

Dynamic explanation of the relationship between Iran's GDP and total energy demand within the framework of the environmental Kuznets curve

Amirreza Khalili

Master's student in energy economics, Faculty of Management and Economics, Shahid Bahonar, Kerman, Iran,

Mojtaba Bahmani*

Associate Professor, Department of Economics, Management and Economics, Shahid Bahonar, Kerman, Iran,

Mehdi Nejati

Associate Professor, Department of Economics, Management and Economics, Shahid Bahonar, Kerman, Iran,

Abstract

Currently, about 80 percent of the global energy production relies on fossil fuels, a consequence of which is the substantial emission of environmental pollutants. Given that economic growth in Iran is predominantly driven by the utilization of fossil fuels, this study aims to examine the relationship between Iran's Gross Domestic product (GDP) and total energy demand through the framework of the Environmental Kuznets Curve. The study first addresses key issues concerning pollution and energy consumption before delving into sustainable development and the Environmental Kuznets Curve. The empirical model in this study consists of two parts: first, the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model, selected as the methodological approach, is estimated following stationarity testing; second, dynamic systems are employed to implement the model over the period spanning 2000 to 2016 (1379-1400 in the Persian Calendar). The findings reveal that Iran is in the first stage of the Environmental Kuznets Curve, with 9% of energy demand variations attributable to changes in GDP. Accordingly, a policy recommendation warranting consideration within this paper is encouraging energy consumers to adopt more efficient energy systems to enhance energy productivity and invest in renewable energy sources. This strategy could foster

* Corresponding Author: mbahmani@uk.ac.ir

How to Cite:

economic growth on the one hand, and facilitate a transition beyond the initial stage of the Environmental Kuznets Curve on the other.

Introduction

Human life on Earth has always been tied to the environment and its physical surroundings. However, with the ever-growing global population, the interaction between humans and the environment has taken on complex and far-reaching dimensions, giving rise to numerous ecological challenges. The increase in carbon dioxide levels in the atmosphere has caused a major environmental crisis, including environmental degradation, glacial melting, and global warming. Notably, Iran ranks among the world's top CO₂ emitters, surpassing all regional counterparts with ۷۴۰ million tons of CO₂ emissions annually—placing it just behind Japan and Germany globally. Saudi Arabia follows as the second-largest regional emitter, releasing ۴۹۷,۲۰ million tons. Beyond its high CO₂ emissions and energy intensity, Iran has faced chronic water scarcity for decades. Escalating water shortages, depleting groundwater reserves, air pollution, and a temperature rise of ۰,۴۱°C per decade—coupled with significant annual fluctuations—highlight the country's deepening environmental crisis. Additionally, the sharp decline in potable water supplies and the loss of biodiversity underscore the severe ecological degradation Iran has experienced over the past forty years.

Ultimately, necessary measures must be taken to prevent environmental degradation. Rather than viewing ecological restoration as a financial burden, it should be recognized as a strategic investment—one that fosters economic activity and generates employment opportunities. Accordingly, the present study, with the aim of clarifying the relationship between Iran's GDP and total energy demand using the Environmental Kuznets Curve framework, attempts to determine Iran's current position on the curve and identify actionable policies to curb further environmental deterioration.

Methods and Material

The empirical model in this study is implemented through a two-stage methodology. In the first stage, we conduct a comprehensive analysis of the selected variables and estimate their regression relationships. Based on these results and system dynamics principles, a state-flow diagram is developed to evaluate various scenarios. Utilizing data from the World Bank, the Central Bank of Iran, and the national energy balance, we perform stationarity tests within the Kuznets curve framework to examine the dynamic relationship between Iran's GDP and total energy demand. Our results indicate that the ARDL (Autoregressive Distributed Lag) model represents the optimal

estimation method for the period spanning ۲۰۰۰ to ۲۰۲۰ (۱۳۷۹-۱۳۹۹ in the Persian calendar). In the second stage, a dynamic system model is created using the initial regression results. Figure ۱ illustrates the causal loop diagram based on this approach. Unlike static analysis that examines causal relationships at a single point in time, dynamic analysis explicitly incorporates time as a critical factor, focusing on underlying trends rather than isolated events. Our methodology emphasizes this dynamic perspective, enabling us to capture the evolving nature of the economic-energy-environment system and its behavioral patterns over time.

Results and Discussion

The model implementation yields the outputs presented in Figure ۱, demonstrating close alignment between the estimated trends and actual observed data. This suggests that the model exhibits satisfactory validity, as evidenced by its capacity to reproduce behavior through the comparison of extant historical data with the simulated trends generated by the model. Subsequently, the empirical model proceeds with scenario development and the implementation of economic policies to analyze the repercussions of economic growth on aggregate energy consumption.

In this study, two scenarios with ۵% and ۷% economic growth are considered. The results for each scenario are shown in Figure ۲. Naturally, higher economic growth in each scenario leads to an increase in energy demand.

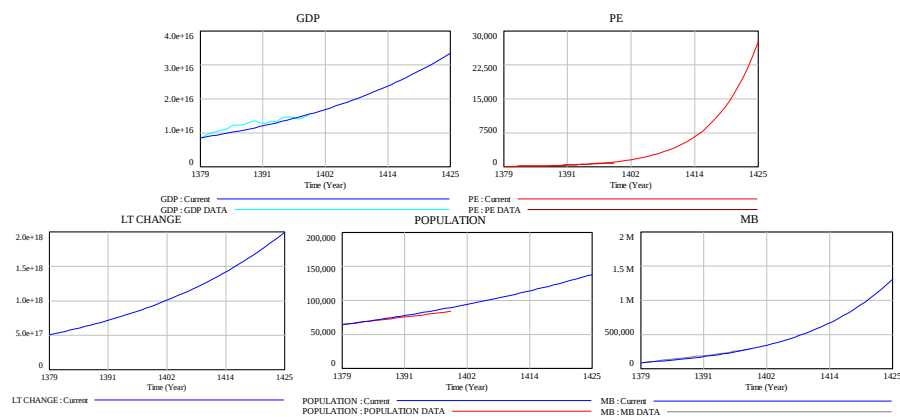


Figure ۱ Initial model results before running scenarios

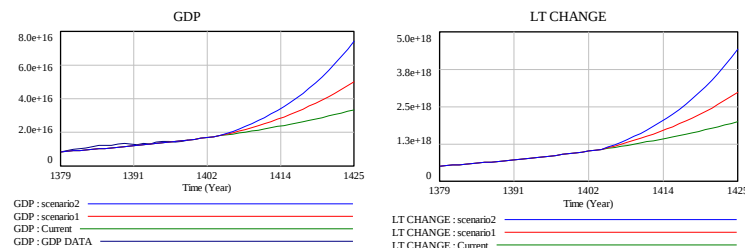


Figure ۲ Results from applying scenarios

The findings of this study, derived from ARDL estimation and dynamic system modeling within the Environmental Kuznets Curve framework, reveal that ۹۹٪ of the changes in energy consumption are explained by the model's selected variables. Of these, about ۶۰٪ is attributed to GDP based on the empirical model, cause-and-effect and state-flow diagrams, and two growth scenarios (۵٪ and ۷٪). The results indicate:

- A positive relationship between GDP and energy consumption, meaning that as GDP increases, total energy consumption also rises.
- Iran is in the first stage of the Environmental Kuznets curve, where GDP growth leads to higher energy consumption and pollution, due to the country's reliance on fossil fuels.

Conclusion

The results derived from the empirical model in both the first and second stages indicate that Iran is situated in the initial phase of the Environmental Kuznets Curve (EKC). This implies that an increase in Iran's Gross Domestic Product (GDP) is accompanied by a rise in the nation's energy consumption. Furthermore, given the country's reliance on fossil fuels, it is anticipated that pollution levels will concurrently increase with energy consumption. Acknowledging the influence of other determinants on energy demand, this study suggests that future research should consider the impact of variables such as temperature, climatic conditions, and the type and number of vehicles. Incorporating these variables into the dynamic modeling stage could allow for the inclusion of additional causal feedback loops and the observation of their effects within the model. Based on the findings of this research, a policy recommendation warranting consideration is the incentivization of energy consumers to adopt more efficient energy systems for energy demand management and enhanced energy productivity, alongside investment in renewable energy systems (such as the construction of solar panels). Moreover, attention should be directed towards the ۱۷

Sustainable Development Goals (SDGs), particularly the realization of Goals ۱۱ (Sustainable Cities and Communities), ۷ (Affordable and Clean Energy), and ۱۳ (Climate Action), such as carbon reduction. This approach has the potential to simultaneously foster economic growth and development and facilitate a transition from the initial phase of the Environmental Kuznets Curve.

Keywords: CO_۲ emission, economic growth, dynamic systems, energy transition

JEL Classification: O۱۰, Q۰۱, Q۴۰, Q۴۱



تبیین پویای رابطه تولید ناخالص داخلی و تقاضای کل انرژی ایران در چارچوب منحنی زیست محیطی کوزنتس

دانشجوی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی - اقتصاد انرژی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

امیررضا خلیلی^۱

دانشیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

مجتبی بهمنی*

دانشیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

مهدی نجادی

تاریخ ارسال مقاله ۱۴۰۳-۰۷-۲۱

چکیده

امروزه حدود ۸۰ درصد انرژی جهان از سوخت‌های فسیلی تولید شده که نتیجه‌ی آن انتشار قابل توجه آلودگی زیست محیطی است. از آنجایی که در ایران رشد اقتصادی بیشتر به واسطه‌ی سوخت‌های فسیلی محقق می‌شود مطالعه‌ای با هدف تبیین رابطه‌ی بین تولید ناخالص داخلی ایران و تقاضای کل انرژی با استفاده از چارچوب منحنی کوزنتس شکل گرفت، این پژوهش ابتدا نکاتی را در مورد آلودگی و مصرف انرژی متذکر شده و سپس به توسعه پایدار و منحنی کوزنتس می‌پردازد، مدل تجربی در این مطالعه شامل دو قسمت بوده که ابتدا با انجام آزمون مانایی مدل ARDL به عنوان روش انتخابی مورد تخمین قرار می‌گیرد و سپس در قسمت دوم و با استفاده از سیستم‌های پویا اقدام به اجرا مدل طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۴۲۵ کرده که نتایج حاصل، بیانگر آن است که ایران در مرحله‌ی اول منحنی کوزنتس قرار داشته و ۵۹ درصد تغییرات تقاضای انرژی به دلیل تغییرات در تولید ناخالص داخلی می‌باشد. بدین منظور توصیه سیاستی‌ای که در این مقاله می‌تواند مورد توجه قرار گیرد تشویق متقاضیان انرژی برای استفاده از سیستم‌های کارآمدتر انرژی جهت افزایش بهره‌وری انرژی و سرمایه‌گذاری در سیستم‌های تجدید پذیر است که از جهتی موجب رشد اقتصادی می‌شود و از سویی دیگر نیز موجب گذار از مرحله‌ی اول منحنی زیست محیطی کوزنتس خواهد شد.

