-- Iranian Energy Economics------
Summer ۲۰۲۳, ٤٥(۱۲), ۱۲۱-۱٤۳
Jiee.atu.ac.ir
DOI: http://dx.doi.org/۱۰.۲۲۰٥٤/jiee.۲۰۲۲.٦٧٧٥۰.۱۹۱۲

ATU PRESS

Original Research
Received: ۲۹/Apr/۲۰۲۲
Accepted: ۱۹/Oct/۲۰۲۲
ISSN: ۲۴۲۳-۵۹۵۴
eISSN: ۲۴۷۶-۶۴۳۷

How Does Economic Complexity Affect Energy Demand in Iran? New Evidence from the Quantile Regression Model

Ali Moridian — Ph.D. Student, Economics, Urmia University, Iran

Zahra Azizi* — Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Social and Economic Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran

Abstract

The impact of technological advances on energy consumption is one of the topics that has been considered by many researchers and policymakers. Numerous researchers have tried to evaluate this relationship based on various technology indicators. The index of economic complexity is one of the new indicators that has been used in recent years to measure the level of knowledge and technology in the production structure. In this paper, the index of economic complexity along with energy prices and GDP have been used as determining factors of energy consumption in Iran during the period ۱۹۷۶ to ۲۰۱۸. Quantile regression results show that the coefficients of the variables are different in the deciles. The impact of economic complexity on energy consumption in all deciles has been positive, indicating the dominance of the rebound effect on energy consumption. Price elasticity is less than one in all deciles and less in the higher consumption deciles. In contrast, the income elasticity of energy demand was higher in the upper deciles.

Keywords: Economic Complexity, Energy Consumption, Energy Price, Iran, Quantile Regression

JEL Classification: C۲۱ , O۳۰ , O۳۳ , Q۴۱

* Corresponding Author: z.azizi@alzahra.ac.ir
How to Cite: Moridian, A., Azizi, Z. (۲۰۲۳). How does economic complexity affect energy demand in Iran? New Evidence from the Quantile Regression Model. Iranian Energy Economics, ٤٥ (۱۲), ۱۲۱-۱٤۳.

-- پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران ---------
دوره ۱۲، شماره ٤٥، زمستان ١٤٠١، ١٢١-١٤٣
Jiee.atu.ac.ir
DOI: http://dx.doi.org/١٠,٢٢٠٥٤/jiee.٢٠٢٢,٦٧٧٥٠.١٩١٢

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۷
ISSN: ۲۴۲۳-۵۹۵۴
eISSN: ۲۴۷۶-۶۴۳۷

پیچیدگی اقتصادی چه تأثیری بر تقاضای انرژی در ایران دارد؟ شواهد جدید از مدل رگرسیون کوانتایل

علی مریدیان دانشجوی دکتری، اقتصاد، دانشگاه ارومیه ایران
زهرا عزیزی * استادیار،گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

چکیده

تأثیر پیشرفت فناوری و ساختار تولید بر مصرف انرژی از موضوعاتی است که مورد توجه بسیاری از محققین و سیاست‌گذاران قرار گرفته است. پژوهشگران متعددی تلاش کرده‌اند این رابطه را براساس شاخص‌های مختلف فناوری ارزیابی کنند. شاخص پیچیدگی اقتصادی یکی از معرف‌های جدیدی است که در سال‌های اخیر برای سنجش سطح دانش و فناوری در ساختار تولید مورد استفاده قرار گرفته است. در این مقاله از شاخص پیچیدگی اقتصادی به همراه قیمت انرژی و تولید ناخالص داخلی به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده مصرف انرژی در ایران طی دوره ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۶ استفاده شده است. نتایج رگرسیون کوانتایل نشان می‌دهد که ضرایب متغیرها در چندک‌ها متفاوت است. تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در همه چندک‌ها مثبت بوده است که نشان‌دهنده تسلط اثر بازگشتی بر مصرف انرژی است. کشش قیمت در همه چندک‌ها کمتر از یک و در دهک‌های بالای مصرف کمتر است. در مقابل، کشش درآمدی تقاضای انرژی در دهک‌های بالا بیشتر بوده است.

کلیدواژه‌ها: پیچیدگی اقتصادی، مصرف انرژی، قیمت انرژی، ایران، رگرسیون کوانتایل

طبقه‌بندی JEL: C۲۱ , O۳۰ , O۳۳ , Q۴۱

* نویسنده مسئول: z.azizi@alzahra.ac.ir

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر رشد سریع اقتصادی کشورها فشار شدیدی بر منابع انرژی وارد کرده است. درنتیجه، کمبود انرژی به‌طور فزاینده‌ای قابل‌توجه بوده و تدوین سیاست‌گذاری مناسب در این زمینه به یکی از دغدغه‌های اصلی دولت‌ها تبدیل شده است (اوزار[۱]، ۲۰۲۰). شناسایی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی می‌تواند به سیاست‌گذاران در پیش‌بینی نیازهای آتی و برنامه‌ریزی مناسب برای استفاده بهینه از ظرفیت‌های آن کمک کند. به‌عنوان مثال، انرژی در کشورهای در حال توسعه صادرکننده نفت مانند ایران حیاتی است. بیشتر درآمد ارزی دولت در ایران از فروش نفت به دست می‌آید و مصرف ناکارآمد انرژی داخلی باعث از بین رفتن منابع ارزی فراوان حاصل از صادرات آن می‌شود.

از سوی دیگر، ایران به دلیل داشتن منابع عظیم انرژی، رشد اقتصادی را به قیمت منابع طبیعی دنبال می‌کند. براساس برآوردها، تقاضای انرژی ایران در دهه‌های آتی سالانه حدود ۶ درصد رشد می‌کند (عریانی و همکاران[۲]، ۲۰۲۱). از آنجایی‌که سوخت‌های متعارف در طول زمان کاهش می‌یابند، اگر دولت و سیاست‌گذاران اقدامات مناسب و تدوین سیاست‌های مناسب برای استفاده بهینه از انرژی را اتخاذ نکنند، اقتصاد مبتنی بر سوخت‌های فسیلی مانند ایران در سال‌های آینده با چالش‌های متعددی مواجه خواهد شد.

در اکثر مطالعاتی که به بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی پرداخته‌اند، توجه ویژه‌ای به دو متغیر قیمت و درآمد شده است (دامت و همکاران[۳]، ۲۰۱۸، هان و وو[۴]، ۲۰۱۸، نی و همکاران[۵]، ۲۰۱۸، سادورسکی[۶]، ۲۰۰۹). با این حال، دانش و فناوری در کنار این دو متغیر از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مصرف انرژی هستند. فناوری بالاتر می‌تواند بهره‌وری انرژی را بهبود بخشد و درنتیجه مصرف انرژی را کاهش دهد. اما از سوی دیگر رشد اقتصادی را افزایش می‌دهد که منجر به مصرف بیشتر انرژی می‌شود. بنابراین رابطه بین پیشرفت

---

۱. Uzar

۲. Oryani et al.

۳. Damette et al.

۴. Han and Wu

۵. Nie et al.

۶. Sadorsky

تکنولوژی و مصرف انرژی پیچیده است (یوان و همکاران[۱]، ۲۰۰۹). رابطه بین تکنولوژی و مصرف انرژی نیز می‌تواند به نوع پیشرفت تکنولوژی بستگی داشته باشد (خان و همکاران[۲]، ۲۰۱۶). از سوی دیگر سنجش سطح تکنولوژی به دلیل کیفی بودن این متغیر با چالش‌هایی روبه‌روست. شاخص‌های مختلف از روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری پیشرفت فناوری استفاده کرده‌اند. نوع شاخص فناوری مورد استفاده برای اندازه‌گیری سطح دانش و تکنولوژی ممکن است دلیل دیگری برای تفاوت نتایج تجربی در مطالعات باشد (جاکوبسن[۳]، ۲۰۰۱).

در مطالعات اولیه، از متغیر روند زمانی به‌عنوان معیار رشد فناوری استفاده شده است. به‌عنوان مثال، جورگنسون و فراومنی[۴]، ۱۹۸۱، تأثیر تغییرات تکنولوژیکی بر مصرف انرژی را با در نظر گرفتن متغیر روند بررسی کرد. بعدها از شاخص‌های دیگری مانند تعداد پتنت‌ها و «بهره‌وری کل عوامل»[۵] برای نشان دادن پیشرفت فناوری استفاده شد. با این حال، به دلیل چالش‌های مرتبط با عملیاتی‌سازی و کاربردی شدن سطح دانش، این شاخص‌ها نتوانستند سطح فناوری را در کشورها به‌طور دقیق اندازه‌گیری کنند.

