرژی در نظر گرفته می‌شود.

ec_{it} مصرف سرانه انرژی کشور i در زمان t است و داده‌های آن از سایت صندوق بین‌المللی پول[3] گردآوردی شده است. مصرف انرژی شامل زغال سنگ، گاز طبیعی، نفت خام و برق است. gdp_{it} تولید ناخالص داخلی سرانه کشور i در زمان t است و داده‌های آن از سایت سازمان ملل متحد[4] گردآوری شده است. int_{it} شدت انرژی کشور i در زمان t است و داده‌های آن از سایت وزارت انرژی امریکا[5] استخراج شده است. متغیرهای کنترلی (Z_{it}) شامل تشکیل سرمایه ثابت ناخالص ($gfcf_{it}$)، سهم صادرات صنعتی از کل صادرات ($sexport_{it}$) و سهم واردات صنعتی از کل واردات ($simport_{it}$) است. داده‌های تشکیل سرمایه ثابت ناخالص از سایت صندوق بین‌المللی پول و داده‌های سهم صادرات و واردات صنعتی از کل صادرات و واردات از سایت سازمان تجارت

1. Bick
2. Ramirez-Rondán
3. International Monetary Fund
4. United Nations (UN)
5. US Energy Information Administration (EIA)

جهانی[1] گردآوری شده‌اند. در ادامه مروری بر توصیف آماری متغیرهای مدل داریم که در جدول (۲) گزارش شده است.

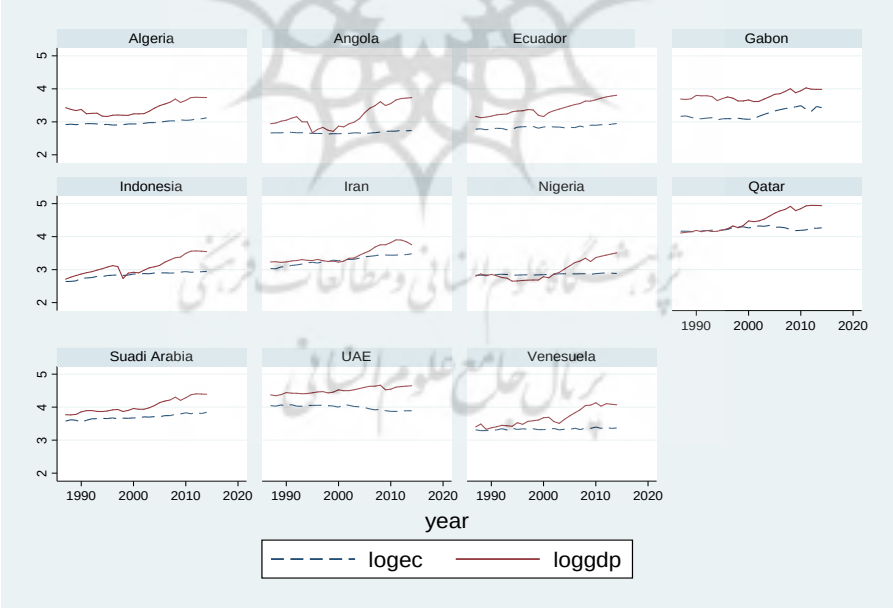
جدول ۲. توصیف آماری متغیرهای مدل

متغیر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
gdp	۱۰۰۹۵/۸۱۰۰	۱۵۶۰۳/۰۵۰۰	٤٤٦/۷۵۹۱	۸۸۵٦٤/۸۱۰۰
ec	۳۸۲۲/٤۳٦۰	۵۱۵۷/٤٦٦۰	٤۲۹/۸۳۲٦	۲۱۹۵۹/٤٤۰۰
int	٤/۸۵۷۱	۲/٦۹٤۸	۰/۹۱۷۳	۱۵/٦٤٤۵
gfcf	۲٦۵٦/۹۷۲۰	٤۹۵۹/۳٤۵۰	۰/۰۲۰۵	۳٤۱۱٤/۳۰۰۰
sexport	۰/۱۱۸۰	۰/۱۲۲۳	۰/۰۰۲٦	۰/۵٦٤۷
simport	۰/۷۱٦۲	۰/۱۰۲۲	۰/۳۰۱۱	۱/۱۱۱٤

منبع: یافته‌های تحقیق

مسیر زمانی مصرف انرژی سرانه و تولید ناخالص داخلی سرانه هر کشور در نمودار (۱) و مسیر زمانی شدت انرژی در نمودار (۲) ترسیم شده است.

