

Environmental Consequences of Imposing Economic Sanctions in Iran: Applying a Dynamic Computable General Equilibrium Model

Behzad

Sadeghvand* 

Ph.D. Student in Economic Sciences, Department of Economic Sciences, Faculty of Economics and Management, University of Urmia, Urmia, Iran

Hassan Heidari 

Professor, Department of Economic Sciences, Faculty of Economics and Management, University of Urmia, Urmia, Iran

Mehdi Nejati 

Associate Professor, Department of Economic Sciences, Faculty of Management and Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Abstract

Iran simultaneously faces the dual challenges of economic sanctions and escalating environmental concerns. This study aims to examine how oil export sanctions contribute to increasing carbon dioxide (CO₂) emissions across various economic sectors. Using the dynamic GTAP-E-Power model—a computable general equilibrium (CGE) model tailored for energy and environmental analysis—the impact of sanctions is assessed under three oil export reduction scenarios: 60%, 65%, and 70%. Results indicate a consistent increase in Iran's total CO₂ emissions under all scenarios, with emissions rising further as the severity of sanctions intensifies. Sectoral analysis reveals that electricity production and distribution, low-tech manufacturing, base-load fossil fuel power generation, and petroleum refining are the most affected, showing substantial emission increases. Conversely, sectors such as renewable-based electricity generation and high-tech manufacturing either experienced a decline or only a marginal increase in emissions. These findings suggest that sanctions not only impact Iran's economy but also exacerbate environmental degradation. Accordingly, the study recommends prioritizing the removal of sanctions as a macro-level policy objective, enhancing investment in oil extraction with modern technologies, expanding renewable energy infrastructure, and supporting high-tech industries that demonstrate greater resilience to sanctions and lower environmental costs.

* Corresponding Author: b.sadeghvand@urmia.ac.ir

How to Cite: Sadeghvand, B., Heidari, H. & Nejati, M. (2024). Environmental Consequences of Imposing Economic Sanctions in Iran: Applying a Dynamic Computable General Equilibrium Model. *Economics Research*, 24(93), 5-59

Introduction

Iran is concurrently grappling with widespread economic sanctions and escalating environmental challenges. Among these, the impact of oil export sanctions on carbon dioxide (CO₂) emissions stands out as a critical concern. This study investigates the extent to which sanctions, particularly those reducing Iran's oil exports, exacerbate environmental degradation. Employing a computable general equilibrium (CGE) model—specifically, the dynamic GTAP-E-Power model—this study assesses CO₂ emissions under three scenarios of oil export reduction: 60%, 65%, and 70%. The results reveal a direct correlation between intensified sanctions and increased CO₂ emissions, emphasizing the environmental costs of economic isolation.

Methods and Materials

The study utilizes the GTAP-E-Power model, a dynamic extension of the Global Trade Analysis Project framework, tailored to incorporate power sector and energy-related emissions. This model facilitates the analysis of environmental impacts resulting from shifts in economic and energy-related variables. The analysis simulates three scenarios wherein Iran's oil exports are reduced by 60%, 65%, and 70%, respectively, over the period from 2019 to 2050. The model estimates CO₂ emissions across various economic sectors under these constrained export conditions, comparing them to a baseline of unrestricted oil trade.

Results and Discussion

The simulation results indicate a consistent increase in CO₂ emissions within Iran as oil export sanctions intensify. Specifically, emissions rise by an average of 0.187%, 0.193%, and 0.197% in the three respective scenarios. Conversely, sanctioning countries experience a decline in their own CO₂ emissions, likely due to increased adoption of clean energy alternatives.

Sectoral analysis reveals that electricity production and distribution, low-tech industries, fossil fuel-based power generation, and oil product manufacturing are the most affected sectors. These sectors exhibit the highest CO₂ emission increases, with emission intensity growing alongside the severity of sanctions. In contrast, sectors relying on renewable energy and high-tech industries display minimal or even negative emission growth, highlighting their resilience.

Electricity generation using fossil fuels under base load conditions sees annual average CO₂ increases of 0.602%, 0.641%, and 0.677%, while peak load shows slightly lower increases. However, renewable-based electricity generation demonstrates minimal or negative changes: +0.015% and +0.08% in the first two scenarios, and -0.001% in the third.

Moreover, low-tech and medium-tech industries show significantly higher increases in emissions than high-tech industries, which remain relatively unaffected due to their access to advanced and efficient technologies. Similarly, sectors such as mining, coal, agriculture, and services all show

rising CO emissions under heightened sanctions, with the coal sector being particularly sensitive.

Table1. Percentage Change in Carbon Dioxide Emissions

Scenario 3: A 70% Reduction			Scenario 2: A 65% Reduction			Scenario 1: A 60% Reduction			Year
Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	
0/257	0/001	-0/028	0/246	0/001	-0/026	0/234	0/001	-0/024	2019
0/204	0/002	-0/029	0/199	0/002	-0/027	0/191	0/002	-0/025	2020
0/184	0/003	-0/031	0/181	0/003	-0/028	0/176	0/003	-0/026	2022
0/184	0/005	-0/032	0/182	0/004	-0/03	0/178	0/004	-0/027	2024
0/193	0/006	-0/033	0/192	0/005	-0/031	0/188	0/005	-0/028	2026
0/207	0/006	-0/034	0/205	0/006	-0/032	0/2	0/006	-0/029	2028
0/218	0/007	-0/035	0/215	0/007	-0/032	0/21	0/006	-0/03	2030
0/222	0/007	-0/035	0/219	0/007	-0/032	0/214	0/006	-0/03	2032
0/223	0/007	-0/035	0/22	0/007	-0/032	0/213	0/007	-0/03	2034
0/222	0/007	-0/035	0/218	0/007	-0/032	0/211	0/007	-0/029	2036
0/217	0/007	-0/034	0/212	0/007	-0/031	0/206	0/006	-0/029	2038
0/209	0/006	-0/033	0/205	0/006	-0/03	0/198	0/006	-0/028	2040
0/2	0/006	-0/032	0/196	0/005	-0/029	0/189	0/005	-0/027	2042
0/187	0/005	-0/03	0/182	0/004	-0/028	0/175	0/004	-0/025	2044
0/168	0/004	-0/028	0/164	0/004	-0/026	0/158	0/003	-0/023	2046
0/142	0/003	-0/026	0/14	0/003	-0/024	0/135	0/003	-0/021	2048
0/113	0/003	-0/024	0/112	0/003	-0/022	0/109	0/003	-0/02	2050
0/197	0/005	-0/031	0/193	0/005	-0/029	0/187	0/005	-0/027	Avg

Source: Research findings

Table2. Sectoral Changes in Carbon Dioxide Emissions under Scenario 1: A 60% Reduction in Iran's Oil Exports

Scenario 3: A 70% Reduction			Scenario 2: A 65% Reduction			Scenario 1: A 60% Reduction			Economic Sectors
Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	
0/169	0/004	-0/03	0/239	0/006	-0/026	0/259	0	-0/027	1 agr
0/366	0/006	-0/035	0/263	0/007	-0/024	0/711	-0/003	-0/043	2 Mine
0/399	0/002	0/002	0/109	0/001	0/003	0/578	-0/002	0/004	3 coal
0/129	-0/008	0/002	0/122	-0/009	0/001	0/508	-0/012	0/004	4 oil
0/216	0/003	-0/016	0/33	0	-0/06	0/726	-0/018	0/003	5 gas
0/641	0/008	-0/059	0/5	0/007	-0/038	0/68	0/006	-0/059	6 oil_pts
0/528	0/002	-0/017	0/549	0/005	-0/019	0/821	-0/005	-0/008	7 Low
0/355	0/002	-0/018	0/171	0/001	-0/014	0/676	-0/004	-0/015	8 Medium
-0/005	0/003	-0/014	-0/463	0/004	-0/016	0/195	-0/006	-0/006	9 High
0/617	0/001	0/013	0/582	0	0/018	0/596	-0/003	0/013	10 TND
0/602	0/001	0/004	0/625	0	0/004	0/545	-0/002	0/006	11 FBL
0/015	-0/001	0/014	-0/12	-0/002	0/016	0/159	-0/005	0/015	12 RBL
0/486	0/001	0/002	0/415	0/001	-0/002	0/491	-0/002	0/006	13 FPL
0/262	0/006	-0/044	0/069	0/003	-0/026	0/271	0/005	-0/044	14 serv

