

Analyzing the Impact of Foreign Direct Investment on Carbon Emission Using the Computable General Equilibrium Approach

*Seyed Jalal Tohidi

PhD Candidate in International Economics, Shahid Bahonar University of Kerman

Email: j.tohidi@aem.uk.ac.ir | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6003-1042>

Hossein Akbarifard

Associate Professor of Economics, Shahid Bahonar University of Kerman

Email: Hakbarifard@uk.ac.ir | ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1378-1179>

Alireza Hassanzadeh-Jozdani

Assistant Professor of Economics, Shahid Bahonar University of Kerman

Email: A.hassanzadeh@uk.ac.ir | ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0276-3055>

Seyed Abdolmajid Jalaee Esfandabadi

Professor of Economics, Shahid Bahonar University of Kerman

Email: Jalaee@uk.ac.ir | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8154-9123>

Corresponding Author: Seyed Jalal Tohidi,

Address: Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

Email: j.tohidi@aem.uk.ac.ir

Tell: 09132998311

Abstract

Rapid economic growth and increased foreign direct investment in various countries have raised concerns about the environmental consequences of this trend. In this study, two opposing theories on the environmental effects of FDI are examined. First, the "pollution haven" theory, which states that developed countries transfer their polluting industries to developing countries with more lax environmental laws, thereby reducing the quality of the environment in these countries. Second, the "pollution halo" theory, which believes that the inflow of foreign direct investment can help improve the quality of the environment in developing countries and reduce the emission of pollutants through the transfer of cleaner technologies and increased productivity. In order to evaluate these theories, the computable general equilibrium model and the GTAP 11 database, which includes a comprehensive set of global economic data such as international input-output tables, trade, macroeconomic and energy data, are used. In this study, the impact of foreign direct investment from OECD member countries on carbon emissions in Iran, other members of the Shanghai Cooperation Organization, OECD countries, and other parts of the world has been examined. For this purpose, two shock scenarios of 20% and 100% increase in FDI have been designed and their effects on carbon emissions have been compared. The research findings confirm "pollution haven" and show that in countries with weaker environmental laws, including Iran, an increase in FDI increases carbon emissions proportionally, because polluting industries are attracted to these countries due to less costs and lower legal restrictions. In contrast, in OECD countries that have stricter environmental standards, an increase in FDI has been associated with a relative decrease in carbon emissions, which indicates the attraction of investment in less polluting industries. The results of this study emphasize the importance of adopting appropriate policies in countries receiving FDI; In a way that, policymakers in these countries, should attract investments with more advanced technologies and lower pollution by developing effective environmental regulations and providing appropriate platforms, to prevent them from becoming "pollution havens".

Key Words: Pollution Halo, Pollution Haven, OECD and Shanghai countries, Computable General Equilibrium

JEL Classification: C68 ,F21 ,Q43 ,Q53

Extended abstract

1.Introduction

Foreign Direct Investment (FDI) is a key driver of economic growth, facilitating capital accumulation, technology transfer, and productivity improvements. However, its environmental consequences remain contested, particularly regarding the Pollution Haven Hypothesis and the Pollution Halo Hypothesis. The Pollution Haven Hypothesis posits that multinational corporations shift pollution-intensive industries to countries with lax environmental regulations, leading to increased carbon emissions. Conversely, the Pollution Halo Hypothesis suggests that FDI promotes cleaner technologies and sustainable practices, reducing environmental harm. This study empirically evaluates these hypotheses by examining the relationship between FDI and carbon emissions across Iran, Shanghai (China), OECD countries, and the rest of the world.

2.Method

Using a Computable General Equilibrium (CGE) model based on GTAP 11 and its environmental extension, GTAP-E, this study analyzes the global distribution of FDI, emissions, and energy consumption. The GEMPACK software is used to implement the model, and the GTAP 11 dataset, covering 158 countries

with 2017 data, provides a robust empirical foundation. Energy sources are categorized into electricity, gas, coal, oil, and petroleum products to offer a granular understanding of sectoral consumption trends.

To assess the impact of FDI on carbon emissions, two investment shock scenarios are introduced:

1. A 20% increase in FDI, reflecting normal investment growth patterns.
2. A 100% increase in FDI, representing an optimistic scenario driven by structural reforms aimed at attracting higher investment inflows.

3.Key Findings

The results strongly support the Pollution Haven Hypothesis. As FDI increases, carbon emissions rise at different rates across the studied regions: Iran experiences the highest proportional increase in emissions, as FDI inflows are concentrated in pollution-intensive industries such as oil and gas. The linear relationship between investment growth and emissions indicates the absence of effective environmental policies to mitigate the negative impacts of industrial expansion. Shanghai shows a moderate increase in emissions, suggesting that while environmental regulations have improved, the presence of energy-intensive industries still contributes to pollution. However, technological spillovers from foreign investors partially offset the negative effects. The rest of the world (excluding Iran, Shanghai, and OECD) experiences a relatively declining marginal increase in emissions, indicating that some developing economies may be adopting stricter environmental policies or receiving cleaner forms of FDI. OECD countries experience the smallest increase in emissions, reflecting the role of advanced environmental regulations and cleaner technologies in mitigating the environmental impact of investment.

These findings confirm that countries with weaker environmental regulations are more susceptible to becoming pollution havens. Structural economic differences across these country groups influence how FDI interacts with domestic industries, affecting pollution intensity.

Energy Consumption Trends : The study also examines how FDI-driven investment affects sectoral energy consumption. The findings indicate that energy consumption increases across the industrial, agricultural, and service sectors, with Iran, Shanghai, the rest of the world, and OECD countries experiencing the highest relative growth, respectively. Regarding energy sources, Iran and Shanghai rely heavily on fossil fuels (oil, gas, and coal), whereas OECD countries and some other developing economies demonstrate a higher share of electricity and renewable energy sources, reflecting a transition toward cleaner energy systems.

4.Results and discussion

The study highlights the critical role of environmental policy in shaping the impact of FDI on carbon emissions. Countries with weaker environmental governance, such as Iran and some developing economies, face the greatest risk of increased pollution due to foreign investment. These countries must implement more stringent environmental policies to prevent excessive emissions while still leveraging FDI for economic growth. The findings underscore the need for global cooperation in addressing the environmental consequences of FDI. Developed nations and international organizations should provide: Financial and technological support to help developing countries adopt cleaner production methods. Stronger regulatory frameworks to ensure that FDI does not disproportionately contribute to environmental degradation. Incentives for multinational corporations to engage in sustainable investment practices. Global environmental agreements such as the Kyoto Protocol, the Paris Agreement, and COP29 are essential in fostering international collaboration. These agreements encourage countries to commit to emission reduction targets, promote clean energy transitions, and participate in global carbon trading mechanisms.

At the national level, governments in developing economies should: Introduce carbon pricing mechanisms, such as carbon taxes or cap-and-trade systems, to internalize the environmental costs of pollution.

Strengthen industrial energy efficiency standards to reduce the carbon footprint of FDI-driven activities. Promote investment in renewable energy sectors to gradually shift away from fossil fuel dependence.

5. Conclusion

This study provides empirical evidence supporting the Pollution Haven Hypothesis, demonstrating that FDI significantly increases carbon emissions in countries with weaker environmental regulations, such as Iran and Shanghai, while having a less pronounced impact in OECD economies. The findings also reveal that energy consumption patterns vary across regions, with developing countries experiencing higher reliance on fossil fuels, whereas advanced economies shift toward cleaner energy sources. Given the urgency of climate change, a balanced approach to FDI attraction and environmental sustainability is necessary. Developing nations should implement stricter environmental regulations to mitigate FDI-induced pollution, while developed economies and international institutions must facilitate financial and technological assistance to ensure cleaner industrial growth. Strengthening the implementation of global climate agreements will be crucial in ensuring that FDI contributes to both economic development and environmental sustainability. By analyzing the differentiated impacts of FDI on emissions and energy consumption, this study contributes to the broader literature on environmental economics and international investment policy. Future research could explore longitudinal effects of FDI on emissions, incorporate firm-level data on pollution intensity, and assess the effectiveness of policy interventions in mitigating FDI-driven carbon emissions.

- **Funding:** There is no funding support.
- **Conflict of interest:** Authors declared no conflict of interest.
- **Authors' contributions:** Authors contributed to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.
- **Acknowledgments:** The authors express their gratitude to the journal officials and referees.

تحلیل تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار کربن با استفاده از رویکرد تعادل عمومی قابل محاسبه

*نویسنده مسئول: سیدجلال توحیدی، دانشجوی دکتری اقتصاد بین‌الملل دانشگاه شهید باهنر کرمان،

j.tohidi@aem.uk.ac.ir [ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6003-1042>]

نویسنده دوم: حسین اکبری‌فرد، دانشیار بخش اقتصاد دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان،

Hakbarifard@uk.ac.ir [ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1378-1179>]

نویسنده سوم: علیرضا حسن‌زاده‌جزدانی، استادیار بخش اقتصاد دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان،

A.hassanzadeh@uk.ac.ir [ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0276-3055>]

نویسنده چهارم: سیدعالمجید جلائی اسفندآبادی، استاد بخش اقتصاد دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان،

Jalaei@uk.ac.ir [ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8154-9123>]

چکیده

رشد سریع اقتصادی و افزایش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کشورهای مختلف، نگرانی‌هایی را در خصوص پیامدهای محیط زیستی این روند ایجاد کرده است. در این مطالعه، دو نظریه متضاد در زمینه اثرات محیط زیستی جذب FDI بررسی می‌شود. نظریه «پناهگاه آلودگی» که بیان می‌کند کشورهای توسعه‌یافته صنایع آلاینده خود را به کشورهای در حال توسعه با قوانین محیط زیستی سهل‌گیرانه‌تر منتقل می‌کنند و در نتیجه موجب کاهش کیفیت محیط زیست در این کشورها می‌شوند. دوم، نظریه «هاله آلودگی» که بر این باور است که ورود سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌تواند از طریق انتقال فناوری‌های پاک‌تر و افزایش بهره‌وری، به بهبود کیفیت محیط زیست در کشورهای در حال توسعه کمک کند و میزان انتشار آلاینده‌ها را کاهش دهد. به منظور ارزیابی این نظریات، از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه و پایگاه داده GTAP ۱۱ که شامل مجموعه‌ای جامع از داده‌های اقتصادی جهانی همچون جداول ورودی-خروجی بین‌المللی، داده‌های تجاری، اقتصاد کلان و انرژی می‌باشد، بهره گرفته شده است. در این پژوهش، تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از سوی کشورهای عضو OECD بر میزان انتشار کربن در ایران، سایر اعضای سازمان همکاری‌های شانگهای، کشورهای OECD و سایر نقاط جهان مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور، دو سناریوی شوک ۲۰ درصدی و ۱۰۰ درصدی افزایش FDI طراحی شده و تأثیرات آن بر انتشار کربن مقایسه شده است. یافته‌های تحقیق با تأیید فرضیه «پناهگاه آلودگی»، نشان می‌دهد که در کشورهایی با قوانین محیط زیستی ضعیف‌تر، از جمله ایران، افزایش FDI به همان نسبت انتشار کربن را افزایش می‌دهد، زیرا صنایع آلاینده به دلیل هزینه‌ها و محدودیت‌های قانونی کمتر به این کشورها جذب می‌شوند. در مقابل، در کشورهای OECD که دارای استانداردهای محیط زیستی سخت‌گیرانه‌تری هستند، افزایش FDI با کاهش نسبی انتشار کربن همراه بوده است، که بیانگر جذب سرمایه‌گذاری در صنایع کمتر آلاینده است. نتایج این مطالعه بر اهمیت اتخاذ سیاست‌های مناسب در کشورهای پذیرنده FDI تأکید دارد؛ بنحوی که سیاست‌گذاران این کشورها باید با تدوین مقررات محیط زیستی مؤثر و فراهم‌سازی بسترهای مناسب، به جذب سرمایه‌گذاری‌هایی با فناوری‌های پیشرفته‌تر و آلاینده‌گی کمتر بپردازند تا از تبدیل شدن به «پناهگاه آلودگی» جلوگیری کنند.

کلمات کلیدی: پناهگاه آلودگی، هاله آلودگی، کشورهای OECD و شانگهای، مدل تعادل عمومی قابل محاسبه

(۱) مقدمه

یکی از مهم‌ترین مباحث در ادبیات اقتصاد محیط‌زیست و سرمایه‌گذاری بین‌المللی، تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی^۱ (FDI) بر کیفیت محیط زیست کشورهاست. با جهانی‌شدن اقتصاد و افزایش جریان‌های سرمایه میان کشورها، این پرسش مطرح می‌شود که آیا سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به بهبود شرایط محیط زیستی از طریق انتقال فناوری‌های پاک‌تر منجر می‌شود، یا برعکس، سبب افزایش انتشار آلاینده‌ها از طریق انتقال صنایع آلاینده به کشورهایی با استانداردهای محیط زیستی ضعیف‌تر می‌گردد. در این راستا، دو فرضیه متضاد مطرح شده است: فرضیه هاله آلودگی^۲ و فرضیه پناهگاه آلودگی^۳. هر یک از این دو فرضیه پیامدهای متفاوتی برای سیاست‌گذاران و اقتصاددانان محیط‌زیست دارد و می‌تواند درک ما از رابطه بین سرمایه‌گذاری خارجی و کیفیت محیط زیستی را عمیق‌تر کند.

نخست، فرضیه هاله آلودگی؛ این فرضیه بیان می‌کند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌تواند تأثیر مثبتی بر محیط زیست کشور میزبان داشته باشد. این فرضیه مبتنی بر این است که شرکت‌های چندملیتی معمولاً از فناوری‌های پیشرفته‌تر و فرآیندهای تولیدی کارآمدتری نسبت به شرکت‌های داخلی برخوردارند. لذا با بهبود بهره‌وری و کاهش مصرف انرژی موجب کاهش تخریب محیط زیست شوند. در مقابل، فرضیه پناهگاه آلودگی بر این ایده تأکید دارد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی ممکن است منجر به افزایش آلودگی در کشور میزبان شود. این فرضیه بر این مبنا شکل گرفته است که شرکت‌های چندملیتی به دنبال حداکثرسازی سود خود هستند و بنابراین، ممکن است سرمایه‌گذاری‌های خود را به کشورهایی منتقل کنند که دارای قوانین محیط زیستی ضعیف‌تر و هزینه‌های تنظیمی پایین‌تری هستند. این مطالعه تلاش دارد به‌طور تجربی بررسی کند که آیا سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به کاهش انتشار آلاینده‌ها از طریق انتقال فناوری‌های پاک‌تر و ارتقای استانداردهای محیط زیستی منجر می‌شود (فرضیه هاله آلودگی)، یا اینکه سرمایه‌ها به سمت کشورهایی با قوانین سهل‌گیرانه‌تر سوق پیدا می‌کند و موجب افزایش آلودگی در آن‌ها می‌شود (فرضیه پناهگاه آلودگی). نتایج این تحقیق می‌تواند به سیاست‌گذاران در کشورها کمک کند تا سیاست‌هایی را اتخاذ کنند که ضمن جذب سرمایه‌گذاری خارجی برای رشد و توسعه اقتصادی، اثرات منفی محیط زیستی را به حداقل برسانند. برای این منظور به بررسی اثر سرمایه‌گذاری مستقیم توسط کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی^۴ (OECD) در سایر کشورها بر انتشار کربن پرداخته‌ایم. برای انجام این کار با استفاده از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه^۵ (CGE) که نوعی تحلیل مبتنی بر نظریه تعادل عمومی بوده و برای بررسی تأثیر سیاست‌های اقتصادی و تغییرات ساختاری بر اقتصاد یک کشور یا منطقه به کار می‌رود، استفاده شده است. این نوع مدل بر پایه بهینه‌سازی رفتار عاملان اقتصادی و تعادل

1 Foreign direct investment

2 Pollution Halo

3 Pollution haven

4 Organization of cooperation and developement

5 Computable general equilibrium

همزمان در بازارها استوار می‌باشد. لذا امکان ارزیابی اثرات سیاست‌های مالی، تجاری و محیط زیستی را فراهم نموده و به ویژه در تحلیل سیاست‌های توسعه پایدار بکار می‌رود. قابلیت شبیه‌سازی دقیق و انعطاف‌پذیری مدل CGE را به ابزاری پرکاربرد در تصمیم‌گیری‌های اقتصادی و سیاست‌گذاری کلان تبدیل کرده است. ساختار این مطالعه از پنج بخش تشکیل شده است. در ادامه، طی بخش دوم ادبیات موضوع طرح و به مرور برخی مطالعات قبلی در این خصوص پرداخته می‌شود. در بخش سوم مبانی نظری مدل تحقیق مشخص و توضیح داده خواهد شد. بخش چهارم شامل توضیحات در خصوص داده‌ها، کالیبراسیون، سناریوها و بخش پنجم به نتیجه‌گیری و بحث در ارتباط با بخش‌های قبل پرداخته خواهد شد.

