



University of Tehran Press

## Long-Term Analysis of the Nonlinear Effect of Export Diversification on Energy Demand in OPEC Member Countries

Parastoo Raeisi<sup>1</sup> , Ali Asghar Salem<sup>2</sup> , Javad Taherpoor<sup>3</sup> 

1. Department of Economics, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran, [Parastoo\\_Raeisi@atu.ac.ir](mailto:Parastoo_Raeisi@atu.ac.ir)

2. Department of Economics, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran, [Salem207@yahoo.com](mailto:Salem207@yahoo.com)

3. Department of Economics, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran, [Taherpoor.j@gmail.com](mailto:Taherpoor.j@gmail.com)

---

### Article Info

### ABSTRACT

#### Article type:

Research Article

#### Article history:

Received 25 June 2022

Received in revised form 3 February 2023

Accepted 16 February 2023

Published online 1 March 2023

#### Keywords:

Dynamic Ordinary Least Squares Model, Energy Demand, Export Diversification, Fully Modified Ordinary Least Squares Model, Herfindahl-Hirschman Concentration Index

#### JEL Classification:

F1, F12, Q56, C32

In recent years, a group of researchers have shown that not only the quantitative growth of exports, but also its diversity can affect energy demand. On the one hand, export diversification can replace energy-efficient products and services with energy-intensive products, and on the other hand, it can lead to an increase in industrial production; Therefore, in the present study, the non-linear effect of export diversity on the energy demand of OPEC member countries was investigated using fully modified ordinary least squares (FMOLS) and dynamic ordinary least squares (DOLS) long-term regression models, during the period of 2004-2019. The results of the study show that increasing export diversity increases energy demand. In addition, the non-linear U-shaped relationship between export diversity and energy demand was confirmed in this study, and also, the coefficients obtained for oil prices are negative and significant and for real GDP, natural resource rent, urbanization and population are positive and significant.






© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: <http://doi.org/10.22059/JTE.2023.344973.1008675>

---

## تحلیل بلندمدت اثر غیر خطی تنوع صادراتی بر تقاضای انرژی کشورهای عضو اوپک

پرستو رئیسی<sup>۱</sup> , علی اصغر سالم<sup>۲</sup> , جواد طاهرپور<sup>۳</sup> 

۱. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران،

Parastoo\_Raeisi@atu.ac.ir

۲. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران، [Salem207@yahoo.com](mailto:Salem207@yahoo.com)

۳. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران، [Taherpoor.j@gmail.com](mailto:Taherpoor.j@gmail.com)

اطلاعات مقاله	چکیده
<p><b>نوع مقاله:</b> علمی پژوهشی</p> <p><b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۱/۰۴/۰۴</p> <p><b>تاریخ بازنگری:</b> ۱۴۰۱/۱۱/۱۴</p> <p><b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۱/۱۱/۲۷</p> <p><b>تاریخ انتشار:</b> ۱۴۰۱/۱۲/۲۰</p> <p><b>کلیدواژه‌ها:</b> تقاضای انرژی، تنوع صادراتی، شاخص تمرکز هرفیندال = هیرشمن، مدل حداقل مربعات معمولی پویا، مدل حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده</p> <p><b>طبقه‌بندی JEL:</b> C32, Q56, F12, F1</p>	<p>در سال‌های اخیر، گروهی از پژوهشگران نشان داده‌اند که نه تنها رشد کمی صادرات، بلکه تنوع آن نیز می‌تواند بر تقاضای انرژی مؤثر باشد. از یک سو، تنوع صادراتی می‌تواند سبب جایگزینی محصولات و خدمات کم‌مصرف از نظر انرژی به جای محصولات انرژی بر گردد و از سویی دیگر، منجر به افزایش تولیدات صنعتی شود؛ لذا در مطالعه حاضر تأثیر غیرخطی تنوع صادراتی بر تقاضای انرژی کشورهای عضو اوپک با استفاده از مدل‌های رگرسیونی بلندمدت حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده (FMOLS) و حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS)، طی بازه زمانی ۲۰۰۴-۲۰۱۹ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که افزایش تنوع صادراتی، تقاضای انرژی را افزایش می‌دهد. افزون بر این، رابطه غیرخطی به فرم U میان تنوع صادراتی و تقاضای انرژی در این مطالعه تأیید و همچنین، ضرایب به‌دست‌آمده برای قیمت نفت، منفی و معنادار و برای تولید ناخالص داخلی واقعی، رانت منابع طبیعی، شهرنشینی و جمعیت مثبت و معنادار است</p>



© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <http://doi.org/10.22059/JTE.2023.344973.1008675>

## ۱- مقدمه

از موضوعات مهم در ادبیات اقتصاد انرژی، تقاضای انرژی و تعیین عوامل مؤثر بر آن می‌باشد. از قرن نوزدهم، تقاضای جهانی انرژی سالانه ۲/۵ درصد افزایش یافته و گمانه‌زنی‌ها در خصوص رشد این تقاضا از سوی محققان وجود دارد. در این بین، مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر از متهمان اصلی تخریب محیط‌زیست و مسائل مربوط به تغییرات آب‌وهوایی شناخته شده است (شهباز<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ شهزاد<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۱).

یکی از محرکه‌های اصلی تقاضای انرژی، تجارت بین‌الملل است. طبق شواهد تجربی، تقاضای انرژی علاوه بر حجم تجارت، به شدت به ترکیب سبد صادراتی کشورها از نظر تنوع صادراتی وابسته است (شهزاد و همکاران، ۲۰۲۱). تنوع صادراتی به مفهوم تغییر ساختار اقتصاد از تولید مواد اولیه و خام به محصولات صنعتی می‌باشد (عزیزی، ۱۳۹۹).

در مراحل اولیه توسعه اقتصادی، ترکیب سبد صادراتی کشورها با محصولات کشاورزی و منابع طبیعی متنوع می‌شود. به تدریج در مراحل بالاتر توسعه اقتصادی، ترکیب سبد صادراتی با محصولات صنعتی متنوع می‌شود؛ لذا سطح تقاضای انرژی در مراحل اولیه توسعه اقتصادی در مقایسه با سطوح بالاتر توسعه‌یافتگی که مبتنی بر صادرات محصولات صنعتی می‌باشد، پایین‌تر است. در نهایت پس از مرحله بلوغ توسعه اقتصادی، به سبب روی آوردن کشورها به فعالیت‌های خدماتی و صنعتی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و پذیرش فناوری‌های کارآمد از نظر مصرف انرژی در فرایند تولیدات متنوع صادراتی، تقاضای انرژی کاهش می‌یابد (کن<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۲).

سبد صادراتی کشورهای عضو اوپک به دلیل وابستگی بالا به بخش نفت و معادن، از تنوع پایینی برخوردار است (عزیزی، ۱۳۹۹)، با این حال حرکت‌هایی از سوی این کشورها در راستای توسعه صادرات از طریق ایجاد تنوع محصولات صادراتی از منابع خام نظیر نفت و گاز به کالاهای ساخته شده برای کاهش آسیب‌پذیری اقتصادی و دستیابی به منبع درآمدی باثبات، انجام گرفته است (اوپک<sup>۴</sup>، ۲۰۲۰).

1. Shahbaz
2. Shahzad
3. Can

۴. جهت اطلاع بیشتر به پایگاه خبری به آدرس <https://www.statista.com/chart/18310/petroleum-and-other-export-from-opeccountries/> مراجعه نمایید.

ایجاد تنوع در سبد صادراتی کشورها، با مزیت‌های نسبی یک ملت همراه است؛ بدین ترتیب که بر اساس مدل تجارت هکشر - اوهلین<sup>۱</sup>، کشورها سبد صادراتی خود را بر اساس عامل تولید فراوان تنظیم می‌کنند. در کشورهای دارای منابع طبیعی نظیر کشورهای عضو اوپک، به دلیل وفور نفت خام، بیشتر محصولات صادراتی، انرژی بر هستند (لورسن<sup>۲</sup>، ۲۰۱۵). از سوی دیگر، نحوه ایجاد تنوع صادراتی بر تقاضای انرژی مؤثر است. اگر تنوع صادراتی به نفع کالا یا خدمات انرژی بر باشد، تقاضای انرژی افزایش می‌یابد و اگر تنوع صادراتی منجر به جایگزینی محصولات و خدمات کم‌مصرف از نظر انرژی با محصولات انرژی بر گردد، تقاضای انرژی کاهش می‌یابد (شهزاد و همکاران، ۲۰۲۱).

طبق شواهد تجربی، رابطه تنوع صادراتی و تقاضای انرژی (مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر) می‌تواند از یک فرم غیرخطی پیروی که در این شرایط یافته‌ها متناقض است (شهزاد و همکاران، ۲۰۲۱). در گروهی از مطالعات، به دنبال افزایش تنوع صادراتی، تقاضای انرژی به دلیل افزایش به‌کارگیری نهاده انرژی در حین تولیدات متنوع صنعتی افزایش می‌یابد، ولی با عبور از حد آستانه، افزایش تنوع صادراتی توأم با به‌کارگیری راه‌حل‌های مبتنی بر انرژی‌های پاک بوده است که در این شرایط تقاضای انرژی کاهش می‌یابد. در مطالعاتی دیگر، به دنبال افزایش تنوع صادراتی، تقاضای انرژی به جهت جایگزینی محصولات کم‌مصرف به‌جای محصولات انرژی بر کاهش و سپس با عبور از حد آستانه و به دلیل فعالیت صنایع نیمه‌سنگین و سنگین برای ایجاد تنوع بیشتر در سبد صادراتی، تقاضای انرژی افزایش می‌یابد.