Source: Research findings

Table3. Sectoral Changes in Carbon Dioxide Emissions under Scenario 2: A 65% Reduction in Iran's Oil Exports

Scenario 3: A 70% Reduction			Scenario 2: A 65% Reduction			Scenario 1: A 60% Reduction			Economic Sectors
Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	
0/178	0/005	-0/032	0/255	0/006	-0/028	0/276	0	-0/03	1 agr
0/396	0/006	-0/038	0/285	0/007	-0/027	0/769	-0/003	-0/047	2 Mine
0/425	0/003	0/003	0/113	0/001	0/003	0/624	-0/002	0/005	3 coal
0/14	-0/009	0/003	0/13	-0/01	0/002	0/555	-0/013	0/005	4 oil
0/24	0/003	-0/017	0/359	0	-0/064	0/795	-0/02	0/003	5 gas
0/68	0/009	-0/064	0/531	0/007	-0/042	0/725	0/006	-0/065	6 oil_pcts
0/567	0/002	-0/018	0/59	0/005	-0/02	0/89	-0/006	-0/009	7 Low
0/384	0/002	-0/019	0/187	0/001	-0/015	0/735	-0/004	-0/016	8 Medium
-0/011	0/003	-0/016	-0/494	0/004	-0/017	0/21	-0/006	-0/007	9 High
0/658	0/001	0/015	0/621	0	0/019	0/639	-0/003	0/014	10 TND
0/641	0/002	0/005	0/668	0	0/005	0/582	-0/002	0/007	11 FBL
0/008	-0/001	0/016	-0/138	-0/002	0/018	0/172	-0/006	0/017	12 RBL
0/516	0/002	0/003	0/441	0/001	-0/002	0/524	-0/002	0/007	13 FPL
0/271	0/007	-0/048	0/069	0/003	-0/029	0/283	0/005	-0/048	14 serv

Source: Research findings

Table4. Sectoral Changes in Carbon Dioxide Emissions under Scenario 3: A 70% Reduction in Iran's Oil Exports

Scenario 3: A 70% Reduction			Scenario 2: A 65% Reduction			Scenario 1: A 60% Reduction			Economic Sectors
Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	
0/187	0/005	-0/035	0/27	0/006	-0/031	0/292	0	-0/032	1 agr
0/425	0/006	-0/042	0/308	0/007	-0/029	0/826	-0/004	-0/051	2 Mine
0/45	0/003	0/003	0/116	0/001	0/003	0/67	-0/002	0/005	3 coal
0/151	-0/009	0/003	0/138	-0/01	0/002	0/603	-0/014	0/005	4 oil
0/265	0/003	-0/018	0/388	0/001	-0/071	0/867	-0/022	0/003	5 gas
0/714	0/009	-0/07	0/558	0/008	-0/046	0/767	0/006	-0/07	6 oil_pcts
0/605	0/002	-0/02	0/628	0/005	-0/022	0/959	-0/007	-0/009	7 Low
0/412	0/002	-0/021	0/204	0/001	-0/017	0/794	-0/004	-0/018	8 Medium
-0/02	0/003	-0/017	-0/527	0/004	-0/02	0/225	-0/007	-0/007	9 High
0/696	0/001	0/016	0/656	0	0/021	0/681	-0/003	0/015	10 TND
0/677	0/002	0/005	0/709	0	0/005	0/618	-0/002	0/007	11 FBL
-0/001	-0/001	0/017	-0/158	-0/001	0/019	0/184	-0/006	0/018	12 RBL
0/542	0/002	0/003	0/463	0/001	-0/002	0/557	-0/002	0/007	13 FPL
0/277	0/007	-0/052	0/066	0/003	-0/032	0/293	0/006	-0/052	14 serv

Source: Research findings

Conclusion

The findings underscore the substantial environmental costs of oil export sanctions on Iran. Sanctions lead to increased reliance on carbon-intensive industries and outdated technologies, thereby elevating national CO emissions. In contrast, high-tech sectors and renewable energy-based power generation exhibit greater resilience.

Key policy recommendations include:

- Prioritizing the removal of international sanctions to mitigate environmental and economic damage.
- Investing in oil product manufacturing with access to cleaner, advanced technologies.

- Expanding renewable energy sources in electricity production to reduce fossil fuel dependency.
- Strengthening high-tech industries to enhance technological resilience.
- Focusing development on sanction-resilient sectors, particularly those capable of maintaining efficiency and environmental standards under constrained conditions.

Strategic investments in clean technology and the facilitation of knowledge transfer are vital to offsetting the negative environmental consequences of continued sanctions.

Keywords: Economic sanctions, environmental consequences, computable general equilibrium model, Iran.

JEL Classification: D58, F51, Q51





پیامدهای محیط زیستی تحریم‌های اقتصادی ایران: کاربرد مدل تعادل عمومی قابل محاسبه‌ی پویا

بهزاد صادق‌وند  * دانشجوی دکتری رشته علوم اقتصادی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

حسن حیدری  استاد، گروه اقتصاد، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

مهدی نجاتی  دانشیار، گروه اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

چکیده

کشور ایران هم‌زمان با مسئله تحریم و اثرات منفی آن در بخش‌های مختلف اقتصادی و نیز چالش‌های محیط‌زیستی متعدد روبروست. بررسی میزان اثرگذاری تحریم‌ها بر تشدید معضلات محیط‌زیستی در ایران هدف اصلی این پژوهش بوده و برای این منظور در قالب سه سناریوی کاهش ۶۰، ۶۵ و ۷۰ درصدی صادرات نفت، اثرات تحریم بر افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران بررسی شده‌است. برای این منظور از الگوی GTAP-E-Power که یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه است به‌صورت پویا استفاده شده‌است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که کل انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران با اعمال تحریم‌های نفتی افزایش می‌یابد و با تشدید تحریم‌ها بر میزان انتشار آن افزوده می‌شود. در بررسی میزان انتشار دی‌اکسیدکربن به تفکیک بخش‌های اقتصادی مشخص شد بخش‌های تولید و توزیع برق، صنایع با فناوری پایین، تولید برق با سوخت‌های فسیلی بارپایه و تولیدات نفتی به‌عنوان بخش‌هایی بوده‌اند که هم بیشترین افزایش را در انتشار دی‌اکسیدکربن داشته‌اند و هم بر شدت این انتشار با تشدید تحریم‌ها افزوده می‌شود. در مقابل بخش‌های تولید برق با صنایع تجدیدپذیر بارپایه و صنایع با فناوری بالا بخش‌هایی بوده‌اند که در سه سناریو اعمال شده، با کاهش در تولید دی‌اکسیدکربن یا با افزایش اندک نسبت به سایر بخش‌ها مواجه گردیده‌اند. با توجه به نتایج به‌دست آمده توصیه‌های سیاستی شامل رفع تحریم‌ها به‌عنوان اولویت کلان سیاسی و اقتصادی، سرمایه‌گذاری در حوزه تولید محصولات نفتی با دسترسی به فناوری‌های نوین، تمرکز بر توسعه منابع تجدیدپذیر در تولید برق، تقویت صنایع با فناوری بالا با امکان دسترسی به فناوری‌های پیشرفته و تمرکز بر بخش‌های تاب‌آور در برابر تحریم‌ها پیشنهاد می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: تحریم‌های اقتصادی، پیامدهای محیط‌زیستی، مدل تعادل عمومی قابل محاسبه پویا، ایران

طبقه‌بندی JEL: Q51, F51, D58

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری رشته علوم اقتصادی دانشگاه ارومیه است.