۲) ادبیات و پیشینه تحقیق

۲-۱) ادبیات

گسترش مصرف انرژی و احتراق سوخت‌های فسیلی در جهت رشد اقتصادی، باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای از جمله دی‌اکسید و منوکسید کربن و بخار آب در جهان شده است. این گازها باعث اثر گلخانه‌ای در جو می‌شوند. گازهای گلخانه‌ای می‌توانند تا مدت زیادی حرارت را در خود نگه دارند. امروزه اضافه شدن بیش از حد گازهای گلخانه‌ای به جو زمین، باعث افزایش دمای زمین شده است. چنانچه بررسی‌های جهانی نشان می‌دهد در ۲ دهه اخیر میانگین دمای زمین ۱ درجه سانتی گراد افزایش یافته است^۶. این تغییرات باعث دگرگونی‌هایی در شرایط آب و هوایی کشورها شده است. افزایش دما با ذوب نمودن یخ‌های قطبی و همچنین تغییرات آب و هوایی احتمالاً تأثیرات وسیعی بر روی سلامتی بشر و کاهش طول عمر انسان دارد و در مناطق خاصی از زمین، بیماری‌های انسانی گسترش یافته و یا محصولات کشاورزی نابود می‌گردد. با وجود اینکه جنجال‌های سیاسی فراوانی درباره تغییرات آب و هوایی و اقلیمی صورت گرفته، اما دانشمندان به این نتیجه رسیده‌اند که ارتباط مستقیمی میان فعالیت‌های انسان و گرمایش زمین وجود دارد. بیش از ۱۹۷ سازمان علمی بین‌المللی توافق نظر دارند که گرمایش زمین رویدادی حقیقی است و گرم شدن کره زمین تاکنون تأثیرات مخربی داشته است. همین امر موجب شده که بحران‌های زیست محیطی به یکی از مهمترین چالش‌های دولت‌ها تبدیل شود. به همین جهت دولت‌ها می‌کوشند تا با اتخاذ سیاست‌های مناسب بر مشکلات زیست محیطی، از جمله آلودگی ناشی از انتشار گاز کربن دی‌اکسید فائق آیند.

از سوی دیگر در سالهای اخیر با مطرح شدن تئوری‌های جهانی‌سازی، حجم تجارت بین‌الملل و در نتیجه حجم مبادلات تجاری میان واحدهای تجاری وابسته افزایش پیدا کرده است (عرب‌مازار و همکاران، ۱۳۹۳). نقاط نزدیک به دمای بهینه کره زمین همواره مورد توجه بخش‌های اقتصادی بوده و کشورهای دارای این دما همواره در صدر اقتصادهای برتر دنیا هستند. مطابق تحقیقات انجام شده، افزایش حرارت کره زمین، اقتصاد بیش از سه چهارم کشورهای جهان را تحت‌تاثیر خود قرار داده و فاصله میان کشورهای غنی و فقیر را بیش از پیش افزایش می‌دهد.

طبق گزارش منتشر شده در مجله نیچر^۷ در صورت ادامه پیدا کردن افزایش دمای کره زمین به علت انتشار بیش از حد گاز کربن دی اکسید (CO₂) و اثرات گلخانه‌ای، درآمد متوسط جهانی با کاهش ۲۳ درصدی رو به رو خواهد شد. تغییرات آب و هوایی باعث جابه‌جایی عظیم سرمایه و ارزش، از نقاط گرم به نواحی سردتر و خنک‌تر می‌شود. بر این اساس، در دهه‌های اخیر، همگام با افزایش اهمیت چالش‌های محیط زیستی، همه‌ی کشورها تلاش می‌کنند با برنامه‌ریزی صحیح و به کارگیری روش‌های مناسب، نه تنها به اهداف اقتصادی خود دست یابند، بلکه آسیب‌های محیط زیستی ناشی از رشد اقتصادی را نیز به کمترین برسانند؛ بطوریکه انتشار کربن دی اکسید تأثیرگذارترین متغیر بر تخریب محیط زیست تشخیص داده شده است؛ با افزایش یک درصدی در انتشار کربن دی اکسید، تخریب محیط زیست حدود ۲/۲۷ درصد افزایش می‌یابد (امیرنژاد و همکاران، ۱۳۹۴). افزایش توجه و حساسیت‌ها در این خصوص، باعث آشکار شدن تعارضات موجود بین تعهدات محیط زیستی و تعهدات ناشی از معاهدات و موافقت‌نامه‌های سرمایه‌گذاری شد (پورنوری و مخترع، ۱۳۹۱). سیاست‌گذاران اقتصادی در کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه یافته، به دنبال ایجاد راه‌های افزایش رشد اقتصادی و کشورهای توسعه یافته به دنبال راهکارهای جلوگیری از انتشار کربن می‌باشند. به این اختلاف نظر به گونه‌های متفاوت توسط این کشورها پاسخ داده می‌شود. کشورهای توسعه یافته نگران عواقب تغییرات آب و هوایی بوده و کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه یافته نگران جمعیت بیکار و ارتزاق مردم خود می‌باشند. از توجیهات این کشورها (کمتر توسعه یافته و در حال توسعه) این می‌باشد که کشورهای توسعه یافته بعد از کسب ثروت بوسیله انتشار کربن، به فکر محیط زیست افتاده‌اند. اما کشورهای توسعه یافته اعلام می‌دارند مسأله محیط زیست هیچ وقت تا این حد جدی نبوده است.

از سوی دیگر شرکت‌های چندملیتی^۸ (MNC) می‌توانند از فواید تفاوت‌های موجود در قوانین محیط‌زیستی کشورها بهره‌برند. این تفاوت در قوانین باعث انتقال سرمایه‌ها از طرف کشورهای دارای قوانین سخت‌تر به کشورهای نیازمند این سرمایه‌ها می‌شود. زیرا انباشت سرمایه بعنوان یکی از پیش‌نیازهای اساسی فرآیند رشد اقتصادی از منابع داخلی یا خارجی قابل تأمین است. سرمایه‌گذاری مستقیم و غیرمستقیم خارجی بیشتر به وسیله بخش خصوصی و در قالب شرکت‌های چندملیتی صورت می‌گیرد و از آن به عنوان جریان خصوصی سرمایه یاد می‌شود. فواید سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی شامل جذب سرمایه، تکنولوژی، دانش روز، بالا بردن توانایی مدیریت، افزایش اشتغال، بهبود تراز پرداختها و افزایش قدرت رقابت است. البته باید خاطرنشان کرد که ضعف مدیریت و سیاست‌های ناصحیح در زمینه جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌تواند پیامدهای منفی از قبیل ایجاد ساختار بازار انحصاری در بلندمدت، انهدام صنایع با مقیاس تولید کوچک و نیز تشدید بیکاری را به همراه داشته باشد. با توجه به نقش مهم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، کشورها برای جذب این نوع سرمایه تلاش می‌کنند. در واقع بازار جهانی جذب این سرمایه‌ها، بسیار رقابتی است. این رقابت به ویژه میان کشورهای در حال توسعه با توجه به لزوم دستیابی سریع به توسعه و کمبود منابع مالی بیشتر است. اینگونه

7 Nature

8 Multi National Companies

کشورها دنبال جذب انواع سرمایه هستند و بدین منظور تمهیدات گوناگونی برای جذب این نوع سرمایه‌ها به کار می‌برند (شاه‌آبادی، محمودی، ۱۳۸۵). لذا کشورهای کمتر توسعه یافته و در حال توسعه با ایجاد برخی مشوق‌ها از جمله عدم مشارکت در طرح‌های جهانی پیرامون مسائل محیط زیستی اقدام به جذب سرمایه‌گذاری‌های مستقیم خارجی در جهت نیل به اهداف توسعه و رشد اقتصادی می‌نمایند. این امر به ویژه در شرایطی که این کشورها به دنبال تسهیل شرایط برای ورود سرمایه‌گذاران خارجی هستند، مشهود است. همچنین، از آنجا که کشورهای در حال توسعه معمولاً با چالش‌های اقتصادی جدی مانند فقر، بیکاری و نابرابری درآمد مواجه هستند ممکن است تمرکز بیشتری بر روی رشد اقتصادی و ایجاد شغل داشته باشند تا رعایت استانداردهای محیط زیستی. از سوی دیگر بسیاری از این کشورها نیاز به توسعه زیرساخت‌های اساسی دارند که ممکن است با پروژه‌های صنعتی و اقتصادی مرتبط باشد، حتی اگر این پروژه‌ها تأثیرات منفی بر محیط زیست داشته باشند. یکی دیگر از علل این موضوع می‌تواند رقابت در جذب سرمایه‌گذاری خارجی در یک منطقه باشد. لذا در دنیای جهانی‌شده امروز، کشورهای مختلف برای جذب سرمایه‌گذاری رقابت می‌کنند و در این راستا برخی از کشورهای در حال توسعه ممکن است تصمیم بگیرند که با کاهش الزامات محیط زیستی، خود را به عنوان مقصدی جذاب‌تر برای سرمایه‌گذاران معرفی کنند و همچنین صنایع آلاینده‌ای را جذب نمایند که در کشورهای توسعه‌یافته به دلیل قوانین سختگیرانه نمی‌توانند فعالیت کنند. البته کشورهای در حال توسعه معمولاً با کمبود منابع مالی و فناوری برای اجرای استانداردهای محیط زیستی مواجه هستند که می‌تواند ناشی از فقدان منابع مالی کافی برای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک و پایدار، عدم دسترسی به دانش فنی و فناوری‌های نوین برای اجرای مؤثر سیاست‌های محیط زیستی باشد. از طرفی، عدم آگاهی عمومی و سیاسی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، عدم شناخت مسائل محیط زیستی است. لذا نبود فشار اجتماعی برای رعایت استانداردهای محیط زیستی می‌تواند منجر به عدم توجه دولت‌ها به این مسائل شود. برخی سیاستمداران نیز در این کشورها ممکن است ترجیح دهند که بر روی مسائل فوری اقتصادی تمرکز کنند تا مسائل بلندمدت محیط زیستی یک موضوع مهم دیگر که می‌تواند از علل این عدم توجه به مسائل محیط زیستی در این کشورها باشد وابستگی به منابع طبیعی است. بسیاری از کشورهای در حال توسعه وابسته به صنایع استخراجی و کشاورزی هستند که معمولاً تأثیرات منفی بر محیط زیست دارند. این وابستگی می‌تواند شامل: صنعت نفت و گاز بوده بدون توجه کافی به پیامدهای محیط زیستی از منابع فسیلی خود بهره ببرند. در نتیجه، کشورهای در حال توسعه باید تعادلی بین نیاز به جذب سرمایه‌گذاری و حفظ محیط زیست برقرار کنند. مشارکت فعال در توافقات محیط‌زیستی نه تنها می‌تواند به حفاظت از منابع طبیعی کمک کند، بلکه می‌تواند تصویر مثبتی از کشورها در سطح بین‌المللی ایجاد کند و زمینه را برای جذب سرمایه‌گذاری پایدار فراهم آورد.

- پناهگاه آلودگی:

فرضیه پناهگاه آلودگی (والتر و آگلو^۹، ۱۹۷۹) استدلال می‌کند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) می‌تواند منجر به افزایش آلودگی در کشورهای میزبان شود. این فرضیه بر این ایده استوار است که کشورهای توسعه‌یافته با استانداردهای محیط زیستی سختگیرانه‌تر، تمایل دارند تولیدات آلاینده خود را به کشورهایی با قوانین محیط زیستی ضعیف‌تر منتقل کنند (لوینسون و تیلور^{۱۰}، ۲۰۰۸؛ موتا فوگلو^{۱۱}، ۲۰۱۲). به عبارت دیگر، این کشورها از طریق سرمایه‌گذاری مستقیم، آلودگی و خطرات محیط زیستی مرتبط با تولید خود را به کشورهای در حال توسعه صادر می‌کنند، جایی که هزینه انطباق با مقررات محیط زیستی پایین‌تر است. بدین ترتیب، کشورهای در حال توسعه به نوعی "پناهگاهی" برای فعالیتهای آلاینده کشورهای توسعه‌یافته تبدیل می‌شوند.

- هاله آلودگی:

بنابر فرضیه‌ی هاله آلودگی، سرمایه‌گذاری مستقیم کشورهای توسعه یافته تکنولوژی پیشرفته‌تر و با آلاینده‌ی کمتر را به کشورهای در حال توسعه انتقال داده که می‌تواند سبب کاهش انتشار آلاینده‌ها گردد (پائو و تیسای^{۱۲}، ۲۰۱۱). بنابر فرضیه هاله‌ی آلودگی، کشورهایی که قوانین محیط زیستی سخت‌گیرانه‌تر و سازگار با استانداردهای جهانی دارند، اغلب مورد توجه بیشتری برای سرمایه‌گذاری‌های جدید در حوزه‌های سبز و پایدار قرار می‌گیرند. بنابراین، چالش‌های ناشی از فعالیت شرکت‌های چند ملیتی، شرکت‌های محلی را مجبور به ارتقاء فن‌آوری خود، بهبود مدیریت تولید و ارتقاء تولید برای رقابتی شدن تولید و صرفه‌جویی در انرژی می‌نماید (بلین^{۱۳}، ۲۰۰۹).

۲-۲) پیشینه تحقیق

موضوع رابطه بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و آلودگی محیط زیست، برای مدت طولانی مورد بحث بوده است. در برخی مطالعات فرضیه پناهگاه آلودگی، برخی هاله آلودگی، تعدادی اهمیت سایر شرایط یک اقتصاد و برخی دیگر نیز عدم تأیید این دو فرضیه را نتیجه می‌گیرند. لذا در بخش‌های چهارگانه تعدادی از هر کدام از این نمونه‌ها آورده شده‌اند؛

- در قسمت اول به مطالعاتی می‌پردازیم که فرضیه پناهگاه آلودگی را تأیید می‌کنند:

برخورداری و رسولی (۱۴۰۳) بر اساس فرضیه‌های پناهگاه آلودگی و هاله آلودگی و بررسی بهره‌وری انرژی در روسیه، بخشی از محل تلاقی دو موضوع سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و توسعه پایدار را بررسی کرده و با روش سیستماتیک مروری، به این نتیجه می‌رسند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در روسیه از نوع غیر سبز بوده و

9 Walter & Ugelow, 1979

10 Levinson & Tayloe, 2008

11 Mutafoğlu, 2012

12 Pao & Tsai, 2011

13 Blaine, 2009

افزایش آن، رشد آلاینده‌های کربن‌دی‌اکسید، متان و دیگر گازهای گلخانه‌ای را باعث می‌شود که نهایتاً اثبات فرضیه پناهگاه آلودگی و کاهش تحقق شاخص‌های توسعه پایدار را برای این کشور به دنبال دارد.