لذا ضروری است اثر تحول ساختاری ناشی از افزایش تنوع در ترکیبات سبد صادراتی بر تقاضای انرژی برای اتخاذ سیاست مناسب در راستای استفاده کارا از انرژی و کنترل تبعات زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، ارزیابی شود، چراکه از یک‌سو، افزایش تنوع صادراتی به دلیل افزایش مقیاس تولیدات صنعتی می‌تواند سبب افزایش تقاضای انرژی شود و از سوی دیگر، از طریق جایگزین کردن محصولات کم‌مصرف از لحاظ انرژی و استفاده از نوآوری‌های کاهنده مصرف انرژی، مشکلات زیست‌محیطی ناشی از آن را کاهش دهد (شهزاد و همکاران، ۲۰۲۱).

این مقاله، به‌عنوان اولین مطالعه، به بررسی اثر غیرخطی تنوع صادراتی بر تقاضای انرژی بلندمدت کشورهای عضو اوپک در کنار سایر متغیرهای کنترلی تولید ناخالص داخلی واقعی،

1. Heckscher-Ohlin  
2. Laursen

قیمت نفت، رانت منابع طبیعی، نرخ شهرنشینی و جمعیت طی بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۴ با استفاده از تخمین‌زن‌های بلندمدت FMOLS و DOLS می‌پردازد. در این راستا، مطالعه حاضر در ۶ بخش تدوین شده است. در بخش دوم مبانی نظری مربوط به عوامل مؤثر بر تقاضای انرژی تبیین می‌شود. در بخش سوم پیشینه تجربی، بررسی می‌گردد. در بخش چهارم روش پژوهش و در بخش پنجم نتایج برآورد تبیین می‌گردد. در انتها به جمع‌بندی و ارائه توصیه‌های سیاستی پرداخته می‌شود.

## ۲- مبانی نظری

### ۲-۱- تنوع صادراتی و تقاضای انرژی

به‌طور کلی اثر تنوع صادراتی بر تقاضای انرژی را می‌توان در ۳ اثر مقیاس<sup>۱</sup>، فناوری<sup>۲</sup> و ترکیب<sup>۳</sup> خلاصه کرد (عزیزی، ۱۳۹۹). طبق اثر مقیاس، افزایش تولیدات متنوع صادراتی به سبب آنکه منجر به به‌کارگیری بیشتر منابع از جمله انرژی می‌شود، تقاضای انرژی را افزایش می‌دهد (موتاسکو<sup>۴</sup>، ۲۰۱۸). دومین اثر، مربوط به فناوری می‌باشد. از آنجایی که افزایش تولیدات صنعتی همزمان با افزایش تقاضای انرژی و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از آن می‌باشد، سیاست‌گذاران در تلاش هستند تا از طریق نوآوری‌های محصول و فرایند، تقاضای انرژی را در حین تولیدات صنعتی کاهش دهند. تأثیر نوآوری‌های تکنولوژیکی توسط بخش صنعتی به‌طور مستقیم از نظر تنوع سید صادراتی قابل‌مشاهده می‌باشد (شهزاد و همکاران، ۲۰۲۱). از سویی، گسترش تجارت از طریق افزایش تولیدات متنوع صادراتی، خود موجب انتقال فناوری‌ها و تکنیک‌های مدرن کاهنده تقاضای انرژی از سمت کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای درحال توسعه می‌شود، که این مسئله می‌تواند به کاهش تقاضای انرژی در کشورهای درحال توسعه کمک کند (استرن<sup>۵</sup>، ۲۰۰۴). اثر ترکیب به تغییر ساختار تولید و مزیت‌های نسبی، مانند تغییر تدریجی از تولید کالاهای اولیه (نظیر نفت خام و کشاورزی) به فعالیت‌های صنعتی اشاره دارد. صنایع مختلف از نظر میزان مصرف انرژی در سطوح متفاوتی هستند. در فرایند توسعه تجارت، ترکیب تولید و تخصیص منابع تغییر می‌کند. چنانچه کشوری در تولید کالاهای انرژی‌بر مزیت نسبی داشته باشد و تجارت، تقاضا برای این قبیل کالاها را افزایش دهد، افزایش تنوع صادراتی سبب افزایش

1. Scale Effect
2. Technology Effect
3. Composition Effect
4. Mutascu
5. Stern

تقاضای انرژی می‌شود. در مقابل، اگر در این فرایند ترکیب تولید کالاها به نفع استفاده از محصولات کم‌مصرف تغییر کند، توسعه تجارت از طریق افزایش تولیدات متنوع صادراتی منجر به کاهش تقاضای انرژی می‌شود (ادیویی<sup>۱</sup> و اودومی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۸). اثر تنوع صادراتی بر تقاضای انرژی بسته به برآیند نهایی<sup>۳</sup> اثر فوق متفاوت است (گومز<sup>۴</sup> و رودریگز<sup>۴</sup>، ۲۰۱۹).

از سویی طبق مدل تجارت هکشر - اوهلین، کشورها سبد صادراتی خود را بر اساس عامل تولید فراوان تنظیم می‌کنند. به بیانی، در کشورهای دارای رانت منابع طبیعی و نفتی، به سبب داشتن مزیت نسبی در تولید محصولات انرژی‌بر، تنوع صادراتی به نفع افزایش تقاضای انرژی عمل می‌کند (لورسن، ۲۰۱۵).

برای اثر غیرخطی تنوع صادراتی بر تقاضای انرژی (خواه انرژی تجدیدپذیر و خواه انرژی تجدیدناپذیر)، مشاهدات تجربی را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد. گروه نخست، مربوط به مطالعات تجربی انجام شده در کشورهای  $E_V$  و نمونه‌ای ادغام شده از کشورهای  $E_V$  و  $G_V$ ، کشورهای بریکس<sup>۵</sup> (برزیل، روسیه، چین، هند و آفریقای جنوبی) و کشورهای درحال توسعه است، که در این گروه از کشورها، رابطه تنوع صادراتی و تقاضای انرژی به فرم  $U$  می‌باشد، بدین مفهوم که با افزایش تنوع صادراتی، تقاضای انرژی به دلیل جایگزین شدن محصولات کم‌مصرف به جای تولیدات انرژی‌بر کاهش می‌یابد (شهزاد و همکاران، ۲۰۲۱)، ولی بعد از حد آستانه و در پی افزایش تنوع صادراتی، به دلیل توسعه صنایع نیمه‌سنگین و سنگین، مزیت‌های نسبی به نفع محصولات انرژی‌بر عمل کرده که منجر به افزایش تقاضای انرژی می‌شود (درگاهی و بهرامی غلامی، ۱۳۹۰).

در گروه مقابل، در کشورهای توسعه‌یافته و ۶ کشور حوزه خلیج فارس (عمان، بحرین، قطر، کویت، عربستان سعودی و امارات متحده عربی)، رابطه تنوع صادراتی و تقاضای انرژی به فرم  $U$  معکوس برآورد شده است. بدین مفهوم که با افزایش تنوع صادراتی، استفاده از نهاده انرژی افزایش می‌یابد، ولی با عبور از حد آستانه و تنوع بیشتر در سبد صادراتی، به دلیل حاصل شدن عایدی بیشتر برای کشورها، حرکت‌هایی نظیر به کارگیری انرژی‌های پاک، فناوری‌های کاهنده انرژی و جایگزینی محصولات کم‌مصرف انجام گرفته است که منتج به کاهش تقاضای انرژی می‌گردد (فاطیما و همکاران، ۲۰۲۲).

1. Adewuyi
2. Awodumi
3. Gómez
4. Rodríguez
5. BRICS
6. Fatima

**۲-۲- سایر متغیرهای مؤثر بر تقاضای انرژی****۲-۲-۱- تولید ناخالص داخلی**

افزایش تولید ناخالص داخلی موجب افزایش تقاضای هر دو نوع انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر می‌شود. تقاضای انرژی بخش خانگی به دنبال رشد اقتصادی و افزایش سطح درآمد افراد، افزایش می‌یابد. همچنین، در پی رشد تولید ناخالص داخلی به واسطه افزایش سطح تولیدات یک اقتصاد، به‌ویژه محصولات صنعتی که انرژی‌بر هستند، شاهد افزایش تقاضای انرژی خواهیم بود (نیو<sup>۱</sup> و لاکس<sup>۲</sup>، ۲۰۱۸). به بیانی دیگر، انرژی یکی از نهاده‌های مهم تولید محسوب می‌شود که به دنبال افزایش مقیاس فعالیت‌های اقتصادی در یک کشور، تقاضای این نهاده همچون سایر نهاده‌های نیروی کار و سرمایه افزایش می‌یابد؛ لذا افزایش تولید ناخالص داخلی در یک کشور، فشار فزاینده‌ای را به تقاضای انرژی به‌دلیل به‌وجود آمدن نیازهای جدید وارد می‌کند (همکاران، ۱۳۹۱).