* نویسنده مسئول: b.sadeghvand@urmia.ac.ir

۱. مقدمه

تحریم، اقدامی برنامه‌ریزی شده از سوی یک یا چند دولت از طریق محدود کردن مناسبات و مبادلات اقتصادی برای اعمال فشار بر کشور هدف با اهداف مختلف سیاسی و اقتصادی است (فلاح‌پور و همکاران، ۱۴۰۱). ایران از جمله کشورهایی است که در تاریخ معاصر خود، به دلایلی مانند ملی شدن صنعت نفت، تسخیر سفارت آمریکا، مناقشات هسته‌ای، برنامه موشکی، مسائل حقوق بشری و... با تحریم‌هایی از سوی آمریکا و کشورهای همسو مواجه بوده است. مطالعات متعدد نشان می‌دهد که تحریم‌ها در ایران اثرات منفی بر بخش‌های مختلف اقتصادی داشته است.

عزتی و همکاران (۱۴۰۱) تأثیر منفی تحریم‌ها بر تولید ناخالص داخلی و درآمد سرانه، فروغی و همکاران (۱۴۰۱) اثر نامناسب تحریم‌های بین‌المللی در میزان بهره‌برداری از میادین صنعت نفت، پروین و همکاران (۱۴۰۱) آثار رفاهی تحریم‌های اقتصادی، امیدی فتحکوهی و همکاران (۱۴۰۱) تأثیر منفی تحریم‌ها بر سرمایه‌گذاری، کلیشومی و نیستیکو^۱ (۲۰۲۲) تأثیر سوء تحریم‌ها بر افزایش بیکاری، کمالی دهکردی (۱۳۹۹) تأثیر تکانه تحریم بر افزایش قیمت مسکن، سید نورانی و همکاران (۱۳۹۸) اثر منفی و معنادار تحریم بر عملکرد نظام بانکی و پرت و علیزاده^۲ (۲۰۱۷) اثر تحریم‌ها بر صنعت گردشگری در ایران را طی پژوهش‌هایی مورد بررسی قرار داده‌اند با این حال، اثرگذاری تحریم بر محیط‌زیست موضوعی است که کمتر مورد بررسی قرار گرفته است.

این مسئله زمانی اهمیت بیشتری می‌یابد که ایران با چالش‌های متعددی در حوزه محیط‌زیست از جمله بحران آب، آلودگی هوا در کلان‌شهرها، خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌ها، فرسایش خاک، تخریب جنگل‌ها و مراتع، مصرف بی‌رویه انرژی و انتشار آلاینده‌ها روبه‌رو بوده و این معضلات محیط‌زیستی پیامدهایی مانند افزایش مهاجرت، تشدید حاشیه‌نشینی، رکود اقتصادی، بیکاری، و افزایش فقر را به همراه داشته‌اند (رنجبر و جمشیدی، ۱۳۹۵).

بنابراین موضوع تحریم‌ها و چالش‌های محیط‌زیستی می‌تواند در صدر فهرست مشکلات ایران قرار گیرند. اما اینکه تحریم‌ها و تشدید آن تا چه اندازه می‌تواند اثر مخربی بر

1. Kelishomi & Nistico (2022)

2. Pratt & Alizadeh (2017)

محیط‌زیست ایران داشته باشند، پرسشی است که این پژوهش به دنبال یافتن پاسخی برای آن است.

در این مطالعه، از الگوی پروژه تحلیل تجارت جهانی در قالب GTAP-E-Power که یکی از انواع مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه است، به صورت پویا استفاده شده است. این الگو که یک مدل چندعاملی، چندبخشی و چندمنطقه‌ای است، ابزاری مناسب برای ارزیابی اثرات انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اقتصاد و محیط‌زیست در بلندمدت به شمار می‌رود. این مطالعه طی سه سناریو (کاهش ۶۰، ۶۵، و ۷۰ درصدی صادرات نفت ایران) به بررسی اثر تحریم‌های اقتصادی بر تشدید انتشار گاز دی‌اکسید کربن پرداخته است.

ساختار مقاله حاضر به گونه‌ای تدوین شده است که در بخش دوم، ابتدا مبانی نظری مرتبط با موضوع از جمله انواع تحریم‌های اقتصادی، شاخص‌های عملکرد زیست‌محیطی، رقابت‌پذیری پایدار، و سازوکارهای نظری اثرگذاری تحریم‌ها بر محیط‌زیست مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه، در همان بخش، پیشینه پژوهش‌های داخلی و بین‌المللی مرتبط با تأثیر تحریم‌ها بر بخش‌های مختلف اقتصادی و به‌ویژه پیامدهای زیست‌محیطی آن‌ها مرور و تحلیل می‌شود تا جایگاه پژوهش حاضر در چارچوب مطالعات موجود مشخص گردد. بخش سوم مقاله به روش‌شناسی تحقیق اختصاص دارد که در آن، مدل تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE) و به‌ویژه نسخه توسعه‌یافته GTAP-E-Power معرفی می‌شود. در بخش چهارم، یافته‌های پژوهش مبتنی بر شبیه‌سازی سناریوهای مختلف کاهش صادرات نفت ناشی از اعمال تحریم‌ها ارائه شده و تأثیر آن بر انتشار دی‌اکسید کربن در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران به تفکیک تحلیل می‌گردد. در پایان، بخش پنجم به جمع‌بندی نتایج و ارائه پیشنهادها و سیاستی مبتنی بر شواهد مدل‌سازی شده اختصاص دارد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱. مبانی نظری

۲-۱-۱. تحریم‌های اقتصادی و انواع آن

تحریم‌های اقتصادی را می‌توان اقدامات برنامه‌ریزی‌شده توسط یک یا چند کشور برای اعمال فشار و محدود کردن روابط اقتصادی با کشور هدف برای مقاصد سیاسی تعریف نمود

(پرت و علیزاده^۱، ۲۰۱۷)، تحریم‌ها به عنوان جایگزینی ارزان‌تر از مداخله نظامی در نظر گرفته شده (کمپفر و لوئنبِرگ^۲، ۲۰۰۷) و استفاده از آن به منظور پیگیری اهداف مختلف در طول سال‌ها روند افزایشی به خود گرفته است (غریب‌نواز و واشچیک^۳، ۲۰۱۵). از نظر ماهیت می‌توان تحریم‌ها را به دو دسته تحریم‌های تجاری^۴ و تحریم‌های مالی^۵ تقسیم نمود، تحریم‌های تجاری به دنبال هدف قراردادن ظرفیت‌های واردات و صادرات یک کشور هستند و معمولاً کالاها و خدمات مورد معامله را تحریم می‌کنند، اما تحریم‌های مالی با تحریم بانک‌ها، مؤسسات مالی و افراد، مانع از تراکنش‌های مالی بین‌المللی می‌شود (پرت و علیزاده، ۲۰۱۷)، همچنین تحریم‌ها را از نظر تعداد کشورهای تحریم‌کننده می‌توان به تحریم‌های یک‌جانبه (از طرف یک کشور علیه کشور هدف اعمال شود) و تحریم‌های چندجانبه (بیش از یک کشور در اعمال تحریم سهیم باشند) تقسیم نمود (عزتی و همکاران، ۱۴۰۱).

۲-۱-۲. تاریخچه‌ای از تحریم‌های اعمالی بر ایران

ایران از جمله کشورهایی بوده که در تاریخ معاصر خود همواره با مسئله تحریم‌ها مواجه بوده است، این تحریم‌ها از دوران نخست‌وزیری مرحوم مصدق و اقدام شاخص او در ملی کردن صنعت نفت آغاز گردید (عزتی، ۱۳۹۹). نخستین تحریم‌ها پس از انقلاب اسلامی در سال ۱۳۵۷ نیز به دلیل ماجرای تسخیر لانه جاسوسی رخ داد (علینی و خواجه سروری، ۱۴۰۱) و پس از آن عمده بهانه‌های تحریم ایران، حمایت از تروریسم، مناقشات مربوط به برنامه هسته‌ای (غریب‌نواز و واشچیک، ۲۰۱۵)، برنامه موشکی و مسائل حقوق بشری بوده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد ایران هم مورد تحریم‌های تجاری و مالی و هم تحریم‌های یک‌جانبه و چندجانبه قرار گرفته است.

