Journal of Agricultural Economics Research

Summer 2023. Vol 15. Issue 2

ISSN (Print): 2008-6407 - ISSN (Online): 2423-7248

Research Paper

Investigating the Effect of Technology Development on Economic Growth and Controlling the Spread of Pollution in the Agricultural Sector (by Implementing the Law on Targeted Energy Subsidies)

Fateme Taei Samirmi[1], Sadegh Khalilian[2*]
1-Tarbiat Modares University - Faculty of Agriculture
2-Associate Professor Tarbiat Modares University Faculty of Agriculture

Received:2021/5/7
Accepted:2023/8/6
PP:13-28

Use your device to scan and read the article online

DOI:
10.30495/jae.2023.27979.2242

Keywords:
agriculture, Environmental Kuznets Curve, autoregressive distributed lag (ARDL) approach, energy subsidies.

Abstract

Introduction: The use of new technologies reduces the spread of pollution; However, due to the rebound effect (RE), it needs further investigation. The purpose of this study is to investigate the effect of technology development (energy efficiency effect and substitution effect) on the level of pollution by examining the induction effect of economic growth and the environmental Kuznets curve test.

Materials and Methods: The purpose of this study is to investigate the effect of technology advance (energy efficiency and change of energy type) on pollution by calculating the effect of economic growth and testing the Environmental Kuznets Curve (EKC) using the annual time series information of Iran's agricultural sector from 1981 to 2017 using the autoregressive distributed lag (ARDL) approach. Relevant statistical data have been collected from the Central Bank, Statistics Center of Iran, Ministry of Energy and FAO

Findings: The findings of the research indicate that the environmental hypothesis of Kuznets is not confirmed. The results of the simulation of the economic growth scenario of the agricultural sector showed that each one percent increase in this variable on average caused a 0.31 percent increase in the effect of energy efficiency on reducing pollution and a 18.92 percent increase in the effect of energy substitution on increasing pollution in the simulation period.

Conclusion: Therefore, considering the significant inductive effects of economic growth in the agricultural sector on the level of pollution, the combined policy of increasing the price of energy along with the development of the use of new technologies is suggested for the continuation of economic growth along with reducing the level of pollution.

JEL Classification: Q_{55} ،Q_{48}.

Citation: Taei Samirmi F., Khalilian S. .(2023). Investigating the Effect of Technology Development on Economic Growth and Controlling the Spread of Pollution in the Agricultural Sector (by Implementing the Law on Targeted Energy Subsidies). Journal of Agricultural Economics Research.15(2):13-28

***Corresponding author:** Sadegh Khalilian
Address: Associate Professor - Tarbiat Modares University - Faculty of Agriculture
Email: khalil_s@modares.ac.ir

Extended Abstract

Introduction:

Payment of subsidies to energy carriers in the agricultural sector has caused energy consumption to increase at a significant speed (33). Although energy saving technologies have been increasing rapidly, the total energy demand has grown significantly (25).With the expansion of energy consumption in this sector, the emission of pollutants caused by the combustion of energy carriers has increased (6). Technology development is an important way to achieve the goals of reducing greenhouse gas emissions, which may lead to increased use of fossil fuels (21). Although energy savings for fossil fuels have made great progress during the targeted energy subsidy period, total energy demand has grown significantly (24). This feedback effect situation is known to be an unavoidable issue considering the important role of technological progress in carbon dioxide emissions, which offsets the result of saving energy consumption and may even have the opposite effect (9).

Materials and Methods

The purpose of this study is to investigate the effect of technology advance (energy efficiency and change of energy type) on pollution by calculating the effect of economic growth and testing the Environmental Kuznets Curve (EKC) using the annual time series information of Iran's agricultural sector from 1981 to 2017 using the autoregressive distributed lag (ARDL) approach. Relevant statistical data have been collected from the Central Bank, Statistics Center of Iran, Ministry of Energy and FAO. The empirical econometric models are as follows:

$$\ln CO_{2t} = C + \theta_1 \ln K_t + \theta_2 \ln L_t + \theta_3 \ln GNP_t + \theta_4 \ln GNP^2{}_t + \theta_5 T + \mu_{1t}$$

$$lnCO_{2t} = C + \theta_6 lnE_t + \theta_7 lnK_t + \theta_8 lnL_t + \theta_9 lnGNP_t + \theta_{10} lnGNP_t \times lnE_t + \theta_{11} T + \mu_{2t}$$

$$nCO_{2t} = C + \theta_{12} lnI + \theta_{13} lnK_t + \theta_{14} lnL_t + \theta_{15} lnGNP_t + \theta_{16} lnGNP_t \times lnI_t + \theta_{17} T + \mu_{3t}$$

$$lnCO_{2t} = C + \theta_{18} lnE_t + \theta_{19} lnI + \theta_{20} lnK_t + \theta_{21} lnL_t + \theta_{22} lnGNP_t + \theta_{23} lnGNP_t \times lnI_t + \theta_{24} lnGNP_t \times lnE_t + \theta_{25} T + \mu_{4t}$$

Where lnK, lnL, lnGNP, ln(GNP) ^{2}, T, lnE, lnI and ($lnCO_2$) are respectively the logarithm of the amount of capital, the logarithm of the labor force, the logarithm of the economic growth, and the logarithm of the the square of economic growth, the trend variable is the logarithm of the share of electricity consumed, the logarithm of energy efficiency and the logarithm of pollution. The income level of the turning point where there is a maximum amount of pollution emission is obtained from equation.

$$GNP^*_{Model1} = \exp(-\theta_3/2\theta_4 \times GNP)$$
$$GNP^*_{Model2} = \exp(-\theta_9/\theta_{10} \times E)$$
$$GNP^*_{Model3} = \exp(-\theta_{15}/\theta_{16} \times I)$$
$$GNP^*_{Model4} = \exp(-\theta_{22}/(\theta_{23} \times E + \theta_{24} \times I)$$

Findings

The results show that the effect of substitution between energy carriers, which is caused by the development of technology in this sector, with the implementation of the energy subsidy targeting law, is positive on the amount of pollution, so that from the analysis of different scenarios of increasing substitution between energy carriers, it was determined that the indirect effect of economic growth Through the effect of inducing substitution between energy carriers on pollution control, it will be equal to 20.44% in the agricultural sector in the long term, which means that economic growth in terms of the effect of substitution between energy carriers causes an increase in the amount of pollution in the agricultural sector.

Discussion and Conclusion

The results showed that the economic growth in the agricultural sector at a high level causes the reduction of greenhouse gases and follows the environmental hypothesis of Kuznets.

Also, in this study, a negative and significant relationship was observed between the effect of economic growth in terms of the induction effect of energy efficiency and the amount of carbon dioxide emissions in Iran's agricultural sector in the long term.

Also, in this study, it was shown that in addition to the efficiency effects of technology development, it is important to pay attention to the substitution effects of technology development in reducing the amount of pollution in Iran's agricultural sector. The results showed that economic growth in terms of the substitution effects of technology development does not follow Kuznets' environmental hypothesis.

These results indicate that the substitution effects of technology development in the agricultural sector can lead to economic growth not controlling pollution; Because the economic growth in terms of the induction effect of the substitution between energy carriers that occurs with the development of technology during the implementation of the energy subsidy targeting law in the agricultural sector no longer follows the environmental hypothesis of Kuznets and leads to an increase in the amount of carbon dioxide emissions in the agricultural sector.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All subjects fulfill the informed consent.

Funding

This work was supported by the Tarbiat Modares University, Iran.

Authors' contributions

Design and conceptualization: Sadegh Khalilian; Methodology and data analysis: Fateme Taei Samirmi.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی

تابستان۱۴۰۲.دوره ۱۵. شماره ۲

شاپا چاپی: ۶۴۰۷ -۲۰۰۸ – شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۲۴۸

مقاله پژوهشی

بررسی اثر توسعه تکنولوژی بر رشد اقتصادی و کنترل انتشار آلودگی در بخش کشاورزی (با اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی)

فاطمه طایی سمیرمی[۱]، صادق خلیلیان[۲*]

۱ – دانشجوی دکترای اقتصاد کشاورزی- دانشگاه تربیت مدرس

۲- گروه اقتصاد کشاورزی- دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۷

تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۵/۱۵

شماره صفحات: ۲۸-۱۳

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

DOI:
10.30495/jae.2023.27979.2242

واژه‌های کلیدی:
بخش کشاورزی، منحنی زیست‌محیطی کوزنتس، مدل خودرگرسیونی برداری توضیحی (ARDL)، یارانه انرژی.

چکیده

مقدمه و هدف: استفاده از فناوری‌های جدید سبب کاهش انتشار آلودگی می‌شود؛ اما، به دلیل وجود اثر بازگشتی نیاز به بررسی بیشتر دارد. هدف از این مطالعه بررسی تاثیر توسعه فناوری (اثر کارایی انرژی و اثر جانشینی) بر میزان آلودگی با بررسی اثر القایی رشد اقتصادی و آزمون منحنی کوزنتس زیست‌محیطی است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه از اطلاعات سری‌زمانی سالانه ۱۳۶۰ الی ۱۳۹۶ و روش خودرگرسیونی برداری توضیحی استفاده شده است. اطلاعات آماری مربوطه از بانک مرکزی، مرکز آمار ایران، وزارت نیرو و سازمان فائو جمع‌آوری شده است.