ازاین‌رو، مطالعه حاضر به سه روش به بررسی ادبیات مرتبط کمک می‌کند: اول، از معیار جدیدی از تغییرات تکنولوژیکی استفاده می‌شود که توسط هیدالگو و هاسمن[۶] در سال ۲۰۰۹ به نام «شاخص پیچیدگی اقتصادی»[۷] برای اندازه‌گیری فناوری و دانش در اقتصاد ایجاد شده است. از آنجایی‌که این شاخص ابعاد وسیع‌تری از بهبود تکنولوژی شامل تمام ظرفیت‌ها، فناوری، نیروی کار ماهر و دانش لازم برای تولید را دربر می‌گیرد، می‌تواند پیشرفت فناوری و بعد دانش گسترده‌تری را پوشش دهد. دوم اینکه قیمت انرژی براساس حامل‌های انرژی قابل‌توجه در اقتصاد ایران ساخته شده است، بنابراین با استفاده از این شاخص قیمت انرژی می‌توان کل تقاضای انرژی را تخمین زد. سوم، پیوندهای بین

---

۱. Yuan et al.

۲. Khan et al.

۳. Jacobsen

۴. Jorgenson and Fraumeni

۵. Total Factor Productivity (TFP)

۶. Hidalgo and Hausmann

۷. Economic Complexity Index (ECI)

پیچیدگی اقتصادی، قیمت انرژی و تقاضای انرژی با استفاده از رویکرد رگرسیون کوانتایل بررسی می‌شود که می‌تواند اثرات توزیعی و ناهمگونی مربوط به ارتباط مصرف انرژی با عوامل تعیین‌کننده آن را در نظر گیرد. ازاین‌رو برخلاف تحلیل رگرسیون میانگین، یک روش کمیتی است که امکان بررسی اثر متغیرها بر میانگین و کل بخش‌های توزیع بدون محدودیت مفروضات رگرسیون مرسوم، مانند ناهمسانی واریانس و حضور مؤثر داده‌های پرت را فراهم می‌کند. بنابراین با استفاده از این روش در تخمین ضرایب می‌توان ضرایب دقیق‌تر را در دهک‌ها و پراکندگی‌های مختلف مشاهدات تخمین زد، چرا که این روش کمک می‌کند تقاضای انرژی را در طول توزیع آن بررسی کنیم و شکل کامل‌تری از تأثیر متغیرها بر مصرف انرژی را ارزیابی نماییم. درواقع امکان بررسی اثر تغییر قیمت، درآمد و پیچیدگی اقتصادی نه‌تنها در مرکز ثقل داده‌ها بلکه در تمام قسمت‌های توزیع به‌ویژه در دنباله‌های ابتدایی و انتهایی فراهم می‌گردد. بدین ترتیب براساس نتایج حاصل از این روش می‌توان به ضرایب به دست آمده و ثبات جهت اثرگذاری متغیرها در طول توزیع اطمینان بیشتری داشت و این می‌تواند به هدف‌گذاری دقیق‌تر سیاست‌های انرژی در جهت صرفه‌جویی در آن کمک نماید.

این مطالعه به شرح زیر سازمان‌دهی شده است: بخش ۲ پیشینه نظری و مرور ادبیات را شرح می‌دهد. سپس، بخش ۳ به داده‌ها و روش‌شناسی اختصاص دارد، درحالی‌که بخش ۴ نتایج تجربی را مورد بحث قرار می‌دهد. درنهایت، این تحقیق با نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی در بخش ۵ به پایان می‌رسد.

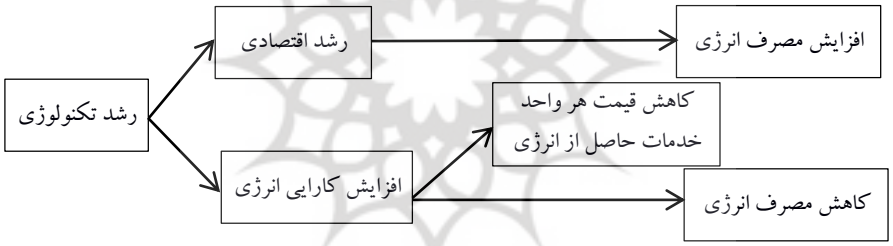
۲. مبانی نظری

دو نظریه اصلی در مورد تأثیر پیشرفت تکنولوژی بر مصرف انرژی وجود دارد. ازیک‌سو، پیشرفت تکنولوژی می‌تواند تقاضای انرژی را با به‌کارگیری ابزارها و روش‌های نوآورانه برای کاهش انرژی و صرفه‌جویی در آن کاهش دهد (ام آ خان و احمد[۱]، ۲۰۰۸). از سوی دیگر، نظریه دیگری تصریح می‌کند که بهبود فناوری باعث افزایش رشد اقتصادی و کاهش هم‌زمان هزینه انرژی به دلیل بهره‌وری بالاتر انرژی می‌شود و درنتیجه مصرف انرژی را

۱. Khan and Ahmad

افزایش می‌دهد که اصطلاحاً به آن اثر بازگشتی می‌گویند (لین و دو[۱]، ۲۰۱۵). ایده اصلی اثر بازگشتی توسط جونز[۲] (۱۸۶۵) مطرح شد. مطالعه وی در رابطه با اقتصاد بریتانیا نشان داد که با اختراع یک ماشین بخار کارآمدتر نه‌تنها مصرف زغال‌سنگ کاهش نیافت بلکه تقاضا برای زغال‌سنگ افزایش داشته است. سازوکار ایجاد آثار بازگشتی به این صورت است که بهبود تکنولوژی کارایی انرژی را افزایش داده و قیمت مؤثر[۳] انرژی (هزینه هر واحد خدمات دریافتی از انرژی) را کاهش می‌دهد، این امر تقاضای انرژی را افزایش می‌دهد. درواقع در این مسیر، به دلیل رشد اقتصادی بالاتر و کاهش ضمنی هزینه انرژی، مصرف انرژی می‌تواند بیشتر شود (لین و دو، ۲۰۱۵). درنتیجه اثر نهایی بهبود تکنولوژی بر مصرف انرژی بستگی به بزرگی این دو اثر دارد و می‌تواند منجر به افزایش، کاهش و یا عدم تغییر مصرف انرژی شود. بنابراین بررسی ارتباط بین تقاضا برای انرژی و پیشرفت فناوری، محبوبیت قابل ملاحظه‌ای را به‌منظور اجماع نظر در این رابطه پیدا کرده است.

شکل ۱. مسیرهای اثرگذاری بهبود تکنولوژی بر مصرف انرژی



منبع: یافته‌های پژوهشگران

از طرفی شناسایی شاخص فناوری مناسب همواره یکی از چالش‌برانگیزترین موضوعات بوده است. با توجه به معرفی شاخص‌های جدید در اندازه‌گیری فناوری، دامنه مطالعات بررسی این موضوع گسترش یافته است.

شاخص پیچیدگی اقتصادی توسط هیدالگو و هاسمن در سال ۲۰۰۹ معرفی شد تا دانش و فناوری نهفته در ساختار تولید یک کشور را منعکس کند. این شاخص سطح فناوری، دانش و مهارت‌های موجود در یک کشور را درخصوص تنوع و پیچیدگی کالاها و

۱. Lin and Du

۲. Jevons

۳. Effective price

محصولات صادراتی نشان می‌دهد. درواقع، «شاخص پیچیدگی اقتصادی» به‌عنوان معیاری برای تولید نوآورانه دارای مزایایی نسبت به سایر معیارها است. این شاخص نشان‌دهنده ظرفیت متناسب با ساختار تولید یک کشور برای ایجاد نوآوری و توانایی استفاده از آن است. تنوع و فراگیری دو مفهومی هستند که در محاسبه این شاخص به کار رفته‌اند. به‌طور دقیق‌تر، تنوع محصول به تعداد محصولات مختلفی که یک کشور تولید می‌کند اشاره دارد. هرچه تنوع محصولات بیشتر باشد، دانش انباشته‌شده و توانایی بهتری برای استفاده از استراتژی‌ها و نوآوری‌های فعلی در ساختار تولید یک کشور وجود دارد. فراگیر بودن محصولات نشان‌دهنده تعداد کشورهایی است که می‌توانند محصولات مشابهی تولید کنند. محصولاتی که به سطح بالایی از دانش نیاز دارند فقط در کشورهای دارای فناوری و دانش محصول تولید می‌شوند. بنابراین هرچه محصول پیچیده‌تر باشد، فراگیری آن کمتر است (عزیزی، ۱۳۹۸).

