

The Threshold Effects of Energy Subsidies on the Relationship between Government Policies in the Energy Sector and Economic Complexity Emphasizing the uncertainty of economic policy

Mohsen Raji Asadabadi

Affiliated PhD student, Department of Economics, SHI.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Email: mohsen.rajiasadabadi@iau.ac.ir

 0000-0001-8344-0025

Jalil Khodaparast Shirazi

Assistant Professor, Department of Economics, SHI.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Email: Jkshirazi@iaushiraz.ac.ir

 0000-0002-9147-4441

Hashem Zare

Associate Professor, Department of Economics, SHI.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Email: Hashem.zare@iau.ac.ir

 0000-0002-4141-0589

Mehrzaad Ebrahimi

Assistant Professor, Department of Economics, SHI.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Email: ebrahimi46@iau.ac.ir

 0000-0002-0986-509X

Abstract

Energy policies, particularly subsidies on energy carriers, are often employed as costly instruments for economic and social support in oil-export-dependent economies. This study investigates the nonlinear and threshold effects of energy subsidies on economic complexity in eight OPEC member countries from 2000 to 2023, emphasizing the moderating role of Economic Policy Uncertainty (EPU). Utilizing a Panel Smooth Transition Regression (PSTR) model, which captures smooth transitions between different regimes, we identify an optimal subsidy threshold of approximately 0.96 units, confirming an inverted U-shaped relationship. The estimated coefficients reveal a dual policy pattern: on one hand, energy subsidies (beyond the threshold) and EPU exert significant negative effects on economic complexity. On the other hand, energy sector productivity (coefficient: 0.036), financial development (coefficient: 0.394), and information and communication technology (coefficient: 0.140) in the baseline regime show significant positive coefficients, acting as enhancers of economic complexity. These findings underscore the necessity of a policy shift from untargeted energy subsidies toward stabilizing the macroeconomic environment, improving energy efficiency, and strengthening financial and digital institutions to foster a more complex and diversified economic structure in OPEC countries.

Keywords: Energy Subsidy, Economic Complexity, Economic Policy Uncertainty (EPU), PSTR Model, OPEC

JEL Classification: C24 .E52 .G12

Extended Abstract

Introduction

Economic complexity, which reflects a nation's productive capabilities and knowledge base, is a critical determinant of sustainable development and resilience against commodity price shocks. For member countries of the Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC), characterized by high dependence on oil revenues, transitioning towards a more complex economic structure is a paramount strategic objective. In this context, energy subsidies (a prevalent policy tool in these economies) present a paradoxical challenge. While designed to provide social support and industrial competitiveness, theoretical and empirical evidence suggests that persistent and untargeted energy subsidies can distort price signals, encourage inefficient energy consumption, and ultimately hinder the development of sophisticated, non-resource sectors. This study posits that this relationship is not linear but is subject to a threshold effect, wherein the impact of subsidies turns from potentially benign to detrimental beyond an optimal level. Furthermore, the pervasive Economic Policy Uncertainty (EPU) in these economies is hypothesized to act as a significant moderating factor, potentially exacerbating the negative consequences of subsidy policies. This research aims to empirically investigate these nonlinear dynamics and the moderating role of EPU, addressing a notable gap in the literature focused on OPEC countries.

Methods

We employ an advanced nonlinear econometric framework, the Panel Smooth Transition Regression (PSTR) model, on a balanced panel dataset encompassing eight OPEC countries (Iran, Algeria, Kuwait, Libya, Nigeria, Saudi Arabia, United Arab Emirates, and Venezuela) over the period 2000–2023. The PSTR model is uniquely suited for this analysis as it allows regression coefficients to change smoothly as a function of a threshold variable, here specified as the level of energy subsidies (EF). The dependent variable is the Economic Complexity Index (ECI). Key explanatory variables include the constructed Economic Policy Uncertainty (EPU) index (derived via Principal Component Analysis on monetary and fiscal policy variables), energy sector productivity (PRO), financial development (FD), and Information and Communication Technology (ICT) development, among other controls. The model specification tests for the existence of a single optimal threshold, estimating coefficients for low-subsidy and high-subsidy regimes separately, while integrating EPU both as a direct determinant and a moderator of other relationships.

Results

The empirical analysis yields three core findings. First, the linearity hypothesis is strongly rejected, confirming the necessity of a nonlinear approach. The PSTR model identifies a statistically significant optimal threshold for energy subsidies at 0.964 units. This confirms an inverted U-shaped relationship between subsidies and economic complexity. Second, the results reveal a dual-regime pattern. In the low-subsidy regime (below the threshold), factors such as energy productivity, financial development, and ICT exhibit strong positive effects on complexity. In the high-subsidy regime (above the threshold), the negative marginal effect of subsidies intensifies, and, crucially, the positive impact of financial development and ICT is significantly attenuated. This indicates that excessive

subsidies not only directly harm complexity but also cripple the effectiveness of other vital development drivers. Third, EPU exerts a direct, negative, and statistically significant effect on complexity in both regimes. Its persistent negative coefficient in the high-subsidy regime suggests it acts as a moderator that reinforces the detrimental ecosystem created by inefficient subsidies, likely by steering investment away from long-term, complex activities.

Conclusion

This study provides robust evidence that the relationship between energy subsidies and economic complexity in OPEC countries is fundamentally nonlinear and threshold-dependent. Policymakers must recognize that subsidy levels beyond the identified optimal point (~0.96 units) initiate a counterproductive "high-subsidy regime" that undermines the very foundations of economic diversification. The findings underscore an urgent need for a dual-policy shift: (1) A transition from blanket energy subsidies to a targeted, smart subsidy framework that respects the identified quantitative limit and reallocates savings towards investments in energy efficiency, human capital, and direct social transfers; and (2) A concerted effort to enhance macroeconomic stability and policy predictability to reduce EPU, thereby creating an environment where investments in complex, productive sectors can flourish. The integrated application of these measures is essential for OPEC economies to successfully navigate a path towards higher economic complexity and reduced vulnerability to oil market volatilities.

Funding

There is no funding support.

Conflicts of Interest Authors

The authors declare no conflict of interest.

Authors' Contribution

The authors contributed to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to the journal officials and referee.



اثرات آستانه‌ای یارانه انرژی بر رابطه بین سیاست‌های دولت در بخش انرژی و پیچیدگی اقتصادی با تأکید بر عدم قطعیت سیاست اقتصادی

محسن راجی اسدآبادی

دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

E Email: mohsen.rajiasadabdi@iau.ac.ir

0000-0001-8344-0025

جلیل خدایرست شیرازی

استادیار گروه اقتصاد، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران (نویسنده مسئول)

Email: Jkshirazi@iaushiraz.ac.ir

0000-0002-9147-4441

هاشم زارع

دانشیار گروه اقتصاد، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

Email: Hashem.zare@iau.ac.ir

0000-0002-4141-0589

مهرزاد ابراهیمی

دانشیار گروه اقتصاد، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

Email: ebrahimi46@iau.ac.ir

0000-0002-0986-509X

چکیده

اغلب به‌عنوان ابزاری پرهزینه برای حمایت‌های اقتصادی و اجتماعی به‌کار می‌روند. این پژوهش با هدف واکاوی رابطه غیرخطی و آستانه‌ای میان یارانه انرژی و پیچیدگی اقتصادی در هشت کشور عضو اوپک طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۲۳ انجام شده است. در این راستا، از مدل رگرسیون انتقال ملایم پانلی (PSTR) استفاده شده که توانایی شناسایی تغییرات تدریجی بین رژیم‌های مختلف را دارا است. عدم قطعیت سیاست اقتصادی (EPU) نیز به‌عنوان یک عامل تعدیلگر کلیدی در این ارتباط مورد توجه قرار گرفته است. یافته‌های تحقیق، وجود یک آستانه پهنه (۰/۹۶) واحد را برای یارانه انرژی تأیید می‌کنند، به‌طوری‌که رابطه این متغیر با پیچیدگی اقتصادی به شکل U معکوس است. ضرایب برآوردشده در مدل، یک الگوی دوگانه سیاستی را آشکار می‌سازد؛ از یک‌سو، یارانه انرژی (در سطوح فراتر از آستانه) و عدم قطعیت سیاست اقتصادی با ضرایب منفی و معنادار، پیچیدگی اقتصادی را کاهش می‌دهند. از سوی دیگر، بهره‌وری بخش انرژی (ضریب: ۰/۰۳۶)، توسعه مالی (ضریب: ۰/۳۹۴) و فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) (ضریب: ۰/۱۴۰) در رژیم پایه، با ضرایب مثبت و معنادار به‌عنوان عوامل تقویت‌کننده پیچیدگی اقتصادی عمل می‌کنند. این نتایج، لزوم چرخش سیاستی از حمایت‌های غیرهدفمند یارانه‌ای به سمت ثبات‌بخشی به محیط کلان اقتصادی، ارتقای بهره‌وری انرژی و توسعه نهادهای مالی و دیجیتال را برای دستیابی به اقتصادی پیچیده‌تر و متنوع‌تر در کشورهای عضو اوپک نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: یارانه انرژی، سیاست‌های دولت، پیچیدگی اقتصادی، عدم قطعیت سیاست اقتصادی (EPU)، مدل PSTR، کشورهای عضو اوپک

طبقه‌بندی JEL: G12, E52, C24

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ♦ مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری / فصلنامه پژوهش‌های برنامه و توسعه

doi 10.22034/pbr.2026.556559.1594

<https://www.journaldfrc.ir>/E-ISSN: 2717-0365



صحت مطالب بر عهده نویسنده مقاله است و الزاماً بیانگر دیدگاه مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری نیست.



۱. مقدمه

پیچیدگی اقتصادی به‌عنوان شاخصی کلیدی که توانایی تولید و صادرات کالاهای متنوع و دانش‌بنیان را در یک اقتصاد اندازه‌گیری می‌کند، نقشی تعیین‌کننده در دستیابی به رشد پایدار و کاهش آسیب‌پذیری در برابر شوک‌های خارجی ایفا می‌نماید (هایدالگو و هاسمن، ۲۰۰۹). برای کشورهای عضو اوپک که ساختار اقتصادی آن‌ها به‌شدت به درآمدهای حاصل از صادرات نفت وابسته است، حرکت به سمت اقتصادی با پیچیدگی بالاتر نه تنها یک انتخاب، بلکه یک ضرورت استراتژیک برای خروج از چرخه معیوب وابستگی به منابع و ایجاد ظرفیت‌های تولیدی مولد و رقابت‌پذیر محسوب می‌شود (هرتزن و همکاران، ۲۰۱۷؛ میرزایی و همکاران، ۱۴۰۲). در این مسیر، سیاست‌های دولت در بخش انرژی، به‌ویژه سیاست پرداخت یارانه به حامل‌های انرژی، به‌عنوان یکی از مؤثرترین و درعین‌حال چالش‌برانگیزترین ابزارهای تأثیرگذار بر ساختار تولید و الگوی تخصیص منابع شناخته می‌شود (چهرقانی و همکاران، ۱۴۰۴).

سیاست‌های دولت در حوزه انرژی نقش مهمی در تعیین مسیر توسعه اقتصادی و بهبود بهره‌وری ایفا می‌کنند و تأثیرات آن بر پیچیدگی اقتصادی کشورها به‌ویژه در میان اعضای اوپک قابل توجه است (رحیم‌زاده، ۱۴۰۳). کشورهای عضو اوپک، به‌دلیل وابستگی شدید به صادرات نفت و گاز، با چالش‌های متعددی در زمینه مدیریت منابع و تنوع‌بخشی به اقتصاد مواجه هستند (چهرقانی و همکاران، ۱۴۰۴). بهره‌وری انرژی نه تنها بر کارایی بخش‌های مختلف اقتصادی تأثیر می‌گذارد، بلکه موجب ارتقای توان رقابتی و افزایش ظرفیت تولید محصولات پیچیده می‌شود. از سوی دیگر، سیاست‌های نادرست یا کوتاه‌مدت دولت در بخش انرژی می‌تواند وابستگی به منابع نفتی را تشدید کرده و مانع توسعه صنایع با ارزش افزوده بالا شود (دادگر و همکاران، ۱۴۰۲). این وضعیت به‌ویژه در کشورهای با ساختار اقتصادی تک‌محصولی که سهم نفت در تولید ناخالص داخلی و صادرات بسیار بالاست، شدت بیشتری دارد و پیچیدگی اقتصادی محدود به کالاهای اولیه می‌ماند (سلیمی و همکاران، ۱۴۰۲).