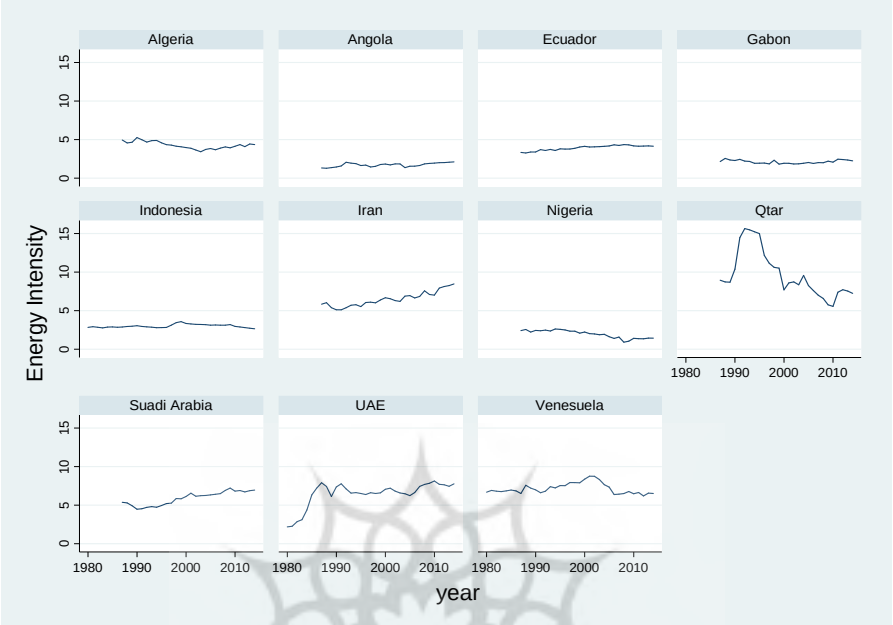
نمودار۱. مسیر زمانی لگاریتم مصرف انرژی سرانه و لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه



منبع: یافته‌های تحقیق

1. World Trade Organization

نمودار۲. مسیر زمانی شدت انرژی



منبع: یافته‌های تحقیق

٤. نتایج و بحث

این مطالعه نقش شدت انرژی در ارتباط میان مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی کشورهای اوپک را در دو مرحله بررسی می‌کند. در اولین مرحله، با استفاده از تحلیل بر پایه فروض خطی، ارتباط علی میان مصرف انرژی و تولید بررسی می‌شود. در دومین مرحله، با در نظر گرفتن ارتباط بلندمدت، بررسی می‌شود که اثر تولید بر مصرف انرژی چگونه تحت تأثیر شدت انرژی قرار می‌گیرد. قبل از برآورد مدل می‌باید مانایی متغیرها مورد بررسی قرار گیرد. وابستگی مقطعی و شکست ساختاری در داده‌های پانل از عوامل مؤثر بر مانایی متغیرها هستند. لذا، قبل از انجام آزمون مانایی متغیرهای پانل می‌باید وابستگی مقاطع و شکست ساختاری در داده‌ها بررسی شود. وابستگی مقاطع بدان مفهوم است که وجود یک شوک در یک کشور می‌تواند بر کشور دیگر تأثیر بگذارد. بنابراین اگر وابستگی مقاطع تأیید شود باید آزمون‌های ریشه واحدی استفاده گردد که وابستگی مقاطع را در نظر بگیرد.

۱-٤. آزمون وابستگی مقاطع

در این مطالعه، آزمون وابستگی مقاطع را بر اساس آزمون وابستگی مقطعی پسران انجام می‌شود (پسران[1]، ۲۰۰۴). آماره این آزمون براساس معادله (۶) محاسبه می‌شود:

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}\left(\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N}\hat{\rho}_{ij}\right)} \qquad (۶)$$

T فاصله زمانی، N تعداد مقاطع و $\hat{\rho}_{ij}$ همبستگی دو به دو (جفتی) میان مقاطع است. نتایج این آزمون در جدول (۳) گزارش شده است.

جدول ۳. آزمون وابستگی مقاطع

آزمون	آماره	مقدار احتمال	
وابستگی مقطعی پسران	۵/٤۳۵	۰/۰۰۰	

منبع: یافته‌های تحقیق

مطابق با آزمون وابستگی مقطعی پسران (۲۰۰۴)، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود ارتباط بین مقاطع رد می‌شود. بنابراین مدل وابستگی مقطعی دارد. این بدان مفهوم است که در کشورهای اوپک یک شوک که یک کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد کشور دیگر را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین باید آزمون‌های ریشه واحد با در نظر گرفتن ارتباط مقاطع انجام شود.

۲-٤. آزمون ریشه واحد

تجزیه و تحلیل‌های رگرسیونی براساس یک سری فروض بنا شده است که یکی از این فروض مهم و تأثیرگذار مانایی متغیرهای مورد استفاده می‌باشد. برای اطمینان از مانا بودن متغیرها، آزمون ریشه واحد داده‌های پانل شامل آزمون ایم ـ پسران ـ شین[2]، آزمون لوین ـ لین ـ چو[3]، آزمون دیکی فولر تعمیم یافته[4] و آزمون فیلیپس ـ پرون استفاده می‌شود. فرضیه صفر برای همگی این آزمون‌ها بیانگر نامانایی متغیرها و وجود ریشه واحد و فرضیه مقابل بیانگر مانایی متغیرها می‌باشد. در این آزمون‌ها شکست ساختاری

