Journal of Agricultural Economics Research

Spring 2023. Vol 16. Issue 1

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

Research Paper

Investigating the Effects of Energy Substitution on Pollution Control in Different Economic Sectors of Iran

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

Received:2021/10/18
Accepted: 2022/12/24
PP:1-14

Use your device to scan and read the article online

DOI:
10.30495/JAE.2023.29215.2296

Keywords:
Carbon dioxide emissions, Economic sectors, Effect of energy substitution, investment.

Abstract:

Introduction: The country's economic growth depends on energy consumption, and increasing energy consumption results in increase in the level environmental pollution. Therefore, management of energy consumption in different economic sectors with the aim of controlling pollution is necessary. The purpose of this study is to estimate the share of inputs in production, substitution between inputs, and to investigate the effects of energy substitution on pollution emissions and energy storage in Iran's economic sectors.

Materials and Methods: To achieve these goals, the translog production function is used. Relevant statistical data for the period 1981 to 2017 have been collected from the Central Bank, the Statistics Center of Iran and the Ministry of Energy.

Findings: The results showed that capital stock, labor force and energy are substitute inputs, and among these, the substitution between energy and capital is more and its value is equal to 1.457 percent, 1.332 percent for the agricultural sector, industries-mining and services, respectively. 1% and 1.247%. In addition, the results of the study of different scenarios showed that with the allocation of more capital in the sectors, energy saving technologies are expanded, resulting in a substitution between capital and energy, as well as a reduction in carbon dioxide emissions.

Conclusion: Based on obtained results, it is suggested that due to the high substitution of capital and energy, more energy can be saved from the sectors and more pollution can be controlled. In addition, the substitution of capital and energy can be achieved by further advancing technology and helping to change the production structure of parts from user to capital.

Classification JEL :E_{22} ،B41 .

Citation: Taei Samirmi F., Khalilian S.(2024). Investigating the Effects of Energy Substitution on Pollution Control in Different Economic Sectors of Iran. Journal of Agricultural Economics Research.16(1):1-14

Corresponding author: Sadegh Khalilian
Address: Associate Professor - Tarbiat Modares University - Faculty of Agriculture
Tell: 02148292016
Email: : khalil_s@modares.ac.ir

Extended Abstract

Introduction:

Currently, in Iran, paying subsidies to energy inputs causes an increase in energy consumption (22).The final consumption of energy in the agricultural sector, in the industrial sector, in the domestic, public and commercial sector and in the transportation sector has increased during the years 2009 to 2017 (21). The amount of carbon dioxide gas emission in Iran's agricultural sector, in the industrial sector, in the transportation sector and in the domestic, commercial and public sector has also increased during this period (21), Energy-saving technologies in the agriculture, industry and service sectors help to reduce the amount of carbon dioxide emissions. Therefore, the energy policies should be properly specified that the management of energy consumption in different economic sectors of Iran can play an important role in this field.

Materials and Methods

The purpose of this study is to investigate the effects of energy substitution on pollution control in different economic sectors of Iran. To achieve these goals, the translog production function has been used. The relevant statistical information for the period 1981 to 2017 was collected from Central Bank, Iran Statistics Center and Ministry of Energy. The form of the translog production function in this study was written as follows:

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_K(\ln K_{it}) + \beta_E(\ln E_{it}) + \beta_L(\ln L_{it}) + \beta_M(\ln M_{it}) + \beta_{KE}(\ln(K_{it})\ln(E_{it})) + \beta_{KL}(\ln(K_{it})\ln(L_{it})) + \beta_{KM}(\ln(K_{it})\ln(M_{it})) + \beta_{EL}(\ln(E_{it})\ln(L_{it})) + \beta_{EM}(\ln(E_{it})\ln(M_{it})) + \beta_{LM}(\ln(L_{it})\ln(M_{it})) + \beta_{KK}(\ln K_{it})^2 + \beta_{EE}(\ln E_{it})^2 + \beta_{LL}(\ln L_{it})^2 + \beta_{MM}(\ln M_{it})^2 + \varepsilon_{it}$$

In this relation, Y is the amount of production, K is apital stock, L is the labor force, E is the amount of energy consumed, M is the other intermediate inputs. β_0 is the intercept, β_k; β_E; β_L; β_M; β_{KE}; β_{KL}; β_{KM}; β_{EL}; β_{EM}; β_{LM}; β_{KK}; β_{EE}; β_{LL} and β_{MM} are coefficients, ε_t is the white noise term with zero mean and homoscedastic variance, "t" is the time from 1981 to 2017 and ln is the natural logarithm. i represents the sectors that in this study include services, agriculture and industry.

Also, in this study, production elasticity related to inputs (capital stock (K), labor (L), energy consumption (E) and other intermediate inputs (M) was calculated as follows:

$$\eta_{Kt_i} = \frac{dY_{it}/Y_{it}}{dK_{it}/K_{it}} = \frac{d\ln(Y_{it})}{d\ln(K_{it})} = \beta_k + \beta_{KE}\ln(E_{it}) + \beta_{KL}\ln(L_{it}) + \beta_{KM}\ln(M_{it}) + 2\beta_{KK}\ln(K_{it})$$

$$\eta_{Lt_i} = \frac{dY_{it}/Y_{it}}{dL_{it}/L_{it}} = \frac{d\ln(Y_{it})}{d\ln(L_{it})} = \beta_L + \beta_{LE}\ln(E_{it}) + \beta_{LK}\ln(K_{it}) + \beta_{LM}\ln(M_{it}) + 2\beta_{LL}\ln(L_{it})$$

$$\eta_{Et_i} = \frac{dY_{it}/Y_{it}}{dE_{it}/E_{it}} = \frac{d\ln(Y_{it})}{d\ln(E_{it})}\beta_E + \beta_{EL}\ln(L_{it}) + \beta_{EK}\ln(K_{it}) + \beta_{EM}\ln(M_{it}) + 2\beta_{EE}(\ln E_{it})$$

$$\eta_{Mt_i} = \frac{dY_{it}/Y_{it}}{dM_{it}/M_{it}} = \frac{d\ln(Y_{it})}{d\ln(M_{it})} = \beta_M + \beta_{ML}\ln(L_{it}) + \beta_{ME}\ln(E_{it}) + \beta_{MK}\ln(K_{it}) + 2\beta_{MM}(\ln M_{it})$$

In these relationships, η_K is the production elasticity of capital; η_L production elasticity of labor; η_E is the production elasticity of energy and η_M is the production elasticity of other intermediate inputs, and i represents the agriculture, industry and service sector.

On the other hand, substitution elasticity between energy inputs and non-energy inputs were calculated as follows:

$$\delta_{KL_i} = (1 + \frac{-\beta_{KL} + (\frac{\eta_{iK}}{\eta_{iL}}) \times \beta_{LL}}{(-\eta_{iK} + \eta_{iL})})^{-1}$$

$$\delta_{KE_i} = (1 + \frac{-\beta_{KE} + (\frac{\eta_{iK}}{\eta_{iE}}) \times \beta_{EE}}{(-\eta_{iK} + \eta_{iE})})^{-1}$$

$$\delta_{LE_i} = (1 + \frac{-\beta_{LE} + (\frac{\eta_{iL}}{\eta_{iE}}) \times \beta_{EE}}{(-\eta_{iL} + \eta_{iE})})^{-1}$$

$$\delta_{ME_i} = (1 + \frac{-\beta_{ME} + (\frac{\eta_{iM}}{\eta_{iE}}) \times \beta_{EE}}{(-\eta_{iM} + \eta_{iE})})^{-1}$$

In these relationships, δ_{KE} represents the substitution elasticity of capital with respect to energy; δ_{LE} represents the substitution elasticity of labor force with respect to energy and δ_{ME} represents the substitution elasticity of other intermediate inputs with respect to energy. i represents agriculture, industry and services sector.

Findings

Based on the obtained results, the production elasticity of inputs including labor for three sectors of agriculture, industry and services has been positive. In all three sectors, labor production tension is located in the third production area, which shows that Iran's economic sectors are facing labor surplus. In addition, the results show that the capital stock used in agriculture, industry and service sectors is located in the first productive area. Also, the results showed that energy is considered as a main growth factor for the sectors.

The findings showed that investment in agriculture, industries and mines and services may reduce energy consumption and thus reduce pollution. In other words, energy and capital are substitutes for each other, and the amount of this substitution is on average 1.457 percent, 1.332 percent, and 1.247 percent for agriculture, industries, mines and

services, respectively. In addition to the above results, the results indicate that labor is a suitable substitute for energy consumption in agriculture, industry and services; The amount of this substitution for agriculture, industries and mines and services sectors is equal to 1.04 on average; 1.332 and 1.247 percent.

Discussion and Conclusion

The effect of energy substitution in Iran's economic sectors on the amount of pollution during the period 2009 to 2016 was investigated. The findings showed that capital inputs, energy and other intermediary inputs during the study period increase the production in the sectors, and among these, capital has had the greatest impact on the production of the sectors. In addition, the results indicated that the elasticity of substitution between production factors is positive, which indicates that the inputs examined in the study are substitutes for each other. So that the substitution between capital and energy shows that it is possible to reduce energy consumption and increase domestic investment in agriculture, industry and service sectors by using more efficient machinery with renewable energy consumption, which is the reason for maintaining economic growth in sectors with the use of renewable energy. It also causes reliance on domestic investments instead of relying on domestic loans with high interest.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All subjects fulfill the informed consent.