یارانه انرژی در کوتاه‌مدت و در سطوح پایین، ممکن است با کاهش هزینه‌های تولید، فضای لازم برای رشد فعالیت‌های اقتصادی اولیه و توسعه برخی صنایع را فراهم آورد (جهان‌بخش و رضایی، ۱۴۰۲). با این حال، تداوم و گسترش این یارانه‌ها در بلندمدت، اثرات منفی و مخربی را بر ساختار اقتصاد به همراه دارد. از یک سو، این سیاست با ایجاد اختلال در سامانه قیمت‌های نسبی، سبب تخصیص ناکارای منابع به سمت فعالیت‌های انرژی‌بر و کم‌بهره می‌گردد (کودی و همکاران، ۲۰۱۹). از سوی دیگر، با کاهش انگیزه بنگاه‌ها برای نوآوری، افزایش بهره‌وری و حرکت به سمت فناوری‌های پیشرفته، مانع

اصلی بر سر راه توسعه تولیدات با ارزش افزوده بالا و دانش‌محور ایجاد می‌کند (لین و شو، ۲۰۲۲). در اقتصادهای نفتی، این اثرات منفی با در دسترس بودن درآمدهای حاصل از فروش نفت تشدید شده و امکان تداوم سیاست‌های یارانه‌ای ناکارا را برای مدت‌زمان طولانی فراهم می‌سازد که در نهایت به قفل شدن اقتصاد در وضعیت وابستگی به منابع و پیچیدگی اقتصادی پایین منجر می‌گردد (عارف‌نیا و کریمی، ۱۴۰۱).

بهره‌وری انرژی به معنای استفاده مؤثرتر از منابع انرژی برای تولید کالاها و خدمات است و بهبود آن مستلزم سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین، اصلاح ساختار مصرف انرژی و ایجاد انگیزه‌های اقتصادی برای کاهش هدررفت انرژی است (مریدیان و عزیزی، ۱۴۰۱). دولت‌ها می‌توانند با سیاست‌های تشویقی مانند یارانه‌های هدفمند، مالیات بر مصرف انرژی و حمایت از پژوهش‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، زمینه افزایش بهره‌وری را فراهم کنند (محمدی و همکاران، ۱۴۰۳). بهبود بهره‌وری انرژی در سطح ملی باعث کاهش هزینه تولید، افزایش توان صادراتی و ایجاد فضای مناسب برای توسعه صنایع پیچیده می‌شود. در کشورهای عضو اوپک که بخش بزرگی از درآمدهای دولت از محل نفت تأمین می‌شود، اجرای سیاست‌های بهینه انرژی می‌تواند باعث کاهش وابستگی به درآمدهای نفتی و افزایش تنوع تولید گردد (سپهوند و همکاران، ۱۴۰۰).

علاوه بر چالش مستقیم یارانه‌های انرژی، محیط کلان اقتصادی کشورهای نفتی و در حال توسعه همواره با درجاتی از عدم قطعیت در سیاست‌های اقتصادی مواجه است. شاخص عدم قطعیت سیاست اقتصادی که نوسانات پیش‌بینی‌ناپذیر در سیاست‌های پولی، مالی و مقرراتی را اندازه‌گیری می‌کند، می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری و فعالیت‌های اقتصادی داشته باشد (بیکر و همکاران، ۲۰۱۶). براساس مبانی نظری، در محیط‌های با عدم قطعیت بالا، بنگاه‌ها تمایل دارند سرمایه‌گذاری در پروژه‌های جدید، ریسک‌پذیر و بلندمدت - که دقیقاً همان نوع سرمایه‌گذاری‌های لازم برای توسعه فعالیت‌های پیچیده اقتصادی است - را به تعویق اندازند (بلوم، ۲۰۱۴). بنابراین، عدم قطعیت سیاستی نه تنها می‌تواند به طور مستقیم بر سطح پیچیدگی اقتصادی تأثیر منفی بگذارد، بلکه ممکن است به عنوان یک عامل تعدیلگر، رابطه بین یارانه انرژی و پیچیدگی اقتصادی را نیز تحت تأثیر قرار دهد. به عبارت دیگر، در شرایطی که عدم قطعیت سیاستی بالا است، احتمالاً اثرات مخرب یارانه‌های انرژی بر تخصیص منابع و سرکوب نوآوری تشدید شده و در نتیجه، مانع بزرگ‌تری در مسیر افزایش پیچیدگی اقتصادی ایجاد می‌نماید. با این وجود، این نقش تعدیل‌گری در ادبیات موجود کمتر مورد کاوش تجربی قرار گرفته است (محمودی و صفری، ۱۴۰۲).

مروار مطالعات پیشین نشان می‌دهد که اگرچه رابطه بین متغیرهای انرژی و شاخص‌های اقتصادی گسترده مورد بررسی قرار گرفته، اما سه شکاف مهم پژوهشی قابل شناسایی است. نخست، بسیاری از مطالعات رابطه بین یارانه انرژی و پیامدهای اقتصادی را به صورت خطی فرض کرده‌اند (برای مثال، محمودی و صفری، ۱۴۰۲؛ براون و همکاران، ۲۰۲۳). این در حالی است که شواهد نظری و مشاهداتی نشان می‌دهد این رابطه می‌تواند ماهیتی غیرخطی و آستانه‌ای داشته باشد، به طوری که پس از عبور از یک سطح بحرانی، جهت اثر آن معکوس گردد (ویلس و همکاران، ۲۰۲۴). دوم، همان گونه که اشاره شد، نقش عدم قطعیت سیاست اقتصادی عمدتاً به عنوان یک عامل تأثیرگذار مستقل در نظر گرفته شده و تعامل آن با سیاست‌های یارانه‌ای (یعنی نقش تعدیل‌گری) کمتر مورد توجه بوده است. سوم، تمرکز هم‌زمان بر نمونه همگن کشورهای عضو اوپک با به کارگیری روش‌های اقتصادسنجی پیشرفته مناسب برای شناسایی روابط غیرخطی، در مطالعات معدودی مشاهده می‌شود. این در حالی است که مطالعات جدید نشان می‌دهد اثر سیاست‌های انرژی در اقتصادهای نفتی تا حد زیادی به سطح توسعه نهادی، درجه تنوع بخشی و کیفیت حکمرانی وابسته است (میرزایی و همکاران، ۱۴۰۲). در راستای پر کردن خلأهای پژوهشی فوق، پرسش اصلی این پژوهش آن است که آیا رابطه بین یارانه انرژی و پیچیدگی اقتصادی در کشورهای عضو اوپک غیرخطی و تابع یک اثر آستانه‌ای است؟ و عدم قطعیت سیاست اقتصادی چگونه این رابطه را تعدیل می‌کند؟ هدف اصلی این مطالعه، آزمون تجربی وجود رابطه آستانه‌ای (غیرخطی) بین یارانه انرژی و پیچیدگی اقتصادی و تبیین نقش تعدیل‌گری عدم قطعیت سیاستی در این رابطه، با تمرکز بر هشت کشور عضو اوپک طی دوره ۲۰۲۳-۲۰۰۰ است.

نوآوری این تحقیق در سه محور قابل تشریح است: نخست، از منظر روش‌شناختی، با استفاده از مدل رگرسیون انتقال ملایم پانلی که قابلیت شناسایی آستانه بهینه و تغییرات تدریجی بین رژیم‌های متفاوت (مانند رژیم‌های یارانه پایین و بالا) را دارد. این مدل امکان بررسی رفتار متغیرها در سطوح مختلف یارانه را فراهم می‌آورد که در مدل‌های خطی مرسوم میسر نیست؛ دوم، از منظر مفهومی، با ادغام شاخص عدم قطعیت سیاستی در کانون تحلیل به عنوان یک سازوکار تعدیلگر که می‌تواند رابطه بنیادی بین یارانه و پیچیدگی را تغییر دهد. این رویکرد، درک جامع‌تری از شرایطی که سیاست‌های یارانه‌ای می‌توانند پیامدهای مثبت یا منفی داشته باشند، ارائه می‌دهد؛ سوم، از منظر سیاستی، با تمرکز بر نمونه همگن کشورهای عضو اوپک و استفاده از داده‌های به روز، یافته‌ها و توصیه‌های این مطالعه را برای سیاست‌گذاران این کشورها بسیار هدفمند و کاربردی می‌سازد. این پژوهش می‌تواند مبنای علمی مناسبی برای طراحی سیاست‌های انرژی کارآمد در راستای افزایش پیچیدگی اقتصادی و

کاهش وابستگی به درآمدهای نفتی فراهم آورد.

ساختار این مقاله به این ترتیب است: پس از مقدمه، در بخش دوم مبانی نظری مرتبط و کانال‌های اثرگذاری متغیرهای کلیدی تشریح می‌شود. بخش سوم به مروری بر ادبیات تحقیق و در بخش چهارم به روش‌شناسی تحقیق، شامل معرفی مدل، متغیرها و روش برآورد اختصاص دارد. بخش پنجم یافته‌های پژوهش و تحلیل نتایج را ارائه می‌دهد. سرانجام، بخش ششم به نتیجه‌گیری و پیشنهادها و سیاستی می‌پردازد.

۲. مبانی نظری پژوهش

پیچیدگی اقتصادی مفهومی است که توانایی یک کشور در تولید و صادرات کالاهای متنوع و با ارزش افزوده بالا را نشان می‌دهد و بازتابی از دانش، فناوری و مهارت‌های جمعی جامعه اقتصادی است (المصری و همکاران، ۱۲۰۲۵). این شاخص که در این پژوهش به عنوان متغیر وابسته مورد بررسی قرار می‌گیرد، نه تنها میزان تنوع کالاهای صادراتی، بلکه دشواری تولید آن‌ها را نیز اندازه‌گیری می‌کند. دستیابی به سطوح بالاتر پیچیدگی اقتصادی مستلزم انباشت قابلیت‌های تولیدی و نهادی است و مسیر توسعه اقتصادی را تعیین می‌نماید (هایدالگو و هاسمن^۱، ۲۰۰۹). برای کشورهای عضو اوپک که وابستگی شدیدی به صادرات نفت دارند، افزایش پیچیدگی اقتصادی یک ضرورت استراتژیک محسوب می‌شود، چراکه موجب کاهش آسیب‌پذیری در برابر نوسانات قیمت جهانی نفت، ایجاد اشتغال پایدار و هدایت اقتصاد به سمت رشد مبتنی بر دانش و نوآوری می‌گردد (هرتزمان و همکاران^۲، ۲۰۱۷). عوامل کلیدی مؤثر بر ارتقای این شاخص عبارت‌اند از: سرمایه انسانی متخصص، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، توسعه مالی، زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، و کیفیت نهادهای حاکمیتی (احمد و همکاران، ۱۴۰۴). سیاست‌های دولت در بخش انرژی، از جمله پرداخت یارانه به حامل‌های انرژی، نقش حیاتی در شکل‌دهی به ساختار تولید و الگوی تخصیص منابع دارند (لئو و همکاران، ۲۰۲۵). یارانه انرژی به عنوان یکی از پُرکاربردترین ابزارهای مداخله‌گرایانه در اقتصادهای نفتی، می‌تواند از دو کانال نظری متضاد بر پیچیدگی اقتصادی تأثیر بگذارد. از یک سو، در کوتاه‌مدت و در سطوح پایین، این یارانه با کاهش هزینه‌های تولید می‌تواند فضای تنفسی برای فعالیت و سرمایه‌گذاری اولیه در برخی صنایع

1. Al-Masri et al.

2. Hidalgo & Hausmann

3. Hartmann et al.

فراهم کند (جهان‌بخش و رضایی، ۱۴۰۲). از سوی دیگر، در بلندمدت و با تداوم و گسترش آن، این سیاست با ایجاد اختلال در نظام قیمت‌های نسبی، دو اثر منفی عمده به دنبال دارد: نخست، تخصیص ناکارای منابع به سمت فعالیت‌های انرژی‌بر و اغلب کم‌فناوری که از مزیت قیمت مصنوعی انرژی بهره می‌برند (لین و شو، ۲۰۲۲). دوم، تضعیف انگیزه بنگاه‌ها برای نوآوری و ارتقای بهره‌وری انرژی، زیرا فشار هزینه‌ای برای بهینه‌سازی مصرف از بین می‌رود (کودی و همکاران^۱، ۲۰۱۹). در اقتصادهای متکی به درآمد نفت، در دسترس بودن منابع مالی برای پرداخت یارانه، خطر تداوم این سیاست‌های ناکارا و قفل شدن اقتصاد در یک ساختار کم‌پیچیدگی را افزایش می‌دهد (عارف‌نیا و کریمی، ۱۴۰۱).