1. Pesaran
2. IPS
3. LLC
4. ADF

در نظر گرفته نمی‌شود که در صورت وجود شکست ساختاری در متغیرها ممکن است آزمون‌های ریشه واحد معمولی متغیر مانا را نامانا نشان دهند. در این مطالعه از آزمون ریشه واحد داده‌های پانل هادری و رائو (۲۰۰۸) استفاده می‌شود که می‌تواند وجود وابستگی‌های مقطعی، شکست ساختاری و همبستگی سریالی جملات اخلال را در نظر بگیرد. فرضیه صفر این آزمون وجود مانایی متغیر را نشان می‌دهد. این آزمون ریشه واحد یک شکست ساختاری را در نظر می‌گیرد. آزمون مانایی هادری ـ رائو[1] (۲۰۰۸) دارای چهار مدل می‌باشد: الگوی صفر، شکست در سطح را بدون در نظر گرفتن روند زمان، الگوی یک، شکست در سطح با در نظر گرفتن روند زمان، الگوی دو، شکست در شیب و الگوی سه، شکست در سطح و شیب را آزمون می‌کند. این آزمون نقاط شکست بهینه را برای یک مدل مناسب تعیین می‌کند. در این روش برای به دست آوردن نقاط شکست از حداقل‌سازی مجموع مربعات باقی‌مانده استفاده می‌شود. برای انتخاب الگوی مناسب در این آزمون از روش حداقل‌سازی معیار اطلاعاتی بیزین[2] استفاده می‌شود که توسط منتانس و همکاران[3] (۲۰۰۵) ارائه شده است. نتایج این آزمون در جدول (۴) گزارش شده است. جدول (۴) از دو پانل الف و ب تشکیل شده است. در پانل الف نتایج آزمون ریشه واحد ایم ـ پسران ـ شین که بدون در نظر گرفتن وابستگی مقاطع و شکست ساختاری پایایی متغیرها را بررسی می‌کند گزارش شده است. در پانل ب نتایج آزمون ریشه واحد هادری ـ رائو (لحاظ وابستگی مقطعی و شکست ساختاری) و سال شکست ساختاری گزارش شده است.

جدول (٤): آزمون ریشه واحد داده‌های پانل

الف: آزمون ریشه واحد ایم ـ پسران ـ شین

متغیر	آماره	مقادیر بحرانی در: ۱۰٪ ۵٪ ۱٪
log ec	-۱/۳۳	-۱/۸۱۰ -۱/۹ -۲/۰٤۰
log gdp	-۰/۲۱۰	

1. Hadri- Rao
2. Bayesian Information Criteria (BIC)
3. Montañés et al.

الف: آزمون ریشه واحد هادری- رائو

کشور	موقعیت شکست ساختاری	
	log ec	*log gdp*
الجزایر	۱۹۹۳	۱۹۹۹
آنگولا	۲۰۰۲	۱۹۹٤
اکوادور	۲۰۰٦	۲۰۰۰
گابن	۱۹۹٥	۲۰۰۳
اندونزی	۱۹۸۹	۱۹۹۷
ایران	۱۹۸۲	۱۹۹۹
نیجریه	۱۹۹۳	۱۹۹٥
قطر	۱۹۹٦	۱۹۸۹
عربستان سعودی	۱۹۸۳	۱۹۸۸
امارات متحده عربی	۱۹۹۱	۱۹۸۷
ونزوئلا	۲۰۰۷	۱۹۹۱

آزمون ریشه واحد هادری- رائو				
متغیر	آماره	مقادیر بحرانی در:		
		۱٪	۵٪	۱۰٪
log ec	۰/۰٦	۰/۷۱۹	۰/۵۲۱	۰/٤٦۲
log gdp	۰/۰٤٦	۰/۵۳۷	۰/٤٤۷	۰/۳۱۷

منبع: یافته‌های تحقیق

مطابق با پانل الف، براساس آزمون ریشه واحد ایم ـ پسران ـ شین و بدون در نظر گرفتن وابستگی مقاطع و شکست ساختاری در متغیرها، متغیرها نامانا هستند ولی مطابق با پانل ب، با در نظر گرفتن وابستگی مقاطع و شکست ساختاری و براساس آزمون هادری و رائو متغیرها مانا هستند. بنابراین ارتباط بلندمدت میان متغیرها وجود دارد. با وجود رابطه بلندمدت میان دو متغیر می‌بایست حداقل یک رابطه علی میان متغیرها وجود داشته باشد.

۳-٤. آزمون علیت

قبل از انجام آزمون علیت گرنجری پانل ابتدا وقفه بهینه مدل تعیین می‌شود. بر اساس معیار اطلاعاتی آکائیک[1]، وقفه ۳ انتخاب می‌شود. بر اساس معیار اطلاعاتی حنان ـ کوئین[2] و

1. Akaike Information Criterion
2. Hannan-Quinn Information Criterion

شوارتز[1] وقفه ۲ انتخاب می‌شود ولی نتایج با وقفه ۲ تغییری نمی کند. نتایج آزمون علیت گرنجری پانل در جدول (۵) گزارش شده است.

جدول (۵): آزمون علیت گرنجری پانل

مقدار احتمال	آماره	فرضیه صفر
۰/۰۳۹۸	۲/۸۰۴۲	لگاریتم تولید ناخالص داخلی علیت گرنجری لگاریتم مصرف انرژی نیست.
۰/۱۳٤	۱/۸۷۰۵	لگاریتم مصرف انرژی علیت گرنجری لگاریتم تولید ناخالص داخلی نیست.