در بررسی کشورهای تحریم‌کننده ایران ملاحظه می‌گردد ایالات متحده آمریکا از سابقه بیشتری برخوردار بوده (عیسی‌زاده همکاران، ۱۴۰۰) و رفته‌رفته توانسته اتحادیه اروپا را به ویژه در مورد مسائل هسته‌ای با خود علیه ایران همراه نماید و ایران را در معرض چندین

1. Pratt & Alizadeh (2017)

2. Kaempfer & Lowenberg (2007)

3. Gharibnavaz & waschik (2015)

4. Trade Sanctions

5. Financial Sanctions

قطعه‌نامه شورای امنیت قرار دهد. علاوه بر آن کشورهای دیگر نظیر ژاپن، کانادا و استرالیا نیز تحریم‌های یک‌جانبه‌ای را علیه ایران به اجرا گذاشته‌اند (علینی و خواجه سروری، ۱۴۰۱). در بررسی تحریم‌های انجामी توسط اتحادیه اروپا و آمریکا ملاحظه می‌گردد صنعت نفت و محصولات پتروشیمی، کشتیرانی، بانک مرکزی و مراودات مالی، فلزات و مواد معدنی، قراردادهای تسلیحاتی، بخش خودروسازی، طلا و سنگ‌های قیمتی، سپاه پاسداران انقلاب اسلامی و شرکت‌های وابسته به آن و بسیاری دیگر از بخش‌ها، نهادها و افراد مرتبط با جمهوری اسلامی ایران مورد تحریم‌های شدید قرار گرفته‌اند.

موضوع مهم در تاریخ تحریم‌های ایران به توافق هسته‌ای ایران با گروه ۵+۱ (ایالات متحده، روسیه، چین، انگلیس، فرانسه و آلمان) در سال ۲۰۱۵ برمی‌گردد. ایران در طی سال‌ها همواره بر حق خود مبنی بر استفاده صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای و در سوی مقابل قدرت‌های جهانی به رهبری آمریکا بر اطمینان یافتن از عدم امکان تولید و توسعه سلاح‌های هسته‌ای توسط ایران تأکید کرده‌اند که همین امر منجر به شکل‌گیری مذاکرات گسترده‌ای گردید که در نهایت توافق هسته‌ای موسوم برجام (برنامه جامع اقدام مشترک) میان ایران و گروه ۵+۱ در سال ۲۰۱۵ به وقوع پیوست که متعاقب آن ایالات متحده آمریکا متعهد شد به‌ازای پذیرش محدودیت‌های غنی‌سازی اورانیوم از سوی ایران، تحریم‌های ثانویه^۱ و نفتی ایران را لغو کند که با اجرایی شدن توافق یاد شده، این تصمیم اجرایی شد. بر پایه آمارهای موجود، پس از رفع تحریم‌ها، رشد اقتصادی ایران مثبت و باعث گسترش تجارت خارجی و جذب سرمایه خارجی از سوی ایران در دوره پس‌برجام گردید اما با روی کار آمدن دونالد ترامپ، زمزمه‌هایی درباره خروج آمریکا از این توافق به گوش رسید که این موضوع در سال ۲۰۱۷ عملی شد و تحریم‌های ایران بازگشت (سید نورانی و همکاران، ۱۳۹۸) و مشکلات ایران در ارتباط با تحریم‌ها تداوم یافت.

۱. تحریم‌های ثانویه (Secondary Sanctions) تحریم‌هایی هستند که به‌صورت فراسرزمینی، بر نهادها و اشخاص غیر آمریکایی اعمال شده و این نهادها و اشخاص را به دلیل انجام معامله با کشور هدف تحریم، مجازات می‌کنند.

۲-۱-۳. وضعیت محیط‌زیست ایران از منظر شاخص‌های بین‌المللی

الف. شاخص عملکرد محیط‌زیستی

شاخص عملکرد محیط‌زیستی^۱ که به اختصار EPI نامیده می‌شود نتیجه پروژه‌ای مشترک بین مرکز قانون و سیاست محیط زیستی ییل^۲ و مرکز شبکه جهانی اطلاعات علوم زمین^۳ در مؤسسه زمین‌شناسی دانشگاه کلمبیا است. انتشار این گزارش‌ها که از سال ۲۰۰۶ شروع گردیده هر دو سال یکبار صورت می‌گیرد. این شاخص ترکیبی از سه محور اصلی «سرزندگی محیط‌زیست»^۴، با ضریب ۰/۴۵، «سلامت محیط‌زیست»^۵ با ضریب ۰/۲۵ و «تغییرات آب‌وهوایی»^۶ با ضریب ۰/۳۰ است. در سال ۲۰۲۴، ایران در محور «سرزندگی محیط‌زیست» با امتیاز ۴۵/۹ در رتبه ۱۱۶، در محور «سلامت محیط‌زیست» با امتیاز ۴۱/۶ در رتبه ۹۸ و در «تغییرات آب‌وهوایی» با امتیاز ۳۵/۱ در جایگاه نامناسب ۱۳۲ در میان ۱۸۰ کشور مورد بررسی قرار گرفته است.

سه محور گفته شده در یک تقسیم‌بندی جزئی‌تر شامل ۱۱ طبقه‌بندی موضوعی می‌گردند که کشور ایران در محور موضوعی «کشاورزی» با امتیاز ۳۷/۸ در رتبه ۱۵۹، «قرارگرفتن در معرض فلزات سنگین» با امتیاز ۲۶/۸ در رتبه ۱۵۶ و «کاهش تغییرات اقلیمی» با امتیاز ۳۵/۱ در جایگاه ۱۳۲ در مقایسه با ۱۸۰ کشور مورد بررسی داشته است. ایران همچنین در موضوع‌های «تنوع زیستی» با امتیاز ۴۲/۹ در رتبه ۱۱۴، «منابع آب» با امتیاز ۲۸/۷ در جایگاه ۱۰۸، «کیفیت هوا» با امتیاز ۳۶/۹ در رتبه ۱۰۲ و «آلودگی هوا» با امتیاز ۷۰/۷ در جایگاه ۹۷ قرار گرفته است. همچنین در موضوعات «مدیریت پسماند (زباله‌ها)»، «بهداشت ناایمن و آب آشامیدنی ناسالم» و «شیلات» با امتیازهای ۳۱/۷، ۶۵/۶ و ۶۳/۳ به ترتیب در رتبه‌های ۸۸، ۶۴ و ۶۳ قرار گرفته و بهترین عملکرد را در میان موضوعات طبقه‌بندی شده شاخص EPI در بین سایر کشورها داشته است.

نکته دیگر آنکه از سال ۲۰۰۶ که این گزارش به صورت دوسالانه منتشر شده است در هر دوره تغییراتی در ساختار، شاخص‌های عملکردی، ضرایب این شاخص‌ها و تعداد کشورهای مورد بررسی به وجود آمده و همین امر امکان بررسی جایگاه ایران در شاخص

1. Environmental Performance Index

2. Yale Center for Environmental Law & Policy

3. Center for International Earth Science Information Network

4. Ecosystem Vitality

5. Environmental Health

6. Climate Change Performance

EPI از منظر شاخص‌های عملکردی و نیز مقایسه جایگاه ایران با سایر کشورها را تحت‌الشعاع قرار داده اما به‌منظور ارائه یک نگرش کلی رتبه و امتیاز ایران در این شاخص در جدول ۱ آورده شده است:

جدول ۱. امتیاز و رتبه ایران در شاخص عملکرد محیط‌زیستی

سال	تعداد کشورهای مورد بررسی	امتیاز ایران	رتبه ایران
۲۰۰۶	۱۳۳	۷۰	۵۳
۲۰۰۸	۱۴۹	۷۶/۹	۶۷
۲۰۱۰	۱۶۳	۷۸	۶۰
۲۰۱۲	۱۳۲	۷۳/۴۲	۱۱۴
۲۰۱۴	۱۷۸	۵۱/۰۸	۸۳
۲۰۱۶	۱۸۰	۶۶/۳۲	۱۰۵
۲۰۱۸	۱۸۰	۵۸/۱۶	۸۰
۲۰۲۰	۱۸۰	۴۸	۶۷
۲۰۲۲	۱۸۰	۳۴/۵۰	۱۳۳
۲۰۲۴	۱۸۰	۴۱/۶	۱۱۲

مأخذ: گزارش‌های عملکرد محیط زیست (EPI) در سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۴

با توجه به جدول فوق می‌توان گفت که در سال ۲۰۰۶ نسبت به سال ۲۰۲۴ امتیاز ایران از ۷۰ به ۴۱/۶ و رتبه کشور از ۵۳ (در بین ۱۳۳ کشور) به ۱۱۲ (در بین ۱۸۰ کشور) تنزل کرده است که نشان از بدتر شدن وضعیت ایران در شرایط محیط زیستی دارد، همچنین بررسی جایگاه و رتبه ایران در سال ۲۰۲۴ نسبت به سال ۲۰۱۶ که تعداد کشورهای بررسی‌کننده با ۱۸۰ کشور ثابت بوده است نیز نشان از کاهش رتبه و امتیاز این کشور دارد که بر موضوع تضعیف عملکرد ایران در حوزه محیط‌زیست صحنه می‌گذارد.