ترکیب این دو کانال متضاد، پایه نظری رابطه غیرخطی و آستانه‌ای بین یارانه انرژی و پیچیدگی اقتصادی را تشکیل می‌دهد. انتظار نظری بر این است که این رابطه به شکل U معکوس باشد؛ بدین معنی که تا یک سطح آستانه بهینه، اثرات کانال کوتاه‌مدت ممکن است غلبه داشته باشد، اما پس از عبور از این آستانه، آثار مخرب بلندمدت (تخصیص ناکارا و کاهش نوآوری) تشدید شده و رابطه معکوس می‌گردد (ویلس و همکاران^۲، ۲۰۲۴). این تبیین، ضرورت به‌کارگیری روش‌های اقتصادسنجی غیرخطی، مانند مدل رگرسیون انتقال ملایم پانلی (PSTR)، برای کشف آستانه و بررسی رفتار متغیرها در رژیم‌های متفاوت را توجیه می‌نماید.

کارایی هر سیاست اقتصادی، ازجمله یارانه انرژی، تا حد زیادی به ثبات محیط کلان اقتصادی وابسته است. در کشورهای نفتی، شاخص عدم قطعیت سیاست اقتصادی (EPU) که نوسانات پیش‌بینی‌ناپذیر در سیاست‌های پولی، مالی و مقرراتی را اندازه می‌گیرد، معمولاً در سطح بالایی قرار دارد (بیکر و همکاران^۳، ۲۰۱۶). بر مبنای تئوری گزینه‌های واقعی، در محیط‌های پُرریسک و نامطمئن، بنگاه‌ها ترجیح می‌دهند سرمایه‌گذاری در پروژه‌های سرمایه‌بر، بلندمدت و برگشت‌ناپذیر که ویژگی ذاتی فعالیت‌های پیچیده و دانش‌بنیان است را به تعویق بیندازند (بلوم^۴، ۲۰۱۴).

در چهارچوب این پژوهش، EPU صرفاً یک متغیر کنترلی نیست، بلکه به‌عنوان یک متغیر تعدیلگر کلیدی در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند رابطه بنیادی بین یارانه انرژی و پیچیدگی اقتصادی را تغییر دهد. انتظار می‌رود سطح بالای EPU از دو طریق این رابطه را تعدیل نماید: نخست، تضعیف آثار بالقوه مثبت یارانه در سطوح پایین، زیرا عدم اطمینان، انگیزه بنگاه‌ها برای استفاده از فرصت کاهش هزینه

-
1. Coady et al.
 2. Wills et al.
 3. Baker et al
 4. Bloom

در جهت سرمایه‌گذاری مولد و ریسک‌پذیر را کاهش می‌دهد و دوم، تشدید آثار منفی یارانه در سطوح بالا، زیرا در شرایط بی‌ثباتی، منابع بیشتر به سمت فعالیت‌های کوتاه‌مدت، کم‌ریسک و رانتی که عمدتاً کم‌پیچیدگی هستند سوق داده می‌شوند. بنابراین، EPU می‌تواند هم نقطه آستانه و هم شدت اثر رابطه غیرخطی یارانه و پیچیدگی را تحت تأثیر قرار دهد (محمودی و صفری، ۱۴۰۲). با ترکیب مبانی فوق، چهارچوب نظری این پژوهش ترسیم می‌گردد که در آن پیچیدگی اقتصادی تابعی از سطح یارانه انرژی در نظر گرفته می‌شود، با این ویژگی که این رابطه غیرخطی و دارای آستانه است. متغیر عدم قطعیت سیاست اقتصادی (EPU) نیز به عنوان یک عامل تعاملی و تعدیلگر، بر چگونگی این ارتباط تأثیر می‌گذارد. این چهارچوب، خلأ پژوهشی شناسایی شده در مرور ادبیات یعنی بررسی هم‌زمان رفتار آستانه‌ای یارانه انرژی و نقش تعدیل‌گری EPU در نمونه همگن کشورهای نفتی را پوشش داده و مبنای محکمی برای تصریح مدل تجربی و آزمون فرضیه‌های پژوهش فراهم می‌سازد.

۳. پیشینه پژوهش

مطالعات داخلی به‌طور گسترده‌ای به بررسی ابعاد مختلف پیچیدگی اقتصادی و عوامل مؤثر بر آن پرداخته‌اند. در پژوهشی تحلیلی، درخشانی (۱۴۰۴) شکاف بهره‌وری در اقتصاد ایران را بررسی کرده و عوامل اصلی آن را عدم هماهنگی در سرمایه‌گذاری، ضعف در انتقال فناوری و کمبود آموزش‌های تخصصی شناسایی نموده است. این مطالعه نشان می‌دهد سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین و توسعه آموزش‌های حرفه‌ای می‌تواند این شکاف را کاهش دهد. نادری و همکاران (۱۴۰۳) نیز در مطالعه‌ای درباره سیاست‌های توازن منطقه‌ای، نقش بهبود کارایی را در کاهش نابرابری‌های منطقه‌ای و افزایش بهره‌وری اقتصادی مورد تأکید قرار داده‌اند. در زمینه پیچیدگی اقتصادی، کریمی و همکاران (۱۴۰۳) با استفاده از رویکرد پانل دینامیک، اثر افزایش پیچیدگی اقتصادی بر کاهش نابرابری درآمدی در کشورهای در حال توسعه را نشان داده‌اند. این مطالعه حاکی از آن است که اقتصادهای پیچیده‌تر توانایی بیشتری برای توزیع عادلانه منابع دارند. محمدی و همکاران (۱۴۰۳) در تحقیقی تطبیقی، تأثیر مثبت پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی را در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه تأیید کرده‌اند. همچنین، رشنو و سرلک (۱۴۰۳) رابطه معنادار بین پیچیدگی اقتصادی چندبُعدی و رشد سبز فراگیر را در نمونه‌ای از کشورها نشان داده‌اند. در ادبیات بین‌المللی، توجه به رابطه سیاست‌های انرژی و پیچیدگی اقتصادی با تأکید بر شکل غیرخطی این ارتباط در حال توسعه

است. «جانسون و لی»^۱ (۲۰۲۵) در مطالعه‌ای بر کشورهای عضو اوپک، رابطه مثبت بین بهره‌وری انرژی و پیچیدگی اقتصادی را گزارش کرده و بر نقش سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک و آموزش نیروی انسانی تأکید نموده‌اند.

«احمد و نصیری» (۲۰۲۵) نیز نشان داده‌اند که اصلاح تدریجی قیمت‌گذاری انرژی و کاهش یارانه‌ها می‌تواند به بهبود تخصیص منابع و تشویق نوآوری در صنایع انرژی‌بر بینجامد. مطالعاتی نیز مستقیماً به بررسی ماهیت غیرخطی رابطه یارانه انرژی و شاخص‌های اقتصادی پرداخته‌اند. براون و همکاران (۲۰۲۳) در تحقیق بر کشورهای اتحادیه اروپا و ویلسو و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای بر کشورهای آمریکای لاتین، یافته‌های مشابهی ارائه داده و اشاره کرده‌اند که یارانه‌های انرژی در سطوح متوسط ممکن است اثرات مثبت محدودی داشته باشند؛ اما در سطوح بالا می‌تواند به کاهش نوآوری و رشد اقتصادی پیچیده منجر شوند. به‌طور خاص، اسمیت و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی درباره کشورهای آسیای جنوب شرقی، به صراحت به وجود یک «آستانه» در رابطه بین یارانه انرژی و پیچیدگی اقتصادی اشاره کرده و نشان داده‌اند که پس از عبور از این آستانه، اثر یارانه‌ها معکوس می‌شود. با مرور مطالعات پیشین، مشاهده می‌شود که اگرچه اهمیت پیچیدگی اقتصادی و تأثیر سیاست‌هایی مانند یارانه انرژی مورد توجه قرار گرفته، اما سه نکته اساسی کمتر مورد کاوش قرار گرفته است. نخست، اکثر مطالعات رابطه بین یارانه انرژی و پیچیدگی اقتصادی را به‌صورت خطی در نظر گرفته‌اند و بررسی‌های اندکی به‌صورت تجربی به آزمون وجود «رابطه آستانه‌ای» و «شکل غیرخطی» این ارتباط، به‌ویژه در بافت اقتصادهای نفتی پرداخته‌اند. دوم، نقش «عدم قطعیت سیاست اقتصادی» عمده‌تاً به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار مستقل بررسی شده و تعامل آن با سیاست یارانه‌ای (یعنی اثر تعدیل‌گری آن بر رابطه یارانه و پیچیدگی) کمتر مورد توجه واقع شده است. سوم، تمرکز پژوهشی هم‌زمان بر نمونه همگنی از کشورهای متکی به نفت (مانند اعضای اوپک) با به‌کارگیری روش‌شناسی مناسب برای کشف رفتار غیرخطی، در ادبیات موجود کم‌رنگ است. این پژوهش درصدد است تا با تمرکز بر این خال‌ها، رابطه بین یارانه انرژی و پیچیدگی اقتصادی در هشت کشور عضو اوپک را با استفاده از مدل رگرسیون انتقال ملایم پانلی (PSTR) که توانایی شناسایی روابط غیرخطی و آستانه‌ای را دارد، مورد بررسی قرار دهد. همچنین، نقش عدم قطعیت سیاست اقتصادی (EPU) به‌عنوان یک متغیر کلیدی که می‌تواند این رابطه را تعدیل کند، در کانون تحلیل این مطالعه قرار گرفته است.

۴. روش‌شناسی پژوهش

مطالعه حاضر از منظر هدف، کاربردی و از منظر ماهیت، تحلیلی-توصیفی است. جامعه آماری تحقیق، هشت کشور عضو اوپک (ایران، الجزایر، کویت، لیبی، نيجریه، عربستان سعودی، امارات متحده عربی و ونزوئلا) در بازه زمانی ۲۰۲۳-۲۰۰۰ را شامل می‌شود. با توجه به ماهیت مسئله پژوهش که به بررسی وجود یک رابطه غیرخطی و آستانه‌ای بین یارانه انرژی و پیچیدگی اقتصادی تأکید دارد، و همچنین لزوم توجه به تغییرات تدریجی (نه ناگهانی) در رفتار اقتصادی کشورها، از «مدل رگرسیون انتقال ملایم پانلی» (PanelSmooth Transition Regression – PSTR) استفاده شده است. این مدل به‌طور خاص برای شناسایی آستانه بهینه و سرعت انتقال بین رژیم‌های متفاوت طراحی شده و نسبت به مدل‌های خطی یا آستانه‌ای با تغییر ناگهانی، انعطاف و واقع‌نمایی بیشتری در تحلیل داده‌های اقتصادی دارد.