باک^{۱۴} (۲۰۱۶) رابطه بین FDI، درآمد، مصرف انرژی و انتشار CO₂ در پنج کشور آسه آن را ارزیابی کرد. او از برآوردگر پویای میانگین گروه (PMG) پانل برای دوره ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ استفاده کرد. نتایج فرضیه پناهگاه آلودگی را تأیید کرد و همچنین نشان داد که تولید ناخالص داخلی اثر مستقیم بر میزان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مصرف انرژی اثرگذار بر انتشار CO₂ است. شهباز و همکاران^{۱۵} (۲۰۱۸) اثرات FDI، شاخص توسعه مالی، مصرف انرژی و نوآوری‌های تحقیقات انرژی روی انتشار CO₂ را در فرانسه طی بازه سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۶ مورد مطالعه قرار داد. نتایج رویکرد همگرایی ARDL نشان داد که در حالی که توسعه مالی و نوآوری‌های تحقیقات انرژی منجر به کاهش آلودگی محیط زیست شده، FDI و مصرف انرژی، کیفیت محیط زیست را کاهش داده‌اند. جون و همکاران^{۱۶} (۲۰۱۸) نشان دادند که FDI در کشور چین باعث افزایش انتشار آلاینده‌ها در کوتاه‌مدت و بلندمدت بین سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۶ بوده‌اند و یک علیت یک طرفه بین FDI و انتشار CO₂ وجود دارد. نصیر و همکاران^{۱۷} (۲۰۱۹) نقش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، توسعه مالی و رشد اقتصادی را در پنج کشور آسه آن تحلیل کردند. نتایج مطالعه آنها با استفاده از رویکرد حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) و OLS کاملاً اصلاح‌شده (FMOLS) نشان داد که در دوره ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۴، هر سه متغیر منجر به تخریب محیط زیست و نرخ انتشار CO₂ بالاتر شد. آدامو و همکاران^{۱۸} (۲۰۱۹) اثرات انرژی، صادرات و FDI در مورد کیفیت محیط زیست در هلند طی دوره ۱۹۸۳ الی ۲۰۱۴ و با استفاده از حداقل مربعات معمولی پویا را بررسی کرده و نشان دادند که همه متغیرهای بالا منجر به تخریب محیط زیست می‌شود. مالک و همکاران^{۱۹} (۲۰۲۰) رابطه اقتصادی بین رشد قیمت نفت، FDI و انتشار CO₂ طی سال‌های ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۴ را با استفاده از مدل ARDL غیر خطی و آزمون علیت گرنجر مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که FDI در پاکستان طی کوتاه‌مدت و بلندمدت، آلودگی را تشدید می‌کند. علاوه بر این، نتایج آزمون علیت گرنجر نشان دهنده وجود علیت یک طرفه از FDI به انتشار CO₂ است. این نتایج با نتایج مطالعه انجام شده توسط صلاح‌الدین و همکاران^{۲۰} (۲۰۱۸) با استفاده از رویکرد ARDL و تحلیل علیت گرنجر در کویت در دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۳ مطابقت داشت. نجاتی و طالقانی^{۲۱} (۲۰۲۲) به منظور ارزیابی اثرات محیط زیستی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) در ایران، فرضیه‌های "پناهگاه آلودگی" و "هاله آلودگی" را بوسیله مدل تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE)، بررسی نموده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که افزایش FDI منجر به افزایش انتشار CO₂ می‌شود و فرضیه پناهگاه آلودگی تأیید می‌شود، اما این افزایش با بهبود کارایی انرژی قابل کاهش

14 Baek, 2016

15 Shahbaz et al, 2018

16 Jun et al, 2018

17 Nasir et al, 2019

18 Adamu et al, 2019

19 Malik et al, 2020

20 Salahuddin et al, 2018

21 Nejati, Taleghani, 2022

است. در صورتی که بهبود کارایی انرژی به بیش از ۱۰٪ برسد، آلودگی ناشی از FDI می‌تواند منفی شده و اثرات تکنیک و ترکیب، اثر مقیاس را خنثی کنند. بنابراین، توصیه شده که سیاست‌گذاران به دنبال سرمایه‌گذاری‌های کارآمد در انرژی با سطوح بالای فناوری برای بهبود کیفیت محیط‌زیست باشند.

- دسته دوم شامل مطالعاتی است که نتایج آنها فرضیه هاله آلودگی تأیید می‌کنند:

تانگ و تان^{۲۲} (۲۰۱۵) با استفاده از بردار مدل تصحیح خطا گزارش دادند که در دوره ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۹ در ویتنام مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی منجر به افزایش انتشار کربن شده در حالی که تولید ناخالص داخلی و FDI این انتشار را کاهش داده است. برخلاف برخی از محققین که صرفاً بر اثرات ملی FDI تمرکز می‌کنند در مورد انتشار CO₂، ژانگ و ژو^{۲۳} (۲۰۱۶) اثرات FDI را بر انتشار CO₂ در مناطق شرقی، غربی و مرکزی چین از ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ با استفاده از متغیرهایی مانند شهرنشینی، جمعیت و تولید ناخالص داخلی بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد که افزایش FDI منجر به کاهش انتشار CO₂ شده است. یو و خو^{۲۴} (۲۰۱۹) مناطق ملی و منطقه‌ای چین را مورد مطالعه قرار دادند. مطالعه آنها در مورد اثرات FDI و هزینه‌های تحقیق و توسعه^{۲۵} بر انتشار کربن نتایج طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ با استفاده از مدل پانل خطای استاندارد تصحیح شده (PCSE) نشان داد که تحقیق و توسعه و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منجر به بهبود انتشار CO₂ نه تنها در سطح ملی بلکه در شرق، غرب، و مناطق مرکزی چین شده است. دمنا و آفسورگبور^{۲۶} (۲۰۲۰) با استفاده از متاآنالیز برای ارزیابی اثرات FDI بر انتشار CO₂ و همچنین استفاده از ۶۵ مطالعه اولیه نتایج نشان دادند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر محیط زیست تأثیری ندارد. با این حال، پس از بررسی ناهمگونی مطالعات بررسی‌شده، فرضیه هاله آلودگی تأیید شد. زیر و همکاران^{۲۷} (۲۰۲۰) رابطه بین یکپارچه سازی تجاری، تولید ناخالص داخلی، سرمایه، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و انتشار کربن را بررسی کردند. آنها از رویکرد ARDL برای بررسی اثر ادغام‌شده متغیرها استفاده و از رویکرد خودرگرسیون برداری (VAR) برای بررسی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸ بهره بردند. در نهایت گزارش شد که اثرات GDP، FDI و سرمایه در مورد انتشار CO₂ در نیجریه نامطلوب بوده است. همچنین، نتایج تجزیه و تحلیل علیت گرنجر یک علیت دو طرفه را بین انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند CO₂ و FDI اثبات کرد. مرت و کاگلار^{۲۸} (۲۰۲۰) رابطه علی کوتاه‌مدت و بلندمدت نامتقارن بین FDI و انتشار کربن در دوره ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۸ را بررسی و تحلیل نمودند. آنها از روش ادغام مخفی برای آزمایش فرضیه‌های هاله آلودگی و پناهگاه آلودگی استفاده کردند. نتایج اثرات نامطلوب FDI بر انتشار CO₂ در ترکیه در سال ۲۰۱۸ را ثابت کرد. برخی از مطالعات مقیاس، ترکیب و تکنیک را تحلیل کرده‌اند. به عنوان مثال، پازیانزا^{۲۹} (۲۰۱۵) مقیاس، تکنیک و اثرات تجمعی را در مورد

22 Tang & Tan, 2015

23 Zhang & Zhou, 2016

24 Yu, Xu, 2019

25 Research & developement

26 Demena & Afesorghor, 2020

27 Zubair et al, 2020

28 Mert & Caglar, 2020

29 Pazienza, 2015

فرضیه‌های هاله آلودگی و پناهگاه آلودگی مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج از برآورد داده‌های پانل توسط پیاجنزا^{۳۰} (۲۰۱۹) در مورد انتشار CO₂ ناشی از احتراق سوخت در ماهیگیری و بخش کشاورزی ۳۰ کشور عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD) از ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۵ نشان داد که هر سه متغیر میزان انتشار CO₂ را افزایش داده‌اند. همچنین، بر اساس مطالعه انجام شده توسط رافیندادی و همکاران^{۳۱} (۲۰۱۸) در بخش تولید کشورهای وابسته به منابع، عضو شورای همکاری خلیج فارس از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ جریان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منجر به رشد اقتصادی شده است. در حالی که مصرف انرژی بالاتر منجر به افزایش بیشتر رشد انتشار کربن شده و فرضیه بهشت آلودگی قابل تأیید است (بر اساس اثر مرکب). با این حال، FDI یک اثر تکنیک دارد بدین صورت که FDI می‌تواند منجر به انتقال فناوری سازگار با محیط زیست به کشورهای در حال توسعه یا کمتر توسعه یافته شود. شهباز و همکاران (۲۰۱۸) رابطه بین مصرف انرژی، باز بودن تجارت، FDI و انتشار CO₂ در ایالات متحده از سال ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۶ را بررسی نموده‌اند. آنها از رویکرد تست مرزی برای بررسی هم‌انباشتگی، علیت کوتاه‌مدت و بلندمدت و تجزیه واریانس موقعیت، استفاده کردند و نتایج نشان داد که برخلاف اثر مقیاس که باعث افزایش آلودگی می‌باشد، اثرات ترکیب و تکنیک آن را کاهش داده است. علیرغم اثرات مثبت باز بودن تجارت بر کیفیت محیط زیست، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منجر به تخریب محیط زیست می‌شود. وانگ و همکاران^{۳۲} (۲۰۱۹) از چارچوب تحلیلی کوپلند و تیلور^{۳۳} که در سال ۱۹۹۴ انتشار داده شده است استفاده کردند برای ارزیابی اثرات دوطرفه سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و انتشار کربن طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۶. بر اساس اقتصاد سنجی فضایی و روش تعمیم دیفرانسیل گشتاورها، نتایج نشان داد که حاکمیت شرکتی مهم‌ترین عامل تشدید انتشار CO₂ در چین و توسعه FDI دوطرفه اثرات منفی قابل توجهی بر انتشار کربن در منطقه داشته است. در این کشور علاوه بر این، بر خلاف اثر مقیاس، ترکیب و تکنیک اثرات می‌تواند اثر متوقف‌کننده بر آلودگی داشته باشد. دوان و جیانگ^{۳۴} (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای برای سال‌های ۱۹۸۲ الی ۲۰۲۱ و با استفاده از مدل مارکوف سویچینگ، نشان داده‌اند که شدت انتشار CO₂ در زنجیره تامین جهانی MNE‌ها بیشتر از شرکت‌های غیر MNE است، در حالی که شدت انتشار مستقیم آن‌ها کمتر است. در صورت وقوع ضدجهانی شدن و جایگزینی تولیدات MNE‌ها با شرکت‌های داخلی، انتشار جهانی CO₂ می‌تواند کاهش یابد، اما در بلندمدت، دستیابی به اوج انتشار CO₂ مستلزم پیشرفت‌های تکنولوژیکی است. عباس و همکاران^{۳۵} (۲۰۲۲) با بکارگیری مدل ARDL برای سرمایه‌گذاری توسط کشور چین در برخی کشورهای آسیایی را در سال‌های ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۰ از نظر فرضیه‌های پناهگاه و هاله آلودگی بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که سرمایه‌گذاری توسط چین در وهله اول باعث افزایش انتشار کربن می‌شود. اما

30 Piacenza, 2019

31 Rafindadi et al, 2018

32 Wang et al, 2019

33 Copeland, Taylor, 1994

34 Duan & Jiang, 2021

35 Abbas et al, 2022

با توجه به روند اصلاح آلودگی رخ دادن منحنی محیط زیستی کوزنتس^{۳۶} (EKC) نهایتاً فرضیه هاله آلودگی تأیید می‌شود.

دسته سوم شامل مطالعاتی است که ادعا می‌کنند فرضیه هاله و پناهگاه آلودگی به متغیرهای خاصی بستگی دارد: به عنوان مثال، هاشمی‌دیزج و همکاران (۱۴۰۱) با هدف بررسی تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انرژی‌های تجدیدپذیر و ناپذیر و تخریبات محیط زیست، با بررسی این فرضیه‌ها در کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی در طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۹، از آزمون PMG ARDL برای بدست آوردن روابط بلندمدت و کوتاه‌مدت بین متغیرهای پژوهش و همچنین آزمون علیت گرنجر برای بررسی رابطه علیت بین متغیرها با استفاده از داده‌های ترکیبی استفاده نمودند و دریافتند افزایش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی همراه با میزان تحصیلات و اندازه جمعیت، از فرضیه پناهگاه آلودگی حمایت می‌کند اما سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی فرضیه هاله آلودگی را رد نمود. شهباز و همکاران (۲۰۱۵) از مدل حداقل مربع معمولی کاملاً اصلاح شده (FMOLS)، با در نظر گرفتن سه گروه از کشورهای با درآمد پایین، متوسط و بالا و با سه متغیر مستقل FDI، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در انتشار CO2 از ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۲ گزارش دادند فرضیه پناهگاه آلودگی را می‌توان برای کشورهای با درآمد کم و متوسط معتبر دانست. در حالی که فرضیه هاله آلودگی در کشورهای با درآمد بالا تأیید شده است. چانگ و لی^{۳۷} (۲۰۱۸) رابطه بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، رشد اقتصادی و انتشار کربن برای سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ در ۸۴ کشور را مورد بررسی قرار دادند. نتایج برآورد مدل رگرسیون آستانه برای سه رژیم جمعیتی نشان داد که فرضیه هاله آلودگی فقط در کشورهای کم جمعیت قابل پشتیبانی است و رابطه بین انتشار CO2 و رشد اقتصادی برای همه رژیم‌های جمعیتی شکل U معکوس دارد. عباسی و همکارانش^{۳۸} (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای برای کشورهای آسیایی از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۲۰ و استفاده از مدل ARDL نشان می‌دهد که شهرنشینی، تولید ناخالص داخلی سرانه، مصرف انرژی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) با انتشار کربن دی‌اکسید رابطه مستقیم و در مقابل، مربع تولید ناخالص داخلی، مربع FDI و گردشگری رابطه معکوس دارند. یافته‌ها از منحنی محیط زیستی کوزنتس (EKC)، فرضیه پناهگاه آلودگی و فرضیه هاله آلودگی برای این کشورها پشتیبانی می‌کنند. ییلانسی و همکارانش^{۳۹} (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای به بررسی فرضیه‌های "پناهگاه آلودگی" و "هاله آلودگی" و منحنی محیط زیستی کوزنتس در اندونزی، با در نظر گرفتن ردپای ماهیگیری به عنوان شاخص تخریب محیط زیست در دوره ۱۹۷۶ الی ۲۰۱۸ پرداخته است. نتایج نشان می‌دهند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) تأثیر مثبتی بر محیط ماهیگیری دارد که احتمالاً به دلیل مزایای FDI از طریق تکنیک‌های مدیریت مدرن، فناوری‌های پیشرفته، افزایش بهره‌وری و انتقال دانش است. همچنین، مطالعه اعتبار فرضیه منحنی کوزنتس را با نقطه عطف

36 Enviromental Kuznets Curve

37 Chang & Lee, 2018

38 Abbasi, Nosheen & Rahman, 2023

39 Yilanci et al, 2023

تخمینی برای مبلغ معنی از دلار آمریکا تأیید می‌کند، به این معنی که محیط ماهیگیری اندونزی تا زمانی که سطح تولید ناخالص داخلی سرانه به این رقم برسد، تخریب می‌شود و پس از آن بهبود می‌یابد. افزایش تجارت آزاد در محصولات شیلات نیز به کیفیت محیط زیست کمک می‌کند.

