



Shahid Bahonar
University of Kerman

Journal of Development and Capital

Print ISSN: 2008-2428 Online ISSN: 2645-3606

Homepage: <https://jdc.uk.ac.ir>



Iranian E-Commerce Scientific
Association

The Effects of Technology Spillovers from Imports on Economic and Environmental Variables (Using Multi-Regional Computable General Equilibrium Model)

Behnam Saeedi^{ID*}

Abdalali Monsef^{ID**}

Mehdi Nejati^{ID***}

Abstract

Objective: The flow of technology spillovers to countries has been noticed in the last few decades because these spillovers lead to the increase of knowledge, transfer of technology and creation of competitive advantage. In recent decades, developing countries have established various laws and commercial policies with regard to various theories in the field of foreign trade. Our country is also one of the developing countries that needs to achieve optimal business policies for economic growth while preserving the environment. One of the ways to achieve this is to pay attention to the important issue of trade and sustainable development, which can be done by importing capital goods as well as importing technology and exporting industrial and consumer goods. In the meantime, it is very important to pay attention to trade policies on the one hand, as well as pay attention to the countries that are chosen as Iran's trading partners, because in the first case, the optimal tariff rate can determine the conditions for entry into global markets and also the entry of technology into make the country smooth and also in the discussion of trade and commercial policies, it is important that our business partner is selected in such a way that he can advance Iran's commercial policies in line with sustainable development policies. In the current research, we are looking for the effect of technology spillovers resulting from imports on economic and environmental variables with a multi-regional calculable general equilibrium approach. To investigate this issue, this article consists of 6 sections. After the introduction, in the second part, the theoretical foundations of technology spillovers, commercial policies, and its economic and environmental aspects have been investigated. The third part is dedicated to the research background and review of domestic and foreign studies. In the fourth part, the research method and data are examined. Section 5 analyzes the results of the implementation of the research model, and finally, conclusions and policy suggestions are presented.

Method: The model used is a multi-regional Computable General Equilibrium model (CGE). One of the types of general equilibrium models is the multi-regional model of the Global Trade Analysis Project (GTAP-E), which will be used for simulation in this study. Using multi-regional general equilibrium models instead of single-regional general equilibrium models has several advantages. One of the strengths of these models is their ability to help understand the link between sectors, countries and production factors on a global scale. The structure of these types of models states that all the components of the global economy are located in networks of direct and indirect links with each other. Therefore, any change that occurs in one of the components of the system will have consequences for all sectors, regions and countries. The consumption

Journal of Development and Capital, Vol. 9, No. 1, pp. 31-49

* **Corresponding Author**, Ph.D. Candidate of Economics, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran.

Email: behnam.saeedi@gmail.com

** Associate Professor of Economics, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran. **Email:** a_monsef@pnu.ac.ir

*** Associate Professor of Economics, Faculty Management of and Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. **Email:** mnejati@uk.ac.ir

Submitted: 7 December 2022 **Revised:** 11 March 2023 **Accepted:** 2 May 2023 **Published:** 22 August 2023

Publisher: Faculty of Management & Economics, Shahid Bahonar University of Kerman.

DOI: 10.22103/jdc.2023.20660.1325

©The Author(s).



demand functions of the government are derived using a Cobb-Douglas utility function in which the cost share of different goods is fixed. Companies use intermediate goods and primary inputs to produce goods and services, and by combining these factors, they produce all kinds of goods and services. All factors except land and natural resources have full mobility among different sectors. Every department or company in the economy produces a set of goods. These goods are sold inside and outside each region. The assumption of perfect competition and constant returns to scale is established in the production of all goods and also in all markets. Real values, including the production of all sectors, the demand of factors, export, import and also all prices are determined in the framework of the model. It can be seen that all parts are similar to the GTAP model and the only difference between the GTAP-E model and its basic form is the energy factor and the inclusion of carbon dioxide emissions from fossil fuels by [Burniaux and Truong \(2002\)](#), which provides the possibility to evaluate environmental policies.

Results: The scenario considered as the base scenario in this model is a 10% reduction in the import tariff on all imported goods. In this scenario, three areas are defined. The first region of Iran, the second region of northern countries, which means imports from developed countries, and the third region of southern countries, which includes imports from developing countries. The implementation of the scenario of 10% reduction in the tariff of imported goods from developed and developing countries to Iran has led to a decrease in the total growth rate of carbon emissions by 0.7276% in Iran. The results of this variable for developed and developing countries are 0.0002 percent and 0.0050 percent, respectively. As can be seen, a stronger effect on carbon emissions is observed in southern countries. Further, the results show that the reduction of the tariff has caused a decrease in carbon intensity by 0.6587 percent. that the effects of this scenario in developed countries decreased by 0.0010% and in developing countries increased by 0.0049%. In the section of economic variables, it can be seen that the effect of a 10% reduction in tariffs on imported goods leads to a 0.0692% reduction in the gross domestic product of Iran, while the same scenario has a positive effect on the gross domestic product of developed countries, and for developing countries, approximately It is close to zero. On the other hand, the reduction in the tariff of imported goods has reduced the amount of energy demand in Iran by 0.4558%, and the results of this variable for developed and developing countries were incremental.

Conclusion: According to the results obtained, with the reduction of tariffs on imported goods, the total carbon emission rate has decreased. that the reason for this decrease can be investigated in two sectors of production and consumption, so that in the consumption sector, the increase in the import of goods due to the reduction in the tariff rate and the decrease in the price of foreign goods compared to domestic goods causes the loss of a part of the domestic market for domestic producers and ultimately the reduction of energy production and demand inside Iran. But in the production sector, considering the higher level of production technology in developed countries and some developing countries, including China, compared to Iran, the reduction of tariffs on imported goods leads to the import of more intermediate goods with higher technology and lower energy consumption. Iran, and following that, production in the country will be associated with lower energy consumption and less carbon emissions. The economic indicators that have been investigated in this research are gross domestic product, inflation rate and energy demand. The coefficient of GDP shows that the reduction of tariffs on imported goods reduces the amount of GDP by 0.0692%, which can be due to the decrease in domestic production caused by the non-competitiveness of domestic goods compared to imported goods that the consumer Domestic prefers foreign goods with higher technology. Also, it can be seen that the impact of the reduction of import tariffs on the GDP of developed countries is more than that of developing countries, and the reduction of import tariffs has led to a decrease in energy demand in Iran, which is caused by the decrease in domestic production and the import of intermediate goods. It is with newer technology to Iran.

Keywords: *Technology Spillovers, Import Tariff, Environment, Computable General Equilibrium (CGE) Model.*

JEL Classification: Q52, Q55, Q58, O33, O38, F13.

Paper Type: *Research Paper.*

Citation: Saeedi, B., Monsef, A., & Nejati, M. (2024). The effects of technology spillovers from imports on economic and environmental variables (Using multi-regional Computable General Equilibrium model). *Journal of Development and Capital*, 9(1), 31-49 [In Persian].



انجمن علمی اقتصاد کمپیوتری ایران

مجله توسعه و سرمایه

شماره پیاپی: ۲۰۰۸-۲۳۲۸ شماره کاتالوگ: ۳۶۰۶-۲۶۴۵

Homepage: <https://jdc.uk.ac.ir>



دانشگاه شهید باهنر کرمان

اثرات سرریزهای فناوری حاصل از واردات بر روی متغیرهای اقتصادی و زیست محیطی (کاربرد الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه چند منطقه‌ای)

بهنام سعیدی^{*id}

عبدالعلی منصف^{**id}

مهدی نجاتی^{***id}

چکیده

هدف: رشد و توسعه اقتصادی بدون بهره‌گیری از مواهب فناوری امری بعید و دور از دسترس به نظر می‌رسد. در واقع فناوری عامل تعیین‌کننده سطح رشد پایدار و همسو با محیط زیست و توسعه اقتصادی محسوب می‌گردد. هدف از نگارش این مقاله بررسی اثرات سرریزهای فناوری حاصل از واردات بر روی متغیرهای اقتصادی و زیست محیطی است.

روش: در این مطالعه جهت نیل به هدف مقاله از یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه چند منطقه‌ای استفاده شده است. کالیبراسیون بر اساس داده‌های پایه سال ۲۰۱۴ و مقادیر پارامتری که از نسخه ۱۰ پایگاه داده GTAP استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج حاصل از شبیه‌سازی الگو حاکی از آن است که کاهش تعرفه کالاهای وارداتی شدت کربن، شدت انرژی و نرخ رشد کل انتشار کربن را در ایران کاهش داده و موجب کاهش آلودگی در کشور شده است. از سوی دیگر با کاهش تعرفه کالاهای وارداتی نرخ تورم، تقاضای انرژی و همچنین تولید ناخالص داخلی کاهش یافته‌اند که ضریب نرخ تورم و میزان کاهش آن قابل ملاحظه بوده است.

نتیجه‌گیری: در این مقاله تلاش گردیده با شبیه‌سازی مدل تعادل عمومی قابل محاسبه چند منطقه‌ای، اثرات زیست محیطی و اقتصادی کاهش تعرفه واردات از کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه برای کشور ایران مورد بررسی قرار گیرد. با توجه یافته‌های این تحقیق پیشنهاد می‌گردد توجه شود ورود هر نوع فناوری به کشور چه اثراتی می‌تواند در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت بر اقتصاد و محیط زیست داشته باشد. بطور کلی با بررسی این موارد تصمیم گرفته شود که آیا یک کالا در داخل کشور تولید شود یا بصورت واردات از سایر کشورها وارد گردد.

واژه‌های کلیدی: سرریزهای فناوری، تعرفه واردات، محیط زیست، الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE).

طبقه‌بندی JEL: F13، O38، O33، Q58، Q55، Q52.

نوع مقاله: پژوهشی.

استناد: سعیدی، بهنام؛ منصف، عبدالعلی و نجاتی، مهدی (۱۴۰۳). اثرات سرریزهای فناوری حاصل از واردات بر روی متغیرهای اقتصادی و زیست محیطی (کاربرد الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه چند منطقه‌ای). *مجله توسعه و سرمایه*، ۹(۱)، ۳۱-۴۹.

مجله توسعه و سرمایه، دوره نهم، ش ۱، صص. ۳۱-۴۹

* نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. **رایانامه:** behnam.saeedi@gmail.com

** دانشیار گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. **رایانامه:** a_monsef@pnu.ac.ir

*** دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. **رایانامه:** mnejati@uk.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۱۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۲/۱۲ تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۲/۵/۳۱

ناشر: دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

DOI: 10.22103/jdc.2023.20660.1325

©The Author(s).



مقدمه

توجه به توسعه پایدار و لزوم حفاظت از محیط زیست و نیز اثرات نامطلوب آلودگی محیط زیست بر کیفیت زندگی سبب شده که محیط زیست به یکی از مهمترین دغدغه‌های سیاست‌گذاران اقتصادی تبدیل شود. به همین دلیل در طول چند دهه اخیر راه‌های بهبود کیفیت محیط زیست و عوامل مؤثر بر آن به‌خصوص توجه به فناوری‌های روز دنیا در کانون توجه تحلیلگران اقتصادی قرار گرفته است (تمیزی، ۲۰۱۶).

مروری بر ادبیات اقتصاد محیط زیست گویای آن است که باز بودن تجاری نیز بر کیفیت محیط زیست مؤثر است. در اواخر دهه هفتاد میلادی مسائل مربوط به تجارت و محیط زیست اوج گرفت و نشست‌های متعددی در این زمینه برگزار شد که در آن موافقان و مخالفان تجارت آزاد نظرات خود را مطرح کردند. مخالفان تجارت آزاد معتقدند با آزادسازی تجاری، حجم فعالیت‌های اقتصادی افزایش یافته و استفاده از انرژی‌های تجدید ناپذیر به شکل نامناسبی افزایش می‌یابد. از سوی دیگر با بازتر شدن اقتصادها، رقابت بنگاه‌های داخلی و رقبای خارجی افزایش یافته و تنظیمات محیط زیستی و توجه به فناوری در این حوزه در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرد. گروه موافق باز شدن اقتصاد را حتی عاملی برای ارتقاء کیفیت محیط زیست در نظر دارند. به اعتقاد این گروه آزادسازی تجاری و افزایش فضای رقابتی منجر به گرایش به سمت فناوری‌های روز و همچنین استفاده بهینه و کارا تر از منابع انرژی می‌شود (در گاهی و همکاران، ۱۳۹۰).