در این مطالعه، با پیروی از مطالعات محمد و همکاران (۲۰۲۴)، ژانگ و همکاران (۲۰۲۴) و نومان و همکاران (۲۰۲۳) مدل رگرسیونی زیر ارائه شده است.

$$ECI_{it} = \alpha_0 + \beta_1 EF_{it} + \beta_2 PRO_{it} + \beta_3 GC_{it} + \beta_4 GDPPER_{it} + \beta_5 TRADE_{it} + \beta_6 EPU_{it} + \beta_7 HDI_{it} + \beta_8 FD_{it} + \beta_9 OP_{it} + \beta_{10} ICT_{it} + \beta_{11} RL_{it} + \beta_{12} PS_{it}(\theta_1 EF_{it} + \theta_2 PRO_{it} + \theta_3 GC_{it} + \theta_4 GDPPER_{it} + \theta_5 TRADE_{it} + \theta_6 EPU_{it} + \theta_7 HDI_{it} + \theta_8 FD_{it} + \theta_9 OP_{it} + \theta_{10} ICT_{it} + \theta_{11} RL_{it} + \theta_{12} PS_{it} INOV_t) F(S_t, \gamma, c) + u_{it}$$

که در آن تابع گذار F برابر است با:

$$F(\gamma, s_t, c) = (1 + ECI\{-\gamma(s_t - c)\})^{-1}, \gamma > 0$$

به‌منظور بررسی ویژگی‌های مدل PSTR با تابع انتقال لاجستیک براساس مدل «ون‌دیک»^۱ (۱۹۹۹)، فرض می‌شود متغیر وابسته تنها تابعی از مقادیر وقفه‌دار خودش باشد. در این صورت با فرض یک تابع انتقال دو رژیمی رابطه زیر به دست می‌آید:

$$ECI_{it} = (\theta_0 + \theta_1 ECI_{it-1} + \dots + \theta_p ECI_{it-p}) + (\phi_0 + \phi_1 ECI_{it-1} + \dots + \phi_p ECI_{it-p}) G(ECI_{it}, \gamma, c) + u_{it}$$

$$G(ECI_{it}, \gamma, c) = \frac{1}{1 + \exp\{-\gamma(ECI_{it} - c)\}}$$

در این چهارچوب، تابع انتقال لاجستیک (G) که مقداری بین صفر و یک می‌گیرد، عامل ایجاد رژیم‌های مختلف است. در این پژوهش، سطح یارانه انرژی (EF) به‌عنوان متغیر انتقال در نظر گرفته شده است. این انتخاب مستقیماً از فرضیه محوری پژوهش مبنی بر آستانه‌ای بودن اثر یارانه بر

پیچیدگی اقتصادی نشئت می‌گیرد. هنگامی که مقدار این تابع نزدیک به صفر باشد (رژیم اول یا پایه)، تأثیر تمامی متغیرهای مستقل بر پیچیدگی اقتصادی تنها از طریق ضرایب بخش خطی مدل صورت می‌پذیرد. با افزایش تدریجی مقدار تابع به سمت یک (رژیم دوم)، ضرایب بخش غیرخطی نیز به تدریج فعال شده و تأثیر نهایی هر متغیر به صورت ترکیبی از دو بخش ظاهر می‌شود.

نقش عدم قطعیت سیاست اقتصادی (EPU) در این ساختار به دقت طراحی شده است: نخست، حضور این شاخص در بخش خطی مدل، اثر مستقیم و مستقل نوسانات سیاست‌گذاری بر پیچیدگی اقتصادی را اندازه‌گیری و کنترل می‌کند؛ دوم، حضور هم‌زمان آن در بخش غیرخطی مدل، این امکان را فراهم می‌آورد که نقش تعدیل‌گری (Moderating Role) آن بر رابطه بین سایر متغیرها (به‌ویژه یارانه انرژی) و پیچیدگی اقتصادی مورد سنجش قرار گیرد. به بیان دیگر، این چینش مدلی به آزمون این فرضیه می‌پردازد که آیا سطوح بالای عدم قطعیت سیاستی، شدت تأثیر یارانه انرژی بر پیچیدگی اقتصادی را تغییر می‌دهد یا خیر.

ECI: شاخص پیچیدگی اقتصادی

شاخص پیچیدگی اقتصادی شاخصی است که شدت کاربرد دانش در اقتصاد را اندازه‌گیری و به توان تولیدی یک کشور می‌پردازد. این شاخص بیانگر میزان توانایی کشور در تولید کالاهای پیچیده است که از رهگذر فراهم ساختن ساختارهای مناسب برای تعامل افراد در جهت تجمیع دانش‌های پراکنده و متنوع و کاربردی کردن آن به دست می‌آید (هاسمن و همکاران، ۲۰۰۸). به بیان دیگر این شاخص با استفاده از فناوری و نوآوری در فرایند تولید از طریق ایجاد ساختار مولد سبب افزایش بهره‌وری کل عوامل تولید می‌شود؛ نحوه محاسبه شاخص پیچیدگی اقتصادی تنوع و فراگیری محصولات است. تنوع یک محصول در یک کشور به این معناست که کشور چه تعداد محصولات رقابت‌پذیر تولید می‌کند. فراگیری محصول نیز به این معناست که چه تعداد کشورهایی در تولید آن محصول از قدرت رقابت‌پذیری بالایی برخوردارند. «هاسمن و هیدالگو» ۲۰۰۹ بازه عددی پیچیدگی اقتصادی بین ۳- و ۳ است، هرچه عدد این شاخص به ۳ نزدیک‌تر باشد آن کشور اقتصادی پیچیده‌تر دارد. داده‌های مورد نیاز این شاخص از پایگاه آماری اطلس مدیا استفاده شده است. این شاخص با الهام از آنتونلی و اسکالاتو (۲۰۱۳) و اسویت و اتروویک (۲۰۱۹) وارد الگو می‌شود.

EF: یارانه انرژی

GC: بهره‌وری بخش عمومی

PRO: بهره‌وری بخش انرژی

GDPPER: تولید ناخالص داخلی سرانه

HDI: شاخص توسعه اقتصادی

در مطالعه حاضر برای توسعه اقتصادی از شاخص توسعه انسانی HDI استفاده می‌شود.

EPU: عدم قطعیت سیاست اقتصادی

در این پژوهش، عدم قطعیت سیاست اقتصادی نه تنها به عنوان یک متغیر کنترلی، بلکه به عنوان سازوکار انتقال اثر سیاست‌های انرژی بر پیچیدگی اقتصادی در نظر گرفته می‌شود.

با توجه به شرایط اقتصادی حاکم در کشورهای نفتی که همواره به دلیل نیازهای بودجه‌ای دولت شاهد تغییرات نرخ ارز، رشد عرضه پول، عدم رشد اقتصادی نامناسب و همچنین وابسته شدن اقتصادشان به درآمدهای نفتی که منجر به عدم توجه به درآمد مالیاتی در کشورها شده است، لازم است تا شاخصی مختص به عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی در این کشورها معرفی شود که عدم قطعیت سیاست اقتصادی در کشورهای نفتی را پوشش دهد.

در این راستا با پیروی از مطالعات «لونی و همکاران»^۱ (۲۰۲۱) در ابتدا نوسانات شاخص سیاست پولی، شامل زیر بخش‌های، تغییرات در نقدینگی و نرخ بهره واقعی و نوسانات شاخص سیاست مالی با استفاده از متغیرهای درآمد مالیاتی و هزینه‌های دولت محاسبه گردیده و سپس با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) شاخص عدم اطمینان اقتصادی ایجاد می‌شود. روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی، ابعاد کلیه مشاهدات را براساس شاخص ترکیبی و دسته‌بندی مشاهدات مشابه کاهش می‌دهد. در این روش، متغیرهای موجود در فضای چند حالت هم بسته، به مجموعه‌ای از مؤلفه‌های غیرهم‌بسته خلاصه می‌شود که هر یک ترکیب خطی از متغیرهای اصلی است. مؤلفه‌های غیرهم‌بسته به دست آمده، مؤلفه‌های اساسی (PC) هستند که از بردارهای ویژه ماتریس کوواریانس یا ماتریس هم‌بستگی متغیرهای اصلی به دست می‌آیند. کاهش تعداد متغیرها و یافتن ساختار ارتباطی بین متغیرها، از مهم‌ترین کاربردهای روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی است. مزیت اصلی کاربرد این روش در اقتصادسنجی، از بین بردن هم‌خطی در مدل‌ها به واسطه تعداد زیاد متغیرهای مؤثر در مدل است. در ادامه شاخص ترکیبی از نوسانات متغیرهای ذکر شده برآورد شده و به عنوان شاخص عدم اطمینان اقتصادی معرفی خواهد شد.

OP: نوسانات قیمت نفت خام اوپک

در این مقاله برای نوسانات قیمت نفت خام از مدل‌های نوسان پذیر ARCH و GARCH بهره گرفته می‌شود.

FD: شاخص توسعه مالی. در این مقاله برای متغیر توسعه مالی از شاخص عمق مالی (پول گسترده) مطابق با تعریف بانک جهانی استفاده می‌شود.

TRADE: درجه باز بودن اقتصادی

ICT فناوری اطلاعات و ارتباطات: شاخص منتشر شده توسط اتحادیه بین‌المللی مخابرات سازمان ملل بر مبنای معیارهای مورد توافق بین‌المللی در حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات. این شاخص ابزار با ارزشی برای محک زدن مهم‌ترین معیارهای اندازه‌گیری جامعه اطلاعاتی است. IDI استاندارد است که دولت‌ها، متصدیان فاوا، آژانس‌های توسعه، محققین و دیگر بازیگران این حوزه می‌توانند برای اندازه‌گیری شکاف دیجیتالی و مقایسه عملکرد فاوا در کشورهای مختلف به کار برند. شاخص توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات بر مبنای یازده معیار فاوا بنا شده است و در سه زیر شاخه دسترسی، مصرف و مهارت‌ها گروه‌بندی شده‌اند.

نحوه اندازه‌گیری ICT = کالاهای ICT وارداتی (درصد نسبت به کل واردات) + کالاهای ICT صادراتی (درصد از کل صادرات)

RL: حاکمیت قانون: در رتبه‌بندی کشورها براساس معیار کنترل فساد از صدک رتبه (Percentile Rank) که معیاری ما بین ۰ تا ۱۰۰ است که هرچه رتبه کشورها به سمت ۱۰۰ نزدیک‌تر شود، نشان از بهبود شاخص حاکمیت قانون است، استفاده می‌شود.^۱

PS: ثبات سیاسی: در رتبه‌بندی کشورها براساس معیار کنترل فساد از صدک رتبه (Percentile Rank) که معیاری ما بین ۰ تا ۱۰۰ است که هرچه رتبه کشورها به سمت ۱۰۰ نزدیک‌تر شود، نشان از بهبود شاخص ثبات سیاسی است، استفاده می‌شود.

برای دستیابی به برآوردهای معتبر و کاهش چالش‌های متعارف درون‌زایی در داده‌های اقتصادی (ازجمله رابطه هم‌زمانی میان متغیرهایی مانند پیچیدگی اقتصادی، یارانه انرژی و رشد اقتصادی)، این مطالعه از یک راهبرد روش‌شناختی سازگار با چهارچوب PSTr و داده‌های پانل بهره برده است: کنترل اثرات ثابت ناهمگن کشوری: با بهره‌گیری از ساختار داده‌های پانل، اثرات ثابت ویژه هر

۱. سایت شفافیت بین‌المللی

کشور در فرایند برآورد مدل PSTR کنترل شده‌اند. این کار، تأثیر عوامل ناهمگن اما ثابت در طول زمان (مانند ویژگی‌های نهادی، تاریخی یا جغرافیایی پایدار) که می‌توانند هم‌زمان بر متغیر وابسته و متغیرهای مستقل تأثیر بگذارند را حذف می‌کند و از این طریق، دقت و اتکاپذیری برآوردها را افزایش می‌دهد.

توجه به متغیر وابسته در تعیین رژیم: در تصریح مدل PSTR، از وقفه‌های شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECIt-1) درون تابع انتقال استفاده شده است. این طراحی به مدل اجازه می‌دهد تا حالت پویا و تاریخیچه متغیر وابسته را در تعیین رژیم حاکم (یعنی تشخیص این که اقتصاد در رژیم یارانه پایین یا بالا قرار دارد) لحاظ کند.

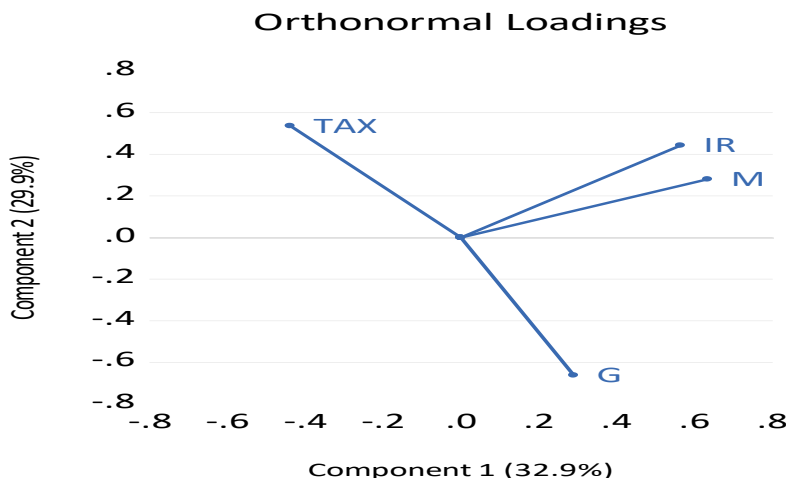
اگرچه رویکردهای پیشرفته‌تری برای کنترل درون‌زایی پویا (مانند تخمین‌زننده‌های گشتاورهای تعمیم‌یافته) در چهارچوب مدل‌های غیرخطی پیچیده‌ای مانند PSTR به‌سادگی قابل اعمال نیست، اما کنترل اثرات ثابت کشوری گام مؤثری برای کاهش تورش برآوردها محسوب می‌شود. یافته‌های این پژوهش با آگاهی کامل از این ملاحظه روش‌شناختی ارائه شده و در چهارچوب اتخاذشده، قابل اتکا ارزیابی می‌شوند.