گنجاندن این دو مفهوم در «شاخص پیچیدگی اقتصادی» نشان‌دهنده توانایی یک کشور برای بازتولید محصولات رقابتی از طریق نوآوری سازمانی است. درحالی‌که سایر معیارهای سنجش ظرفیت نوآورانه یک اقتصاد مانند تعداد پتنت‌ها و هزینه‌های تحقیق و توسعه[۱] به ترتیب حقوق قانونی ثبت اختراع و تخصیص منابع شرکت‌ها را نشان می‌دهد، درحالی‌که شاخص پیچیدگی اقتصادی» ظرفیت‌های موجود در ساختار تولید یک اقتصاد را نشان می‌دهد (هاسمن و همکاران[۲]، ۲۰۱۴). پیچیدگی بیشتر اقتصادی به معنای تغییر ساختار اقتصاد و تنوع تولید از محصولات اولیه و کشاورزی به کالاهای صنعتی پیچیده‌تر است. ساختار پیچیده تولید، کشور را قادر می‌سازد تا از بهره‌وری بالاتر در فعالیت‌ها بهره‌مند شود و درنتیجه مصرف انرژی را برای مقدار معینی از تولید (شدت انرژی) کاهش دهد. علاوه بر این تولید کالاهای پیشرفته‌تر و با فناوری پیشرفته‌تر می‌تواند منجر به نوآوری بیشتر در فناوری و هزینه‌های تحقیق و توسعه مقرون به‌صرفه‌تر شود. بنابراین فناوری را در تولید کالاها و خدمات بهبود می‌بخشد و تولید و مصرف انرژی را افزایش می‌دهد (نیگو و تئودرو[۳]، ۲۰۱۹).

---

۱. Research and Development (R&D)

۲. Hausmann et al.

۳. Neagu and Teodoru

• مروری بر پیشینه تجربی

رابطه بهبود فناوری و مصرف انرژی در مطالعات متعددی مورد بررسی قرار گرفته است. بدین‌منظور از معیارهای مختلفی برای سنجش بهبود فناوری در این مطالعات استفاده شده است. بسته به تعریف پیشرفت فناوری، ادبیات موجود در رابطه با مصرف انرژی ـ بهبود فناوری را می‌توان به سه گروه به شرح زیر تقسیم کرد:

اولین گروه تعداد اختراعات را به‌عنوان نماینده نوآوری، فناوری در نظر می‌گیرد. به‌عنوان مثال، فی و راسیاه[۱] (۲۰۱۴) رابطه بین مصرف برق، رشد اقتصادی، قیمت انرژی و پیشرفت تکنولوژی را برای اکوادور، نروژ، کانادا و آفریقای جنوبی از سال ۱۹۷۴ تا ۲۰۱۱ بررسی کردند. به‌عنوان‌مثال دیگری مراد و همکاران[۲] (۲۰۱۹) رابطه بین رشد اقتصادی، تقاضا برای انرژی، تغییرات تکنولوژیکی و قیمت انرژی را در دانمارک طی سال‌های ۲۰۱۲-۱۹۷۰ ارزیابی کردند. نتایج آن‌ها تأثیر مثبت رشد اقتصادی بر مصرف انرژی را تأیید کرد، درحالی‌که نوآوری‌های تکنولوژیکی و قیمت انرژی به‌طور معکوس با تقاضا برای انرژی مرتبط هستند. اما باید توجه داشت که در نظر گرفتن این پروکسی فضای وسیعی برای رشد فناوری و عملیاتی شدن آن فراهم نمی‌کند.

دومین گروه از مخارج تحقیق و توسعه استفاده کرده‌اند. به‌عنوان مثال چرچیل و همکاران[۳] (۲۰۲۱) از تحقیق و توسعه برای اندازه‌گیری سطح فناوری استفاده کرده‌اند و اثر این متغیر را بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در کشورهای OECD بررسی کرده‌اند. گودیل و همکاران[۴] (۲۰۲۱) نیز از این شاخص در بررسی ارتباط فناوری و مصرف انرژی در کشور هند استفاده کرده‌اند. اما باید توجه داشت که مخارج تحقیق و توسعه به‌عنوان ورودی یک فرآیند توسعه کالای جدید و پیشرفت تکنولوژیک بوده و تمامی این مخارج منجر به پیشرفت تکنولوژیک نمی‌شود. ازاین‌رو این معیار، شاخص مناسبی برای نشان دادن پیشرفت تکنولوژیک نیست (کن و گوزگور[۵]، ۲۰۱۷).

---

۱. Fei and Rasiah

۲. Murad et al.

۳. Churchill et al.

۴. Godil et al.

۵. Can and Gozgor

گروه سوم بهره‌وری کل عوامل را به‌عنوان نمایشی از تغییرات تکنولوژیکی در نظر می‌گیرد. در این دسته، لادو و ملدو[۱] (۲۰۱۴) ارتباط متقابل بین مصرف انرژی و «بهره‌وری کل عوامل»[۲] را در مناطق مختلف ایتالیا طی سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۹۶ بررسی کردند. نتایج تجربی آن‌ها نشان داد که هرچه «بهره‌وری کل عوامل» در منطقه بالاتر باشد، تمایل کمتری برای سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های انرژی بر وجود دارد که به معنای استفاده کارآمد از منابع کمیاب و توسعه پایدار است. علاوه بر این، جین و همکاران[۳] (۲۰۱۸) ارتباط بین «بهره‌وری کل عوامل» و مصرف انرژی در چین را از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۲ بررسی کردند. یافته‌های آن‌ها رابطه علی یک‌طرفه مثبت را تأیید کرد که از «بهره‌وری کل عوامل» تا مصرف انرژی در کوتاه‌مدت ادامه دارد. علاوه بر این نتایج آن‌ها نشان داد که اگرچه پیشرفت فناوری نمی‌تواند تقاضای انرژی را کاهش دهد، اما می‌تواند از طریق افزایش کارایی انرژی و بازسازی بخش انرژی منجر به دستیابی به اهداف پایداری شود. قابل ذکر است که در نظر گرفتن «بهره‌وری کل عوامل»[۴] به‌عنوان پروکسی نوآوری فناورانه دارای کاستی‌های خاص خود است. درواقع، رشد «بهره‌وری کل عوامل» می‌تواند به دلایلی غیر از توسعه فناوری رخ دهد. علاوه بر این، محاسبه «بهره‌وری کل عوامل» پیچیده است و هیچ راه واحدی برای آن وجود ندارد.

در چند سال اخیر استفاده از شاخص پیچیدگی اقتصادی به‌منظور بررسی ارتباط فناوری و مصرف انرژی گروه تازه‌ای از مطالعات را در این حوزه شکل داده است. به‌عنوان مثال نواز و همکاران (۲۰۲۰) تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در پاکستان را برای دوره ۲۰۱۸-۱۹۷۲ ارزیابی کرده‌اند. نتایج آن‌ها نشان داد پیچیدگی اقتصادی مصرف انرژی را در این کشور کاهش داده است. همچنین فانگ و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی را در کشورهای OECD ارزیابی کرده‌اند و دریافتند که پیچیدگی اقتصادی یک عملکرد کاهش‌دهنده در مصرف انرژی دارد. درنهایت کن و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی را در ۱۰ کشور تازه

---

۱. Ladu and Meleddu

۲. TFP

۳. Jin et al.

٤. TFP

صنعتی‌شده بین سال‌های ۱۹۷۰ و ۲۰۱۴ مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آن‌ها شواهدی را ارائه داد که نشان می‌دهد پیچیدگی اقتصادی مصرف انرژی را افزایش داده است.

در ایران نیز در این ارتباط تنها دو مطالعه وجود دارد. عزیزی (۱۳۹۸) با استفاده از مدل رگرسیون انتقال ملایم[1] وجود رابطه غیرخطی بین پیچیدگی اقتصادی و مصرف سرانه انرژی را در ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۵۵ مورد ارزیابی قرار داد. وی نشان داد پیچیدگی اقتصادی سبب یک ساختار دو رژیمی در این رابطه شده است، به‌طوری‌که در رژیم اول اثر این متغیر بر مصرف انرژی مثبت بوده و در رژیم دوم رابطه مورد نظر منفی بوده است. وی همچنین در مطالعه دیگری که در همان سال صورت پذیرفت این ارتباط را در بخش صنعت ایران طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۵۵ مورد ارزیابی قرار داد. یافته‌های این مقاله نشان داد که افزایش پیچیدگی اقتصاد به‌طور مستقیم سبب افزایش مصرف انرژی در بخش صنعت شده است. همچنین با در نظر گرفتن اثرات تعاملی، پیچیدگی اقتصادی سبب کاهش ضریب مثبت ارزش افزوده بر مصرف انرژی شده است.