یافته‌ها: یافته‌های تحقیق دلالت بر این دارد که با افزایش قیمت انرژی ناشی از اجرای قانون هدفمندی یارانه در ایران، فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس مورد تأیید قرار نمی‌گیرد. نتایج شبیه‌سازی سناریوی رشد اقتصادی بخش کشاورزی، نشان داد که هر یک درصد افزایش این متغیر به طور متوسط باعث افزایش ۰/۳۱ درصدی اثر کارایی انرژی بر کاهش آلودگی و افزایش ۱۸/۹۲ درصدی اثر جانشینی انرژی بر افزایش آلودگی در دوره شبیه‌سازی گردیده است.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به اثرات القایی قابل توجه رشد اقتصادی در بخش کشاورزی بر میزان آلودگی، سیاست ترکیبی افزایش قیمت انرژی همراه با توسعه استفاده از فناوری‌های جدید جهت تداوم رشد اقتصادی همراه با کاهش میزان آلودگی پیشنهاد می‌گردد.

طبقه بندی JEL: Q_{55}؛ Q_{48}.

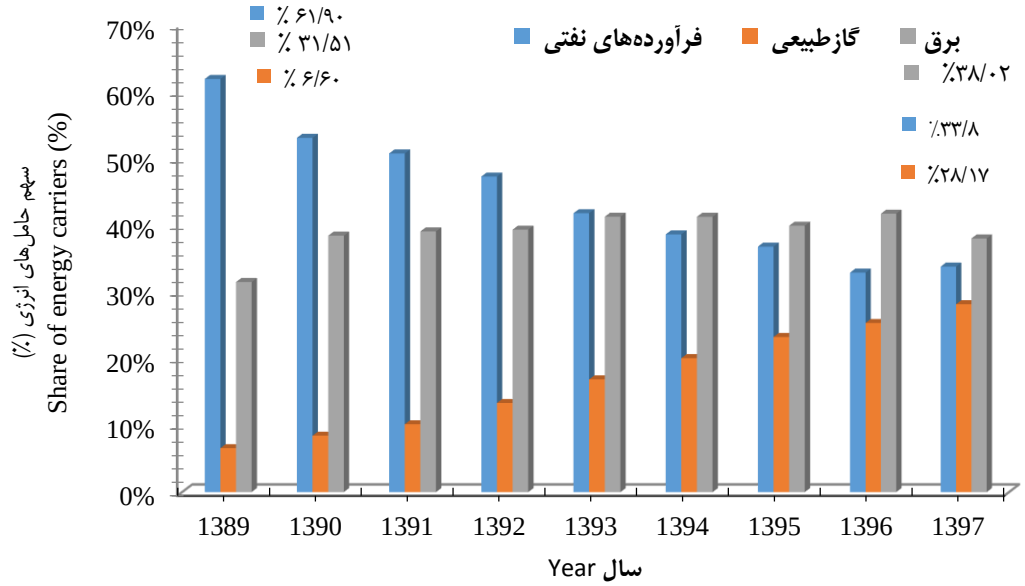
نویسنده مسئول: صادق خلیلیان

نشانی: گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران، تهران، ایران

پست الکترونیکی: khalil_s@modares.ac.ir

مقدمه

توسعه اقتصادی بخش کشاورزی متکی به مصرف زیاد انرژی است (۵). در حال حاضر، پرداخت یارانه به حامل‌های انرژی در بخش کشاورزی سبب شده است مصرف انرژی با سرعت چشمگیری افزایش یابد (۳۳). با گسترش مصرف انرژی در این بخش، انتشار مواد آلاینده ناشی از احتراق حامل‌های انرژی افزایش یافته است (۷)، به طوری‌که تولید گازهای آلاینده برای بخش کشاورزی ایران به طور متوسط برابر با ۱۸۳۳/۱۶ (هزار تن) در سال ۱۳۹۷ برآورد گردیده است که از آن به‌عنوان مهمترین چالش محیط‌زیستی یاد شده است (۲۴). برای مقابله با این چالش، سیاست‌گذاران و دولت‌ها در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه از تکنولوژی‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی به‌عنوان یک روش مهم برای دستیابی به اهداف کاهش انتشار میزان آلودگی استفاده کرده‌اند (۴). با وجود اینکه تکنولوژی‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی به سرعت در حال افزایش بوده است اما تقاضای کل انرژی رشد قابل توجهی داشته است (۲۵). همانطور که از نمودار (۱) مشهود است، در بخش کشاورزی ایران، با اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی، میزان سهم حامل‌های انرژی در این بخش تغییر یافته است، به طوری‌که سهم میزان فرآورده‌های نفتی از ۶۱/۹۰ درصد در سال قبل هدفمندی (۱۳۸۹) به ۳۳/۸۰ درصد در سال ۱۳۹۷، سهم میزان برق مصرفی از ۳۱/۵۱ درصد در سال قبل هدفمندی (۱۳۸۹) به ۳۸/۰۲ درصد در سال ۱۳۹۷ و سهم میزان گازطبیعی مصرفی از ۶/۶۰ درصد در سال ۱۳۸۹ به ۲۸/۱۷ درصد در سال ۱۳۹۷ تغییر یافته است (۲۴).



نمودار ۱- سهم حامل‌های مختلف انرژی در تأمین انرژی بخش کشاورزی ایران

همچنین ارزش‌افزوده بخش کشاورزی ایران در دوره هدفمندی یارانه انرژی از ۳۳۵۹۲۰/۵۰ میلیارد ریال (سال پایه ۱۳۹۰) در سال ۱۳۸۹ به ۴۵۱۷۱۳/۶۸ میلیارد ریال (سال پایه ۱۳۹۰) در سال ۱۳۹۷ رشد داشته است که به نوبه خود مصرف انرژی در بخش کشاورزی را افزایش می‌دهد و در همین راستا، مصرف نهایی انرژی در بخش کشاورزی ایران از۴۴/۱۴ میلیون بشکه معادل نفت‌خام در سال قبل هدفمندی (۱۳۸۹) به ۵۸/۱۱ میلیون بشکه معادل نفت‌خام در سال ۱۳۹۷ افزایش داشته است (۲۴). علاوه بر این، هدفمندی یارانه انرژی منجر به افزایش قیمت گازوئیل به میزان ۱۸۱۸ درصد، افزایش قیمت گازطبیعی به میزان ۷۲۵ درصد و افزایش قیمت برق به میزان ۹۳۰ درصد در این دوره می‌شود که به دنبال آن هزینه‌های دسترسی به انرژی افزایش می‌یابد که در این شرایط سرمایه‌گذاری بیشتری در فنآوری‌های کارآمد برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی صرف می‌شود، شواهدی از تلاش‌ها در نوآوری و توسعه فن‌آوری‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی دربخش کشاورزی ایران نیز مشاهده شده است از جمله فنآوری‌های صرفه‌جویی در سوخت‌های سنتی مانند تغییر سیستم‌های گرمایشی مرغداری از روش سنتی به مدرن، برق‌دار شدن پمپ‌های آب کشاورزی و فنآوری تجدیدپذیر با انتشار کم کربن (۲۵).

توسعه تکنولوژی یک روش مهم برای دستیابی به اهداف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است که ممکن است با استفاده بیشتر از سوخت‌های فسیلی منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای شود (۲۱). هر چند صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای سوخت‌های فسیلی در دوره هدفمندی یارانه انرژی پیشرفت زیادی داشته است اما تقاضای کل انرژی بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷ بیشتر از ۱۴

درصد رشد داشته است (۲۴). این وضعیت اثر بازگشتی[1] شناخته شده است که در این شرایط تقاضای انرژی با رشد سریع منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شود، اثر بازگشتی یک موضوع غیرقابل اجتناب با توجه به نقش مهم پیشرفت فنآوری در انتشار گاز دی‌اکسیدکربن است، نوآوری در صرفه‌جویی انرژی می‌تواند نتیجه صرفه‌جویی در مصرف انرژی را جبران کند و حتی ممکن است نتیجه معکوس داشته باشد (۹). علاوه بر این، رشد پایدار در بخش کشاورزی باید به گونه‌ای صورت گیرد که منجر به آسیب‌های زیست محیطی نشود، منحنی کوزنتس زیست‌محیطی (EKC)[2] که یک رابطه به شکل U وارونه بین آلودگی زیست‌محیطی و نرخ رشد اقتصادی است، پیش‌بینی می‌کند با افزایش نرخ رشد اقتصادی یک کشور در مسیر توسعه، ابتدا آلودگی‌های محیطزیست افزایش می‌یابد، لیکن با افزایش نرخ رشد به میزان کافی، آلودگی‌های زیست‌محیطی شروع به کاهش می‌کنند (۱۱). در پژوهش‌های دیگر میکایلف و همکاران (۲۶)، ریدزوان و همکاران (۳۰) و خان و اولا (۱۷) نیز این موضوع را تصدیق می‌کنند.

با این حال، رشد اقتصادی از طریق پیشرفت تکنولوژی منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. بنابراین، هنگام بررسی اثر پیشرفت تکنولوژی بر میزان آلودگی در بخش کشاورزی ایران توجه به اثر رشد اقتصادی در زمان اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی ضرورت دارد. با توجه به اهمیت موضوع، در این مقاله با استفاده از داده‌های سالیانه دوره ۱۳۹۶-۱۳۶۰ به دنبال پاسخگویی به این پرسش هستیم که آیا اثر پیشرفت تکنولوژی (اثر کارایی انرژی و اثر جانشینی) در زمان اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی می‌تواند منجر به کاهش میزان آلودگی در بخش کشاورزی ایران شود. در این راستا و در ادامه به بررسی نتایج بررسی‌های انجام شده در زمینه موضوع مورد بررسی در داخل و در خارج از کشور پرداخته شده است.