۵. یافته‌های پژوهش

در ابتدا به اندازه‌گیری و استخراج شاخص عدم قطعیت سیاست اقتصادی با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اساسی PCA پرداخته شده است. در این مطالعه برای ساخت شاخص عدم قطعیت سیاست اقتصادی از متغیرهای زیر استفاده می‌شود.

شاخص عدم قطعیت سیاست اقتصادی	متغیر	تعریف متغیر
سیاست پولی	M	تغییرات در نقدینگی
	IR	نرخ بهره واقعی
سیاست مالی	TAX	درآمد مالیاتی
	G	هزینه‌های دولت

برای تعیین جهت عمومی نقاط، یک بیضی رسم می‌شود تا هم‌بستگی بین متغیرها مشخص شود.



نمودار ۱: انتقال داده‌ها به عوامل اساسی

تعداد مؤلفه‌های استخراج شده در هر مدل برابر است با تعداد متغیرهایی که بررسی می‌شوند؛ اما می‌توان تعداد مشخصی از این مؤلفه‌ها را انتخاب نمود. معمولاً دو یا سه مؤلفه اول مقدار قابل توجهی از پراکندگی داده‌ها را در نظر می‌گیرد. بنابراین انتخاب دو یا سه مؤلفه اول برای ادامه کار کفایت می‌کند؛ اما در برخی از موارد ضروری است معیارهای دیگری را نیز برای یافتن تعداد مؤلفه‌های لازم مورد توجه قرار داد. این معیارها عبارت‌اند از:

معیار اول (آزمون اسکری)^۱: ترسیم مقادیر ویژه در برابر مؤلفه‌های اساسی مرتبط، نمودار اسکری را نمایش می‌دهد. در این نمودار تغییر در میزان اهمیت مقادیر ویژه برای هر مؤلفه اساسی مشخص می‌شود. نمودار شماره (۲)، یک نمودار اسکری فرضی را نشان می‌دهد. چنان‌که مشاهده می‌شود مقدار ویژه بردار اول (واریانس توضیح داده شده به وسیله بردار اول) حدود ۱/۳۵ مقدار ویژه بردار دوم حدود ۱/۲ و ... و در نهایت مقدار ویژه بردار چهارم کمتر از ۰/۸ است. یعنی در ابتدا میزان کاهش اهمیت سریع بوده و سپس سرعت کاهش، قطع می‌شود. نقطه شکستگی، حداکثر تعداد مؤلفه‌های اساسی را که باید در نظر گرفته شود، نشان می‌دهد. یک PC کمتر از عددی که شکستگی را نشان می‌دهد نیز می‌تواند مناسب باشد. براین اساس در نمودار (۲)، می‌توان مؤلفه اول را انتخاب نمود. معیار دوم (ارزش ویژه): به مؤلفه‌هایی که مقدار ویژه آن‌ها بزرگ‌تر از یک است را در نظر گرفته و از سایر مؤلفه‌ها صرف‌نظر می‌کنیم.

1. Scree Test

معیار سوم (واریانس): مؤلفه‌هایی که درصد بیشتری از پراکندگی را توضیح می‌دهند برای ادامه کار کفایت می‌کنند، معمولاً مؤلفه اول بیشترین واریانس را در نظر می‌گیرد. برای استخراج شاخص عدم قطعیت سیاست اقتصادی از ۴ متغیر تغییرات در نقدینگی و نرخ بهره واقعی و متغیرهای درآمد مالیاتی و هزینه‌های دولت استفاده شده است.

جدول ۱: ماتریس همبستگی معیارهای عدم قطعیت سیاست اقتصادی

	N	IR	TAX	G
M	1.000000			
IR	0.500500	1.000000		
TAX	0.644274	0.788457	1.000000	
G	-0.715569	-0.921545	-0.860885	1.000000

منبع: محاسبات پژوهش

جدول (۱) نشان می‌دهد همبستگی نسبتاً بالایی بین معیارهای فوق‌الذکر وجود دارد. در نتیجه با کاهش ابعاد متغیرها از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی شاخص عدم قطعیت سیاست اقتصادی استخراج می‌شود.

جدول (۲) نشان می‌دهد مقدار ویژه اولین مؤلفه بزرگ‌تر از بقیه است و تقریباً ۶۰ درصد پراکندگی مجموعه داده‌ها توسط این مؤلفه بازگو می‌شود در نتیجه این مؤلفه به‌عنوان بهترین انتخاب در این شاخص است.

جدول ۲: نتیجه تخمین مدل شاخص ترکیبی عدم قطعیت سیاست اقتصادی به روش PCA

Eigenvalues: (Sum = 4, Average = 1)				
Number	Value	Difference	Proportion	Value Cumulative
1	3.233975	2.706256	0.8085	3.233975
2	0.527720	0.325370	0.1319	3.761695
3	0.202349	0.166394	0.0506	3.964045
4	0.035955	---	0.0090	4.000000
Eigenvectors (loadings)				
Variable	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
M	0.434627	0.848401	-0.189454	0.235420
IR	0.502621	-0.506836	-0.423262	0.557977
TAX	0.512378	-0.098674	0.848081	0.092150
G	-0.544004	0.116604	0.256350	0.790410

ارتباط بین متغیرهای مشاهده شده و مؤلفه‌های اساسی را می‌توان با استفاده از Factor Loading و نیز برآوردی از مؤلفه‌های اساسی با استفاده از Factor Score را می‌توان به این صورت نوشت:

$$PC1 = 0.43 M + 0.50 IR + 0.51 TAX - 0.54 G$$

که می‌توان بیان داشت ترکیب خطی مؤلفه اول PC1 برای شاخص عدم قطعیت سیاست اقتصادی به صورت فوق است. در نهایت وزن هریک از زیرشاخص‌ها را در شاخص ترکیبی عدم قطعیت سیاست اقتصادی به صورت جدول زیر است.

جدول ۳: اهمیت نسبی متغیرها در شاخص ترکیبی عدم قطعیت سیاست اقتصادی

نام متغیر	اهمیت نسبی متغیرها
60.85	M
13.19	IR
9.06	TAX
16.19	G

منبع: محاسبات پژوهش

جدول شماره (۳) اهمیت نسبی اجزای شاخص کل را به تفکیک متغیرهای منتخب در روش رگرسیون عناصر دورانی نشان می‌دهد. براساس وزن‌های به دست آمده، تغییرات حجم نقدینگی بیشترین تأثیر را شاخص ترکیبی عدم قطعیت سیاست اقتصادی دارد. در انتها با استفاده از فرمان Make Principal Component Analysis شاخص ترکیبی مربوط به عدم قطعیت سیاست اقتصادی استخراج می‌شود و در مدل نهایی تحقیق استفاده می‌شود. در ادامه به اندازه‌گیری نوسان قیمت نفت خام اوپک پرداخته می‌شود.

برای محاسبه نوسان قیمت نفت خام اوپک مطابق با ادبیات موجود برای «مدل‌های نوسان پذیر»^۱ در ابتدا باید قیمت نفت خام اوپک را با استفاده از مدل‌های ARMA مدل‌سازی نمود و وقفه‌های موجود برای قیمت نفت خام اوپک مشخص گردد. برای این منظور از روش‌شناسی باکس جنکینز استفاده شده است و نتیجه حاصله از مدل‌سازی قیمت نفت خام اوپک مطابق جدول زیر است.

جدول ۴: برآورد مدل قیمت نفت خام اوپک

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob
AR(1)	1.014930	0.011936	85.03441	0.0000
MA(1)	-0.275550	0.037883	-7.273665	0.0000

با توجه به مدل فوق، قیمت نفت خام اوپک با یک دوره قبل از خود $AR(1)$ و با یک دوره قبل با جمله اختلال خود $MA(1)$ ارتباط دارد. برای بررسی وجود ناهمسانی واریانس شرطی در قیمت نفت خام اوپک، می‌بایست از آزمون ARCH استفاده شود. نتیجه این آزمون در جدول شماره ۵ آورده شده است.

جدول ۵: آزمون ARCH

Heteroskedasticity Test: ARCH			
0.0364	Prob. F(1,80)	2.214044	F-statistic
0.0363	Prob. Chi-Square(1)	2.218810	Obs*R-squared

با توجه به احتمال به‌دست آمده فرضیه اولیه مبنی بر نبود ناهمسانی واریانس شرطی در قیمت نفت خام اوپک رد شده و بنابراین قیمت نفت خام اوپک دارای ناهمسانی واریانس شرطی است. در نهایت برای به دست آوردن نوسان قیمت نفت خام اوپک از مدل «EGARCH»^۱ ارائه شده توسط «نلسون»^۲ (۱۹۹۱) استفاده می‌شود، یکی از محدودیت‌های مهم در روش ARCH و GARCH در مورد متقارن بودن آن‌ها است؛ بدین معنی که اثرات شوک منفی و مثبت با بزرگی یکسان، بر روی نوسان به یک میزان در نظر گرفته می‌شود، درحالی‌که نوسانات نسبت بدهی دولت به نوع خبر (شوکه‌های منفی و مثبت) واکنش یکسانی نشان نمی‌دهند. بدین ترتیب، برای رفع مشکل و برای تحلیل رفتار نوسانات سری لازم است تا از یک «مدل نامتقارن»^۳ استفاده شود (وربک^۴، ۲۰۰۵).

$$\ln \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \frac{|u_{t-1}|}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + \beta \ln \sigma_{t-1}^2 + \gamma \frac{u_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}}, \alpha_0 = \omega - \alpha \sqrt{\frac{2}{\pi}}, \alpha_1 = \alpha$$

این مدل دارای چند مزیت است، اولاً در این مدل، متغیر وابسته یعنی σ_t^2 به صورت لگاریتمی است و بنابراین ضرایب متغیرهای سمت راست می‌تواند مثبت یا منفی باشد که در هر حالت σ_t^2 مثبت خواهد بود. بدین ترتیب دیگر نیازی به اعمال محدودیت‌های غیرمنفی بر روی ضرایب نیست. ثانیاً در این مدل اثر شوک‌های نامتقارن نیز در نظر گرفته می‌شود. زیرا γ ضریب u_{t-1} است که u_{t-1} می‌تواند مثبت یا

1. Exponential GARCH
2. Nelson, 1991
3. Asymmetric Model
4. Verbeek, 2005

منفی باشد. γ اثر شوک‌های مثبت و منفی را بیان می‌کند، درحالی‌که α ضریبی است که فقط قدر مطلق $|u_{t-1}|$ را در نظر می‌گیرد. اگر $\gamma = 0$ باشد، متقارن و در غیر اینصورت، نامتقارن است. اثر شوک‌های مثبت برابر با $\alpha + \gamma$ و اثر شوک‌های منفی برابر $\alpha - \gamma$ است. اگر γ منفی باشد، نشان می‌دهد که اثر شوک‌های منفی بیشتر از اثر شوک‌های مثبت است و برعکس.

جدول ۶: مدل EGARCH برای قیمت نفت خام اوپک

Dependent Variable: OIL				
Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)				
LOG(GARCH) = C(3) + C(4)*ABS(RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1))) + C(5)*RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) + C(6)*LOG(GARCH(-1))				
Prob	z-Statistic	Std. Error	Coefficient	Variable
0.0000	85.03441	0.011936	1.014930	AR(1)
0.0000	-7.273665	0.037883	-0.275550	MA(1)
Variance Equation				
0.0000	-4.829211	0.302531	-1.460988	C(3)
0.0007	-3.398404	0.164041	-0.557479	C(4)
0.3914	0.857123	0.138461	0.118678	C(5)
0.0000	-4.903725	0.171831	-0.842610	C(6)

در این مرحله میزان نوسان حاصل از قیمت نفت خام اوپک محاسبه شده است و برای استفاده در مدل اصلی این اندازه را تبدیل به متغیر می‌نماییم و برای این منظور می‌بایست از فرمان Make variance garch استفاده کرده و این نوسان را به صورت یک متغیر مستقل در بیاوریم. حال در ادامه به بررسی پایایی متغیرهای تحقیق پرداخته می‌شود. در این مقاله و قبل از انجام آزمون هم انباشتگی پانلی جهت تعیین رابطه بلندمدت بین شاخص‌های اصلی مطالعه آزمون ریشه واحد لوین لین چو (LLC)، صورت می‌پذیرد.