با توجه به عدم گستردگی مطالعات موجود در این زمینه، مقاله حاضر با استفاده از روش رگرسیون کوانتایل موضوع مورد مطالعه را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. استفاده از این روش می‌تواند به توسعه ادبیات تجربی موجود در این زمینه کمک کند چرا که در این روش اثرات توزیعی و ناهمگونی در ارتباط مصرف انرژی با عوامل تعیین‌کننده آن در چندک‌های مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. به‌طور دقیق‌تر، برخلاف تحلیل رگرسیون میانگین، امکان بررسی اثر متغیرها بر میانگین و کل بخش‌های توزیع بدون محدودیت مفروضات رگرسیون مرسوم، مانند ناهمگنی واریانس و حضور مؤثر داده‌های پرت را فراهم می‌کند. در تخمین ضرایب بنابراین با استفاده از این روش می‌توان ضرایب دقیق‌تر را در دهک‌ها و پراکندگی‌های مختلف مشاهدات تخمین زد. همچنین قیمت انرژی براساس حامل‌های انرژی قابل توجه در اقتصاد ایران در دوره مورد بررسی محاسبه شده است، بنابراین با استفاده از این شاخص قیمت انرژی می‌توان کل تقاضای انرژی را تخمین زد.

۳. روش‌شناسی

۳-۱. داده‌ها

۱. Smooth Transition Regression

در این مطالعه تأثیر پیچیدگی اقتصادی و قیمت انرژی بر تقاضای انرژی با استفاده از داده‌های سالانه طی دوره ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۶ براساس داده‌های موجود بررسی شده است. توضیح مختصری از متغیرهای مورد استفاده به شرح زیر است:

کل مصرف انرژی (TEC) براساس کل مصرف انرژی نهایی که با معادل بشکه نفت اندازه‌گیری شده است از ترازنامه انرژی ایران استخراج شده است.

شاخص قیمت واقعی انرژی (EP) مشابه با روش استفاده شده در مطالعه لی و لین[۱] (۲۰۱۴)، به‌عنوان نسبت قیمت اسمی انرژی به سطح عمومی قیمت‌ها محاسبه می‌شود. ابتدا شاخص قیمت اسمی انرژی با تعیین سبد حامل‌های انرژی پیشرو یعنی فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی و برق در سال ۱۳۸۳ (سال پایه) و بهای تمام‌شده این سبد براساس قیمت سال‌های مختلف محاسبه و بر هزینه تمام‌شده آن در سال پایه تقسیم می‌شود. درنهایت میانگین وزنی این حامل‌ها، شاخص قیمت اسمی انرژی را نشان می‌دهد. داده‌های مورد نیاز از ترازنامه انرژی ایران، آمار مصرف فرآورده‌های نفتی منتشر شده توسط شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، گزارش‌های دقیق صنعت برق ایران و آمار بانک مرکزی استخراج شده است.

تولید ناخالص داخلی واقعی به قیمت ثابت ۱۳۸۳ (RGDP) برگرفته از بانک مرکزی ایران و «شاخص پیچیدگی اقتصادی»، از اطلاعات ارائه‌شده توسط پایگاه اطلس دانشگاه ام‌ای‌تی[۲] گردآوری شده است. شاخص پیچیدگی اقتصادی بین ۳- تا ۳ تغییر می‌کند که مقدار بیشتر آن نشان‌دهنده پیچیدگی بیشتر کالاها در اقتصاد است.

برای کاهش نوسان و نابرابری داده‌ها و اجتناب از ناهمسانی، همه متغیرها به جز «شاخص پیچیدگی اقتصادی» به شکل لگاریتم طبیعی تبدیل شده‌اند. (عریانی و همکاران، ۲۰۲۱، نیگو و تئودرو، ۲۰۱۹). توضیح مختصری از خصوصیات آماری متغیرهای مورد بررسی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱. آمار توصیفی

	LEP	ECI	LRGDP	LTEC
میانگین	۰/۰٤۰	-۱/۰۳	۱٦/۸۹	٤/۲۱
حداکثر	۰/۹۰۹	-۰/۱۵۸	۱۷/٤۲	۵/۱۰

۱. Li and Lin

۲. www.atlas.media.mit.edu/en/rankings/country/eci/

حداقل	-۰/٦٥۲	-۱/٤٤	١٦/٤٨	۳/۰۲
انحراف استاندارد	۰/٤۳۷	۰/۲۹۰	۰/۲۳۰	۰/٦٥۳
چولگی	۰/۱۰۷	۱/۱٥۲	۰/۲۷۰	-۰/۲۳۷
کشیدگی	۱/۹۳	٤/۸۹	۲/۲۳	۱/۷۸٥
آماره جارک-برا (احتمال)	۲/۱۳ (۰/۳٥)	۱٤/۸۲ (۰/۰۰)	۱/٥٦ (۰/٤٦)	۲/۹۸ (۰/۲۳)

منبع: یافته‌های پژوهش

۲-۳. مدل اقتصادسنجی: مدل رگرسیون کوانتایل

روش‌های سنتی برآورد رگرسیون، مانند حداقل مربعات معمولی (OLS)، توزیع ناهمگن داده‌ها را در نظر نمی‌گیرد. بنابراین ممکن است در صورت عدم تجانس (ناهمگنی) و توزیع ناهنجار در داده‌ها، ضرایب کمتر از حد یا بیش از حد برآورد شود (بیندر و کواد[۱]، ۲۰۱۱). درنتیجه، در این تحقیق، مدل رگرسیون کوانتایل، برای بررسی تأثیر شاخص پیچیدگی اقتصادی» و قیمت انرژی همراه با تولید واقعی بر تقاضای انرژی استفاده می‌شود. رگرسیون کوانتایل برای اولین بار توسط کوئنکر و باست[۲] (۱۹۷۸) ارائه و توسط (کوئنکر و هالوک[۳]، ۲۰۰۱) توسعه یافت. درواقع، این مدل برای غلبه بر محدودیت‌های مدل‌های رگرسیون معمولی استفاده می‌شود و به دلیل مزایای آن نسبت به رویکردهای رگرسیون سنتی، کاربرد گسترده‌ای داشته است. ازجمله مهم‌ترین مزیت‌های آن را می‌توان توانایی در ارائه یافته‌های واقعی و دقیق در صورت وجود داده‌های پرت (برا و همکاران[۴]، ۲۰۱۶)، انعطاف‌پذیری ضرایب در سراسر توزیع (آلوارادو و همکاران[۵]، ۲۰۲۱)، عاری بودن از مشکلات مربوط به سوگیری انتخاب نمونه (هکمن[۶]، ۱۹۷۹) و در نهایت توانایی تبیین تأثیر متغیرهای مستقل (رگرسیورها) بر متغیر وابسته در چندک‌های مختلف (کونکر[۷]، ۲۰۰۴) برشمرد.

۱. Binder and Coad
۲. Koenker and Bassett
۳. Koenker and Hallock
۴. Bera et al.
۵. Alvarado et al.
۶. Heckman
۷. Koenker

ساختار کلی رگرسیون کوانتایل را می‌توان به‌صورت زیر توضیح داد که در آن معادله (۱) حداقل‌سازی می‌شود.

$$\min[\sum_{t\epsilon\{t:y_t\geq x_t b\}}\tau|y_t-x_t b|+\sum_{t\epsilon\{t:y_t<x_t b\}}(1-\tau)|y_t-x_t b|] \quad (1)$$

که در آن x_t بردار متغیرهای توضیحی و y_t متغیر وابسته تصادفی با تابع توزیع احتمال تجمعی زیر است:

$$F(y)=Prob\ (Y\leq y) \quad (2)$$

و $0<\tau<1$ نشان‌دهنده کوانتایل یا چندک مورد نظر است. بر این اساس در رگرسیون میانه (یعنی $\tau=\frac{1}{2}$) مجموع قدر مطلق خطاها، یعنی $\sum|e_t|$، حداقل می‌گردد، در حالی که در برآوردگر حدقل مربعات معمولی (OLS) مجموع مربعات خطا یعنی $\sum e_t^2$ حداقل می‌شود.