منبع: یافته‌های تحقیق

مطابق با نتایج آزمون علیت گرنجری پانل یک رابطه علی یک طرفه از تولید به مصرف انرژی وجود دارد. مطالعاتی همچون آل ایریانی (۲۰۰۶) و مهرآرا (۲۰۰۷) نشان دادند که فرضیه رشد در کشورهای اوپک صادق نیست و فرضیه صرفه‌جویی تأیید می‌شود. یعنی تولید علت مصرف انرژی هست ولی مصرف انرژی علت تولید نیست. بنابراین تولید عاملی در جهت افزایش مصرف انرژی است، در حالی که مصرف انرژی عاملی در جهت افزایش تولید نیست. سؤال اساسی که در این میان مطرح است آن است که در این کشورها تولید و افزایش تولید ناخالص داخلی چگونه مصرف انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در ادامه، با در نظر گرفتن مدل پانل پویای آستانه‌ای به این سؤال پاسخ داده می‌شود.

٤-٤. تخمین آستانه‌ای ارتباط مصرف انرژی و تولید

در ادامه بررسی خواهد شد که تولید چگونه مصرف انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد؟ در این مطالعه، اثر تولید بر مصرف انرژی غیر خطی و نامتقارن در نظر گرفته می‌شود و فرض می‌شود تأثیر تولید بر مصرف انرژی بستگی به شدت انرژی دارد. این بدان مفهوم است که انتظار می‌رود در سطوح بالای شدت انرژی تأثیر تولید بر مصرف انرژی متفاوت از تأثیر تولید بر مصرف انرژی در سطوح پایین شدت انرژی است. همان‌طور که در بخش

1. Schwarz information criterion

روش‌شناسی پژوهش توضیح داده شد از شدت انرژی به عنوان معیاری از کارایی انرژی استفاده می‌شود. اثر تولید بر مصرف انرژی کشورهای اوپک در فاصله زمانی ۲۰۱۴-۱۹۸۰ با استفاده از یک مدل پانل پویایی آستانه‌ای برآورد می‌شود و شدت انرژی نقش متغیر آستانه‌ای را بازی می‌کند.

ابتدا بدون در نظر گرفتن متغیرهای کنترلی و صرفاً با در نظر گرفتن تولید ناخالص داخلی به عنوان تبیین‌کننده مصرف انرژی و شدت انرژی به عنوان متغیر آستانه‌ای، مدل برآورد می‌شود. نتایج در جدول (۶) گزارش می‌شود.

جدول (٦): تخمین‌های آستانه‌ای بدون در نظر گرفتن متغیرهای کنترلی

مقدار متغیر آستانه ای(شدت انرژی) برآورد شده	
٦/٩١٦٣***	$\hat{\Upsilon}$
[٤/٢٥٥٥ -٩/٥٧٧]	confidence interval ٪٩٥
تأثیر رشد اقتصادی	
-۰/۳۵۳۷ (۰/۲۷٤٦)	$\hat{\beta}_1$
۱/۰۵۹۷*** (۰/۰۲۰۰)	$\hat{\beta}_2$

منبع: یافته‌های تحقیق

مطابق با جدول (۶) مقدار آستانه‌ای شدت انرژی ۶/۹۱ برآورد می‌شود. $\hat{\beta}_1$ میزان تأثیر تولید بر مصرف انرژی در شدت انرژی کمتر از ۶/۹۱۶۳ است و به میزان ۰/۳۵۳۷- برآورد شده است. این بدان مفهوم است که در مقادیر شدت انرژی کمتر از ۶/۹۱۶۳ تأثیر تولید بر مصرف انرژی منفی و بی‌معنی است. یعنی با افزایش تولید مصرف انرژی کاهش می‌یابد ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نیست. $\hat{\beta}_2$ میزان تأثیر تولید بر مصرف انرژی در شدت انرژی بیشتر از۶/۹۱۶۳ است و به میزان ۱/۰۵۹۷ برآورد شده است. این بدان مفهوم است که در مقادیر شدت انرژی بیشتر از ۶/۹۱۶۳ تأثیر تولید بر مصرف انرژی مثبت و معنی‌داری است. یعنی با افزایش تولید مصرف انرژی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

بار دیگر، با در نظر گرفتن متغیرهای کنترلی مدل برآورد می‌شود. نتایج در جدول (۷) گزارش می‌شود.

جدول (۷): تخمین‌های آستانه‌ای با در نظر گرفتن متغیرهای کنترلی

مقدار متغیر آستانه ای(شدت انرژی) برآورد شده	
$\hat{\Upsilon}$	۷/۲۷۷٤**
confidence interval ٪۹۵	[٦/۹۲۹۵ –۷/۲۷۷٤]
تأثیر رشد اقتصادی	
$\hat{\beta}_1$	۰/۰٤۳۹ (۰/۰۳۳۲)
$\hat{\beta}_2$	۰/۱۸۱۳*** (۰/۰۲۰۵)
تأثیر متغیرهای کنترلی	
$gfcf_{it}$	۰/۰۲۷۲*** (۰/۰۰٤۱)
$sexport_{it}$	۱/۱۹۵۲*** (۰/۱۱٤۰)
$simport_{it}$	۰/۰٤۸۵ (۰/۰۳۱۲)
$\hat{\delta}_1$	۰/٤۱۰۳*** (۰/۱۰۰۵)
$initial_{it}$	–۰/۲۹۵۱*** (۰/۰۱۹۰)