جدول ۷: نتایج آزمون ریشه واحد برای متغیرها

علامت اختصاری	کشورهای منتخب		سطح پایایی
	LLC W-stat		
	آماره محاسبه شده	سطح احتمال	
ECI	-4.71593	0.0000	I(0)
EF	-7.93854	0.0000	I(0)
EPU	-5.22046	0.0000	I(0)
FD	-1.91734	0.0276	I(0)
GC	-2.42323	0.0077	I(0)
GDPPER	-5.03503	0.0000	I(0)
HDI	-3.33784	0.0004	I(0)
ICT	-12.9282	0.0000	I(0)
OP	-12.1847	0.0000	I(0)

علامت اختصاری	کشورهای منتخب		سطح پایداری
	LLC W-stat		
	آماره محاسبه شده	سطح احتمال	
PRO	-2.24797	0.0123	I(0)
PS	-4.77972	0.0000	I(0)
RL	-6.64542	0.0000	I(0)
TRADE	-12.5082	0.0000	I(0)

منبع: محاسبات پژوهش

نتایج جدول (۷) و بررسی مقادیر آماره‌های محاسبه شده و احتمال پذیرش آن‌ها نشان می‌دهد که همه متغیرهای تحقیق در سطح پایا هستند.

اغلب تئوری‌های اقتصادی رابطه بلندمدت بین متغیرها را به شکل سطح (LEVEL FORM) بیان می‌کنند. برای اطمینان از وجود یک رابطه بلندمدت میان متغیرهای موجود در مدل لازم است که آن متغیرهای پایا بوده و در غیر این صورت (ناپایا بودن) از درجه انباشتگی یکسانی برخوردار باشند. بدین ترتیب برای پی بردن به وجود یک رابطه بلندمدت میان متغیرها باید پایایی و یا هم انباشتگی آن‌ها را با استفاده از آزمون‌های مختلف بررسی نماییم. براین اساس اگر تشخیص دهیم باقی‌مانده‌های حاصل از رگرسیون‌های برآورده شده به صورت $I(0)$ یا ساکن باشند، می‌توانیم از وجود یک رابطه بلندمدت میان متغیرها اطمینان حاصل نماییم. در مطالعه حاضر برای اطمینان از وجود رابطه تعادلی بلندمدت از آزمون هم انباشتگی پانل کائو استفاده شده است.

جدول ۸: نتایج آزمون هم انباشتگی کائو

KAO TEST		
	آماره آزمون	احتمال متناظر
ADF	-6.095041	0.0000

منبع: محاسبات پژوهش

همان‌طور که در جدول فوق نشان داده شده است، با انجام آزمون هم‌انباشتگی پانلی بین متغیرهای تخمین زده شده وجود رابطه بین متغیرها در رگرسیون برآورده‌شده در کشورهای منتخب تأیید می‌شود. در آزمون هم‌انباشتگی فرضیه‌های آزمون به صورت زیر تعریف می‌شود:

H صفر: عدم هم انباشتگی

H یک: تأیید هم انباشتگی میان متغیرها

با توجه به پایین بودن سطح معنی‌داری از $0/05$ ، فرض صفر مبنی بر نبودن رابطه هم‌انباشتگی میان متغیرها قابل رد است و متغیرها در بلندمدت هم‌انباشته بوده و رابطه بلندمدت بین آن‌ها وجود دارد. برای تعیین نوع مدل بهینه مورد استفاده در داده‌های تلفیقی از آزمون‌های مختلفی استفاده می‌شود. رایج‌ترین آن‌ها آزمون چاو (CHOW) برای استفاده از مدل پانل دیتا در مقابل مدل برآوردی داده‌های ترکیب شده است. نتایج حاصل از آزمون لیمر در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۹: نتایج آزمون انتخاب نوع مدل نرخ بازده دارایی‌ها

انتخاب مدل	نتیجه آزمون			نوع آزمون
	احتمالات محاسباتی	درجه آزادی	آماره آزمون	آزمون لیمر
پانل دیتا	0.0009	(7,172)	3.710630	
	0.0003	7	27.003515	

منبع: محاسبات پژوهش

با توجه به جدول فوق و کم‌تر بودن احتمالات محاسباتی از $0/05$ می‌توان بیان داشت فرضیه صفر مبنی بر تخمین مدل با استفاده از روش پولینگ دیتا رد و نوع مدل تحقیق از نوع پانل دیتا انتخاب می‌شود. در ادامه به آزمون خطی یا غیرخطی بودن مدل پرداخته می‌شود.

برای بررسی وجود رابطه خطی یا غیرخطی بین متغیرهای مدل باید بررسی شود که آیا (m تعداد پارامترهای رژیم) یک است یا خیر. لازم به ذکر است که در آزمون‌های ذیل فرض بر آن است که مدل خطی است و فرض مقابل نیز مدل PSTR لجستیک ($m=1$) یا مدل PSTR نمایی ($m=2$) خواهد بود. نتایج آزمون تشخیص در جدول (۵) نشان می‌دهد که خطی بودن مدل (فرض صفر) رد می‌شود؛ بنابراین رابطه غیرخطی اثر سیاست‌های دولت در بخش انرژی و بهبود بهره‌وری آن بر پیچیدگی اقتصادی وجود دارد و قاعدتاً برای برآورد پارامترهای مدل لازم است از روش PSTR استفاده شود.

جدول ۱۰: نتایج آزمون فرضیه خطی بودن مدل (آزمون BBC)

سطح معنی‌داری	آماره F	فرض صفر	کشورهای منتخب
$0/000$	۳/۷۸۵	آزمون والد	
$0/001$	۲/۶۳۸	آزمون فیشر	
$0/012$	۲/۹۵۷	آزمون LRT	

منبع: محاسبات پژوهش

همان‌گونه که در نتیجه آزمون انجام شده در جدول (۱۰)، نیز مشهود است، فرضیه خطی بودن

رابطه بین متغیرها مردود است، بنابراین احتمال وجود رابطه خطی بین متغیرها نفی می‌گردد. همچنین لازم به ذکر است که مدل (PSTR) پیشنهادی توسط متغیر انتقال یارانه انرژی انتخاب شده به عنوان مدل بهینه جهت برآورد مدل در کشورهای منتخب انتخاب می‌شود. برای این منظور به پیروی از گونزالز و همکاران (۲۰۰۵) و کولیتاز و هارولین (۲۰۰۶) فرضیه صفر وجود الگوی PSTR با یک تابع انتقال در مقابل فرضیه وجود الگوی PSTR با حداقل دو تابع انتقال مورد آزمون قرار گرفته که نتایج آن در جدول (۱۱)، ارائه شده است.

جدول (۱۱): آزمون وجود رابطه غیرخطی باقی‌مانده

حالت وجود یک حد آستانه M=1			حالت وجود دو حد آستانه M=2		
کشورهای منتخب					
LMw	LMf	LR	LMw	LMf	LR
۱/۳۵۲	۱/۴۷۱	۱/۴۳۲	۱/۴۲۵	۱/۳۶۲	۱/۲۹۷
(۰/۷۴۳)	(۰/۶۳۰)	(۰/۶۵۴)	(۰/۶۷۵)	(۰/۷۵۱)	(۰/۸۰۲)
H0: r=1, H1: r=2					

منبع: محاسبات پژوهش

نتایج نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبنی بر کفایت لحاظ نمودن یک تابع انتقال در هر دو حالت وجود یک و دو حد آستانه‌ای رد نشده است؛ بنابراین یک تابع انتقال قادر به تصریح اثر سیاست‌های دولت در بخش انرژی و بهبود بهره‌وری آن بر پیچیدگی اقتصادی است. با تأیید وجود رابطه غیرخطی میان متغیرها و کفایت نمودن یک تابع انتقال برای تصریح رفتار غیرخطی در ادامه باید حالت بهینه میان تابع انتقال با یک یا دو حد آستانه‌ای انتخاب گردد. برای این منظور مدل PSTR متناظر با هر یک از این حالت‌ها برآورد خواهد شد و از میان آن‌ها براساس معیارهای مجموع مجذور باقی‌مانده‌ها، شوارتز و آکائیک مدل PSTR با لحاظ یک حد آستانه‌ای مدل بهینه است؛ بنابراین یک مدل PSTR با یک تابع انتقال و یک حد آستانه‌ای برای بررسی رفتار غیرخطی میان متغیرهای مورد مطالعه انتخاب می‌گردد. با استفاده از یک مدل PSTR که در آن متغیر انتقال یارانه انرژی است، تابع پیچیدگی اقتصادی مدل‌سازی می‌شود. با توجه به تأیید مدل غیرخطی در ادامه به تحلیل نتایج بخش غیرخطی مدل پرداخته می‌شود. مطابق با نتیجه تخمین مدل در قسمت غیرخطی احتمالات محاسباتی برای متغیر یارانه انرژی کمتر از ۰/۰۵ است که نشان از تأثیر معنادار این متغیر بر پیچیدگی اقتصادی دارد که این موضوع نشان از تأیید فرضیه اول تحقیق دارد. ضریب متغیر بهره‌وری بخش انرژی مثبت بوده

و احتمال متناظر با آن برابر با ۰/۰۳۵۵ است که گواه بر واقعیت است؛ بهره‌وری بخش انرژی بر پیچیدگی اقتصادی در کشورهای منتخب تحقیق دارای تأثیر مثبت و معنادار است. در نهایت متغیر بهره‌وری بخش عمومی بر پیچیدگی اقتصادی در کشورهای منتخب تأثیر مثبت در سطح اطمینان ۹۵ درصد بوده و نشان‌دهنده اثر اقتصادی معنادار است. در ارتباط با تأثیر عدم قطعیت سیاست اقتصادی و نوسانات قیمت نفت خام اوپک می‌توان اظهار داشت ضرایب این متغیرها به ترتیب برابر با ۰/۰۲۲۷۱۷- و ۰/۱۷۵۵۴۹- است و احتمالات متناظر با ضرایبشان به ترتیب برابر با ۰/۰۲۷۴ و ۰/۰۱۵۳ است که نشان از تأثیر معکوس و معنادار این متغیرها بر پیچیدگی اقتصادی دارد.