کلیدواژه‌ها: انتشارکربن، رشد اقتصادی، سیستم‌های پویا، گذار انرژی

طبقه‌بندی JEL: Q۴۰, Q۴۰, Q۴۰, Q۴۰, Q۴۰, Q۴۰

^۱ مقاله حاضر از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول استخراج شده است.

* نویسنده مسئول: mbahmani@uk.ac.ir

۱. مقدمه

زندگی انسان در کره زمین همواره به محیط زیست و محیط فیزیکی او گره خورده است که از سویی با افزایش جمعیت جهانی ارتباط بین انسان و محیط زیست، اشکال و ابعاد گسترده‌ای یافته و مشکلات زیست محیطی متعددی را به وجود آورده است. (ملکیان منصوره، ۱۳۹۹) و از سوی دیگر، موجب عدم هماهنگی بازسازی طبیعی محیط زیست با میزان تخریب انجام شده در طبیعت شده است. (علیشیری و همکاران، ۱۳۹۶)

تخریب و تهدیدات زیست محیطی مانند تغییرات آب و هوایی، از دست دادن تنوع زیستی، آلودگی هوا و گرم شدن کره زمین، که به واسطه‌ی افزایش فزاینده تقاضای انسان برای منابع طبیعی رخ داده است، فشار زیادی بر اکوسیستم وارد می‌کند (اعظم و همکاران، ۲۰۲۴) که ادامه این فعالیت‌های انسانی به همراه تخریب مداوم محیط زیست (عامر و همکاران، ۲۰۲۴) و تغییرات اقلیمی، خطراتی را برای استقلال انرژی و غذا و بهره‌وری عمومی ایجاد می‌کند (آسودو و همکاران^۱، ۲۰۲۳) و از طرفی، می‌تواند منجر به انقراض انسان شود. (قزلباش و همکاران، ۱۳۹۵)

به طور خاص، آلودگی هوا نه تنها باعث ایجاد مشکلات سلامتی می‌شود، بلکه زیان‌های اقتصادی مانند کاهش تجارت توریست، امید به زندگی، رونق اقتصادی و افزایش جنایات را نیز به همراه دارد. هرچند رشد اقتصادی بالاتر منجر به افزایش استاندارد زندگی می‌شود، اما محیط زیست را نیز مختل کرده (کلیم^۲ و همکاران، ۲۰۲۴) و بر مسیر رشد بهینه و رفاه تاثیر می‌گذارد. (سلمان‌پور زنوز علی، ۱۳۹۹) بنابراین و همانطور که نتایج مطالعات نشان می‌دهد هرچه انسان‌ها فعالیت کمتری داشته باشند در نتیجه منابع کمتری مصرف می‌شود و اثرات تخریبی آن بر محیط پیرامون کمتر است. (ملکیان منصوره، ۱۳۹۹)

پیشرفت‌های شگفت‌انگیزی که برای استفاده حداکثری از منابع ارزان قیمت انرژی رخ داده است، پیامدهای وحشتناکی مانند افزایش انتشار CO₂ به وجود آورده که تمامی ابعاد زندگی انسان‌ها را تحت تاثیر خود قرار داده است. (غزنوی و رفیعی، ۱۴۰۲) به یکی از مهمترین مسائل جهان امروز تبدیل شده (وانگ^۳ و همکاران، ۲۰۲۴) که منجر به انتشار جهانی ۳۷

^۱ Acevedo et al.

^۲ Kalim et al.

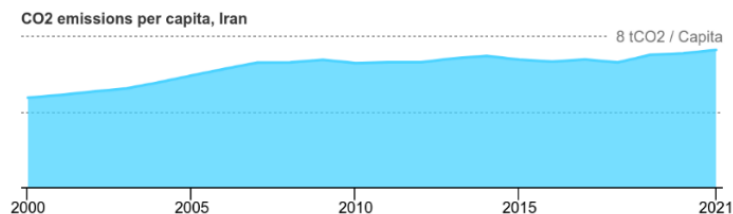
^۳ Wang et al.

میلیارد تن دی اکسید کربن در سال ۲۰۲۲ شده و پیش بینی می شود در این دهه به اوج خود برسد. (آژانس بین المللی انرژی، ۲۰۲۳)

افزایش سطح دی اکسید کربن در اتمسفر باعث ایجاد یک بحران زیست محیطی بزرگ از جمله تخریب محیط زیست، ذوب شدن یخچال های طبیعی و گرم شدن کره زمین شده است (کیانگ وانگ و همکاران، ۲۰۲۳) به گونه ای که در روسیه انتشار دی اکسید کربن نزدیک به ۸۰٪ و دما ۲/۵ درجه سانتی گراد افزایش یافته و انتظار می رود تا سال ۲۰۵۰، ۲/۵ درجه دیگر افزایش یابد، در هند بیش از ۷۰٪ و دما نیز ۱/۵ درجه سانتیگراد افزایش یافته و انتظار می رود تا سال ۲۰۴۰، ۱/۵ درجه دیگر نیز افزایش یابد، در چین بیش از ۱۳۰٪ و دما نیز ۱/۳ درجه افزایش یافته و انتظار می رود تا سال ۲۰۵۰، ۱/۳ درجه مجدداً افزایش یابد. (وانگ و همکاران، ۲۰۲۴)

در ایران نیز انتشار دی اکسید کربن افزایش یافته و در رتبه بندی جهانی بعد از ژاپن و آلمان قرار دارد. اما از منظر اقتصادی، تولید ناخالص داخلی ایران کمتر از مجموع تولید ناخالص داخلی برلین و توکیو بوده (حسینی و همکاران، ۲۰۱۹) و با میزان انتشار ۷۴۵ میلیون تن کربن دی اکسید رتبه اول منطقه (حافظی و ممپور، ۱۴۰۳) و بعد از آن عربستان سعودی در رتبه دوم با میزان انتشار ۴۹۷,۲۵ قرار دارد (آژانس بین المللی انرژی^۱، ۲۰۱۹) اما دلیل این میزان از انتشار برای ایران نرخ پایین رشد اقتصادی و وضعیت اقتصادی موجود که منجر به تولید این میزان از کربن شده است. (حافظی و ممپور، ۱۴۰۳) بررسی بخش های عمده مصرف انرژی بر اساس آخرین آمارهای موجود در سال ۱۴۰۰ نشان می دهد که در این سال، بخش حمل و نقل (به استثنای CO₂ و SO₂) بیشترین سهم را در تولید سایر گازهای آلاینده و گلخانه ای داشته است در همین سال، سهم بخش های نیروگاهی، خانگی تجاری عمومی و حمل و نقل در انتشار دی اکسید کربن به ترتیب برابر با ۳۱/۷، ۲۲/۴ و ۲۱/۷ بوده است. (ترازنامه انرژی، ۱۴۰۰)

^۱ International Energy Agency



شکل ۱: انتشار سرانه CO₂ ایران (منبع: آژانس بین المللی انرژی)

علاوه بر بالا بودن انتشار CO₂ و شدت انرژی بالا (شکیبایی و همکاران، ۱۳۹۴) کشور ایران سالیان زیادی است که با مشکل کم آبی و بارانهای ناکافی مواجه است (محبوب و نوراللهی، ۱۴۰۰) و تنها منطقه‌ای از ایران که سالانه بیش از ۱۰۰۰ میلی‌متر بارندگی سالانه دارد سواحل دریای خزر است. (طاهباز^۱ مراد، ۲۰۱۶) افزایش کمبود آب، خشک شدن رودخانه‌ها و سفره‌های زیرزمینی، آلودگی هوا (مدنی کاوه^۲، ۲۰۲۱) و افزایش ۰/۴۱ درجه‌ای دما در هر دهه (سلیقه محمد، ۱۴۰۲) و دامنه نسبتاً زیاد سالانه آن (بانک جهانی^۳، ۲۰۲۲) و همچنین کاهش قابل توجه و خطرناک آب آشامیدنی (ایاد^۴ و همکاران، ۲۰۲۴) و از بین رفتن تنوع زیستی از نشانه‌های بارز تخریب محیط زیست ایران در چهار دهه اخیر است. (مدنی کاوه، ۲۰۲۱)

اقدامات لازم به منظور جلوگیری از تخریب‌های محیط زیستی صورت گرفته و باز تنظیم آن را نباید به چشم هزینه دید بلکه باید سرمایه‌گذاری‌ای به شمار آورد که فعالیت‌های اقتصادی و فرصت‌های شغلی به وجود می‌آورد. مطالعات نشان می‌دهد که ایجاد اقتصاد کمک حال طبیعت، در کوتاه مدت می‌تواند تا ۳۷ میلیون شغل کمک حال طبیعت ایجاد کند. (حسینی علیرضا، ۱۴۰۰) بنابراین مطالعه‌ی حاضر با هدف روشن ساختن رابطه‌ی بین تولید ناخالص داخلی ایران و تقاضای کل انرژی با استفاده از چارچوب منحنی کوزنتس سعی در تبیین این موضوع دارد که ایران در کدام بخش از منحنی کوزنتس قرار داشته و چه اقداماتی می‌تواند

^۱ Tahbaz, M.