**۲-۲-۲- قیمت انرژی**

مطابق با مسئله قیمت - تقاضا در نظریه عمومی کالاها، انرژی یک کالا تلقی می‌شود که افزایش قیمت آن موجب کاهش تقاضای انرژی مطابق با قانون تقاضا می‌گردد. همچنین انرژی یکی از نهاده‌های اساسی در تولیدات محسوب می‌شود. افزایش قیمت این نهاده می‌تواند منجر به افزایش هزینه‌های تولید شود؛ لذا تولیدکنندگان برای حفظ سطح تولید، سود و دستیابی به مزیت رقابتی در مقایسه با سایر تولیدکنندگان حاضر، از فناوری‌هایی استفاده می‌کنند که این تقاضای انرژی را کاهش دهند (دینگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). در پژوهش حاضر از قیمت نفت به‌عنوان سنجه‌ای برای قیمت انرژی استفاده شده است (لاهیانی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). با این تفاسیر مطابق با قانون تقاضا، به دنبال افزایش قیمت انرژی (قیمت نفت)، تقاضای انرژی کاهش می‌یابد.

**۲-۲-۳- منابع طبیعی**

طبق تئوری، وفور منابع طبیعی در یک اقتصاد می‌تواند متناسب با مصرف انرژی باشد. این مسئله برای کشورهای دارای رانت منابع طبیعی پررنگ‌تر است، چرا که رشد اقتصادی این کشورها به

1. Niu
2. Lekse
3. Ding
4. Lahiani

منابع طبیعی آن‌ها وابسته می‌باشد. انرژی موردنیاز بخش خانگی، صنعتی و تجاری به‌طور عمده از طریق مصرف این منابع طبیعی تأمین می‌گردد؛ بنابراین افزایش دسترسی به منابع طبیعی موجب افزایش تقاضای انرژی می‌شود (شهزاد و همکاران، ۲۰۲۱).

#### ۴-۲-۲- شهرنشینی و جمعیت

شهرنشینی از طریق تغییر در ساختار اقتصادی بر تقاضای انرژی تأثیر می‌گذارد. این اثرگذاری از طریق سازوکار اثر درآمدی، تغییر در کشاورزی و نیاز به زیرساخت‌ها صورت می‌گیرد و در طول زمان، سبب انتقال منحنی تقاضا می‌گردد (جونز<sup>۱</sup>، ۱۹۸۹). طبق اثر درآمدی، خانوارها به‌دلیل ساکن شدن در شهرها، انتظار افزایش درآمد در همان دوره یا دوره‌های آتی را دارند. این افزایش درآمد انتظاری، مردم ساکن شهرها را به خرید وسایل برقی بیشتر نسبت به خانوارهای روستایی سوق می‌دهد. در نتیجه به‌طور مستقیم افزایش مصرف انرژی و به‌طور غیرمستقیم به‌دلیل افزایش تقاضا برای لوازم‌خانگی مرتبط با شهرنشینی، افزایش تولیدات صنعتی مربوط به این‌گونه وسایل را به همراه دارد که موجب افزایش مصرف انرژی می‌شود. به‌علاوه شهرنشینی سبب تولید مواد غذایی در مقیاس بزرگ‌تر و با کارایی بیشتر می‌شود؛ اما تولید این مواد غذایی به‌دلیل ماشینی شدن تولید، با مصرف بالای سوخت همراه است. همچنین رساندن مواد غذایی تولید شده از محل تولید به دست مصرف‌کنندگان نیز مصرف بالای انرژی را به همراه دارد. کشاورزی مکانیزه، تقاضای ماشین‌آلات و ابزارهای کشاورزی را افزایش می‌دهد و به‌طور غیرمستقیم از طریق تولیدات صنعتی این ماشین‌آلات و ابزار، موجب رشد تولیدات صنعتی می‌شود و انرژی مصرفی در این بخش را افزایش می‌دهد. از سویی دیگر، به‌دلیل تراکم بالای جمعیت شهری، ایجاد و حفظ زیرساخت‌هایی همچون بزرگراه‌ها، ساختمان‌ها و خدمات شهری ضروری است که علاوه بر انرژی بر بودن ساخت‌وسازها، نیازمند مصرف انرژی در تولید و انتقال مواد اولیه هستند (سلاطین و محمدی، ۱۳۹۵). به‌صورت کلی افزایش جمعیت در یک کشور منجر به افزایش نیازهای روزافزون به کالاها و خدمات شده که خود منجر به افزایش تقاضای انرژی خواهد شد. به دنبال رشد جمعیت، فعالیت‌های صنعتی و استفاده از وسایل حمل‌ونقل افزایش می‌یابد و منازل بیشتری سوخت می‌سوزانند (کهو<sup>۲</sup>، ۲۰۱۶).

1. Jones  
2. Keho



### ۳- مروری بر مطالعات تجربی پیشین

کن و همکاران (۲۰۲۲)، با استفاده از رویکرد داده‌های تابلویی، به بررسی اثر غیرخطی شاخص پیچیدگی اقتصادی (ترکیبی از دو شاخص تنوع صادراتی و فراگیری) بر تقاضای انرژی دو گروه از کشورهای درحال توسعه و توسعه‌یافته به صورت تفکیک شده طی بازه زمانی ۲۰۱۴-۱۹۷۱ پرداخته‌اند. یافته‌ها حاکی از آن است که در کشورهای درحال توسعه، به دنبال افزایش پیچیدگی اقتصادی، تقاضای انرژی افزایش می‌یابد و رابطه U شکل میان پیچیدگی اقتصادی و تقاضای انرژی برقرار است. در مقابل در کشورهای توسعه‌یافته، افزایش پیچیدگی اقتصادی، تقاضای انرژی را کاهش می‌دهد و رابطه U معکوس میان پیچیدگی اقتصادی و تقاضای انرژی وجود دارد.

مگزینو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۲)، با استفاده از مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی به بررسی تأثیر تنوع صادراتی بر تقاضای انرژی ۲۰ کشور اپک<sup>۲</sup> طی بازه زمانی ۲۰۱۸-۱۹۹۵ پرداخته‌اند. طبق یافته‌ها افزایش تنوع صادراتی منجر به افزایش تقاضای انرژی می‌شود.

فاطیما و همکاران (۲۰۲۲)، در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر غیرخطی تنوع محصولات صادراتی بر تقاضای انرژی تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر در کنار سایر متغیرهای رشد اقتصادی و منابع طبیعی در ۶ کشور شورای همکاری خلیج فارس با استفاده از رویکرد داده‌های تابلویی طی بازه زمانی ۲۰۱۹-۱۹۹۰ پرداخته‌اند. یافته‌ها حاکی از آن است که افزایش تنوع صادراتی موجب افزایش مصرف هر دو نوع انرژی شده و رابطه‌ای به فرم U معکوس میان تنوع صادراتی و تقاضای انرژی تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر برقرار است. همچنین، افزایش منابع طبیعی و رشد اقتصادی، منجر به افزایش تقاضای انرژی شده است.

شهزاد و همکاران (۲۰۲۱)، به بررسی تأثیر شاخص تنوع صادراتی بر تقاضای انرژی در کشورهای تازه صنعتی شده (NIC) طی بازه زمانی ۲۰۱۴-۱۹۷۱ با استفاده از رویکرد داده‌های تابلویی پرداخته‌اند. نتایج حاکی از آن است که افزایش تنوع صادراتی، تقاضای انرژی را افزایش می‌دهد. افزون بر این تأثیر متغیرهای تولید ناخالص داخلی، نرخ شهرنشینی و رانت منابع طبیعی، بر تقاضای انرژی به صورت مثبت ارزیابی شده است. افزایش قیمت نفت نیز کاهش تقاضای انرژی را به دنبال دارد.

1. Magazzino

2. APEC

شهرزاد و همکاران (۲۰۲۱)، با استفاده از مدل‌های رگرسیونی حداقل مربعات تعمیم‌یافته امکان‌پذیر<sup>۱</sup> (FGLS) و حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح‌شده (FMOLS) به بررسی اثر غیرخطی تنوع صادراتی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر در دو گروه از کشورهای  $G_V$  و  $E_V$ ، به صورت ادغام شده و تفکیک شده طی سال‌های ۲۰۱۷-۱۹۹۰ پرداخته‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد که در نمونه ادغام شده کشورهای  $G_V$  و  $E_V$  و همچنین کشورهای گروه  $E_V$ ، تنوع صادراتی و مربع تنوع صادراتی با مصرف انرژی تجدیدپذیر رابطه مثبت (U شکل) دارد. در مقابل در کشورهای  $G_V$ ، تنوع صادراتی و مربع تنوع صادراتی با مصرف انرژی تجدیدپذیر رابطه منفی (U معکوس) دارد.