کشورهای در حال توسعه در مراحل انتقالی توسعه اقتصادی به تأسیس زیربنای سرمایه‌ای که واردات کالاهای صنعتی و سرمایه‌ای نقش بسیار مهمی در ایجاد آن دارد نیازمندند. چنانچه کشورهای در حال توسعه به علل طبیعی و فنی فاقد منابع و عوامل تولید، مواد و تجهیزات فناوری و فناوری مورد نیاز باشند، می‌توانند با واردات آن تکنیک‌های تولید را برطرف کنند. بدیهی است که در چنین سیر و تحول اقتصادی بین الگویی تولید، صادرات و واردات پیوندی ناگسستنی برقرار می‌شود. در مجموع هدف اصلی از واردات کالاهای صنعتی و سرمایه‌ای در کشورهای در حال توسعه این است که قادر به ایجاد یک ارتباط پیشین و پسین قوی در روند تولید شوند (فرجادی و لعلی، ۱۳۷۶).

جریان سرریزهای فناوری به کشورها در چند دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته است زیرا این سرریزها منجر به افزایش دانش، انتقال فناوری و ایجاد مزیت رقابتی می‌گردند. واضح است که رشد اقتصادی عمدتاً با افزایش آلودگی محیط زیست همراه است. نتایج اثرات سرریزهای فناوری بر آلودگی محیط زیست با استفاده از روش اقتصادسنجی فضایی ارائه شده است. نتایج حاصل شده بیانگر اثر منفی و معنادار سرریزهای فناوری از کانال سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر آلودگی محیط زیست بوده است. همچنین اثر سرریز فناوری از کانال واردات کالاهای سرمایه‌ای و واسطه‌ای بر آلودگی محیط زیست طبق نتایج به دست آمده منفی و معنادار است (اسکندری نسب و همکاران، ۱۴۰۰).

در دهه‌های اخیر کشورهای در حال توسعه با عنایت به نظریات گوناگون در حوزه تجارت خارجی به وضع قوانین و سیاست‌های تجاری گوناگون پرداخته‌اند. ایران نیز یکی از کشورهای در حال توسعه است که نیازمند دستیابی به سیاست‌های بهینه تجاری در جهت رشد اقتصادی با رویکرد حفظ محیط زیست است. یکی از راه‌های دستیابی به این مهم توجه به مسئله مهم تجارت و توسعه پایدار است که این تجارت می‌تواند با واردات کالاهای سرمایه‌ای و همچنین وارد کردن فناوری و صادرات کالاهای صنعتی و مصرفی صورت گیرد. در این میان توجه به سیاست‌های تجاری از یک طرف و همچنین توجه به شرایط اقتصادی و زیست‌کشورهایی که به عنوان شریک تجاری ایران انتخاب می‌شوند بسیار حائز اهمیت است، زیرا در مورد اول نرخ

بهینه تعرفه می تواند شرایط ورود به بازارهای جهانی و ورود فناوری را به کشور هموار سازد و همچنین در بحث تجارت و سیاست های تجاری مهم است که شریک تجاری به گونه ای انتخاب شود که بتواند سیاست های تجاری ایران را همسو با سیاست های توسعه پایدار پیش برد. به عبارت دیگر گره زدن سیاست های تجاری در ایران با کشورهایی که از فناوری های روز دنیا بهره مند هستند یک مسئله مهم و جدی در تبیین سیاست های تجاری است.

نظر به اهمیت این موضوع، انگیزه اصلی مقاله حاضر بررسی اثر سرریزهای فناوری حاصل از واردات بر روی متغیرهای اقتصادی و زیست محیطی با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه چند منطقه ای است. در این راستا ساختار مقاله شامل شش بخش است. پس از مقدمه در بخش دوم به بررسی مبانی نظری سرریزهای فناوری، سیاست های تجاری و ابعاد اقتصادی و محیط زیستی آن پرداخته شده است. بخش سوم به پیشینه پژوهش و بررسی مطالعات داخلی و خارجی اختصاص دارد. در بخش چهارم روش پژوهش و داده مورد بررسی قرار می گیرد. بخش پنجم به تجزیه و تحلیل نتایج حاصل اجرای الگو مقاله پرداخته می شود و در نهایت نتیجه گیری و پیشنهادهای سیاستی ارائه می گردد.

مبانی نظری

رشد و توسعه اقتصادی بدون بهره گیری از مواهب فناوری امری بعید و دور از دسترس به نظر می رسد. در واقع فناوری عامل تعیین کننده سطح رشد و توسعه اقتصادی محسوب می گردد چرا که با توجه به نامحدود بودن تقاضا و محدودیت منابع تولیدی، تنها از طریق توسعه و بهبود فناوری می توان سطح کمی و کیفی محصولات تولیدی و رقابت پذیری آنها را در داخل و خارج از کشور ارتقا داد و زمینه افزایش بهره وری و کارایی عوامل تولید را فراهم نمود، مطالعه تطبیقی کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه بیانگر این نکته است که توسعه یافتگی و توسعه نیافتگی کشورها در زمینه های مختلف اقتصادی، فرهنگی و سیاسی عمدتاً ناشی از به کارگیری فناوری های نو است (خسروی و همکاران، ۱۳۹۳).

از این رو دستیابی به فناوری، به خصوص فناوری های نو، برای کشورهای در حال توسعه، که کمتر از عواید فناوری بهره مند گشته اند، از اهمیت بیشتری برخوردار است به طوری که در ادبیات توسعه نیز بررسی راه های برخورداری کشورهای در حال توسعه از مواهب فناوری و در پی آن منافع بیشتر یکی از موضوعات مهم است. در این میان از آنجا که بطور کلی دستیابی کامل کشورها به فناوری های پیشرفته، با توجه به پراکندگی منابع طبیعی و مهارت های انسانی، منطقی به نظر نمی رسد و این امر برای کشورهای در حال توسعه با توجه به محدودیت های پیش روی آنها امری دشوارتر، پرهزینه تر و زمان برتر است، بنابراین کشورهای در حال توسعه به منظور بهبود سطح فناوری و برخورداری از مواهب آن می بایست از طریق تعاملات تجاری با کشورهای پیشرفته و صاحب فناوری، زمینه برخورداری از فناوری های روز دنیا را برای خود فراهم آورند که این امر در واقع سرآغاز بهره گیری از سرریزهای فناوری و اثرات آن برای کشورهای در حال توسعه به شمار می آید.

در تبیین مفهوم سرریز فناوری تعاریف گوناگونی ارائه گردیده است. به طور کلی سرریز فناوری عبارت است از بهره مند شدن کشورهای میزبان از سرریز دانش مستقیم خارجی که این امر از طرق مختلفی همچون انتقال نیروی کار ماهر از شرکت های چند ملیتی به مؤسسات داخلی، کمک های تکنیکی و سیاست های مدیریتی ظهور پیدا می کند (لطفی و عامری، ۱۳۸۴).

به لحاظ تئوری سرریز فناوری به عنوان یک سازوکار کلیدی برای رشد پایدار بهره وری و انتشار آن بین کشورها شناخته می شود. از نقطه نظر تجربی، اقتصاد دانان به مطالعه چگونگی اندازه گیری سرریز فناوری و کانال های انتقال آن پرداخته اند. از

منظر سیاست‌گذاری، کشورهایی که تمایل پذیرش سرریز فناوری بزرگتری دارند، از سیاست‌هایی جهت گسترش فعالیت تجاری خود استفاده می‌کنند تا با ارتقای شرایط جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از مزایای سرریزهای فناوری استفاده کنند. به دلیل ماهیت غیررقابتی فناوری، دانش فنی می‌تواند توسط تولیدکنندگان به منظور افزایش بهره‌وری در تولید مورد استفاده قرار گیرد. از این رو دو نوع منفعت از کانال «سرریزها» ایجاد می‌شود:

۱. اول، دانش مبتنی بر فناوری جدید می‌تواند در هر کشوری جهت تولید کالاهایی با کیفیت بالاتر و کارا تر مورد استفاده قرار بگیرد. این نوع سرریز، بهره‌وری نیروی کار کشور پذیرنده فناوری را افزایش می‌دهد.
 ۲. دوم، دانش مبتنی بر فناوری می‌تواند در هر کشوری برای ایجاد ایده‌های جدید یا برنامه‌های جدید در تحقیق و توسعه استفاده شود. این نوع سرریز، کارایی را در کشورهای پذیرنده فناوری افزایش می‌دهد (انسلین و همکاران، ۱۹۹۷، ص. ۴۲۶).
 در تئوری‌های جدید رشد، برخلاف تئوری‌های رشد نئو کلاسیک، دانش و فناوری، به صورت درونزا در نظر گرفته شده است. از جمله روش‌های درونزا کردن دانش و تغییرات فناوری، وارد کردن بخشی به نام تحقیق و توسعه در الگو است.
 الگوهای رشد درونزای مرتبط با R&D توسعه اقتصاددانانی همچون رومر، گروسمن و هلمپن، آفیون و هویت و جونز^۱ ارائه شده است که در ادامه به بیان الگو رشد درونزای رومر (۱۹۹۰) پرداخته و سپس به نتایج مدل‌های گروسمن و هلمپن (۱۹۹۱)، آفیون و هویت (۱۹۹۲) و جونز (۱۹۹۵) نیز اشاره می‌شود. الگوی رومر (۱۹۹۰)، بر اساس سه فرضیه منطقی بنا شده است:

۱. تغییرات مبتنی بر فناوری، هسته اصلی رشد اقتصادی است.
 ۲. بخش بزرگ تغییرات مبتنی بر فناوری از عملکرد ارادی مردم و کارگزاران اقتصادی ناشی می‌شود که این رفتار ارادی نیز از انگیزه بازار و کسب سود نشأت گرفته است. پس تغییرات مبتنی بر فناوری درونزا است.
 ۳. دانش، دارای تفاوت اساسی با دیگر کالاهای اقتصادی است چرا که اگر یک بار هزینه خلق و ایجاد یک مجموعه از دانش را متحمل شویم، بدون هیچ هزینه دیگری می‌توانیم بارها آن دانش را مورد استفاده قرار دهیم. به عبارت دیگر، خلق دانش جدید تنها مستلزم یک هزینه ثابت اولیه است.

در این الگو فرض شده است که در هر اقتصادی، سه بخش وجود دارد:
 - بخش اول: بخش R&D که از سرمایه انسانی و حجم دانش موجود، برای تولید دانش جدید استفاده می‌کند؛ به ویژه اینکه در این بخش، طرح‌هایی برای تولید کالاهای بادوام جدید ارائه می‌شود.
 - بخش دوم: بخش کالاهای واسطه‌ای که با استفاده از طرح‌های بخش R&D و تولید مصرف نشده (سرمایه به کار گرفته نشده در بخش تولید کالاهای نهایی)، اقدام به تولید تعداد زیادی از کالاهای بادوام جدید می‌کند که این کالاهای می‌توانند در تولید کالاهای نهایی به کار گرفته شوند.