^۲ Madani, K.

^۳ WORLD BANK

^۴ Ayad et al.

در این زمینه راهگشا باشد تا از تخریب هر چه بیشتر محیط زیست جلوگیری کند و با توجه به پتانسیل‌های موجود اقتصادی به طبیعت کمک نماید.

بنابراین پس از عنوان کردن مقدمه‌ای در خصوص موضوع مورد بررسی، در قسمت دوم به مبانی نظری و اهمیت منحنی زیست محیطی کوزنتس پرداخته و پس از آن به مطالعات داخلی و خارجی صورت گرفته تحت عنوان پیشینه پژوهش می‌پردازیم. همچنین در بخش سوم و چهارم تحقیق به مدل تجربی و سناریوهای اعمال شده پرداخته و در نهایت به بحث و نتیجه‌گیری تحقیق حاضر خواهیم پرداخت.

۲. مبانی نظری

منحنی کوزنتس بیش از چهار دهه است که مورد بحث قرار گرفته و کشورهای چین، ترکیه، پاکستان، مالزی و عربستان سعودی پنج کشور متمایز در این زمینه علمی هستند که چین به تنهایی با ۲۲۴ مقاله بیشترین فعالیت علمی را در این زمینه دارد و پس از آن ترکیه با ۱۲۸ مقاله و پاکستان با ۹۹ مقاله قرار دارند. (عجمی^۱ و همکاران، ۲۰۲۳) "منحنی زیست محیطی کوزنتس" در یک کشور نشان می‌دهد که بین آلودگی زیست محیطی و رشد اقتصادی آن یک رابطه U شکل معکوس وجود دارد. که با توجه به رشد سریع اقتصادی یک کشور، در ابتدا تخریب محیط زیست افزایش می‌یابد، اما در مراحل بعدی، آلودگی شروع به کاهش می‌کند. (عبدالفاروق^۲ و همکاران، ۲۰۲۴).

بر اساس تعریف ارائه شده از سوی بانک جهانی^۳ تولید ناخالص داخلی^۴ بیان‌کننده مجموع ارزش افزوده توسط همه تولید کنندگان آن طی یک دوره معین است. (بانک جهانی، ۲۰۲۵) که نقشی اساسی در روند بازبینی و سنجش رشد اقتصادی کشورها داشته (اویسی و همکاران، ۱۴۰۰) و همچنین نقشی کلیدی در مطالعه‌ی حاضر و به خصوص فرضیه زیست محیطی کوزنتس دارد. از طرفی دیگر همانطور که مطالعات نشان می‌دهد، رشد و توسعه اقتصادی

^۱ Ajmi et al.

^۲ Farooq et al.

^۳ WORLD BANK

^۴ Gross domestic product (GDP).

به شدت به مصرف انرژی وابسته است زیرا نقش مهمی در تولید داشته و عاملی کلیدی در رشد اقتصادی به شمار می‌رود. (سان و همکاران^۱، ۲۰۲۲)

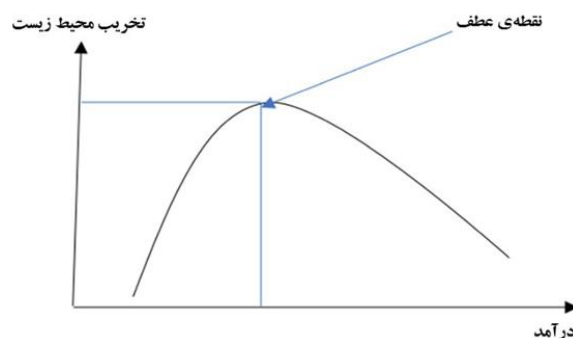
تولید ناخالص داخلی به عنوان شاخصی برای ارزیابی رشد و توسعه اقتصادی و حتی توسعه پایدار استفاده می‌شود اما باید به این نکته توجه داشت که تولید ناخالص داخلی توانایی سنجش آسیب‌های زیست محیطی را ندارد و صرف رشد اقتصادی مثبت به شکلی مستمر می‌تواند موجب آسیب به محیط زیست شود بنابراین مفهومی تحت توسعه پایدار شکل گرفته است که بیان می‌کند توسعه پایدار است که نیازهای کنونی جهان را تامین کند بدون اینکه توانایی نسل‌های آتی را در برآوردن نیازهای خود به مخاطره افکند. بنابراین می‌توان اینگونه گفت که توسعه پایدار، فرآیند توسعه اقتصادی همراه با حفاظت محیط زیست و احترام به عدالت اجتماعی است. (امینی و خلیلی، ۱۴۰۰)

همانگونه که اشاره شد رشد و توسعه اقتصادی بدون مصرف انرژی ناممکن است. بنابراین رشد اقتصادی و مصرف انرژی می‌توانند منشأ اثرات زیست محیطی باشند که از یک سو افزایش رشد اقتصادی باعث استفاده بیش‌تر از منابع طبیعی می‌شود و از سوی دیگر تولید کالاهای با کیفیت پایین‌تر نیز آلودگی محیط زیست را افزایش می‌دهد. (حسین‌زاده و مرادی، ۱۴۰۲) با این وجود برخی کشورها همچنان ترجیح می‌دهند با به خطر انداختن کیفیت محیطی نرخ رشد اقتصادی خود را تسریع بخشند، زیرا ترجیح دولت بر این است که فرصت‌های شغلی ایجاد کند و درآمد سرانه را افزایش دهد. اما هرچه زمان بیشتری می‌گذرد مردم شروع به ارزش گذاری برای کیفیت محیط می‌کنند زیرا درآمد بالاتر باعث افزایش آگاهی می‌شود؛ در ادامه‌ی این روند، ممکن است از فناوری‌های کارآمدتر انرژی که موجب افزایش بهره‌وری می‌شود استفاده شود که منجر به کاهش شدت انرژی شده که به نوبه خود منجر به افزایش کیفیت محیط می‌شود. (عبدالفاروق و همکاران، ۲۰۲۴)

منحنی زیست محیطی کوزنتس بیان می‌کند که هدف اولیه دولت‌ها ایجاد ثروت و درآمد اضافی از طریق افزایش تولید است، نه داشتن هوای پاک. بنابراین در مراحل اولیه توسعه اقتصادی، افزایش قابل توجهی در تخریب محیط زیست به دلیل آلودگی اکوسیستم (به دلیل

^۱ Sun et al.

بهره‌برداری بیش از حد از منابع برای تولید) وجود دارد. که با توسعه اقتصاد، تلاش‌هایی برای مقابله با این روند با اتخاذ فناوری‌های پاک‌تر صورت می‌گیرد. با افزایش ثروت کشور، ساختار صنعت دستخوش تغییراتی می‌شود که چارچوب زیربنایی اقتصاد را تغییر می‌دهد. در این مدت، مشاغل و صنایع به استفاده از فناوری پاک‌تر تغییر می‌کنند و کیفیت محیطی اهمیت بیشتری پیدا کرده و کارایی انرژی را افزایش می‌دهند. (عجمی و همکاران^۱، ۲۰۲۳) از این رو می‌توان گفت که رشد اقتصادی چرخه‌ای برای بهبود محیط‌زیست است. (عبدالفاروق و همکاران، ۲۰۲۴) و به تبع آن هرچه رشد اقتصادی بیشتر شود می‌توان انتظار بهبود محیط زیست را داشت. اما توجه به این نکته لازم است که رابطه U شکل معکوس بین تخریب محیط زیست و درآمد به درستی توسط خود کوزنتس به عنوان یک حدس و نه یک "قانون" تلقی شد، زیرا داده‌های جدیدتر نشان می‌دهد که چنین رابطه‌ای قابل تعمیم نیست و زمان نقطه عطف برای هر کشور متفاوت است و همه کشورها یکسان رفتار نمی‌کنند. (برتراند حماید^۲، ۲۰۲۲)



شکل ۲: منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (اعظم و همکاران، ۲۰۲۴)

تولید جوامع با پیشرفت تکنولوژی افزایش یافته، ولی از آنجایی که سهم زیاد انرژی مورد نیاز جهان توسط سوخت‌های فسیلی تامین می‌شود، استفاده بیش از حد از این منابع مشکلات عظیمی را به همراه داشته است. اولاً، تخمین زده می‌شود که یک روز عرضه انرژی تمام خواهد شد زیرا منابع انرژی تجدیدناپذیر منابع محدودی هستند و عمر محدودی دارند. (طول

^۱ Ajmi et al.

^۲ Hamaide, B.

عمر ذخایر جهانی نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ به ترتیب ۵۳/۵، ۴۸/۸ و ۱۳۹ سال است). ثانیاً، ذخایر انرژی تجدیدناپذیر به شدت در مناطق خاصی متمرکز شده‌اند به عنوان مثال، کشورهای اوپک تقریباً ۷۰ درصد از ذخایر نفت جهان را در اختیار دارند. این تمرکز باعث ایجاد مشکلات امنیت انرژی در کشورهای واردکننده انرژی می‌شود. (آیدین^۱ و همکاران، ۲۰۲۳) که این موضوع خود به تنهایی یکی از دلایل لزوم گذار به انرژی‌های تجدیدپذیر است که می‌تواند منجر به جلوگیری تخریب محیط زیست شود و از طریق تکنولوژی سبز و شغل‌های جدید محرک‌هایی برای رشد اقتصادی ایجاد کند. (تاجمیر ریاحی ریحانه، ۱۴۰۰) در اقتصاد منابع طبیعی و محیط زیست، ارتباط بین رشد اقتصادی و آلاینده‌های محیط زیست اغلب به عنوان یک مفهوم به هم پیوسته مطرح می‌شود. (عسگری و همکاران، ۱۴۰۱). انسان‌ها در چند سال اخیر با خطر آلودگی محیط زیست مواجه بوده و خوشبختانه آنرا به خوبی درک کرده‌اند، انواع آلودگی‌های محیطی تمام کره زمین را درگیر کرده و حیات موجودات زنده را به خطر انداخته است. به همین دلیل جامعه جهانی برای حفاظت از محیط زیست و بازبینی و اصلاح روش‌های توسعه دست به کار شده و تمام فعالیت‌های دولت‌ها و جوامع را تحت الشعاع قرار داده است به گونه‌ای که توسعه پایدار امروزه از مهمترین مباحث جامعه جهانی می‌باشد. (روزبه و همکاران، ۱۴۰۲)

توسعه پایدار، سازگاری با محیط زیست، صرفه‌های اقتصادی و پایان ناپذیری و قابلیت اطمینان بالا از مزیت‌های اصلی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بوده (عوضپور و همکاران، ۱۳۹۹) که با اقدام سریع برای کاهش انتشار دی‌اکسید کربن، به ازای هر ۱ دلار هزینه کردن در گذار انرژی، بازدهی بین ۱٫۵ تا ۵ دلار حاصل می‌شود. (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۲۱) که با استفاده به موقع از این فناوری‌ها می‌توان از مرحله اول منحنی کوزنتس گذر کرده و آلودگی و تخریب زیست محیطی کمتری را ایجاد کرد.