متفکر آزاد و محمدی خانقاهی (۲۳) به بررسی اثرات رشد اقتصادی، مصرف انرژی و درجه باز بودن تجاری بر کیفیت محیطزیست در کشور ایران برای دوره زمانی (۱۹۶۷ تا ۲۰۰۷) با استفاده از روش هم‌انباشتگی جوهانسون و رهیافت حداقل مربعات پویا پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که رشد اقتصادی، مصرف انرژی و باز بودن تجاری بر انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن تأثیر مثبت و معنی‌داری داشته است. اصغرپور و همکاران (۱) به بررسی اثرات توسعه اقتصادی و توسعه مالی بر کیفیت محیطزیست در کشورهای منتخب عضو اوپک طی دوره ۱۹۷۳ تا ۲۰۰۷ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که شاخص توسعه مالی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن تأثیر منفی و معنی‌داری داشته است. ترابی و همکاران (۳۵) در مطالعه‌ای تأثیر مصرف انرژی، رشد اقتصادی و تجارت خارجی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران را برای دوره زمانی ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۰ بر اساس منحنی زیست‌محیطی کوزنتس با روش خود توزیع با وقفه‌های گسترده مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که مصرف سرانه انرژی، تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی و درجه باز بودن اقتصاد تأثیری مثبت و معناداری بر میزان انتشار سرانه گاز دی‌اکسیدکربن دارند.

لشکری زاده و اسحقی (۱۹) به بررسی اثر نانو تکنولوژی بر محیطزیست در کشور ایران برای دوره زمانی ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۰ پرداختند، نتایج نشان داد که صنعتی شدن، رشد جمعیت و فن‌آوری نانو در کشورهای توسعه‌یافته به بهبود کیفیت محیطزیست کمک می‌کند اما در کشورهای در حال توسعه نانو تکنولوژی تأثیری معنی‌دار بر کیفیت محیطزیست نداشته است. شهنازی و همکاران (۳۲) به بررسی رابطه علیت میان مصرف حامل‌های انرژی، رشد اقتصادی و دی‌اکسیدکربن در بخش‌های اقتصاد ایران در دوره ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۱ با استفاده از روش علیت تودا و یاماموتو در ایران پرداختند. نتایج در بخش کشاورزی نشان داد که رابطه علیت یک طرفه از مصرف حامل‌های انرژی به رشد اقتصادی دارد، اما در مورد انتشار گاز دی‌اکسیدکربن وجود رابطه علیت تأیید نشده است. امیرتیموری (۲) به بررسی تأثیر توسعه مالی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بخش کشاورزی ایران با استفاده از روش خودرگرسیونی برداری و داده‌های سالانه برای دوره زمانی ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۲ پرداخت و به این نتیجه رسید که افزایش مصرف انرژی، توسعه مالی و رشد اقتصادی سبب افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن و پیشرفت تکنولوژی سبب کاهش این گاز در بخش کشاورزی ایران شده است. طراز کار و کارگر ده بیدی (۳۴) به بررسی اثر سالخوردگی جمعیت، رشد اقتصادی و مصرف انرژی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در منطقه خاورمیانه با کاربرد مدل هم‌جمعی پنل برای دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که یک رابطه بلندمدت معناداری میان سالخوردگی جمعیت، رشد اقتصادی، مصرف انرژی، شهرنشینی با میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن وجود دارد و از نتایج مطالعه آن‌ها همچنین مشخص شد که افزایش نسبی در شهرنشینی، رشد اقتصادی و مصرف انرژی اثر مثبت و معنی‌داری بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارد.

سایه میری و عباس خانی (۳۱) در مطالعه‌ای تأثیر فنآوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی با روش متا آنالیز مورد

۱ به وضعیتی اطلاق می‌شود که پتانسیل صرفه‌جویی در مصرف انرژی با افزایش تقاضای انرژی جبران شود.

2 Environmental Kuznets Curve

بررسی قرار داده و به این نتیجه دست یافت که اثر فنآوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی مثبت و در سطح بالا قرار دارد. ناهیدی امیرخیز و همکاران (۲۷). به بررسی رابطه رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از داده‌های ۱۶ کشور منتخب سازمان همکاری اسلامی برای دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که متغیر رشد تولید ناخالص داخلی و مجذور آن به ترتیب علامت مثبت و منفی دارد. همچنین نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که مصرف انرژی در بازه زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵ بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن تأثیر مثبت و معنی‌داری داشته است. لیو و همکاران (۲۰) به بررسی ارتباط بین شهرنشینی، رشد اقتصادی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در کشور ۳۱ استان چین در دوره ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۰ به صورت تجربی پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که رشد اقتصادی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن از فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس پیروی نمی‌کند. یانگ و لی (۳۷) به بررسی ارتباط بین پیشرفت تکنولوژی و انتشار دی‌اکسیدکربن در کشور چین مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که اثرات بازگشتی در استان‌های چین حدود ۱۰ تا ۶۰ درصد بوده است و اثرات بازگشتی در میان مناطق مختلف چین متفاوت است و کاهش کربن و مسائل زیست‌محیطی باید گام به گام حل شود.

لو (۱۸) به بررسی تأثیرات فنآوری اطلاعات و ارتباطات، مصرف انرژی، توسعه مالی و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در ۱۲ کشور آسیایی برای دوره ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۳ پرداخت و به این نتیجه دست یافتند که مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی و توسعه اقتصادی باعث انتشار بیشتر گاز دی‌اکسیدکربن می‌شود. وانگ و همکاران (۳۶) به تخمین اثرات چندگانه از پیشرفت تکنولوژی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در کشور چین با روش رگرسیون چندکی پانل پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که پیشرفت تکنولوژی به مقدار زیادی منجر به افزایش گاز دی‌اکسیدکربن در صنایع سنگین و صنایع سبک می‌شود. همچنین نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که پیشرفت تکنولوژی در صنایع ساختمانی و خدماتی تأثیر منفی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارد. وانگ و همکاران (۹) به بررسی ارتباط بین پیشرفت تکنولوژی انرژی، مصرف انرژی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در کشور چین پرداختند و به این نتیجه رسیدند که پیشرفت تکنولوژی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن و همچنین مصرف انرژی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن از فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس پیروی می‌کنند.

کاهیا و همکاران (۱۵) به بررسی اثرات از مصرف انرژی تجدیدپذیر و رشد اقتصادی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در ۱۲ کشور خاورمیانه و شمال آفریقا طی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۲ با استفاده از مدل خود رگرسیونی پنل پرداختند و به این نتیجه رسیدند که رشد اقتصادی منجر به تخریب محیطزیست می‌شود در حالی که انرژی‌های تجدیدپذیر، تجارت بین‌المللی و سرمایه‌گذاری‌های مستقیم خارجی منجر به کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن می‌شود. خان و همکاران (۱۷) به بررسی ارتباط بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در پاکستان با استفاده از داده‌های سالانه برای دوره ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۵ با کاربرد روش ARDL پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مصرف انرژی و رشد اقتصادی باعث افزایش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در پاکستان هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت می‌شود.

در بررسی مطالعات فوق، این جمعبندی حاصل شد که اغلب مطالعات داخلی و خارجی انجام شده در زمینه بررسی ارتباط بین رشد اقتصادی و محیطزیست به اثراتی که توسعه تکنولوژی بر این ارتباط می‌تواند در این بخش با اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی داشته باشد، توجه کمتری شده است.

روش‌شناسی تحقیق

در این مطالعه به بررسی اثر پیشرفت تکنولوژی بر میزان آلودگی با لحاظ اثرات رشد اقتصادی و منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در زمان اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی در بخش کشاورزی ایران پرداخته شده است. این اثرات شامل اثر کارایی انرژی و اثر جانشینی انرژی در دوره هدفمندی یارانه انرژی بر میزان آلودگی در بخش کشاورزی ایران است که این اثرات بر میزان انتشار آلودگی در چهار سناریو (۲۵ درصدی، ۵۰ درصدی، ۷۵ درصدی و ۱۰۰ درصدی) مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. در این مطالعه از معکوس شاخص شدت مصرف انرژی به عنوان شاخص کارایی انرژی (۲۴)، از تولید ناخالص ملی به عنوان شاخص رشد اقتصادی، از شاخص انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به‌عنوان شاخص آلودگی و به دلیل اینکه در دوره هدفمندی یارانه انرژی، توسعه تکنولوژی سبب جانشینی بین حامل‌های انرژی می‌شود، به طوری که مصرف فرآورده‌های نفتی در این دوره کاهش یافته و در مقابل مصرف برق و گازطبیعی در این دوره افزایش یافته است. بنابراین، در این مطالعه در جهت بررسی اثر جانشینی توسعه تکنولوژی بر رشد اقتصادی از سهم برق مصرفی به‌عنوان پروکسی برای بررسی اثرات جانشینی از توسعه تکنولوژی بر رشد اقتصادی در بخش کشاورزی ایران استفاده شده است. در این راستا، با استفاده از داده‌های سری‌زمانی سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۶ روابط (۱) تا (۴) برآورد گردید. با پیروی از مدل‌های مشخص شده در مطالعات لیوبیکینه و بوتکوس (۲۲) و وانگ و همکاران (۹) و داده‌های در دسترس، متغیرهای مربوطه انتخاب و مدل‌های مربوط به میزان آلودگی به صورت زیر بیان شدند:

مدل ۱ $$\mathbf{lnCO_{2t} = C + \theta_1 lnK_t + \theta_2 lnL_t + \theta_3 lnGNP_t + \theta_4 lnGNP^2{}_t + \theta_5 T + \mu_{1t}} \quad (۱)$$

مدل ۲ $$lnCO_{2t} = C + \theta_6 lnE_t + \theta_7 lnK_t + \theta_8 lnL_t + \theta_9 lnGNP_t + \theta_{10} lnGNP_t \times lnE_t + \theta_{11} T + \mu_{2t} \quad (۲)$$