- بخش سوم: بخش تولید کالاهای نهایی که از نیروی کار، سرمایه انسانی و یک مجموعه از کالاهای بادوام، برای تولید کالاهای نهایی استفاده می‌کند که این تولیدات نیز می‌توانند مصرف شوند و یا به عنوان سرمایه جدید پس‌انداز شوند. اثرات سرریز دانش و فناوری افزون بر سطح ملی، در سطح بین‌المللی نیز می‌تواند روی دهند. هال و اسکوبی^۲ (۲۰۰۶) بیان می‌کنند که اثرات سرریز دانش و فناوری در سطح بین‌المللی همواره مهم هستند. نظریه‌های مرتبط با این موضوع به این نقطه توجه کرده‌اند که یک کشور به دلیل دسترسی به دانش و فناوری توسعه یافته در بخش تحقیق و توسعه مناطق

^۱ Romer, Grossman, Helpman, Aghion, Howitt and Jones

^۲ Hall and Scobie

دیگر جهان، می‌تواند با ایجاد گشایش‌هایی در تجارت خارجی، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر رشد اقتصادی خود بگذارد. تمرکز اصلی در این دسته از نظریه‌ها بر این موضوع است که تجارت بین‌المللی راهکارهایی را فراهم می‌کند که به واسطه آن دانش و فناوری توسعه یافته مناطق دیگر جهان وارد کشور می‌شود^۱ و کشور میزبان، می‌تواند آن را پروارنده و به فناوری بومی تبدیل کند. در واقع تجارت با انتقال مجموعه دانش و فناوری موجود در جهان به کشور میزبان و شرکت‌های آن، سرعت تغییرات فناوری آن کشور را زیاد کرده و تغییرات فناوری نیز بهره‌وری و تولید را تحت تأثیر قرار می‌دهد^۲. مهم‌ترین دلایل اهمیت واردات فناوری در توسعه مبتنی بر فناوری کشورهای در حال توسعه را (بویتزه در مراحل اولیه توسعه) می‌توان به صورت زیر عنوان کرد:

R&D- سرمایه‌گذاری زیادی می‌طلبد، حال آنکه کشورهای در حال توسعه (به ویژه در مراحل اولیه توسعه) قادر به سرمایه‌گذاری بیشتر در R&D نیستند.

- کشورهای در حال توسعه (به ویژه در مراحل اولیه توسعه) با کمبود نیروی انسانی متخصص و مبتکر روبرو هستند. - هرچند کشورهای در حال توسعه، از لحاظ فناوری عقب‌تر از کشورهای توسعه یافته هستند، اما می‌توانند از مزیت‌های جدید الورد بودن خود برای توسعه فناوری بهره‌گیرند. کشورهای مزبور می‌توانند از تجارب دیگران یاد بگیرند. فناوری‌های مفید بسیاری با قیمت مناسب قابل دسترسی هستند و بنابراین، لزومی برای ایجاد دوباره آن‌ها وجود ندارد. در واقع برای کشورهای در حال توسعه بسیار آسان‌تر، سریع‌تر و ارزان‌تر است که به فناوری‌های کشورهای صنعتی دست یابند.

- کشورهای در حال توسعه در مراحل اولیه توسعه، از زیربنای فناوری معقولی برای نوآوری برخوردار نیستند؛ پس در صورت انجام فعالیت‌های R&D به منظور نوآوری، امکان موفقیت آن پایین خواهد بود (برینتستن و مان، ۱۹۹۸). جریان سرریزهای تکنولوژی به کشورها در چند دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته است چرا که این سرریزها منجر به افزایش دانش، انتقال تکنولوژی و ایجاد مزیت رقابتی می‌گردند. واضح است که رشد اقتصادی عمدتاً با افزایش آلودگی محیط زیست همراه است (اسکندری و همکاران، ۱۴۰۰).

فعالیت‌های صنعتی و نیاز روزافزون به مصرف حامل‌های انرژی برای حصول به رفاه بیشتر، باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است. از بین گازهای گلخانه‌ای، CO₂ مهم‌ترین آنهاست به طوری که اصلی‌ترین گاز گلخانه‌ای انسان ساخت به شمار می‌رود و حدود ۶۰٪ از آثار گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های بشر مربوط به انتشار CO₂ است (آشنا و حسین آبادی، ۱۳۹۹). منبع اصلی انتشار این گاز احتراق سوخت‌های فسیلی است که متأسفانه در حال حاضر ابزار اصلی تولید انرژی در نظام‌های اقتصادی صنعتی است. علاوه بر این، وجود انرژی عامل اساسی نیل به توسعه اقتصادی است و بنابراین در کشورهای در حال توسعه شدیداً مورد نیاز است (مهرابی بشرآبادی و همکاران، ۱۳۸۹).

در مورد کیفیت محیط زیست و عوامل مؤثر بر آن و به خصوص نحوه ارتباط آن با رشد اقتصادی، نظریات متعددی وجود دارد که در این مورد سه رهیافت کلی وجود دارد. یک رهیافت به رابطه معکوس بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست معتقد است. در حالیکه رهیافت دیگر این رابطه را مستقیم دانسته و رشد اقتصادی را عاملی برای حفاظت از کیفیت محیط زیست می‌داند. رهیافت سوم که به فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC) معروف است، رابطه بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست را بر اساس مراحل توسعه تبیین کرده و آن را در قالب منحنی وارونه U نشان می‌دهد (صادقی و ابراهیمی، ۱۳۹۲).

¹ Awokus

² Hasan

³ Bernstein and Mohnen

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد عوامل مختلفی در شکل و نقطه چرخش این منحنی اثرگذار است. از این رو در ادامه به بعضی از این پژوهش‌ها اشاره می‌شود.

پیشینه تحقیق

منابع داخلی

آذربایجانی و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی ارتباط بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، تجارت و رشد اقتصادی کشور ایران پرداختند و با روش همجمعی برای دوره ۱۳۸۴-۱۳۵۳ بیان کردند متغیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تنها در کوتاه مدت بر روی رشد، اثر منفی و معناداری می‌گذارد و متغیر تجارت در کوتاه مدت و بلندمدت بر روی رشد ایران تأثیر معناداری دارد.

امینی و همکاران (۱۳۸۹) نقش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در ارتقای بهره‌وری برای ۲۳ کشور منتخب از جمله ایران در دوره ۲۰۰۶-۱۹۹۶ را بررسی کردند و دریافتند عوامل مؤثر بر ارتقای بهره‌وری کل عوامل عبارتند از: انباشت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، انباشت هزینه‌های تحقیق و توسعه، درجه باز بودن اقتصاد، نرخ بهره برداری از ظرفیت و نرخ ثبت نام دانشگاهی و نرخ بهره برداری از ظرفیت دارای بیشترین تأثیر و عامل انباشت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی کمترین تأثیر را بر آن داشته‌اند.

مرزبان و نجاتی (۱۳۸۹) در مقاله‌ای با عنوان اثر سرریز سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و نقش قابلیت جذب بنگاه‌های داخلی در بخش صنعت: مورد ایران (۱۳۸۶-۱۳۷۶) با استفاده از مدل داده‌های ترکیبی برای تعدادی از زیرگروه‌های بخش صنعت، اثرات سرریز سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را در دوره زمانی ۱۳۸۶-۱۳۷۶ آزمون کردند. نتایج نشان داده است که سرمایه‌گذاری خارجی از طریق پیوندهای پیشین موجب افزایش بهره‌وری بنگاه‌های داخلی می‌شود و احتمال اثر سرریز از طریق پیوندهای پسین، ضعیف است. سرریز افقی حاصل از سرمایه‌های خارجی اثر منفی روی بهره‌وری بنگاه‌های محلی دارد و می‌توان گفت یکی از عوامل مهم آن، نداشتن حداقل قابلیت جذب بنگاه‌های داخلی است.

شاه‌آبادی و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله‌ای با عنوان تأثیر سرریز فناوری ناشی از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر عملکرد بخش صنعت، اثرات سرریز سرمایه‌گذاری خارجی از منظر فناوری بر عملکرد بخش صنعت اقتصاد ایران در دوره ۱۳۸۸-۱۳۷۴ در قالب برنامه‌های توسعه اقتصادی را بررسی کرده‌اند و محققان برای انباشته کردن داده‌ها و متغیرها از روش کو، هلپمن و هافمستر^۱ استفاده کرده‌اند. نتایج حاکی از آن است که طی برنامه دوم توسعه ارتباط قوی میان ارتقای سرمایه انسانی (معیار ظرفیت جذب)، جذب سرمایه‌گذاری خارجی، اثرات سرریز و عملکرد صنعت وجود ندارد.

شافعی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تأثیر سرریزهای فناوری بر رشد تولید سبز کشورهای منتخب در حال توسعه قاره آسیا پرداختند. با توجه به اهمیت سرریزهای فناوری این پژوهش، در قالب مدل رشد رومر به بررسی سرریزهای فناوری از دو مسیر واردات حامل دانش و جریان ورودی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر تولید سبز کشورهای در حال توسعه منطقه آسیا در دوره ۲۰۱۲-۱۹۹۵ و با بهره‌گیری از روش اقتصادسنجی فضایی می‌پردازد. تولید سبز در این پژوهش با در نظر گرفتن استهلاک منابع طبیعی محاسبه شده است. بنا بر نتایج به دست آمده تأثیر هزینه‌های تحقیق و توسعه و سرریز فناوری از مسیر واردات حامل دانش مثبت و معنادار و تأثیر شاخص سرمایه انسانی و سرریز فناوری از مسیر جریان ورودی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منفی است.

^۱ Coe, Helpman and Hoffmaister

بهمنی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی تحلیل فضایی سرریزهای فناوری در کشورهای منتخب آسیایی در دوره زمانی ۲۰۱۱-۱۹۹۵ با استفاده از روش اقتصادسنجی فضایی پرداختند. نتایج به صورت اثرات سرریز درون کشوری و بین المللی ارائه شده است. نتایج بیانگر اثر غیرمستقیم و بازخوردی مثبت ناشی از تغییر شاخص توسعه انسانی، مخارج تحقیق و توسعه و واردات حامل دانش هستند که این نتایج تأییدکننده وجود سرریزها و ظرفیت جذب فناوری در این کشورها است.

شکیبایی و همکاران (۱۳۹۴) با هدف تبیین تأثیر سیاست آزادسازی تجاری بر آلودگی محیط زیست، الگوی سیستمی چند منطقه‌ای را تعریف کرده‌اند. به منظور بررسی این سیاست عامل انرژی به‌عنوان عاملی که استفاده از آن آلودگی محیط زیست را در پی دارد به الگوی پروژه تجارت جهانی (GTAB) افزوده شده است. افزودن این عامل، الگوی GTAB-E را پدید می‌آورد. سپس تأثیر آزادسازی تجاری بر انتشار طی دو سناریو به صورت کاهش تعرفه واردات بررسی می‌شود. نتایج هر دو سناریوی کاهش تعرفه در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات نشان می‌دهد انتشار کربن کاهش یافته و کیفیت محیط زیست بهبود می‌یابد.

دامن کشیده و همکاران (۱۳۹۴)، به بررسی تأثیر سرریز دانش داخلی و بین المللی بر رشد اقتصادی کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته طی دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۹۵ پرداختند. مطالعه آنها نشان داد که تحقیق و توسعه در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته دارای اثرگذاری مستقیم و معنادار بوده و شاخص انباشت تحقیق و توسعه بین المللی و انباشت ورودی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کشورهای توسعه یافته معنادار و مثبت و در کشورهای در حال توسعه به ترتیب غیر معنادار و دارای اثرگذاری مستقیم بوده است.

بنی‌اسدی و جلائی اسفندآبادی (۱۳۹۵) نقش سرریزهای تکنولوژی بر بهره‌وری کل عوامل تولید بخش کشاورزی در دوره ۱۳۹۰-۱۳۵۳ را مورد بررسی قرار دادند. ابتدا بهره‌وری کل عوامل از روش کندریک محاسبه گردید. همچنین سرریزهای تکنولوژی با استفاده از دو شاخص سرریز از کانال واردات کالاهای سرمایه‌ای و سرریز از کانال سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی محاسبه گردید. سپس با استفاده از مدل خود توضیح برداری با وقفه‌های توزیعی (ARDL) اثر سرریزها بر بهره‌وری کل بخش کشاورزی برآورد گردید. نتایج مطالعه رابطه بلندمدت میان سرریزهای تکنولوژی و بهره‌وری کل بخش کشاورزی را تأیید می‌کند اما در کوتاه مدت تنها شاخص سرریز از کانال سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر مثبت بر بهره‌وری داشته است. از این رو پیشنهاد می‌شود توانایی جذب علم و تکنولوژی خارجی در بخش کشاورزی از طریق مهیا نمودن زیرساخت‌های لازم، افزایش یابد.