^۱ Aydin et al.

۳. پیشینه پژوهش

در این قسمت به بررسی مطالعات صورت گرفته‌ی داخلی و خارجی در خصوص منحنی زیست محیطی کوزنتس در جدول ۱ پرداخته می‌شود:

جدول ۱: مطالعات داخلی و خارجی انجام شده			
الف) مطالعات داخلی انجام شده			
نویسندگان	سال	منطقه	نتیجه
(شاهدانی و همکاران)	۱۴۰۰	ایران -۱۹۶۰ ۲۰۱۷	در این مقاله به بررسی منحنی کوزنتس زیست محیطی در ایران با مدل $ARDL$ پرداخته شده که یافته‌ها نتایج مدل پویا نشان می‌دهد که مساحت زمین‌های تحت کشت تأثیری منفی و تولید ناخالص داخلی (GDP) و صادرات تأثیری مثبت بر انتشار N_2O دارند. و فرض وجود منحنی کوزنتس در ایران رد نمی‌شود. نقطه حداکثری نمودار برای کشور ایران برحسب تولید ناخالص داخلی سرانه، رقمی حدود ۷۵۰۰ دلار خواهد بود. بنابراین اگر از این میزان جلوتر برویم، میزان انتشار N_2O کاهش پیدا خواهد کرد. و کشور ایران در حال حاضر در مسیر صعودی منحنی کوزنتس قرار دارد.
(احمدیان و همکاران)	۱۳۹۸	-----	نتایج این مقاله نشان می‌دهد که منحنی پویای محیط زیست کوزنتس در خارج از شرایط پایدار و بهینه قرار دارد. در این مطالعه در مسیر رشد و توسعه‌ی اقتصادی، تخصیص سرمایه برای اقداماتی که منجر به جلوگیری از انتشار آلودگی در طی زمان می‌شود افزایش یافته و در نقطه‌ی بهینه یا وضعیت پایدار متوقف می‌شود لازم به ذکر است این مقاله امکان بررسی و تحلیل نظری منحنی کوزنتس را در حالت مدل رشد برونزا ایجاد نمود و منحنی کوزنتس به طور پویا در شرایط خارج از شرایط پایدار و بهینه برآورد استخراج می‌گردد. مدل مورد استفاده در این پژوهش پیشنهاد می‌کند که بخشی از سرمایه موجود باید برای جلوگیری و کاهش فعالیت‌های مخرب محیط زیست تخصیص یابد؛ از طرفی نیز تخصیص بهینه و مناسب سرمایه گذاری برای جلوگیری از فعالیت‌های مخرب آلودگی موجب کاهش سطح آلودگی می‌شود.

با هدف برآورد منحنی زیست محیطی کوزنتس نتایج برآورد نشان می‌دهد که قدرت پیش بینی الگوی انحراف مطلق خطاها (LAD) در الگوی پویا بیش‌تر از روش حداقل کردن مجذور انحراف خطا (LS) می‌باشد. همچنین نتایج تحقیق نشان می‌دهد، اقتصاد ایران در قسمت صعودی منحنی زیست محیطی کوزنتس قرار دارد. از طرفی به منظور رسیدن به نقطه‌ی بحرانی منحنی زیست محیطی کوزنتس، ۱۲ درصد از کل انرژی باید توسط انرژی‌های تجدید پذیر تولید شود. از طرفی دیگر نتایج نشان می‌دهد با افزایش ۱ درصدی تولید سرانه با توجه به وضعیت کنونی اقتصاد آلودگی سرانه ۰,۲۱ درصد افزایش خواهد داشت. همچنین نتایج بیان می‌کند با افزایش یک درصدی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با توجه به وضعیت کنونی اقتصاد، آلودگی سرانه ۰,۰۷ درصد کاهش خواهد یافت.	ایران	۱۳۹۴	(حسین استاد زاده و بهلولی)
در این مقاله با استفاده از روش LSTR سعی شده است که فرضیه کوزنتس مورد آزمون تجربی قرار بگیرد. نتایج تحقیق نشان دهنده‌ی این است که رابطه‌ای غیر خطی و مثبت بین درآمد سرانه و دی اکسید کربن سرانه وجود دارد که روش انجام شده وجود دو رابطه بین متغیرها را مورد تایید قرار می‌دهد در هر دو رژیم با افزایش درآمد سرانه تخریب محیط زیست افزایش می‌یابد ولی در رژیم دوم تاثیر گذاری درآمد سرانه بر تخریب محیط زیست نسبت به رژیم اول کمتر می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که با ادامه روند کنونی شاید بتوان در آینده به چنین سطحی از درآمد دست یافت که در آن تخریب محیطی زیست کاهشی باشد بنابراین می‌توان گفت بر اساس نتایج این مطالعه وجود منحنی زیست محیطی کوزنتس برای کشور ایران مورد تایید قرار نمی‌گیرد.	ایران -۱۹۶۰ ۲۰۰۶	۱۳۹۱	(فلاحی و همکاران)
در این مقاله نشان داده می‌شود که شیوه تصمیم گیری خانوار به گونه‌ای است که با افزایش درآمد، ابتدا آلودگی محیط زیست افزایش می‌یابد و سپس جانشینی کالای تمیز با کثیف، آلودگی محیط زیست را کاهش می‌دهد این فرآیند به گونه‌ای است که تاییدی بر وجود منحنی محیط زیست کورنتس است. در این مدل محیط زیست محصول جانبی فعالیت خانوار است و خانوار دارای سیدی مصرفی شامل دونوع کالای تمیز و کثیف است. خانوار	ایران	۱۳۹۰	(خوش اخلاق و همکاران)

می تواند از طریق تنظیم نوع سبد مصرفی، مقدار آلودگی محیط را تعیین می کند. یک تابع مطلوبیت کاب داگلاس و با برقراری شروط مرتبه ی اول کان تاكر، نقاط تعادلی به شکلی سبد مصرفی تعادلی خانوار را تعیین می کند که خانوار با افزایش درآمد، مصرفش را از کالاهای کثیف به کالاهای تمیز تغییر می دهد و با این کار محیط پاکیزه تری خریداری می کند.			
مطالعات خارجی انجام شده			
هدف از انجام این مطالعه استخراج منحنی کوزنتس برای کشورهای G۷ با استفاده مدل CGE است. در این مطالعه، اثرات بهره وری انرژی، بر انتشار CO ₂ ، بر شدت کربن و رشد اقتصادی را در نظر گرفته که نتایج نشان می دهد با بهبود ۳ درصدی بهره وری، تا سال ۲۰۵۰، تولید ناخالص داخلی نزدیک به ۱۲ درصد افزایش می یابد و انتشار کربن ۴٫۴ درصد کاهش می یابد. ترکیب این دو اثر به یک رابطه U شکل معکوس بین رشد اقتصادی و انتشار کربن منجر شده است. و در بین کشش جایگزینی، کشش جایگزینی سرمایه و انرژی و همچنین کشش جایگزینی ورودی های انرژی بیشترین تأثیر را بر EKC دارد. همچنین در صورت اعمال مالیات کربن، شیب EKC منفی می شود. نتایج نشان می دهد که مالیات کربن و تخصیص آن به بخش های انرژی های تجدیدپذیر اثرات زیست محیطی را بهبود می بخشد.	کشورهای G۷ طی دوره -۱۸۶۱ ۲۰۲۱	۲۰۲۴	(شهباز و همکاران) ^۱
در این مطالعه کشورها بر اساس طبقه بندی بانک جهانی به چهار گروه درآمدی (کشورهای کم، متوسط به پایین، متوسط به بالا و با درآمد بالا) طبقه بندی می شوند. نتایج تجربی وجود EKC را در ۱۱ کشور با درآمد کم، ۱۵ کشور با درآمد متوسط پایین، ۳۴ کشور با درآمد متوسط بالا و ۲۴ کشور با درآمد بالا از ۱۸۲ کشور تأیید می کند، علاوه بر این، تأثیر مثبت استفاده از انرژی و رشد جمعیت بر انتشار CO ₂ با این فرضیه سازگار است. بنابراین، این مطالعه نتیجه می گیرد که فرضیه EKC در ۸۴ کشور تأیید می شود. این یافته ها نشان می دهد که دولت ها برای دستیابی به توسعه پایدار	برای ۱۸۲ کشور بر اساس داده های سری زمانی سالانه است.	۲۰۲۴	(محمد اعظم و همکاران) ^۲

^۱ Shahbaz et al.

^۲ Azam Khan et al.