منبع: یافته‌های تحقیق

مطابق با جدول (۷) مقدار آستانه‌ای شدت انرژی ۷/۲۷۷۴ برآورد می‌شود. $\hat{\beta}_1$ میزان تأثیر تولید بر مصرف انرژی در شدت انرژی کمتر از ۷/۲۷۷۴ است و به میزان ۰/۰۴۳۹ برآورد شده است. این بدان مفهوم است که در مقادیر شدت انرژی کمتر از ۷/۲۷۷۴ تأثیر تولید بر مصرف انرژی مثبت و بی‌معنی است. یعنی با افزایش تولید مصرف انرژی افزایش می‌یابد ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نیست. $\hat{\beta}_2$ میزان تأثیر تولید بر مصرف انرژی در شدت انرژی بیشتر از ۷/۲۷۷۴ است و به میزان ۰/۱۸۱۳ برآورد شده است. این بدان مفهوم است که در مقادیر شدت انرژی بیشتر از ۷/۲۷۷۴ تأثیر تولید بر مصرف انرژی مثبت و معنی‌داری است. یعنی با افزایش تولید مصرف انرژی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

بنابراین انتظار می‌رود در سطوح پایین شدت انرژی در کشورهای اوپک افزایش تولید، افزایش مصرف انرژی را به همراه نداشته باشد (به دلیل تأثیر مثبت و بی‌معنی و یا تأثیر منفی

و بی‌معنی تولید بر مصرف در سطوح پایین شدت انرژی). اما در سطوح بالای شدت انرژی انتظار می‌رود افزایش تولید به طور معنی‌داری مصرف انرژی را افزایش دهد.

تشکیل سرمایه ثابت ناخالص تأثیر مثبت و معنی‌داری بر مصرف انرژی دارد. انتظار می‌رود پروژه‌های سرمایه‌بری که در بخش‌های مختلف صنعتی یا زیرساخت‌های کشورهای اوپک به مرحله اجرا درمی‌آیند، مصرف انرژی را به طور مثبت و معنی‌داری تحت تأثیر قرار دهند.

صادرات صنعتی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر مصرف انرژی کشورهای اوپک دارد. تولید کالاهای صنعتی قابل صدور با مصرف انرژی بالایی همراه است و به افزایش بیشتر مصرف انرژی منجر می‌گردد. سوری و چاپمن (۱۹۹۸) نشان دادند که صادرات کالاهای صنعتی ساخته‌شده در اقتصادهای در حال توسعه به سمت کشورهای توسعه‌یافته رو به افزایش است. نکته جالب توجه آنکه، تقاضا برای این محصولات از این کشورها، با نرخ بالایی در حال افزایش است و مشتری اصلی آنها اقتصادهای توسعه یافته‌اند (مهرآرا و همکاران، ۱۳۹۰). به دلیل محدودیت‌های محیط زیستی، تولید بسیاری از کالاهای صنعتی با انرژی‌بری بالا، به کشورهای در حال توسعه که دغدغه کمتری نسبت به مسائل زیست‌محیطی دارند منتقل شده است.

سهم واردات صنعتی تأثیر مثبت ولی بی‌معنی بر مصرف انرژی کشورهای اوپک دارد. واردات کالاهای ساخته‌شده صنعتی، دارای اثری دوسویه بر روی مصرف انرژی در کشورها است. اگر واردات کالاهای صنعتی به منظور جایگزینی آنها با کالاهای مشابه تولید داخل (که با صرف انرژی بالایی تولید می‌شدند) باشد، افزایش در واردات کالاهای گفته‌شده، مصرف انرژی را کاهش خواهد داد. اما اگر وارادات صنعتی از نوع ماشین‌آلات و کالاهای سرمایه‌ای و واسطه‌ای باشند، مصرف انرژی در کشور بالا خواهد رفت، چرا که به تولید بیشتر در کشور دامن خواهد زد (مهرآرا و همکاران، ۱۳۹۰).

۵. نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی

با توجه به رتبه و جایگاه کشورهای اوپک به لحاظ مصرف سرانه انرژی، انتشار دی‌اکسیدکربن و شدت انرژی در میان کشورهای جهان، این مطالعه به بررسی تأثیر تولید بر مصرف انرژی کشورهای اوپک می‌پردازد و نقش شدت انرژی را در این تأثیر مورد تحلیل و بررسی قرار می‌دهد. بدین منظور، در اولین مرحله رابطه علی میان مصرف انرژی