در دسته چهارم، برخی مطالعات ادعا می‌کنند که هیچ رابطه‌ای بین FDI و آلودگی در برخی اقتصادها و مناطق وجود ندارد:

به عنوان مثال، لیو و همکاران^{۴۰} (۲۰۱۹) اثرات تولید ناخالص داخلی، انتشار فناوری، مصرف انرژی، باز بودن تجارت و FDI را در انتشار CO₂ در ۲۹ استان چین از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۵ با استفاده از داده‌های پانل اثرات ثابت و برآورد با مدل افزودنی آزمودند. یک رابطه U شکل معکوس بین رشد اقتصادی و انتشار کربن و یک رابطه N شکل معکوس بین FDI و انتشار کربن بدست آمد. علاوه بر این، مصرف انرژی یک تسریع کننده انتشار کربن بود، در حالی که سایر متغیرها منجر به کاهش انتشار CO₂ شدند. مطالعاتی مثل آنچه رادرفورد و تار^{۴۱} (۲۰۰۸)، بالیسترری و همکاران^{۴۲} (۲۰۰۹)، بورینگر و همکاران^{۴۳} (۲۰۱۷) و لاتوره^{۴۴} (۲۰۱۶)، مارکوسن و همکاران^{۴۵} (۲۰۰۵) انجام داده‌اند، مدل‌سازی FDI به عنوان یک جریان بین المللی ساده سرمایه، بدون احتساب ویژگی‌های شرکت‌های چند ملیتی تحرک سرمایه در میان مناطق و بخش‌ها در پاسخ به تغییرات نرخ بازگشت را رخ می‌دهد. محققانی که از چارچوب این مدل شامل بشیر^{۴۶} و همکاران (۲۰۰۲)، مای^{۴۷} (۲۰۰۵)، لژور و همکاران^{۴۸} (۲۰۰۸)، هابلر^{۴۹} (۲۰۰۹) و نجاتی و بهمنی^{۵۰} (۲۰۲۰) استفاده کرده‌اند، اشاره نموده‌اند که نتایج شبیه‌سازی آزادسازی تجارت بین اتحادیه اروپا و حومه‌های آن به فرض تمایز عمودی محصول، حساس هستند. نجاتی و بهمنی (۲۰۲۰) به بررسی اثرات سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر نفت پرداختند و برای بخش گاز در ایران با استفاده از مدل شبیه‌سازی GTAP پیشنهاد کردند که اگر FDI منجر به افزایش کارایی نشود، ممکن است بیماری هلندی رخ دهد. با این حال، اگر بهره‌وری بهبود یابد، شانس بیماری هلندی کاهش یافته یا از بین می‌رود. لذا هیچکدام از دو فرضیه بطور مطلق تأیید نشد.

۳) مبانی نظری و تصریح مدل

- تغییرات سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و انتشار کربن

40 Liu et al, 2019

41 Rutherford & Tarr, 2008

42 Balistreri et al, 2009

43 Böhringer et al, 2017

44 Latorre, 2016

45 Markusen et al, 2005

46 Bchir et al, 2002

47 Mai, 2005

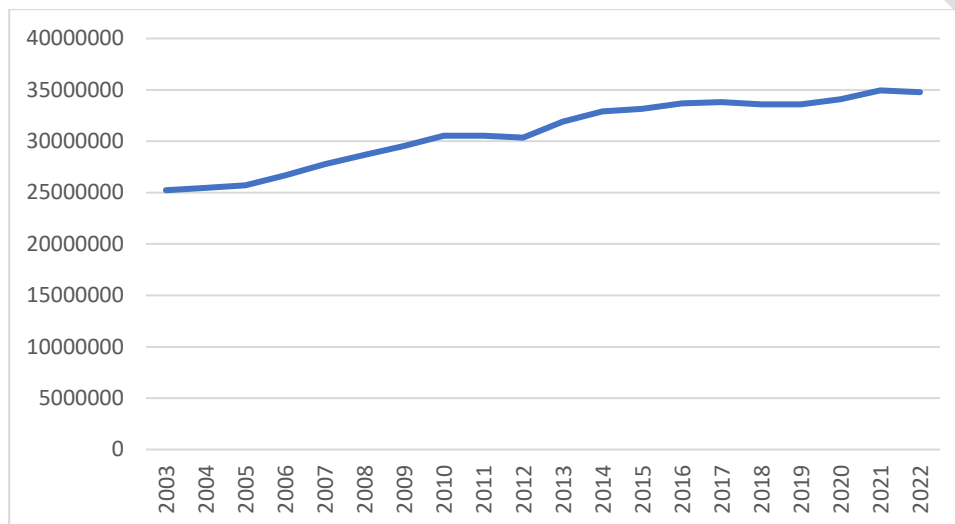
48 Lejour et al, 2008

49 Hubler, 2009

50 Nejati & Bahmani, 2020

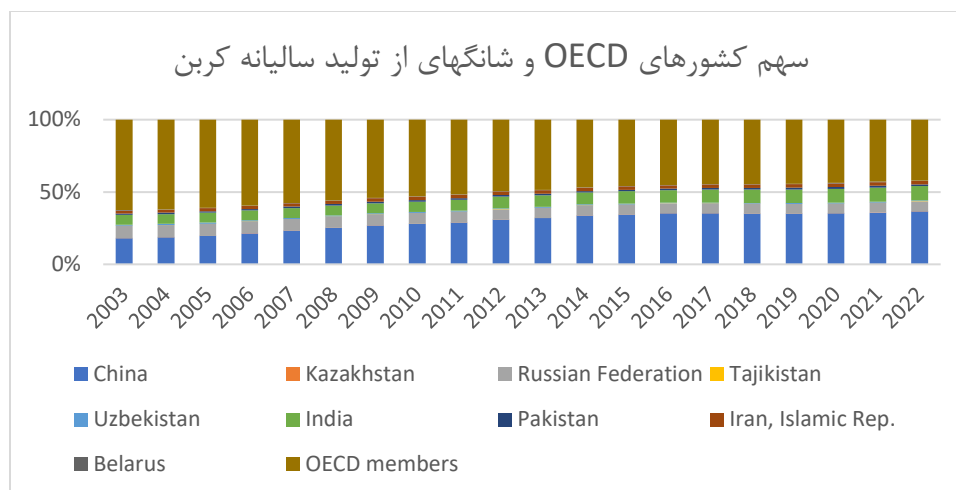
با توجه به فرضیه پناهگاه آلودگی، کشورهای توسعه یافته تمایل دارند تا صنایع انرژی‌بر و با امکان تولید آلودگی بیشتر را به کشورهای در حال توسعه که مقررات محیط زیستی به نسبت ضعیفی دارند، انتقال دهند (دین^{۵۱}، ۲۰۰۵). با مقایسه روند انتشار کربن در جو توسط کشورهای OECD و شانگهای و تغییرات سهم کشورها در این تولید آلودگی، در می‌یابیم که انتشار کربن از کشورهای توسعه‌یافته‌تر به کشورهای در حال توسعه در حال افزایش می‌باشد؛

نمودار (۱) روند انتشار کربن توسط کشورهای OECD و شانگهای از سال ۲۰۰۳ الی سال ۲۰۲۲ (تن کربن دی‌اکسید تولیدشده)



منبع: بانک جهانی

نمودار (۲) تغییرات سهم کشورها از میزان کربن دی‌اکسید منتشرشده در هر سال



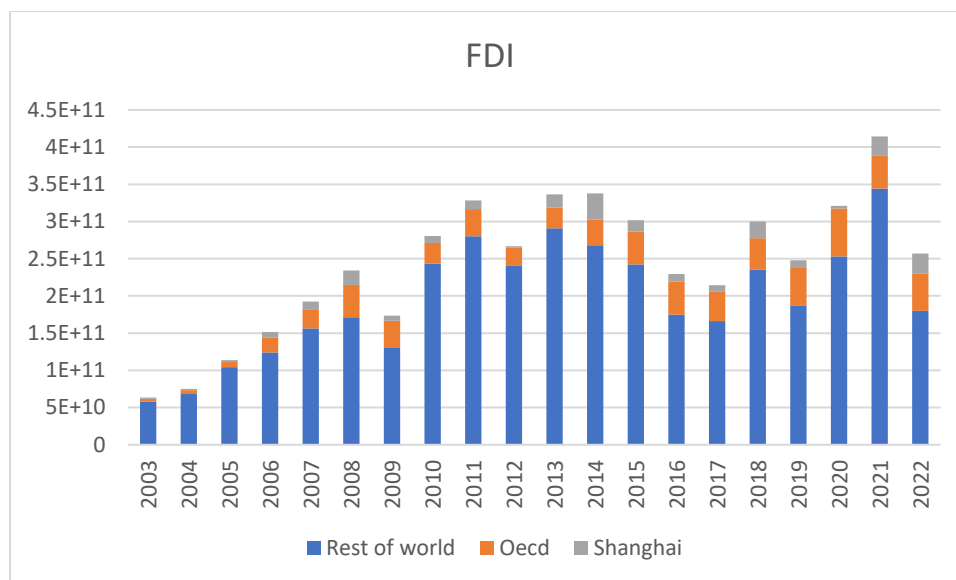
منبع: بانک جهانی

از طرف دیگر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بخش جدایی ناپذیر از برنامه‌های اساسی در استراتژی توسعه اقتصادی و صادرات است. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی دارای تأثیر مثبت و منفی بر کیفیت محیط زیست است. لذا سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی اهمیت بالایی در میان متغیرهای مورد پژوهش دارد که نشان از تأثیر این متغیر بر ساختار انتشار آلودگی در کشورهای جهان دارد. با این حال، استانداردهای محیط زیستی سختگیرانه، قادر است جذابیت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را تضعیف کند (یائو^{۵۲}، ۲۰۰۶). در نتیجه وجود مقررات و پروتکل‌های محیط زیستی سختگیرانه هزینه‌های سازگاری محیط زیست بنگاه‌های داخلی و خارجی را افزایش می‌دهد (ژنگو همکاران^{۵۳}، ۲۰۱۶). لذا با بررسی روند تغییرات سرمایه‌گذاری‌های مستقیم صورت گرفته توسط کشورهای مختلف در کشورهای عضو سازمان شانگهای مشاهده می‌کنیم که انتقال سرمایه از کشورهای سازمان OECD به کشورهای عضو شانگهای، بطور کلی همواره روند افزایشی داشته است؛

نمودار (۳) سرمایه‌گذاری مستقیم صورت پذیرفته در کشورهای عضو شانگهای (دلار آمریکا)

52 Yao, 2006

53 Zheng et al, 2011



منبع: بانک جهانی

لذا نیاز به این بررسی است که آیا این انتقال سرمایه صورت پذیرفته همراه با افزایش انتشار آلاینده‌ها بوده است که در نمودار (۲) نشان داده است همراه است (تأیید فرضیه پناهگاه آلودگی) یا اثر معکوس بر روند انتشار آلاینده‌ها داشته است (تأیید فرضیه هاله آلودگی). در فصل بعد به بررسی برخی سناریوهای مختلف پیرامون اثر سرمایه‌گذاری مستقیم توسط کشورهای عضو سازمان OECD در کشورهای مختلف (از جمله کشورهای عضو شانگهای، خصوصاً ایران)، بر انتشار کربن خواهیم پرداخت.

- مدل تعادل عمومی قابل محاسبه GTAP

برای بررسی آثار ناشی از به کار بستن یک سیاست مشخص دو چارچوب کلی وجود دارد: تحلیل تعادل جزئی و تعادل عمومی. از آنجا که روش تعادل جزئی آثار یک سیاست خاص را در سطح خرد و در یک بخش مورد بررسی قرار می‌دهد، تعاملات بخش مورد نظر با سایر بخش‌های اقتصاد نادیده گرفته می‌شود و لذا استفاده از این مدل‌ها ممکن است قادر به انعکاس تمامی جوانب موضوع نباشد؛ اما مدل‌های تعادل عمومی با در نظر گرفتن قانون والراس در بازارها، توانایی زیادی برای در بر گرفتن مباحث مختلف اقتصادی دارند و آثار تغییرات سیاستی و یا عوامل برون‌زا را در چارچوب سیستمی بررسی و تحلیل می‌کنند که با تمام بخش‌های اقتصادی و جهان در ارتباط است (مقیمی و همکاران ۱۳۹۰). مدل‌های تعادل عمومی ابزار اولیه‌ای برای تحلیل تأثیرات تغییر یک یا چند متغیر سیاستی میان بازارها است. پارامترهای این مدل مبتنی بر قیمت با مقدار هستند که ارزش آنها اغلب توسط تحلیلگر از بیرون مشخص می‌گردد مزیت این رویکرد، توانایی اندازه‌گیری تأثیرات نهایی سیاست‌ها بر متغیرهای هدف است که در قالب یک روش سازگار ما مبانی نظری و به صورت تغییرات درآمد و مصرف تقاضاکنندگان نهایی و نیز از تعاملات و کنش و واکنش‌های میان تمام بازارها به دست می‌آید. مبادلات در مدل‌های تعادل عمومی بر اساس رفتار بهینه یابی عوامل اقتصادی صورت می‌گیرد به گونه ای که مصرف کنندگان تابع مطلوبیت خویش را

با توجه به سطح بودجه به حداکثر می‌رسانند و لذا طرف تقاضای مدل تعیین می‌گردد و تولید کنندگان نیز در پی حداکثرسازی سود خویش هستند که در نتیجه طرف عرضه مدل مشخص می‌شود. قیمت‌های بازار نیز در وضعیت تعادلی شرایط لازم را برای تعادل فراهم می‌آورند. برای تمامی کالاها و خدمات عرضه برابر تقاضا خواهد بود و در صورتی که بازده نسبت به مقیاس ثابت باشد، شرایط سود صفر برای همه فعالیتها صادق است (طیبی و مصری نژاد، ۱۳۸۵). به طور کلی مدل تعادل عمومی قابل محاسبه متشکل از ماتریس حسابداری اجتماعی قیمت‌ها، فعالیت‌های تولیدی نهادها و شرایط تعادل عمومی است. پایگاه داده GTAP توسط کارشناسان مدل CGE در دانشگاه پردو برای اجرای مدل‌های تعادل عمومی، گردآوری و آماده شده است. مدل GTAP ثابت (استاتیک) است. مدل ریاضی آن شامل مجموعه‌ای از معادلات غیر خطی است که از اقتصاد خرد استخراج شده است. نظریه حداکثرسازی با استفاده از رویکرد دوگانه هر منطقه شامل چهار عامل اقتصادی است: خانوارهای نماینده منطقه، خانوارهای خصوصی، دولت و بنگاه‌ها. خانوارهای منطقه‌ای، صاحبان عوامل تولید اولیه هستند. درآمد خانوارهای منطقه‌ای، حاصل جمع ارزش فروش عوامل تولید و مالیات‌های مختلف و تعرفه‌هایی که تخصیص آن به خانوارهای خصوصی و دولتی است. پس انداز بر اساس تابع کاب داگلاس محاسبه می‌شود. دولت و خانوارهای خصوصی کالاها و خدمات مورد نیاز خود را از بازارهای داخلی و خارجی بوسیله کسب درآمد از منطقه خانوارهای خصوصی تهیه می‌نمایند. تقاضای خانوار بخش خصوصی بر اساس «کشش تغییرات ثابت» شکل می‌گیرد. بنابراین، سهم هزینه کالای متفاوت با تغییر در درآمد ثابت می‌ماند. تقاضای مصرف‌کننده دولت استخراج شده بر اساس تابع کاب-داگلاس که در آن هزینه نسبی کالاهای مختلف ثابت است. انتخاب این پایگاه داده به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد آن در تحلیل تعامل بین سیاست‌های محیط زیستی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) و جریان‌های تجاری بوده است. لذا این پایگاه داده به محققان و سیاست‌گذاران این امکان را می‌دهد که با استفاده از مدل‌های تعادل عمومی، تأثیرات تغییرات در سیاست‌های تجاری، تعرفه‌ها و دیگر عوامل اقتصادی را بررسی کنند. همچنین، پایگاه داده GTAP قابلیت تحلیل روابط بین مناطق مختلف را فراهم می‌کند، به‌طوری که می‌توان تأثیرات تغییرات در یک منطقه را بر سایر مناطق نیز مشاهده کرد. این ویژگی به تحلیلگران کمک می‌کند تا اثرات جهانی تغییرات اقتصادی را بهتر درک کنند.

- نسخه GTAP-E

مدل GTAP-E گسترشی از مدل GTAP است که ابتدا توسط هرتل^{۵۴} (۱۹۹۷) معرفی شده است. این مدل شامل یک ساختار داده‌ای غنی است که جریان‌های تجاری، ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM)، و انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی را پوشش می‌دهد. این ویژگی به ما امکان می‌دهد تا اثرات سیاست‌های محیط زیستی نظیر مالیات‌های کربنی، حذف یارانه‌های انرژی، و استانداردهای آلاینده‌ی را بر رفتار بنگاه‌ها و جریان‌های سرمایه‌گذاری خارجی شبیه‌سازی کنیم. از آنجا که تحقیق حاضر به بررسی فرضیه‌های

پناهگاه آلودگی و هاله آلودگی در سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌پردازد، پایگاه داده GTAP-E ابزار مناسبی برای تحلیل تأثیر مقررات محیط زیستی بر جذب یا دفع سرمایه‌گذاری خارجی در کشورهای مختلف است.