مدل ۳ $$lnCO_{2t} = C + \theta_{12} lnI + \theta_{13} lnK_t + \theta_{14} lnL_t + \theta_{15} lnGNP_t + \theta_{16} lnGNP_t \times lnI_t + \theta_{17} T + \mu_{3t} \quad (۳)$$

مدل ۴ $$lnCO_{2t} = C + \theta_{18} lnE_t + \theta_{19} lnI + \theta_{20} lnK_t + \theta_{21} lnL_t + \theta_{22} lnGNP_t + \theta_{23} lnGNP_t \times lnI_t + \theta_{24} lnGNP_t \times lnE_t + \theta_{25} T + \mu_{4t} \quad (۴)$$

در رابطه (۱) تا (۴)، lnE، T، $lnGNP^2$، $lnGNP$، lnL، lnK، lnI و $lnCO_2$ به ترتیب لگاریتم میزان موجوی سرمایه، لگاریتم تعداد نیروی‌کار، رشد اقتصادی، مجذور رشد اقتصادی، متغیر روند، لگاریتم میزان سهم برق مصرفی، لگاریتم کارایی انرژی و لگاریتم میزان آلودگی هستند. θ_1، θ_2، θ_3، θ_4 و θ_5 به ترتیب بیانگر کشش میزان آلودگی نسبت به میزان موجوی سرمایه، تعداد نیروی‌کار، رشد اقتصادی، مجذور رشد اقتصادی و متغیر روند است. θ_6، θ_7، θ_8، θ_9، θ_{10} و θ_{11} به ترتیب نشان‌دهنده کشش میزان آلودگی نسبت به میزان سهم برق مصرفی، میزان موجودی سرمایه، تعداد نیروی‌کار، رشد اقتصادی، رشد اقتصادی ضربدر میزان سهم برق مصرفی و متغیر روند است. θ_{12}، θ_{13}، θ_{14}، θ_{15}، θ_{16} و θ_{17} به ترتیب نشان‌دهنده کشش میزان آلودگی نسبت به کارایی انرژی، میزان موجودی سرمایه، تعداد نیروی‌کار، رشد اقتصادی، رشد اقتصادی ضربدر کارایی انرژی و متغیر روند است. θ_{18}، θ_{19}، θ_{20}، θ_{21}، θ_{22}، θ_{23}، θ_{24} و θ_{25} به ترتیب نشان‌دهنده کشش میزان آلودگی نسبت به میزان سهم برق مصرفی، کارایی انرژی، میزان موجودی سرمایه، تعداد نیروی‌کار، رشد اقتصادی، رشد اقتصادی ضربدر کارایی انرژی، میزان رشد اقتصادی ضربدر میزان سهم برق مصرفی و متغیر روند است. همچنین "t" نشان‌دهنده زمان از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۶ است. Ln نشان‌دهنده لگاریتم طبیعی است. μ_{it} نشان‌دهنده جمله اخلال با میانگین صفر و واریانس همسانی است. در حالت کلی، بر طبق فرضیه زیست محیطی کوزنتس (ارتباط u شکل معکوس) بین رشد اقتصادی و آسیب‌های محیطزیستی در صورتی برقرار است که $\theta_3 > 0$ و $\theta_4 < 0$ باشد. سطح درآمد نقطه عطف که در آن حداکثر میزان انتشار آلودگی وجود دارد از رابطه (۵) بدست می‌آید.

$$GNP^*_{Model1} = \exp(-\theta_3/2\theta_4 \times GNP) \quad (۵)$$
$$GNP^*_{Model2} = \exp(-\theta_9/\theta_{10} \times E)$$
$$GNP^*_{Model3} = \exp(-\theta_{15}/\theta_{16} \times I)$$
$$GNP^*_{Model4} = \exp(-\theta_{22}/(\theta_{23} \times E + \theta_{24} \times I)$$

لازم به ذکر است در این مطالعه، متغیرهای لگاریتم میزان موجودی سرمایه و تعداد نیروی‌کار متغیرهای کنترل[۱] هستند.

روش‌های هم انباشتگی که توسط یوهانسن و جوسلیوس (۱۱)، یوهانسن (۱۲) و انگل و گرنجر (۸) معرفی شده‌اند به طور گسترده در مطالعات تجربی برای بررسی ارتباط بلندمدت بین متغیرها استفاده شده است. در این مطالعه برای تخمین مدل‌های (۱) تا (۴) از روش ARDL خطی که توسط پسران و شین (۲۹) معرفی شد، استفاده شده است. روش ARDL با دو متغیر X و Y به صورت زیر بیان شد:

$$\Delta Y_t = \varphi_0 + \varphi_1 Y_{(t-1)} + \varphi_2 X_{(t-1)} + \sum_{j=1}^{p-1} \delta_{j1} \Delta Y_{(t-j)} + \sum_{j=0}^{q-1} \delta_{j2} \Delta X_{(t-j)} + e_t \quad (۶)$$

در رابطه (۶)، Δ نشان‌دهنده اپراتور تفاضل مرتبه اول از متغیرها، φ_0 نشان‌دهنده عرض از مبدأ، Y_t نشان‌دهنده متغیر وابسته که در این مطالعه شامل انتشار میزان آلودگی است. X_t یک بردار $K \times 1$ از متغیرهای توضیحی که در این مطالعه شامل (میزان موجودی سرمایه، تعداد نیروی‌کار، رشد اقتصادی، مجذور رشد اقتصادی، رشد اقتصادی ضربدر میزان سهم برق مصرفی، رشد اقتصادی ضربدر شاخص کارایی انرژی، شاخص کارایی انرژی و متغیر روند) است. φ_i و δ_{ji} پارامتر هستند و e_t جمله اخلال با میانگین صفر و واریانس همسانی است. وقفه تعادلی در این مدل‌ها بر اساس معیارهای آکائیک و شواتز بیزین انتخاب شده است. کشش‌های بلندمدت از مدل‌ها به صورت زیر تخمین‌زده شده است:

$$\Delta Y_t = \rho_1 + \sum_{j=1}^{p-1} \varphi_{j1} lnY_{(t-j)} + \sum_{j=0}^{q-1} \varphi_{j2} lnX_{(t-j)} + e_t \quad (۷)$$

در رابطه (۷)، علاوه بر متغیرهای که در بالا معرفی شد، ρ_1 نشان‌دهنده عرض از مبدأ. φ_{ji} نشان‌دهنده کشش‌های بلندمدت از متغیرها است. برای تخمین کشش‌های کوتاه‌مدت روابط (۱) تا (۴) از رابطه (۸) به صورت زیر استفاده شده است:

$$\Delta Y_t = \rho_2 + \sum_{j=1}^{p-1} \theta_{j1} \Delta lnY_{(t-j)} + \sum_{j=0}^{q-1} \theta_{j2} \Delta ln\, X_{(t-j)} + \lambda\, ECT(-1) + e_t \quad (۸)$$

در رابطه (۸)، ρ_2 نشان‌دهنده عرض از مبدأ، $ECT(-1)$ نشان‌دهنده جمله تصحیح خطا و λ نشان‌دهنده سرعت تعدیل به

۱ متغیر کنترل (به انگلیسی: Control variable متغیری است که به منظور حصول اطمینان از اینکه آیا روی روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته تأثیر دارد یا خیر، ثابت نگه داشته می‌شود (۱۴).

سمت تعادل بعد از یک شوک را نشان می‌دهد. آزمون‌های تشخیصی در این مطالعه شامل ضریب تعیین (R-squared)، ضریب تعیین تعدیل‌شده (Adj.R-squared)، دوربین واتسون (DW statistic)، آزمون بریوش گادفری (LM) برای خودهمبستگی سریالی، آزمون نرمال بودن جاک برا[1] (χ^2_{NORM}) برای نرمالیته بودن جملات پسماند و آزمون آرچ (χ^2_{ARCH}) برای ناهمسانی واریانس استفاده شده است.

در این مطالعه اطلاعات آماری مربوط به متغیرها از جمله: میزان تولید (به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳) (GNP_t) و میزان موجودی سرمایه (به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳) (K_t) از بانک مرکزی ایران، سهم میزان برق مصرفی ($\widehat{E}_t$) و شدت مصرف انرژی (I_t) از وزارت نیرو، انتشار گاز دی اکسید کربن (CO_2) از سازمان فائو و آمار مربوط به تعداد نیروی‌کار (L_t) از مرکز آمار ایران گردآوری شده است.

نتایج تجربی

نتایج آزمون ریشه واحد فیلیپس–پرون

به منظور بررسی ارتباط بلندمدت بین متغیرها لازم است تمام متغیرها در سطح ساکن باشند. در این مطالعه از آزمون ریشه واحد فیلیپس–پرون (۲۸) برای بررسی ریشه واحد در متغیرها استفاده شده است. نتایج از آزمون ریشه واحد فیلیپس–پرون در جدول (۱) آورده شده است. بر اساس نتایج این جدول، بیشتر متغیرها که شامل تعداد نیروی‌کار، میزان موجودی سرمایه، رشد اقتصادی، سهم میزان برق مصرفی و شاخص کارایی انرژی است با یک بار تفاضل‌گیری ساکن می‌شوند و انباشته از مرتبه I(1) است و متغیر میزان آلودگی در سطح ساکن است و انباشته از مرتبه I(0) است. چون تمام متغیرها انباشته از مرتبه I(0) و I(1) بوده است و هیچ یک انباشته از مرتبه I(2) و بالاتر نبوده است. بنابراین، از روش هم‌انباشتگی ARDL برای بررسی ارتباط بلندمدت بین متغیرها استفاده شده است.