و تولید بررسی می‌شود. نتایج آزمون علیت گرنجری نشان می‌دهد که یک ارتباط علی یکطرفه از تولید به مصرف انرژی وجود دارد. بنابراین تولید عاملی در جهت افزایش مصرف انرژی کشورهای اوپک است. در دومین مرحله، چگونگی تأثیر تولید بر مصرف انرژی بررسی می‌شود. آیا تأثیر تولید بر مصرف انرژی وابسته به شدت انرژی است؟ آیا شدت انرژی می‌تواند مانعی برای افزایش مصرف انرژی درنتیجه افزایش تولید باشد. این مطالعه یک مدل رگرسیون پانل پویای آستانه‌ای را برای پاسخ به این سؤالات به کار می‌برد. نتایج مدل رگرسیون پانل پویای آستانه‌ای برآورد شده نشان می‌دهد که در مقادیر شدت انرژی بالاتر از سطح آستانه‌ای، تولید به طور معنی‌داری مصرف انرژی را افزایش می‌دهد ولی در مقادیر شدت انرژی پایین‌تر از سطح آستانه‌ای، تولید تأثیر مثبت و بی‌معنی (و یا منفی و بی‌معنی، بدون در نظر گرفتن متغیرهای کنترلی) بر مصرف انرژی دارد. یافته‌ها حاکی از آن است که مقدار شدت انرژی (به عنوان معیاری از کارایی انرژی) عاملی در تأثیر تولید بر مصرف انرژی است. این نتیجه بیان می‌کند که تولید تأثیر غیر خطی و نامتقارن بر مصرف انرژی دارد.

نتایج این مطالعه برای برنامه‌ریزان اقتصادی و سیاستگزاران انرژی و محیط زیست با اهمیت است. انتظار می‌رود توجه به شدت انرژی منجر به حصول رشد اقتصادی پایدار کشورهای اوپک شود. به عبارتی، با کاهش شدت انرژی (افزایش کاریی انرژی) رشد اقتصادی پایدار کشورهای اوپک قابل دستیابی است و افزایش تولید می‌تواند نگرانی در مسائل تغییرات آب و هوایی ایجاد نکند. همچنین نتایج این مطالعه با فرضیه زیست محیطی کوزنتس مرتبط است، در مقادیر پایین شدت انرژی، افزایش تولید الزاماً منجر به آسیب‌های زیست‌محیطی نمی‌گردد.

نتایج این مطالعه از چند جنبه قابل توجه است. اولاً، آزمون علیت حاکی از رابطه علی یک طرفه از تولید به مصرف انرژی در کشورهای اوپک است. ثانیاً، تولید در مقادیر پایین شدت انرژی تأثیر معنی‌داری بر مصرف انرژی ندارد. این نتیجه بدان مفهوم است که افزایش تولید الزاماً منجر به تخریب محیط زیست نمی‌شود و می‌توان انتظار داشت در مقادیر پایین شدت انرژی رشد اقتصادی پایدار قابل حصول باشد. همچنین نتایج این مطالعه با فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس مرتبط است، تولید بیشتر به همراه شدت انرژی پایین الزاماً منجر به تخریب محیط زیست نخواهد شد.

٦. تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

ORCID

Somayeh Azami https://orcid.org/0000-0002-7576-5820

Pouria Mohamadi https://orcid.org/0000-0002-3662-2181

۷. منابع

علیزاده، محمد و گلخندان، ابوالقاسم. (۱۳۹۵). مصرف انرژی و رشد اقتصادی در کشورهای عضو OPEC: شواهد تجربی جدید از هم‌انباشتگی پانلی با وابستگی مقطعی. *پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، شماره ۵، صفحات ۱۳۱-۱۶۴.

ملکی، رضا. (۱۳۸۳). بررسی رابطه علیت بین مصرف انرژی و تولید داخلی در ایران. *مجله برنامه و بودجه*، دوره ۹، شماره ۶، صفحات ۱۲۱-۸۱.

مهرآرا، محسن؛ ابریشمی، حمید و سبحانیان، محمد هادی. (۱۳۹۰). اثرات غیر خطی رشد اقتصادی بر مصرف انرژی در کشورهای عضو اوپک و کشورهای بریک با استفاده از روش حد آستانه. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، شماره ۴۹، ۱۷۷-۲۰۴.

هوشمند، محمود؛ دانش‌نیا، محمد؛ ستوده، علی و قزلباش، اعظم. (۱۳۹۲). بررسی رابطه علیت بین مصرف، رشد اقتصادی و قیمت‌ها با استفاده از داده‌های تابلویی در کشورهای عضو اوپک. *دو فصلنامه مالی اقتصاد پولی*، سال بیستم، شماره ۵، صفحات ۲۵۶-۲۳۳.

References

Ahmed M. and Azam M. (2016). Causal nexus between energy consumption and economic growth for high-, middle- and low-income countries using frequency domain analysis. *Renew Sustain Energy Rev*, 60, pp.653-78.

Al-Iriani, M.A. (2006). Energy-GDP relationship revisited: an example from GCC countries using panel Causality. *Energy Policy*, 34, pp. 3342-3350.

Alizadeh, M. and Golekhandan, A. (2016). Energy Consumption and Economic Growth in OPEC Member Countries: New Empirical Evidence Using the Panel Co-integration with Cross-Sectional Dependence. *Journal of Energy Planning and Policy Research*, 5, pp. 131-164. [In Persian]

Alkhathlan, K. and Javid, M. (2013). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Saudi Arabia: An aggregate and disaggregate analysis. *Energy Policy*, 62, pp. 1525-1532.

Alsahlawi, M. (2013). Measuring energy efficiency in GCC countries using data envelopment analysis. *J Bus Inq*, 12, pp. 15-30.

Amadeh, H., Morteza, G. and Abbasifar, Z. (2009). Causality relation between energy consumption and economic growth and employment in Iranian economy. *Tahgighat-E-Eghtesadi*, 44, pp. 1-38.