یکی از دلایل کلیدی انتخاب GTAP-E، انعطاف‌پذیری آن در شبیه‌سازی سیاست‌های محیط زیستی و بازارهای انرژی است. این پایگاه داده امکان تفکیک دقیق نهاده‌های انرژی (نفت، گاز، زغال سنگ، برق و منابع تجدیدپذیر) را فراهم می‌کند و شامل پارامترهای مربوط به کشش جانشینی انرژی، شدت انتشار CO₂، و اثرات مالیات‌های کربنی بر بخش‌های اقتصادی است. این ویژگی‌ها به ما اجازه می‌دهند تا فرضیه‌های پناهگاه آلودگی و هاله آلودگی را بررسی نماییم. با استفاده از GTAP-E و مدل تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE)، می‌توان سناریوهای مختلفی را شبیه‌سازی کرد و اثرات سیاست‌های محیط زیستی بر جریان‌های سرمایه‌گذاری خارجی، قیمت‌های نسبی، بهره‌وری صنایع، و الگوهای تجاری را تحلیل نمود. بنابراین، این پایگاه داده یک ابزار مناسب و کارآمد برای بررسی روابط بین سیاست‌های محیط زیستی و FDI در چارچوب این تحقیق محسوب می‌شود.

شرکت‌ها از ترکیب کالاهای واسطه‌ای و نهاده‌های اولیه مانند نیروی کار، سرمایه، زمین و منابع طبیعی برای تولید کالاها و خدمات مختلف بهره می‌برند. پنج عامل تولید وجود دارد: زمین، کارگر ماهر، کارگر غیر ماهر، سرمایه و منابع طبیعی. بجز زمین و منابع طبیعی، همه عوامل دارای تحرک کامل در بین بخش‌های متفاوت هستند. با این حال، هیچ یک از عوامل تولید قابل معامله نیست. به عبارت دیگر، آنها تحرک بین المللی ندارند. پژوهش حاضر فرض می‌کند این سرمایه در بین بخش‌ها و مناطق مختلف تحرک دارد و تحرک آن به کشش سرمایه در بخش‌های مختلف بستگی دارد. هر بخش یا شرکتی در اقتصاد تولید همگن دارد. فروش این کالاها در داخل و خارج هر منطقه صورت می‌پذیرد. فرض بر این است که در همه بازارها رقابت کامل است و بازگشت ثابت نسبت به مقیاس در تولید همه کالاها وجود دارد. طبق استاندارد بسته GTAP، تولید همه بخش‌ها و تمام قیمت‌ها در چارچوب مدل تعیین می‌شود. به عبارت دیگر، آنها درون‌زا هستند. دو بخش جهانی شامل حمل و نقل جهانی و بانکداری جهانی است. بخش حمل و نقل واسطه‌ای بین عرضه و تقاضا برای خدمات حمل و نقل بین المللی و بانکداری جهانی نیز واسطه‌ای است بین سرمایه‌گذاری جهانی و پس انداز. اگر همه بازارها وارد تعادل شوند همه بنگاه‌ها در شرایط سود صفر و خانوارها در شرایط محدودیت بودجه قرار می‌گیرند و طبق گفته‌های قانون والراس، پس انداز باید برابر با سرمایه‌گذاری باشد. بورنیاکس و ترونک^{۵۵} با توجه به جایگزینی انرژی و از جمله انتشار CO₂ به دلیل سوخت‌های فسیلی در مدل GTAP، امکان ارزیابی سیاست‌های محیط زیستی را فراهم می‌کنند. بنابراین، مدل توسعه یافته GTAP به عنوان مدل GTAP-E شناخته شده است. انرژی به صورت پنج ورودی در نظر گرفته می‌شود: نفت خام، برق، زغال سنگ، گاز و محصولات نفتی. در مورد تولید، هر شرکت می‌تواند از کالاهای مختلف انرژی و واسطه‌ای استفاده کند. با توجه به اینکه FDI در مدل GTAP-E مشمول نیست، این مطالعه با استفاده از روش انجام شده توسط بهمنی و نجاتی^{۵۶} (۲۰۲۰) و روش نجاتی و طالقانی^{۵۷} (۲۰۲۲) جریان FDI را استفاده

55 Burniaux & Truong, 2002

56 Bahmani & Nejati, 2020

57 Nejati & Taleghani, 2022

نموده است. تولید شرکت‌ها در حالت اول با استفاده از ترکیب ارزش افزوده انرژی و واسطه‌ای‌های مرکب، به استثنای ورودی‌های انرژی، ایجاد می‌شود. واسطه‌ها به داخلی و خارجی و در نهایت ترکیب خارجی تقسیم شده و از مناطق مختلف تامین می‌شود. کالاهای انرژی از منابع میانی‌ها حذف شده و در منبع ارزش افزوده قرار می‌گیرند. این قرار دادن انرژی در ارزش افزوده در چند مرحله اتفاق می‌افتد. در مرحله اول، ترکیب ارزش افزوده انرژی را در قالب ترکیب سرمایه انرژی و سپس به شکل ترکیب انرژی، به برق و غیر برق تقسیم می‌شود. در مرحله بعدی، غیر برق به زغال سنگ و غیر زغال سنگ و غیر زغال سنگ به نفت، گاز و فرآورده‌های نفتی تقسیم می‌شود. لازم به ذکر است، ترکیب خارجی هر ورودی به طور جداگانه از مناطق مختلف درخواست می‌شود. در این مطالعه، برای گنجانیدن سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، فرآیند تقاضای سرمایه در آن اضافه می‌شود به شکل دو لایه در ساختار تولید. برای این منظور، در هر بخش ابتدا به سرمایه داخلی و ترکیب خارجی تقسیم شده و سپس ترکیب خارجی از مناطق مختلف تقاضا می‌شود.

(۱)

$$QE_{j,r} = A_{i,r} \left(\sum_{j=1}^n QEN_{i,j,r}^{-\rho} \right)$$

در این معادله، i, r و j بیانگر ناحیه، ورودی و بخش اقتصادی هستند. $A_{i,r}$ و $QEN_{i,j,r}$ ترکیبی از (به ترتیب) ورودی‌های انرژی، افزایش پارامتر تغییرات فنی و ورودی‌های انرژی هستند. علاوه بر این، پارامتر جایگزینی در تابع، ρ است. فرآیند تقاضا برای سرمایه، خارجی و داخلی، توسط بنگاه‌ها در تکنولوژی تولید بیان شد. در مرحله دوم سرمایه هر بخش به بخش شرکت‌های داخلی و خارجی و بر اساس تابع هدف و تابع محدودیت تخصیص می‌یابد.

در مرحله سوم سرمایه خارجی با استفاده از توابع هدف و محدودیت، به مناطق مختلف تخصیص می‌یابد. VKD_{ir} ، $rord_{ir}$ و $rord_{ir}$ مخفف سهام سرمایه داخلی متعلق به منطقه r هستند، سرمایه بخشی که با نام FDI شناخته می‌شود، بازده سرمایه بخشی با نام سرمایه‌گذاری داخلی و بازده دارایی‌های بخشی که با نام FDI نامگذاری می‌شود (FDI_{irs} عرضه سرمایه از منطقه r تا s). θ_F سهم بازده سرمایه خارجی در بازده بخشی روی سرمایه هستند.

(۲)

$$rord_{ir} = \sum_s \theta_s rord_{irs}$$

$rord_{irs}$ و θ_s بازده سرمایه بخشی که با نام FDI در منطقه s شناخته و سهم بازده سرمایه توسط میزبان s شناخته می‌شود (نجاتی و طالقانی، ۲۰۲۲).^{۵۸}

در GTAP۱۱ سهم هر بخش را از کل سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)، ارزش افزوده کل (VKB) و تولید ناخالص داخلی (GDP) برای سال پایه ۲۰۱۷ نشان داده شده است. بطور مثال، در ایران بالاترین سهم به جذب

سرمایه‌گذاری خارجی توسط بخش‌های نفت و گاز تعلق دارد که به ترتیب ۶۳٪ و ۱۳٪ از کل FDI را شامل می‌شود. بنابراین، ورود سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به این دو بخش می‌تواند تأثیرات ملموسی بر اقتصاد ایران داشته باشد. علاوه بر این، بخش خدمات نسبت به سایر بخش‌ها دارای ارزش افزوده کل بالاتری است (۷۳٪). بخش‌های خدمات و نفت به ترتیب حدود ۴۲٪ و ۱۸٪ از کل تولید ناخالص داخلی ایران را تشکیل می‌دهند.

- نرم‌افزار GEMPACK

GEMPACK (بسته ابزار مدل‌سازی تعادل عمومی) نرم‌افزاری است که برای اجرای مدل GTAP و سایر مدل‌های تعادل عمومی به کار می‌رود. این بسته نرم‌افزاری برای حل معادلات پیچیده و بزرگ اقتصادی و اجرای سناریوهای مختلف در مدل‌های CGE استفاده می‌شود. در GEMPACK، RunGTAP یک ابزار واسط است که به کاربران اجازه می‌دهد تا مدل GTAP را در محیط ویندوز اجرا کنند. این ابزار به کاربران امکان می‌دهد تا شبیه‌سازی‌ها را با تنظیمات مختلف، از جمله تنظیمات تعادل تجاری و بیکاری، پیکربندی کنند. نرم‌افزار GEMPACK این امکان را فراهم می‌کند تا سناریوهای مختلف اقتصادی را شبیه‌سازی و تأثیرات سیاست‌ها بر بخش‌های اقتصادی مختلف را بررسی کنند. این ابزار برای اجرای تحلیل‌های حساسیت و آزمودن سناریوهای مختلف، مانند تأثیر تغییرات نرخ بهره، نرخ ارز، یا تغییرات در سیاست‌های مالی و محیط زیستی، بسیار مناسب است. برای دسترسی به این نرم‌افزار، بازدید از وب‌سایت GTAP توصیه می‌شود^{۵۹}.

۴) داده‌ها، کالیبراسیون، سناریوها و آزمون حساسیت

۴-۱) نحوه انتخاب داده‌ها

این پایگاه داده^{۶۰} بر اساس ماتریس حسابداری اجتماعی در سال ۲۰۱۷، شامل ۱۵۸ منطقه، ۶۵ زیربخش اقتصادی و هشت عامل تولید بر اساس طبقه‌بندی ISIC، آماده شده است. برای این منظور زیربخش‌های اقتصادی در ۵ بخش اقتصادی کلی تجمیع شده‌اند. ورودی‌های انرژی مورد استفاده به عنوان عوامل تولید در GTAP-E عبارتند از: زغال سنگ، نفت، گاز، فرآورده‌های نفتی و برق. تجمیع بخش‌های مختلف با توجه به در دسترس بودن داده‌ها و اهداف مطالعه انجام شده است. برای تحلیل فرضیه‌های پناهگاه آلودگی و هاله آلودگی، داده‌های مربوط به جریانهای تجاری، FDI و انتشار آلاینده‌ها از پایگاه داده مزبور استخراج شدند. مناطق ۴ گانه کلی شامل کشورهای ایران،

۶۰ مرکز GTAP Resource Center در وب‌سایت رسمی GTAP، منابع متعددی شامل اسناد آموزشی، مقالات تکنیکی و یادداشت‌های پژوهشی، ویدئوهای آموزشی و دوره‌های آنلاین ارائه می‌دهد. همچنین دوره‌های آموزشی مرتبط با GTAP در سطح‌های مختلف برای افرادی که به تازگی با این مدل آشنا شده‌اند یا به دنبال یادگیری عمیق‌تر هستند، برگزار می‌شود. برای یادگیری مدل GTAP و استفاده از GEMPACK، دوره‌های آموزشی آنلاین و کتاب‌های راهنما که توسط دانشگاه پردیو و انجمن تحلیل اقتصادی جهانی برگزار می‌شود، پیشنهاد می‌شود. این منابع به شما کمک می‌کنند تا با مدل و نحوه کاربرد آن در تحلیل سیاست‌های اقتصادی، محیط زیستی و تجاری جهانی آشنا شوید و از آن برای پژوهش‌های دکترا یا دیگر مطالعات اقتصادی استفاده کنید.

۶۱ پایگاه داده GTAP11، آخرین نسخه منتشرشده بر اساس داده‌های سال پایه ۲۰۱۷ این وب‌سایت می‌باشد. لذا تمامی اطلاعات اعم از سرمایه، تراز تجاری، مصرف انرژی، کثک‌ها و ...، همگی بر اساس اطلاعات گردآوری شده و محاسبات صورت‌گرفته مربوط به این سال در این پایگاه داده جمع و ارائه شده است.

کشورهای سازمان شانگهای، سازمان OECD و سایر کشورهای دنیا دسته‌بندی شده‌اند که با توجه به ساختارهای مختلف اقتصادی و محیط زیستی این کشورها دسته‌بندی به این شکل صورت پذیرفته است.

داده‌های ورودی و خروجی FDI بر اساس مناطق و بخش‌های مختلف در پایگاه داده GTAP موجود نیستند. با این حال، ارزش موجودی سرمایه ابتدای دوره در سال ۲۰۱۷ برای تمامی مناطق موجود و با نام VKB در این پایگاه داده است. به منظور محاسبه موجودی سرمایه داخلی (VKD) و همچنین FDI به گونه‌ای که با داده‌های GTAP سازگار باشد، ما سهم ورودی FDI به کل موجودی سرمایه (SHRFDI) و سهم FDI بخش I ($SHRFS_i$) بر اساس آمار اعلام شده توسط "سازمان سرمایه‌گذاری کمک‌های اقتصادی و فنی ایران" و پایگاه داده مزبور بدست آورده‌ایم. ارزش کل سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به صورت $SHRFDI * VKB = VFDI$ بوده و $VFDI$ در بین بخش‌های مختلف بر اساس معادله زیر توزیع شده است:

(۳)

$$SFDI_i = SHRFS_i * VFDI$$

که در آن $SFDI_i$ سهم سرمایه خارجی در بخش I است.

۴-۲) کالبراسیون

از آنجا که این مدل ایستای مقایسه‌ای بوده و در این مطالعه، یک مدل تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE) برای تحلیل اثرات سیاست‌های محیط زیستی بر جریان‌های FDI تدوین شده است، پس از استخراج داده‌های اقتصادی از پایگاه‌های داده، فرآیند کالبراسیون انجام گرفت. در این فرآیند، تعادل اولیه اقتصادی شامل یک ماتریس حسابداری اجتماعی^{۶۱} (SAM)، جریان‌های FDI و شدت انتشار آلاینده‌ها تنظیم شد. ضرایب مدل، شامل کشش‌های قیمتی و جانشینی، بر اساس ساختار صنعتی و اقتصادی کشورها کالبره گردید و سپس شوک‌های افزایش سرمایه‌گذاری در قالب سناریوهایی که در بخش بعد توضیح داده می‌شوند، لحاظ شد. پارامترهای جایگزینی برای لانه‌های تقاضای سرمایه از مدل World Scan و تمام پارامترهای تبدیل از مدل لی و فندرمنسبروگ^{۶۲} (۲۰۰۱) مشتق شده‌اند. پارامترهای ترجیح تولیدکننده این داده‌ها نیز از اطلاعات سرمایه‌گذاری اولیه کالبره شده‌اند.