شارما<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۱)، با استفاده از رویکرد داده‌های تابلویی به بررسی اثر غیرخطی تنوع صادراتی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر برای کشورهای بریکس (برزیل، روسیه، چین، هند و آفریقای جنوبی) طی بازه زمانی ۲۰۱۸-۱۹۹۰ پرداخته‌اند. طبق یافته‌ها، تنوع صادراتی و مربع تنوع صادراتی با مصرف انرژی تجدیدپذیر رابطه مثبت دارد.

شهباز و همکاران (۲۰۱۹)، با استفاده از مدل خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی<sup>۳</sup> (ARDL) به بررسی تأثیر تنوع صادراتی (شاخص تمرکز تایل<sup>۴</sup>)، رشد اقتصادی، قیمت نفت و منابع طبیعی بر تقاضای انرژی در کشور آمریکا طی سال‌های ۲۰۱۶-۱۹۷۵ پرداخته‌اند. طبق یافته‌ها، افزایش شاخص تمرکز صادراتی تایل و قیمت نفت، تقاضای انرژی را کاهش و افزایش رشد اقتصادی و رانت منابع طبیعی تقاضای انرژی را افزایش می‌دهد.

کهو (۲۰۱۶)، با استفاده از داده‌های سری زمانی مربوط به ۱۲ کشور آفریقایی طی بازه زمانی ۲۰۱۱-۱۹۷۰ دریافته است که افزایش تولیدات صنعتی، تولید ناخالص داخلی، شهرنشینی و جمعیت تأثیر مثبت بر مصرف انرژی هر ۱۲ کشور دارد.

عزیزی (۱۳۹۸)، با به‌کارگیری مدل رگرسیون انتقال ملایم به بررسی اثر پیچیدگی اقتصادی، درآمد و قیمت انرژی بر مصرف انرژی طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۵۵ در ایران پرداخته است. طبق یافته‌ها، در پی افزایش شاخص، ابتدا مصرف انرژی افزایش می‌یابد اما در سطوح بالای شاخص پیچیدگی اقتصادی، مصرف انرژی کاهش می‌یابد، افزایش درآمد تقاضای انرژی را افزایش می‌دهد و افزایش قیمت انرژی موجب کاهش تقاضای انرژی می‌شود.

1. Generalized least squares feasible
2. Sharma
3. Autoregressive Distributed Lag model
4. Theil concentration index

خسروی و همکاران (۱۳۹۸)، با استفاده از مدل داده‌های تابلویی به بررسی تأثیر شهرنشینی بر مصرف انرژی در دو گروه از کشورهای منتخب نفتی و غیرنفتی طی بازه زمانی ۲۰۱۱-۱۹۹۵ پرداخته‌اند. طبق یافته‌ها، افزایش شهرنشینی موجب افزایش مصرف انرژی در هر دو گروه می‌شود.

اسدی و همکاران (۱۳۹۷)، با استفاده از مدل خود رگرسیون با وقفه‌های توزیعی، تأثیر قیمت انرژی، رشد اقتصادی و شهرنشینی را بر مصرف انرژی طی بازه زمانی ۲۰۱۶-۱۹۶۰ برای ایران بررسی کرده‌اند. طبق یافته‌ها، افزایش رشد اقتصادی و شهرنشینی موجب افزایش مصرف انرژی و افزایش قیمت انرژی، موجب کاهش مصرف انرژی می‌شود.

عبادی و همکاران (۱۳۹۷)، با استفاده از رویکرد داده‌های تابلویی به بررسی تأثیر رانت منابع طبیعی بر شدت انرژی کشورهای تحصیل‌دار<sup>۱</sup> (رانتیر) و غیر تحصیل‌دار طی بازه زمانی ۲۰۱۲-۱۹۹۸ پرداخته‌اند. طبق یافته‌ها، افزایش رانت منابع طبیعی موجب افزایش شدت انرژی و افزایش قیمت انرژی موجب کاهش شدت انرژی در هر دو گروه می‌شود.

#### ۴- معرفی متغیرها و الگوی اقتصادسنجی

##### ۴-۱- معرفی متغیرها و مدل پژوهش

در تحقیق حاضر باتوجه به مبانی نظری موجود، اثر غیرخطی تنوع صادراتی بر تقاضای انرژی کشورهای عضو اوپک<sup>۲</sup> طی بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۴ بررسی شده است، لذا پژوهش حاضر از نظر قلمرو مکانی و در نظر گرفتن رابطه غیرخطی میان تنوع صادراتی و تقاضای انرژی دارای نوآوری در مقایسه با مطالعات تجربی موجود است، چرا که در مطالعه شهزاد و همکاران (۲۰۲۱)، فقط اثر خطی تنوع صادراتی بر تقاضای انرژی بررسی شده است. برای آزمون رابطه مذکور به تبعیت از مدل ارائه شده در مطالعات شهزاد و همکاران (۲۰۲۱) و فاطیما و همکاران (۲۰۲۲)، معادله زیر تخمین زده شود:

$$LEC_{it} = \beta_0 + \beta_1 Led_{it} + \beta_2 Led_{it}^2 + \beta_3 Lur_{it} + \beta_4 Lnr_{it} + \beta_5 Lpop_{it} + \beta_6 Lgdp_{it} + \beta_7 Lp_{it} + e_{it} \quad (1)$$

۱. به کشورهای دارای منابع طبیعی که سهم بالایی از درآمدهایشان (بالای ۴۰ درصد) حاصل از فروش این منابع است، لقب رانتیر یا تحصیل‌دار می‌دهند (عبادی و همکاران، ۱۳۹۷).

۲. جامعه پژوهش شامل ۱۶ کشور نفتی است که در بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۴ سابقه عضویت در اوپک را داشته‌اند که از میان این ۱۶ کشور، به دلیل ناقص بودن اطلاعات دو کشور ونزویلا و گینه استوایی، نمونه پژوهش شامل ۱۴ کشور باقی مانده می‌باشد. این کشورها شامل آنگولا، الجزایر، کویت، عراق، لیبی، اندونزی، کاین، امارات متحده عربی، عربستان سعودی، قطر، ایران، کنگو، اکوادور و نیجریه است.

در رابطه (۱)،  $LEC_{it}$  لگاریتم تقاضای انرژی (میلیون تن معادل نفت خام)،  $Led_{it}$  لگاریتم تنوع صادراتی،  $Led_{it}^2$  لگاریتم توان دوم تنوع صادراتی،  $Lur_{it}$  لگاریتم نرخ شهرنشینی (درصد)،  $Lnr_{it}$  لگاریتم رانت منابع طبیعی (درصد)،  $Lpop_{it}$  لگاریتم جمعیت (هزار نفر)،  $Lgdp_{it}$  لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی (میلیون دلار) و  $Lp_{it}$  لگاریتم قیمت نفت خام (دلار) پرداخته می‌شود. در این رابطه جزء اختلال تصادفی با نماد  $\varepsilon_{it}$  عرض از مبدأ با نماد  $\beta_0$  و سایر ضرایب متغیرها با نماد  $\beta_k, k = 1, \dots, 7$  نمایش داده شده است.

در این مطالعه به استناد از مقاله شهزاد و همکاران (۲۰۲۱)، به منظور سنجش تقاضای انرژی از متغیر مصرف انرژی اولیه، استخراج شده از پایگاه آماری اداره اطلاعات انرژی آمریکا<sup>۱</sup> استفاده شده است. مطابق با ادبیات نظری، ترکیب سبد صادراتی از نظر تنوع بر تقاضای انرژی و ساختارهای انرژی مؤثر است (گومز و رودریگز، ۲۰۱۹)؛ لذا به منظور سنجش تنوع صادراتی و بررسی اثر غیرخطی آن بر تقاضای انرژی، از شاخص تمرکز صادراتی هر فیندل - هیرشمن استفاده شده است. دامنه این شاخص بین صفر و یک بوده که هرچه مقدار شاخص به یک نزدیک شود، نشان‌دهنده افزایش تمرکز در سبد صادراتی است. اطلاعات این متغیر از سایت آنکتاد<sup>۲</sup> دریافت شده است. به منظور محاسبه کشش درآمدی انرژی از متغیر تولید ناخالص داخلی واقعی، استخراج شده از پایگاه اطلاعاتی بانک جهانی<sup>۳</sup> و برای سنجش کشش قیمتی انرژی از متغیر قیمت نفت اوپک به‌عنوان سنجش برای قیمت انرژی استفاده شده است که داده‌های آن از پایگاه آماری اوپک جمع‌آوری شده است. همچنین دسترسی کشورهای عضو اوپک به منابع طبیعی مطابق با ادبیات نظری بر تقاضای انرژی اثرگذار است؛ لذا از متغیر رانت منابع طبیعی، استخراج شده از پایگاه آماری بانک جهانی در مدل‌سازی تقاضای انرژی استفاده شده است. افزایش نرخ شهرنشینی و جمعیت نیز به سبب افزایش نیازهای روزافزون به کالاها و خدمات، بر تقاضای انرژی مؤثر می‌باشد که اطلاعات این دو متغیر پایگاه آماری بانک جهانی دریافت شده است.