واثقی و جلائی اسفندآبادی (۱۳۹۵) به ارزیابی اثر سرریزهای فناوری بر انتشار گاز CO₂ در ایران پرداختند. در این راستا با استفاده از مدل‌های تقاضای واردات کالاهای واسطه‌ای و کالاهای سرمایه‌ای، شاخص سرریز فناوری محاسبه و اثر آن در نظریه زیست محیطی کوزنتس در فاصله زمانی سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۲ بررسی شد. نتایج پژوهش نشان داد که متغیر سرریز فناوری نه تنها اثری مثبت و معنادار بر انتشار گاز دی اکسید کربن دارد، بلکه نقطه چرخش منحنی زیست محیطی کوزنتس را نیز در درآمد سرانه بالاتر امکان پذیر می‌سازد.

نجاتی و اکبری فرد (۱۳۹۷) با توجه به اهمیت نقش صادرات در ارتقای بهره‌وری، و با استعانت از مدل پانل برای زیرگروه‌های بخش صنعت، طی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۰ در اقتصاد ایران، تاثیرات سرریز فناوری حاصل از صادرات در بهره‌وری کل عوامل تولید را ارزیابی کردند. نتایج نشان می‌دهد که صادرات می‌تواند به تأثیر سرریز افقی مثبت بیانجامد. اندازه سرریز افقی بستگی به میزان سرمایه انسانی دارد. اگر سطح سرمایه انسانی در زیرگروه‌های بخش صنعت افزایش

یابد، تأثیر سرریز قوی‌تر خواهد بود. همچنین شواهد حاکی از آن است که تأثیر سرریز عمودی از طریق پیوندهای پیشین منفی و غیر معنادار و پیوندهای پسین مثبت و معنادار اعمال می‌شود.

سلیم و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی اثر میزان توانمندی‌های فناورانه شرکت‌های سرمایه‌پذیر بر ارتباط میان جذب سرمایه‌گذاری خارجی و فعال شدن کانالهای سرریز فناوری (کانال‌های تقلید به واسطه آموزش، مشاهده، پیوند با تأمین‌کنندگان محلی، همکاری فناورانه با بنگاه‌های داخلی و خارجی و جابجایی کارکنان) پرداخته است. به این منظور، مطالعه‌ای میدانی (از طریق مصاحبه و پرسشنامه) بر روی ۱۰۰ شرکت خارجی سرمایه‌گذار در ایران در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ صورت گرفته است. نتایج نشان داده‌اند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در ایران به صورت مستقیم تأثیری بر فعال شدن کانالهای سرریز نداشته لیکن افزایش توانمندی‌های فناورانه شرکت‌های سرمایه‌پذیر به عنوان یک متغیر مداخله‌گر منجر به فعال شدن دو کانال سرریز یعنی تقلید به واسطه مشاهده و آموزش شده است.

فاضلی و خدایرست (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای با نام ارزیابی اثرات پیچیدگی صادراتی کالا و آزادی اقتصادی بر رشد اقتصادی منتخبی از کشورهای صادرکننده نفت، به این نتیجه رسیدند که صادرات کالاهای پیچیده‌تر و با ارزش افزوده بالاتر و آزادی اقتصادی می‌تواند بر رشد اقتصادی کشورها اثرگذار باشد.

روزبهانی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی تأثیر سرریزهای سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر همگرایی شدت انرژی در استانهای ایران با استفاده از تکنیک اقتصادسنجی فضایی و داده‌های پانل ۳۰ استان کشور طی دوره ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ پرداختند. براساس نتایج، همگرایی مطلق شدت انرژی در ایران تأیید شده است به این معنا که سرعت کاهش شدت انرژی در استان‌هایی با شدت انرژی بالاتر بیش از سرعت کاهش شدت انرژی در استان‌هایی با شدت انرژی کمتر است.

قادری و همکاران (۱۳۹۹) به ارزیابی اثرات سرریز انباشت تحقیق و توسعه بر تجارت درون صنعت افقی و عمودی در صنایع کارخانه‌ای ایران طی دوره زمانی ۱۳۸۳-۱۳۵۳ پرداختند. برای این منظور بر اساس آخرین اطلاعات در دسترس داده‌های تجارت خارجی و ویژگی‌های خاص صنایع برای کارگاه صنعتی بالای ۱۰ نفر کشور در سطح تجمیع ۴ رقم طبقه بندی ISIC با استفاده از روش داده‌های ترکیبی پالایش و پردازش شده است. نتایج برآورد به روش اثرات ثابت نشان می‌دهد که انباشت تحقیق و توسعه داخلی و خارجی اثر مثبت و معناداری بر تجارت درون صنعت افقی و عمودی نداشته است.

پورمتقی آلمانی و همکاران (۱۴۰۱) تأثیر جهانی شدن و جذب سرریز فناوری بر تاب آوری اقتصادی در دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۷ با استفاده از داده‌های پنل و به روش گشتاور تعمیم یافته (GMM) را بررسی کردند. نتایج حاکی از تأثیر مثبت و معنادار جذب سرریز فناوری از دو کانال واردات و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و جهانی شدن بر تاب آوری اقتصادی است.

منابع خارجی

مورنو^۱ و همکاران (۲۰۰۵) مطالعه‌ای با عنوان سرریزهای فضایی، فعالیت نوآوری و نقش فرآیند ایجاد دانش را انجام دادند و از داده‌های ۱۳۸ منطقه از ۱۷ کشور در اروپا در دوره زمانی ۱۹۷۸ تا ۱۹۹۷ استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که فرآیند خودهمبستگی فضایی مثبت و معناداری در نوآوری وجود دارد و به این معنی است که محصول دانش در منطقه مورد بررسی به وسیله سرریزهای فضایی تحت تأثیر قرار می‌گیرند و منجر به افزایش فعالیت نوآوری در مناطق دیگر می‌شود و مهمترین عامل مؤثر بر ایجاد نوآوری مخارج تحقیق و توسعه بین‌المللی است.

¹ Moreno

لین و همکاران^۱ (۲۰۰۹) در مطالعه خود با بهره‌گیری از مجموعه داده‌های پانل مشتمل بر بنگاه‌های دارای مقیاس بالاتر از متوسط در سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۹۸ اثرات سرریز سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از منظر سرریز افقی و عمودی را بررسی کرده است. نتایج این مطالعه، حاکی از آن است که اثرات سرریز افقی در گروه کشورهای HMT نتیجه منفی داشته و اثرات سرریز افقی در کشور چین که بیشتر از ناحیه کشورهای OECD بوده است نتایج مثبتی داشته است.

آنتوانت برنارد و لسیج^۲ (۲۰۱۱) سرریزهای دانش در دوره زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۰ را با استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی فضایی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها بیان کردند که تخمین سرریزهای بدون در نظر گرفتن بعد فضایی تورش دار و ناسازگار هستند و بر این اساس از روش توییت فضایی بهره جستند و به این نتیجه رسیدند در ۹۴ منطقه آسیا، بزرگ‌ترین اثرهای مستقیم و غیرمستقیم سرریز فناوری مرتبط با فعالیت تحقیق و توسعه بخش خصوصی است و این پیامدهای خارجی با فاصله از منبع پیامدها کاهش می‌یابند و نتایج آنها به استراتژی‌های بهینه منطقه‌ای اشاره می‌نماید.

آمان و ویرمنی^۳ (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای اثر بازخورد سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر رشد بهره‌وری کل عوامل را در اقتصادهای در حال توسعه از طریق سرریز فناوری در سراسر مرزها، تجزیه و تحلیل کردند. محققین اثر سرریز R&D ناشی از جریان FDI خارجی از ۱۸ اقتصاد در حال توسعه را در ۳۴ کشور OECD در دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۰ مطالعه و تأثیر آن را با سرریز ناشی از جریان FDI داخلی مقایسه کردند. آن‌ها دریافتند FDI موجب افزایش رشد بهره‌وری می‌شود؛ با این حال، این تأثیر نسبت به زمانی که کشورهای توسعه یافته R&D فشرده را در اقتصادهای در حال توسعه از راه‌های دیگر سرمایه‌گذاری کنند، بسیار بیشتر است.

دوروک^۴ (۲۰۱۵) به بررسی اثر مخارج تحقیق توسعه بر تجارت درون صنعت در دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۰ با روش پانل پویا در ۱۴ صنعت کشور ترکیه پرداخت. نتایج این مطالعه نشان داده است تحقیق و توسعه با رشد کندی بر تجارت درون صنعت تأثیر مثبت داشته است.

خودیر^۵ (۲۰۱۷) اهمیت پیشرفت فناوری بر بهره‌وری کشورهای عربی با تمرکز بر نقش تجارت درون صنعت در صنایع تولیدی طی دوره ۲۰۱۴-۱۹۹۵ از طریق مدل رشد نوکلاسیک سولو از طریق رگرسیون عملکرد تابع کاب داگلاس را برآورد کرده است. نتایج مطالعه آن نشان داد که تجارت داخلی در تولیدات با سطح فناوری و فناوری بالا، منبع مهمی برای پیشرفت فناوری یکی منطقه عرب در کوتاه مدت و بلند مدت است، در حالیکه تجارت داخلی با سطح فناوری پایین و سطح مهارت پایین تولیدکنندگان منبع مهمی از پیشرفت فناوری یکی در کوتاه مدت است.

اوسی و کیم^۶ (۲۰۲۰) در مقاله‌ای با نام سرمایه‌گذاری مستقیم و رشد اقتصادی، آیا توسعه تأمین مالی بهتر است؟ با استفاده از یک مدل آستانه پانل پویا در ۶۲ کشور با درآمد متوسط و بالا در دوره ۱۹۸۷-۲۰۱۶ احتمال غیرخطی بودن را بین تأمین مالی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و رشد را مجدداً بررسی می‌کند. نتایج حاکی از آن است که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی زمانی ناچیز می‌شود که نسبت به اعتبار بخش خصوصی به تولید ناخالص داخلی بیش از ۹۵/۶ درصد باشد. این یافته برای روش‌های مختلف اقتصادسنجی، نمونه‌های فرعی مختلف و تحلیل‌های متقابل، و شاخص‌های متمایز توسعه مالی قوی است.

¹ Lin

² Autant-Bernard and Lesage

³ Amann and Virmani

⁴ Doruk

⁵ Khodeir

⁶ Osei and Kim.

استرگیو و کونتاس^۱ (۲۰۲۱) به ارزیابی همگرایی بهره‌وری زیست‌محیطی و سرریزهای فناوری صنایع اروپایی پرداختند. در این مقاله عملکرد کارایی زیست‌محیطی (ECO-E) را تحت چارچوب فرامرزی (MF) برای ۱۴ صنعت بخش تولید از ۲۷ کشور اروپایی طی دوره ۲۰۱۱-۱۹۹۵ مدل می‌کنیم. استفاده از CO_2 ، CH_4 ، N_2O ، CO ، SO_x ، NO_x و $NMVO_C$ و NH_3 به عنوان خروجی‌های نامطلوب نشان‌دهنده تأثیر فعالیت‌های صنعتی بر محیط زیست است.

روش پژوهش و داده‌ها

در این مقاله، جهت بررسی اثرات سرریزهای فناوری بر متغیرهای اقتصادی و زیست‌محیطی از روش تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE) استفاده شده است. این روش یکی از روش‌های تحلیل کمی است که در مقابل دامنه وسیعی از موضوعات سیاستی از قبیل: سیاست‌های مالی به ویژه در حوزه مالیات، سیاست‌های تجاری، سیاست‌های تثبیت، تحلیل محیط زیست و غیره انعطاف‌پذیر است و می‌تواند چارچوب جامع‌نگری را برای بررسی آثار همه‌جانبه سیاست‌ها فراهم نماید. در واقع، یکی از بزرگترین مزیت‌های مدل تعادل عمومی قابل محاسبه، قابلیت آن در توضیح پیامدهای اعمال تغییرات در پارامتر سیاستی خاص و یا ویژگی‌های یک بخش در کل اقتصاد است (کاردنته و همکاران، ۲۰۱۶).