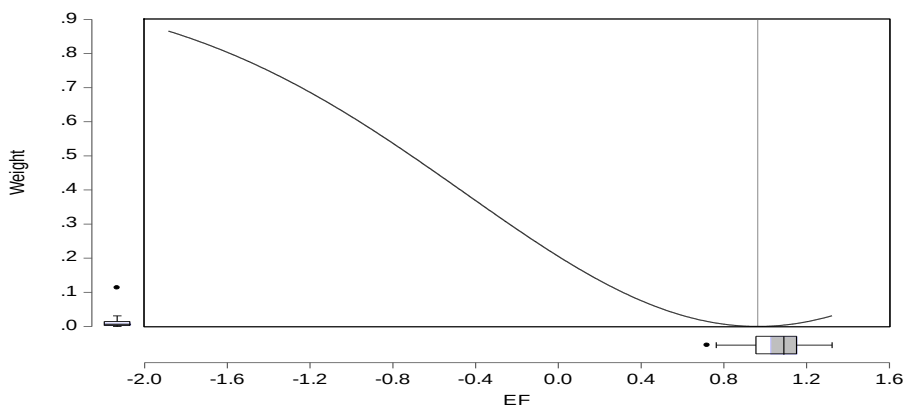
جدول ۱۲: برآورد الگو به‌وسیله مدل PSTR

مدل (پیچیدگی اقتصادی)				
برآورد قسمت خطی مدل				
متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t	احتمال
CONSTANT	۰/۳۲۹۰۵۹	۰/۱۳۶۰۴۸	۲/۴۱۸۶۹۸	۰/۰۲۳۴
EF	-۰/۱۵۸۸۸۶	۰/۰۷۵۹۸۴	۲/۰۹۱۱۰۵۱ -	۰/۰۴۱۹
PRO	۰/۰۳۵۸۶۲	۰/۰۱۴۳۷۲	۲/۴۹۵۳۶۲	۰/۰۱۲۹
GC	۰/۴۵۴۹۵۱	۰/۲۶۰۱۶۲	۱/۷۸۷۲۱	۰/۰۹۳۷
GDPPER	۰/۴۹۶۴۲۱	۰/۱۷۵۷۰۲	۲/۸۲۵۳۵۸	۰/۰۰۶۹
TRADE	۰/۶۴۴۶۰۷	۰/۲۳۰۹۴۸	۲/۷۸۲۴۷۵	۰/۰۲۰۰
EPU	-۰/۰۹۷۹۸۰	۰/۰۲۸۹۸۳	-۳/۳۸۰۶۰۳	۰/۰۰۰۸
HDI	۰/۲۱۲۵۲۷	۰/۰۹۰۳۰۸	۲/۳۵۳۳۵۷	۰/۰۳۵۳
FD	۰/۳۹۳۶۶۷	۰/۱۴۲۷۸۱	۲/۷۵۷۱۳۹	۰/۰۲۰۱
OP	-۰/۵۲۱۵۵۶	۰/۳۰۰۱۹۳	-۱/۷۳۷۴۰۱	۰/۰۸۲۳
ICT	۰/۱۳۹۶۹۴	۰/۰۴۸۲۹۹	۲/۸۹۲۲۹۶	۰/۰۰۳۸
RL	۰/۵۸۲۶۸	۰/۲۳۹۰۱۳	۲/۴۳۸۶۴۴	۰/۰۱۴۹
PS	۰/۲۸۹۵۶۴	۰/۲۰۸۲۰۶	۱/۳۹۰۷۵۴	۰/۱۶۶۴
برآورد قسمت غیرخطی مدل				
CONSTANT	۰/۲۶۵۴۷۵	۰/۰۷۸۲۸۶	۳/۳۹۱۰۹۰	۰/۰۰۰۸
EF	-۰/۱۲۰۷۰۴	۰/۰۶۰۶۰۴	-۱/۹۹۱۶۷۷	۰/۰۴۸۷
PRO	۰/۰۱۶۵۵۹	۰/۰۰۷۰۹۱	۲/۳۳۵۲۱۴	۰/۰۳۵۵

مدل (پیچیدگی اقتصادی)				
۰/۰۲۱۸	۲/۷۱۸۹۵۹	۰/۱۵۹۴۱۸	۰/۴۳۳۴۵۱	GC
۰/۰۲۰۱	۲/۳۲۴۰۵۸	۰/۰۸۵۱۴۶	۰/۱۹۷۸۸۵	GDPPER
۰/۰۳۰۰	۲/۲۹۵۶۳۱	۰/۰۸۹۱۶۵	۰/۲۰۴۶۹۰	TRADE
۰/۰۲۷۴	-۲/۲۰۵۹۶۸	۰/۰۱۰۲۹۸	-۰/۰۲۲۷۱۷	EPU
۰/۰۰۳۵	۲/۷۶۲۲۵۵	۰/۰۸۵۱۱۷	۰/۲۳۵۵۱۶	HDI
۰/۰۱۶۵	۲/۳۹۶۹۳۴	۰/۰۲۲۴۲۵	۰/۰۵۳۷۵۲	FD
۰/۰۱۵۳	-۲/۴۴۵۴۷۵	۰/۰۷۱۷۸۵	-۰/۱۷۵۵۴۹	OP
۰/۰۲۶۷	۲/۳۶۷۲۸۰	۰/۰۴۳۱۷۰	۰/۱۰۲۱۹۵	ICT
۰/۰۱۲۱	۲/۵۳۲۳۲۸	۰/۰۴۱۲۲۳	۰/۱۰۴۳۹۰	RL
۰/۰۰۰۲	۳/۸۴۵۳۸۴	۰/۰۳۷۶۱۵	۰/۱۴۴۶۴۵	PS
۰/۰۰۰۰	۶/۰۷۷۴۹۵	۰/۱۵۸۶۲۳	۰/۹۶۴۱۰۲	(C) حد آستانه‌ای
۰/۰۲۸۴	۲/۲۷۴۶۷۸	۲/۹۳۴۶۲۲	۶/۶۷۵۳۲۵	(γ) پارامتر شیب
ضریب تعدیل شده ۰/۸۵ (R ²)				

برآورد مدل PSTR در جدول (۱۲) نشان می‌دهد که یک رژیم آستانه‌ای با نقطه بحرانی ۰/۹۶ واحد برای یارانه انرژی (EF) وجود دارد. ضرایب نشان می‌دهند که یارانه انرژی و عدم قطعیت سیاستی (EPU) اثر منفی، و متغیرهایی مانند بهره‌وری انرژی (PRO)، توسعه مالی (FD) و فناوری اطلاعات (ICT) اثر مثبت بر پیچیدگی اقتصادی دارند. شکل این رابطه آستانه‌ای و تفسیر تفصیلی اثرات در دو رژیم، در ادامه ارائه خواهد شد.

Threshold Weight Function
Exponential (c = 0.964102)



نمودار ۳: ارتباط بین تابع انتقال و متغیر انتقال یارانه انرژی

همان‌گونه که در نمودار (۳) مشاهده می‌شود، تابع انتقال با افزایش سطح یارانه انرژی، به‌تدریج از مقدار نزدیک به صفر به سمت یک حرکت می‌کند. این الگو، وجود یک رژیم پایه (یارانه پایین) و یک رژیم ثانویه (یارانه بالا) را با یک گذر تدریجی تأیید می‌نماید. نقطه آستانه برآوردشده ($C = 0/96$) دقیقاً همان نقطه‌ای است که در نمودار، تابع انتقال به مقدار $0/5$ می‌رسد و اقتصاد را در مرز بین دو رژیم قرار می‌دهد. با تکیه بر این تفکیک رژیمی، می‌توان اثرات اقتصادی متغیرها را در دو وضعیت کاملاً متمایز تحلیل کرد.

در مطالعه حاضر از آزمون دوربین واتسون برای بررسی خودهمبستگی استفاده می‌شود.

جدول: ۱۳ نتایج آزمون خودهمبستگی

کشورهای منتخب	آماره F	Prob	دوربین واتسون
	۱/۲۳۵	۰/۶۹	۲/۰۳۶

منبع: محاسبات پژوهش

همان‌طور که در جدول فوق مشهود است، نتایج آزمون خودهمبستگی دوربین واتسون نشان می‌دهد، بین اجزای اخلاص هم‌بستگی وجود ندارد، بنابراین فرض سوم استاندارد کلاسیک مبنی بر عدم خودهمبستگی بین جملات خطا نقض نمی‌گردد. از این رو تخمین‌زنده‌ها از ویژگی‌های لازم (حداقل واریانس و کارایی) برخوردارند. یکی دیگر از فروض استاندارد کلاسیک فرض واریانس همسانی است، در مطالعه حاضر از آزمون بروش-پاگان-گادفری استفاده می‌شود.

جدول: ۱۴ نتایج آزمون ناهمسانی واریانس

کشورهای منتخب	آماره F	Prob	بروش - پاگان - گادفری
	۱/۲۹۸	۰/۵۵۶	۱/۳۲۷

منبع: محاسبات پژوهش

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌گردد، نتایج آزمون حکایت از نبود ناهمسانی واریانس دارند. از دیگر سنجه‌های مناسب برای ارزیابی کیفیت مدل تخمین زده شده، بررسی تغییرات ضرایب بین دو رژیم است. در صورتی که مدل برآورد شده تخمین مناسبی باشد، انتظار می‌رود ضرایب با تغییر رژیم ثابت و بدون تغییر باقی بمانند.

جدول ۱۵: نتایج آزمون ثابت پارامتر انتقال هموار

Prob	F آماره	فرض صفر	
۰/۷۵۴	۰/۷۴۵	$b1=b2=b3=b4=0$	کشورهای منتخب
۰/۷۱۲	۰/۷۹۸	$b1=b2=b3=0$	
۰/۶۹۵	۰/۸۲۱	$b1=b2=0$	
۰/۶۷۴	۰/۸۳۶	$b1=0$	

منبع: محاسبات پژوهش

همان‌طور که در جدول نیز مشهود است، آزمون ثابت ماندن ضرایب بین دو رژیم نشان می‌دهد ضرایب در اثر تغییر رژیم تغییر نمی‌کنند. یافته‌های مندرج در جدول (۱۲) که با استفاده از مدل PSTR برآورد شده‌اند، نه تنها وجود یک رابطه آستانه‌ای را تأیید می‌کنند، بلکه امکان تفسیر اقتصادی مجزایی از اثر متغیرها در رژیم یارانه پایین (مقادیر تابع انتقال نزدیک به صفر) و رژیم یارانه بالا (مقادیر تابع انتقال نزدیک به یک) فراهم می‌سازند. آستانه برآوردشده برای یارانه انرژی ($C = 0/96$) نقطه عطف این تحلیل است.

رژیم یارانه پایین (پیش از آستانه): در این رژیم، ضرایب بخش خطی مدل حاکم هستند. مشاهده می‌شود که یارانه انرژی (EF) اگرچه ضریب منفی دارد ($-0/1588$)؛ اما شدت اثر آن نسبت به رژیم دوم کمتر است. در مقابل، متغیرهای بهره‌وری بخش انرژی (PRO)، توسعه مالی (FD) و فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) با ضرایب مثبت و معنی‌دار ($0/359$ ، $0/3937$ و $0/1397$ به ترتیب) به‌عنوان پیش‌برنده‌های پایدار پیچیدگی اقتصادی عمل می‌کنند. این الگو حاکی از آن است که در سطوح کنترل شده یارانه، فضای اقتصادی هنوز برای اثرگذاری مثبت سرمایه‌گذاری در بهره‌وری، نهادهای مالی و فناوری باقی است.

رژیم یارانه بالا (پس از عبور از آستانه): با عبور از آستانه، اثرات بخش غیرخطی مدل فعال می‌شوند. دو تغییر عمده رخ می‌دهد؛

نخست، شدت اثر منفی یارانه انرژی افزایش می‌یابد (ضریب کل منفی بزرگ‌تر می‌شود). این امر تأیید تجربی فرضیه رابطه U معکوس است و نشان می‌دهد یارانه‌های سنگین و مزمن، با ایجاد اختلال در قیمت‌های نسبی و سوق دادن منابع به سمت فعالیت‌های رانتی و کم‌بهره، به مانعی جدی برای پیچیدگی اقتصادی تبدیل می‌شوند.

دوم، اگرچه علامت ضرایب متغیرهای مثبتی مانند PRO، FD و ICT همچنان مثبت باقی

می‌ماند؛ اما اندازه این ضرایب کاهش می‌یابد (به ترتیب به ۰/۰۱۶۶، ۰/۰۵۳۸ و ۰/۱۰۲۲). این کاهش دلالت بر تضعیف اثرگذاری این عوامل بهبوددهنده در محیطی دارد که یارانه‌های انحراف‌زا غالب هستند.

نقش تشدیدکننده عدم قطعیت سیاست اقتصادی (EPU): شاخص EPU در هر دو رژیم اثری مستقیم، منفی و معنی‌دار بر پیچیدگی اقتصادی دارد که هم‌سو با مبانی نظری است. نکته کلیدی این است که ضریب منفی EPU در رژیم یارانه بالا نیز محسوس است. این یافته مؤید نقش تعدیل‌گری EPU (Moderating Role) است: در محیط‌های بی‌ثبات سیاسی، حتی اگر یارانه‌ها در سطح پایین باشند، اثرات بالقوه مثبت آن‌ها تضعیف می‌شود و در سطوح بالای یارانه، بی‌ثباتی، اثرات مخرب تخصیص ناکارای منابع را تشدید می‌کند. به بیان ساده، EPU به‌عنوان یک سازوکار انتقال منفی عمل می‌کند که آستانه آسیب‌پذیری اقتصاد را پایین می‌آورد.