Antonakakis, N., Chatziantoniou I. and Filis G. (2017). Energy consumption, CO_2 emissions, and economic growth: an ethical dilemma. *Renew Sustain Energy Rev*, 68, pp. 808-24.

Apergis N. and Tang C.F. (2013). Is the energy-led growth hypothesis valid? New evidence from a sample of 85 countries. *Energy Econ*, 38, pp. 24-31.

Apergis, N. and Payne J.E. (2012). Renewable and non-renewable energy consumption-growth nexus: evidence from a panel error correction model. *Energy Econ*, 34, pp. 733-8.

Arellano, M. and Bover, O. (1995). Another Look at the Instrumental Variables Estimation of Error-Components Models. *Journal of Econometrics*, 68, pp. 29-51.

Arouri, M., Youssef A., M'henni H. and Rault C. (2012). Energy consumption, economic growth and CO_2 emissions in middle East and North African countries. *Energy Policy*, 45, pp. 342-349.

Aydin, C. and Esen, Ö. (2018). Does the level of energy intensity matter in the effect of energy consumption on the growth of transition economies? Evidence from dynamic panel threshold analysis. *Energy Economics*, 69, pp. 185-195.

Azam, M., Khan A.Q., Bakhtyar, B. and Emirullah, C. (2015). The causal relationship between energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries. *Renew Sustain Energy Rev*, 47, pp.732-745.

Banafea, W. (2014). Structural breaks and causality Relationship between economic growth and energy consumption in Saudi Arabia. *Int J Energy Econ Policy*, 4(4), pp. 726-734.

Bélaïd, F. and Abderrahmani F. (2013). Electricity consumption and economic growth in Algeria: a multivariate causality analysis in the presence of structural change. *Energy Policy*, 55, pp. 286-295.

Bick, A. (2010). Threshold Effects of Inflation on Economic Growth in Developing Countries. *Economics Letters*, 108(2), pp. 126-129.

Caner, M. and Hansen, B. E. (2004). Instrumental Variable Estimation of a Threshold Model. *Econometric Theory*, 20, pp. 813-843.

Chang, T.H., Huang, C.M. and Lee, M.C. (2009). Threshold effect of the economic growth rate on the renewable energy development from a change in energy price: evidence from OECD countries. *Energy Policy*, 37, pp. 5796-5802.

Charfeddine, L. and Ben Khediri K. (2015). Financial development and environmental quality in UAE: cointegration with structural breaks. *Renew Sustain Energy Rev*, 55, pp. 1322-1335.

Damette, O. and Seghir M. (2013). Energy as a driver of growth in oil exporting countries? *Energy Econ*, 37, pp. 193-199.

Fuinhas J, Marques A. (2013). Rentierism, energy and economic growth: the case of Algeria and Egypt (1965-2010). *Energy Policy*, 62, pp. 1165-71.

Hadri, K. and Rao, Y. (2008). Panel Stationarity Test with Structural Breaks. Oxford Bulletin of Economics and statistics, 70(2), pp. 245-269.

Halicioglu, F. (2007). Residential electricity demand dynamics in Turkey. *Energy Economics*, 29 (2), pp. 199-210.

Halicioglu, F. (2009). An econometric study of CO_2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 37, pp. 1156-1164.

Hansen, B. E. (1999). Threshold Effects in Non-Dynamic Panels: Estimation, Testing, and Inference. *Journal of Econometrics*, 93, pp. 345-368.

Hansen, B. E. (2000). Sample Splitting and Threshold Estimation. *Econometrica*, 68(3), pp. 575-603.

Hoshmand, M., Mohammad Daneshnia, M., Sotudeh, A. and Ghezelbash, A. (2013). Causality Relationship between Energy Consumption, Economic Growth and Prices: using Panel Data OPEC Member Countries. *Monetary and financial Economics*, 20(5), pp.233-255. [In Persian]

Jammazi, R. and Aloui, C. (2015). On the interplay between energy consumption, economic growth and CO2 emission nexus in the GCC countries: a comparative analysis through wavelet approaches. *Renew Sustain Energy Rev*, 51, pp. 1737-51.

Kim, Y.G., Yoo, J. and Oh, W. (2015). Driving forces of rapid CO_2 emissions growth: A case of Korea. *Energy Policy*, 82, pp. 144-155.

Kremer, S., Bick, A. and Nautz, D. (2013). Inflation and growth: new evidence from a dynamic panel threshold analysis. *Empirical Economics*, 44(2), pp. 861-878.

Lotfalipour, M.R., Falahi, M. A. and Ashena, M. (2010). Economic growth, CO_2 emissions, and fossil fuels consumption in Iran. *Energy*, 35, pp. 5115-20.

Maleki, R. (2005). Investigating of relationship of between energy consumption and GDP. *Planning and Budgeting*, 9(6), pp. 81-121. [In Persian]

Mehrara, M. (2007). Energy consumption and economic growth: the case of oil exporting countries. Energy policy, 35(5), pp.2939-2945.