#### ۴-۲- پایه‌های آماری متغیرهای پژوهش

در جدول (۱)، به ارائه برخی از ویژگی‌های متغیرهای مدل از جمله میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر متغیرهای پژوهش (قبل از لگاریتم‌گیری) پرداخته شده است.

1. US Energy Information Administration (EIA)
2. UNCTAD
3. World Bank

جدول ۱. آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

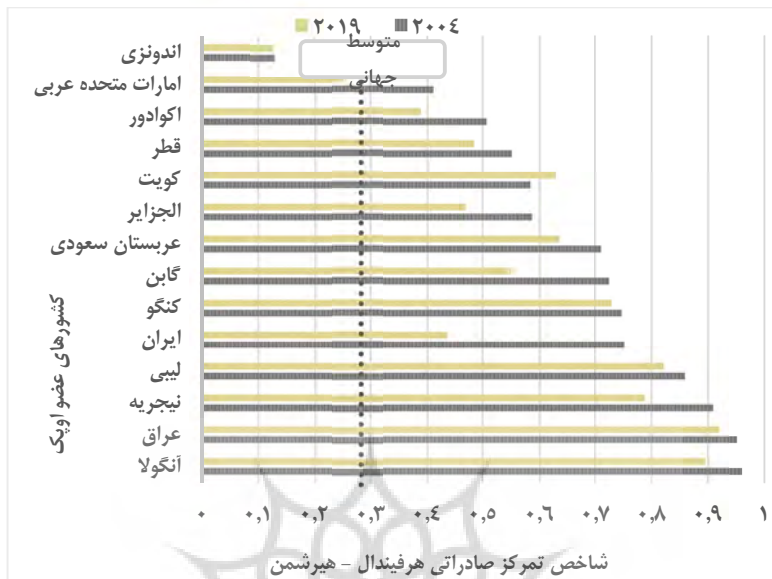
متغیر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
EC	۶۸/۶۲	۸۰/۵۸	۰/۴۵	۳۰۳/۹۹
ed	۰/۶۲	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/۹۷
ur	۷۳/۰۲	۱۵/۹۲	۳۸/۲۱	۱۰۰
nr	۳۰/۴۱	۱۶/۳۰	۲/۶۱	۶۷/۸۸
pop	$۴/۶۶ \times ۱۰^۷$	$۷/۰۳ \times ۱۰^۷$	۷۵۳۳۳۲	$۲/۷۱ \times ۱۰^۸$
gdp	$۲/۴۵ \times ۱۰^{۱۱}$	$۲/۴۷ \times ۱۰^{۱۱}$	$۹/۲۷ \times ۱۰^۹$	$۱/۲۰ \times ۱۰^{۱۲}$
p	۷۱/۵۹	۲۳/۵۸	۳۶/۰۵	۱۰۹/۴۵

منبع: یافته‌های تحقیق

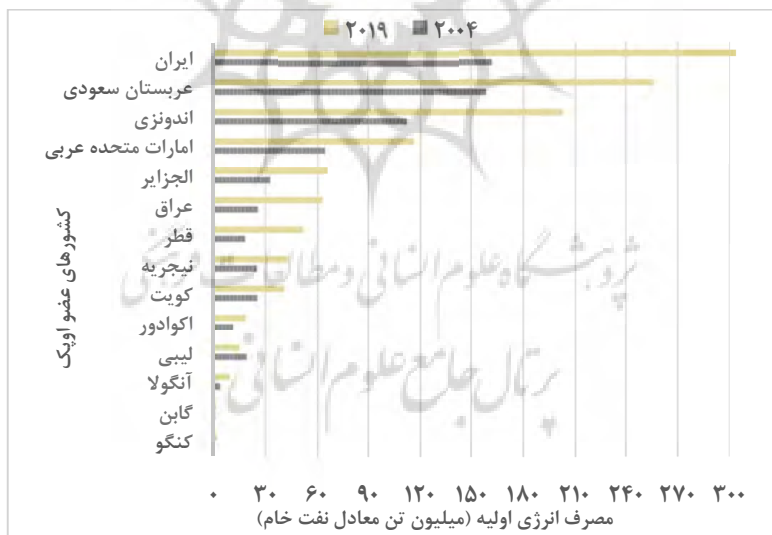
طبق جدول (۱)، حداقل و حداکثر تنوع صادراتی به ترتیب مربوط به کشورهای اندونزی (۰/۱۲) و عراق (۰/۹۷) است. افزون بر این، میانگین شاخص تمرکز صادراتی در کشورهای عضو اوپک، معادل با ۰/۶۲ می‌باشد که از متوسط شاخص تمرکز صادراتی جهانی که معادل با ۰/۳۳<sup>۱</sup> است، بیشتر می‌باشد. کشورهای کنگو (۰/۴۵) میلیون تن معادل نفت خام) و ایران (۳۰۳/۹۹) میلیون تن معادل نفت خام)، به ترتیب کمترین و بیشترین مصرف انرژی اولیه را طی بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۴ داشته‌اند.

همچنین در نمودارهای (۱) و (۲)، به ترتیب به مقایسه تغییرات شاخص تمرکز صادراتی هرفیندال - هیرشمن و مصرف انرژی اولیه (تقاضای انرژی) در دو سال ابتدایی و انتهایی پژوهش (۲۰۰۴ و ۲۰۱۹) در کشورهای عضو اوپک پرداخته شده است.

۱. مقدار متوسط شاخص تمرکز صادراتی جهانی از پایگاه آماری بانک جهانی استخراج شده است.



**نمودار ۱.** مقایسه شاخص تمرکز صادراتی کشورهای عضو اوپک در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۰۴  
منبع: یافته‌های تحقیق بر اساس داده‌های پایگاه آماری آنکتاد



**نمودار ۲.** مقایسه مصرف انرژی اولیه کشورهای عضو اوپک در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۰۴  
منبع: یافته‌های تحقیق بر اساس داده‌های پایگاه آماری اداره اطلاعات انرژی آمریکا

طبق نمودار (۱)، به جز کشور کویت، سایر کشورهای عضو اوپک در سال ۲۰۱۹ در مقایسه با سال ۲۰۰۴، تمرکز صادراتی خود را کاهش داده‌اند. در این میان، کشورهایی همچون ایران، امارات متحده عربی و گابن، میزان کاهش تمرکز صادراتی بیشتری را در مقایسه با سایر کشورها داشته‌اند. هرچند عمده کشورهای نمونه مورد بررسی، سعی در کاهش تمرکز در سبد صادراتی خود را داشته‌اند، اما تنها دو کشور اندونزی و امارات متحده عربی توانسته‌اند در مقایسه با متوسط تمرکز صادراتی جهانی (۰/۳۳)، در سال ۲۰۱۹ متنوع شوند و مقدار شاخص تمرکز خود را کاهش دهند.

طبق نمودار (۲)، مصرف انرژی اولیه در کشورهای عضو اوپک به جز کشورهای لیبی و گابن، در سال ۲۰۱۹ در مقایسه با سال ۲۰۰۴ افزایش یافته است که در این میان کشورهای همچون ایران، عربستان سعودی، اندونزی و امارات متحده عربی افزایش بالاتری را در مصرف انرژی اولیه تجربه کرده‌اند.

#### ۴-۳- روش برآورد مدل اقتصادی

در صورت تأیید رابطه هم‌انباشتگی میان متغیرهای پژوهش، از تخمین‌زن‌هایی نظیر حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح‌شده (FMOLS) و حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) به منظور تخمین بردارهای هم‌انباشته و بررسی روابط بلندمدت استفاده می‌شود که این تخمین‌زن‌ها در بررسی روابط بلندمدت، خودهمبستگی سریالی و درون‌زایی بالقوه میان متغیرهای پژوهش را برطرف می‌کنند. همچنین، تخمین‌زن‌های FMOLS و DOLS از تورش نمونه‌ای کمی برخوردار بوده و نتایج تقریباً یکسانی را ارائه می‌دهند.