براساس معادله (۲) می‌توان تابع معکوس چندک τ ام Y را به شکل زیر تعریف کرد:

$$Q(\tau)=\inf\{y: F(y)\geq\tau\} \quad (3)$$

ازاین‌رو میانه نمونه مجموع قدر مطلق انحرافات زیر را حداقل می‌سازند:

$$\min_{\xi\varepsilon R}\sum_{i=1}^{n}|y_i-\xi|$$

بر این اساس، چندک نمونه τ ام، که همان $Q(\tau)$ است، می‌تواند به‌عنوان یک راه‌حل بهینه‌سازی در معادله (۴) نشان داده شود:

$$\min_{\xi\varepsilon R}\sum_{i=1}^{n}\rho_\tau|y_i-\xi| \quad , \quad \rho_\tau(Z)=\big(\tau-I(Z<0)\big),\ 0<\tau<1 \quad (4)$$

تابع چندک شرطی خطی، $(Q((\tau|X=x)=x\,\acute{\beta}(\tau))$، را می‌توان از طریق حل معادله (۵) برای هر چندک $0<\tau<1$ به دست آورد:

$$\widehat{\beta}\ (\tau)=\ argmin_{\beta\varepsilon R^p}\sum_{i=1}^{n}\rho_\tau\big(y_i-x_i'\beta\big) \quad (5)$$

$\widehat{\beta}\ (\tau)$ رگرسیون چندک τ ام را نشان می‌دهد (تیان و همکاران[1]، ۲۰۱۸).

۱-۲-۳. آزمون برابری شیب

۱. Tian et al.

کوینکر و باست[۱] (۱۹۸۲) آزمونی برای برابری ضرایب شیب بین چندک‌ها به‌عنوان یک آزمون قوی برای ناهمگنی واریانس ارائه کردند. فرضیه این آزمون به صورت زیر است

$$H_0: \beta_1(q_1) = \beta_2(q_2) = \cdots = \beta_p(q_k) \quad (۶)$$

که محدودیت‌های $(k-1)(p-1)$ را بر روی ضرایب برآوردشده اعمال می‌کند. جایی که k نشان‌دهنده تعداد چندک‌ها و p تعداد رگرسیون‌ها را نشان می‌دهد. بر این اساس، آزمون والد را می‌توان ساخت که از توزیع $\chi^2(k-1)(p-1)$ پیروی می‌کند.

۲-۲-۳. آزمون تقارن

نیوی و پاول[۲] (۱۹۸۷) یک آزمون تقارن با محدودیت کمتر را برای برآوردگرهای حداقل مربعات نامتقارن پیشنهاد کردند که می‌تواند در رگرسیون کوانتایل استفاده شود. فرضیه صفر این آزمون ویژگی متقارن بودن توزیع را نشان می‌دهد. بنابراین تقارن شرطی بین چندک‌ها را می‌توان در معادله (۷) نشان داد:

$$\frac{\beta(\tau)+\beta(1-\tau)}{2} = \beta\left(\frac{1}{2}\right) \quad (۷)$$

این محدودیت‌ها را می‌توان با استفاده از آزمون والد در رگرسیون چندک بررسی کرد. اگر یک عدد فرد مانند K وجود داشته باشد و ضرایب تخمین زده شده با استفاده از τ_q مرتب شوند، فرض می‌شود که مقدار میانگین $q\left(\frac{k+1}{2}\right)$ ۰/۵ است و باقی‌مانده τ فرض می‌شود $\tau_j = 1 - \tau_{K-j+1}$ برای $j = 1, \cdots, (k-1)/2$ در حدود ۰/۵ متقارن است. بر این اساس، فرضیه صفر آزمون نیوی و پاول برای $\tau_j = 1 - \tau_{K-j+1}$ معادله(۸) است:

$$H_0: \frac{\beta(\tau_j)+\beta(\tau_{k-j+1})}{2} \quad (۸)$$

فرضیه صفر دارای $\frac{\rho\,(k-1)}{2}$ محدودیت است. بنابراین آزمون والد به صورت $\frac{p(k-1)}{2}\chi^2$ توزیع شده است.

٤. نتایج و بحث

۱. Koenker and Bassett

۲. Newey and Powell

در این مقاله از رگرسیون کوانتایل برای بررسی تأثیر متغیرهای توضیحی (پیچیدگی اقتصادی و قیمت انرژی) و یک متغیر کنترلی (GDP واقعی) بر تقاضای انرژی استفاده شد. نتایج پارامترهای برآورد شده در ۹ چندک مجزا در جدول ۳ نشان داده شده است. ابتدا معادله اصلی رگرسیون را ارائه و معرفی کنید.

برای بررسی اثر پیچیدگی اقتصادی، قیمت انرژی و تولید ناخالص داخلی بر تقاضای انرژی از رابطه (۹) استفاده می‌شود:

$$lnEC_t = \alpha + \beta_1 \mathrm{LRGDP}_t + \beta_2 \mathrm{LEP}_t + \beta_3 \mathrm{ECI}_t + \varepsilon_t \qquad (۹)$$

$lnEC_t$ نشان‌دهنده تقاضای انرژی، LRGDP_t نشان‌دهنده لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه در دوره t است، LEP_t و ECI_t، به ترتیب قیمت انرژی و شاخص پیچیدگی اقتصادی در دوره t و ε_t جمله اخلال مدل را نشان می‌دهد.

جدول ۲. نتایج رگرسیون کوانتایل بوت استرپ

متغیر	چندک	ضرایب	خطای استاندارد	آماره t
LRGDP	۱	*۰/۲۴۳۶۲۳	۰/۰۰۹۴۶۱	۲۵/۷۵۰۹۰
	۲	*۰/۲۴۴۳۸۹	۰/۰۲۶۴۷۶	۹/۲۳۰۵۳۲
	۳	*۰/۴۳۳۶۰۷	۰/۰۳۵۷۰۲	۱۲/۱۴۵۱۹
	۴	*۰/۱۷۶۶۹۶	۰/۰۲۵۹۸۲	۴۵/۲۸۹۶۷
	۵	*۱/۷۸۱۶۴۹	۰/۰۲۰۳۲۲	۸۷/۶۷۱۹۱
	۶	*۱/۸۸۵۳۹۵	۰/۰۲۴۱۳۹	۷۸/۱۰۶۳۲
	۷	*۱/۸۸۶۶۸۵	۰/۰۲۲۷۲۸	۸۳/۰۱۰۷۹
	۸	*۱/۹۱۳۴۶۰	۰/۰۱۷۰۶۰	۱۱۲/۱۶۲۷
	۹	*۱/۸۵۵۴۶۷	۰/۰۰۲۷۲۱	۶۸۲/۰۲۸۸
LEP	۱	*−۰/۶۰۱۵۲۳	۰/۰۵۲۴۴۸	−۱۱/۴۶۸۹۳
	۲	*−۰/۴۹۷۸۶۹	۰/۱۲۴۴۲۱	−۴/۰۰۱۴۸۱
	۳	*−۰/۵۹۶۷۸۱	۰/۱۵۰۴۲۳	−۳/۹۶۷۳۴۸
	۴	*−۰/۸۰۰۳۰۵	۰/۲۱۶۲۵۶	−۳/۷۰۰۷۳۱
	۵	*−۰/۶۲۵۶۷۵	۰/۱۴۸۴۴۳	−۴/۲۱۴۹۲۱
	۶	*−۰/۶۱۳۴۸۸	۰/۱۸۸۸۸۹	−۳/۲۴۷۸۷۳
	۷	−۰/۱۸۲۴۹۷	۰/۲۱۹۹۴۹	−۰/۸۲۹۷۲۳
	۸	*−۰/۱۲۹۵۹۱	۰/۰۴۱۴۲۰	−۳/۱۲۸۶۹۳
	۹	*−۰/۰۸۳۴۱۸	۰/۰۰۹۶۰۶	−۸/۶۸۴۱۱۸
ECI	۱	*۱/۲۷۲۹۴۱	۰/۱۱۷۲۴۳	۱۰/۸۵۷۳۲
	۲	*۱/۶۳۴۷۹۱	۰/۱۰۵۸۸۷	۱۵/۴۳۹۰۲