ب. شاخ رقابت‌پذیری پایدار

شاخص جهانی رقابت‌پذیری پایدار^۱، رقابت‌پذیری و پایداری کشورها را بر اساس ۱۹۰ شاخص کمی مشتق شده از سازمان‌های بین‌المللی (بانک جهانی، صندوق بین‌المللی پول، سازمان ملل و...) اندازه‌گیری می‌کند و برای اولین بار در سال ۲۰۱۲ منتشر گردیده است. رقابت پایدار توانایی تولید و حفظ ثروت فراگیر بدون کاهش توانایی نسل‌های آینده، برای حفظ یا افزایش سطح ثروت فعلی است. شاخص رقابت‌پذیری پایدار دارای ۶ رکن با

1. Global Sustainable Competitiveness Index

(ضریب) اهمیت یکسان است که شامل کارایی حکمرانی^۱، سرمایه فکری و نوآوری^۲، سرمایه طبیعی^۳، سرمایه اجتماعی^۴، بهره‌وری منابع^۵ و پایداری اقتصاد^۶ می‌گردد. در جدول ۲ جایگاه ایران در این شاخص در سال ۲۰۲۲ در میان ۱۸۲ کشور دنیا ارائه شده است. لازم به ذکر است در هر محور نمره از صفر تا صد منظور می‌شود که نمره ۱۰۰ بهترین و صفر بدترین وضعیت را نشان می‌دهد.

جدول ۲. رتبه و امتیاز ایران در شاخص رقابت‌پذیری پایدار

رتبه	امتیاز	شاخص / رکن
۱۵۱	۳۷/۱	شاخص رقابت‌پذیری پایدار
۱۱۹	۴۱/۳	کارایی حکمرانی
۲۲	۵۴/۹	سرمایه فکری و نوآوری
۱۴۵	۳۲/۹	سرمایه طبیعی
۱۳۵	۳۸/۴	سرمایه اجتماعی
۱۸۲ (رتبه آخر)	۲۲/۸	بهره‌وری منابع
۱۷۳	۳۲	پایداری اقتصاد

مأخذ: گزارش رقابت‌پذیری پایدار در سال ۲۰۲۲

بر مبنای اطلاعات ارائه شده ایران در شاخص «رقابت‌پذیری پایدار» با امتیاز ۳۷/۱ در جایگاه ۱۵۱ در میان سایر کشورها قرار گرفته است. در دو رکن «بهره‌وری منابع» و «سرمایه طبیعی» که به طور مستقیم با محیط‌زیست ارتباط دارند ایران در رکن «بهره‌وری منابع» با امتیاز ۲۲/۸ در جایگاه ۱۸۲ (رتبه آخر) و در رکن «سرمایه طبیعی» با امتیاز ۳۲/۹ در جایگاه ۱۴۵ در بین سایر کشورهای دنیا جای گرفته است. در رکن‌های «پایداری اقتصاد» و «کارایی حکمرانی» نیز که عملکردشان تحت تأثیر تحریم قرار می‌گیرد رتبه‌های نامناسب ۱۷۳ و ۱۱۹ را در بین سایر کشورها کسب نموده است. لازم به ذکر است کشور ایران در دو رکن دیگر این شاخص یعنی «سرمایه اجتماعی» و «سرمایه فکری و نوآوری» با امتیازهای ۳۸/۴ و ۵۴/۹ در رتبه‌های ۱۳۵ و ۲۲ در بین سایر کشورها قرار گرفته‌اند.

1. Governance Efficiency
2. Intellectual Capital and Innovation
3. Natural Capital
4. Social capital
5. Resource Efficiency and Intensity
6. Economic Sustainability

۲-۱-۴. بررسی مکانیزم اثرگذاری تحریم‌ها بر تخریب محیط‌زیست

موضوع مهمی که در این قسمت از پژوهش مورد بررسی قرار گرفته این است که تحریم‌ها چگونه باعث تشدید بحران‌های محیط‌زیستی می‌گردند و آیا این فرایند تأثیرگذاری در ایران هم به وقوع پیوسته است؟ سؤال مهمی که پاسخ به آن در پژوهش‌های پیشین گوناگون مورد بحث قرار گرفته که با بررسی آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

الف) از اولویت خارج شدن مسأله محیط‌زیست برای دولت‌ها به دلیل ایجاد و تشدید مشکلات اقتصادی ناشی از تحریم‌ها: تحریم‌ها با ایجاد اختلال در روابط تجاری و مالی، کاهش رشد اقتصادی، ایجاد نوسانات ارزی، افزایش تورم، افزایش ریسک اقتصادی و به تبع آن کاهش سرمایه‌گذاری خارجی، کاهش اشتغال و کاهش سهم کشور از بازارهای جهانی باعث ایجاد بحران‌های اقتصادی و امنیتی در کشور مدنظر شده و در نتیجه توجه به آسیب‌های محیط‌زیستی از اولویت سیاست‌گذاری آن کشور خارج می‌گردد (چن و همکاران^۱، ۲۰۱۹). در تحقیقی که توسط خلیلی و همکاران (۲۰۱۸) در ایران انجام شد نیز به این نتیجه رسیدند که تحریم‌ها موجب کاهش اولویت محیط‌زیست در سیاست‌های دولتی ایران شده است.

ب) کاهش کنترل‌های محیط‌زیستی توسط دولت‌های تحریم‌شده باهدف تشویق کسب‌وکارهای آسیب‌دیده از تحریم: از آنجایی که تحریم‌ها باعث ایجاد مشکلات برای بنگاه‌های اقتصادی مانند عدم سرمایه‌گذاری‌های لازم و عدم امکان استفاده از فناوری‌های تولید پیشرفته می‌گردد، دولت‌های تحریم‌شده باهدف تشویق کسب‌وکارهای آسیب‌دیده از تحریم‌ها، کنترل‌های محیط‌زیستی؛ مانند انتشار آلاینده‌ها و تخلیه پسماندهای تولیدی را نادیده می‌گیرند (کولستاد و همکاران^۲، ۲۰۱۶). در ایران نیز صادقی و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند به دلیل تحریم‌ها، دولت ایران برای کاهش اثرات اقتصادی بحران‌ها، برخی از قوانین و کنترل‌های محیط‌زیستی را کاهش داده که این کاهش نظارت‌ها باعث افزایش آلودگی‌ها و تخریب محیط‌زیست در صنایع ایران شده است.

ج) از اولویت خارج شدن مسئله محیط‌زیست به دلیل کاهش رفاه و درآمد عمومی از سوی مردم: با توجه به اینکه تحریم‌ها باعث کاهش درآمد و افزایش بیکاری در جامعه می‌گردند، توجه به محیط‌زیست از اولویت عمومی خارج می‌شود، به عنوان مثال

1. Chen et al.

2. Kolstad et al.

درحالی که محصولات سبز عمدتاً قیمت بالایی دارند، اعمال تحریم‌ها می‌تواند منجر به کاهش مصرف سبز و به تبع آن تخریب بیشتر محیط‌زیست گردد. علی‌پور و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی با تمرکز بر رفتار مصرف‌کنندگان ایرانی در شرایط تحریم، نشان دادند که مردم بیشتر به مسائل اقتصادی و معیشتی توجه می‌کنند و ترجیح می‌دهند که از خرید محصولات سبز که قیمت بالاتری دارند خودداری کنند.