مدل FMOLS یک ناپارامتریک است که برای تصحیح خودهمبستگی سریالی، همبستگی احتمالی میان جملات خطای مدل و تفاضل مرتبه اول متغیرهای توضیحی باوجود ضریب ثابت را مورد محاسبه قرار داده و از این طریق، روش حداقل مربعات معمولی را به صورت ناپارامتریک تصحیح می‌کند. به منظور بررسی روش FMOLS، مدل رگرسیونی زیر را در نظر بگیرید:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_i X_{it} + \varepsilon_{it} \quad , \quad t = 1, \dots, T \quad i = 1, \dots, N \quad (2)$$

در رابطه بالا فرض می‌شود که  $Y_{it}$  و  $X_{it}$  با شیب  $\beta_i$  هم‌انباشته هستند و  $\beta_i$  نیز ممکن است در بین مقاطع مختلف  $i$  همگن یا ناهمگن باشد. رابطه (۲) را می‌توان به صورت رابطه (۳) بازنویسی کرد:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_i X_{it} + \sum_{j=-K_i}^{K_i} \gamma_{iK} \Delta X_{it-K} + v_{it} \quad (3)$$

در رابطه فوق،  $X$  نمایانگر برداری از متغیرهای توضیحی و  $\gamma_{ik}$  ضریب با وقفه تفاضل مرتبه اول متغیرهای توضیحی پژوهش می‌باشد. در نتیجه کوواریانس بلندمدت فرایند  $(\Omega_{it})$  با فرض اینکه  $\xi_{it} = (\hat{\epsilon}_{it}, \Delta X_{it})$  است، به صورت رابطه زیر خواهد بود:

$$\Omega_{it} = \text{Lim } E \left[ \frac{1}{T} \left( \sum_{i=1}^T \xi_{it} \right) \left( \sum_{i=1}^T \xi_{it} \right)' \right] \quad (4)$$

$\Omega_i$  را می‌توان به صورت رابطه  $\Omega_i = \Omega_i^0 + \Gamma_i + \Gamma_i'$  تجزیه کرد. به طوری که در این رابطه،  $\Omega_i^0$  معادل با کوواریانس هم‌زمان و  $\Gamma_i$  معادل با مجموع وزنی اتوکواریانس است؛ لذا ضریب برآوردی تخمین‌زن FMOLS برابر است با:

$$\beta_F = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[ \left( \sum_{t=1}^T (X_{it} - \bar{X}_i)^2 \right)^{-1} \left( \sum_{t=1}^T (X_{it} - \bar{X}_i)^2 Y_{it}^* - T \hat{\gamma}_i \right) \right] \quad (5)$$

که در این رابطه:

$$\hat{\gamma}_i = \hat{\Gamma}_{21i} + \hat{\Omega}_{21i}^0 - \frac{\hat{\Omega}_{22i}}{\hat{\Omega}_{22i}} (\hat{\Gamma}_{22i} + \hat{\Omega}_{22i}^0) \quad \text{و} \quad Y_{it}^* = Y_{it} - \bar{Y}_i - \frac{\hat{\Omega}_{21i}}{\hat{\Omega}_{22i}} \Delta X_{it}$$

برآوردگر DOLS، به منظور تصحیح درون‌زایی بالقوه میان متغیرهای پژوهش و دستیابی به برآوردگری ناریب از پارامترهای بلندمدت، از تعدیل پارامتری اجزاء خطای مدل، به وسیله وارد کردن مقادیر گذشته و آینده تفاضل مرتبه اول متغیرهای توضیحی استفاده می‌کند. ضریب برآوردی برآوردگر DOLS در این مدل برابر است با:

$$\beta_D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[ \left( \sum_{t=1}^T (Z_{it} Z_{it}') \right)^{-1} \times \left( \sum_{t=1}^T (Z_{it} \tilde{Y}_{it}) \right) \right] \quad (6)$$

که در معادله فوق  $Z_{it} = [X_{it} - \bar{X}_i, \Delta X_{it-k_1}, \dots, \Delta X_{it+k_1}]$  و  $\tilde{Y}_{it} = Y_{it} - \bar{Y}_i$  است (پدرونی، ۲۰۰۰).

#### ۴-۴- تخمین مدل

پیش از بررسی مانایی متغیرهای پژوهش، باید وابستگی مقطعی بررسی شود، چراکه اگر میان مقاطع وابستگی وجود داشته باشد، استفاده از آزمون‌های ریشه واحد نسل اول، نتایج کاذب را به دنبال خواهد داشت. در نمونه‌های کوچکی که  $T$  بزرگ‌تر از  $N$  است، استفاده از آزمون وابستگی مقطعی بروش - پاگان LM<sup>۳</sup> توصیه شده است (باوم، ۲۰۰۱). نتایج این آزمون در جدول (۲) قابل مشاهده است.

1. Pedroni  
2. Breusch-Pagan  
3. Baum



جدول ۲. نتایج آزمون وابستگی مقطعی بروش - پاکان LM

احتمال	مقدار آماره	آماره آزمون
۰/۰۰۰۰	۲۲۹/۴۸۳***	chi-square

\*\*\* و \*\* و \* به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ است.

نتایج آزمون وابستگی مقطعی حاکی از وجود وابستگی مقطعی در مدل پژوهش است. به منظور تأیید وابستگی مقطعی، از آزمون ریشه واحد مقطعی ایم، پسران و شین<sup>۱</sup> (IPS) استفاده می‌شود که نتایج آن در جدول (۳) است.

جدول ۳. نتایج آزمون ریشه واحد مقطعی IPS

درجه مانایی	در سطح I(0)		اولین مرتبه تفاضل‌گیری I(1)	
	مقدار آماره t	احتمال	مقدار آماره t	احتمال
LEC	-۰/۵۶۲۰	۰/۲۸۷۱	-۶/۵۳۲۸***	۰/۰۰۰۰
Led	-۰/۳۸۴۷	۰/۳۵۰۲	-۶/۴۳۶۰***	۰/۰۰۰۰
Led'	۱/۱۱۸۸	۰/۱۸۶۸۴	-۶/۴۰۵۹***	۰/۰۰۰۰
Lnr	۰/۲۳۵۴	۰/۵۹۳۰	-۵/۴۳۳۱***	۰/۰۰۰۰
Lgdp	-۰/۳۲۴۵	۰/۳۷۲۸	-۶/۴۶۳۵***	۰/۰۰۰۰
Lur	-۳/۸۹۳۹***	۰/۰۰۰۰	-	-
Lpop	-۴/۹۷۰۰***	۰/۰۰۰۰	-	-
Lp	-۳/۵۰۲۱***	۰/۰۰۰۲	-	-

\*\*\* و \*\* و \* به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ است.

طبق آزمون IPS، متغیرهای لگاریتم تقاضای انرژی، لگاریتم شاخص تمرکز صادراتی، لگاریتم توان دوم شاخص تمرکز صادراتی، لگاریتم رانت منابع طبیعی و لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی مانا از درجه یک و سایر متغیرها مانا در سطح هستند؛ لذا در صورت وجود ترکیبی از مانایی در سطح و درجه یک، بایستی رابطه بلندمدت میان متغیرهای پژوهش را با استفاده از تحلیل هم‌انباشتگی مورد ارزیابی قرار داد (گاندا<sup>۲</sup>، ۲۰۱۸). بدین ترتیب، از آزمون هم‌انباشتگی

1. Im, Pesaran and Shin

2. Ganda

پدرونی استفاده شده است که نتایج ۳ آماره بین گروهی این آزمون در جدول (۴) مشاهده می‌شود.

جدول ۴. نتایج آزمون هم‌انباشتگی پدرونی

آزمون	مقدار آماره t	احتمال
Modified Phillips-Perron t	۵/۶۳۰۴***	۰/۰۰۰۰
Phillips-Perron t	-۵/۶۴۹۳***	۰/۰۰۰۰
Augmented Dickey-Fuller t	-۴/۳۲۷۳***	۰/۰۰۰۰

\*\*\* و \*\* و \* به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ است.

بر اساس هر سه آماره آزمون پدرونی، رابطه بلندمدت میان متغیرهای پژوهش وجود دارد. با تأیید رابطه هم‌انباشتگی میان متغیرهای پژوهش می‌توان از تخمین‌زن‌های FMOLS و DOLS برای تخمین تابع بلندمدت تقاضای انرژی استفاده کرد. نتایج تخمین‌ها به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۵. نتایج تخمین تابع تقاضای انرژی بلندمدت با مدل‌های DOLS و FMOLS

متغیر	DOLS		FMOLS		روش
	احتمال	آماره Z	احتمال	آماره Z	
Led	۰/۰۰۰	-۲۳/۵۶***	۰/۰۰۰	-۱۶/۹۷***	-۲/۰۱۲
Led <sup>1</sup>	۰/۰۰۰	-۱۹/۶۳***	۰/۰۰۰	-۱۴/۲۴***	-۰/۷۶۶
Lur	۰/۰۰۰	۱۳/۶۸***	۰/۰۰۰	۱۲/۲۸***	۱/۹۴۳
Lnr	۰/۰۰۰	۱۹/۰۴***	۰/۰۰۰	۱۴/۳۹***	۰/۴۹۰
Lpop	۰/۰۰۰	۱۴/۷۱***	۰/۰۰۰	۱۱/۳۳***	۰/۳۵۸
Lgdp	۰/۰۰۰	۴۱/۷۵***	۰/۰۰۰	۳۳/۸۴***	۰/۹۲۰
Lp	۰/۰۰۲	-۳/۰۴***	۰/۰۰۰	-۳/۷۵***	-۰/۱۵۴
C	۰/۰۰۰	-۵۷/۹۷***	۰/۰۰۰	-۵۰/۸۲***	-۳۶/۲۸
R <sup>2</sup>	۰/۹۶		۰/۹۱		

\*\*\* و \*\* و \* به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ است.