متغیر	چندک	ضرایب	خطای استاندارد	آماره t
	۳	*۱/۵۸۳۲۲۶	۰/۱۳٤۸۰٤	۱۱/۷٤٤٦۳
	٤	*۱/۳۳۹۹۲۹	۰/۳۳۰۱۱۵	٤/۰۵۸۹۷۸
	۵	*۰/۸۵۳۵۱۷	۰/۲۲٦۱۹۰	۳/۷۷۳٤۵٤
	٦	*۱/۰۹٤۳۱۷	۰/۱٤۷۷۷۰	۷/٤۰۵۵۲٤
	۷	*۰/٦۲٦٦۷۵	۰/۱٦۷۸۵۳	۳/۷۳۳٤٦۵
	۸	*۰/٦۳۵۸۷۱	۰/۰۳٦۳۷۵	۱۷/٤۸۱۲۰
	۹	*۰/٦٦۹۳٤۱	۰/۰۱۲۵۹۹	۵۳/۱۲۷۷۷
C	۱	*۰/۹۳۵٦۱۰	۰/۱٤۵۷۸۰	٦/٤۱۷۹٦٦
	۲	*۱/٤۰۱٦۷٦	۰/٤۸۰٤٦۳	۲/۹۱۷۳٤٦
	۳	*-۱/۸۰۷۷۵۱	۰/٦۵٤٦۷۵	-۲/۷٦۱۲۹۳
	٤	*-۱٤/٤۱۷۰۰	۰/٦۹۸۵٤۷	-۲۰/٦۳۸۵٦
	۵	*-۲٤/۹۷۲۳٤	۰/٤۷۰۳۸۱	-۵۳/۰۸۹٦۱
	٦	*-۲٦/۳۸۱٦۵	۰/٤۲۳۷۵۳	-٦۲/۲۵۷۲۰
	۷	*-۲٦/۷۲۵۹۲	۰/۵۲۰۸۷۱	-۵۱/۳۱۰۰۸
	۸	*-۲۷/۱۳۲٤۵	۰/۲۹۸۲۸۹	-۹۰/۹٦۰۳٦
	۹	*-۲٦/۰۸۹٦۵	۰/۰۵۳٦۲۰	-٤۸٦/۵٦۷۸

*نشان‌دهنده معناداری در سطح ۹۹ درصد می‌باشد.

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طورکه در جدول ۳ نشان داده شده است. کشش درآمدی تقاضای انرژی در دهک‌های مختلف مثبت است که نشان می‌دهد با افزایش تولید مصرف انرژی نیز بیشتر شده است. در دهک‌های پایین کشش درآمدی کمتر از یک بوده است. به عبارت دیگر انرژی در ایران در توزیع پایین مصرف انرژی یک کالای اساسی است. مقدار ضریب مورد نظر در دهک‌های بالا بیشتر از یک است و کشش تقاضای انرژی در دهک‌های بالا افزایش یافته است، یعنی انعطاف‌پذیری و کشش تقاضای انرژی در دهک‌های بالا بیشتر بوده است.

کشش قیمتی انرژی مطابق با انتظار منفی و در دهک‌های مختلف به جز دهک هفتم معنادار بوده است. همچنین قدر مطلق آن کمتر از یک است. این امر نشان‌دهنده کشش‌ناپذیری تقاضای انرژی نسبت به قیمت در ایران است و با نتایج بسیاری از مطالعات انجام‌شده در ایران مطابقت دارد (آذربایجانی و همکاران (۱۳۸۷)، صدرزاده مقدم و همکاران، (۱۳۹۲) و عزیزی (۱۳۹۷)). افزایش قیمت انرژی به هزینه‌های تولید شرکت‌ها می‌افزاید و بنگاه‌های انرژی‌بر را تحریک می‌کند تا کارایی تولید را از طریق فناوری یا

ابزارهای دیگر بهبود بخشند. اما به دلیل مکانیزم اداری قیمت‌گذاری انرژی در ایران، قیمت انرژی نمی‌تواند منعکس‌کننده عرضه و تقاضا در بازار انرژی باشد و همچنین نمی‌تواند نقش اساسی خود را در تخصیص منابع داشته باشد.

از سوی دیگر براساس یافته‌های این پژوهش متوجه می‌شویم که مقدار کشش قیمت انرژی با توجه به کمیت مصرف انرژی در نظر گرفته شده متفاوت است. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که دوره‌هایی که با مصرف پایین‌تر انرژی همراه بوده است، کشش قیمتی تقاضای انرژی (۰/۰۸- برای چندک نهم) کمتری نسبت به مصرف بالای انرژی دارند (۰/۶۰- برای چندک اول). یافته‌های ما با نتایج مطالعهٔ نسباکن[۱] (۱۹۹۹)، که استدلال می‌کند که کشش قیمت انرژی برای دهک‌های بالای مصرف بیشتر است، مطابقت دارد. مطالعات دیگر شواهدی را ارائه می‌دهند که واکنش به قیمت انرژی با سطح درآمد متفاوت است، اما اتفاق نظری در این مورد وجود ندارد (باکالوگلو و چارلیه[۲]، ۲۰۱۸، شولت و هایندل[۳]، ۲۰۱۷، عزیزی، ۱۳۹۷، زروکی و مقدسی سدهی، ۱۴۰۰).

تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی نیز در همه چندک‌ها مثبت و معنادار بوده است. از پیچیدگی اقتصادی به‌عنوان نماینده‌ای برای اندازه‌گیری نوآوری‌های تکنولوژیکی استفاده گردیده که سبب شده است تقاضای انرژی در ایران افزایش یابد. همان‌طورکه در مبانی نظری اشاره شد بهبود سطح دانش و فناوری تولیدات یک کشور از یک‌سو می‌تواند تقاضای انرژی را به دلیل به‌کارگیری ابزارها و روش‌های جدید کاهش دهد و از سوی دیگر، باعث افزایش رشد اقتصادی و کاهش هم‌زمان هزینه انرژی به دلیل بهره‌وری بالاتر آن شود و درنتیجه مصرف انرژی را افزایش دهد (اثر بازگشتی). مثبت بودن ضرایب مربوط به شاخص پیچیدگی اقتصادی در جدول ۳ بیانگر غلبه اثر بازگشتی در مصرف انرژی است که نشان می‌دهد رشد فناوری منجر به افزایش بیشتر تولید و درنتیجه افزایش مصرف انرژی شده است. همچنین افزایش پیچیدگی اقتصادی به معنای تغییر ساختار اقتصاد و تنوع بخشیدن به تولید از کالاهای اولیه به کالاهای پیچیده‌تر است که تولید بیشتر آن‌ها انرژی‌بر است. ازاین‌رو نتایج این پژوهش تأییدکننده نتایج مطالعات کن و همکاران

---

۱. Nesbakken

۲. Bakaloglou and Charlier

۳. Schulte and Heindl

(۲۰۲۱) و عزیزی (۱۳۹۸) است. جالب است بدانیم طبق نتایج به‌دست آمده براساس روش رگرسیون کوانتایل اثر مثبت پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در چندک‌های بالاتر کمتر است.

٤-١. آزمون برابری شیب

براساس نتایج آزمون ارائه‌شده در جدول، فرضیه برابری ضرایب متغیرهای توضیحی در بین چندک‌ها رد می‌شود. به عبارت دیگر، ضرایب متغیرها بین چندک‌ها برابر نیستند.

جدول ۳. نتایج آزمون برابری شیب

آزمون	Chi-Sq	احتمال
Wald Test	٥٤٨٥٦٠/١	٠/٠٠٠٠

منبع: یافته‌های پژوهش

٤-٢. آزمون متقارن

براساس نتایج آزمون، فرضیه صفر تقارن ضرایب در رگرسیون کوانتایلی در مورد رگرسیون رد می‌شود. همان‌طورکه گفته شد، عدم تقارن توزیع متغیر وابسته، انگیزه اصلی برای تخمین مدل با رگرسیون کوانتایلی است.

جدول ٤. نتایج آزمون تقارن توزیع متغیر وابسته

آزمون	Chi-Sq	احتمال
Wald Test	١٤٩٣١/٣٠	٠/٠٠٠

منبع: یافته‌های پژوهش

۵. نتیجه‌گیری و پیامدهای سیاستی

در این مقاله تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در ایران طی دوره زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۶ در کنار دو متغیر قیمت انرژی و درآمد مورد بررسی قرار گرفته است. برای بررسی دقیق‌تر ضرایب در توزیع کل تقاضای انرژی از روش تخمین کوانتایل استفاده شد. براساس نتایج به دست آمده در رابطه با تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی، ضرایب در همه چندک‌ها مثبت بوده است که نشان‌دهنده برتری اثر بازگشتی بر مصرف انرژی است. با این وجود، ضرایب در مقادیر بالای توزیع کمتر است. این مسأله نشان می‌دهد که اثر مثبت پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در چندک‌های بالاتر کاهنده

است. با توجه به اینکه حرکت به سمت ساختار تولید متنوع‌تر و تولید محصولات فناورانه‌تر در افق برنامه‌ریزی سیاستگذاران قرار دارد، لازم است جهت تأمین انرژی بیشتر مورد نیاز اقداماتی نظیر سرمایه‌گذاری در تولید انرژی‌های جدید صورت پذیرد. کشش تولیدی تقاضای انرژی نیز مثبت و معنادار بوده است و برخلاف پیچیدگی اقتصادی در کمیت‌های بالا، کشش تولید تقاضای انرژی بیشتر است که نشان می‌دهد افزایش تولید با فشار بر منابع انرژی همراه بوده است.