در مدل تعادل عمومی قابل محاسبه، معمولاً منبع اطلاعات، ماتریسی است که آن را ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM) می‌نامند. ماتریس حسابداری اجتماعی، ماتریس مربعی است که هر حساب در محل برخورد یک سطر و ستون قرار گرفته است. این ماتریس اطلاعات عددی اقتصاد را به طور جامع مورد بررسی قرار می‌دهد. هر درایه نشان‌دهنده پرداخت از حسابی است که روی ستون قرار دارد به حسابی که روی سطر قرار گرفته است (اکبری مقدم، ۱۳۸۸). ماتریس حسابداری اجتماعی روابط بین بازیگران اصلی هر اقتصاد شامل: تولیدکنندگان، عوامل تولید، مصرف‌کنندگان، نهاده‌ها، و بازیگران خارجی را در قالب حساب‌های طبقه‌بندی شده شامل: حساب تولید، حساب عوامل تولید، حساب نهاده‌ها، حساب انباشت (پس‌انداز)، و حساب دنیای خارج نشان می‌دهد (منظور و حقیقی، ۱۳۹۵).

با تکیه بر این اطلاعات، برای اطمینان از اعتبار الگوی تحقیق، مقاداردهی الگو انجام می‌گیرد. مقاداردهی الگو، فرایند محاسبه پارامترهای انتقال و سهم مورد استفاده در توابع مطلوبیت و تولید مدل CGE است به گونه‌ای که حل معادله، دوباره همان تعادل اولیه داده‌های الگو را به دست دهد. سپس حل الگوی مقدار داده‌شده، به عنوان تعادل مبنا مورد استفاده قرار می‌گیرد که نتایج آزمون تجربی الگو با آن مقایسه می‌شود. ورودی‌های فرایند مقاداردهی، پایگاه داده مدل CGE هستند که اقتصاد را در تعادل اولیه توضیح می‌دهند (برفیش، ۱۳۹۲). در این تحقیق مقاداردهی بر اساس داده‌های پایه سال ۲۰۱۴ و مقادیر پارامترهایی که از نسخه ۱۰ پایگاه داده GTAB استفاده شده است.

الگوی تحقیق

الگوی مورد استفاده یک مدل تعادل عمومی قابل محاسبه چندمنطقه‌ای است. یکی از انواع مدل‌های تعادل عمومی، مدل چندمنطقه‌ای پروژه تحلیل تجارت جهانی (GTAP-E) است، که در این پژوهش نیز جهت شبیه‌سازی مورد استفاده قرار خواهد گرفت. الگوی مذکور به دلیل جهان‌شمول بودن، ابزار مناسبی برای انجام تحلیل‌های کمی اثرات حاصل از سیاست‌ها است. علاوه بر این، یکی از مهمترین دلایلی که استفاده از انواع الگوهای تعادل عمومی محاسبه‌پذیر را ضروری می‌نماید، قابل اتکا بودن نتایج حاصل از آن است. استفاده از الگوهای تعادل عمومی چندمنطقه‌ای به جای الگوهای تعادل

¹ Stergiou and Kounetas

عمومی یک منطقه‌ای دارای مزیت‌های متعددی است. از نقاط قوت این الگوها توانایی آنها جهت کمک به فهم پیوند بین بخش‌ها، کشورها و عوامل تولید در مقیاس جهانی است. ساختار این نوع الگوها بیان می‌کند تمام اجزای اقتصاد جهانی در شبکه‌هایی از پیوندهای مستقیم و غیرمستقیم با یکدیگر قرار دارند. بنابراین هر تغییری که در یکی از اجزای سیستم پدید آید، دارای پیامدها و عواقبی برای کل بخش‌ها، مناطق و کشورها خواهد بود.

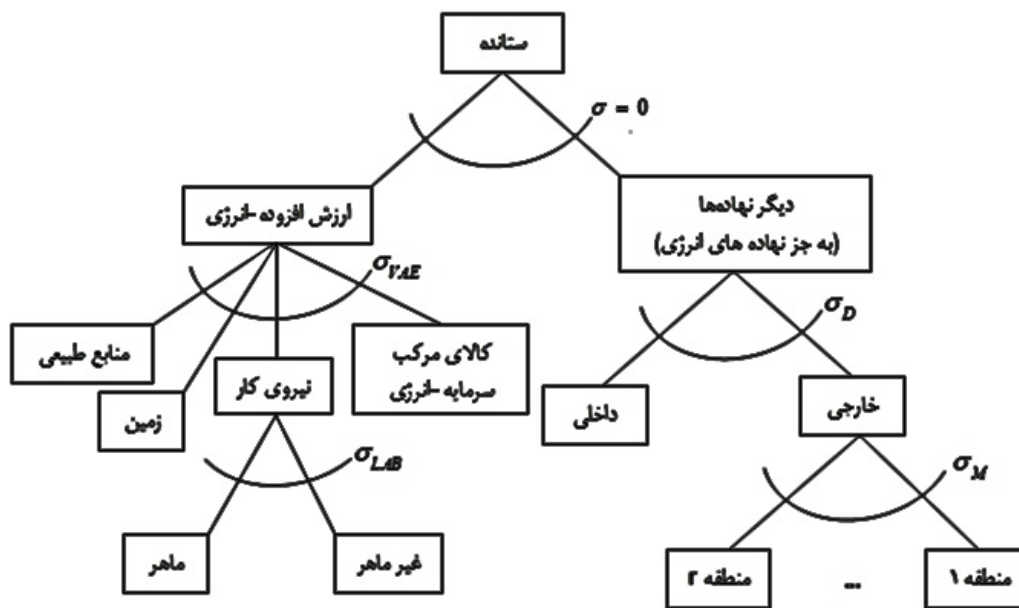
الگوی GTAP توسط تعداد زیادی از پژوهشگران و محققان در سراسر دنیا به کار گرفته شده، و درستی نتایج آن مورد آزمون قرار گرفته است. همچنین همراه با الگوی مذکور، داده‌های سازگار با چارچوب یک الگوی تعادل عمومی استاندارد ارائه شده و هر چند سال یک‌بار به‌روز می‌گردد، که خود یکی دیگر از مزیت‌های استفاده از الگوی مذکور است. امکان تفکیک نمودن و کلی‌سازی مناطق و بخش‌های مختلف جهت انجام شبیه‌سازی‌های مختلف را می‌توان به‌عنوان سومین مزیت استفاده از این الگو نام برد. علاوه بر این، الگو مذکور از درجه انعطاف‌پذیری بالایی جهت بسط و تعدیلات لازم برخوردار است؛ به‌طوری‌که امکان تغییر و تعدیلاتی از قبیل اثرات آزادسازی، تغییر در مالیات‌ها، تغییرات ساختاری اقتصاد و سایر موارد در این الگو وجود دارد. مدل GTAP استاندارد اولیه، که توسط **هرتل (۱۹۹۷)** معرفی شده که یک الگوی ایستا است و هرگونه اثرات پویای تغییرات مبتنی بر فناوری، رشد جمعیت و موجودی سرمایه را شامل نمی‌شود. الگوی GTAP-E به‌عنوان بسطی از الگوی GTAP برای تحلیل اثرات مربوط به سیاست‌های تغییرات آب و هوایی در سطح بین‌الملل طراحی شد. تفاوت این الگو با الگوی هرتل در آن است که نهاده مرکب سرمایه-انرژی به ساختار تولیدی افزوده شده و انتشار کربن حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی به‌عنوان نهاده در فرآیند تولید مربوط به تولیدکنندگان منطقه I یا به‌عنوان ستاده حاصل از مصرف کالاها توسط خانوار خصوصی و دولتی در نظر گرفته می‌شود (**بورنیاکس و تروننگ، ۲۰۰۲ و نیجکمپ و همکاران، ۲۰۰۵**).

توابع تقاضای مصرفی دولت با استفاده از یک تابع مطلوبیت کاب داگلاس استخراج می‌شود که سهم هزینه کالاها را مختلف در آن ثابت است. بنگاه‌ها کالاها را واسط و نهاده‌های اولیه را برای تولید کالاها و خدمات به کار می‌برند و با ترکیب این عوامل، به تولید انواع کالاها و خدمات می‌پردازند. کلیه عوامل به جز زمین و منابع طبیعی در بین بخش‌های مختلف تحرک کامل دارند. هر بخش یا بنگاه در اقتصاد یک ستاده همگن تولید می‌کند. فروش این کالاها در داخل و خارج از هر منطقه صورت می‌گیرد. فرض رقابت کامل و بازدھی ثابت نسبت به مقیاس در تولید همه کالاها و همچنین در تمام بازارها برقرار است. براساس بستار استاندارد^۳ الگو، مقادیر حقیقی از جمله تولید تمام بخش‌ها، تقاضای عوامل، صادرات، واردات و همچنین تمام قیمت‌ها در چارچوب الگوی تعیین می‌شوند. ملاحظه می‌شود که تمامی بخش‌ها مشابه با الگوی GTAP است و تنها تفاوت الگوی GTAP-E با فرم پایه آن لحاظ عامل انرژی و گنجانیدن میزان انتشار دی‌اکسید کربن حاصل از سوخت‌های فسیلی توسط **بورنیاکس و تروننگ (۲۰۰۲)** است که امکان ارزیابی سیاست‌های زیست‌محیطی را فراهم می‌کند (**اخباری، ۱۴۰۰**).

¹ Burniaux and Truong

² Nijkamp

³ Standard Closure



شکل ۱. محاسبه انتشار کربن در مدل GTAP-E

در مدل GTAP-E معادلات مربوط به انتشار کربن همراه با آمار انتشار کربن به تفکیک بخشهای مختلف، خانوار و دولت در پایگاه داده‌های GTAP لحاظ شده است. این انتشار ناشی از مصرف نهاده‌های انرژی از قبیل ذغال سنگ، نفت، گاز، فراورده‌های نفتی و الکتریسیته است. کل انتشار کربن حاصل از تقاضای کالای i در منطقه r برابر با انتشار کربن بنگاه‌ها از تقاضای نهاده‌های داخلی $(CO2DF(i, j, r))$ و وارداتی $(CO2IF(i, j, r))$ ، و همچنین تقاضای خانوار از کالاهای داخلی $(CO2DG(i, r))$ و خارجی $(CO2IP(i, r))$ است. کربن منتشر شده ناشی از تقاضای دولت از کالاهای داخلی $(CO2DG(i, r))$ و کالاهای وارداتی $(CO2IG(i, r))$ نیز از اجزای انتشار کل کربن است (معادله ۱).

$$CO2T(i, r) = \sum_{j=PROD_COMM} (CO2IF(i, j, r) + CO2DF(i, j, r)) + CO2IG(i, r) + CO2DG(i, r) + CO2IP(i, r) + CO2DP(i, r) \quad (1)$$

لازم به ذکر است که تنها کالاهایی که انتشار کربن را موجب می‌شوند شامل ذغال سنگ، نفت، گاز و فراورده‌های نفتی هستند. می‌توان انتشار کل را از رابطه ۲ محاسبه نمود.

$$CO2TT(r) = \sum_{i=energy_comm} CO2T(i, r) \quad (2)$$

بنابراین درصد تغییر انتشار کربن در منطقه r برابر است با:

$$gco2tt(r) = \sum_{i=energy_comm} \left(\frac{CO2T(i, r)}{CO2TT(r)} \right) * gco2t(i, r) \quad (3)$$

g نشان‌دهنده نرخ رشد متغیرها است. نرخ رشد انتشار کربن در هر منطقه به تفکیک کالاهای مختلف براساس رابطه ۴ بیان می‌شود.

$$CO2T(i, r) * gco2t(i, r) = \sum_{j=PROD_COMM} (CO2IF(i, j, r) * gco2if(i, j, r) + CO2DF(i, j, r) * gco2df(i, j, r)) + CO2IG(i, r) * gco2ig(i, r) + CO2DG(i, r) * gco2dg(i, r) + CO2IP(i, r) * gco2ip(i, r) + CO2DP(i, r) * gco2dp(i, r) \quad (4)$$

فرض بر این است که انتشار کربن متناسب با مقدار تقاضای کالا توسط بنگاه‌ها، خانوار و دولت است. به عنوان مثال $gco2if(i,j,r) = qfm(i,j,r)$ است که $qfm(i,j,r)$ درصد تغییر تقاضای کالای i در بخش j است. از آنجایی که carbon intensity از نسبت کل انتشار به تولید هر منطقه محاسبه می‌شود، درصد تغییر آن برابر با رابطه (۵) است.

$$co2intensity(r) = gco2tt(r) - qo(r) \quad (5)$$

که $qo(r)$ نرخ رشد GDP در منطقه r است.