ضریب شاخص تمرکز صادراتی و توان دوم آن منفی و معنادار است. در نمونه تحت بررسی، باتوجه به فرم تبعی درجه دوم تابع تقاضای انرژی، کشش بلندمدت تقاضای انرژی نسبت به شاخص تمرکز صادراتی در نقطه میانگین Led، به ترتیب بر اساس تخمین‌زن‌های بلندمدت FMOLS و DOLS،  $-۱/۳۰۳$  و  $-۱/۴۷۳$  می‌باشد، لذا با فرض ثابت‌بودن سایر

شرایط، با افزایش یک درصدی در تنوع صادراتی، تقاضای انرژی بر اساس مدل‌های رگرسیونی FMOLS و DOLS به ترتیب  $1/303$  و  $1/473$  درصد افزایش می‌یابد. طبق مبانی نظری در کشورهای عضو اوپک، در جریان تنوع صادراتی، شاهد تغییر ترکیب سبد صادراتی از صادرات منابع طبیعی (نظیر نفت خام) و محصولات کشاورزی به صادرات صنعتی خواهیم بود؛ لذا با افزایش مقیاس تولیدات صنعتی متنوع صادراتی، تقاضا برای نهاده انرژی افزایش می‌یابد، که این مسئله انطباق نتیجه به دست آمده با نظریه هکشر - اوهلین را منعکس می‌کند. بدین ترتیب که کشورهای عضو اوپک سبد صادراتی خود را بر اساس مزیت‌های نسبی خود، یعنی تولیدات انرژی بر تنظیم کرده‌اند. این یافته با نتایج مطالعات شهزاد و همکاران (۲۰۲۱) در کشورهای  $E_V$  و نمونه ادغام شده کشورهای  $G_V$  و  $E_V$ ، شهزاد و همکاران (۲۰۲۱) در کشورهای تازه صنعتی شده، شارما و همکاران (۲۰۲۱) در کشورهای بریکس، کن و همکاران (۲۰۲۲) در کشورهای در حال توسعه و عزیزی (۱۳۹۸) در کشور ایران همسو می‌باشد.

باتوجه به ضریب منفی توان دوم شاخص تمرکز صادراتی، رابطه U شکل (U معکوس) میان تنوع صادراتی (تمرکز صادراتی) و تقاضای انرژی برقرار است. با حرکت تدریجی کشورهای عضو اوپک در فرایند توسعه اقتصادی از صادرات مبتنی بر محصولات کشاورزی و منابع طبیعی به صادرات محصولات صنعتی، تقاضای انرژی افزایش می‌یابد، چراکه سطح تقاضای انرژی تولید محصولات صنعتی بالاتر از محصولات کشاورزی و منابع طبیعی می‌باشد؛ لذا با افزایش تنوع صادراتی، ابتدا به دلیل جایگزینی محصولات کم‌مصرف به جای محصولات انرژی بر تقاضای انرژی کاهش یافته، سپس با عبور از آستانه به دنبال افزایش بیشتر تنوع صادراتی، مزیت‌های نسبی به نفع کالاهای انرژی بر در سبد صادراتی عمل کرده که در این شرایط به دلیل افزایش تولیدات صنایع نیمه‌سنگین و سنگین، تقاضای انرژی افزایش می‌یابد. این نتیجه با نتایج مطالعاتی نظیر شهزاد و همکاران (۲۰۲۱) در کشورهای  $E_V$  و نمونه ادغام شده از کشورهای  $E_V$  و  $G_V$ ، شارما و همکاران (۲۰۲۱) در کشورهای بریکس و کن و همکاران (۲۰۲۲) در کشورهای در حال توسعه همسو می‌باشد.

کشش نرخ شهرنشینی، معنادار، مثبت و بزرگ‌تر از یک است. افزایش شهرنشینی به سبب صنعتی شدن جوامع، مکانیزه شدن فرایندهای کشاورزی، توسعه شبکه حمل‌ونقل، افزایش تقاضا برای وسایل الکتریکی و ساخت‌وسازها، افزایش تقاضای انرژی را در پی دارد. نتیجه حاصل شده با نتایج مطالعاتی کهو (۲۰۱۶)، در کشورهای منتخب آفریقایی، شهزاد و همکاران (۲۰۲۱) در کشورهای تازه صنعتی شده، اسدی و همکاران (۱۳۹۷)، در کشور ایران و خسروی و همکاران (۱۳۹۸)، در کشورهای منتخب نفتی و غیرنفتی همسو می‌باشد.

کشش رانت منابع طبیعی، معنادار، مثبت و کوچک‌تر از یک است. منبع اصلی تأمین انرژی در کشورهای عضو اوپک نفت خام و منابع طبیعی است؛ لذا با افزایش دسترسی کشورهای عضو اوپک به منابع طبیعی، تقاضای انرژی برای تأمین انرژی موردنیاز بخش صنعتی و خانوارها، افزایش می‌یابد. نتیجه حاصل شده با نتایج مطالعات شهباز و همکاران (۲۰۱۹) در کشور آمریکا، شهزاد و همکاران (۲۰۲۱) در کشورهای تازه صنعتی شده و فاطیما و همکاران (۲۰۲۲) در ۶ کشور حوزه خلیج فارس و عبادی و همکاران (۱۳۹۷) در دو گروه از کشورهای تحصیل‌دار (رانتیبر) و غیرتحصیل‌دار، همسو می‌باشد.

کشش جمعیت معنادار، مثبت و کوچک‌تر از یک است. به دنبال افزایش جمعیت و تأمین نیازهای روزافزون این جمعیت به کالا و خدمات، تقاضا برای نهاده انرژی برای دستیابی به سطوح بالاتر تولیدات افزایش می‌یابد. نتیجه حاصل شده با نتایج مطالعه کهو (۲۰۱۶) در کشورهای درحال توسعه منتخب آفریقایی، همسو است.

کشش تولید ناخالص داخلی واقعی معنادار، مثبت و کوچک‌تر از یک است. انرژی نهاده‌ای در فرایند تولیدات یک کشور ضروری است؛ لذا با افزایش تولیدات یک کشور، تقاضای انرژی به دلیل افزایش مقیاس فعالیت‌های اقتصادی در جریان دستیابی به سطح رشد اقتصادی بیشتر، افزایش می‌یابد. نتیجه حاصل شده در خصوص این متغیر، منطبق با نتایج مطالعاتی نظیر شهزاد و همکاران (۲۰۲۱) در کشورهای تازه صنعتی شده، مگزینو و همکاران (۲۰۲۲) در کشورهای اپک (APEC) و عزیزی (۱۳۹۸) در کشور ایران می‌باشد.

کشش قیمتی انرژی معنادار، منفی و کوچک‌تر از یک است. به دنبال افزایش قیمت نفت به عنوان سنج‌ای برای قیمت انرژی، هزینه‌های تولید افزایش یافته که در این شرایط، تولیدکنندگان برای حفظ حاشیه سود و سطح تولید گذشته، با به‌کارگیری فناوری‌های کاهنده مصرف انرژی، تقاضای این نهاده را کاهش می‌دهند. نتیجه حاصل شده با نتایج مطالعاتی نظیر شهباز و همکاران (۲۰۱۹) در کشور آمریکا، شهزاد و همکاران (۲۰۲۱)، در کشورهای تازه صنعتی شده و اسدی و همکاران (۱۳۹۷)، در کشور ایران، همسو می‌باشد.

## ۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مطالعه با استفاده از اطلاعات مربوط به ۱۴ کشور عضو اوپک طی بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۴، اثر غیرخطی تنوع صادراتی بر تقاضای انرژی در کنار سایر متغیرهای اقتصادی-اجتماعی (تولید ناخالص داخلی واقعی، قیمت نفت، رانت منابع طبیعی، نرخ شهرنشینی و جمعیت) در بلندمدت با تأیید رابطه هم‌انباشتگی میان متغیرهای پژوهش با برآوردهای DOLS و FMOLS مورد بررسی قرار گرفته است. طبق برآورد تابع بلندمدت تقاضای انرژی در کشورهای

عضو اوپک، تنوع صادراتی و توان دوم آن، تأثیر مثبت و معنادار بر تقاضای انرژی دارد. بدین ترتیب که ابتدا افزایش تنوع صادراتی منجر به کاهش تقاضای انرژی به دلیل جایگزینی ترکیبات کم‌مصرف به جای محصولات انرژی‌بر شده، ولی پس از حد آستانه، مزیت‌های نسبی به نفع محصولات انرژی‌بر عمل بوده است که به افزایش تقاضای انرژی در پی دستیابی به سطوح بالای تنوع منجر می‌شود. همچنین طبق یافته‌ها، کشش نرخ شهرنشینی، جمعیت، منابع طبیعی و تولید ناخالص داخلی، مثبت و کشش قیمتی انرژی، منفی برآورد شده است، لذا برای کنترل آثار منفی ناشی از تنوع صادراتی بر تقاضای انرژی، بایستی الزاماتی سختگیرانه برای به کار بستن فناوری‌ها و نوآوری‌های صنعتی کاهنده تقاضای انرژی توسط صنایع تولیدکننده محصولات صادراتی، از سوی دولتمردان گرفته شود. از دیگر توصیه‌ها می‌توان به سیاست‌های جایگزینی همانند، جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر به جای انرژی‌های تجدیدناپذیر، جایگزینی انرژی‌های ثانویه کم‌کربن به جای انرژی‌های اولیه آلاینده و جایگزینی محصولات کم‌مصرف به جای تولیدات انرژی‌بر در سبد صادراتی اشاره کرد. افزون بر این تنوع صادراتی، خود می‌تواند عاملی برای انتقال راه‌حل‌ها و فناوری‌های مبتنی بر انرژی پاک از سمت کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای در حال توسعه باشد، لذا از بین بردن موانع تجاری می‌تواند به کاهش تقاضای انرژی کمک کند.