با توجه به موارد توضیح داده‌شده بالا سیاست‌های محیط زیستی بر جریان‌های سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) بر چندین فرض اساسی بنا شده است. نخست، فرض می‌شود که کشورها دارای ساختارهای اقتصادی چندبخشی هستند که در آن صنایع مختلف، بسته به شدت آلاینده‌گی خود، به‌طور متفاوتی تحت تأثیر سیاست‌های محیط زیستی قرار می‌گیرند. دوم، در بازارهای کالا و عوامل تولید، رفتار بنگاه‌ها بر اساس بهینه‌سازی سود در چارچوب توابع تولید CES و Leontief مدل‌سازی شده است، به گونه‌ای که بنگاه‌ها می‌توانند بین نهاده‌های پاک‌تر

61 Social Accounting Matrix

62 Lee & Van Der Mensbrugghe, 2001

و آلاینده بسته به هزینه‌های تطبیق، جانشینی انجام دهند. سوم، سرمایه‌گذاران خارجی (FDI) بر اساس یک تابع CET میان کشورهای مختلف توزیع می‌شوند، به این معنا که آنها هنگام تصمیم‌گیری برای ورود به یک کشور، علاوه بر بازده اقتصادی، به هزینه‌های محیط زیستی (مانند مالیات‌های کربنی و استانداردهای آلاینده‌گی) نیز توجه دارند. در این چارچوب، فرض می‌شود که اگر یک کشور سیاست‌های محیط زیستی سخت‌گیرانه‌تری اتخاذ کند، دو نتیجه ممکن است رخ دهد: (۱) تأیید فرضیه پناهگاه آلودگی، (۲) تأیید فرضیه هاله آلودگی. چهارم، فرض می‌شود که سیاست‌های محیط زیستی از طریق دو ابزار اعمال می‌شوند: مالیات‌های کربنی که هزینه‌های تولید را تغییر می‌دهند و مقررات محیط زیستی که بر انتخاب فناوری بنگاه‌ها تأثیر می‌گذارند. در نهایت، بازارهای کار و سرمایه نیز به‌طور انعطاف‌پذیر در تعادل بوده و فرض بر آن است که نرخ دستمزدها و بازده سرمایه به‌صورت درون‌زا تنظیم می‌شود تا تعادل کلی اقتصاد حفظ گردد. این مجموعه از فرضیات به مدل اجازه می‌دهد تا اثرات سیاست‌های محیط زیستی بر جریان‌های FDI را شبیه‌سازی کرده و به تحلیل تجربی فرضیه‌های پناهگاه و هاله آلودگی بپردازد. همچنین، یکی از مهم‌ترین دسته‌های پارامترها، کشش‌های جانشینی^{۶۳} است که نشان می‌دهد تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان چگونه بین نهاده‌ها جایگزینی انجام می‌دهند.

در این مدل، کشش جانشینی بین انرژی و سایر نهاده‌های تولید در بازه ۰/۵ تا ۱/۲ قرار داده شده است. همچنین، کشش بین سرمایه و انرژی که میزان جانشینی بین این دو نهاده را مشخص می‌کند، مقدار ۰/۶ تا ۱ دارد. علاوه بر این، کشش‌های تقاضا و عرضه نیز در مدل لحاظ شده است. کشش تقاضای واردات، که نشان‌دهنده تمایل مصرف‌کنندگان به جایگزینی کالاهای داخلی و خارجی است، بر اساس فرض آرمنگتون^{۶۴} بین ۱/۵ تا ۵ بسته به نوع بخش اقتصادی تعیین شده است. از طرف دیگر، عرضه نیروی کار تابعی از تغییرات دستمزد واقعی در نظر گرفته شده است، به‌گونه‌ای که اشتغال و سطح دستمزدها به‌طور درون‌زا در مدل تنظیم می‌شوند. در بخش جریان‌های سرمایه‌گذاری خارجی (FDI)، پارامترهای جانشینی بین منابع داخلی و خارجی با استفاده از تابع CET تنظیم شده‌اند. در این چارچوب، میزان واکنش صادرات به تغییرات قیمتی در محدوده ۲/۵ تا ۵ قرار دارد و کشش جانشینی بین منابع داخلی و وارداتی مقدار ۱/۸ تا ۳/۲ را به خود اختصاص داده است. این مقادیر بر اساس مقادیر استاندارد موجود در GTAP و مطالعات تجربی مرتبط با واکنش بنگاه‌های چندملیتی به سیاست‌های تجاری و محیط زیستی تعیین شده است. در بخش سیاست‌های محیط زیستی، پارامترهای مرتبط با شدت انتشار CO₂ در صنایع مختلف استخراج شده و در مدل اعمال شده است.

در خصوص اجرای نرم‌افزار باید گفت؛ این نرم‌افزار امکان حل مدل‌های تعادل عمومی را با در نظر گرفتن تعاملات بین‌بخشی و بین‌کشوری فراهم می‌کند. در این مطالعه؛ نخست، نسخه Full Version از GEMPACK برای امکان‌پذیر ساختن اجرای شبیه‌سازی‌های پیچیده انتخاب شده است. در روش حل مدل، از دو رویکرد Johansen (حل خطی) و Euler (حل سطحی غیرخطی) استفاده شده تا دقت نتایج افزایش یابد. تعداد تکرارهای مجاز برای

63 Elasticities of Substitution

64 Armington Elasticities

همگرایی مدل حداقل ۳۰۰ تکرار در نظر گرفته شده است تا اطمینان حاصل شود که مدل به یک تعادل پایدار دست پیدا می‌کند. در نهایت، مدل در دو سناریوی اصلی اجرا شده است: (۱) سناریوی پایه که در آن سیاست‌های محیط زیستی بدون تغییر باقی می‌مانند. (۲) سناریوی سیاستی که شامل تغییر در FDI ورودی می‌شود. معیار همگرایی عددی در مدل بر اساس حداقل خطای کمتر از 10^{-5} تنظیم شده است تا دقت در محاسبات حفظ گردد. برای اجرای بهینه مدل، از حل‌کننده Euler که دقت بیشتری در شبیه‌سازی‌های غیرخطی دارد، استفاده شده است.

۴-۳ سناریوها

در این مطالعه از آنجا که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) یک متغیر تأثیرگذار بر اقتصاد است و می‌تواند منجر به اثرات محیط زیستی شود، دو شوک ۲۰٪ و ۱۰۰٪ برای FDI در نظر گرفته شده است. شوک ۲۰٪ منعکس‌کننده یک رشد تدریجی و متعارف در جریان‌های سرمایه‌گذاری خارجی است که مطابق با روندهای تاریخی و سیاست‌های جاری جذب FDI در کشورهای مورد مطالعه است. در مقابل، شوک ۱۰۰٪ یک شوک حدی محسوب می‌شود که تأثیر یک جهش ناگهانی و گسترده در FDI در صورت وقوع اصلاحات اساسی در سیاست‌های اقتصادی یا پیش‌بینی‌هایی برای برنامه‌های توسعه بلندمدت را بررسی می‌کند. این دو وضعیت به ما امکان می‌دهند تا اثرات خطی و غیرخطی FDI بر انتشار کربن را تحلیل کنیم و حساسیت نتایج مدل را تحت شرایط مختلف بسنجیم. نهایتاً، این مطالعه به ارزیابی اثرات اقتصادی و محیط زیستی FDI در هشت سناریو (S) پرداخته است. با توجه به اینکه در بخش ادبیات به این موضوع اشاره شد که کشورهای دارای قوانین محیط زیستی سخت‌تر برای استفاده از شرایط سایر کشورها سرمایه‌های خود را به این کشورها برای استفاده از عدم وجود چنین قوانینی منتقل می‌نمایند، سناریوها بر اساس افزایش ۲۰ درصدی سرمایه‌گذاری مستقیم توسط کشورهای سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی OECD در سایر کشورهای OECD (S_1)، در کشورهای عضو شانگهای بجز ایران (S_2)، در ایران (S_3) و سایر کشورهای جهان (S_4)، همچنین افزایش ۱۰۰ درصدی این سرمایه‌گذاری (به ترتیب S_5 الی S_8) تقسیم‌بندی شده‌اند. لذا به بررسی اثر تغییرات سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی توسط کشورهای OECD در سایر کشورها می‌پردازیم. در بخش اول ابتدا میزان تغییرات مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی این کشورها را بدست می‌آوریم؛

جدول (۱) اثرگذاری رشد ۲۰ درصدی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی توسط کشورهای OECD بر تغییر مصرف انرژی در بخش‌های مختلف (درصد تغییرات)

برق	محصولات نفتی	گاز	نفت	ذغال سنگ	خدمات	صنعت	کشاورزی	
۲/۲۴	۲/۰۷	۲/۸۹	۲/۹۷	۲/۶۵	۱/۴۵	۱/۸۳	۱/۴۴	OECD (S_1)

شانگهای (S _۲)	۰	۰	۰	۰/۳	۰/۵	۰/۵	۰	۰
ایران (S _۳)	۰/۱	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۶
سایر (S _۴)	۰/۰۷	۱/۶۴	۰/۹۸	۱/۸۴	۱/۵۲	۱/۵۹	۱/۴۹	۱/۴

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۲) اثرگذاری رشد ۱۰۰ درصدی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی توسط کشورهای OECD بر تغییر مصرف انرژی در بخش‌های مختلف (درصد تغییرات)

	کشاورزی	صنعت	خدمات	ذغال سنگ	نفت	گاز	محصولات نفتی	برق
OECD (S _۵)	۶/۴۱	۸/۲۸	۶/۶۶	۱۲/۳۳	۱۲/۴۴	۱۳/۰۷	۹/۱۷	۱۱/۴۷
شانگهای (S _۶)	۰/۶۳	۱/۰۵	۰/۸۵	۱/۵	۲/۹۲	۱/۵۶	۱/۵۴	۱/۲۸
ایران (S _۷)	۰/۴۵	۱	۰/۷۶	۰/۵۹	۰/۷۵	۰/۸۶	۰/۸۸	۰/۷۸
سایر (S _۸)	۳/۲۴	۵/۳۶	۴/۶۳	۸/۶۱	۷/۰۶	۷/۲۹	۶/۰۹	۶/۵۸

منبع: یافته‌های تحقیق

با مقایسه رشد ۵ برابری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در نواحی مختلف (از ۲۰ به ۱۰۰ درصد)، قابل مشاهده است که برای کشورهای ایران و اعضای شانگهای رشد مصرف انرژی در عوامل تولید، بطور میانگین حدود ۵ برابر رشد داشته است. لذا می‌توان نتیجه گرفت این سرمایه‌گذاری باعث رشد مصرف انرژی در بخش‌های آلاینده کشورهای مقصد شده است.

در ادامه و بر اساس اطلاعات موجود در پایگاه داده‌های GTAP11 انتشار کربن ناشی از این تغییرات مصرف انرژی بصورت تفکیک سناریوهای مختلف را استخراج و ارائه می‌کنیم:

جدول (۳) اثرگذاری سرمایه‌گذاری مستقیم کشورهای OECD بر رشد انتشار کربن در سایر کشورها (درصد تغییرات)

درصد رشد انتشار کربن در منطقه	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈
ایران	۰/۰۱	۰/۰۱۷	۰/۱۷	۰/۰۸	۰/۴۱	۰/۰۷	۰/۸۴	۰/۳۸

شانگهای	۰	۰/۳۱	۰	۰/۰۶	-۰/۰۴	۱/۴۴	۰	۰/۲۸
OECD	۲/۲	۰/۰۵	۰	۰/۱۵	۱۰/۱۸	۰/۲۳	۰	۰/۶۷
سایر	۰/۲۸	۰/۰۴	۰	۱/۴۲	۱/۲۴	۰/۱۸	۰	۶/۶۶

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج بدست‌آمده از جدول (۳) نشان می‌دهد که با ۵ برابر شدن سرمایه‌گذاری مستقیم توسط کشورهای OECD در سایر مناطق، تغییرات انتشار کربن به اشکال مختلف تغییر می‌کند. بطور مثال در ایران با رشد پذیرش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از طرف OECD تقریباً به همان اندازه انتشار کربن نیز افزایش می‌یابد. اما در کشورهای OECD با کمترین رشد مواجه هستیم.

۴-۴) آزمون حساسیت

پس از اجرای مدل در سناریوهای مختلف، نتایج با معیارهای زیر ارزیابی می‌شوند: الف) میزان تغییر در جریان‌های FDI تحت تغییرات مختلف در تغییرات کشش‌ها ب) اثر تغییر پارامترها بر هزینه‌های تولید و قیمت کالا ج) پایداری نتایج مدل در برابر تغییرات کشش‌ها و شوک‌های وارده به مدل.

جدول (۴) کشش‌های منتج‌شده از آزمون حساسیت

تغییر در تولید صنعتی	تغییر در انتشار CO2	تغییر در FDI	حد بالا	حد پایین	مقدار پایه	پارامتر
-۰/۸	۱/۵	-۳/۲	۱/۲	۰/۵	۰/۸	کشش جانشینی انرژی
-۰/۳	۰/۵	۱/۸	۱	۰/۶	۰/۷	کشش سرمایه و انرژی
۱/۲	-۲/۳	۴	۵	۱/۵	۲/۵	کشش آرمنگتون

منبع: یافته‌های تحقیق

تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که اگرچه نتایج مدل تا حدی به تغییر پارامترهای کلیدی وابسته هستند، اما در بازه‌های معقول تغییرات کشش‌ها و شوک‌های FDI، الگوهای کلی و انتشار کربن ثابت باقی می‌مانند. این موضوع نشان از پایداری مدل و اعتبار نتایج بدست‌آمده دارد.

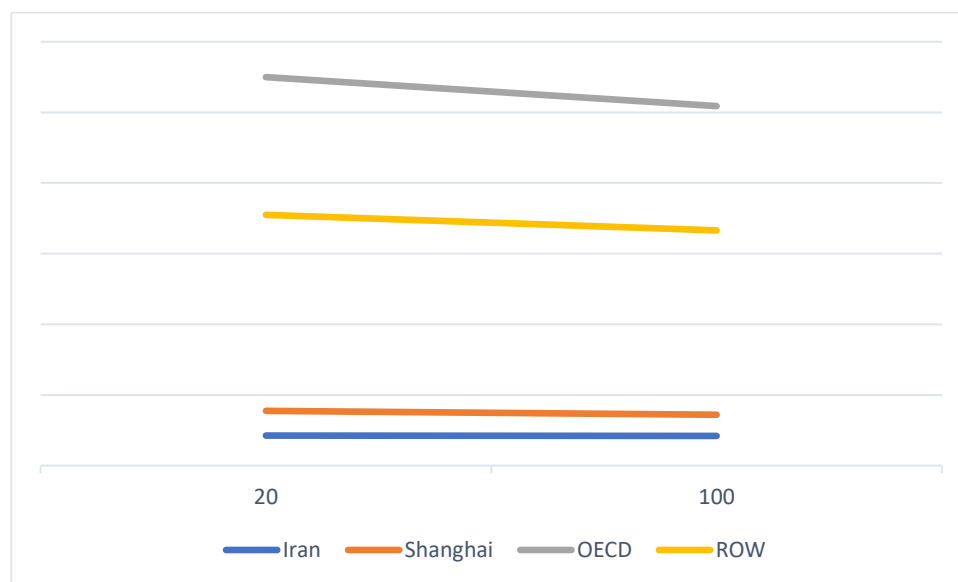
۵) نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی

۵-۱) نتیجه‌گیری

این مطالعه به بررسی تأثیر شوک‌های سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) از کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD) بر رشد انتشار کربن در مناطق مختلف جهان، از جمله ایران، پرداخته است. برای این

منظور، دو سناریوی افزایش ۲۰ و ۱۰۰ درصدی در FDI تعریف و تغییرات رشد انتشار کربن ناشی از این شوک‌ها تحلیل شده است. نتایج نشان می‌دهد که در هر دو سناریو، فرضیه پناهگاه آلودگی تأیید می‌شود؛ به این معنا که افزایش FDI از کشورهای OECD منجر به افزایش انتشار کربن در کشورهای میزبان می‌شود. با این حال، شدت این اثر در مناطق مختلف متفاوت است. در ایران، رشد انتشار کربن ناشی از شوک ۱۰۰ درصدی FDI نسبت به شوک ۲۰ درصدی، ۵ برابر افزایش یافته است، در حالی که این افزایش در سایر مناطق، از جمله شانگهای، سایر کشورهای جهان و حتی خود OECD، به مراتب کمتر بوده است.

نمودار (۴) رشد نسبی انتشار کربن نسبت به شوک ۲۰ و ۱۰۰ درصدی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی توسط کشورهای OECD در سایر مناطق



منبع: یافته‌های تحقیق

این تفاوت می‌تواند به عوامل مختلفی مانند سطح قوانین و استانداردهای محیط زیستی کشورها مرتبط باشد. کشورهایی که مقررات محیط زیستی سخت‌گیرانه‌تری دارند، از طریق انتقال فناوری‌های پاک، تأثیرات منفی FDI را کاهش می‌دهند، در حالی که کشورهای دارای قوانین ضعیف‌تر ممکن است به مقصدی برای صنایع آلاینده تبدیل شوند. ایران، به دلیل ضعف در اجرای قوانین محیط زیستی، ممکن است جذابیت بیشتری برای صنایعی داشته باشد که به دنبال کاهش هزینه‌های محیط زیستی خود هستند و در نتیجه، افزایش FDI در این کشور، افزایش قابل توجهی در انتشار کربن را به دنبال دارد.