Funding

This research was financially supported by the authors of the article.

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

بهار ۱۴۰۳.دوره ۱۶. شماره ۱

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

مقاله پژوهشی

بررسی اثرات جانشینی انرژی بر کنترل آلودگی در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران

فاطمه طایی سمیرمی[۱] صادق خلیلیان[۲*]

۱- دانشجوی دکترای اقتصاد کشاورزی- دانشگاه تربیت مدرس

۲- گروه اقتصاد کشاورزی- دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۳

شماره صفحات: ۱۴-۱

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

DOI: 10.30495/JAE.2023.29215.2296

واژه‌های کلیدی:

اثر جانشینی انرژی، انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، بخش‌های اقتصادی، سرمایه‌گذاری.

چکیده

مقدمه و هدف: رشد اقتصادی کشور وابسته به مصرف انرژی است و افزایش مصرف انرژی نیز آلودگی محیطزیست را به همراه دارد. بنابراین، مدیریت مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی با هدف کنترل آلودگی ضرورت دارد. هدف از این مطالعه برآورد سهم نهاده‌ها در تولید، جانشینی بین نهاده‌ها و همچنین بررسی اثرات جانشینی انرژی بر میزان انتشار آلودگی و ذخیره‌سازی انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران است.

مواد و روش‌ها: برای دستیابی به این اهداف، تابع تولید ترانسلوگ به کار گرفته شده است. اطلاعات آماری مربوطه برای دوره زمانی ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۶ از بانک مرکزی، مرکز آمار ایران و وزارت نیرو جمع‌آوری شده است.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میزان موجودی سرمایه، تعداد نیروی‌کار و میزان انرژی مصرفی جانشین یکدیگر هستند و از این میان جانشینی بین انرژی و سرمایه بیشتر و مقدار آن به ترتیب برای بخش کشاورزی، صنایع-معادن و خدمات برابر با ۱/۴۵۷ درصد، ۱/۳۳۲ درصد و ۱/۲۴۷ درصد بوده است. علاوه بر این، نتایج بررسی سناریوهای مختلف نشان داد که با تخصیص سرمایه بیشتر در بخش‌ها، فنآوری‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی گسترش می‌یابد و در نتیجه جانشینی بین سرمایه و انرژی و همچنین کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن محقق می‌گردد.

بحث و نتیجه‌گیری: از نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌گردد که به دلیل جانشینی بالای سرمایه و انرژی می‌توان انرژی بیشتری از بخش‌ها صرفه‌جویی و آلودگی بیشتری کنترل شود. علاوه بر این، جانشینی سرمایه و انرژی می‌تواند با ارتقای بیشتر فنآوری محقق گردد و به تغییر در ساختار تولید بخش‌ها از کاربر به سرمایه بر کمک شود.

طبقه‌بندی JEL: E_{22}؛ B_{41}.

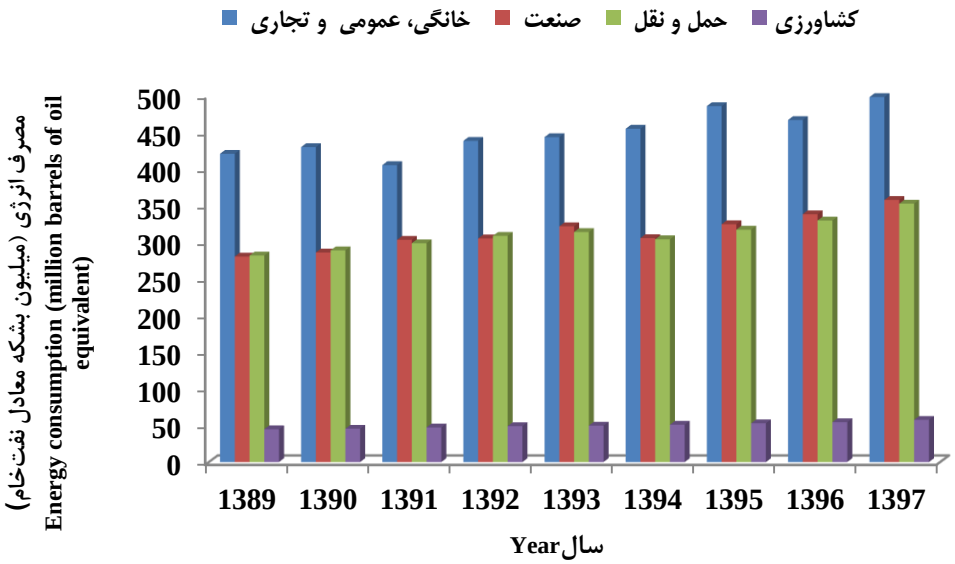
* **نویسنده مسوول:** صادق خلیلیان

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

پست الکترونیکی: khalil_s@modares.ac.ir

مقدمه

انتشار گاز دی‌اکسیدکربن تقریباً ۶۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد و یکی از مهم‌ترین عوامل تغییر اقلیم و تخریب محیط‌زیست است (۴، ۶). مشخص شده است که استراتژی‌های کاهش مصرف انرژی نیاز به تغییر قابل توجهی در ترکیب انرژی دارند (۷، ۱۴ و ۱۶). در کشور ایران در حال حاضر، پرداخت یارانه به نهاده انرژی سبب افزایش مصرف انرژی می‌شود (۲۲). شکل (۱) نشان می‌دهد، مصرف نهایی انرژی در بخش کشاورزی از ۴۴/۱۴ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۹ به ۵۸/۱۱ میلیون بشکه معادل نفت‌خام در سال ۱۳۹۷، در بخش صنعت از ۲۸۱/۴ میلیون بشکه معادل نفت‌خام در سال ۱۳۸۹ به ۳۵۸/۳ میلیون بشکه معادل نفت‌خام در سال ۱۳۹۷، در بخش خانگی، عمومی و تجاری از ۴۲۱/۱ میلیون بشکه معادل نفت‌خام در سال ۱۳۸۹ به ۴۹۸/۳ میلیون بشکه معادل نفت‌خام در سال ۱۳۹۷ و در بخش حمل‌ونقل از ۲۸۲/۸ میلیون بشکه معادل نفت‌خام به ۳۵۳/۴ میلیون بشکه معادل نفت‌خام در سال ۱۳۹۷ افزایش یافته است (۲۱).

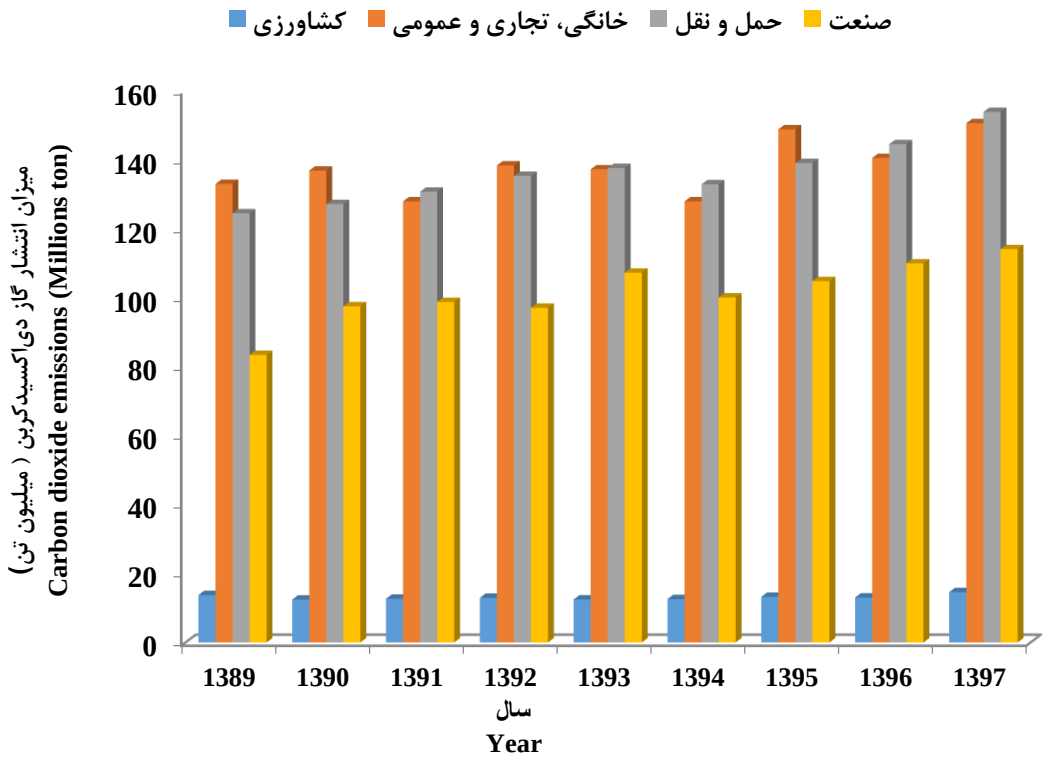


شکل ۱- کل مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷

شکل ۲ نشان می‌دهد که میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بخش کشاورزی ایران از ۱۳/۶۸ میلیون تن در سال ۱۳۸۹ به ۱۴/۵۳ میلیون تن در سال ۱۳۹۷، در بخش صنعت از ۸۳/۳۳ میلیون تن در سال ۱۳۸۹ به ۱۱۴/۰۵ میلیون تن در سال ۱۳۹۷، در بخش حمل‌ونقل از ۱۲۴/۴۶ میلیون تن در سال ۱۳۸۹ به ۱۵۳/۸۹ میلیون تن در سال ۱۳۹۷ و در بخش خانگی، تجاری و عمومی از ۱۳۲/۹۹ میلیون تن در سال ۱۳۸۹ به ۱۵۰/۶۳ میلیون تن در سال ۱۳۹۷ افزایش یافته است (۲۱)، این موضوع بیان‌گر آن است که مصرف انرژی یکی از عوامل اصلی آلودگی محیط‌زیستی در ایران است. چارپ و همکاران (۹) و ساسانا و آمیناتا (۲۷) نیز این نکته را برای کشورهای مختلف به خصوص کشورهای در حال توسعه تصدیق می‌کنند. با توجه به اهمیت رشد اقتصادی و مسئله‌ی محیط‌زیست در کشور ایران انتظار می‌رود که فنآوری‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی در بخش کشاورزی، صنعت و خدمات به کاهش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن کمک نمایند. بنابراین، سیاست‌های انرژی باید به درستی مشخص شوند که مدیریت مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران می‌تواند نقش مهمی در این زمینه ایفا کند.