تجزیه و تحلیل

تصریح الگوی تعادل عمومی با استفاده از نرم‌افزار GTAP انجام شده است. الگوی شامل پارامترهای رفتاری که خارج از ماتریس حسابداری اجتماعی به دست آمده‌اند. این پارامترها یا با استفاده از مطالعات گذشته و یا از تخمین مورد استفاده در الگوهای تعادل عمومی مشابه به دست می‌آیند. الگویی مورد استفاده در این تحقیق، مدل تعادل عمومی قابل محاسبه چند منطقه‌ای است. سناریو که به عنوان سناریو پایه در این الگو در نظر گرفته شده کاهش ۱۰ درصدی میزان تعرفه واردات بر روی کل کالاهای وارداتی است. در این سناریو سه منطقه تعریف شده است. منطقه اول ایران منطقه دوم کشورهای شمال که منظور واردات از کشورهای توسعه یافته و منطقه سوم کشورهای جنوب که شامل واردات از کشورهای در حال توسعه است. در این مقاله متغیرهایی به عنوان نماینده شاخص‌های اقتصادی و زیست محیطی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که در جدول ۱ به تفصیل توضیح داده شده‌اند.

جدول ۱. متغیرهای مورد استفاده

عنوان متغیر	نوع متغیر	شرح متغیر
Gco2t	زیست محیطی	نرخ رشد کل انتشار کربن
co2intenn	زیست محیطی	شدت کربن
engintt	زیست محیطی و اقتصادی	شدت انرژی
qengt	اقتصادی	تقاضای انرژی
qgdp	اقتصادی	تولید ناخالص داخلی
ppriv	اقتصادی	تورم (شاخص قیمت مصرف کننده)

نتایج اجرای سناریو به در جدول ۲ شرح زیر آورده شده است:

جدول ۲. تأثیر اجرای سناریو بر متغیرهای زیست محیطی و اقتصادی

منطقه	gco2t	co2intenn	engintt	qengt	qgdp	ppriv
ایران	-۰/۷۲۷۶	-۰/۶۵۸۷	-۰/۳۶۵۳	-۰/۴۵۵۸	-۰/۰۶۹۲	-۱/۵۳۱۲
کشورهای شمال	۰/۰۰۰۲	-۰/۰۰۱۰	۰/۰۲۰۴	۰/۰۲۱۶	۰/۰۰۱۳	۰/۰۱۷۵
کشورهای جنوب	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۴۹	۰/۰۰۶۷	۰/۰۰۶۸	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۱۶۶

منبع: محاسبات تحقیق

همانطور که در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد اجرای سناریو کاهش ۱۰ درصدی تعرفه کالاهای وارداتی از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به ایران، منجر به کاهش نرخ رشد کل انتشار کربن به میزان ۰/۷۲۷۶ درصد در کشور ایران گردیده است. نتایج همین متغیر برای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به ترتیب ۰/۰۰۰۲ درصد و ۰/۰۰۵ درصد است. همانطور که ملاحظه می‌شود در کشورهای جنوب اثر قوی تری در انتشار کربن مشاهده می‌شود. در ادامه نتایج نشان می‌دهد که کاهش تعرفه سبب کاهش شدت کربن به میزان ۰/۶۵۸۷ درصد شده است. که اثرات همین سناریو در کشورهای توسعه یافته به میزان ۰/۰۰۱

درصد کاهشی بوده و در کشورهای در حال توسعه به میزان ۰/۰۴۹ درصد افزایشی بوده است، متغیر دیگر زیست محیطی شدت انرژی است که کاهش ۱۰ درصدی تعرفه کالاهای وارداتی سبب کاهش شدت انرژی در ایران به میزان ۰/۳۶۵۳ درصد گردیده است؛ که نتایج برای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به ترتیب ۰/۰۲۰۴ و ۰/۰۰۶۷ درصد افزایشی است یعنی افزایش واردات از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به ایران سبب افزایش شدت انرژی در این کشورها شده است.

در بخش متغیرهای اقتصادی نیز مشاهده می‌شود که اثر کاهش ۱۰ درصدی تعرفه بر کالاهای وارداتی منجر به کاهش ۰/۰۶۹۲ درصدی تولید ناخالص داخلی کشور ایران می‌گردد در حالی که همین سناریو اثر مثبتی بر تولید ناخالص داخلی کشورهای توسعه یافته دارد و برای کشورهای در حال توسعه تقریباً نزدیک به صفر است. از سوی دیگر کاهش تعرفه کالاهای وارداتی میزان تقاضای انرژی در کشور ایران را به میزان ۰/۴۵۵۸ درصد کاهش داده است که نتایج این متغیر برای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به صورت افزایشی بوده است. آخرین متغیر اقتصادی که در این مدل مورد بررسی قرار گرفته است شاخص قیمتی مصرف کننده است که کاهش تعرفه کالاهای وارداتی سبب کاهش نرخ تورم به میزان ۱/۵۳۱۲ درصد در کشور ایران شده است و برای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به ترتیب به صورت افزایشی و کاهشی بوده است.

نتیجه گیری و پیشنهادهای سیاستی

در این مقاله تلاش گردیده با شبیه سازی الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه چند منطقه‌ای، اثرات زیست محیطی و اقتصادی کاهش تعرفه واردات از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه برای کشور ایران مورد بررسی قرار گیرد. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد با کاهش تعرفه بر کالاهای وارداتی نرخ کل انتشار کربن کاهش یافته است. که علت این کاهش را می‌توان در دو بخش تولید و مصرف مورد بررسی قرار داد به طوری که در بخش مصرف افزایش واردات کالاها ناشی از کاهش نرخ تعرفه و کاهش قیمت کالاهای خارجی در مقایسه با کالاهای داخلی باعث از دست رفتن بخشی از بازار داخل برای تولید کنندگان داخلی و نهایتاً کاهش تولید و تقاضای انرژی در داخل ایران خواهد شد. اما در بخش تولید با توجه به بالاتر بودن سطح فناوری تولید در کشورهای توسعه یافته و برخی از کشورهای در حال توسعه از جمله چین، نسبت به ایران کاهش تعرفه کالاهای وارداتی منجر به واردات بیشتر کالاهای واسطه‌ای با فناوری بالاتر و مصرف انرژی پایین تر به ایران گردیده و به دنبال آن تولید در کشور با مصرف انرژی پایین تر و انتشار کربن کمتری همراه خواهد بود. با توجه به نکاتی که گفته شد اثرات مثبت آزادسازی تجاری بر کاهش آلودگی زیست محیطی کشور ایران ملاحظه می‌گردد. از طرفی نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که کاهش تعرفه سبب افزایش انتشار کربن در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته گردیده است که اثرات افزایش کربن در کشورهای توسعه یافته بسیار ناچیز است (نزدیک به صفر) که این می‌تواند ناشی از فناوری بالای تولید در این کشورها باشد، همچنین با توجه به اینکه کشورهای در حال توسعه سهم بیشتری از تجارت خارجی ایران را تشکیل می‌دهند قاعدتاً بایستی شاهد افزایش انتشار کربن بیشتری در این کشورها باشیم.

شاخص‌های اقتصادی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته‌اند تولید ناخالص داخلی، نرخ تورم و تقاضای انرژی هستند. ضریب تولید ناخالص داخلی نشان می‌دهد که کاهش تعرفه بر کالاهای وارداتی، میزان تولید ناخالص داخلی را ۰/۶۹۲ درصد کاهش می‌دهد که این موضوع می‌تواند به علت کاهش تولید داخلی ناشی از غیر رقابتی بودن کالاهای داخلی در مقایسه با کالاهای وارداتی باشد که مصرف کننده داخلی، کالاهای خارجی با فناوری بالاتر را ترجیح می‌دهد. همچنین مشاهده می‌شود اثرگذاری کاهش تعرفه کالاهای وارداتی بر تولید ناخالص داخلی کشورهای توسعه یافته بیش از کشورهای در حال توسعه

است، و کاهش تعرفه واردات کالاها منجر به کاهش تقاضای انرژی در ایران گردیده که ناشی از کاهش تولید داخل و واردات کالاهای واسطه‌ای با فناوری جدیدتر به ایران است. نتیجه گیری پایانی که از متغیرهای اقتصادی مشاهده می‌شود مربوط به نرخ تورم است که با آزادسازی تجاری و کاهش تعرفه واردات نرخ تورم در ایران به میزان ۱/۵۳۱۲ درصد کاهش می‌یابد که مقدار قابل توجهی در مقایسه با کاهش در سایر ضرایب است، این کاهش نرخ تورم ناشی از کاهش فشار تقاضا، افزایش عرضه کالاها در داخل کشور و ارتقاء فناوری تولید به واسطه واردات کالاهای سرمایه‌ای جدید به کشور است.

در مواردی مشابه تحقیق انجام شده توسط **شکیبایی و همکاران (۱۳۹۴)**، با موضوع تأثیر آزادسازی تجاری بر انتشار دی اکسید کربن که طی دو سناریو به صورت کاهش تعرفه بررسی و نتایج هر دو سناریو نشان می‌دهد کاهش تعرفه در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات منجر به کاهش انتشار کربن و بهبود کیفیت محیط زیست گردیده است. که با نتایج به دست آمده در مقاله حاضر همخوانی دارد. همچنین در تحقیقی دیگر توسط **اسکندری نسب و همکاران (۱۴۰۰)**، اثر منفی و معنادار سرریزهای فناوری از کانال واردات کالاهای سرمایه‌ای و واسطه‌ای بر آلودگی محیط زیست به دست آمده است که با نتایج حاصله از این تحقیق همخوانی دارد. در مطالعه انجام شده توسط **واتفی و جلائی اسفندآبادی (۱۳۹۵)**، که به ارزیابی اثر سرریز فناوری بر انتشار دی اکسید کربن با استفاده از الگوهای تقاضای واردات کالاهای واسطه‌ای و کالاهای سرمایه‌ای پرداخته‌اند نشان می‌دهند اثر مثبت و معناداری سرریز فناوری بر انتشار گاردی اکسید کربن دارد که با نتایج این مقاله غیر همسو است.