د) محدودشدن دستیابی به فناوری‌های روز دنیا به دلیل تنگنای ناشی از تحریم‌ها: با محدودکردن دستیابی به فناوری‌های کارآمدتر، تحریم‌ها می‌تواند منابع طبیعی را تحت فشار قرار دهند و عملکرد محیط‌زیستی را تخریب کنند (خالد و همکاران^۱، ۲۰۲۴). از آنجایی که تحریم‌های اقتصادی مانع واردات کالاهای خدمات‌مبته بر فناوری‌های جدید می‌شود، استفاده از فناوری‌های بروز در مقابله با مسائل و معضلات محیط‌زیستی برای دولت‌ها دشوار می‌گردد (صابرپور و همکاران، ۱۴۰۰). در مورد ایران خالد و همکاران (۲۰۲۴) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که تحریم‌ها موجب کاهش توانایی ایران در واردات فناوری‌های پیشرفته شده و این امر باعث افزایش فشار بر منابع طبیعی گردیده است. این تحقیق که با روش تحلیل مقایسه‌ای و بررسی موارد مشابه در کشورهای تحریم‌شده انجام شد، نشان داد که عدم دسترسی به فناوری‌های نوین در ایران موجب کاهش کارایی در مدیریت منابع طبیعی و حفاظت از محیط‌زیست شده است.

ه) کاهش بهره‌وری نیروی انسانی و عوامل فیزیکی به دلیل تحریم‌ها و ایجاد فشار مضاعف بر محیط‌زیست: تحریم‌ها به طرق مختلف از جمله کاهش ارتباطات کارشناسان و نیروی کار خبره با دنیای بیرون و عدم دسترسی به آخرین فناوری‌ها باعث می‌گردد از بهره‌وری نیروی کار کاسته شود و از این طریق باعث کاهش کیفیت سرمایه انسانی و به تبع آن مشارکت کمتر آن‌ها در رشد اقتصادی می‌گردد. از سوی دیگر عدم دسترسی به آخرین تجهیزات تولید به خاطر تحریم‌ها از بهره‌وری عوامل فیزیکی تولید می‌کاهد (هوآنگ و لی^۲، ۲۰۲۲). محمودی و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه خود نشان دادند که به دلیل تحریم‌ها، صنایع ایران به فناوری‌های روز دنیا دسترسی کافی ندارند و این امر بهره‌وری کار و تجهیزات تولید

1. Khalid et al.

2. Le & Hoang

را کاهش داده‌است. این تحقیق که به‌صورت پیمایشی انجام شده‌است، بر کاهش کیفیت تولید و افزایش آلودگی‌ها در صنعت ایران تأکید می‌کند.

ی) کاهش کمک‌های بین‌المللی به دلیل تحریم‌ها و تشدید مشکلات محیط زیستی در کشور تحریم شده: تحریم‌ها با کاهش کمک‌های نظامی و مالی بین‌المللی معضلات محیط‌زیستی مانند کاهش امید به زندگی، افزایش مرگ‌ومیر نوزادان، کمبود غذا و آب آشامیدنی و عدم دسترسی به مراقبت‌های بهداشتی و دارویی را تشدید می‌کنند (گارفیلد^۱، ۲۰۰۲). حسینی و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که تحریم‌ها کاهش شدید کمک‌های بین‌المللی در پروژه‌های محیط‌زیستی را در ایران به‌دنبال داشته و به دلیل کاهش کمک‌ها، ایران برای مقابله با مشکلات محیط‌زیستی مانند کمبود آب و آلودگی‌های صنعتی با مشکلات جدی مواجه شده‌است.

و) تشدید اتکا به منابع طبیعی در کشورهای توسعه نیافته‌ی تحریم‌شده و تخریب بیشتر محیط‌زیست: بررسی‌ها نشان می‌دهد آسیب‌های محیط‌زیستی ناشی از تحریم‌ها در کشورهای توسعه نیافته به دلیل عدم توسعه مناسب زیرساخت‌های تکنولوژیکی و اتکا به منابع تولیدی وابسته به منابع طبیعی بیشتر است (هوآنگ و لی^۲، ۲۰۲۲). در تحقیقی که توسط رضایی و همکاران (۲۰۲۰) انجام شد، نشان داده شد تحریم‌ها موجب کاهش سرمایه‌گذاری در بخش‌های اقتصادی شده و ایران را به استفاده بیشتر از منابع طبیعی برای جبران این کمبودها سوق داده‌است.

به دلیل اینکه هدف اصلی این مطالعه، بررسی اثرات کاهش صادرات نفت بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن در ایران می‌باشد، لذا در ادامه به بررسی کانال‌های اثرگذاری شوک ناشی از کاهش صادرات نفت بر انتشار دی‌اکسید کربن به لحاظ تئوریک پرداخته شده‌است.

۲-۱-۵. بررسی تئوریک مسیرهای اثرگذاری کاهش صادرات نفت بر انتشار دی‌اکسید کربن

کاهش صادرات نفت می‌تواند اثرات محیط زیستی و اقتصادی متعددی داشته باشد:

1. Garfield
2. Le & Hoang

- (۱) کاهش انتشار دی‌اکسید کربن: اگر کاهش صادرات به کاهش تولید نفت منجر شود انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از استخراج، فراوری و حمل‌ونقل نفت نیز کاهش می‌یابد.
 - (۲) تأثیر اقتصادی و انرژی بر بودن صنایع جایگزین: کشورهای صادرکننده برای جبران درآمد نفتی ازدست‌رفته، ممکن است صنایع آلاینده مانند پتروشیمی و فولاد را توسعه دهند که مصرف انرژی و آلودگی محیط‌زیستی بالایی دارند (براون و همکاران^۱، ۲۰۲۱).
 - (۳) تأثیر بر انرژی‌های تجدیدپذیر: کاهش درآمدهای نفتی می‌تواند بودجه سرمایه‌گذاری در پروژه‌های انرژی پاک مانند خورشیدی و بادی را محدود کند (سازمان انرژی جهانی^۲، ۲۰۲۳).
 - (۴) تغییر رفتار مصرف‌کنندگان: افزایش قیمت نفت ممکن است موجب استفاده از وسایل نقلیه قدیمی‌تر و کم‌بازده‌تر شود که آلاینده‌گی بیشتری دارند (گرین و لی^۳، ۲۰۲۰).
 - (۵) از اولویت خارج شدن مسائل محیط زیستی: با کاهش درآمدهای نفتی، دولت ممکن است ناچار شود تمرکز خود را از مسائل محیط زیستی برداشته و بر حل بحران‌های اقتصادی متمرکز شود. این وضعیت می‌تواند منجر به کاهش نظارت‌های محیط‌زیستی و افزایش آلودگی شود (آدوم^۴ و همکاران، ۲۰۱۸).
 - (۶) جایگزینی با سوخت‌های آلاینده‌تر: قیمت بالاتر نفت ممکن است برخی کشورها را به استفاده از جایگزین‌هایی مانند زغال‌سنگ که آلاینده‌گی بیشتری دارد، سوق دهد (سازمان انرژی جهانی، ۲۰۲۳).
- طبق مطالب عنوان شده، کاهش صادرات نفت می‌تواند به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن به دلیل کاهش تولید نفت، فراوری و استخراج آن و افزایش انتشار دی‌اکسید کربن به دلیل توسعه صنایع آلاینده، کاهش منابع برای توسعه انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر، از اولویت خارج شدن مسائل محیط زیستی برای دولت و مردم و استفاده بیشتر از منابع آلاینده گردد.

1. Brown et al.
 2. International Energy Agency (IEA)
 3. Green, P., & Lee,
 4. Adom

داده‌های ارائه‌شده توسط اوپک، شواهد آماری مستندی از اثرگذاری تحریم‌ها بر کاهش صادرات نفت ایران و به تبع آن تغییرات احتمالی در شاخص‌های محیط‌زیستی فراهم می‌آورد. کاهش چشمگیر صادرات نفت در فاصله ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰ پیامدهای عمیقی بر اقتصاد و محیط‌زیست کشور داشته و شناسایی این پیامدها برای سیاست‌گذاری مناسب ضروری است. تحلیل دقیق این داده‌ها در قالب مدل‌های اقتصادی، مانند GTAP-E-Power، به سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا استراتژی‌هایی کارآمد برای کاهش اثرات منفی این تحریم‌ها بر محیط‌زیست تدوین کنند.