جدول۱- نتایج آزمون ریشه واحد فیلیپس- پرون

سری‌ها	آماره فلیپس– پرون	ارزش‌های معیاره		نتایج
		۵%	۱۰%	
lnL	-۴,۲۴۵*,**	-۳,۵۹۵	-۳,۲۳۳	I(1)
lnI	-۶,۴۱۱*,**	-۳,۵۹۵	-۳,۲۳۳	I(1)
lnGNP	-۶,۱۳۲*,**	-۳,۵۹۵	-۳,۲۳۳	I(1)
lnCO_2	-۳,۲۸۲**	-۳,۵۸۷	-۳,۲۲۹	I(0)
lnE	-۴,۴۳۹*,**	-۳,۵۹۵	-۳,۲۳۳	I(1)
lnK	-۷,۲۱۸*,**	-۳,۵۹۵	-۳,۲۳۳	I(1)

منبع: یافته‌ها

*، ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح پنج درصد و ۱۰ درصد است.

نتایج آزمون باند

آزمون باند برای بررسی ارتباط بلندمدت بین متغیرها استفاده شده است. نتایج مربوط به آزمون باند در جدول (۲) نشان داده شده است. بر اساس نتایج این جدول، آمارهF محاسباتی مربوط به آزمون باند برای تمام مدل‌ها بزرگتر از کرانه بالا بوده است. بنابراین، بین متغیرها در مدل‌ها ارتباط بلندمدت معنی‌داری وجود داشته است.

جدول۲- نتایج آزمون باند برای بررسی ارتباط بلندمدت بین متغیرها

مشخصات مدل	آمارهF	نتیجه
$lnCO_2\ (lnK.lnL.lnGNP.lnGNP^2.T)$	۴,۶۶۱*,**	هم‌انباشته
$lnCO_2(lnK.lnL.lnE.lnGNP.lnGNP \times lnE.T)$	۳,۰۴۸**	هم‌انباشته
$lnCO_2(lnK.lnL.lnI.lnGNP.lnGNP \times lnI.T)$	۳,۱۸۰**	هم‌انباشته
$lnCO_2(lnK.lnL.lnI.lnE.lnGNP.lnGNP \times lnI.lnGNP \times lnE.T)$	۳,۴۸۰**	هم‌انباشته

منبع: یافته‌ها

*، ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح پنج درصد و ۱۰ درصد است.

1 Jarque-Bera

نتایج تخمین کشش‌های تعادلی بلندمدت

نتایج تخمین کشش‌های تعادلی بلندمدت در جدول (۳) نشان داده شده است. بر اساس نتایج این جدول، بیشتر ضرایب در سطح پنج و ۱۰ درصد معنی‌دار شده است. نتایج تخمین مدل یک نشان می‌دهد که شاخص رشد اقتصادی در بخش کشاورزی اثر مثبت و معنی‌داری بر میزان انتشار آلودگی دارد، این بدان معنی است که یک درصد افزایش در رشد اقتصادی منجر به افزایش میزان انتشار آلودگی به میزان ۱۰/۶۶ درصد در بلندمدت خواهد شد.

علاوه بر نتایج فوق، مجذور رشد اقتصادی با لحاظ نکردن اثرات القایی توسعه تکنولوژی دارای اثر منفی و معنی‌داری بر میزان انتشار آلودگی در بلندمدت است، به این معنی‌که یک درصد افزایش در مجذور رشد اقتصادی منجر به کاهش میزان انتشار آلودگی می‌شود. این نتایج بیان کننده همان ارتباط معکوس بین رشد اقتصادی و سطح انتشار آلودگی است. به طوری که رشد اقتصادی در ابتدا سبب افزایش آلودگی می‌شود ولی وقتی سطح آن از یک مقدار آستانه بالاتر رود دیگر رشد اقتصادی سبب افزایش آلودگی نمی‌شود بلکه منجر به کاهش آلودگی به میزان ۰/۴۰ درصد در بلندمدت خواهد شد.

نتایج تخمین مدل دو نشان می‌دهد که اثر مستقیم جانشینی انرژی بر میزان انتشار آلودگی در بخش کشاورزی در بلندمدت منفی بوده است، به این معنی‌که یک درصد افزایش در اثر جانشینی منجر به کاهش آلودگی به میزان ۱/۵۲ – درصد در بلندمدت در بخش کشاورزی خواهد شد. علاوه بر این، در این مطالعه مشخص شد که اثرات غیر مستقیم جانشینی انرژی بر میزان انتشار آلودگی در بخش کشاورزی مثبت بوده است، به این معنی که یک درصد افزایش در اثر جانشینی از طریق اثر القایی رشد اقتصادی منجر به افزایش انتشار آلودگی به میزان ۰/۰۶ درصد در بلندمدت خواهد شد، یعنی تأثیر کل یک درصد افزایش در اثر جانشینی انرژی در بخش کشاورزی بر میزان آلودگی منفی و برابر با ۱/۵۷– درصد در بلندمدت خواهد بود که نشان‌دهنده این است که حذف کامل یارانه انرژی باعث کاهش مصرف انرژی و افزایش سرمایه‌گذاری داخلی در بخش کشاورزی با استفاده بیشتر از ماشین‌آلات کارآمد با مصرف انرژی کم می‌شود که این به حفظ رشد اقتصادی در بخش کشاورزی از طریق کاربرد انرژی کارآمد کمک خواهد نمود. به بیان دیگر حذف یارانه انرژی به معنی آزادسازی بودجه ملی که می‌تواند به سمت استفاده بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی هدایت شود. علاوه بر نتایج فوق، مشخص شد که اثر مستقیم کارایی انرژی بر میزان انتشار آلودگی منفی بوده است، به این معنی‌که یک درصد افزایش در کارایی انرژی منجر به کاهش مستقیم آلودگی به میزان ۰/۴۰ درصد در بلندمدت خواهد شد. از سوی دیگر اثر غیرمستقیم کارایی انرژی بر میزان آلودگی مثبت بوده است، به این معنی که کارایی انرژی از طریق اثر القایی رشد اقتصادی منجر به افزایش آلودگی به میزان ۰/۳۸ درصد در بلندمدت خواهد شد. بنابراین، تأثیر کل یک درصد افزایش در کارایی انرژی بر میزان انتشار آلودگی منفی و برابر با ۰/۰۲ درصد در بلندمدت خواهد بود.

جدول۳- کشش‌های تعادلی بلندمدت

متغیر	مدل۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ۴
	کشش(احتمال)	کشش(احتمال)	کشش(احتمال)	کشش(احتمال)
$lnCO_2(-1)$	۰,۲۶۳*(۰,۰۲۶)	-۰,۰۵۶(۰,۶۲۶)	۰,۴۲۲*(۰,۰۰۶)	۰,۲۸۵**(۰,۰۶۳)
lnL	-۱,۷۳۸(۰,۴۴۸)	-۰,۷۰۶(۰,۱۲۴)	-۶,۸۳۵*(۰,۰۳۵)	-۲,۴۱۱**(۰,۰۹۶)
lnK	۰,۲۷۶**(۰,۰۶۴)	۰,۰۳۵(۰,۶۷۰)	۰,۱۷۰*(۰,۰۰۶)	۰,۱۴۷*(۰,۰۳۲)
lnE		-۱,۵۲۰*(۰,۰۱۱)		-۶,۱۰۲**(۰,۰۸۵)
lnI			-۰,۴۰۰*(۰,۰۰۰)	-۳۱,۹۳۷*(۰,۰۰۸)
$lnGNP$	۱۰,۶۶۶**(۰,۰۹۱)	۱,۵۸۳*(۰,۰۰۰)	۴,۳۲۰*(۰,۰۰۱)	۲۵,۱۷۲*(۰,۰۲۳)
$lnGNP^2$	-۰,۴۰۱**(۰,۰۸۷)			-
$lnGNP \times lnE$		۰,۰۹۶*(۰,۰۱۶)		۰,۵۶۰**(۰,۰۷۰)
$lnGNP \times lnI$			۰,۳۸۲*(۰,۰۰۰)	-۲,۷۵۴*(۰,۰۰۷)
T	-۰,۰۰۶(۰,۸۱۳)			-۰,۱۱۳*(۰,۰۱۸)

C	-۴۰,۴۸۴(۰,۵۱۷)			-۲۵۲,۸۸*(۰,۰۲۶)
آزمون‌های تشخیص				
-squared	۰,۹۲	۰,۸۱	۰,۹۲	۰,۹۵
Adj.R-squared	۰,۸۵	۰,۷۲	۰,۸۸	۰,۸۹
DW statistic	۱,۸۸	۱,۵۵	۱,۹۴	۲,۱۷
χ^2_{NORM}	۰,۴۷۷(۰,۷۸۸)	۱,۲۹۴(۰,۵۲۳)	۰,۰۸۱(۰,۹۶۰)	۰,۰۱۲(۰,۹۹۴)
χ^2_{LM}	۳,۵۳۷(۰,۱۷۱)	۲,۶۱۲(۰,۲۷۱)	۱,۵۷۶(۰,۴۵۵)	۵,۱۹۴(۰,۰۷۴)
χ^2_{ARCH}	۰,۲۵۸(۰,۶۱۲)	۰,۰۰۱(۰,۹۹۱)	۰,۸۲۵(۰,۳۶۴)	۲,۱۴۴(۰,۱۴۳)

منبع: یافته‌ها

*، ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح پنج درصد و ۱۰ درصد است.

نتایج از تخمین مدل چهار نشان داد که اگر هر دو اثر (کارایی انرژی و اثر جانشینی) را در یک مدل ترکیب کنیم آنگاه ضریب تأثیرگذاری این عوامل بر میزان انتشار آلودگی در بخش کشاورزی در بلندمدت کمتر خواهد شد. به طوری‌که، افزایش یک درصد در اثر جانشینی منجر به کاهش مستقیم آلودگی به میزان ۶/۱۰ درصد و افزایش غیرمستقیم آلودگی از طریق القایی اثر رشد اقتصادی به میزان ۰/۵۶ درصد در بلندمدت خواهد شد. علاوه بر این، نتایج نشان داد که یک درصد افزایش در شاخص کارایی انرژی منجر به کاهش مسقیم میزان آلودگی به میزان ۳۱/۹۴ درصد و منجر به افزایش غیرمستقیم آلودگی از طریق اثر القایی رشد اقتصادی به میزان ۲/۷۵ درصد در بلندمدت خواهد شد.