با توجه یافته‌های این تحقیق پیشنهاد می‌گردد توجه شود ورود هر نوع فناوری به کشور چه اثراتی می‌تواند در کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدت بر اقتصاد و محیط زیست داشته باشد بطور کلی با بررسی این موارد تصمیم گرفته شود که آیا یک کالا در داخل کشور تولید شود یا بصورت واردات از سایر کشورها وارد گردد. با توجه به آثار مثبتی که آزادسازی تجاری می‌تواند بر کاهش انتشار کربن، کاهش تورم و کاهش تقاضای انرژی داشته باشد توصیه می‌شود در خصوص واردات کالاهای واسطه‌ای با فناوری بالا و برخی کالاهای مصرفی سیاست گذاران راهکارهای سیاستی مناسبی را در پیش بگیرند. فناوری قدیمی تولید در ایران باعث تشدید آلودگی‌های زیست محیطی و کاهش رقابت پذیری و همچنین از دست دادن تدریجی بسیاری از بازارهای جهانی گردیده است که به عنوان یک عامل مهم منجر به کاهش انگیزه در جهت سرمایه‌گذاری در ارتقاء فناوری در کشور شده است. بنابراین مدیریت و ارتقاء فناوری بایستی به عنوان یک راهکار اصلی و تعیین کننده در اولویت سیاست گذاری کشور به منظور تحقق رشد اقتصادی باشد. با توجه به جایگاه نظام نوآوری در ارتقاء فناوری تولید و تقویت اقتصاد دانش بنیان پیشنهاد می‌گردد برنامه‌های اجرایی و عملیاتی ویژه‌ای در دولت به منظور بهبود نظام نوآوری کشور تنظیم و اجرا گردد.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه پیام‌نور به خاطر حمایت معنوی در اجرای پژوهش حاضر تقدیر به عمل می‌آید.

منابع

اخباری، رضا؛ جلائی اسفندآبادی، سید عبدالمجید؛ نجاتی، مهدی و جوادی‌نیا، مینا (۱۴۰۰). بررسی تأثیر موافقت‌نامه‌های بین‌المللی بر کیفیت محیط زیست از کانال سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی با رهیافت الگوی CGE: مطالعه موردی توافق برجام. *تحقیقات اقتصادی*، ۵۴(۴)، ۷۸۷-۸۱۹. https://jte.ut.ac.ir/article_74162.html

اسکندری نسب، عاطفه؛ زارع مهرجردی، محمدرضا و جلائی، سید عبدالمجید (۱۴۰۰). تأثیر سرریزهای فناوری بر آلودگی محیط زیست با رهیافت مدل تخریب. *اقتصاد مقداری*، مقالات آماده انتشار پذیرفته شده، انتشار برخط از تاریخ ۲۸ بهمن ۱۴۰۰. https://jqe.scu.ac.ir/article_17359.html

- اکبری مقدم، بیت‌الله (۱۳۸۸). تعادل عمومی محاسبه‌پذیر (یک فرم استاندارد). قزوین: دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین، چاپ دوم.
- امینی، علیرضا؛ ریسمانچی، هستی و فرهادی کیا، علیرضا (۱۳۸۹). تحلیل نقش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) در ارتقای بهره‌وری کل عوامل (TFP)؛ یک تحلیل داده‌های تابلویی بین‌کشوری. *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۱۴(۴۳)، ۵۵-۸۰. https://ijer.atu.ac.ir/article_3447.html
- آذربایجانی، کریم؛ شهیدی، آمنه و محمدی، فرزانه (۱۳۸۷). بررسی ارتباط بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، تجارت و رشد در چارچوب یک الگوی خود توضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL). *پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، ۹(۲)، ۱-۱۷. <https://ecor.modares.ac.ir/article-18-11567-1-17-1> [fa.html](https://ecor.modares.ac.ir/article-18-11567-1-17-1)
- آشنا، ملیحه و حسین‌آبادی، سعید (۱۳۹۹). ارزیابی عوامل مؤثر بر تغییرات انتشار دی‌اکسید کربن در ایران با تأکید بر نقش شهرنشینی؛ روش تحلیل تجزیه. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۹(۲)، ۱۶۳-۱۴۵. https://geoeh.um.ac.ir/article_34295.html
- برفیشتر، ماری (۱۳۹۲). مقدمه‌ای بر مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه. ترجمه فاطمه بزازان و مریم سلیمانی موحد، تهران: نشرنی، چاپ اول.
- بنی‌اسدی، مصطفی؛ جلالی اسفندآبادی، سید عبدالمجید (۱۳۹۵). تحلیل اثر سرریزهای فناوری بر رشد بهره‌وری کل عوامل بخش کشاورزی ایران. *اقتصاد و توسعه کشاورزی*، ۳۰(۲)، ۱۱۷-۱۲۶. https://jead.um.ac.ir/article_33840.html
- بهمنی، مجتبی؛ حسن‌خانی، معصومه و شکیبایی، علیرضا (۱۳۹۶). ارزیابی تأثیر سرریز فناوری ناشی از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر بهره‌وری نیروی کار در صنایع کارخانه‌ای ایران. *پژوهش‌های اقتصاد صنعتی*، ۱(۲)، ۸۷-۱۰۰. https://indeco.journals.pnu.ac.ir/article_7071.html
- پورمتقی‌آلمانی، صفیه؛ شاه‌آبادی، ابوالفضل و مهرگان، نادر (۱۴۰۱). تأثیر جهانی‌شدن و جذب سرریز فناوری بر تاب‌آوری اقتصادی. *مطالعات و سیاست‌های اقتصادی*، ۱۹(۱)، ۷-۳۶. https://economic.mofidu.ac.ir/article_251941.html
- خسروی، مهدی؛ صادقی بشرآبادی، علی؛ نگارچی، سمانه و جلالی، سید عبدالمجید (۱۳۹۴). سرریزهای تکنولوژی و اثرپذیری صادرات محصولات کشاورزی ایران (کاربرد روش‌های الگوریتم ژنتیک (GA) و مدل تصحیح خطای برداری (VECM)). *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۲۳(۴)، ۹۱-۶۱. http://aead.agri-peri.ac.ir/article_59013.html
- دامن‌کشیده، مرجان؛ صیامی عراقی، ابراهیم؛ شعبانی صدر پشته، مرجان و فهیمی‌فر، فاطمه (۱۳۹۴). تأثیر سرریز دانش داخلی و بین‌المللی بر رشد اقتصادی: مطالعه موردی کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته. *مطالعات تجربی اقتصاد ایران*، ۱(۲)، ۹۱-۱۱۴. https://iues.ilam.ac.ir/article_18079.html
- درگاهی، حسن و بهرامی غلامی، مینا (۱۳۹۰). عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در اقتصادهای منتخب کشورهای صنعتی و کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) و توصیه‌های سیاستی برای ایران: رویکرد داده‌های پانل. *اقتصاد انرژی ایران*، ۱(۱)، ۷۳-۹۹. https://jjee.atu.ac.ir/article_2753.html
- روزبهنائی، مرضیه؛ سهیلی، کیومرث و فتاحی، شهرام (۱۳۹۸). بررسی تأثیر سرریزهای سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر همگرایی شدت انرژی در استان‌های ایران. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۹(۳۳)، ۹۳-۱۱۹. https://jjee.atu.ac.ir/article_13086.html
- سلیم، علی؛ رضوی، محمدرضا؛ رادفر، رضا؛ غفاری، فرهاد و افشاری مفرد، مسعود (۱۳۹۷). بررسی تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر سرریز فناوری به شرکت‌های سرمایه‌پذیر ایرانی. *سیاست علم و فناوری*، ۱۱(۲)، ۴۷-۵۶. https://jstp.nrisp.ac.ir/article_13007.html
- شافعی، سیما؛ زارع مهرجردی، محمدرضا و مهرابی بشرآبادی، حسین (۱۳۹۵). بررسی اثر سرریزهای فناوری بر رشد تولید سبز کشورهای منتخب در حال توسعه قاره آسیا. *اقتصاد کشاورزی*، ۱۰(۳)، ۱۷۵-۱۹۳. https://www.iranianjae.ir/article_21001.html?lang=fa
- شاه‌آبادی ابوالفضل، ولی‌نیا، سیدآرش و انصاری، زهرا (۱۳۹۱). تأثیر سرریز فناوری ناشی از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر عملکرد بخش صنعت. *رشد فناوری*، ۹(۳۳)، ۱-۱۰. <http://www.roshdefanavari.ir/Article/20066/FullText>
- شکیبایی، علیرضا؛ سعیدی، مهسا و نجاتی، مهدی (۱۳۹۴). بررسی اثر آزادسازی تجاری بر محیط زیست: با استفاده از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه چندمنطقه‌ای. *اولین کنفرانس بین‌المللی اقتصاد، مدیریت، حسابداری، علوم اجتماعی، مشهد*. <https://civilica.com/doc/523065>
- صادقی، سیدکمال و ابراهیمی، سعید (۱۳۹۲). تأثیر توسعه مالی، تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی بر آلودگی محیط‌زیست در ایران رهیافت ARDL. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۲(۷)، ۴۳-۷۳. https://jjee.atu.ac.ir/article_752.html?lang=fa
- فاضلی، زهرا و خداپرست پیرسرای، یونس (۱۳۹۸). ارزیابی اثرات پیچیدگی صادراتی کالا و آزادی اقتصادی بر رشد اقتصادی منتخبی از کشورهای صادرکننده نفت. *پژوهشنامه اقتصادی*، ۱۹(۷۵)، ۱۸۹-۱۴۹. https://joer.atu.ac.ir/article_11634.html

- فرجادی، غلامعلی و لعلی محمدرضا (۱۳۷۶). تأثیر واردات کالاهای سرمایه‌ای و واسطه‌ای بر رشد اقتصادی ایران. *پژوهشنامه بازرگانی*، ۱، ۱-۲۸
<https://sid.ir/paper/422789/fa>
- قادری، سامان؛ احمدزاده، خالد و صیادی، سارا (۱۳۹۹). ارزیابی اثرات سرریز انباشت تحقیق و توسعه بر تجارت درون‌صنعت افقی و عمودی در صنایع کارخانه‌ای ایران. *اقتصاد و تجارت نوین*، ۱۵(۴)، ۱۳۹-۱۰۴
https://jnet.ihcs.ac.ir/article_6307.html?lang=fa
- کاردننه، مانوئل آلخاندرو؛ گرا، آنا ایسابل و سانچو، فران (۱۳۹۵). تعادل عمومی کاربردی. ترجمه مرتضی مظاهری ماری و بهنام امین رستم‌کلایی، تهران: نشر آماره، چاپ اول.
- لطفی، امیر و عامری، عبدالعلی (۱۳۸۴). ارائه مدل تحلیلی عوامل مؤثر بر سرریز فناوری. *مدیرساز*، ۱۶، ۹۸-۹۰
<https://ensani.ir/file/download/article/20101105191312-6.pdf>
- مرزبان، حسین و نجاتی، مهدی (۱۳۸۹). اثر سرریز سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و نقش قابلیت جذب بنگاه‌های داخلی در بخش صنعت: مورد ایران (۱۳۷۶-۱۳۸۶). *تحقیقات اقتصادی*، ۴۷(۴)، ۲۱۹-۲۰۱
https://jte.ut.ac.ir/article_30200.html?lang=fa
- منظور، داوود و حقیقی، ایمان (۱۳۹۵). الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر و کاربرد آن در تحلیل سیاست‌های انرژی. تهران: مؤسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی. چاپ اول.
- مهرابی بشرآبادی، جلائی اسفندآبادی، سیدعبدالمجید؛ باغستانی، علی اکبر و شرافتمند، حبیبه (۱۳۸۹). تأثیر آزادسازی تجاری بر آلودگی محیط زیست در ایران. *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۲-۴۱(۱)، ۱۹-۱۱
https://ijaedr.ut.ac.ir/article_21564.html
- نجاتی، مهدی و اکبری فرد، حسین (۱۳۹۷). ارزیابی اثرات سرریز فناوری حاصل از صادرات بر بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش صنعت: مورد ایران. *اقتصاد و تجارت نوین*، ۱۳(۱)، ۱۶۶-۱۴۱
https://jnet.ihcs.ac.ir/article_3061.html
- واثقی، الهه و جلائی اسفندآبادی، سیدعبدالمجید (۱۳۹۵). بررسی اثر سرریزهای فناوری بر انتشار گاز CO₂ در ایران. *علوم محیطی*، ۱۴(۱)، ۱۲۴-۱۱۷
https://envs.sbu.ac.ir/article_97659.html