۲-۲. پیشینه تحقیق

۲-۲-۱. اثرگذاری تحریم‌ها بر بخش‌های مختلف اقتصادی ایران

بررسی اثرگذاری تحریم‌های اعمالی علیه ایران در پژوهش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است، امیدی فتحکوهی و همکاران (۱۴۰۱) با استفاده از سیستم معادلات هم‌زمان^۱ و برای سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۷ نشان دادند که تحریم‌ها بر سرمایه‌گذاری در کشور اثر منفی داشته است.

پژوهش پروین و همکاران (۱۴۰۱) نشان داد که تحریم‌های اقتصادی با افزایش قیمت اقلام اساسی، رفاه جامعه، به‌ویژه طبقات کم‌درآمد را کاهش داد. در شرایط کشش‌ناپذیری عرضه داخلی، امکان جایگزینی واردات محدود شد و اثرات هزینه‌ای تحریم‌ها بر اثرات درآمدی آن غالب گشت. این امر موجب افزایش فقر شد؛ به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۸، با تغییرات نرخ ارز، حدود ۵۷۰ تا ۸۰۲ هزار خانوار به گروه فقیر پیوستند.

عیسی‌زاده و همکاران (۱۴۰۰) طی پژوهشی با استفاده از روش کنترل‌ترکیبی^۲ و برای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ به این نتیجه رسیدند که تحریم‌ها اثر منفی بر تولید ناخالص داخلی و درآمد سرانه داشته است.

آلوش و همکاران^۳ (۲۰۱۹) بر اساس بررسی داده‌های کلان اقتصادی نشان دادند که تحریم‌ها باعث کاهش تولید ملی، افزایش تورم و بیکاری در ایران شده و به تبع آن سلامت

1 System of Simultaneous Equations

2. Synthetic Control Method

3. Aloosh et al.

عمومی جامعه هم از بعد روانی و هم با کاهش دسترسی به داروهای ضروری با خطر مواجه شده است.

عزتی و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از سیستم معادلات همزمان نشان دادند که تحریم‌های اقتصادی از کانال کاهش تولید صنعتی، سطح اشتغال در بخش صنعت را کاهش داده است.

نخلی و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از مدل تعادل عمومی پویای تصادفی^۱ و برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ نشان دادند تحریم‌ها با کاهش میزان سرمایه‌گذاری خارجی و دولتی، سطح فناوری استخراج و صادرات نفت باعث کاهش تولید نفت در ایران شده است. کمالی دهکردی (۱۳۹۹) طی مطالعه‌ای با استفاده از الگوی خودرگرسیونی برداری ساختاری^۲ و برای سری زمانی ۹۷-۱۳۶۳ به این نتیجه رسید که تکانه تحریم باعث افزایش قیمت مسکن در کشور شده است.

سید نورانی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و الگوریتم بوت استرپ^۳ برای سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵ نشان دادند که تحریم اثر منفی و معنی‌دار بر عملکرد بانکی کشور داشته است.

پرت و علیزاده^۴ (۲۰۱۷) با استفاده از مدل تعادل عمومی قابل‌محاسبه^۵ و برای سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵ نشان دادند که رفع تحریم‌ها علیه ایران در قالب تفاهم‌نامه برجام باعث توسعه صنعت گردشگری در ایران شده است.

سعادت مهر (۱۳۹۶) با روش الگوی خودرگرسیون برداری با وقفه توزیعی^۶ و برای سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۳ به این نتیجه رسید که تحریم‌ها تأثیر معنادار و منفی بر سرمایه‌گذاری خارجی در کشور داشته است.

-
1. Dynamic Stochastic General Equilibrium
 2. Structural Vector Autoregressions
 3. Boot Strap Algorithm
 4. Pratt & Alizadeh.
 5. Computable General Equilibrium
 6. Autoregressive Distributed Lag

۲-۲-۲. اثرگذاری تحریم‌ها بر محیط‌زیست ایران

یکی از حوزه‌های اساسی و بسیار مهم که از تحریم‌ها آسیب دیده و به دلایل گوناگون کمتر به آن پرداخته شده است محیط‌زیست می‌باشد (فو و همکاران^۱، ۲۰۲۰). اهمیت موضوع زمانی آشکارتر می‌شود که ایران در خصوص مسائل محیط‌زیستی با معضلات عدیده‌ای دست‌به‌گریبان می‌باشد که از آن جمله می‌توان به بحران آب، پدیده ریزگردها، آلودگی هوا در کلان‌شهرها، خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌ها، فرسایش خاک و بیابان‌زایی، تخریب- جنگل‌ها و مراتع، خشکسالی‌های بلندمدت، مصرف بی‌رویه انرژی و انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای، فرونشست زمین، نابودی گونه‌های ارزشمند گیاهی و جانوری، افزایش تولید ضایعات و پسماندهای شهری و صنعتی، تغییر کاربری اراضی مستعد جنگلی و کشاورزی، افزایش آلودگی آب، هوا و خاک اشاره نمود که پیامدهایی مانند تضعیف قدرت ملی، افزایش مهاجرت، تشدید حاشیه‌نشینی، صدمات اقتصادی نظیر رکود، بیکاری و افزایش فقر، کاهش سلامت عمومی، تشدید شکاف‌های قومیتی، افزایش نزاع‌های داخلی و خارجی و تشدید نارضایتی عمومی را به دنبال داشته‌است (رنجبر و جمشیدی، ۱۳۹۵). از جمله مطالعاتی که در خصوص اثرگذاری تحریم‌ها بر شاخص‌های محیط‌زیستی انجام یافته می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

هوآنگ و لی^۲ (۲۰۲۲) با استفاده از مدل گرانث ساختاری^۳ برای سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۸ به بررسی اثر تحریم‌ها از جمله تحریم‌های نظامی، تجاری و مالی بر شاخص عملکرد محیط‌زیستی^۴ پرداختند. نتایج نشان داد که این تحریم‌ها اثر منفی و معنادار بر امتیاز شاخص عملکرد محیط‌زیستی داشته‌اند. در پژوهش مشابه دیگری فو و همکاران^۵، ۲۰۲۰ تأثیر تحریم‌های بین‌المللی را بر شاخص عملکرد محیط‌زیستی با استفاده از اثر ثابت تابلویی^۶ برای ۲۲ کشور تحریم شده طی دوره ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶ بررسی کردند و نشان دادند تحریم‌های اعمالی چه به صورت یک‌جانبه و چه چندجانبه (توسط امریکا و اتحادیه اروپا) امتیاز این شاخص را کاهش داده است.

1. Fu et al.

2. Hoang & Lee

3. Structural Gravity

4. Environmental Performance Index(EPI)

5. Fu et al.

6. Panel fixed effect

در داخل کشور صابرپور و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی و جمع‌آوری اطلاعات به صورت کتابخانه‌ای به این نتیجه رسیدند که اعمال تحریم‌ها در مورد ایران زمینه‌ساز پیامدهای منفی بر محیط‌زیست نظیر کاهش درآمد ارزی دولت بر اثر محدودیت در فروش نفت، ایجاد محدودیت در انتقال دانش و فناوری، محدودیت در واردات بنزین، اخلاف در روند آموزشی دانشجویان ایرانی در خارج از کشور و از خارج شدن مسئله محیط‌زیست از شمار اولویت‌های دولت و مردم شده است.

فهمی فرد (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری ساختاری و توابع عکس‌العمل آنی^۱ به بررسی اثرات شوک‌های تحریم‌های اقتصادی بر شاخص‌های عملکرد محیط‌زیستی ایران پرداخته و نشان داد به ترتیب «شاخص سلامت محیط‌زیست»، «شاخص کلی عملکرد محیط‌زیستی» و «شاخص میزان زنده‌بودن اکوسیستم» از بیشترین اثرپذیری از شاخص‌های تحریم‌های اقتصادی برخوردار بوده‌اند.