باید انتشار کربن کم و فناوری سبز را در اولویت قرار دهند. این تحقیق توصیه می‌کند که نهادهای حاکم بر رسیدن به نقطه عطف از نظر کاهش انتشار CO ₂ به جای انجام اقدامات دیگر تمرکز کنند.			
این مطالعه از چارچوب حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده استفاده کرده که یافته‌های مطالعه نشان می‌دهد فرم خطی EKC در مقایسه با فرم N شکل برای آسیای مرکزی قابل تصور است. این موضوع به این واقعیت مرتبط می‌شود که کشورهای آسیای مرکزی در مرحله اول EKC هستند. همچنین در این مطالعه مشاهده شد که تولید ناخالص، ردپای زیست‌محیطی، مصرف انرژی و سازگاری با تغییرات آب و هوایی بر انتشار دی‌اکسید کربن در بلندمدت تأثیر مثبت دارد. علاوه بر این، علیت دو طرفه از تولید ناخالص داخلی و سازگاری با تغییرات آب و هوایی با انتشار CO ₂ وجود دارد، در حالی که علیت بین انتشار و مصرف انرژی یک طرفه است.	کوزنتس کشورهای آسیای مرکزی در دوره ۱۹۹۵- ۲۰۱۸	۲۰۲۳	(کاپورین و همکاران) ^۱
عملکرد کلان اقتصادی چین می‌تواند نگرانی‌های زیست محیطی بیشتری را برای جهان و خود کشور ایجاد کند هدف این مقاله بررسی مطالعات تجربی در مورد آزمون فرضیه EKC با استفاده از نمونه‌های مختلف آلودگی و نمونه‌های منطقه در چین است. در بررسی مقالات چینی، اعتبار فرضیه EKC بیشتر از عدم وجود آن یافت می‌شود. این مطالعه ادبیات تجربی EKC را در چین مرور کرده و مشاهده شده که ۹۲ مطالعه از ۱۱۷ مطالعه وجود فرضیه EKC را در چین تأیید می‌کنند. اما در این بین ۱۷ مطالعه نتوانستند فرضیه EKC را تأیید کنند، نتایج پژوهش تأیید می‌کند که اگر یک مطالعه تجربی از یک پروکسی آلودگی جهانی استفاده کند، احتمال وجود منحنی کوزنتس ۵/۰۸ برابر بیشتر از عدم وجود آن است. علاوه بر این، اگر یک مطالعه تجربی از داده‌های استانی، شهری، صنعتی یا بخشی چینی استفاده کند، احتمال وجود منحنی کوزنتس ۴/۴۶ برابر بیشتر از عدم وجود آن است.	چین	۲۰۲۳	(محمود و همکاران) ^۲

^۱ Caporin et al.

^۲ Mahmood et al.

(میشرا موکش کوما ^۱)	۲۰۲۰	-----	به بررسی استراتژی‌های مختلف برای حفاظت از آب و هوای جهانی، محیط‌زیست و مکانیسم رشد سبز برای منابع طبیعی می‌پردازد و الزاماتی چون توافق‌نامه آب و هوای پاریس و دستور کار ۲۰۳۰ را بررسی می‌کند. عنوان می‌شود که ما به این دلیل به رشد سبز نیاز داریم که خطرات توسعه در حال افزایش است، تغییرات اقلیمی، کمیابی آب و آلودگی منابع آن، از دست دادن تنوع زیستی و تخریب اکوسیستم‌ها و منابع زمین‌های خطرناک را برای بشریت و به خصوص افراد فقیر ایجاد می‌کند. به منظور جلوگیری از بلایای زیست محیطی با ابعاد جهانی، باید انتشار آلودگی و مصرف منابع تجدید ناپذیر را در طی چند دهه به طور اساسی کاهش دهیم. این امر مستلزم در نظر گرفتن مکانیسم مدل منحنی کوزنتس و اصلاحات بیشتر برای توسعه سیستم حاکمیت اقتصادی جهانی و بازسازی سیستم‌های تشویقی در سطح ملی است.
(استرن دیوید ^۲)	۲۰۱۴	-----	در مقاله‌ای تحت عنوان منحنی زیست محیطی کوزنتس: یک آغازگر. منحنی کوزنتس زیست محیطی ^۳ EKC را یک رابطه فرضی بین شاخص‌های مختلف تخریب محیط زیست و درآمد سرانه معرفی می‌کند. و عنوان می‌شود همانطور که اقتصادها غنی‌تر می‌شوند، اثرات زیست محیطی ابتدا افزایش می‌یابد اما در نهایت کاهش می‌یابد. در واقع، اگرچه برخی از انواع تخریب محیط زیست در کشورهای توسعه یافته کاهش یافته است، اما در برخی دیگر کاهش نیافته‌اند. شواهد ارائه شده در این مقاله نشان می‌دهد که تجزیه و تحلیل آماری که منحنی کوزنتس زیست محیطی بر آن استوار است، قوی نیست. شواهد کمی برای یک مسیر U شکل معکوس مشترک وجود دارد که کشورها با افزایش درآمد از آن پیروی می‌کنند. اما باید با رویکردهای اقتصادسنجی جدیدتر آزمایش شود ولی بعید به نظر می‌رسد که EKC یک مدل کامل باشد.
(شهباز و همکاران ^۴)	۲۰۱۳	رومانی	هدف این مقاله بررسی رابطه پویا بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار CO ₂ است. در انجام این کار، نتایج رابطه بلندمدت

^۱ Mishra, M, k.

^۲ Stern, D.

^۳ Environmental Kuznets Curve

^۴ Shahbaz et al.

بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلاینده‌های انرژی تایید می‌شود همچنین شواهد نشان می‌دهد که منحنی زیست محیطی کوزنتس هم در دوره‌های بلند و هم کوتاه مدت در رومانی یافت می‌شود. نتایج وجود رابطه بلندمدت بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلاینده‌های انرژی را هم تایید می‌کند. طبق توافق اتحادیه اروپا، رومانی باید سهم منابع تجدیدپذیر را در ترکیب کلی انرژی و پروژه‌های بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های مسکونی، صنعت و حمل‌ونقل افزایش دهد علاوه بر این، به نظر پژوهشگران، مقام‌های رومانیایی می‌توانند از چندین ابزار سیاسی دیگر مانند: تجدید ساختار مالیات‌های زیست‌محیطی و بازنگری در نرخ مالیات انرژی، حمل و نقل و مالیات آلودگی استفاده نمایند.	۱۹۸۰- ۲۰۱۰		
--	---------------	--	--

۴. روش شناسی

مدل تجربی مطالعه‌ی حاضر به دوشیوه صورت می‌گیرد. در ابتدای امر به بررسی و تجزیه و تحلیل متغیرها و تخمین رگرسیون متغیرهای انتخابی در مطالعه‌ی حاضر پرداخته و سپس، با توجه به نتایج بدست آمده در قسمت اول باتوجه به پویایی سیستم‌ها اقدام به رسم نمودار حالت-جریان نموده و به اعمال سناریوهای مربوطه می‌پردازیم. بنابراین مطالعه حاضر با هدف تبیین پویا رابطه تولید ناخالص داخلی و تقاضای کل انرژی ایران در چارچوب منحنی کوزنتس، با بهره‌گیری از داده‌های موجود در بانک جهانی، بانک مرکزی و ترازنامه انرژی اقدام به انجام آزمون مانایی در مرحله‌ی اول کرده، که نتایج نشان می‌دهد بهترین مدل برای تخمین در دوره زمانی ۱۳۷۹ الی ۱۳۹۹، روش ARDL می‌باشد.

این مدل در زمینه‌ی تقاضای حامل‌های انرژی بیشتر مورد استفاده قرار گرفته که از سویی توانایی استفاده همزمان از متغیرهای مانا و متغیرهایی که با یک بار تفاضل گیری مانا می‌شوند و از سوی دیگر به دلیل در نظر گرفتن پویایی کوتاه مدت و بلند مدت برای پیش بینی بسیار مفید واقع شده و از مهم‌ترین ویژگی‌های این مدل است که منجر به استفاده گسترده از آن شده است (حافظی و دلفان، ۱۴۰۱) باتوجه به موارد ذکر شده و با تخمین مدل نتایج حاصل از تخمین در این دوره زمانی در جدول ۲ بخش نتایج قابل مشاهده می‌باشد.

سپس در قسمت دوم مدل تجربی با استفاده از سیستم‌های پویا و با توجه به رگرسیون ۱ مدلی پویا را با توجه به هدف مطالعه در نظر می‌گیریم که در شکل ۶ نمودار حلقوی علی و معلولی مورد بررسی در این مطالعه مشاهده می‌شود. می‌دانیم که برای درک جهان دو نگرش پویا و ایستا مطرح است. در نگرش ایستا به جهان در یک مقطع زمانی علت یا علل یک رخداد بررسی و جستجو می‌شود و به زمان‌های قبل و بعد از رخداد اصلاً توجه نمی‌شود. اما در نگرش پویا، زمان یک بعد مهم و حیاتی در تفکر و تحلیل است همچنین در نگرش پویا، برعکس نگرش ایستا، وقایع و رخدادها کانون توجه نیستند، بلکه روندهایی مورد توجه‌اند که رخدادها می‌توانند نمودی از آن روندها باشند. (مشایخی علینقی، ۱۳۹۶) بنابراین با توجه به اهمیت پویایی سیستم‌ها در بخش دوم مدل به پویایی مدل می‌پردازیم.

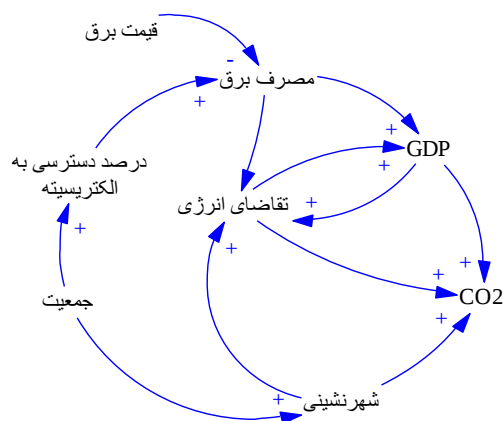
$$LT_{it} = \beta_0 + \beta_1 LCO_{it} + \beta_2 LP_{it} + \beta_3 LGDP_{it} + \beta_4 LGDPP_{it} + \beta_5 LURB_{it} + \beta_6 LAE_{it} + \beta_7 LMB_{it} + \beta_8 LPE_{it} + \varepsilon_t$$

جدول ۱: سنجش مانایی متغیرها

مانایی	نماد متغیر	متغیر
I(۱)	LT	تقاضای انرژی
I(۰)	LP	جمعیت
I(۱)	LCO ^۲	CO _۲
I(۰)	LGDP	GDP
I(۰)	LGDPP	GDP ^{۸۲}
I(۰)	LURB	شهرنشینی
I(۰)	LAE	درصد دسترسی به الکتریسیته
I(۰)	LMB	مصرف برق
I(۰)	LPE	قیمت انرژی

منبع: یافته‌های پژوهش

همان طور که اشاره شد، در قسمت دوم مدل تجربی، با استفاده از رگرسیون ۱ و با توجه به روابط موجود بین متغیرها، نمودار حلقوی علی و معلولی در این مطالعه در شکل ۳ رسم شده و روابط بین متغیرها با علامت‌های مثبت و منفی مشخص شده است.