قابلیت جانشینی بین نهاده انرژی و نهاده غیر انرژی برای سیاست‌گذاری در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران بسیار مهم است و کشور ایران نیاز به یک اقدام متعادل‌کننده در برنامه خود برای افزایش بازده محصول در مقابل امنیت انرژی و پایداری محیط‌زیست دارد.

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.



شکل ۲- انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷

از میان مطالعات صورت گرفته در داخل کشور اسلاملوئیان و استادزاده (۱۱)، با کاربرد تابع تولید با کشش جانشینی ثابت[1] (CES) چند مرحله‌ای به برآورد کشش جانشینی میان انرژی و سایر نهاده‌های تولید در ایران با چهار نهاده نیروی‌کار، سرمایه، انرژی و سرمایه‌گذاری پرداختند. نتایج نشان داد که یک درصد افزایش در نیروی‌کار، ۰/۵۶ درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی را در پی خواهد داشت، همچنین افزایش یک درصدی سرمایه باعث صرفه‌جویی ۰/۵۹ درصدی در مصرف انرژی می‌گردد.

اسدی مهماندوستی و همکاران (۱) به محاسبه بهره‌وری و کشش جانشینی بخش صنایع و معادن اقتصاد ایران پرداختند. برای این منظور از تابع هزینه انعطاف‌پذیر درجه دوم نرمال شده در طی دوره ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۲ استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان داد که جانشینی بین (نیروی‌کار و گاز طبیعی) برابر با ۰/۲۹۸ درصد؛ (سرمایه و گاز طبیعی) برابر با ۰/۲۳۷ درصد و سرمایه و فرآورده‌های نفتی برابر با ۰/۲۰۵ درصد محاسبه گردید.

لطفعلی پور و همکاران (۳۲) با استفاده از تابع تولید با کشش جانشینی ثابت به بررسی امکان جایگزینی بین انرژی و نیروی‌کار در بخش صنعت ایران برای دوره ۱۳۵۹ تا ۱۳۹۲ پرداختند. نتایج نشان داد که نیروی‌کار و انرژی نسبت به هم جانشین و مقدار این جانشینی برابر با ۰/۴۸ درصد بوده است.

اعظمی و همکاران (۲) با کاربرد یک مدل ترانسلوگ دو مرحله‌ای نشان دادند که گاز طبیعی سوخت جایگزین برای گازوئیل در صنایع اروپایی است و با افزایش قیمت برق و گاز طبیعی پیش‌بینی می‌شود نفت در بیشتر کشورها سوخت جایگزین برای این حامل‌های انرژی باشد.

استادزاد (۲۴) مسیر تولید در حالت پایا برای اقتصاد ایران با کاربرد تابع تولید با کشش جانشینی ثابت محاسبه کردند و نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که تولید و سرمایه تحقق‌یافته در اقتصاد ایران به صورت رکودی و معناداری از سطح پایا فاصله دارد و همچنین نتایج نشان داد که کشش جانشینی عوامل تولید تأثیر منفی بر رشد تولید در حالت پایا برای اقتصاد ایران دارد.

عسگری و همکاران (۱)، عوامل مؤثر بر تولید صنایع ماشین‌آلات و تجهیزات را با استفاده از تابع تولید ترانسلوگ مورد سنجش قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که کشش‌های نهایی نهاده‌های نیروی‌کار، موجوی سرمایه و انرژی برای تمام فعالیت‌های تولیدی مورد بررسی مثبت است.

از میان مطالعات صورت گرفته در خارج از ایران نیز ژا و دینگ (۳۰) با استفاده از تابع هزینه ترانسلوگ به محاسبه کشش‌های قیمتی متقاطع موریشما، آلن و سایه‌ای مک فادن در کشور چین پرداختند. نتایج محاسبه کشش‌های جانشینی نشان داد که جانشینی بین انرژی و سرمایه شدید است و در مقابل جانشینی بین نیروی‌کار و انرژی ضعیف است.

1- Constant elasticity of substitution

شی و هاوکس (۲۹) با کاربرد تابع تولید ترانسلوگ و روش رگرسیون ریج کشش جانشینی بین انواع سوخت‌ها (زغال‌سنگ، نفت، گاز طبیعی و برق) در بخش صنایع و معادن چین برای دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ محاسبه کردند و به این نتایج رسیدند که مصرف زغال‌سنگ، برق، نفت و گاز طبیعی سبب افزایش تولید صنایع و معادن می‌شود. علاوه بر این نتایج نشان داد که نهاده‌های زغال‌سنگ، نفت، گاز طبیعی و برق نسبت به یکدیگر جانشین بوده است.

لین و فی (۱۳) جانشینی بین عوامل تولید در بخش کشاورزی چین را با کاربرد تابع تولید ترانسلوگ و روش رگرسیون ریج بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین کشش محصول مربوط به نیروی‌کار و بعد از آن مربوط به سرمایه و انرژی می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که سرمایه، نیروی‌کار و انرژی نسبت به یکدیگر جانشین می‌باشند ولی کشش جانشینی بین سرمایه و انرژی بیشترین مقدار را داشته است و برابر با ۱/۱ درصد بوده است.

لین و احمد (۱۷) نیز در مطالعه‌ای با استفاده از تابع تولید ترانسلوگ اثر جانشینی انرژی بر بخش حمل‌ونقل پاکستان برای دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۳ مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتایج دست یافتند که نهاده سرمایه جانشین مناسبی برای نهاده انرژی در جهت کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بخش حمل‌ونقل است.

در پژوهش دیگر، لین و آتساگلی (۱۴) با استفاده از تابع تولید ترانسلوگ و روش رگرسیون ریج مصرف انرژی، جانشینی بین سوخت‌ها و رشد اقتصادی در نیجریه را مورد بررسی قرار دادند، بر اساس نتایج آن‌ها میزان موجودی سرمایه، تعداد نیروی‌کار و میزان نفت مصرفی جانشین یکدیگر هستند. همچنین نتایج نشان داد که افزایش سرمایه‌گذاری در فنآوری‌های که سبب صرفه‌جویی در مصرف نفت می‌شوند موجب کاهش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن می‌شود.

لین و لیو (۱۵) اثرات جانشینی انرژی در صنایع ماشین‌آلات چین بر اساس فرمول اصلاح شده‌ی کشش جانشینی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاکی از این بود که سرمایه، انرژی و نیروی‌کار جانشین یکدیگر هستند. همچنین نتایج نشان داد که کشش جانشینی بین سرمایه و انرژی و کشش جانشینی بین نیروی‌کار و انرژی برابر با ۱/۰۳ درصد است.

اویانگ و همکاران (۲۳) با کاربرد تابع تولید ترانسلوگ و روش رگرسیون ریج به محاسبه کشش‌های تولیدی و جانشینی بین عوامل تولید برای بخش حمل‌ونقل شانگهای پرداختند. نتایج نشان داد که کشش تولیدی میزان موجودی سرمایه برابر با (۱۳/۱۵-۰/۰) درصد؛ تعداد نیروی‌کار برابر با (۲۴/۲۵-۰/۰) درصد و میزان انرژی مصرفی برابر با (۴۳/۴۸-۰/۰) درصد است.

لین و رضا (۱۹) با استفاده از تابع تولید ترانسلوگ و روش رگرسیون ریج به بررسی اثر جانشینی انرژی در بخش حمل‌ونقل پاکستان پرداختند. نتایج حاصله نشان داد که کشش تولیدی و جانشینی بین عوامل تولید روند افزایشی داشته است. علاوه بر این نتایج نشان داد که بیشترین کشش جانشینی مربوط به نیروی‌کار و میزان انرژی مصرفی و همچنین بین میزان موجودی سرمایه و میزان انرژی مصرفی بوده است که به ترتیب برابر با ۰/۹۸ به ۰/۹۳ درصد است.