همچنین، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که کشورهای OECD به دلیل مقررات سخت‌گیرانه خود، سرمایه‌گذاری‌های خارجی را به سمت کشورهایی با قوانین ضعیف‌تر هدایت کرده‌اند که این امر منجر به افزایش آلودگی در کشورهای میزبان شده و فرضیه پناهگاه آلودگی را تقویت می‌کند. از منظر تاریخی، کشورهای توسعه‌یافته با بهره‌برداری از منابع طبیعی و استفاده گسترده از سوخت‌های فسیلی، رشد اقتصادی خود را رقم زده‌اند و سهم قابل توجهی در تغییرات اقلیمی کنونی داشته‌اند. این در حالی است که با وضع مقررات محیط زیستی سخت‌گیرانه،

سرمایه‌گذاری‌های آلاینده را به خارج از مرزهای خود منتقل کرده‌اند. بنابراین، این کشورها نه تنها به دلایل اخلاقی، بلکه از منظر تعهدات محیط زیستی بین‌المللی، موظف به کمک به کشورهای در حال توسعه برای کاهش انتشار کربن و مقابله با تغییرات اقلیمی هستند. در ایران، با توجه به اینکه افزایش FDI منجر به افزایش بالای انتشار کربن شده است، می‌توان نتیجه گرفت که سرمایه‌گذاری‌های خارجی عمدتاً در صنایع وابسته به سوخت‌های فسیلی مانند نفت، گاز و پتروشیمی صورت گرفته و انتقال فناوری‌های پاک از سوی کشورهای OECD به این کشور رخ نداده است. شرایط تحریمی و نیاز ایران به سرمایه‌های خارجی برای رشد اقتصادی نیز عاملی است که موجب شده جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از هر مسیر در دستور کار قرار گیرد.

با وجود تفاوت‌های موجود در روش‌شناسی و مناطق مورد مطالعه، اغلب تحقیقات نشان داده‌اند که FDI می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر انتشار کربن داشته باشد. با این حال، شدت و جهت این تأثیر به عواملی مانند قوانین محیط زیستی کشور میزبان، نوع صنایع جذب‌کننده FDI و سطح توسعه فناوری کشور بستگی دارد. مطالعات مختلفی در زمینه تأثیر FDI بر انتشار کربن انجام شده است که نتایج آنها بسته به کشورها، دوره‌های زمانی و روش‌های مورد استفاده، متفاوت است. بطور کلی می‌توان گفت تأثیر FDI بر انتشار کربن در کشورهای توسعه‌یافته با کشورهای در حال توسعه تفاوت دارد، زیرا سطح فناوری و استانداردهای محیط زیستی در این دو گروه از کشورها متفاوت است. برخی مطالعات، مانند پژوهش صادقی و همکاران (۱۳۹۱)، فرضیه پناهگاه آلودگی را تأیید کرده‌اند، در حالی که برخی دیگر، مانند تحقیق خدایی و همکاران (۱۴۰۰)، نتایج متفاوتی ارائه داده‌اند. این تفاوت‌ها می‌تواند به عواملی مانند ساختار اقتصادی، سطح توسعه فناوری و تفاوت در سیاست‌های محیط زیستی کشورها مرتبط باشد. همچنین، بر این اساس، در کشورهایی مانند ایران که مقررات محیط زیستی ضعیف‌تری دارند و صنایع آلاینده، سهم بالایی از سرمایه‌گذاری خارجی را جذب می‌کنند، افزایش FDI می‌تواند منجر به افزایش شدید انتشار کربن شود.

۵-۲) پیشنهادات سیاستی

پدیده پناهگاه آلودگی که به انتقال صنایع آلاینده از کشورهایی با مقررات سخت‌گیرانه محیط زیستی به کشورهایی با مقررات ضعیف‌تر اشاره دارد، نیازمند یک چارچوب بین‌المللی هماهنگ برای کنترل آثار منفی محیط زیستی است. کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD) باید نقش فعالی در تقویت و ایجاد توافقات محیط زیستی بین‌المللی ایفا کنند تا از واگرایی در استانداردهای محیط زیستی و تشدید آلودگی در برخی کشورها جلوگیری شود. در این راستا، توافقاتی مانند پروتکل کیوتو^{۶۵} (۱۹۹۷)، توافقنامه پاریس^{۶۶} (۲۰۱۵) و کنفرانس

65 Kyoto protocol

66 Paris agreement

تغییرات اقلیمی کاپ ۲۹^{۶۷} از جمله تلاش‌های جهانی برای کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند. این توافقات باید علاوه بر تعیین تعهدات کلی برای کشورها، استانداردهای حداقلی برای سرمایه‌گذاری‌های خارجی تعیین کنند تا سرمایه‌گذاری‌ها به سمت کشورهایی با مقررات ضعیف‌تر برای کاهش هزینه‌های محیط زیستی منتقل نشود. کشورهای OECD می‌توانند از سیاست‌های مشوق مالی و مالیاتی برای هدایت سرمایه‌گذاری‌های بین‌المللی به سمت فناوری‌های پاک و سبز استفاده کنند. این سیاست‌ها شامل کاهش مالیات بر شرکت‌هایی که در پروژه‌های سبز سرمایه‌گذاری می‌کنند، اعطای وام‌های کم‌بهره به صنایع متعهد به فناوری‌های محیط زیستی و حمایت مالی از پروژه‌های تحقیق و توسعه در حوزه انرژی‌های پاک است. اجرای این سیاست‌ها می‌تواند ضمن کاهش جذابیت مناطق آلاینده برای سرمایه‌گذاری، انتقال سرمایه‌ها را به سمت صنایع پایدارتر تسهیل کند. شرکت‌های چندملیتی که در کشورهای در حال توسعه فعالیت می‌کنند، باید موظف شوند که گزارش‌دهی شفاف و دوره‌ای درباره اثرات محیط زیستی خود ارائه دهند. این اقدام که می‌تواند از طریق وضع مقررات سخت‌گیرانه در کشورهای مبدأ (OECD) انجام شود، موجب افزایش مسئولیت‌پذیری این شرکت‌ها شده و امکان نظارت بر انتقال آلودگی را فراهم کند. این نوع شفافیت همچنین به کشور میزبان اجازه می‌دهد تا نظارت بهتری بر اجرای مقررات محیط زیستی داشته باشد. بسیاری از کشورهای میزبان سرمایه‌گذاری‌های خارجی، توانمندی‌های محدودی در اجرای قوانین محیط زیستی دارند. کشورهای OECD می‌توانند از طریق انتقال فناوری، آموزش نیروهای متخصص و ارائه کمک‌های مالی به تقویت ظرفیت نظارتی این کشورها کمک کنند. این اقدامات می‌تواند شامل ایجاد سیستم‌های نظارتی کارآمدتر برای کنترل صنایع آلاینده، انتقال فناوری‌های سبز و افزایش بهره‌وری انرژی و توسعه برنامه‌های آموزشی برای نهادهای نظارتی کشورهای میزبان باشد. یکی از سیاست‌های کلیدی برای مقابله با پناهگاه آلودگی، ایجاد سیستم هماهنگ مالیات‌های محیط زیستی است. این سیستم می‌تواند به‌صورت مالیات‌های جهانی بر کربن یا تعرفه‌های سبز بر واردات کالاهای تولید شده در شرایط آلاینده طراحی شود. هدف اصلی این سیاست، ایجاد شرایط رقابتی برابر بین کشورها و جلوگیری از مزیت‌جویی کشورهایی با استانداردهای ضعیف محیط زیستی است. با این حال، باید توجه داشت که اجرای این سیاست‌ها نباید به اقتصاد کشورهای در حال توسعه آسیب بزند. کشورهای در حال توسعه که هنوز در مسیر رشد اقتصادی قرار دارند، ممکن است در اجرای مقررات محیط زیستی با چالش‌هایی روبه‌رو باشند. از این‌رو، اجرای سیاست‌های سخت‌گیرانه محیط زیستی در این کشورها باید به نحوی تنظیم شود که ضمن حفظ توسعه اقتصادی، از گسترش آلودگی نیز جلوگیری کند. از سوی دیگر، کشورهایی که اقتصاد آنها متکی بر تولید سوخت‌های فسیلی است، به دلیل وابستگی درآمدی به این منابع، بیشترین آسیب را از سیاست‌های سخت‌گیرانه کاهش انتشار کربن متحمل خواهند شد. به همین دلیل، در توافقات بین‌المللی باید سازوکارهای جبرانی برای این کشورها در نظر گرفته شود. این سازوکارها می‌تواند شامل ارائه کمک‌های مالی برای سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر، انتقال فناوری‌های کاهش آلودگی و افزایش بهره‌وری انرژی و ایجاد صندوق‌های بین‌المللی برای کمک به کشورهایی که به دلیل کاهش تقاضا برای سوخت‌های فسیلی دچار زبان اقتصادی می‌شوند، باشد. با توجه به اینکه انتشار کربن در هر نقطه‌ای از جهان به گرمایش جهانی منجر می‌شود،

سیاست‌های محیط زیستی نباید تنها بر روی وضع مالیات و تعرفه‌های سبز متمرکز باشد. در عوض، کشورهای توسعه‌یافته که بیشترین بهره را از رشد اقتصادی و مصرف سوخت‌های فسیلی در دهه‌های گذشته برده‌اند، باید مسئولیت بیشتری در کاهش انتشار کربن بر عهده بگیرند. برای مثال، کشورهایی مانند ایالت متحده امریکا که قبلاً از فرصت‌های رشد صنعتی استفاده کرده‌اند، باید پیش از کشورهای کم‌توسعه‌تر در مسیر گذار به اقتصاد کم‌کربن گام بردارند. در این راستا، کشورهای توسعه‌یافته باید به کشورهای در حال توسعه برای توسعه زیرساخت‌های انرژی پاک کمک کنند، برنامه‌های مشخصی برای انتقال فناوری‌های محیط زیستی به این کشورها تدوین کنند و در توافقات بین‌المللی، نقش بیشتری در تأمین مالی پروژه‌های سبز ایفا کنند. برای موفقیت در کاهش اثرات پناهگاه آلودگی و تسهیل همکاری جهانی، پیشنهاد‌های زیر مطرح می‌شود: ایجاد صندوق بین‌المللی برای تأمین مالی پروژه‌های محیط زیستی در کشورهای در حال توسعه، انتقال فناوری‌های کارآمدتر برای کاهش شدت انرژی و آلودگی، حمایت از کشورهای تولیدکننده نفت در فرآیند گذار به اقتصاد کم‌کربن، طراحی توافقات بین‌المللی برای حمایت از کشورهای در حال توسعه در مقابله با تغییرات اقلیمی و ایجاد نقشه راه جهانی برای گذار به انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای نفت‌خیز. با اجرای سیاست‌های پیشنهادی، کشورهای OECD می‌توانند ضمن ایفای نقش فعال در کاهش انتشار کربن، از اثرات منفی پناهگاه آلودگی کاسته و فرآیند گذار به یک اقتصاد جهانی پایدارتر را تسهیل کنند. توجه به ملاحظات کشورهای در حال توسعه و تولیدکنندگان سوخت‌های فسیلی در طراحی سیاست‌های محیط زیستی، موجب افزایش پذیرش و اجرای این سیاست‌ها خواهد شد. در این مسیر، ایجاد یکپارچگی در تلاش‌های جهانی برای کاهش انتشار کربن و تقویت همکاری‌های بین‌المللی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مطالعه حاضر با تمرکز بر شوک‌های FDI و تأثیر آنها بر رشد انتشار کربن در مناطق مختلف جهان، از جمله ایران، سهم قابل توجهی به ادبیات موجود در این زمینه ارائه می‌دهد. با این حال، برای درک بهتر این موضوع، لازم است که مطالعات بیشتری در این زمینه انجام شود و از روش‌ها و داده‌های متنوعی استفاده شود. لازم به ذکر است، بدلیل عدم دسترسی به اطلاعات مربوط به مصرف انرژی در تمام زیربخش‌های کشورهای مختلف امکان بررسی دقیق‌تر اثرات سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی توسط کشورهای OECD میسر نشد.

- **تأمین مالی:** نویسندگان اعلام کردند که هیچ حمایت مالی برای این پژوهش وجود ندارد.
- **تضاد منافع:** نویسندگان اعلام کردند که هیچگونه تضاد منافع برای این پژوهش وجود ندارد.
- **مشارکت نویسندگان:** نویسندگان در مفهوم سازی و نگارش مقاله مشارکت داشتند. همه نویسندگان محتوای مقاله را تایید کردند و در مورد تمام جنبه‌های کار توافق داشتند.
- **تشکر و قدردانی:** نویسندگان از مسئولین و داوران مجله تشکر می‌کنند.

References

- Abbasi, M. A., Nosheen, M., & Rahman, H. U. (2023). An approach to the pollution haven and pollution halo hypotheses in Asian countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 49270–49289. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25548-x>
- Abbass, K., Song, H., Mushtaq, Z., et al. (2022). Does technology innovation matter for environmental pollution? Testing the pollution halo/haven hypothesis for Asian countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 89753–89771. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21929-w>
- Adamu, T. M., Haq, I. u., & Shafiq, M. (2019). Analyzing the Impact of Energy, Export Variety, and FDI on Environmental Degradation in the Context of Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Case Study of India. *Energies*, 12(6), 1076. <https://doi.org/10.3390/en12061076>
- Adom, P. K., & Amuakwa-Mensah, F. (2016). What drives the energy saving role of FDI and industrialization in East Africa? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 925–942. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.039>
- Baek, J. (2016). A new look at the FDI–income–energy–environment nexus: Dynamic panel data analysis of ASEAN. *Energy Policy*, 91, 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.045>
- Balistreri, E. J., Rutherford, T. F., & Tarr, D. G. (2009). Modeling services liberalization: The case of Kenya. *Economic Modelling*, 26(3), 668–679. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2009.01.010>
- Bchir, M. H., Decreux, Y., Guerin, J.-L., & Jean, S. (2002). *MIRAGE: A computable general equilibrium model for trade policy analysis* (CEPII Working Paper No. 2002-17). CEPII.
- Blaine, H. G. (2009). *Foreign direct investment*. Nova Science Publishers.
- Böhringer, C., Rosendahl, K. E., & Strømsten, H. B. (2017). Robust policies to mitigate carbon leakage. *Journal of Public Economics*, 149, 35–46. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2017.03.006>
- Burniaux, J.-M., & Truong, T. P. (2002). *GTAP-E: An energy-environmental version of the GTAP model* (GTAP Technical Paper No. 16). <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/1203.pdf>
- Chang, S. C., & Li, M. H. (2018). Impacts of foreign direct investment and economic development on carbon dioxide emissions across different population regimes. *Environmental Resource Economics*, 72(2), 583–607. <https://doi.org/10.1007/s10640-018-0221-4>
- Cooper, M., & Nguyen, Q. T. (2020). Multinational enterprises and corporate tax planning: A review of literature and suggestions for a future research agenda. *International Business Review*, 29(3), Article 101692. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2020.101692>
- Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (1994). North-South trade and the environment. *Quarterly Journal of Economics*, 109(3), 755–787. <https://doi.org/10.2307/2118354>
- Dean, J. M., Lovely, M. E., & Wang, H. (2017). Are foreign investors attracted to weak environmental regulations? Evaluating the evidence from China. In *International Economic Integration and Domestic Performance* (pp. 155–167). <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2008.11.007>
- Demena, B. A., & Afesorgbor, S. K. (2020). The effect of FDI on environmental emissions: Evidence from a meta-analysis. *Energy Policy*, 138, Article 111192. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111192>
- Duan, Y., & Jiang, X. (2021). Pollution haven or pollution halo? A re-evaluation on the role of multinational enterprises in global CO2 emissions. *Energy Economics*, 97, Article 105181. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105181>