Mehrara, M., Abrishami, H. and Sobhanian, S.M.H. (2012). The Non-linear Effects of Economic Growth on the Energy Consumption Growth in OPEC & BRIC Countries Using TAR Method. *Iranian journal of economic research*, 16(49), pp. 177-204. [In Persian]

Mohammadi, H. and Parvaresh, S. (2014). Energy consumption and output: evidence from a panel of 14 oil-exporting countries. *Energy Econ*, 41, pp.41-46.

Montañés, A., Olloqui, I. and Calvo, E. (2005). Selection of the break in the -Perron-type tests. *Journal of Econometrics*, 129(1), pp. 41-64.

Narayan, P.K. and Popp, S. (2012). The energy consumption-real GDP nexus revisited: empirical evidence from 93 countries. *Econ Model*, 29, pp. 303-8.

Narayan, S. (2016). Predictability within the energy consumption-economic growth nexus: some evidence from income and regional group. *Econ Model*, 54, pp. 515-21.

Nasreen, S. and Anwar, S. (2014). Causal relationship between trade openness, economic growth and energy consumption: A panel data analysis of Asian countries. *Energy Policy*, 69, pp. 82-91.

Omri, A. (2013). CO_2 emissions, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: evidence from simultaneous equations models. *Energy Econ*, 40, pp. 657-664.

Omri, A. and Kahouli, B. (2013). Causal relationships between energy consumption, foreign direct investment and economic growth. *Energy Policy*, 67, pp. 913-22.

Osman, M., Ghachino G. and Hoque, A. (2016). Electricity consumption and economic growth in the GCC countries: panel data analysis. Energy Policy, 98, pp. 318-27.

Ozturk, I. (2010). A literature survey on energy-growth nexus. *Energy Policy*, 38, 340-9.

Ozturk, I. and Acaravci, A. (2011). Electricity consumption and real GDP causality nexus: evidence from ARDL bounds testing approach for 11 MENA countries. *Appl Energy*, 88(8), pp. 2885-2892.

Ozturk, Ilhan and Al-Mulali, Usama. (2015). Natural gas consumption and economic growth nexus: Panel data Analysis for GCC countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, pp. 998-1003.

Park, H.C. and Heo, E. (2007). The direct and indirect household energy requirements in the Republic of korea from 1980 to 2000: an input-output analysis. *Energy Policy*, 35(5), pp. 2839-51.

Payne, J. (2010). A Survey of the Electricity consumption-growth literature. *Applied Energy*, 87, pp. 721-732.

Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. *CES ifo Working* No. 1229.

Ramirez-Rondán, N. R. (2013). Essays on Dynamic Panel Threshold Models (Doctoral dissertation, University of Wisconsin-Madison).

Rhee, H. C. and Chung, H.S. (2006). Change in CO_2 emission and transmissions between korea and Japan using international input-output analysis. *Ecological Economics*, 58, 4(1), pp. 788-800.

Román-Collado, R. and José Colinet, M. (2018). Is energy efficiency a driver or an inhibitor of energy consumption changes in Spain? Two decomposition approaches. *Energy Policy*, 115, pp. 409-417.

Romero, P. and Jesus, J. (2016). Economic growth and energy consumption: the Energy-environmental Kuznets curve for Latin America and the Caribbean. *Renew Sustain Energy Rev*, 60, pp. 1343-50.

Sadr, M.H., Gudarzi Farahani, Y. and Sharifi, H. (2012). Consideration the relationship between energy consumption and economic growth in oil exporting country. *Procedia - Soc Behav Sci*, 62, pp. 52-8.

Saidi, K. and Hammami, S. (2015). The impact of CO_2 emissions and economic growth on energy consumption in 58 countries. *Energy Reports*, 1, pp. 62-70.

Saidi, K., Toumi, H. and Zaidi, S. (2017). Impact of Information Communication Technology and Economic Growth on the Electricity Consumption: Empirical Evidence from 67 Countries. *J Knowl Econ*, 8(3), pp. 789-803.

Salahuddin, M. and Gow, J. (2014). Economic growth, energy consumption and CO_2 emissions in Gulf Cooperation Council countries. *Energy*, 73, pp. 44-58.

Sbia, R., Shahbaz, M. and Hamdi, H. (2014). A contribution of foreign direct investment, clean energy, trade openness, carbon emissions and economic growth to energy demand in UAE. *Economic Modelling*, 36, pp. 191-197.

Shahateet, I. M. (2014). Modeling economic growth and energy consumption in Arab countries: cointegration and causality analysis. *Int J Energy Econ Policy*, 4(3), pp. 349-359.

Solarin, S. A. and Ozturk, I. (2016). The relationship between natural gas consumption and economic growth in OPEC members. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 1348-1356.

Su, B. and Ang, B.W. (2012). Structural decomposition analysis applied to energy and emissions: some methodological development. *Energy Econ*, 34, pp. 177-188.

Suri, V. and Chapman, D. (1998). Economic Growth, Trade and Energy: Implications for the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25, pp. 195-208.

Zamani, M. (2007). Energy consumption and economic activities in Iran. *Energy Econ*, 29(6), pp. 1135-1140.

استناد به این مقاله: اعظمی، سمیه، محمدی، پوریا. (۱۴۰۰). نقش شدت انرژی در تأثیر نامتقارن تولید بر مصرف انرژی کشورهای اوپک، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۴۱ (۱۱)، ۳۳-۵۹.

Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.