در بررسی مطالعات فوق، این جمع‌بندی حاصل شد که اغلب مطالعات داخلی و خارجی انجام شده در این تحقیق، به برآورد کشش جانشینی بین نهاده‌های تولید با استفاده از تابع تولید ترانسلوگ و همچنین بررسی اثر جانشینی نهاده‌های تولید بر کاهش کربن از دید بخش‌های مختلف اقتصادی در ایران کمتر توجه شده یا اصلاً توجه نشد است. بنابراین، با توجه به اهمیت موضوع، در این مقاله با استفاده از داده‌های پنل برای سه بخش کشاورزی، صنایع-معادن و خدمات برای دوره ۱۳۹۶-۱۳۶۰ به دنبال پاسخگویی به این پرسش هستیم که آیا میزان جایگزینی نیروی‌کار و سرمایه با نهاده انرژی می‌تواند سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش انتشار آلودگی در بخش‌های مختلف اقتصادی شود یا خیر؟

روش تحقیق

به منظور محاسبه کشش جانشینی و مکملی بین عوامل تولید، از توابع تولید ترانسلوگ استفاده می‌شود (۱۵؛ ۱۷). همچنین در این مطالعه برای بررسی چشم انداز چندگانه اثر افزایش سرمایه‌گذاری بر کنترل آلودگی و آنچه در آینده از افزایش سرمایه‌گذاری ممکن است بر کنترل آلودگی در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات رخ دهد، دو احتمال را همزمان برای سناریوی‌سازی، یکی افزایش پنج درصدی در سرمایه گذاری و دیگری افزایش ده درصدی در سرمایه‌گذاری انتخاب شد.

تابع ترانسلوگ اکثراً برای تخمین کشش‌های جانشینی و مکملی در نهاده‌ها کاربرد دارد و اولین بار توسط کریستنسن، جورجنسون و لائو (۸) پیشنهاد گردیده است، از امتیازات این روش می‌توان به انعطاف‌پذیری نسبت به سایر توابع تولید و وجود ارتباط غیرخطی بین متغیرها اشاره کرد (۱۰). با پیروی از مطالعات لین و رضا (۱۹) و لین و احمد (۱۷)، فرم تابع تولید ترانسلوگ در این مطالعه به صورت زیر نوشته شد:

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_K(\ln K_{it}) + \beta_E(\ln E_{it}) + \beta_L(\ln L_{it}) + \beta_M(\ln M_{it}) + \beta_{KE}(\ln(K_{it})\ln(E_{it})) + \beta_{KL}(\ln(K_{it})\ln(L_{it})) + \beta_{KM}(\ln(K_{it})\ln(M_{it})) + \beta_{EL}(\ln(E_{it})\ln(L_{it})) + \beta_{EM}(\ln(E_{it})\ln(M_{it})) + \beta_{LM}(\ln(L_{it})\ln(M_{it})) + \beta_{KK}(\ln K_{it})^2 + \beta_{EE}(\ln E_{it})^2 + \beta_{LL}(\ln L_{it})^2 + \beta_{MM}(\ln M_{it})^2 + \varepsilon_{it} \quad (۱)$$

در رابطه (۱)، Y میزان تولید، K میزان موجودی سرمایه، L نیروی‌کار، E میزان انرژی مصرفی، M سایر نهاده های واسطه‌ای، β_0 عرض از مبدأ، β_k؛ β_E؛ β_L؛ β_M؛ β_{KE}؛ β_{KL}؛ β_{KM}؛ β_{EL}؛ β_{EM}؛ β_{LM}؛ β_{KK}؛ β_{EE}؛ β_{LL} و β_{MM} ضرایب هستند، ε_t جمله‌ی نوفه سفید با میانگین صفر و واریانس همسانی است، "t" زمان از ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۶ و ln لگاریتم طبیعی است. i بیانگر بخش‌ها است که در این مطالعه شامل بخش خدمات، کشاورزی و صنعت است.

کشش تولیدی عوامل تولید: برای محاسبه کشش جانشینی بین عوامل تولید، کشش تولیدی عوامل تولید محاسبه می‌گردد. کشش تولیدی عبارت است از درصد تغییر در میزان تولید به درصد تغییر در عامل تولید که با مشتق‌گیری از تابع تولید نسبت به هر یک از عوامل تولید محاسبه می‌گردد (۳۱). همچنین در این مطالعه با پیروی از مطالعات لین و لیو (۱۵) و لین و احمد (۱۷)، کشش تولیدی مربوط به نهاده‌های (موجودی سرمایه ($\boldsymbol{K}$)، نیروی‌کار ($\boldsymbol{L}$)، انرژی مصرفی ($\boldsymbol{E}$) و سایر نهاده‌های واسطه‌ای ($\boldsymbol{M}$) به صورت رابطه (۲) تا رابطه (۵) محاسبه گردید:

$$\eta_{Kt_i} = \frac{dY_{it}/Y_{it}}{dK_{it}/K_{it}} = \frac{d\ln(Y_{it})}{d\ln(K_{it})} = \beta_k + \beta_{KE}\ln(E_{it}) + \beta_{KL}\ln(L_{it}) + \beta_{KM}\ln(M_{it}) + 2\beta_{KK}\ln(K_{it}) \quad (۲)$$

$$\eta_{Lt_i} = \frac{dY_{it}/Y_{it}}{dL_{it}/L_{it}} = \frac{d\ln(Y_{it})}{d\ln(L_{it})} = \beta_L + \beta_{LE}\ln(E_{it}) + \beta_{LK}\ln(K_{it}) + \beta_{LM}\ln(M_{it}) + 2\beta_{LL}\ln(L_{it}) \quad (۳)$$

$$\eta_{Et_i} = \frac{dY_{it}/Y_{it}}{dE_{it}/E_{it}} = \frac{d\ln(Y_{it})}{d\ln(E_{it})}\beta_E + \beta_{EL}\ln(L_{it}) + \beta_{EK}\ln(K_{it}) + \beta_{EM}\ln(M_{it}) + 2\beta_{EE}(\ln E_{it}) \quad (۴)$$

$$\eta_{Mt_i} = \frac{dY_{it}/Y_{it}}{dM_{it}/M_{it}} = \frac{d\ln(Y_{it})}{d\ln(M_{it})} = \beta_M + \beta_{ML}\ln(L_{it}) + \beta_{ME}\ln(E_{it}) + \beta_{MK}\ln(K_{it}) + 2\beta_{MM}(\ln M_{it}) \quad (۵)$$

در رابطه (۲) تا (۵)، η_K کشش تولیدی سرمایه؛ η_L کشش تولیدی نیروی‌کار؛ η_E کشش تولیدی انرژی و η_M کشش تولیدی سایر نهاده‌های واسطه‌ای است و i بیانگر بخش کشاورزی، صنعت و خدمات است.

کشش جانشینی بین عوامل تولید: به منظور انتخاب یک جانشین مناسب برای کاهش مصرف انرژی از بین عوامل تولید، کشش جانشینی بین عوامل تولید با استفاده از روابط (۲) تا (۵) و ضرایب تخمینی تابع تولید ترانسلوگ به صورت رابطه‌های (۶) تا (۹) محاسبه گردید که به صورت درصد تغییرات عوامل تولید به ازای یک درصد تغییر در نرخ نهایی جانشینی فنی (MRTS) تعریف می‌شود (۲۶). در این مطالعه، با پیروی از مطالعات لین و لیو (۱۵) و لین و رضا (۱۹)، کشش‌های جانشینی بین نهاده انرژی و نهاده‌های غیرانرژی به صورت زیر محاسبه گردید:

$$\delta_{KL_i} = \left(1 + \frac{-\beta_{KL} + \left(\frac{\eta_{iK}}{\eta_{iL}}\right)\times\beta_{LL}}{(-\eta_{iK} + \eta_{iL})}\right)^{-1} \quad (۶)$$

$$\delta_{KE_i} = \left(1 + \frac{-\beta_{KE} + \left(\frac{\eta_{iK}}{\eta_{iE}}\right)\times\beta_{EE}}{(-\eta_{iK} + \eta_{iE})}\right)^{-1} \quad (۷)$$

$$\delta_{LE_i} = \left(1 + \frac{-\beta_{LE} + \left(\frac{\eta_{iL}}{\eta_{iE}}\right)\times\beta_{EE}}{(-\eta_{iL} + \eta_{iE})}\right)^{-1} \quad (۸)$$

$$\delta_{ME_i} = \left(1 + \frac{-\beta_{ME} + \left(\frac{\eta_{iM}}{\eta_{iE}}\right)\times\beta_{EE}}{(-\eta_{iM} + \eta_{iE})}\right)^{-1} \quad (۹)$$

در روابط (۶) تا (۹)، δ_{KE} بیانگر کشش سرمایه نسبت به انرژی؛ δ_{LE} نشان‌دهنده کشش نیروی‌کار نسبت به انرژی و δ_{ME} بیانگر کشش سایر نهاده‌های واسطه‌ای نسبت به انرژی می‌باشد. i بیانگر بخش کشاورزی، صنعت و خدمات است.

کشش جانشینی بین نهاده‌ها به این معنی می‌باشد که اگر یک درصد قدر مطلق $MRTS_{LK}$ را تغییر دهیم، چند درصد نسبت نهاده‌ها تغییر می‌نماید و مقادیر این کشش از صفر تا بی‌نهایت است که هر قدر کشش جانشینی بزرگ‌تر باشد، جانشینی بین

1 Marginal rate of technical substitution

نهاده‌ها بیشتر است و هر قدر این مقدار کوچک‌تر باشد جانشینی بین نهاده‌ها کمتر است (۱۰).