References

- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A growth model through creative destruction. *Econometrica*, 60(2), 325-351
<https://www.jstor.org/stable/2951599>.
- Akbari Moghadam, B. (2009). Computable general balance (a standard form). Qazvin: Qazvin Branch Islamic Azad University, Second edition [In Persian].
- Akhbari, R., Jalaee Esfandabadi, S.A., Nejati, M., & Javadinia, M. (2019). Investigating the effect of international agreements on the quality of the environment from the foreign direct investment channel with the CGE model approach: Case of JCPOA. *Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, 54(4), 787-819
https://jte.ut.ac.ir/article_74162.html?lang=en [In Persian].
- Amann, E., & Virmani, S. (2015). Foreign direct investment and reverse technology spillovers: The effect on total factor productivity. *OECD Journal: Economic Studies*, 2014(1), 129-153
https://doi.org/10.1787/eco_studies-2014-5jxx56vcxn0n.
- Amini, A., Rismanchy, H., & Farhadi Kia, A. (2010). Contribution of FDI to TFP: A cross country panel data estimation. *Iranian Journal of Economic Research*, 14(43), 55-80
https://ijer.atu.ac.ir/article_3447.html?lang=en [In Persian].
- Anselin, L., Varga, A., & Acs, Z. (1997). Local Geographic Spillovers between University Research and High Technology Innovations. *Journal of Urban Economics*, 42, 422-448
<https://doi.org/10.1006/juec.1997.2032>.
- Ashena, M., & Hossein Abadi, S. (2020). Factors influencing CO₂ emission changes in Iran with emphasis on the role of urbanization; A decomposition analysis. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 9(2), 145-163
https://geoeh.um.ac.ir/article_34295.html?lang=en [In Persian].
- Autant-Bernard, C., & LeSage, J.P. (2011). Quantifying knowledge spillovers using spatial econometric models. *Journal of regional Science*, 51(3), 471-496
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2010.00705.x>.
- Azarbaijani, K., Shahidi, A., & Mohammadi, F. (1387). Investigating the relationship between foreign direct investment, trade and growth in the framework of an auto-explanatory model with extended lags (ARDL). *Economic Research (Sustainable Growth and Development)*, 9(2), 1-17
<https://ecor.modares.ac.ir/article-18-11567-fa.html> [In Persian].

- Bahmani, M., Hasankhani, M., & Shakibae, A. (2017). Evaluation the FDI spillover effects on labor productivity in Iran's manufacturing sector. *Journal of Industrial Economy*, 1(2), 87-100 https://indeco.journals.pnu.ac.ir/article_7071.html?lang=en [In Persian].
- Baniasadi, M., & Jalae Esfandabadi, S. (2016). Analysis the impact of technology spillovers on total factor productivity of agricultural sector in Iran. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 30(2), 117-126 https://jead.um.ac.ir/article_33840.html?lang=en [In Persian].
- Berfischer, M. (2012). An introduction to computable general equilibrium models. Translated by Fatemeh Bazazan and Maryam Soleimani Mowahed, Tehran: Nashrani, First edition [In Persian].
- Bernstein, J.I., & Mohnen, P. (1998). International R&D spillovers between US and Japanese R&D intensive sectors. *Journal of International Economics*, 44(2), 315-338 [https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(97\)00026-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1996(97)00026-3).
- Burniaux, J.M. (2002). GTAP-E: An energy-environmental version of the GTAP model [electronic resource]/J. M. Burniaux, TP Truong.-GTAP Technical Paper, 16, https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=923.
- Cardenete, M.A., Guerra, A.I., Sancho, F. (2016). Applied general equilibrium. Translated by Morteza Mazaheri Marbari and Behnam Amin Rostamkalai, Tehran: Amareh Publishing House, first edition [In Persian].
- Damankashideh, M., Siyamiaraghi, E., Ahabani Sadrposhteh, M., & Fahimifar, F. (2016). The effect of domestic and international knowledge spillover on economic growth: a case study of developing and developed countries. *Economic Policies*, 1(2), 91-114 https://iues.ilam.ac.ir/article_18079.html?lang=en [In Persian].
- Dargahi, H., & Bahrami Gholami, M. (2011). The GHGs emissions determinants in selected OECD and OPEC countries and the policy implications for Iran: (Panel data approach). *Iranian Energy Economics*, 1(1), 73-99 https://jieee.atu.ac.ir/article_2753.html?lang=en [In Persian].
- Doruk, Ö.T. (2015). Intra industry trade and R&D intensity: An empirical assessment for Turkey. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 210, 52-57 <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.328>.
- Eskandari Nasab, A., Zare Mehrjerdi, M.R., & Jalae, A. (2022). The effects of technology overflow on life environment pollution with the demolition model. *Quarterly Journal of Quantitative Economics*, Accepted Manuscript Available Online from 17 February 2022 https://jqe.scu.ac.ir/article_17359.html?lang=en [In Persian].
- Farjadi, Gh.A., & Laali, M.R. (1998). The effect of the import of capital and intermediate goods on Iran's economic growth. *Iranian Journal of Trade Studies*, 1, 1-28 <https://sid.ir/paper/422789/fa> [In Persian].
- Fazeli, Z., & Khodaparast Pirsarayi, Y. (2019). The effects of exports sophistication and economic freedom on economic growth in select oil-exporting countries. *Economics Research*, 19(75), 149-189 https://joer.atu.ac.ir/article_11634.html [In Persian].
- Ghaderi, S., Ahmadzadeh, K., & Sayadi, S. (2020). Investigating the spillover effects of research and development on horizontal and vertical intra-industry trade in Iran's manufacturing industries. *New Economy and Trad*, 15(4), 109-134 https://jnet.ihcs.ac.ir/article_6307.html?lang=en [In Persian].
- Grossman, G.M., & Helpman, E. (1991). Trade, knowledge spillovers and growth. *European Economic Review*, 35, 517-526 [https://doi.org/10.1016/0014-2921\(91\)90153-A](https://doi.org/10.1016/0014-2921(91)90153-A).
- Hall, J., & Scobie, G. M. (2006). The role of R&D in productivity growth: The case of agriculture in New Zealand: 1927 to 2001 (No. 06/01). *New Zealand treasury working paper*, <https://ideas.repec.org/p/nzt/nztwps/06-01.html>.
- Hertel, T.W. (1997). Global trade analysis: Modeling and applications. Cambridge, MA, Cambridge University Press <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/uploads/resources/download/7685.pdf>.
- Jones, C.I. (1995). R&D-based models of economic growth. *Journal of Political Economy*, 103(4), 759-784 <https://www.jstor.org/stable/2138581>.
- Khodeir, A.N. (2017). Intra-trade in Arab manufacturing industries as a determinant of the technological progress. *Arab Economic and Business Journal*, 12(1), 1-12 <https://doi.org/10.1016/j.aebj.2017.04.004>.
- Khosravi, M., Sadeghi Boshroabadi, A., Negarchi, S., & Jalae, S. (2016). The Effect of Technology Spillovers on Iran's Agricultural Products Export (Usage of GA and VECM Models). *Agricultural Economics and Development*, 23(4), 61-91 http://aead.agri-peri.ac.ir/article_59013.html?lang=en [In Persian].
- Lin, M.J., Hung, S.W., & Chen, C.J. (2009). Fostering the determinants of knowledge sharing in professional virtual communities. *Computers in Human Behavior*, 25, 929-939 DOI: [10.1016/j.chb.2009.03.008](https://doi.org/10.1016/j.chb.2009.03.008).

- Lotfi, A., & Ameri, A.A. (2004). Presenting an analytical model of factors affecting micro technology. *Manager*, 16, 98-90 <https://ensani.ir/file/download/article/20101105191312-6.pdf> [In Persian].
- Manzoor, D., & Haghighi, I. (2015). Computable general equilibrium model and its application in the analysis of energy policies. Tehran: Higher institute of management and planning education and research, First edition [In Persian].
- Marzban, H., & Nejati, M. (2013). Spillover effects of FDI and absorptive capacity of Iranian industrial domestic firms (1997-2007). *Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, 47(4), 201-219 https://jte.ut.ac.ir/article_30200.html [In Persian].
- Mehrabi Bosharabadi, H., Jalaee Esfandabadi, S.A., Baghestani, A.A., & Sherafatmand, H. (2010). Impact of trade liberalization on environment pollution in Iran. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 41-2(1), 11-19 https://ijaedr.ut.ac.ir/article_21564.html?lang=en [In Persian].
- Moreno, R., Paci, R., & Usai, S. (2005). Spatial spillovers and innovation activity in European regions. *Environment and planning A*, 37(10), 1793-1812 <https://doi.org/10.1068/a37341>.
- Nejati, M., & Akbarifard, H. (2018). Spillover effects of exports in manufacturing industries sector: The case of Iran. *New Economy and Trad*, 13(1), 141-166 https://jnet.ihecs.ac.ir/article_3061.html?lang=en [In Persian].
- Nijkamp, P., Wang, S., & Kremers, H. (2005). Modeling the impacts of international climate change policies in a CGE context: The use of the GTAP-E model. *Economic Modelling*, 22(6), 955-974 <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2005.06.001>.
- Osei, M.J., & Kim, J. (2020). Foreign direct investment and economic growth: Is more financial development better? *Economic Modelling*, 93, 154-161 <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.07.009>.
- Pourmottaghi Almany, S., Shahabadi, A., & Mehregan, N. (2022). The effect of the technology foreign spillover and globalization on economic resilience. *The Journal of Economic Studies and Policies*, 9(1), 7-36 https://economic.mofidu.ac.ir/article_251941.html?lang=en [In Persian].
- Romer, P.M (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 5(2), 71-102 <https://www.jstor.org/stable/2937632>.
- Roobahani, M., Sohaili, K., & Fattahi, S. (2019). Effect of Spillovers of foreign direct investment on energy intensity convergence in provinces of Iran. *Iranian Energy Economics*, 9(33), 93-119 https://jieee.atu.ac.ir/article_13086.html [In Persian].
- Sadegi, S.K., & Ebrahimi, S. (2013). Impact of coal consumption on carbon dioxide emissions in Iran. *Iranian Energy Economics*, 2(7), 43-73 https://jieee.atu.ac.ir/article_752.html?lang=en [In Persian].
- Salim, A., Razavi, M.R., Radfar, R., Ghaffari, F., & Afshari-Mofrad, M. (2018). Assessing the effects of foreign direct investment on technology spillovers to subsidiaries in Iran. *Journal of Science and Technology Policy*, 11(2), 47-56 https://jstp.nrisp.ac.ir/article_13007.html?lang=en [In Persian].
- Shafei, S., Zare Mehrjerdi, M.R., & Mehrabi Bosharabadi, H. (2016). The effect spillovers of technology on growth of green GDP of selected in developing countries in Asia. *Agricultural Economics*, 10(3), 175-193 https://www.iranianjae.ir/article_21001.html?lang=en [In Persian].
- Shahabadi, A., Valinia, S.A., & Ansari, Z. (2013). The effects of technology spillover resulted from foreign direct investment on the industry performance. *Roshd -e- Fanavari*, 33(9), 1-10 <http://www.roshdefanavari.ir/en/Article/20066/FullText> [In Persian].
- Shakibaei, A., Saeedi, M., & Nejati, M. (2014). Investigating the effect of trade liberalization on the environment: using a multi-region computable general equilibrium model. *The First International Conference on Economics, Management, Accounting, Social Sciences*, Mashhad, <https://civilica.com/doc/523065> [In Persian].
- Stergiou, E., & Kounetas, K.E. (2021). Eco-efficiency convergence and technology spillovers of European industries. *Journal of Environmental Management*, 283, 111972 DOI: [10.1016/j.jenvman.2021.111972](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111972).
- Tamizi, A. (2016). Determinants of CO2 emissions in developing countries using Bayesian econometric approach. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 2(4), 145-168 <https://ideas.repec.org/a/ris/qjatoe/0030.html>.
- Vaseghi, E., & Jalaee Esfandabadi, S.A. (2016). The effect of technology overflows on CO2 emissions in Iran. *Environmental Sciences*, 14(1), 117-124 https://envs.sbu.ac.ir/article_97659.html?lang=en [In Persian].