تحلیل سناریو اثر توسعه تکنولوژی در بلندمدت

نتایج تحلیل سناریوهای مختلف از اثرات القایی توسعه تکنولوژی بر کنترل آلودگی در بخش کشاورزی با اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی در جدول (۴) آورده شده است. بر اساس نتایج این جدول، اثر جانشینی بین حامل‌های انرژی که ناشی از توسعه تکنولوژی در این بخش است با اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی بر میزان انتشار آلودگی مثبت است، به طوری‌که از تحلیل سناریوهای مختلف افزایش جانشینی بین حامل‌های انرژی مشخص شد که اثر غیرمستقیم رشد اقتصادی از طریق اثر القای جانشینی بین حامل‌های انرژی بر کنترل آلودگی برابر با میزان ۲۰/۴۴ درصد در بخش کشاورزی در بلندمدت خواهد بود، به این معنی‌که رشد اقتصادی با لحاظ اثر جانشینی بین حامل‌های انرژی سبب افزایش میزان آلودگی در بخش کشاورزی می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که جانشینی بین حامل‌های انرژی سبب بازگشت انرژی در این بخش می‌شود که به افزایش انتشار میزان آلودگی کمک می‌کند. بنابراین، اثر جانشینی از توسعه تکنولوژی یکی از عوامل انتشار آلودگی است.

علاوه بر این، نتایج از بررسی سناریوهای مختلف اثر القایی کارایی انرژی بر رشد اقتصادی نشان داد که اثر رشد اقتصادی بر کنترل آلودگی از طریق اثر القایی کارایی انرژی منفی و معنی‌دار و مقدار متوسط این اثر برابر با میزان ۰/۳۶ درصد در بلندمدت است و این اثر با القایی بیشتر کارایی انرژی بر رشد اقتصادی بیشتر می‌شود و به طور متوسط میزان آن برابر است با ۰/۳۱- درصد است. این نتایج نشان می‌دهد که اثر کارایی انرژی از توسعه تکنولوژی به کنترل آلودگی در این بخش در بلندمدت کمک خواهد کرد.

با ترکیب هر دو اثر (اثر کارایی انرژی و اثر جانشینی انرژی) بر رشد اقتصادی در یک مدل میزان این اثرات بیشتر می‌شود و تأثیر رشد اقتصادی بر افزایش آلودگی در سطح بالا کم و میزان این اثرات به طور متوسط برابر با ۰/۰۷ درصد در بلندمدت خواهد بود. بنابراین، با ترکیب اثر جانشینی و اثر کارایی انرژی از توسعه تکنولوژی می‌توان به کنترل بیشتر آلودگی کمک کرد و اثرات منفی اثر جانشینی انرژی بر انتشار آلودگی با افزایش اثر کارایی انرژی بر رشد اقتصادی کاهش می‌یابد.

جدول ٤- انتشار میزان آلودگی تحت سناریوهای مختلف توسعه تکنولوژی در بخش کشاورزی از ۱۳۸۹ تا ۱۳۹٦

سناریوها	۲۵ درصد	۵۰ درصد	۷۵ درصد	۱۰۰ درصد	میانگین	نتایج
رشد اقتصادی (بدون لحاظ اثر توسعه تکنولوژی)						
اثر مستقیم	-۰,۸۴	-۱,۶۸	-۲,۵۲	-۳,۳۶	-۲,۱	تأیید EKC

اثر رشد اقتصادی (با لحاظ اثر کارایی انرژی)					
اثر غیرمستقیم	۰,۰۴	۰,۰۷	۰,۱۱	۰,۱۴	۰,۳۶	تأیید اثر بازگشتی
اثر کل	-۰,۳۶	-۰,۳۳	-۰,۲۹	-۰,۲۶	-۰,۳۱	کاهش آلودگی
اثر رشد اقتصادی (با لحاظ اثر جانشینی)					
اثر غیرمستقیم	۸,۱۸	۱۶,۳۶	۲۴,۵۲	۳۲,۷	۲۰,۴۴	تأیید اثر بازگشتی
اثر کل	۶,۶۶	۱۴,۸۴	۲۳	۳۱,۱۸	۱۸,۹۲	تأیید اثر بازگشتی
اثر رشد اقتصادی (با لحاظ اثر کارایی انرژی و اثر جانشینی)					
اثر غیرمستقیم	۰,۰۳	۰,۰۶	۰,۰۹	۰,۱۲	۰,۰۷۵	تأیید اثر بازگشتی
اثر جانشینی	-۶,۰۷۲	-۶,۰۴۲	-۶,۰۱۲	-۵,۹۸۲	-۶,۰۲۷	کاهش آلودگی
اثر کارایی	-۳۱,۹۱	-۳۱,۸۸	-۳۱,۸۵	-۳۱,۸۲	-۳۱,۸۶	کاهش آلودگی

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج تخمین کشش‌های کوتاه‌مدت

نتایج تخمین کشش‌های کوتاه‌مدت در جدول (۵) آورده شده است. بر اساس نتایج این جدول، بیشتر ضرایب در سطح پنج و۱۰ درصد معنی‌دار شده است. نتایج از تخمین مدل یک نشان داده است که رشد اقتصادی در بخش کشاورزی منجر به افزایش انتشار آلودگی به میزان ۵/۵۶ درصد و مجذور رشد اقتصادی منجر به کاهش آلودگی به میزان ۰/۲۱ درصد در کوتاه‌مدت می‌شود که نشان‌دهنده این است که رشد پایدار تولید در بخش کشاورزی منجر به کاهش میزان انتشار آلودگی می‌شود. در واقع رشد پایدار تولید در بخش کشاورزی به کاهش میزان انتشار آلودگی در بخش کشاورزی کمک می‌کند.

نتایج از تخمین مدل دو نشان می‌دهد که افزایش یک درصد از اثر جانشینی منجر به افزایش مستقم آلودگی به میزان ۴/۱۲ درصد در کوتاه‌مدت می‌شود و افزایش غیر مسقیم آلودگی به میزان ۰/۳۳ درصد در کوتاه‌مدت می‌شود، یعنی اثر کل آن برابر با ۳/۷۹- درصد در کوتاه‌مدت است. به این معنی که اثر جانشینی توسعه تکنولوژی منجر به کاهش میزان آلودگی در بخش کشاورزی می‌شود. در واقع تغییر در ترکیب حامل‌های انرژی در بخش کشاورزی می‌تواند به کاهش میزان انتشار آلودگی در بخش کشاورزی کمک کند.

نتایج از تخمین مدل سه نشان داد که اثر کارایی انرژی بر میزان انتشار آلودگی منفی و معنی‌داری و برابر با۲/۸۰ درصد در کوتاه‌مدت است و اثر غیرمستقیم کارایی انرژی بر میزان آلودگی از طریق القایی اثر رشد اقتصادی مثبت و معنی‌دار و برابر با ۰/۲۶ درصد در کوتاه‌مدت است، یعنی اثر کل آن برابر با ۲/۵۴- درصد در کوتاه‌مدت است. به این معنی که کارایی انرژی در بخش کشاورزی به کاهش انتشار میزان آلودگی در بخش کشاورزی کمک می کند. در واقع افزایش کارایی انرژی برای کاهش میزان آلودگی در بخش کشاورزی مهم و به کاهش آن کمک می‌کند.

نتایج از تخمین مدل چهار نشان داد که اثر رشد اقتصادی بر میزان انتشار آلودگی با لحاظ اثر القایی هر دو عامل توسعه تکنولوژی؛ یعنی کارایی انرژی و اثر جانشینی بر میزان انتشار آلودگی در بخش کشاورزی بیشتر است، به طوری که یک درصد افزایش در کارایی انرژی و جانشینی بین حامل‌های انرژی میزان انتشار گاز دی اکسید کربن در بخش کشاورزی را به ترتیب به میزان ۱/۲۱۶- درصد کاهش و به میزان ۰/۸۸۵ درصد افزایش می‌دهد که این میزان بیشتر از موقعی است که مقدار این اثرات را بر میزان انتشار آلودگی به صورت جداگانه مورد بررسی قرار داده می‌شود.