شکل ۳: نمودار حلقوی علی و معلولی در این مطالعه

۵. یافته‌های تجربی

با تخمین مدل طی دوره ۱۳۷۹-۱۳۹۹ نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که در کوتاه مدت تمامی متغیرها هم در پنج درصد و هم در ده درصد معنادار هستند. از طرفی ضریب تعیین در این مدل تقریباً ۹۹ درصد است که بدان معنی است که ۹۹ درصد تغییرات در تقاضای انرژی به دلیل تغییر در متغیرهای انتخابی مورد مطالعه در این مقاله بوده که در این راستا حدود ۵۹ درصد تغییرات تقاضای انرژی به دلیل تغییرات در تولید ناخالص داخلی است که این درصد بسیار بالا نشان دهنده‌ی این است که افزایش در تولید ناخالص داخلی به تبع نیاز به میزان بالای انرژی دارد که بیانگر تأثیر مثبت و مستقیم میان این دو متغیر است.

جدول ۲: نتایج و تست‌های مدل تجربی

رابطه‌ی کوتاه مدت متغیرها				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LT(-۱)	۰/۴۱۲۷۶۲	۰/۰۱۸۰۹۲	۲۲/۸۱۴۵۲	۰/۰۰۰۰
LGDP	۵۹/۶۱۱۵۵۱	۵/۲۴۲۵۴۳	۱۱/۳۷۰۷۳	۰/۰۰۰۰
LGDP	-۰/۸۰۱۹۲۱	۰/۰۷۰۶۷۸	-۱۱/۳۴۶۰۸	۰/۰۰۰۰
LURB	۴/۷۰۹۹۳۹	۰/۸۶۶۱۹۲	۵/۴۳۷۵۲۶	۰/۰۰۰۳
LMB	-۰/۹۷۶۵۱۳	۰/۰۳۱۸۵۱	-۳۰/۶۵۹۱۹	۰/۰۰۰۰
LCO۲	۰/۲۲۷۲۲۶	۰/۰۴۴۸۶۰	۵/۰۶۵۱۸۵	۰/۰۰۰۵
LP	۳/۴۲۸۱۸۴	۰/۴۵۶۳۰۹	۷/۵۱۲۸۵۱	۰/۰۰۰۰
LPE	-۰/۱۰۵۴۶۷	۰/۰۰۴۰۱۱	-۲۶/۲۹۵۹۰	۰/۰۰۰۰
LAE	-۴/۵۶۵۹۹۵	۰/۳۳۳۲۹۴	-۱۳/۶۹۹۶۱	۰/۰۰۰۰
C	-۱۱۳۰/۲۰۹	۱۰۰/۲۲۸۷	-۱۱/۲۷۶۳۰	۰/۰۰۰۰
R-squared	۰/۹۹۴۲۱۶			
Adjusted R-squared	۰,۹۸۹۰۱۰			
F-statistic	۱۹۰/۹۷۹۴			
Prob(F-statistic)	۰/۰۰۰۰۰۰			
رابطه‌ی بلند مدت				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LGDP	۱۰۱/۵۱۱۷	۱۱/۸۹۵۰۰	۸/۵۳۳۹۸۳	۰/۰۰۰۰
LGDP	-۱/۳۶۵۵۸۲	۰/۱۶۰۲۹۴	-۸/۵۱۹۲۵۲	۰/۰۰۰۰
LURB	۸/۰۲۰۴۹۹	۱/۲۷۶۸۷۸	۶/۲۸۱۳۳۶	۰/۰۰۰۱
LMB	-۱/۶۶۲۸۹۱	۰/۰۶۲۹۸۵	-۲۶/۴۰۱۴۶	۰/۰۰۰۰
LCO۲	۰/۳۸۶۹۴۱	۰/۰۶۶۴۰۳	۵/۸۲۷۱۳۷	۰/۰۰۰۲
LP	۵/۸۳۷۸۱۳	۰/۹۴۰۴۷۸	۶/۲۰۷۲۸۶	۰/۰۰۰۱
LPE	-۰/۱۷۹۵۹۸	۰/۰۰۶۳۸۰	-۲۸/۱۵۱۷۶	۰/۰۰۰۰
C	-۱۹۲۴/۶۲۰	۲۲۶/۸۹۹۳	-۸/۴۸۲۲۶۵	۰/۰۰۰۰
EC = LT - (۱۰/۵۱۱۷*LGDP - ۱/۳۶۵۵۸۲*LGDP + ۸/۰۲۰۴۹۹*LURB - ۱/۶۶۲۸۹۱*LMB + ۰/۳۸۶۹۴۱*LCO۲ + ۵/۸۳۷۸۱۳*LP - ۰/۱۷۹۵۹۸*LPE - ۱۹۲۴/۶۲۰)				
آزمون خود همبستگی	Prob. F(۱,۹)		۰,۱۵۷۱	
همسانی واریانس براش- پیگن	Prob. F(۸,۱۱)		۰,۴۵۱۰	
همسانی واریانس آرچ	Prob. F(۱,۱۷)		۰,۵۵۱۹	
CointEq(-۱)*	-۰,۵۸۷۲۳۷	۰,۱۰۳۹۷۰	-۵,۶۴۸۱۶۳	۰,۰۰۰۲

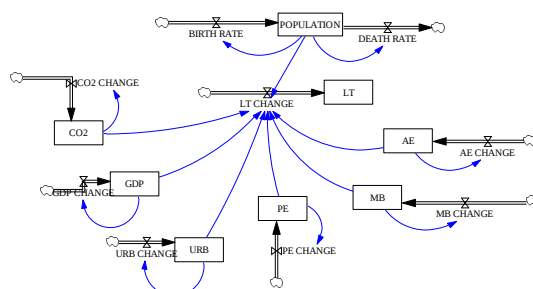
منبع: یافته‌های تحقیق

علاوه بر این، با انجام آزمون ثبات و پایداری مشخص می‌شود که در سال‌های مورد بررسی پژوهش، ثبات و پایداری وجود دارد.



شکل ۴: آزمون پایداری در این پژوهش

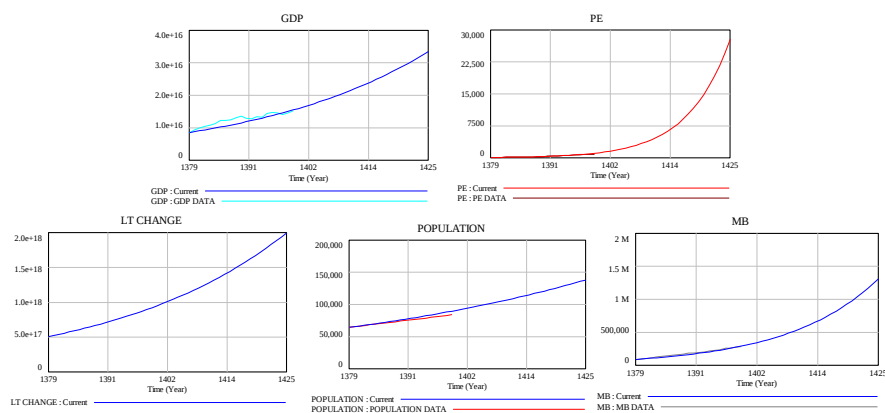
در قسمت دوم مدل تجربی لازم است به این نکته اشاره شود که نمودارهای علی معلولی در بسیاری از موقعیت‌ها مفیدند این نمودارها برای نمایش وابستگی‌های متقابل و فرایندهای بازخوردی مناسب هستند و در شروع یک پروژه مدل سازی نقش موثری در ارائه مدل‌های ذهنی ایفا می‌کنند اما نکته اینجاست که این نمودارها محدودیت‌هایی نیز دارند. یکی از مهم ترین محدودیت‌های نمودارهای علی ناتوانی آنها در نمایش ساختار متغیرهای حالت و جریان سیستم‌ها است. (استرمن^۱، ۲۰۰۰) بنابراین، با توجه به نمودار حلقوی رسم شده و رگرسیون ۱ در این مطالعه اقدام به رسم نمودار حالت-جریان کرده که در شکل ۵ قابل مشاهده است.



شکل ۵: نمودار حالت-جریان در این مطالعه

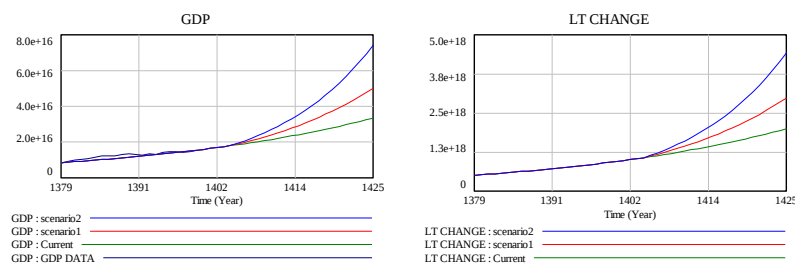
^۱Sterman, J.D.