در این مطالعه اطلاعات آماری مربوط به ارزش افزوده بخش کشاورزی (به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳)، سایر نهاده‌های واسطه‌ای به جزء سرمایه (به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳) و میزان موجودی سرمایه (به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳) از بانک مرکزی ایران، اطلاعات آماری مربوط به میزان انرژی مصرفی از وزارت نیرو، اطلاعات آماری مربوط به نیروی‌کار از بانک مرکزی ایران و اطلاعات آماری مربوط به میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن از سازمان خوار و بار جهانی فائو گردآوری شده است.

نتایج و بحث

به منظور بررسی مانایی متغیرها در داده‌های ترکیبی مورد بررسی از آزمون‌های ریشه واحد لوین، لین و چو (۲۰) و آزمون ایم پسران و شین (۱۲) استفاده شد. نتایج مربوط به این آزمون‌ها در جدول ۱ آورده شده است. همان‌طور که از نتایج مشخص است، تمامی متغیرها انباشته از مرتبه یک I(1) بوده و هیچ یک از متغیرها I(2) و یا از درجات بالاتر نیستند. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که تمام متغیرها با یک بار تفاضل‌گیری مانا هستند و لذا امکان رگرسیون کاذب وجود ندارد.

جدول۱- نتایج آزمون‌های ریشه واحد

متغیر	لوین، لین و چو (۲۰)		ایم-پسران و شین (۱۲)		نتیجه
	LLC		IPS		
	سطح متغیرها	تفاضل مرتبه اول متغیرها	سطح متغیرها	تفاضل مرتبه اول متغیرها	
lnL	۱,۰۵۵ (۰,۸۵۴)	-۲,۲۱۸** (۰,۰۱۳)	۱,۸۶۱ (۰,۹۶۹)	-۱,۳۵۶* (۰,۰۸۷)	I(1)
lnK	-۰,۸۸۲ (۰,۱۸۹)	-۴,۷۳۶** (۰,۰۰۰)	-۰,۶۸۴ (۰,۲۴۷)	-۴,۸۸۴** (۰,۰۰۰)	I(1)
lnM	۰,۰۱۲ (۰,۵۰۵)	-۵,۹۰۶** (۰,۰۰۰)	۰,۷۳۹ (۰,۷۷۰)	-۴,۳۷۶** (۰,۰۰۰)	I(1)
lnE	۰,۶۴۱ (۰,۷۳۹)	-۳,۵۹۸** (۰,۰۰۰)	۰,۳۵۱ (۰,۶۳۷)	-۲,۸۲۱** (۰,۰۰۲)	I(1)
lnY	۰,۱۴۸ (۰,۵۵۹)	-۵,۰۳۵** (۰,۰۰۰)	۰,۷۴۳ (۰,۷۷۱)	-۳,۷۲۶** (۰,۰۰۰)	I(1)

مآخذ: یافته‌های تحقیق

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

به منظور تخمین مدل از آزمون اثرات ثابت برای تشخیص پانل یا ترکیبی بودن مدل استفاده شد. فرضیه صفر این آزمون عرض از مبدأ برابر برای تمام واحدها (مقاطع) است (مدل داده ترکیبی) و فرضیه مقابل نشان‌دهنده این است که حداقل یکی از واحدها عرض از مبدأ متفاوت از سایر واحدها دارد (مدل پانل).

نتایج از آزمون F و χ^2 در جدول ۲ آورده شده است. بر اساس نتایج، مقدار آماره‌های محاسباتی معنی‌دار شده است. بنابراین، فرضیه صفر مبنی بر ترکیبی بودن مدل رد می‌شود و فرضیه مقابل مبنی بر وجود مدل حداقل مربعات با متغیر موهومی پذیرفته می‌گردد (مدل پانل).

جدول۲- آزمون همگنی

فرض‌ها	آماره F (احتمال)
H_0 : مدل داده ترکیبی	۲۱,۷۴۱** (۰,۰۰۰)
	χ^2(احتمال)
H_1 : مدل داده پانل	۳۸,۵۵۷** (۰,۰۰۰)

مآخذ: یافته‌های تحقیق

** بیانگر معنی‌داری در سطح پنج درصد است.

در ادامه برای انتخاب روش تخمین بین مدل اثرات ثابت و تصادفی از آزمون هاسمن استفاده می‌گردد. فرضیه صفر این آزمون بیان می‌کند که بین اثرات تصادفی و متغیرهای توضیحی همبستگی وجود ندارد (اثرات تصادفی) و فرضیه مقابل بیان

می‌دارد بین اثرات تصادفی و متغیرهای توضیحی همبستگی وجود دارد (اثرات ثابت). با توجه به نتایج آزمون هاسمن، فرضیه H0 مبنی بر تصادفی بودن اثرات فردی رد می‌شود و فرضیه مقابل مبنی بر ثابت بودن اثرات فردی پذیرفته می‌شود.

جدول۳- نتایج آزمون هاسمن

مقدار آماره کای دو	احتمال
۱۱,۵۱۴**	(0.021)

مآخذ: یافته‌های تحقیق

** بیانگر معنی‌داری در سطح پنج درصد است.

نتایج تخمین تابع تولید ترانسلوگ با اثرات ثابت در جدول ۴ آورده شده است. بر اساس نتایج، بیشتر ضرایب در سطح پنج و ده درصد معنی‌دار شده‌اند در ادامه از ضرایب معنی‌دار شده برای تخمین کشش‌های تولیدی و جانشینی بین عوامل تولید استفاده می‌شود.

جدول٤- نتایج تخمین تابع تولید ترانسلوگ

متغیر	ضرایب	انحراف معیار	آماره t	احتمال
C	−۷۵,۲۸۴ **	۳۲,۳۸۴	−۲,۳۲۵	۰,۰۲۳
lnL	۸,۲۷۲*	۴,۶۹۷	۱,۷۶۱	۰,۰۸۲
lnK	۰,۵۶۴	۰,۷۷۵	۰,۷۲۸	۰,۴۶۹
lnM	۲,۷۹۶**	۰,۸۳۱	۳,۳۶۵	۰,۰۰۱
lnE	−۰,۷۵۰	۰,۷۴۳	−۱,۰۱۰	۰,۳۱۵
lnL× ln K	−۰,۰۹۸*	−۰,۰۹۸	−۱,۸۵۳	۰,۰۶۸
LnL × lnM	−۰,۱۲۶**	۰,۰۶۵	−۱,۹۱۵	۰,۰۵۴
lnK× lnM	۰,۰۴۵**	۰,۰۱۰	۴,۳۵۰	۰,۰۰۰
lnL× lnE	۰,۰۵۳**	۰,۰۵۰	۱,۰۶۹	۰,۰۰۸
lnK×lnE	−۰,۰۷۹**	۰,۰۲۰	−۳,۹۶۸	۰,۰۰۰
lnM× lnE	۰,۰۵۲**	۰,۰۱۸	۲,۸۸۰	۰,۰۰۵
$\boldsymbol{lnL^2}$	−۰,۱۸۹*	۰,۱۷۳	−۱,۰۹۵	۰,۰۷۷
$\boldsymbol{lnK^2}$	۰,۰۳۶**	۰,۰۰۵	۷,۴۲۳	۰,۰۰۰
$\boldsymbol{lnM^2}$	−۰,۰۲۷**	۰,۰۰۱	−۶,۲۲۷	۰,۰۰۰
$\boldsymbol{lnE^2}$	۰,۰۱۴**	۰,۰۰۳	۴,۴۲۳	۰,۰۰۰
AR(1)	۰,۲۱۳**	۰,۰۳۳	۶,۴۱۳	۰,۰۰۰
AR(2)	−۰,۴۸۷**	۰,۰۱۰	−۴۶,۶۰۰	۰,۰۰۰

ضریب تعیین = ۰,۹۹

دوربین واتسون= ۲,۲۳

مآخذ: یافته‌های تحقیق

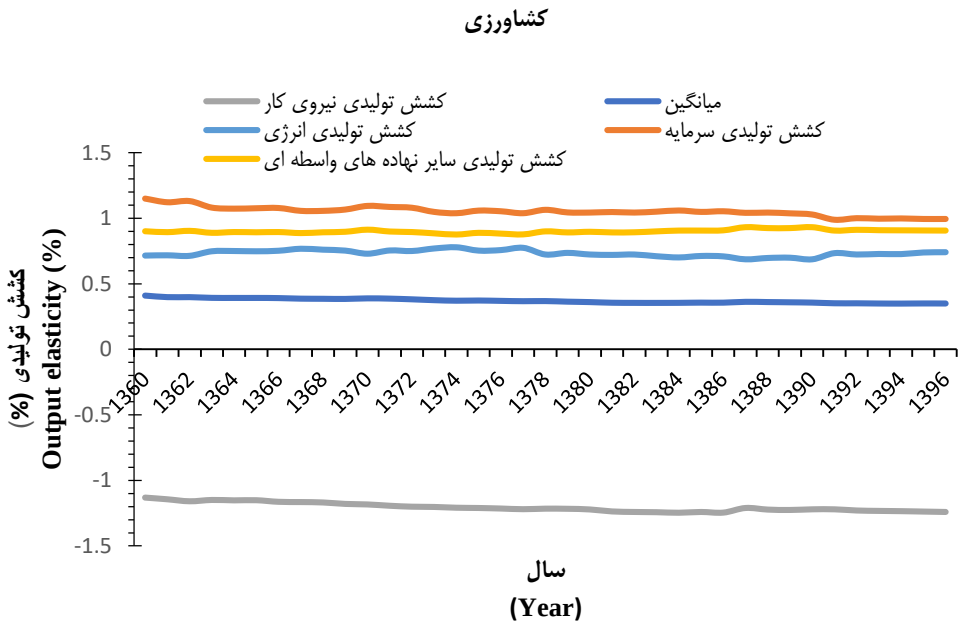
** و * به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح پنج درصد و ۱۰ درصد است.