جمع‌بندی گذار رژیم: تغییر شدت اثر یارانه انرژی و کاهش اثرگذاری متغیرهای مثبت پس از عبور از آستانه، به‌وضوح نشان‌دهنده گذار از یک رژیم حمایتی با کارایی نسبی به یک رژیم حمایتی ناکارا و مخرب در اقتصادهای نفتی مورد مطالعه است. این گذار تدریجی، که توسط مدل PSTR به‌خوبی شناسایی و نمایش داده شده است، لزوم نظارت دقیق بر سطح یارانه‌ها و پرهیز از عبور از حد بهینه را آشکار می‌سازد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهاد

این مطالعه با به‌کارگیری مدل رگرسیون انتقال ملایم پانلی (PSTR)، رابطه‌ای غیرخطی و آستانه‌ای را بین یارانه انرژی و پیچیدگی اقتصادی در کشورهای عضو اوپک طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۲۳ شناسایی نمود. یافته مرکزی تحقیق، وجود یک آستانه بهینه (حدود ۰/۹۶ واحد) برای یارانه انرژی است که تأییدکننده یک الگوی دوگانه سیاستی است: در سطوح پایین‌تر از این آستانه، اثر منفی یارانه محدودتر است و فضای اقتصاد برای تأثیرگذاری مثبت عوامل بهبوددهنده‌ای مانند توسعه مالی و فناوری اطلاعات مهیاست؛ اما پس از عبور از این مرز، اثرات مخرب یارانه تشدید می‌شود و هم‌زمان توانایی آن عوامل بهبوددهنده برای تقویت پیچیدگی اقتصادی تضعیف می‌گردد. این گذار به یک رژیم ناکارایی، گویای آن است که یارانه‌های سنگین و مزمن، نه تنها مستقیماً به ساختار تولید آسیب می‌زنند، بلکه زمینه اثرگذاری سایر سیاست‌های توسعه اقتصادی را نیز از بین می‌برند.

علاوه بر این، مطالعه حاضر با ادغام شاخص عدم قطعیت سیاست اقتصادی (EPU) در کانون

تحلیل، نشان داد که بی‌ثباتی سیاستی نقش یک «عامل تشدیدکننده» (Moderator) را ایفا می‌کند. سطح بالای EPU، هم اثر منفی یارانه‌های انرژی را تقویت کرده و هم آستانه آسیب‌پذیری اقتصاد را کاهش می‌دهد. بنابراین، دستیابی به ثبات محیط کلان اقتصادی، پیش‌نیاز اجتناب‌ناپذیری برای هرگونه اصلاح موفق در نظام یارانه‌ای و حرکت به سمت پیچیدگی اقتصادی بالاتر به شمار می‌رود. درمجموع، این پژوهش با آشکارسازی ماهیت آستانه‌ای رابطه و نقش تعدیل‌گری بی‌ثباتی، چهارچوب تحلیلی جامع‌تری برای ارزیابی هزینه‌های بلندمدت سیاست یارانه انرژی ارائه می‌دهد. یافته‌ها به صراحت هشدار می‌دهند که تداوم پرداخت‌های یارانه‌ای فراتر از حد بهینه، اقتصادهای نفتی را در دام وابستگی به منابع و ساختار تولید کم‌پیچیدگی زندانی خواهد کرد.

۶-۱. پیشنهادهای سیاستی

با تکیه بر یافته‌های تجربی این پژوهش، مجموعه‌ای از پیشنهاد‌های سیاستی هدفمند و قابل اجرا برای کشورهای عضو اوپک طراحی شده است که بر مدیریت کمی یارانه‌ها، خنثی‌سازی عامل تشدیدکننده (EPU) و تقویت نهادهای بهبوددهنده متمرکز است.

۱. تعیین سقف بهینه و هدفمندسازی یارانه‌های انرژی

- ❖ اقدام فوری: دولت‌ها باید با استناد به یافته این پژوهش، یک سقف عملیاتی برای کل یارانه انرژی تعیین کنند که از آستانه تخریب شناسایی شده (۰/۹۶ واحد) فراتر نرود. این سقف باید به‌صورت یک شاخص کلان و بخشی در بودجه‌ریزی‌ها گنجانده و رصد شود.
- ❖ تغییر ماهوی حمایت: منابع مالی صرفه‌جویی‌شده از مهار رشد یارانه‌ها، باید به‌طور کامل به سمت سیاست‌های جایگزین کارآمد هدایت شوند. این منابع می‌تواند صرف «پروژه‌های نوین ارتقای بهره‌وری انرژی در صنایع انرژی‌بر»، «یارانه مستقیم و نقدی به خانوارهای آسیب‌پذیر برای جبران افزایش قیمت‌ها» و «صندوق‌های توسعه فناوری‌های پاک و تجدیدپذیر» گردد.

۲. اولویت‌دهی به ثبات اقتصاد کلان برای خنثی‌سازی نقش EPU

- ❖ شفافیت و قاعده‌مندی سیاست‌گذاری: بانک‌های مرکزی و وزارتخانه‌های اقتصاد باید با انتشار برنامه‌های میان‌مدت و بلندمدت شفاف در حوزه پولی، مالی و ارزی، افق پیش‌بینی‌پذیری را برای فعالان اقتصادی گسترش دهند.
- ❖ استقلال عملیاتی نهادها: تقویت استقلال عملیاتی بانک مرکزی و نهادهای تنظیم‌گر،

به‌عنوان یک سیاست نهادی ضروری، می‌تواند نوسانات مخل سیاستی و در نتیجه شاخص EPU را به‌طور سیستماتیک کاهش دهد.

۳. تقویت هماهنگی نهادهای بهبوددهنده پیچیدگی اقتصادی

❖ بسته سیاستی یکپارچه: سیاست‌گذار باید یک برنامه هم‌زمان برای توسعه بازارهای مالی عمیق و شفاف، تحکیم شاخص‌های حاکمیت قانون و کنترل فساد و شتاب‌بخشی به تحول دیجیتال (ملی) از طریق زیرساخت و محتوای (ICT) طراحی و اجرا کند. این نهادها ظرفیت جذب دانش و تولید کالاهای پیچیده را افزایش می‌دهند.

❖ پیوند مشوق‌ها: ارائه مشوق‌های مالیاتی و اعتباری به بنگاه‌هایی که هم‌زمان شاخص بهره‌وری انرژی خود را ارتقا داده و در فعالیت‌های تحقیق و توسعه (R&D) سرمایه‌گذاری می‌کنند.

۴. اجرای تدریجی، پایش مستمر و یادگیری منطقه‌ای

❖ گام‌بندی اصلاحات: هرگونه اصلاح در قیمت‌های انرژی باید با یک برنامه زمان‌بندی شده چندساله، همراه با برنامه رفاهی موازی برای جبران تأثیرات تورمی، اجرا شود تا مقاومت اجتماعی کاهش یابد.

❖ سامانه پایش هوشمند: ایجاد یک داشبورد پایش ملی که به‌طور هم‌زمان شاخص‌های سطح یارانه، پیچیدگی اقتصادی، EPU و بهره‌وری انرژی را رصد کند، برای ارزیابی دقیق تأثیر سیاست‌ها ضروری است.

❖ تبادل تجربه در اوپک: ایجاد یک کارگروه تخصصی دائمی میان کشورهای عضو اوپک برای تبادل داده، تجربیات موفق و درس‌های آموخته‌شده در زمینه هدفمندسازی یارانه‌ها و پیوند آن با توسعه نهادی.

فهرست منابع

- رحیم زاده، اشکان (۱۴۰۳)، «عوامل تأثیرگذار بر شدت انرژی با تأکید بر پیچیدگی اقتصادی و ارتباط متقابل ریسک مالی و توسعه مالی»، پژوهش‌نامه اقتصاد انرژی ایران، دوره ۱۴، شماره ۵۳
- سلیمی، لیلا؛ مستولی زاده، سید محمد؛ فراهتی، محبوبه (۱۴۰۲)، «بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران»، فصلنامه سیاست‌ها و تحقیقات اقتصادی، دوره ۲، شماره ۳ - شماره پیاپی ۷
- محمدی، نجمه؛ سحابی، بهرام؛ حیدری، حسن؛ صادقی سقدل، حسین (۱۴۰۲)، «بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی و مصرف انرژی تجدیدپذیر بر آلودگی‌های زیست‌محیطی در کشورهای در حال توسعه»، فصلنامه علمی پژوهش‌ها و چشم‌اندازهای اقتصادی، دوره ۲۳، شماره ۴
- محمدی، نجمه؛ سحابی، بهرام؛ حیدری، حسن؛ صادقی سقدل، حسین (۱۴۰۳)، «تحلیل تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه»، فصلنامه علمی پژوهش‌ها و چشم‌اندازهای اقتصادی، دوره ۲۴، شماره ۲
- سپهوند، رامین؛ سایه میری، علی؛ شیرخانی، اسما (۱۴۰۰)، «تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر عملکرد زیست‌محیطی در کشورهای منطقه منا»، فصلنامه علمی پژوهش‌ها و چشم‌اندازهای اقتصادی، دوره ۲۱، شماره ۳
- دادگر، یداله؛ نظری، روح اله؛ فهیمی فر، فاطمه (۱۴۰۲)، «بررسی شاخص پیچیدگی اقتصادی ایران و عوامل مؤثر بر آن»، فصلنامه رویکردهای نوین در مدیریت و بازاریابی، دوره ۲، شماره ۲ - شماره پیاپی ۳
- 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، دوره ۱۲، شماره ۴۵
- چهرقانی، احمد؛ توسلی نیا، علی؛ حیدری، زهرا (۱۴۰۴)، «تأثیر رانت نفت بر پیچیدگی اقتصادی در ایران»، مجله توسعه و سرمایه، دوره ۱۰، شماره ۲ - شماره پیاپی ۱۹
- رحیمی، محمد کاظم؛ پورجم، پریسا؛ غضنفرپور، علی؛ صیادی نژاد، عبدالکریم (۱۴۰۳)، «بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی و کیفیت حکمرانی بر نابرابری توزیع درآمد در ایران»، دومین کنفرانس بین‌المللی مطالعات نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری
- بیگی، علی اکبر؛ خیراندیش، مسعود؛ محمدی خیاره، محسن؛ سرخوش سرا، علی (۱۴۰۱)، «تأثیر شاخص پیچیدگی اقتصادی بر رقابت‌پذیری: مطالعه کشورهای منتخب نوظهور»، فصلنامه سیاست‌های مالی و اقتصادی، ۱۰ (۳۸): ۳۸-۷

References

- Ahmad, M., Ahmed, Z., & Luo, C. (2024). Natural resources, economic globalization, and sustainable development: Can economic complexity and environmental regulations cure the resource curse? *Natural Resources Forum*, 48(3), 1417–1435. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12370>
- Al-Masri, R., & Ibrahim, M. (2025). Integrating green finance, economic complexity, and renewable energy for sustainable development in Asia. *Journal of Energy and Environmental Policy Options*, 8(1), 66–74. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17377133>
- Cheng, Y., Deng, X., Li, Y., & Yan, X. (2024). Tight incentive analysis of Sybil attacks against the market equilibrium of resource exchange over general networks. *Journal of Games and Economic Behavior*, 148, 566–610. <https://doi.org/10.1016/j.geb.2024.10.009>
- Fatima, S., Khan, I., Rehman, M. Z., & Khalid, M. H. (2025). The role of tourism, natural resources, and renewable energy in enhancing economic growth and combating climate change in OPEC economies. *Environment, Development and Sustainability*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10668-025-06075-w>
- Khan, I., Khan, I., Ikram, R. M. A., & Ali, M. A. (2024). Integrating FinTech with industry 4.0 for sustainable mineral resource management: Exploring the interplay of technology, regulation, and economic dynamics. *Resources Policy*, 92, 104971. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104971>
- Liu, K., Luo, J., Faridi, M. Z., Nazar, R., & Ali, S. (2025). Green shoots in uncertain times: Decoding the asymmetric nexus between monetary policy uncertainty and renewable energy. *Energy & Environment*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1177/0958305X241310198>
- Ren, Z., & Zhu, Y. (2024). The trade-off between middle class and ecological footprint: Empirical cross-country analysis. *Ecological Economics*, 225, 108631. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2025.108631>
- Tang, Y., & Imran, M. (2024). Trade-offs and synergies: Examining the impact of natural resource rents and energy efficiency on financial development in the RCEP context. *Natural Resources Forum*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12561>
- Xu, A., Dai, Y., Hu, Z., & Qiu, K. (2025). Can green finance policy promote inclusive green growth? Based on the quasi-natural experiment of China's green finance reform and innovation pilot zone. *International Review of Economics & Finance*, 100, 104090. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.104090>
- Zhang, C., Waris, U., Qian, L., Irfan, M., & Rehman, M. A. (2024). Unleashing the dynamic linkages among natural resources, economic complexity, and sustainable economic growth: Evidence from G-20 countries. *Sustainable Development*, 32(4), 3736–3752. <https://doi.org/10.1002/sd.2845>

Zhu, Y., Zheng, Y., & Ren, Z. (2024). Household welfare loss from energy price crisis: Evidence from China. *Energy Economics*, 138, 107836. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107836>.