سپس با اجرای مدل، خروجی‌های موجود در شکل شماره ۶ حاصل شده که همان طور که مشاهده می‌شود روند داده‌های حقیقی با روند تخمین زده شده نزدیک بوده و می‌توان گفت مدل با توجه به تولید مجدد رفتار (اعمال و مقایسه داده‌های تاریخی موجود و روند شبیه سازی شده مدل) از اعتبار مناسبی برخوردار است. بنابراین در ادامه مدل تجربی به سناریو سازی و اعمال سیاست‌های رشد اقتصادی پرداخته تا تغییرات حاصل از رشد اقتصادی بر میزان کل مصرف انرژی مورد تبیین قرار گیرد.



شکل ۶: نتایج اولیه مدل قبل از انجام سناریوها

برای سناریو سازی در این مطالعه، اعمال دو سناریو با رشدهای اقتصادی پنج و هفت درصدی فرض شده است که نتایج هر سناریو در شکل ۷ قابل مشاهده است و طبیعی است که با رشد اقتصادی بیشتر در هر سناریو میزان تقاضای انرژی در هر سناریو افزایش یابد.



شکل ۷: نتایج حاصل از اعمال سناریوها

۶. بحث و نتیجه گیری

انتشار کربن دی اکسید ناشی از احتراق سوخت رشد ۱۰۶ درصدی را طی سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ داشته و به عدد ۶۴۲,۶۱۸ میلیون تن رسیده است که این امر موجب شده ایران رتبه‌ی اول منطقه را دارا باشد، یافته‌های این مقاله با هدف تبیین رابطه‌ی بین تولید ناخالص داخلی و مصرف کل انرژی در ایران با استفاده از دو مدل ARDL و پویا در چارچوب منحنی کوزنتس بیانگر این است که ۹۹ درصد تغییرات در کل مصرف انرژی به دلیل متغیرهای انتخابی در مدل مورد بررسی بوده که در این بین حدود ۶۰ درصد این تغییرات توسط متغیر تولید ناخالص داخلی ایران توضیح داده می‌شود و تمامی متغیرهای انتخابی در این پژوهش هم در بلند مدت و هم در کوتاه مدت در سطح پنج درصد معنی دار بوده و از اعتبار مناسبی برخوردار می‌باشند، سپس در ادامه با استفاده از اطلاعات موجود در بخش اول مدل تجربی اقدام به رسم نمودارهای حلقوی علی معلولی و حالت جریان کرده و با اعمال دو سیاست رشد پنج درصدی و هفت درصدی در قالب دو سناریو، یافته‌های موجود در سال‌های مورد بررسی بیانگر این موضوع می‌باشند که:

- رابطه‌ای مثبت بین تولید ناخالص داخلی و کل مصرف انرژی برقرار بوده و با افزایش تولید ناخالص داخلی ما شاهد افزایش کل مصرف انرژی نیز خواهیم بود.
- نتایج نشان دهنده این است که ایران در بخش اول منحنی کوزنتس بوده که این موضوع بیانگر ارتباط خطی بین این دو متغیر است و با افزایش تولید ناخالص داخلی طبیعتاً شاهد افزایش در مصرف انرژی خواهیم بود و به دلیل متکی بودن ایران به سوخت‌های فسیلی شاهد افزایش در میزان آلودگی نیز خواهیم بود.

بنابراین نتایج حاصل از مدل تجربی در قسمت اول و دوم نشان می‌دهند که کشور ایران در مرحله‌ی اول منحنی زیست محیطی کوزنتس قرار دارد که با مطالعات (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۹۰)، (استادزاده و بهلولی، ۱۳۹۴)، (سیفی پور رویا، ۱۴۰۰) و (مسنن مظفری و صبوچی، ۱۳۹۲) همسان بوده و این بدان معنی است که با افزایش تولید ناخالص داخلی ایران شاهد افزایش میزان مصرف انرژی در کشور بوده و از آنجایی که کشور به سوخت‌های

فسیلی متکی بوده طبیعی است که میزان آلودگی نیز همزمان با افزایش مصرف انرژی افزایش یابد. این مطالعه با توجه به تاثیر عوامل اثر گذار دیگر بر تقاضای انرژی پیشنهاد می‌دهد که تأثیر متغیرهایی مانند دما و شرایط آب و هوایی و نوع و تعداد وسایل نقلیه در مطالعات آینده مورد توجه قرار دهند که با توجه به این متغیرها می‌توان در قسمت مدل سازی پویا نیز حلقه‌های علی معلولی دیگری نیز بر اساس این متغیرها اضافه نمود و بازخورد حلقه‌های دیگر را نیز در مدل مشاهده کرد. با توجه به یافته‌های این پژوهش توصیه سیاستی‌ای که در این مقاله می‌تواند مورد توجه قرار گیرد تشویق متقاضیان انرژی برای استفاده از سیستم‌های کارآمدتر انرژی جهت مدیریت تقاضای انرژی و افزایش بهره‌وری انرژی و سرمایه گذاری در سیستم‌های انرژی‌های تجدید پذیر (ساخت پنل‌های خورشیدی و...) و توجه به اهداف ۱۷ گانه (SDG^۱) به خصوص تحقق اهداف شماره ۱۱ (شهرهای پایدار)، شماره ۷ (انرژی پاک و مقرون به صرفه) و شماره ۱۳ (اقدام برای آب و هوا) مانند کاهش کربن است که می‌تواند از جهتی موجب رشد و توسعه‌ی اقتصادی شود و از سویی دیگر نیز موجب گذار از مرحله‌ی اول منحنی زیست محیطی کوزنتس شود.

۷. تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض منافی وجود ندارد.

۸. سپاسگزاری

نویسندگان این پژوهش از همکاران و داوران محترم مجله کمال تشکر و سپاس را دارند.

ORCID

Amirreza Khalili

 <https://orcid.org/۰۰۰۹-۰۰۰۰-۴۹۷۱-۰۷۹X>

Mojtaba Bahmani

 <https://orcid.org/۰۰۰۰-۰۰۰۳-۰۲۵۷-۵۷۷۵>

Mehdi Nejati

 <https://orcid.org/۰۰۰۰-۰۰۰۳-۴۱۰۳-۸۶۹X>

^۱ Sustainable Development Goals

٩. منابع

احمدیان مجید، عبدلی قهرمان، جبل عاملی، فرخنده، شعبان خواه، محمود، و خراسانی، سیدعادل. (۱۳۹۸). استخراج منحنی پویای محیط زیست کوزنتس. اقتصاد مقداری (بررسیهای اقتصادی)،

۱۶ (۲)، ۳۶-۱. <https://sid.ir/paper/> fa۳۸۲۵۱۲

امینی، امراله و عموزاد خلیلی، حسن . (۱۴۰۰). الویت‌بندی روابط متقابل سهم منابع انرژی تجدیدپذیر در توسعه پایدار . پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران : ۹۵-۶۵، (۳۸)، ۱۰،

10,22.04/jiee.2022,70576,1883

اویسی، همایونی فر، مصطفوی، سیدمهدی و ناجی میدانی. (۱۴۰۰). اثر تغییرات بهره‌وری بخش‌های اقتصادی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر، انرژی گرمایی، رشد و توسعه اقتصادی. مدل‌سازی اقتصادی، ۱۵(۵۴)، ۶۷-۷۶.

تاجمیر ریاحی، ریحانه، ۱۴۰۰. در مسیر رشد سبزی: چگونه صنایع سبزی به محیط زیست حیات دوباره می بخشد. چاپ اول، انتشارات کنکاش.

حافظی، حسین و دلفان، محبوبه. (۱۴۰۱). پیش‌بینی بلندمدت تقاضای برق ایران (رویکرد مبتنی بر سناریوسازی با استفاده از رهیافت ترکیبی ARDL و ARIMA). پژوهشنامه اقتصاد انرژی

ابران، ۱۱ (۴۴)، ۷۱-۴۱. doi: ۱۰.۲۲۰۵۴/jiee.۱۹۵۹/۲۰۲۲, ۷۰۶۷۵

حافظی، حسین و ممی پور، سیاب. (۱۴۰۳). بررسی اثرات پویای مصرف سوخت‌های فسیلی روی انتشار دی‌اکسید کربن در ایران. مطالعات علوم محیط زیست، ۸۰(۱)، ۸۰۴۵-۸۰۳۱. doi:

10,22.34/jess.20.23,3904.9,2.24

خوش اخلاق، رحمان، دلّالی اصفهانی، رحیم، یارمحمدیان، ناصر. (۱۳۹۰). تحلیل منحنی زیست محیطی کوزن‌تس با استفاده از فرایند کیفیت زیست محیطی مشمول انتخاب سید مصر فی خانوار. تحقیقات

مدلسازی اقتصادی. ۲ (۶): ۸۵-۱۰۴

سلمان پور زنوز، علی. (۱۳۹۹). ارزیابی مسیر بهینه رشد اقتصادی، آلودگی و انباشت سرمایه: رویکرد الگوی سیستم پویا. نظریه های کاربردی اقتصاد، ۷(۲)، ۵۳-۷۶. doi:

٢٠٢٠, ١١٠٥٧/eco.j.١٠, ٢٢٠٣٤

سیفی، پور، رویا. (۱۴۰۰). بررسی منحنی کوزنتس محیط زیستی در بخش صنعت اقتصاد ایران. انسان و

محیط زیست، ۱۹ (۳ (۵۸ پیاپی))، ۱-۱۵، <https://sid.ir/paper/15-1> /fa۱۰۴۲۲۹۴

شکيبايي، عليرضا، حسيني، سيدمهدى، و خزاعي صادق. (۱۳۹۴). بررسي اثر ماليات انرژي بر شدت انرژي در کشورهاي منتخب OECD. همایش سياست های مالی و مالیاتی ایران