جدول۵-کشش‌های تعادلی کوتاه‌مدت

	$\ln CO_2$			
متغیر	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل۴
	کشش(احتمال)	کشش(احتمال)	کشش(احتمال)	کشش(احتمال)
$D(lnCO_2)$	۰,۴۹۷*(۰,۰۲۱)	-۰,۴۲۹*(۰,۰۴۸)	۰,۷۶۰*(۰,۰۰۲)	-۰,۲۰۰*(۰,۰۱۳)

$D(lnL)$	−۵,۵۱۱**(۰,۰۷۱)	−۸,۲۴۶*(۰,۰۳۲)	−۱,۸۷۴*(۰,۰۲۱)	−۸,۸۷۰**(۰,۰۶۰)
$D(lnK)$	۰,۳۱۹*(۰,۰۴۴)	۰,۱۵۸*(۰,۰۱۲)	۰,۲۹۱*(۰,۰۳۵)	۰,۱۴۶*(۰,۰۲۲)
$D(lnE)$		−۴,۱۲۳**(۰,۰۶۷)		−۱۰,۴۶۳*(۰,۰۰۳)
$D(lnI)$			۲,۷۹۸(۰,۱۱۲)	۱۴,۶۳۶*(۰,۰۰۰)
D($lnGNP$)	۵,۵۶۱*(۰,۰۰۰)	۲,۰۹۸*(۰,۰۰۰)	۲,۵۰۶*(۰,۰۰۵)	۱۰,۰۱*(۰,۰۰۱)
D($lnGNP^2$)	−۰,۲۰۶*(۰,۰۰۶)			
$D(lnGNP \times lnI)$			−۰,۲۵۶*(۰,۰۲۵)	−۱,۲۱۶*(۰,۰۰۰)
$D(lnGNP \times lnE)$		۰,۳۳۳**(۰,۰۸۵)		۰,۸۸۵*(۰,۰۰۳)
T				
C		۶۴,۸۵۷*(۰,۰۰۵)		
ECT(-1)	−۰,۲۲۶(۰,۴۷۷)	۰,۴۸۱*(۰,۰۱۷)	−۰,۰۰۶(۰,۲۲۰)	۰,۷۱۶(۰,۱۱۶)
آزمون‌های تشخیص				
R-squared	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۹۳	۰,۸۸
Adj.R-squared	۰,۸۵	۰,۸۷	۰,۸۶	۰,۷۸
DW statistic	۱,۹۱	۱,۸۴	۱,۶۲	۲,۱۰
X^2_{NORM}	۱,۰۴۴(۰,۵۹۳)	۰,۱۰۸(۰,۹۴۷)	۰,۷۲۱(۰,۶۹۷)	۰,۲۷۴(۰,۸۷۲)
X^2_{LM}	۱,۴۳۶(۰,۴۸۸)	۰,۴۵۵(۰,۷۹۶)	۱,۸۱۶(۰,۴۰۳)	۲,۳۴۱(۰,۳۱۰)
X^2_{ARCH}	۰,۰۰۳(۰,۹۵۸)	۰,۹۴۶(۰,۳۳۱)	۱,۲۵۰(۰,۲۶۴)	۰,۱۷۴(۰,۶۷۷)

منبع: یافته‌ها

*، ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح پنج درصد و ۱۰ درصد است.

تحلیل سناریو اثرات توسعه تکنولوژی در کوتاه‌مدت

نتایج از تحلیل سناریوهای مختلف اثرکارایی انرژی و اثر جانشینی (افزایش سهم برق مصرفی) در دوره هدفمندی یارانه انرژی در جدول (۶) آورده شده است. بر اساس نتایج این جدول، اثرات در کوتاه‌مدت شبیه بلندمدت بوده است با این تفاوت که میزان تأثیرگذاری کمتر بوده است. علاوه بر این، نتایج در کوتاه‌مدت نیز وجود اثرات بازگشتی آلودگی را در زمان اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی تأیید می‌کند.

جدول ٦-انتشار میزان آلودگی تحت سناریوهای مختلف توسعه تکنولوژی در بخش کشاورزی از ۱۳۸۹ تا ۱۳۹٦

سناریوها	۲۵ درصد	۵۰ درصد	۷۵ درصد	۱۰۰ درصد	میانگین	نتایج
رشد اقتصادی (بدون لحاظ اثر توسعه تکنولوژی)						
اثر مستقیم	−۰,۸۵	−۱,۷۰	−۲,۵۶	−۳,۴۱	−۸,۵۲	تأییدEKC
اثر رشد اقتصادی (با لحاظ اثر کارایی انرژی)						
غیرمستقیم اثر	۴,۸۵	۹,۷۱	۱۴,۵۶	۱۹,۴۲	۱۲,۱۳۵	تأیید اثر بازگشتی
اثر کل	−۹,۷۸۶	−۴,۹۲۶	−۰,۰۷۶	۴,۷۸۴	−۵,۴۹۹	کاهش آلودگی
اثر رشد اقتصادی (با لحاظ اثر جانشینی)						

اثر غیرمستقیم	۳,۱۲	۶,۲۵	۹,۳۷	۱۲,۵۰	۷,۸۱	تأیید اثر بازگشتی
اثر کل	−۱,۰۰۳	۲,۱۲۴	۵,۲۴۷	۸,۳۷۷	۳,۶۸۶	تأیید اثر بازگشتی
اثر رشد اقتصادی (با لحاظ اثر کارایی انرژی و اثر جانشینی)						
اثرات غیرمستقیم	۰,۰۳	۰,۰۵	۰,۰۸	۰,۱۰	۰,۰۶۵	تأیید اثر بازگشتی
اثر جانشینی	−۱۰,۴۳۹	−۱۰,۴۱۹	−۱۰,۳۸۹	−۱۰,۳۶۹	−۱۰,۴۰۴	کاهش آلودگی
اثر کارایی	−۱۴,۶۰۶	−۱۴,۵۸۶	−۱۴,۵۵۶	−۱۴,۵۳۶	−۱۴,۵۷۱	کاهش آلودگی

منبع: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر توسعه تکنولوژی در بخش کشاورزی ایران بر میزان انتشار آلودگی و رشد اقتصادی با منحنی کوزنتس زیست‌محیطی در بخش کشاورزی ایران در طی دوره ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ انجام گرفت. بدین منظور، با استفاده از رویکرد هم‌انباشتگی خودرگرسیونی‌برداری توضیحی رابطه بلندمدت میان متغیرها برآورد شد. نتایج نشان داد که رشد اقتصادی در بخش کشاورزی در سطح بالا سبب کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌شود و از فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس پیروی می‌کند. در پژوهش‌های دیگر امیرخیز و همکاران (۷)، یانگ و همکاران (۳۸)، زامبرانو و همکاران (۴۰) و احمد و همکاران (۴) نیز این موضوع را تصدیق می‌کنند. این نتایج نشان می‌دهد که برای کاهش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن نیازی به محدود کردن سرعت رشد اقتصادی در بخش کشاورزی نمی‌باشد، در واقع میزان آلودگی یک عامل محدودکننده برای رشد در بخش کشاورزی محسوب نمی‌شود. در مقابل، نتایج برخی مطالعات نشان داد که توجه به عامل رشد اقتصادی در انتشار میزان آلودگی مهم است، به طوری‌که رشد اقتصادی ممکن است وقتی به یک سطح آستانه برسد سبب کاهش میزان انتشار آلودگی نشود. لو (۱۸) در مطالعه خود نشان داد که تولید ناخالص داخلی باعث انتشار بیشتر گاز دی‌اکسیدکربن می‌شود، پژوهش‌های دیگر متفکرآزاد و محمدی خانقاهی (۲۳)، طرز کار و کارگر ده بیدی (۳۴) و امیر تیموری (۴) برای کشور ایران، لو (۱۸) برای ۱۲ کشور آسیایی، خان و همکاران (۱۶) در پاکستان و کاهیا و همکاران (۱۵) برای ۱۲ کشور خاورمیانه و شمال آفریقا نیز این موضوع را تصدیق می‌کنند. این نتایج نشان می‌دهد که رشد اقتصادی تنها در صورتی ممکن است به کاهش میزان انتشار آلودگی کمک کند که اثرات سایر عوامل بر رشد اقتصادی را ثابت فرض کنیم.

همچنین در این مطالعه، رابطه منفی و معنی‌داری بین اثر رشد اقتصادی با لحاظ اثر القایی کارایی انرژی و میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بخش کشاورزی ایران در بلندمدت مشاهده شد، در پژوهش دیگر امیر تیموری (۲) پیشرفت تکنولوژی را عامل کاهش گاز دی‌اکسیدکربن در این بخش بیان کرد. وانگ و همکاران (۳۶) در مطالعه خود نیز این نکته را تصدیق می‌کند. این نتایج بیانگر این است سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت در تکنولوژی‌های صرفه‌جویانه انرژی در بخش کشاورزی ایران کمک مؤثری به کاهش انتشار میزان آلودگی در طی فرآیند تولید می‌کند. به بیان دیگر رشد اقتصادی با لحاظ اثر القایی کارایی انرژی از فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس و رشد پایدار پیروی می‌کند. بنابراین، افزایش کارایی انرژی برای کاهش میزان آلودگی با حفظ رشد اقتصادی ضروری است.

همچنین در این مطالعه نشان داده شد که علاوه بر اثرات کارایی توسعه تکنولوژی، توجه به اثرات جانشینی توسعه تکنولوژی در کاهش میزان انتشار آلودگی در بخش کشاورزی ایران مهم بوده است. نتایج نشان داد که رشد اقتصادی با لحاظ اثرات جانشینی از توسعه تکنولوژی از فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس پیروی نمی‌کند. در پژوهش‌های دیگر وانگ و همکاران (۳۶) و یانگ و لی (۳۷) نیز این موضوع را تصدیق می‌کنند. به بیان دیگر رشد اقتصادی با لحاظ اثرات جانشینی از توسعه تکنولوژی دیگر در سطح بالا سبب کاهش میزان انتشار آلودگی در بخش کشاورزی نمی‌شود. این مسأله خاطر نشان می‌کند که اثر جانشینی از توسعه تکنولوژی در بخش کشاورزی به افزایش بیشتر انتشار میزان آلودگی در بخش کشاورزی کمک می‌کند. به طوری‌که با تغییر در ترکیب حامل‌های انرژی منجر به افزایش اثرات بازگشتی انرژی که به نوبه خود سبب افزایش انتشار میزان آلودگی در بخش کشاورزی می‌شود.