به دلیل کم‌کشش بودن کشش قیمتی تقاضای انرژی، سیاست‌های غیر قیمتی در مقابل با سیاست‌های قیمتی کارایی بیشتری می‌توانند داشته باشند. باین حال می‌توان از طریق افزایش تدریجی قیمت نفت، واحدهای صنعتی را مجاب به درپیش گرفتن راه‌حل‌های کاهنده تقاضای انرژی و جایگزین کردن فناوری‌هایی با انرژی‌بری کمتر کرد.

به جهت تأثیر مثبت تولید ناخالص داخلی بر تقاضای انرژی، می‌توان به اقداماتی نظیر ایجاد مشوق‌هایی برای صنایع در جهت افزایش استفاده از فناوری‌های با مصرف انرژی پایین، به منظور افزایش بهره‌وری انرژی اشاره کرد.

بالاترین کشش مربوط به متغیر شهرنشینی است. به نظر می‌رسد که می‌توان از طریق اقداماتی نظیر اشتغال‌زایی، ایجاد امکانات رفاهی در روستاها و ایجاد موانع برای مهاجرت روستاییان به شهرها، به کاهش تقاضای انرژی کمک کرد. همچنین برای کنترل تأثیر مثبت افزایش جمعیت و شهرنشینی بر تقاضای انرژی می‌توان در بخش شهری از بهبود ناوگان حمل‌ونقل عمومی، افزایش بازده وسایل برقی و نیز بهبود مصرف خودروها استفاده کرد. افزون بر این افزایش آگاهی‌های زیست‌محیطی و کنترل مصرف برای شهروندان در کنار برنامه‌های کنترل جمعیت می‌تواند مؤثر واقع شود.

برای کنترل تأثیر مثبت وفور منابع طبیعی، بایستی مشوق‌ها و الزامات سخت‌گیرانه و حمایتی در راستای جایگزین کردن منابع تجدیدپذیر به جای منابع تجدیدناپذیر در دستور کار دولتمردان قرار گیرد.

## منابع

۱. اسدی، علی؛ اسماعیلی، سید میثم؛ بخشور، فرجاد و صادق پور، عسل (۱۳۹۷). بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی در ایران (با تأکید بر متغیر توسعه مالی). فصلنامه سیاست‌های مالی و اقتصادی، ۷(۲۵)، ۱۷۷-۱۵۱.
۲. خسروی، هیمین؛ قاسمی، عبدالرسول و قادری اقدم، توفیق (۱۳۹۸). بررسی تأثیر توسعه شهرنشینی بر مصرف انرژی و پایداری محیط‌زیست (مطالعه تطبیقی کشورهای منتخب نفتی و غیرنفتی). سیاست‌گذاری پیشرفت اقتصادی، ۱(۱۹)، ۳۵-۹.
۳. درگاهی، حسن و بهرامی غلامی، مینا (۱۳۹۰). عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در اقتصادهای منتخب کشورهای صنعتی و کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) و توصیه‌های سیاستی برای ایران: رویکرد داده‌های پانل. پژوهش‌نامه اقتصاد انرژی ایران، ۱(۱)، ۹۹-۷۳.
۴. سلاطین، پروانه و محمدی، سمانه (۱۳۹۵). تأثیر شهرنشینی بر مصرف انرژی در گروه کشورهای منتخب، مطالعات مدیریت شهری، ۸(۲۶)، ۸۰-۷۱.
۵. عبادی، زهرا؛ حسین پور، فاطمه؛ عبدالهیان، حمیدرضا؛ سعیدی، سید ناصر (۱۳۹۷). بررسی اثر وفور منابع نفت و گاز بر کارایی انرژی در کشورهای تحصیل‌دار. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۴(۵۷)، ۲۳۴-۲۰۱.
۶. عزیزی، زهرا (۱۳۹۸). اثر آستانه‌ای پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در ایران با استفاده از یک الگوی رگرسیون انتقال ملایم. فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۸(۳۲)، ۱۲۷-۱۰۳.
۷. مهرآرا، محسن؛ امیری، حسین و حسینی سرخ بوزی، محمد (۱۳۹۱). رابطه مصرف انرژی و درآمد: آزمون فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس با استفاده از رویکرد مدل‌های رگرسیونی انتقال ملایم پانل. فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۲۰(۶۲)، ۱۷۱-۱۹۳.
8. Adewuyi, A. O., & Awodumi, O. B. (2018). Analysis of the Environmental Pollution Effect of Nigeria's Export Diversification Drive. The Nigerian journal of economic and social studies, 59(2), 1-25.

9. Azizi, Z. (2020). Export Diversification and Its Environmental Effects in Iran. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 9(36), 157-181.
10. Baum, C. (2011). XTTEST2: Stata Module to Perform Breusch-Pagan LM Test for Cross-Sectional Correlation in Fixed Effects Model.
11. Can, M. Brusselaers, J., & Mercan, M. (2022). The Effect of Export Composition on Energy Demand: A Fresh Evidence in the Context of Economic Complexity. *Review of Development Economics*, 26, 687–703.
12. Fatima, T., Mentel, G., Doğan, B., Hashim, Z., & Shahzad, U. (2022). Investigating the Role of Export Product Diversification for Renewable, and Non-Renewable Energy Consumption in GCC (Gulf Cooperation Council) Countries: Does the Kuznets Hypothesis Exist?. *Environment, Development and Sustainability*, 24(6), 8397–8417.
13. Ganda, F. (2018). The Relationship between Energy Consumption, Trade, GDP (Economic growth), Population Growth and Carbon Emissions: A Recent Evidence from South Africa. *International Journal of Sustainable Economy*, 10(2), 99–122.
14. Gómez, M., & Rodríguez, J. C. (2019). Energy Consumption and Financial Development in NAFTA Countries, 1971-2015. *Applied Sciences*, 9(302), 1-11.
15. He, L., Ding, Z., Yin, F., & Wu, M. (2016). The Impact of Relative Energy Prices on Industrial Energy Consumption in China: a Consideration of Inflation Costs. *Springer Plus*, 5(1), 1-21.
16. Hesse, H. (2009). Export Diversification and Economic Growth. Breaking into New Markets: Emerging Lessons for Export Diversification, 55-80.
17. Jones, D. (1989). Urbanization and Energy Use In Economic Development. *The Energy Journal*, 10(4), 29-44.
18. Keho, Y. (2016). What Drives Energy Consumption in Developing Countries? The Experience of Selected African Countries. *Energy Policy*, 91, 233–246.
19. Lahiani, A. Miloudi, A., & Shahbaz, M. (2017). Another Look on the Relationships between Oil Prices and Energy Prices. *Energy Policy*, 102, 18–31.
20. Laursen, K. (2015). Revealed Comparative Advantage and the Alternatives as Measures of International Specialization. *Eurasian Business Review*, 5, 99-115.
21. Magazzino, C., Mele, M. Schneider, N., & Shahzad, U. (2022). Does Export Product Diversification Spur Energy Demand in the APEC

- Region? Application of a New Neural Networks Experiment and a Decision Tree Model, *Energy and Buildings*, 258, 258(7),111820
22. Mutascu, M. (2018). A Time-Frequency Analysis of Trade Openness and CO2 Emissions in France. *Energy policy*, 115, 443-455.
  23. Niu, H., & Lekse, W. (2018). Carbon Emission Effect of Urbanization at Regional Level: Empirical Evidence from China. *Economics*, 12(1).
  24. Pedroni, P. (2000). Fully Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels. *Advances in Econometrics*, 15, 93-130.
  25. Ross, M. L. (2019). What Do we Know about Export Diversification in Oil-Producing Countries?. *The Extractive Industries and Society*, 6(3). 792-806.
  26. Shahbaz, M., Gozgor, G., & Hammoudeh, S. (2019). Human Capital and Export Diversification as New Determinants of Energy Demand in the United States. *Energy Economics*, 78, 335-349.
  27. Shahzad, U., Dogan, B. Sinha, A., & Fareed, Z. (2021b). Does Export Product Diversification Help to Reduce Energy Demand: Exploring the Contextual Evidences from the Newly Industrialized Countries. *Energy*, 214, 118881. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118881>.
  28. Shahzad, U. Lv, Y., Doğan, Buhari., & Xia, Wanjun. (2021). Unveiling the Heterogeneous Impacts of Export Product Diversification on Renewable Energy Consumption: New Evidence from G-7 and E-7 Countries, *Renewable Energy*, Elsevier, 164(C), 1457-1470.
  29. Sharma, R. Shahbaz, M., Kautish, P., & Vo, X.V. (2021b). Analyzing the Impact of Export Diversification and Technological Innovation on Renewable Energy Consumption: Evidences from BRICS Nations. *Renew. Energy*, 178, 1034-1045. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.06.125>
  30. Stern, D. I. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419-1439.