کشش تولیدی نهاده‌ها در شکل (۳، ۴ و ۵) نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، کشش تولیدی نهاده‌ها به جزء نیروی‌کار برای سه بخش کشاورزی، صنعت و خدمات مثبت بوده است. کشش تولیدی نهاده‌ها در بخش کشاورزی برای سرمایه در دامنه (۰/۹۹۴ و ۱/۱۵۰)؛ نیروی‌کار در دامنه (۱/۲۴۰− و ۱/۱۳۱−) و انرژی در دامنه (۰/۷۴۱ و ۰/۷۲۰) قرار دارد. در بخش صنایع و معادن برای سرمایه در دامنه (۱/۱۸۲ و ۱/۱۴۸)؛ نیروی‌کار در دامنه (۱/۲۳۳− و ۱/۱۷۱−) و انرژی در دامنه (۰/۷۱۲ و ۰/۸۰۶) قرار دارد و در بخش خدمات برای سرمایه در دامنه (۱/۲۶۱ و ۱/۱۵۷)؛ نیروی‌کار در دامنه (۱/۳۲۳− و ۱/۴۳۸−) و انرژی در دامنه (۰/۶۰۱ و ۰/۶۵۱) قرار دارد.

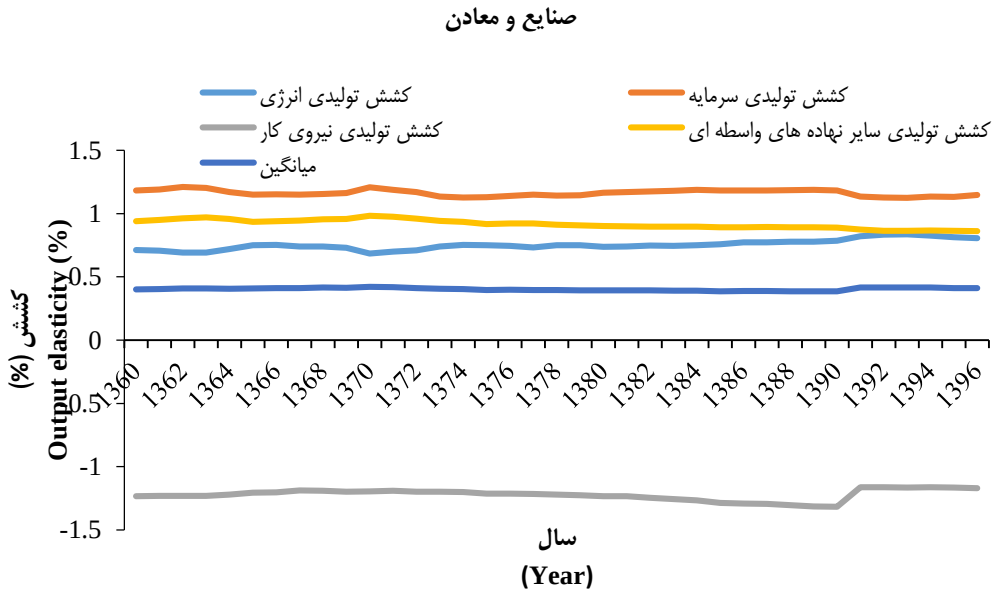
در هر سه بخش کشش تولیدی نیروی‌کار در ناحیه سوم تولید واقع شده است که نشان می‌دهد که بخش‌های اقتصادی ایران با مازاد نیروی‌کار[1] مواجه است و در نتیجه بهره‌وری نیروی‌کار در سطح پایین قرار دارد. همچنین نتایج نشان داد که میانگین کشش تولیدی نهاده سرمایه برای سه بخش کشاورزی؛ صنعت و خدمات، مثبت و معنی‌دار و به ترتیب معادل ۱/۰۵۶ درصد، ۱/۱۶۵ درصد و ۱/۱۹۲ درصد (بیشتر از یک) است که نشان می‌دهند موجودی

۱ – کشش تولیدی مربوط به نیروی کار از رابطه (۳) محاسبه گردید.

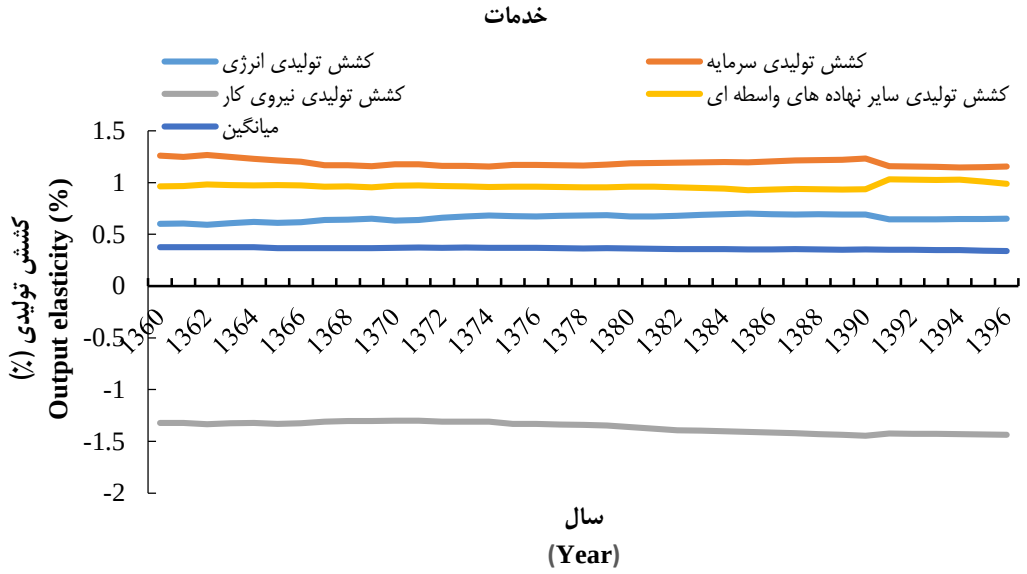
سرمایه مورد استفاده در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات در ناحیه اول تولیدی و نزدیک مرز ناحیه دوم تولید قرار دارد. علاوه بر نتایج فوق، انرژی به عنوان یک عامل اصلی رشد برای بخش‌ها محسوب شد، این بدان معنی است که در جهت حفظ رشد اقتصادی در بخش‌ها، فعالیت‌ها باید بر روی امنیت انرژی متمرکز شود. نتایج این بخش با یافته‌های شهباز و همکاران (۲۸) و رحمان و همکاران (۲۴) مطابقت دارد.