/fa ۸۹۳۰۰، <https://sid.ir/paper/>

- صادقی، شاهدانی، مهدی، محمدی سمجولی، علی اکبر، و رستگاری کوپایی، محمدجواد. (۱۴۰۰). بررسی منحنی کوزنتس زیست محیطی برای انتشار گاز N₂O در ایران با مدل ARDL علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۳(۶ (پیاپی ۱۰۹)، ۱۷۵-۱۸۶. <https://sid.ir/paper/fa950343>
- عسگری، حشمت اله، هواس بیگی، فاطمه و مریدیان علی. (۱۴۰۱). آزمون فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس در اقتصاد ایران با تاکید بر نقش متغیرهای توسعه ای: رویکرد ARDL تعمیم یافته با شکست ساختاری. تحلیل های اقتصادی توسعه ایران، ۸(۱)، ۱۹۹-۲۳۴. doi: ۲۰۲۱,۳۷۲۲۸,۱۲۹۲/ieda.۱۰,۲۲۰۵۱
- علیشیری، هدیه، سجادی فر، سیدحسین، محمدباقری اعظم. (۱۳۹۶). بررسی فرضیات منحنی کوزنتس محیط زیستی (مطالعه موردی آلودگی آب). مجله آب و فاضلاب، ۲۸(۱)، ۵۷-۶۴. doi: ۲۰۱۷,۳۹۴۷۴/wwj.۱۰,۲۲۰۹۳
- غزنوی شیوا، رفیعی حامد (۱۴۰۲). بررسی اثر تحقیق و توسعه بر کیفیت محیط زیست با تاکید بر ساختار منحنی کوزنتس اقتصاد و بازار کشاورزی؛ ۱ (۱) ۹۳-۸۶
- فلاحی، فیروز، اصغریور، حسین، بهبودی، داوود، و پورنظمی، سیمین. (۱۳۹۱). آزمون منحنی کوزنتس زیست محیطی در ایران با استفاده از روش LSTR. مطالعات اقتصاد انرژی، ۹(۳۲)، ۷۳-۹۳. <https://sid.ir/paper/fa99490>
- قزلباش، ندا، فرقانی، محمدعلی، و کاظمی، مهدی. (۱۳۹۵). ارزیابی روش های تولید مس بر اساس معیارهای تولید سبز (مطالعه موردی: شرکت ملی صنایع مس ایران). کنفرانس ملی مدیریت و اقتصاد جهانی. <https://sid.ir/paper/fa873858>
- کلاوس شوپ و تیه ری ماله ره، ترجمه: حسنی علیرضا (۱۴۰۰)، کووید-۱۹ بازتنظیم بزرگ، تهران ۹۷۸-۶۰۰-۲۸۳-۴۹۰-۶۰۰
- محجوب، امیرعلی، نوراللهی، یونس. (۱۴۰۰). تحلیل روند مصرف انرژی و تکنولوژی های استحصال آب کشور و بررسی جایگزینی برق خورشیدی. اکوهیدرولوژی، ۸(۴)، ۹۰۷-۹۲۳. doi: ۲۰۲۱,۳۱۴۸۸۳,۱۴۳۹/ije.۱۰,۲۲۰۵۹
- مشایخی، علینقی. ۱۳۹۸. پویایی شناسی سیستم ها-جلد یک: دیدگاه سیستمی، انتشارات آریانا قلم، تهران، ۹۷۸-۶۰۰-۷۶۷۷-۲۵-۴
- ملکیان، منصوره. (۱۳۹۹). فرصت ها و تهدیدهای ویروس کرونا برای محیط زیست. رهیافت، ۳۰(۷۹)، ۷۶-۶۳. <https://sid.ir/paper/fa952557>

References

- Acevedo-Ramos, J. A., Valencia, C. F., & Valencia, C. D. (۲۰۲۳). The Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Colombia: Impact of Economic Development on Greenhouse Gas Emissions and Ecological Footprint. *Sustainability*, ۱۵(۴). <https://doi.org/10.3390/su15043738>
- Ajmi, A. N., Bekun, F. V., Gyamfi, B. A., & Meo, M. S. (۲۰۲۳). A bibliometric review analysis into environmental kuznets curve phenomenon: A retrospect and

- future direction. *Heliyon*, ۹(۱۱), e۲۱۵۵۲.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21552>
- Amer, E. A., Meyad, E. M., Meyad, A. M., & Mohsin, A. K. (۲۰۲۴). The impact of natural resources on environmental degradation: A review of ecological footprint and CO₂ emissions as indicators. *Frontiers in Environmental Science*, ۱۲, ۱۳۶۸۱۲۵. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1368125>
- Ayad, H., Shuaib, M., Hossain, M., Haseeb, M., Kamal, M., & Rehman, M. (۲۰۲۴). Re-examining the Environmental Kuznets Curve in MENA Countries: Is There Any Difference Using Ecological Footprint and CO₂ Emissions? *Environmental Modeling & Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s10666-024-09977-7>
- Aydin, M., Koç, P., & Sahpaz, K. (۲۰۲۳). Investigating the EKC hypothesis with nanotechnology, renewable energy consumption, economic growth and ecological footprint in G₇ countries: panel data analyses with structural breaks. *Energy Sources. Part B Economics, Planning and Policy*, ۱۸. <https://doi.org/10.1080/15567249.2022.2163724>
- Azam Khan, M., Rehman, Z., Prof. of Economics, H. K., & Haouas, I. (۲۰۲۴). Empirical testing of the environmental Kuznets curve: evidence from ۱۸۲ countries of the world. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04890-1>
- Caporin, M., Cooray, A., Kuziboev, B., & Yusubov, I. (۲۰۲۳). New insights on the environmental Kuznets curve (EKC) for Central Asia. *Empirical Economics*, ۶۶. <https://doi.org/10.1007/s00181-023-02520-9>
- Farooq, A., Haider, A., Ahad, M., Shabbir, G., & Imran, Z. (۲۰۲۱). A validity of environmental Kuznets curve under the role of urbanization, financial development index and foreign direct investment in Pakistan. *Journal of Economic and Administrative Sciences*, ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/JEAS-10-2021-0219>
- Hamaide, B. (۲۰۲۲). Sustainability and the Environmental Kuznets Curve Conjecture: An Introduction. *Sustainability*, ۱۴(۱۲). <https://doi.org/10.3390/su14122372>
- Hosseini, S. M., Saifoddin, A., Shirmohammadi, R., & Aslani, A. (۲۰۱۹). Forecasting of CO₂ emissions in Iran based on time series and regression analysis. *Energy Reports*, ۵, ۶۱۹-۶۳۱. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.05.004> (In Persian).
<https://climateknowledgeportal.worldbank.org>
<https://www.iea.org/countries/iran/emissions>
<https://www.worldbank.org>
- IEA (۲۰۲۳). Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the ۱.۵ °C Goal in Reach, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-1.5-c-goal-in-reach>, Licence: CC BY ۴.۰
- Kalim, R., Ul-Durar, S., Iqbal, M., Arshed, N., & Shahbaz, M. (۲۰۲۴). Role of knowledge economy in managing demand-based environmental Kuznets Curve. *Geoscience Frontiers*, ۱۵(۴), ۱۰۱۵۹۴. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101594>
- Madani, K. (۲۰۲۱). Have International Sanctions Impacted Iran's Environment? *World*, ۲(۲), ۲۳۱-۲۵۲. <https://doi.org/10.3390/world2020010>
- Mahmood, H., Furqan, M., Hassan, M. S., & Rej, S. (۲۰۲۳). The Environmental Kuznets Curve (EKC) Hypothesis in China: A Review. *Sustainability*, ۱۵(۷). <https://doi.org/10.3390/su15076110>
- Mishra, Mukesh Kumar, ۲۰۲۰. "The Kuznets Curve for the Sustainable Environment and Economic Growth," [EconStor Preprints](https://www.econstor.org/preprints) ۲۱۶۷۲۴, ZBW - Leibniz Information Centre for Economics.

- Ostadzad, A. H., & Bahlouli, P. (۲۰۱۵). The Impact of Renewable Energy on the Environmental Kuznets Curve in Iran. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, ۲(۲), ۱۲۷-۱۵۴. (In Persian).
- Shahbaz, M., Mutascu, M., & Azim, P. (۲۰۱۳). Environmental Kuznets Curve in Romania and the Role of Energy Consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, ۱۸, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.012>
- Shahbaz, M., Nejati, M., Du, A. M., & Jiao, Z. (۲۰۲۴). A recursive dynamic CGE approach to investigate environmental Kuznets curve. *Journal of Environmental Management*, ۳۷۰, ۱۲۲۳۵۹. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122359>
- Sterman, J.D. *Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, ۲۰۰۰, McGraw-Hill, first volume (۲۹۲-۳۰۰).
- Stern, D. (۲۰۱۴). *The Environmental Kuznets Curve: A Primer* (CCEP Working Papers). Centre for Climate & Energy Policy, Crawford School of Public Policy, The Australian National University. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:een:ccepwp:1404>
- Sun, Y., Bao, Q., Siao-Yun, W., ul Islam, M., & Razzaq, A. (۲۰۲۲). Renewable energy transition and environmental sustainability through economic complexity in BRICS countries: Fresh insights from novel Method of Moments Quantile regression. *Renewable Energy*, ۱۸۴, ۱۱۶۵-۱۱۷۶.
- Tahbaz, Morad. (۲۰۱۶). Environmental Challenges in Today's Iran. *Iranian Studies*. ۴۹. ۹۴۳-۹۶۱. ۱۰.۱۰۸۰/۰۰۲۱۰۸۶۲, ۲۰۱۶, ۱۲۴۱۶۲۴.
- Taseh, M. (۲۰۲۲). The effect of global warming on climatic changes in Iranian cities and environmental needs. The second national conference and the first international conference of the future, the city of the future: focusing on sustainable smart cities. <https://civilica.com/doc/۲۰۶۱۳۷۲> (In Persian).
- Wang, Q., Ren, F., Li, R., Correspondence, Q., Wang, R., & Li. (۲۰۲۳). Exploring the impact of geopolitics on the environmental Kuznets curve research. *Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1002/sd.۲۷۴۳>
- Wang, S., Zafar, M., Vasbieva, D., & Yurtkuran, S. (۲۰۲۳). Economic growth, nuclear energy, renewable energy, and environmental quality: Investigating the environmental Kuznets curve and load capacity curve hypothesis. *Gondwana Research*, ۱۲۹, <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.06.009>