براساس نتایج، ضرایب قیمت در همه چندک‌ها کمتر از یک بود که نشان‌دهنده عدم کشش‌پذیری قیمتی مصرف انرژی است. این موضوع در ایران می‌تواند به دلیل تخصیص یارانه به حامل‌های انرژی و درنتیجه قیمت پایین آن برای سالیان متمادی باشد. کشش کم‌مصرف انرژی نسبت به قیمت نشان می‌دهد که سیاست‌های قیمت‌گذاری نمی‌توانند به‌طور مؤثر بر تقاضای انرژی تأثیر بگذارند. این مشکل در چندک‌هایی که در بالای توزیع مصرف انرژی قرار دارند، بیشتر است زیرا ضرایب به دست آمده در این چندک‌ها کمتر است و بنابراین تأثیر سیاست‌های قیمت‌گذاری در این دوره‌ها کمتر است. درحالی‌که هدف سیاست‌گذاران اغلب کنترل مصرف انرژی در چندک‌های بالای مصرف، یعنی قسمت‌های بالای توزیع تقاضا است. ازاین‌رو، بسیاری از سیاست‌های اقتصادی برای کاهش مصرف انرژی این دوره‌ها را هدف قرار داده است. این مطالعه نشان می‌دهد که سیاست‌های قیمت‌گذاری نقش قابل توجهی در کاهش مصرف انرژی به‌ویژه در این چندک‌ها نداشته است.

۶. تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

۷. سپاسگزاری

از هیئت تحریریه و همکاران مجله اقتصاد انرژی سپاسگزارم.

ORCID

Ali Moridian https://orcid.org/۰۰۰۰-۰۰۰۲-۰۵۳۶-۳۳۶۷

Zahra Azizi https://orcid.org/۰۰۰۰-۰۰۰۲-٤٦٦٩-۳۹٤٤

۸. منابع

آذربایجانی، کریم؛ شریفی، علیمراد و شجاعی، عبدالناصر. (۱۳۸۷). تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی در بخش صنعت کشور. *مجله توسعه و سرمایه*، شماره ۱، صفحات ۷۰-۴۷.

صدرزاده مقدم، سعید؛ صادقی، زین‌العابدین و قدس الهی، احمد. (۱۳۹۲). تخمین تابع تقاضای انرژی و کشش قیمتی و جانشینی نهاده‌ها در بخش صنعت: رگرسیون معادلات به ظاهر نامرتبط. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، دوره ۲، صفحات ۱۲۷-۱۰۷.

عزیزی، زهرا. (۱۳۹۷). پویایی‌های نامتقارن تقاضای انرژی در ایران با توجه به دوران رونق و رکود اقتصادی، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۷(۲۸)، صفحات ۱۳۲-۱۰۵.

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)، صفحات ۱۲۷-۱۰۳.

عزیزی، زهرا. (۱۳۹۸). بررسی نحوه اثرگذاری پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در بخش صنعت. *فصلنامه برنامه‌ریزی و بودجه*، ۲۴(۱)، صفحات ۲۴-۳.

References

Alvarado, R., Tillaguango, B., Dagar, V., Ahmad, M., Işık, C., Méndez, P. and Toledo, E. (۲۰۲۱). *Ecological footprint, economic complexity, and natural resources rents in Latin America: Empirical evidence using quantile regressions*. Journal of Cleaner Production, ۱۲۸۵۸۵.

Azerbaijani, K., Sharifi, A., Shojaee, A. (۲۰۰۸). The Estimation of Compressed Natural Gas (CNG) Application Function in Industry Section of Country. *Journal of Development and Capital*, ۱(۱), ٤٧-٧٠. [In Persian]

Azizi, Z. (۲۰۱۸). Asymmetric Dynamics of Energy Demand in Iran with respect to Economic Boom and Recession. *Iranian Energy Economics*, ۷(۲۸), ۱۰۵-۱۳۲. [In Persian]

Azizi, Z. (۲۰۱۹). The effect of economic complexity on energy consumption in the industrial sector. *The Journal of Planning and Budgeting*, ۲٤(۱), ۳-۲٤. [In Persian]

Azizi, Z. (۲۰۲۰). The Threshold Effect of Economic Complexity on Energy Consumption in Iran Using Smooth Transition Regression Model. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, ۸(۳۲), ۱۰۳-۱۲۷. [In Persian]

Bakaloglou, S. and Charlier, D. (۲۰۱۹). *Energy consumption in the French residential sector: How much do individual preferences matter?* The Energy Journal, ٤٠(۳).

Bera, A. K., Galvao, A. F., Montes-Rojas, G. V and Park, S. Y. (۲۰۱٦). *Asymmetric laplace regression: Maximum likelihood, maximum entropy, and quantile regression.* Journal of Econometric Methods, ٥(۱), ۷۹-۱۰۱.

Binder, M. and Coad, A. (۲۰۱۱). *From Average Joe's happiness to Miserable Jane and Cheerful John: using quantile regressions to analyze the full subjective well-being distribution.* Journal of Economic Behavior & Organization, ۷۹(۳), ۲۷۵-۲۹۰.

Can, M., Ahmad, M. and Khan, Z. (۲۰۲۱). The impact of export composition on environment and energy demand: Evidence from newly industrialized countries. *Environmental Science and Pollution Research*, ۱-۱٤.

Churchill, S. A., Inekwe, J. and Ivanovski, K. (۲۰۲۱). R&D expenditure and energy consumption in OECD nations. *Energy economics*, ۱۰۰, ۱۰۵۳۷٦.

Damette, O., Delacote, P. and Del Lo, G. (۲۰۱۸). *Households' energy consumption and transition toward cleaner energy sources.* Energy Policy, ۱۱۳, ۷۵۱-۷٦٤.

Fang, J., Gozgor, G., Mahalik, M. K., Padhan, H. and Xu, R. (۲۰۲۱). The impact of economic complexity on energy demand in OECD countries. Environmental Science and Pollution Research, ۱-۱۰.

Fang, J., Gozgor, G., Mahalik, M. K., Padhan, H. and Xu, R. (۲۰۲۱). The impact of economic complexity on energy demand in OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, ۲۸, ۳۳۷۷۱-۳۳۷۸۰

Fei, Q. and Rasiah, R. (۲۰۱٤). *Electricity consumption, technological innovation, economic growth and energy prices: does energy export dependency and development levels matter?* Energy Procedia, ٦۱, ۱۱٤۲-۱۱٤۵.

Godil, D. I., Sharif, A., Ali, M. I., Ozturk, I. and Usman, R. (۲۰۲۱). The role of financial development, R & D expenditure, globalization and institutional quality in energy consumption in India: New evidence from the QARDL approach. *Journal of environmental management*, ۲۸۵, ۱۱۲۲۰۸.

Gozgor, G., Lau, C. K. M. and Lu, Z. (۲۰۱۸). *Energy consumption and economic growth: new evidence from the OECD countries.* Energy, ۱۵۳, ۲۷-۳٤. https://doi.org/۱۰.۱۰۱٦/j.energy.۲۰۱۸.۰۳.۱۵۸

Gozgor, G., Mahalik, M. K., Demir, E. and Padhan, H. (۲۰۲۰). *The impact of economic globalization on renewable energy in the OECD countries. Energy Policy*, ۱۳۹, ۱۱۱۳٦۵.

Han, H. and Wu, S. (۲۰۱۸). *Rural residential energy transition and energy consumption intensity in China.* Energy Economics, ۷٤, ۵۲۳-۵۳٤.

Hao, L., Naiman, D.Q. and Naiman, D. Q., ۲۰۰۷. Quantile regression (No. ۱٤۹). *Sage*.

Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M. and Simoes, A. (۲۰۱٤). The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity. Mit Press.

Heckman, J. J. (۱۹۷۹). *Sample selection bias as a specification error.* Econometrica: Journal of the Econometric Society, ۱۵۳-۱۶۱.