شکل ۳- کشش تولیدی عوامل تولید برای بخش کشاورزی



شکل ٤- کشش تولیدی عوامل تولید برای بخش صنایع و معادن

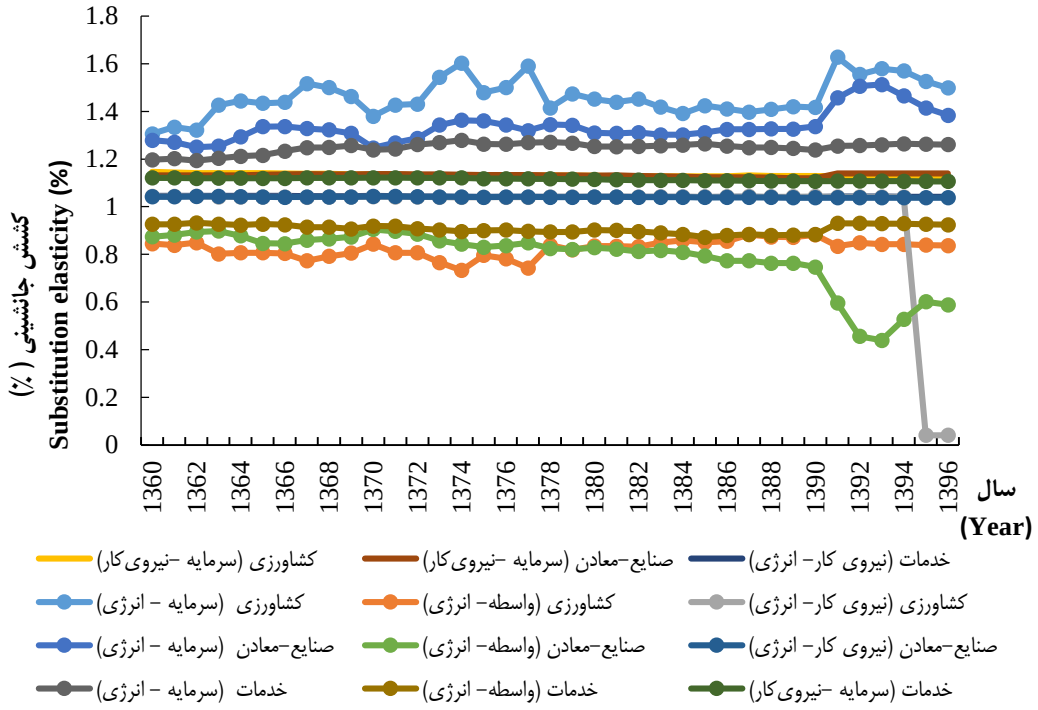


شکل۵- کشش تولیدی عوامل تولید برای بخش خدمات

شکل ۶ کشش جانشینی بین عوامل تولید را نشان می‌دهد. بر این اساس، کشش جانشینی بین عوامل تولیدی (سرمایه–انرژی)؛ (نیروی‌کار–انرژی) و (سرمایه–نیروی‌کار) در دوره مورد بررسی برای بخش کشاورزی به ترتیب در دامنه (۱/۴۹۹ و ۱/۳۰۶) درصد؛ (۱/۰۴۳و ۱/۰۴۳) درصد و (۱/۱۲۶ و ۱/۱۴۶) درصد، برای بخش صنایع–معادن در دامنه (۱/۲۷۹ و ۱/۳۸۴) درصد؛ (۱/۰۴۲ و ۱/۰۳۸) درصد و (۱/۱۳۱ و ۱/۱۳۹) درصد و برای بخش خدمات در دامنه (۱/۱۹۷ و ۱/۲۶۱) درصد؛ (۱/۰۴۶ و ۱/۰۴۲) درصد و (۱/۱۲۱ و ۱/۱۰۶) درصد قرار دارد. که نشان‌دهنده این است که تمام نهاده‌های مورد بررسی در بخش کشاورزی، صنایع–معادن و خدمات جانشین یکدیگر هستند.

یافته‌ها نشان داد که سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی، صنایع و معادن و خدمات ممکن است سبب کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش آلودگی شود. به بیان دیگر انرژی و سرمایه جانشین یکدیگر هستند و مقدار این جانشینی به طور متوسط برای بخش کشاورزی، صنایع و معادن و خدمات به ترتیب برابر با ۱/۴۵۷ درصد، ۱/۳۳۲ درصد و ۱/۲۴۷ درصد است. در پژوهش‌های دیگر اسلاملوئیان و استادزاده (۱۱) مقدار این جانشینی را برابر با ۰/۵۹ درصد یعنی کمتر از یک درصد برآورده کرده بودند. لین و لیو (۱۵) مقدار این جانشینی را برابر با ۱/۰۳ درصد، اویانگ و همکاران (۲۳) مقدار این جانشینی را تقریباً برابر با یک درصد و لین و رضا (۱۹) مقدار این جانشینی را ۰/۹۳ درصد برآورده کرده بودند. این مقدار اختلاف در میزان جانشینی بین سرمایه و انرژی در مطالعات مختلف می‌تواند به دلیل ماهیت داده‌های مورد استفاده در مطالعات و همچنین ساختار مدل‌های مورد استفاده است در کل همه آن‌ها به یک نتیجه واحد در مورد جانشینی بین سرمایه و انرژی دست یافته‌اند. این نتایج نشان می‌دهد که با استفاده بیشتر از ماشین‌آلات کارآمد در مصرف انرژی، میزان مصرف انرژی کاهش و سرمایه‌گذاری در انرژهای تجدیدپذیر در بخش‌ها افزایش می‌یابد. دست‌یابی به این اهداف سبب رشد تولید در بخش کشاورزی، صنایع–معادن و خدمات و کاهش آلودگی بیشتر خواهد شد.

علاوه بر نتایج فوق، نتایج بیانگر آن است که نیروی کار جانشین مناسبی برای مصرف انرژی در بخش کشاورزی، صنعت و خدمات است؛ مقدار این جانشینی برای بخش‌های کشاورزی، صنایع و معادن و خدمات به طور متوسط برابر با ۱/۰۴؛ ۱/۳۳۲ و ۱/۲۴۷ درصد می‌باشد. در پژوهش‌های دیگر اسلاملوئیان و استادزاده (۱۱) مقدار این جانشینی را برابر با ۰/۵۶ درصد، مهماندوستی و همکاران (۳) مقدار این جانشینی را کمتر از یک درصد، لطفعلی‌پور و همکاران (۳۲) مقدار این جانشینی را برابر با ۰/۴۸ درصد، لین و لیو (۱۵) مقدار این جانشینی را برابر با ۱/۰۳ درصد و لین و رضا (۱۹) مقدار این جانشینی را برابر با ۰/۹۸ درصد بیان کرده بودند. که دلیل اختلاف در مقدار جانشینی در مطالعات مختلف را می‌توان همان ماهیت داده‌ها و ساختار متفاوت مدل‌ها بیان کرد و همه این مطالعات به یک نتیجه واحد در مورد جانشینی بین نیروی‌کار و انرژی رسیده‌اند. این نتایج بیانگر این است که سرمایه‌گذاری در استخدام بیشتر نیروی‌کار برای تولیدات دستی و نیمه اتوماسیون می‌تواند مصرف انرژی در بخش‌های اقتصادی (کشاورزی، صنعت و خدمات) را به مقدار زیاد کاهش دهد.



شکل ٦- کشش جانشینی بین نهاده‌ها برای بخش‌های مختلف اقتصادی

برای بررسی اثر جانشینی انرژی بر ذخیره‌سازی انرژی و کاهش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بخش‌های کشاورزی، صنایع–معادن و خدمات، دو سناریو از افزایش سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر (پنج درصدی و ۱۰ درصدی) به کار گرفته شد. کشش جانشینی بین سرمایه و انرژی برای تحلیل سناریوهای افزایش سرمایه‌گذاری در تکنولوژی‌های نوین در طی دوره ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ در بخش کشاورزی، صنعت و خدمات استفاده گردیده است. بر اساس نتایج جدول ۵، در یک افزایش پنج یا۱۰ درصدی برای سرمایه‌گذاری در فن‌آوری‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی سبب کاهش میزان مصرف انرژی به ترتیب به میزان ۳/۶۲۳ میلیون بشکه معادل نفت خام و ۷/۲۴۷ میلیون بشکه معادل نفت خام و کاهش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به ترتیب به میزان ۰/۹۴ میلیون تن و ۱/۹۰ میلیون تن در بخش کشاورزی، کاهش میزان مصرف انرژی به ترتیب به میزان ۲۰/۹۰۳ میلیون بشکه معادل نفت خام و ۴۱/۸۰۶ میلیون بشکه معادل نفت خام و کاهش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به ترتیب به میزان ۶/۷۵ میلیون تن و ۱۳/ ۵۰ میلیون تن برای بخش صنایع و معادن و کاهش میزان مصرف انرژی به ترتیب به میزان ۱۹/۴۲ میلیون بشکه معادل نفت خام و ۳۸/۸۴ میلیون بشکه معادل نفت و کاهش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به ترتیب به میزان ۸/۴۹ میلیون تن و ۱۶/۹۸ میلیون تن برای بخش خدمات می‌شود.

نتایج از تحلیل سناریوها بیانگر این است که با تحقق بیشتر جانشینی بین سرمایه و انرژی می‌توان از یک طرف تقاضای انرژی برای بخش‌ها را کاهش داد و از طرف دیگر سبب بهبود در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و ترویج فنآوری‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی شد؛ در نتیجه جایگزینی بین سرمایه و انرژی و کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن حاصل خواهد شد. بنابراین، درک جانشینی بین این عوامل برای کنترل آلودگی بدون کاهش تولید در بخش‌های اقتصادی مهم است.

جدول ٥- صرفه‌جویی در مصرف انرژی؛ کاهش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در سناریوهای مختلف طی دوره‌ی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹٦

	سناریوها	کاهش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن(میلیون تن)	صرفه‌جویی (میلیون بشکه معادل نفت‌خام)
کشاورزی	سناریو ۱: افزایش ۵ درصدی سرمایه‌گذاری	۰,۹۴	۳,۶۲۳
	سناریو ۲: افزایش ۱۰ درصدی سرمایه‌گذاری	۱,۹۰	۷,۲۴۷
صنایع- معادن	سناریو ۱: افزایش ۵ درصدی سرمایه‌گذاری	۶,۷۵	۲۰,۹۰۳
	سناریو ۲: افزایش ۱۰ درصدی سرمایه‌گذاری	۱۳,۵۰	۴۱,۸۰۶

خدمات	سناریو ۱: افزایش ۵ درصدی سرمایه‌گذاری	۸,۴۹	۱۹,۴۲
	سناریو ۲: افزایش ۱۰ درصدی سرمایه‌گذاری	۱۶,۹۸	۳۸,۸۴

مآخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر جانشینی انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران بر میزان انتشار آلودگی در طی دوره ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ انجام گرفت. بدین منظور، با استفاده از تابع تولید ترانسلوگ کشش تولیدی و جانشینی بین عوامل تولید محاسبه گردید. اولین یافته‌ای که از پژوهش حاضر به دست آمد، این بود که کشش تولیدی نهاده‌ها به جزء نیروی‌کار مثبت بوده است که بیانگر این است نهاده‌های سرمایه، انرژی و سایر نهاده‌های واسطه‌ای در طی دوره مطالعه سبب افزایش تولید در بخش‌ها می‌شود و از این میان سرمایه بیشترین تأثیر را بر تولیدات بخش‌ها داشته است. همچنین این یافته‌ها بیانگر این بود که انرژی به‌عنوان یک کاتالیزور برای رشد عمل می‌کند؛ در نتیجه برای حفظ رشد اقتصادی، فعالیت‌ها باید بر روی امنیت انرژی متمرکز شوند. علاوه بر این نتایج بیانگر این بود که کشش جانشینی بین عوامل تولید مثبت است که نشان می‌دهد نهاده‌های مورد بررسی در مطالعه (شامل سرمایه–نیروی‌کار، سرمایه–انرژی و نیروی‌کار–انرژی) جانشین یکدیگر هستند. به طوری که جانشینی بین سرمایه و انرژی نشان‌دهنده این است که کاهش مصرف انرژی و افزایش سرمایه‌گذاری داخلی در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات با استفاده بیشتر از ماشین‌آلات کارآمد با مصرف انرژی تجدیدپذیر امکانپذیر است که این سبب حفظ رشد اقتصادی در بخش‌ها با کاربرد انرژی تجدیدپذیر و همچنین سبب اتکا به سرمایه‌گذاری‌های داخلی به جای اتکا به وام‌های داخلی با بهره زیاد می‌شود.