آمارهای رسمی وزارت نیرو نیز حاکی از این است که مصرف نهایی انرژی در بخش کشاورزی در طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ روند افزایشی داشته است. این نتایج بیانگر این است که اثرات جانشینی توسعه تکنولوژی در بخش کشاورزی می‌تواند منجر به این شود که رشد اقتصادی سبب کنترل آلودگی نشود؛ زیرا رشد اقتصادی با لحاظ اثر القایی از جانشینی بین حامل‌های انرژی که با توسعه تکنولوژی در زمان اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی

در بخش کشاورزی اتفاق می‌افتد دیگر از فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس پیروی نمی‌کند و منجر به افزایش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بخش کشاورزی می‌شود. در این زمینه نتایج این مطالعه با نتایج سایر پژوهشگران دیگر لین و لیو (۲۱)، یانگ و لی (۳۷)، ژانگ و همکاران (۳۹) و اینگلسی–لوتز (۱۴) مطابقت دارد. بنابراین، از نتایج مشخص می‌شود که اثرات جانشینی از توسعه تکنولوژی در زمان اجرای قانون هدفمندی به همراه رشد اقتصادی سبب افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی شده و از فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس پیروی نمی‌کند. همچنین این نتیجه در تضاد با نتیجه پژوهش وانگ و همکاران (۳۶) که بیان نمودند سطح بالای توسعه تکنولوژی میزان انتشار آلودگی را کاهش می‌دهد که محتمل‌ترین دلیل اختلاف را می‌توان در نظر نگرفتن اثرات جانشینی از توسعه تکنولوژی دانست.

از نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌گردد که برای دست‌یابی به اهداف دوگانه حفظ رشد اقتصادی و کاهش انتشار میزان آلودگی در زمان اجرای قانون هدفمندی یارانه انرژی در بخش کشاورزی توجه به نقش اثرات جانشینی از توسعه تکنولوژی ضروری است و باید علاوه بر افزایش سرمایه‌گذاری در تکنولوژی‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی به نقش اثرات بازگشتی انرژی از این تکنولوژی‌ها نیز توجه گردد و از ابزارهای اقتصادی مانند تسریع در اصلاحات قیمت‌گذاری برای کاهش این اثرات استفاده گردد.

References

1. Asgharpourpour H, Behboodi D, & Mohammadi Khaneghahi R. The Effects of Economic and Financial Developments on Environmental Quality; An Empirical Analysis in Selected OPEC Countries. *Iranian Energy Economics. 2013; 2*(6), 1-26. (In Persian)
2. Amirtaimoori S. Study of Financial Development impact on Carbon Dioxide Emissions in the Iran's Agricultural Sector. *Environmental Researches*. 2019; *9*(18), 29-36. (In Persion)
3. Abbasi T, & Abbasi SA. *Renewable energy sources: Their impact on global warming and pollution*. 2011.
4. Ahmad N, Du L, Lu J, Wang J, Li HZ, & Hashmi MZ. Modelling the CO2 emissions and economic growth in Croatia: is there any environmental Kuznets curve?. *Energy*. 2017; *123*, 164-172.
5. Bundschuh J, & Chen G. (Eds.). *Sustainable energy solutions in agriculture*. CRC Press. 2014.
6. Chen J, Cheng S, & Song M. Changes in energy-related carbon dioxide emissions of the agricultural sector in China from 2005 to 2013. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018; *94*, 748-761.
7. Nahidi Amirkhiz M, Rahimzadeh F, & Shokouhifard S. Study of the Relation among Economic Growth, Energy Using and Greenhouse Gas Emissions (Case study: Selected Countries of the OIC). *Journal of Environmental Science and Technology*. 2020; *22*(3), 13-26. (In Persion)
8. Engle RF, Granger CWJ. Cointegration and error correction representation, estimation and testing. Econometrica. 1987; 55, 251–276.
9. Gu W, Zhao X, Yan X, Wang C, & Li Q. Energy technological progress, energy consumption, and CO2 emissions: empirical evidence from China. *Journal of Cleaner Production*. 2019; *236*, 117-666.
10. Grossman GM and Krueger AB. Economic growth and the environment. The Quarterly Journal of Economics. 1995; 110(2), 353–377.
11. Johansen S, Juselius K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration – with applications to the demand for money. Oxf. Bull. Econ. Stat. 1990; 52, 169–210.
12. Johansen S. Statistical analysis of cointegration vectors. J. Econ. Dyn. Control. 1988; 12,231–254.
13. Hendry DF. Dynamic econometrics. Oxford University Press on Demand. 1995.
14. Inglesi-Lotz R. Decomposing the South African CO2 emissions within a BRICS countries context: Signalling potential energy rebound effects. *Energy*. 2018; *147*, 648-654.
15. Kahia M, Jebli M B, & Belloumi M. Analysis of the impact of renewable energy consumption and economic growth on carbon dioxide emissions in 12 MENA countries. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2019; *21*(4), 871-885.
16. Khan MK, Khan MI, & Rehan M. The relationship between energy consumption, economic growth and carbon dioxide emissions in Pakistan. *Financial Innovation*. 2020; *6*(1), 1-13.
17. Khan D, & Ullah A. Testing the relationship between globalization and carbon dioxide emissions in Pakistan: does environmental Kuznets curve exist?. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019; *26*(15), 15194-15208.
18. Lu W C. The impacts of information and communication technology, energy consumption, financial development, and economic growth on carbon dioxide emissions in 12 Asian countries. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2018; *23*(8), 1351-1365.
19. Lashkarizadeh M, & Eshaghi M. Investigating the impact of nanotechnology on environment. *Journal of Environmental Science and Technology*. 2017; *19*(1), 49-61. (In Persion)
20. Liu Y, Yan B, & Zhou Y. Urbanization, economic growth, and carbon dioxide emissions in China: A panel cointegration and causality analysis. *Journal of Geographical Sciences*. 2016; *26*(2), 131-152.
21. Lin B, & Liu X. Dilemma between economic development and energy conservation: Energy rebound effect in China. *Energy*. 2012; *45*(1), 867-873.

22. Liobikienė G, & Butkus M. Environmental Kuznets Curve of greenhouse gas emissions including technological progress and substitution effects. *Energy*. 2017; *135*, 237-248.
23. Motafakkerazad MA, & Mohammadi Khaneghahi R. The Impacts of Economic Growth, Energy Consumption and Openness on the Environmental Quality In IR Iran. *Iranian Energy Economics*. 2012; *1*(3), 89-106. (In Persion)
24. **Ministry of Energy,** *Energy* Balances, Macro Planning of Electricity and Energy. 2018. (In Persion)
25. Ministry of Petroleum, Hydrocarbon Balance, International Energy Studies Institute. 2017. (In Persion)
26. Mikayilov J I, Galeotti M, & Hasanov F J. The impact of economic growth on CO2 emissions in Azerbaijan. *Journal of cleaner production*. 2018; *197*, 1558-1572.
27. Nahidi Amirkhiz M, Rahimzadeh F, & Shokouhifard S. Study of the Relation among Economic Growth, Energy Using and Greenhouse Gas Emissions (Case study: Selected Countries of the OIC). *Journal of Environmental Science and Technology*. 2020; *22*(3), 13-26. (In Persion)
28. Phillips P C B, & Perron P. Testing for a unit root in time series regression. Biometrica. 1988; 75 (2): 335–346. *View at Google Scholar*| *View at Publisher*.
29. Pesaran MH, Shin Y. An Autoregressive Distributed Lag-Modeling Approaches to Cointegration Analysis. Econometrics and Economics Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium. Strom S.-Cambridge University Press, Cambridge. 1999.
30. Ridzuan NHAM, Marwan NF, Khalid N, Ali MH, & Tseng ML. Effects of agriculture, renewable energy, and economic growth on carbon dioxide emissions: Evidence of the environmental Kuznets curve. *Resources, Conservation and Recycling*. 2020; *160*, 104-879.
31. Sayeh Miri, & Abbas Khani. The effect of information and communication technology on economic growth by meta-analysis method. Scientific Journal of Information Management. 2020; 5 (2), 120-135. (In Persion)
32. Shahnazi R, Hadian E, & Jargani L. An investigation of energy consumption, economic growth and CO2 emission in the Iranian economic sectors. *Quarterly Journal of Economic Growth and Development Research*. 2017; *7*(28), 51-70. (In Persion)
33. Sasana H, & Aminata J. Energy subsidy, energy consumption, economic growth, and carbon dioxide emission: Indonesian case studies. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2019; *9*(2), 117.
34. Tarazkar MH, & Kargar Dehbidi N. The Impact of Elderly Population, Economic Growth, Energy Consumption and Urbanization on CO2 Emissions in the Middle East: Application of Panel Cointegration Approach. *Environmental Researches*. 2019; *9*(18), 37-48. (In Persion)
35. Torabi T, Khajooeipour A, Tarighi S, & Pakravan M. The effect of energy consumption, economic growth and international business on greenhouse gas emission in Iran. *Economic Modeling*. 2015; *9*(29), 63-84. (In Persion)
36. Wang S, Zeng J, & Liu X. Examining the multiple impacts of technological progress on CO2 emissions in China: a panel quantile regression approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019; *103*, 140-150.
37. Yang L, & Li Z. Technology advance and the carbon dioxide emission in China–Empirical research based on the rebound effect. *Energy Policy*. 2017; *101*, 150-161.
38. Yang X, Lou F, Sun M, Wang R, & Wang Y. Study of the relationship between greenhouse gas emissions and the economic growth of Russia based on the Environmental Kuznets Curve. *Applied energy*. 2017; *193*, 162-173.
39. Zhang YJ, Peng HR, & Su B. Energy rebound effect in China's Industry: An aggregate and disaggregate analysis. *Energy Economics*. 2017; *61*, 199-208.
40. Zambrano-Monserrate MA, Valverde-Bajaña I, Aguilar-Bohórquez J, & Mendoza-Jiménez M. Relationship between economic growth and environmental degradation: is there an environmental evidence of kuznets curve for Brazil?. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2016; *6*(2), 208-216.