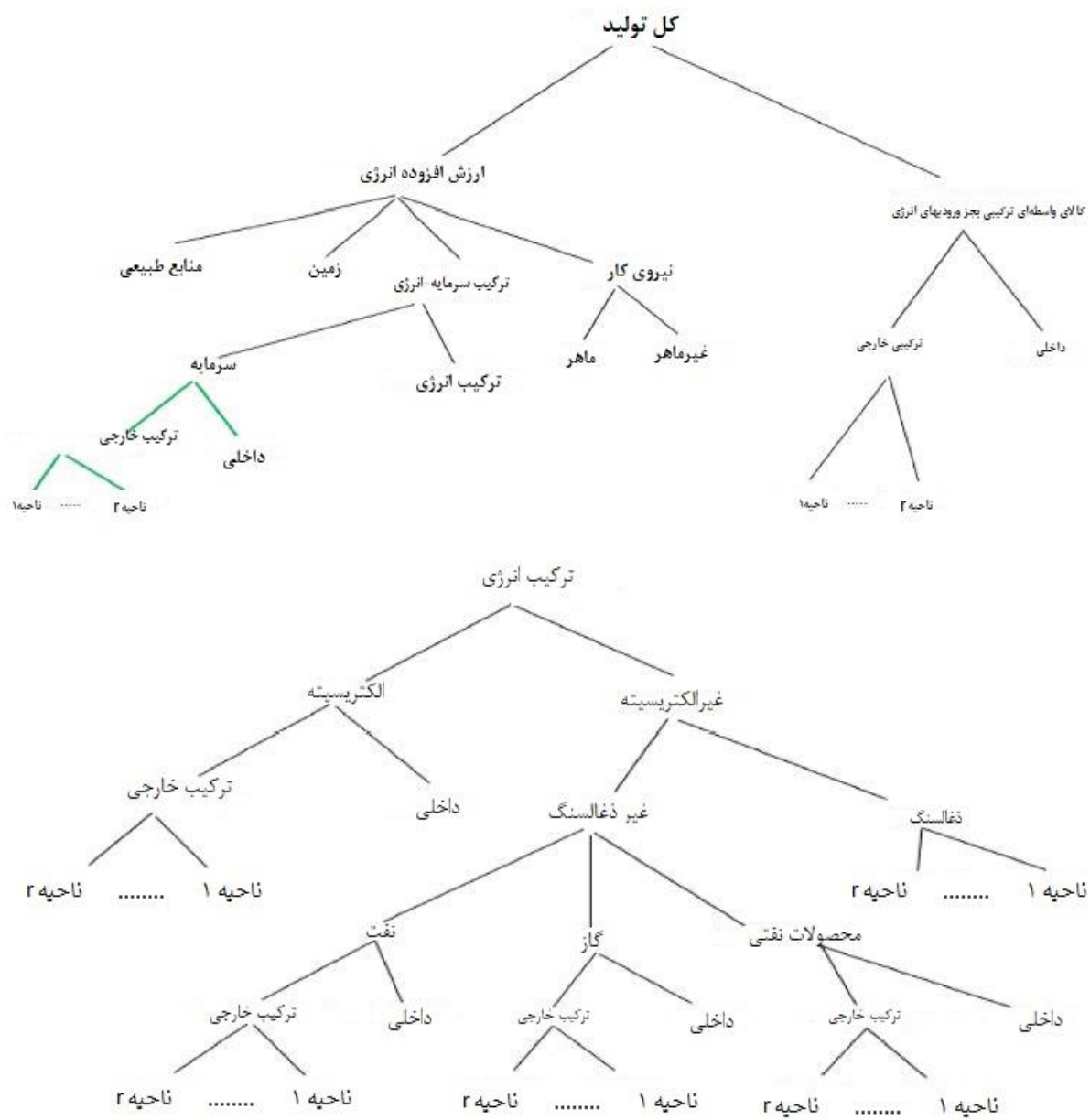
- Hashemi Dizaj, H., Fotourehchi, Z., & Najafi, A. (2022). Investigating the impact of foreign direct investment in non-renewable energy on environmental degradation in OECD member countries. *Geography and Urban and Regional Studies*, 11(44), 80–96. (in Persian)
- Pournouri, M., & Mokhtar, A. (2012). Disputes and conflicts between environmental obligations and international investment law obligations and how to resolve them. *International Legal Research*, 5(17), 59–90. (in Persian)
- Hertel, T. W. (1997). *Global trade analysis: Modeling and applications*. Cambridge University Press. Retrieved from <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/7685.pdf>
- Hubler, M. (2009). *Energy saving technology diffusion via FDI and trade using CGE model of China* (Working Paper No. 1491). Kiel Institute of World Economy. Retrieved from <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/24875/1/590188178.pdf>
- Jun, W., Zakaria, M., Shahzad, S., & Mahmood, H. (2018). Effect of FDI on pollution in China: New insights based on wavelet approach. *Sustainability*, 10(11), Article 3859. <https://doi.org/10.3390/su10113859>
- Khodaei, K., Tabani, H., Shahsavari, A., Qureshi, H., Boosalik, Z., Rezazadeh, B., & Mokhtari, M. (2021). Separation of Oil Pollution Plumes of Groundwater in the Industrial Area of South Tehran. *Environment and Water Engineering*, 7(3), 477–493. (in Persian)
- Latorre, M. C. (2016). A CGE analysis of the impact of foreign direct investment and tariff reform on female and male workers in Tanzania. *World Development*, 77, 346–366. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.08.011>
- Lee, H., & Van Der Mensbrugghe, D. (2001). A general equilibrium analysis of the interplay.
- Lejour, A., Rojas-Romagosa, H., & Verweij, G. (2008). Opening services markets within Europe: Modeling foreign establishments in a CGE framework. *Economic Modelling*, 25(5), 1022–1039. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2008.01.007>
- Levinson, A., & Taylor, M. S. (2008). Unmasking the pollution haven effect. *International Economic Review*, 49(1), 223–254.
- Liu, J., Qu, J., & Zhao, K. (2019). Is China's development conforming to the Environmental Kuznets Curve hypothesis and the pollution haven hypothesis? *Journal of Cleaner Production*, 234, 787–796. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.234>
- Mai, Y. (2005). *The MONASH-multi-country (MMC) model and the investment liberalization in China's oil industry* (Centre of Policy Studies Working Paper G-150). Monash University. Retrieved from <https://www.copsmodels.com/ftp/workpaper/g-150.pdf>
- Malik, M. Y., Latif, K., Khan, Z., Butt, H. D., Hussain, M., & Nadeem, M. A. (2020). Symmetric and asymmetric impact of oil price, FDI and economic growth on carbon emission in Pakistan: Evidence from ARDL and non-linear ARDL approach. *Science of the Total Environment*, 726, Article 138421. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138421>
- Markusen, J., Rutherford, T. F., & Tarr, D. (2005). Trade and direct investment in producer services and the domestic market for expertise. *Canadian Journal of Economics*, 38(3), 758–777. <https://doi.org/10.1111/j.0008-4085.2005.00301.x>
- Mert, M., & Caglar, A. E. (2020). Testing pollution haven and pollution halo hypotheses for Turkey: a new perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(26), 32933–32943. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09469-7>
- Monjon, S. (2010). *Tackling carbon leakage: Sector-specific solutions for a world of unequal carbon prices*. Carbon Trust. HAL CCSD.
- Nasir, M. A., Duc Huynh, T. L., & Xuan Tram, H. T. (2019). Role of financial development, economic growth & foreign direct investment in driving climate change: A case of emerging

- ASEAN countries. *Journal of Environmental Management*, 242, 131–141. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.112>
- Nejati, M., & Taleghani, F. (2022). Pollution halo or pollution haven? A CGE appraisal for Iran. *Journal of Cleaner Production*, 344, Article 131092. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131092>
- Nejati, M., & Bahmani, M. (2020). The economic impacts of foreign direct investment in oil and gas sector: A CGE analysis for Iranian economy. *Energy Strategy Reviews*, 32, Article 100579. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100579>
- Pao, H. T., & Tsai, C. M. (2011). Multivariate Granger causality between CO₂ emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment), and GDP (gross domestic product): Evidence from a panel of BRIC countries. *Energy*, 36(1), 685–693. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.041>
- Pazienza, P. (2015). The relationship between CO₂ and foreign direct investment in the agriculture and fishing sector of OECD countries: Evidence and policy considerations. *Intellectual Economics*, 9(1), 55–66. <https://doi.org/10.1016/j.intele.2015.08.001>
- Rafindadi, A. A., Muye, I. M., & Kaita, R. A. (2018). The effects of FDI and energy consumption on environmental pollution in predominantly resource-based economies of the GCC. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 25, 126–137. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2017.12.008>
- Rutherford, T.F., & Tarr, D.G. (2008). Poverty effects of Russia's WTO accession: Modeling "real" households with endogenous productivity effects. *Journal of International Economics*, 75(1), 131–150. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2007.09.004>
- Sadeghi, S.K., Motafaker Azad, M.A., Pourabadollahankouy, M., & Shahbazzadeh Khiyavi, A. (2012). Investigating the causal relationship between carbon dioxide emissions, foreign direct investment, per capita energy consumption, and gross domestic product in Iran (Toda-Yamamoto causality approach). *Iranian Journal of Energy Economics Research*, 1(4), 101–116 (in Persian).
- Salahuddin, M., Alam, K., Ozturk, I., & Sohag, K. (2018). The effects of electricity consumption, economic growth, financial development and foreign direct investment on CO₂ emissions in Kuwait. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2002–2010. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.009>
- Shahabadi, M., & Mahmoodi, M. (2006). Determinants of Foreign Direct Investment in Iran. *Economic Studies*, 89–126. (in Persian)
- Shahbaz, M., Nasir, M. A., & Roubaud, D. (2018). Environmental degradation in France: The effects of FDI, financial development, and energy innovations. *Energy Economics*, 74, 843–857. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.020>
- Tang, C. F., & Tan, B. W. (2015). The impact of energy consumption, income and foreign direct investment on carbon dioxide emissions in Vietnam. *Energy*, 79, 447–454. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.11.033>
- Walter, I., & Ugelow, J. L. (1979). Environmental policies in developing countries. *Ambio*, 8(2), 102–109.
- Wang, Y., Liao, M., Wang, Y., Malik, A., & Xu, L. (2019). Carbon emission effects of the coordinated development of two-way foreign direct investment in China. *Sustainability*, 11(8), Article 2428. <https://doi.org/10.3390/su11082428>
- Yao, S. (2006). On economic growth, FDI and exports in China. *Applied Economics*, 38(3), 339–351.

- Yilanci, V., Cutcu, I., Cayir, B., & Saglam, M. S. (2023). Pollution haven or pollution halo in the fishing footprint: Evidence from Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 188, Article 114626. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114626>
- Yu, Y., & Xu, W. (2019). Impact of FDI and R&D on China's industrial CO2 emissions reduction and trend prediction. *Atmospheric Pollution Research*, 10(5), 1627–1635. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.06.003>
- Zhang, C., & Zhou, X. (2016). Does foreign direct investment lead to lower CO2 emissions? Evidence from a regional analysis in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 943–951. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.226>
- Zheng, Y., Qi, J., & Chen, X. (2011). The effect of increasing exports on industrial energy intensity in China. *Energy Policy*, 39(5), 2688–2698. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.038>
- Zubair, A.O., Abdul Samad, A.R., & Dankumo, A.M. (2020). Does gross domestic income trade integration FDI inflows GDP and capital reduce CO2 emissions? An empirical evidence from Nigeria. *Current Research in Environmental Sustainability*, Article 100009. <https://doi.org/10.1016/j.crsust2020/100009>

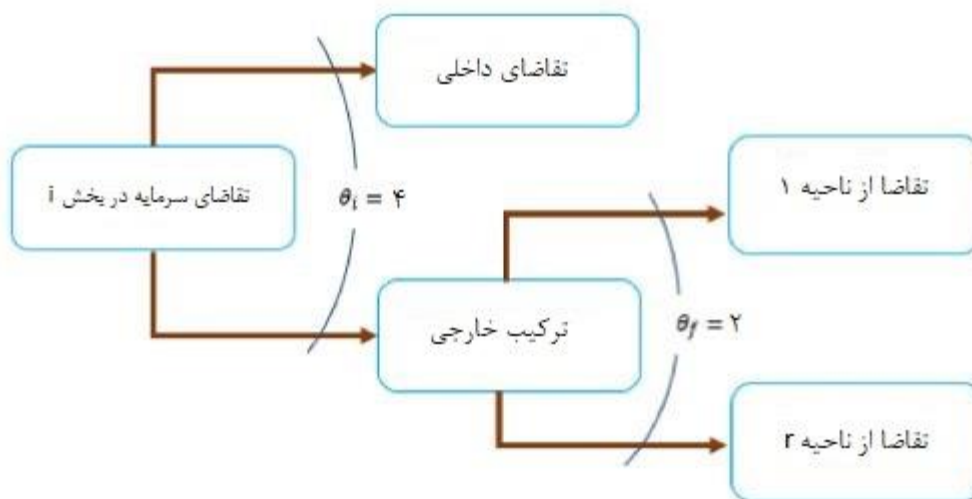
پیوست

شکل (۱) مجموع تولید در مدل GTAP-E از مسیر ورود سرمایه



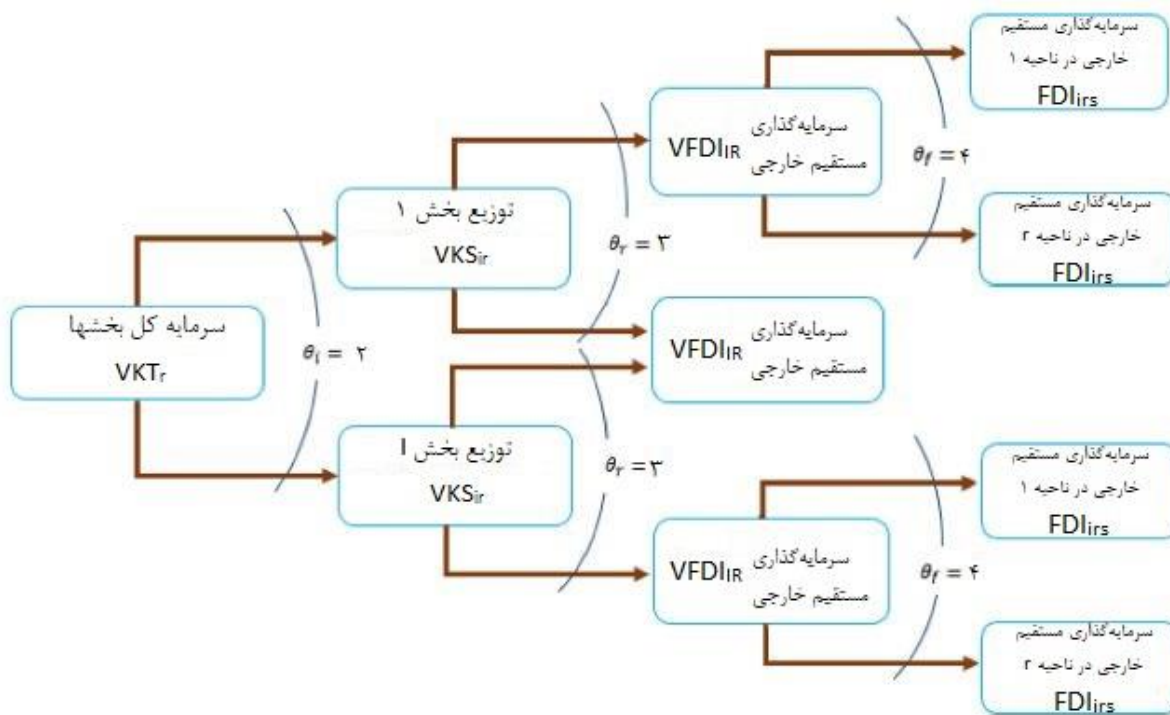
منبع: بورنیاکس و تروننگ^{۶۸}، ۲۰۰۲

شکل (۲) مکانیزم تقاضای سرمایه



منبع: نجاتی و طالقانی، ۲۰۲۲

شکل (۳) مکانیزم توزیع سرمایه



منبع: نجاتی و طالقانی، ۲۰۲۲