از سوی دیگرجانشینی بین سرمایه و نیروی کار منجر به سرمایه‌گذاری در استخدام بیشتر نیروی کار در این بخش‌ها می‌شود که این استخدام بیشتر در زمینه مشاغل دستی و استخدام نیمه مکانیزاسیون نیروی کار است و همچنین به دلیل اینکه نیروی کار و انرژی جانشین یکدیگر هستند سرمایه‌گذاری در استخدام بیشتر نیروی کار در مشاغل با کاربرد انرژی کمتر می‌تواند میزان مصرف انرژی را در بخش‌های مصرف‌کننده انرژی کاهش دهد. ولی با توجه به اینکه ظرفیت جذب بخش کشاورزی برای نیروی‌کار کم و تقریباً حدود ۱۵ درصد کل اشتغال کشور را شامل می‌شود و همچنین با توجه به اینکه نهاده سرمایه و نیروی کار جانشین یکدیگر هستند، این چالش را می‌توان با افزایش مستمر فنآوری‌های جدید صرفه‌جویی در مصرف انرژی جبران کرد و مقدار مازاد نیروی کار در بخش کشاورزی را کاهش داد. بنابراین، کاهش مصرف انرژی با افزایش تعداد نیروی کار در بخش کشاورزی رویکرد پایداری نیست؛ درنتیجه جایگزینی نهاده سرمایه با نهاده انرژی باید به‌عنوان یک رویکرد اصلی برای کاهش مصرف انرژی و کاهش آلودگی‌های محیطزیستی در بخش کشاورزی مورد توجه قرار گیرد که با این راهکار می‌توان سهم بخش کشاورزی از تولید ناخالص ملی که حدود ۱۰ درصد است را افزایش داد.

از نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌گردد که برای کاهش گازهای گلخانه‌ای و بهبود امنیت انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران سیاست‌های انرژی در آینده باید به درستی تعیین شوند. در این تحقیق نشان داده شد که کشش بزرگ‌تر جانشینی بین سرمایه و انرژی برای قبول فنآوری‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی از طریق خرید سرمایه امرحیاتی بوده است که وسیله مهم برای کاهش گازهای گلخانه‌ای و کاهش سوخت‌های فسیلی است؛ مثلاً سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌های برق آبی، خورشیدی، بادی تا آنجا که آسیب‌های به محیطزیست وارد نشود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاقی پژوهش

در مطالعه حاضر فرم‌های رضایت‌نامه آگاهانه توسط تمامی آزمودنی‌ها تکمیل شد.

منابع مالی

این پژوهش توسط نویسندگان مقاله حمایت مالی شده است.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی: صادق خلیلیان; روش‌شناسی و تجزیه و تحلیل داده‌ها: فاطمه طایی سمیرمی

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هر گونه تعارض منافع بوده است.

References

1. Asgari M, Sh S. Factors Affecting the Production of Machinery and Equipment Industries. *Quarterly journal of Industrial Economic Researches*. 2021; 5(15): 93-108.

2. Azami S, Soheili K, Ghasemi M. Reaction of European Industries Importing Iranian Oil to Energy Prices: Inter-factor analysis and Inter-fuel

analysis. *Economic Modeling* .. 2018; *12*(41): 53-81.
3. Asadi Mehmandosti E, Bazzazan F, Mousavi MH. Calculating Total Factor Productivity and Substitution Elasticities in the Manufacturing Sector in Iran. *Iranian Journal of Economic Research. 2018*; *23*(74): 1-32.
4. Bassam NE. (Ed.). *Energy plant species: their use and impact on environment and development*. 2013. Routledge.
5. Bhattacharyya R, Ganguly A. Cross subsidy removal in electricity pricing in India. *Energy policy*, 2017. *100*, 181-190.
6. Bundschuh J, Chen G. (Eds.). *Sustainable energy solutions in agriculture*. 2014. CRC Press.
7. 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.
8. Christensen LR, Jorgenson DW, Lau LJ. Transcendental logarithmic production frontiers. *The review of economics and statistics*. 1973: 28-45.
9. Charap MJ, da Silva MAR, Rodriguez MPC. *Energy subsidies and energy consumption: A cross-country analysis*. International Monetary Fund. 2013.
10. Debertin DL. Agricultural production economics. 2012.
11. Eslamloeian K, Ostadzad AH. Estimating elasticity of substitution between energy and other inputs for Iran using a multi-stage CES production function. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*. 2014; *3*(9): 25-47.
12. Im KS, Pesaran MH, Shin Y. Testing for unit roots in heterogeneous panels. Journal of Econometrics. 2003; 115: 53-74.
13. Lin B, Fei R. Analyzing inter-factor substitution and technical progress in the Chinese agricultural sector. *European Journal of Agronomy*. 2015; *66*:54-61.
14. Lin B, Atsagli P. Energy consumption, inter-fuel substitution and economic growth in Nigeria. *Energy*. 2017; *120*: 675-685.
15. Lin B, Liu W. Estimation of energy substitution effect in China's machinery industry-based on the corrected formula for elasticity of substitution. *Energy*. 2017; *129*: 246-254.
16. Liu H, Lin B. Energy substitution, efficiency, and the effects of carbon taxation: evidence from China's building construction industry. *Journal of Cleaner Production*. 2017; *141*: 1134-1144.
17. Lin B, Ahmad I. Energy substitution effect on transport sector of Pakistan based on trans-log production function. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016; *56*: 1182-1193.
18. Lin B, Xie C. Energy substitution effect on transport industry of China-based on trans-log production function. *Energy*. 2014; *67*: 213-222.
19. Lin B, Raza MY. Energy substitution effect on transport sector of Pakistan: A trans-log production function approach. *Journal of Cleaner Production*. 2020; *251*: 119-606.
20. Levin A, Lin CF, Chu CSJ. Unit root test in panel data: Asymptotic and finite sample properties. Journal of Economics. 2002; 108: 1-24.
21. Ministry of Energy, ***Energy*** Balances, Macro Planning of Electricity and Energy. 2018.
22. Ministry of Petroleum, Hydrocarbon Balance, International Energy Studies Institute. 2017.
23. Ouyang X, Zhuang W, Du G. Output elasticities and inter-factor substitution: Empirical evidence from the transportation sector of Shanghai. *Journal of Cleaner Production*. 2018; *202*: 969-979.
24. Ostadzad AH. Calculate the Steady-State Production Trajectory for Iranian Economy (An Approach of endogenous Growth Model With CES Production Function). *Journal of Applied Economics Studies in Iran*. 2020; *9*(33): 141-171.
25. Rahman ZU, Khattak SI, Ahmad M, Khan A. A disaggregated-level analysis of the relationship among energy production, energy consumption and economic growth: Evidence from China. *Energy*. 2020; *194*: 116-836.
26. Stadhouders N, Koolman X, van Dijk C, Jeurissen P, Adang E. The marginal benefits of healthcare spending in the Netherlands: Estimating cost-effectiveness thresholds using a translog production function. *Health economics*. 2019; *28*(11): 1331-1344.
27. 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.
28. Shahbaz M, Zakaria M, Shahzad SJH, Mahalik MK. The energy consumption and economic growth nexus in top ten energy-consuming countries: Fresh evidence from using the quantile-on-quantile approach. *Energy Economics*. 2018; *71*: 282-301.
29. Xie C, Hawkes AD. Estimation of inter-fuel substitution possibilities in China's transport industry using ridge regression. *Energy*. 2015; *88*: 260-267.
30. Zha D, Ding N. Elasticities of substitution between energy and non-energy inputs in China power sector. *Economic Modelling*. 2014; *38*: 564-571.
31. Zhao H, Lin B. Resources allocation and more efficient use of energy in China's textile industry. *Energy*. 2019; *185*: 111-120.
32. Zohoorian E, Lotfalipour MR, Falahi MA. The review of substitution between energy and labor in industry sector of Iran (with emphasis on environmental policy). *Quarterly Energy Economics Review*. 2018; *13*(55): 39-68.