Hidalgo, C. A. and Hausmann, R. (۲۰۰۹). *The building blocks of economic complexity.* Proceedings of the National Academy of Sciences, ۱۰۶(۲۶), ۱۰۵۷۰-۱۰۵۷۵.

Jacobsen, D. M. (۲۰۰۰). *Examining technology adoption patterns by faculty in higher education. Proceedings of ACEC ۲۰۰۰: Learning Technologies, Teaching and the Future of Schools*, ۶-۹.

Jacobsen, H. K. (۲۰۰۱). *Technological progress and long-term energy demand—a survey of recent approaches and a Danish case.* Energy Policy, ۲۹(۲), ۱۴۷-۱۵۷.

Jin, L., Duan, K. and Tang, X. (۲۰۱۸). *What is the relationship between technological innovation and energy consumption? Empirical analysis based on provincial panel data from China.* Sustainability, ۱۰(۱), ۱۴۵.

Jorgenson, D. W. and Fraumeni, B. M. (۱۹۸۱). *Relative Prices and Technical Change: Modeling and Measuring Natural Resources Substitution.* E. Berndt y B. Field (Eds.).

Khan, G., Ahmed, A. M. and Kiani, A. (۲۰۱۶). *Dynamics of energy consumption, technological innovations and economic growth in Pakistan.* Journal of Business & Economics, ۸(۱), ۱.

Khan, M. A. and Ahmad, U. (۲۰۰۸). *Energy demand in Pakistan: a disaggregate analysis.* The Pakistan Development Review, ۴۳۱-۴۵۵.

Koenker, R. (۲۰۰۴). *Quantile regression for longitudinal data.* Journal of Multivariate Analysis, ۹۱(۱), ۷۴-۸۹.

Koenker, R. and Bassett, G. (۱۹۸۲). *Tests of linear hypotheses and l" ۱ estimation.* Econometrica: Journal of the Econometric Society, ۱۵۷۷-۱۵۸۳.

Koenker, R. and Hallock, K. F. (۲۰۰۱). *Quantile regression.* Journal of Economic Perspectives, ۱۵*(۴)*, ۱۴۳-۱۵۶.

Koenker, R. W. and d'Orey, V. (۱۹۸۷). *Algorithm AS ۲۲۹: Computing regression quantiles.* Applied Statistics, ۳۸۳-۳۹۳.

Labandeira, X., Labeaga, J. M. and López-Otero, X. (۲۰۱۷). *A meta-analysis on the price elasticity of energy demand.* Energy Policy, ۱۰۲, ۵۴۹-۵۶۸.

Ladu, M. G. and Meleddu, M. (۲۰۱۴). *Is there any relationship between energy and TFP (total factor productivity)? A panel cointegration approach for Italian regions.* Energy, ۷۵, ۵۶۰-۵۶۷.

Laverde-Rojas, H., Guevara-Fletcher, D. A. and Camacho-Murillo, A. (۲۰۲۱). *Economic growth, economic complexity, and carbon dioxide emissions: The case of Colombia.* Heliyon, e۰۷۱۸۸.

Levin, J. (۲۰۰۱). Globalizing the community college: Strategies for change in the twenty-first century. *Springer.*

Li, K. and Lin, B. (۲۰۱۴). *The nonlinear impacts of industrial structure on China's energy intensity.* Energy, ۶۹, ۲۵۸-۲۶۵.

Lin, B. and Du, K. (۲۰۱۵). *Measuring energy rebound effect in the Chinese economy: an economic accounting approach.* Energy Economics, ۵۰, ۹۶-۱۰٤.

Liu, H., Liang, S. and Cui, Q. (۲۰۲۱). *The Nexus between Economic Complexity and Energy Consumption under the Context of Sustainable Environment: Evidence from the LMC Countries.* International Journal of Environmental Research and Public Health, ۱۸(۱), ۱۲٤.

Murad, M. W., Alam, M. M., Noman, A. H. M. and Ozturk, I. (۲۰۱۹). *Dynamics of technological innovation, energy consumption, energy price and economic growth in Denmark.* Environmental Progress & Sustainable Energy, ۳۸(۱), ۲۲-۲۹.

Nawaz, K., Lahiani, A. and Roubaud, D. (۲۰۲۰). Do natural resources determine energy consumption in Pakistan? The importance of quantile asymmetries. *The Quarterly Review of Economics and Finance*

Neagu, O. and Teodoru, M. C. (۲۰۱۹*). The relationship between economic complexity, energy consumption structure and greenhouse gas emission: Heterogeneous panel evidence from the EU countries.* Sustainability, ۱۱(۲), ٤۹۷.

Nesbakken, R. (۱۹۹۹). *Price sensitivity of residential energy consumption in Norway.* Energy Economics, ۲۱(٦), ٤۹۳-۵۱۵.

Newey, W. K. and Powell, J. L. (۱۹۸۷). *Asymmetric least squares estimation and testing.* Econometrica: Journal of the Econometric Society, ۸۱۹-۸٤۷.

Nie, H., Kemp, R., Xu, J., Vasseur, V. and Fan, Y. (۲۰۱۸). *Drivers of urban and rural residential energy consumption in China from the perspectives of climate and economic effects.* Journal of Cleaner Production, ۱۷۲, ۲۹۵٤-۲۹٦۳.

Oryani, B., Koo, Y., Rezania, S., Shafiee, A., Khan, M. K. and Mahdavian, S. M. (۲۰۲۱). *The Role of Electricity Mix and Transportation Sector in Designing a Green-Growth Strategy in Iran.* Energy, ۱۲۱۱۷۸.

Paramati, S. R., Alam, M. S., Hammoudeh, S. and Hafeez, K. (۲۰۲۰). *Long-run relationship between R&D investment and environmental sustainability: Evidence from the European Union member countries.* International Journal of Finance & Economics.

Pata, U. K. (۲۰۲۱). *Renewable and non-renewable energy consumption, economic complexity, CO ۲ emissions, and ecological footprint in the USA: testing the EKC hypothesis with a structural break.* Environmental Science and PollutionResearch, ۲۸(۱), ۸٤٦-۸٦۱.

Rafique, M. Z., Doğan, B., Husain, S., Huang, S. and Shahzad, U. (۲۰۲۱). *Role of economic complexity to induce renewable energy: contextual evidence from G۷ and E۷ countries.* International Journal of Green Energy, ۱۸(۷), ۷٤۵-۷۵٤.

Sadorsky, P. (۲۰۰۹). *Renewable energy consumption, CO۲ emissions, and oil prices in the G۷ countries*. Energy Economics, ۳۱(۳), ٤٥٦-٤٦٢.

Sadrzadeh Mogadam, S., Sadeghi, Z. and Quds Elahi, A. (۲۰۱۳). Estimated Energy Demand Function and Substitution Elasticity between Inputs in Industry Section: Seemingly Unrelated Regression Estimation. *Iranian Energy Economics*, ۲(٦), ۱۰۷-۱۲۷. [In Persian]

Shahzad, U., Fareed, Z., Shahzad, F. and Shahzad, K. (۲۰۲۱). *Investigating the nexus between economic complexity, energy consumption and ecological footprint for the United States: New insights from quantile methods.* Journal of Cleaner Production, ۲۷۹, ۱۲۳۸۰٦.

Uzar, U. (۲۰۲۰). *Political economy of renewable energy: Does institutional quality make a difference in renewable energy consumption?* Renewable Energy, ۱٥٥, ٥۹۱-٦۰۳.

W. S. Jevons. (۱۸٦٥) ۱۸٦٦. *Chapters ۱ and ۲ in The coal question: An enquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines, ۲nd ed., ۱-٦, ۱٥-۱۷, ۲۸-۳٥. London: Macmillan*

Wang, Q., Su, M., Li, R. and Ponce, P. (۲۰۱۹). *The effects of energy prices, urbanization, and economic growth on energy consumption per capita in ۱۸٦ countries*. Journal of Cleaner Production, ۲۲٥, ۱۰۱۷-۱۰۳۲.

Yuan, C., Liu, S. and Wu, J. (۲۰۰۹). *Research on energy-saving effect of technological progress based on Cobb-Douglas production function.* Energy Policy, ۳۷(۸), ۲۸٤۲-۲۸٤٦.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

استناد به این مقاله: مریدیان، علی؛ عزیزی، زهرا. (۱۴۰۱). پیچیدگی اقتصادی چه تأثیری بر تقاضای انرژی در ایران دارد؟ شواهد جدید از مدل رگرسیون کوانتایل، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۴۵ (۱۲)، ۱۲۱-۱۴۳.

Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial ۴.۰ International License.