مصطفوی و همکاران (۱۳۹۴) طی مطالعه‌ای با استفاده از روش علیت سیانو^۲ رابطه علیت تحریم‌های اقتصادی با متغیرهای کلان اقتصادی و آلاینده‌های محیط‌زیستی را مورد آزمون قرار دادند. نتایج پژوهش حاکی بود که رابطه علی معنی‌داری از سوی تحریم‌های اقتصادی با متغیرهای کلان اقتصادی و با انتشار گازهای آلاینده دارند.

۳. روش

۳-۱. الگوی پروژه تحلیل تجارت جهانی^۳

در این مطالعه برای بررسی نتایج کمی پژوهش از الگوی پروژه تحلیل تجارت جهانی^۴ در قالب GTAP-E-Power که از انواع الگوهای تعادل عمومی قابل محاسبه است، به صورت پویا استفاده شده است. GTAP یک شبکه جهانی از محققان و سیاست‌گذاران است که تجزیه و تحلیل کمی مسائل مربوط به سیاست بین‌المللی را انجام داده و هدف آن بهبود کیفیت تجزیه و تحلیل مسائل اقتصادی جهانی در چارچوب کل اقتصاد^۵ است. در شکل ۱ مدل استاندارد GTAP ارائه شده است.

1. Impulse Response Function

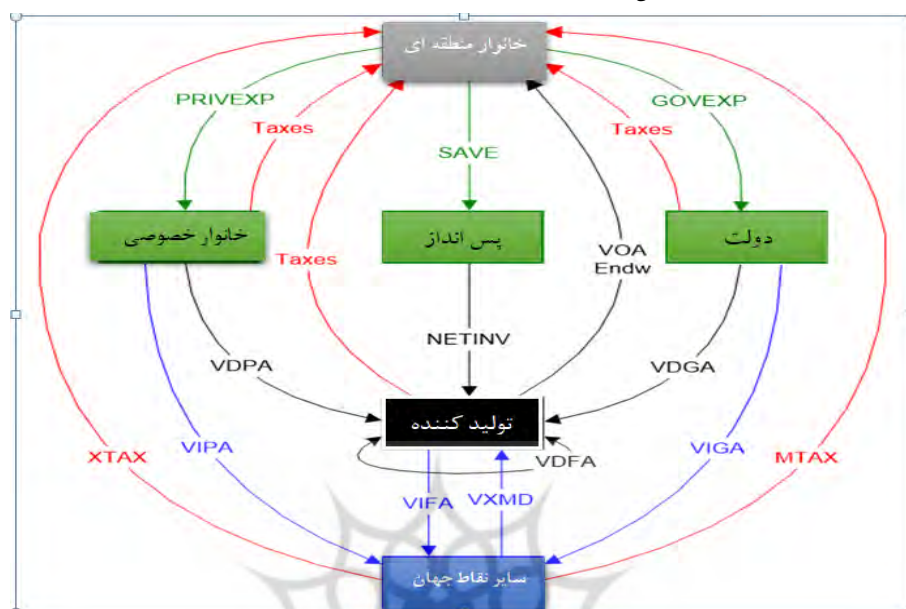
2. Cause of Cio

۳. منبع مورد استفاده سایت رسمی الگوی تجارت جهانی به نشانی <https://www.gtap.agecon.purdue.edu>

4. Global Trade Analysis Project

5. Economy-wide Framework

شکل ۱. جریان‌های دایره‌ای در اقتصاد منطقه‌ای



Source: Corong, E., Hertel, T., McDougall, R., Tsigas, M., & van der Mensbrugghe, D. (2017)

مدل دارای یک خانوار نماینده واحد^۱ برای هر منطقه (خانوار منطقه‌ای^۲) است. خط‌قرمز در شکل فوق جریان درآمد به خانوار را نشان می‌دهد. خانوار تمام‌پرداخت‌های عوامل ناخالص را بدون در نظر گرفتن هزینه استهلاک سرمایه (VOA: پرداخت عوامل تولید)، به‌اضافه دریافتی از کلیه مالیات‌های غیرمستقیم (از جمله مالیات‌های صادرات و واردات، MTAX، XTAX) را دریافت می‌کند، بنابراین منبع درآمد خانوارهای منطقه‌ای درآمد ناشی از فروش عوامل تولید (VOA endow) می‌باشد، در ضمن در فرایند تولید کالاها در مدل از نهاده‌های واسطه‌ای نیز بهره گرفته می‌شود که در شکل با VDFA نشان داده شده و بیانگر ارزش کالاها فروخته شده توسط بنگاه تولیدی به سایر بنگاه‌ها به قیمت عوامل می‌باشد. درآمد منطقه‌ای در سه دسته کلی خانوارهای خصوصی، مخارج دولتی و پس‌انداز با حداکثرسازی تابع مطلوبیت کاب-داگلاس^۳ توزیع می‌شود، خطوط سبزرنگ در شکل بیانگر این توزیع است به گونه‌ای که سهمی از درآمد منطقه‌ای که به خانوار خصوصی اختصاص یافته

1. Single Representative Household

2. The Regional Household

3. Cobb-Douglas Utility Function

با PRIVEXP، سهمی که برای پس انداز در نظر گرفته شده با SAVE و سهم اختصاص یافته به دولت با GOVEXP نشان داده شده است. پس انداز یک کالای واحد و به صورت سرمایه گذاری (NETINV) در اختیار تولید کننده قرار می گیرد، در حالی که مخارج خصوصی خانوار و دولتی از توابع مطلوبیت (فرعی) برای تعیین مصرف هر محصول داخلی استفاده می کنند و تحت عنوان VDPA (ارزش کالاهای داخلی خریداری شده توسط خانوار خصوصی به قیمت عوامل) و VDGA (ارزش کالاهای داخلی خریداری شده توسط دولت) به تولید کننده متصل می گردند که در شکل یک با جریان خطوط سیاه مشخص شده است.

همچنین ارزش کالاهای وارداتی خریداری شده توسط خانوار خصوصی به قیمت عوامل (VIPI) و ارزش کالاهای وارداتی خریداری شده توسط دولت به قیمت عوامل (VIGI) که با خطوط آبی در شکل مشخص شده اند ارتباط مدل با جهان خارج از مدل را مشخص می کند. قسمت دیگر از ارتباط با مابقی جهان (خطوط آبی در مدل) به تولید کننده مربوط است به گونه ای که تولید کننده می تواند نهاده های واسطه خارجی (VIFA) را با نهاده های داخلی (VDFA) جایگزین کند، بنگاه ها همچنین می توانند محصولات تولیدی را صادر کنند که ارزش کالاهای صادراتی بنگاه با VXMD نشان داده شده است.

● مدل GTAP-E-Power

در این مطالعه، از نسخه توسعه یافته GTAP با نام GTAP-E-Power استفاده شده است. این نسخه برای تحلیل مسائل مربوط به انرژی، برق، و اثرات محیط زیستی طراحی شده و به صورت پویا قادر به شبیه سازی تغییرات در طول زمان بوده و دارای ویژگی های خاص زیر است:

- (۱) تمرکز بر بخش انرژی و برق.
 - (۲) تحلیل تعاملات اقتصادی با تأکید بر تغییرات انتشار آلاینده ها و مصرف انرژی.
 - (۳) قابلیت ارزیابی سیاست های محیط زیستی و تغییرات فناوری در بخش های انرژی.
- GTAP-E نسخه ای از مدل GTAP است که شامل سرمایه - انرژی^۱ و جایگزینی بین سوخت است و به طور گسترده برای تجزیه و تحلیل انرژی جهانی استفاده می شود. همچنین GTAP-Power یک تفکیک از پایگاه داده GTAP است که برق ("ely") را به انتقال و

توزیع ("TnD") و همچنین ۱۱ فناوری تولید (شامل هسته‌ای، زغال‌سنگ، بار پایه گاز، بار پیک گاز، بار پایه نفت، بار پیک نفت، بار پایه هیدرولیکی، بار پیک آبی، بادی، خورشیدی، و فناوری‌های تولید برق) تقسیم می‌کند. در فرمت GTAP-E-Power یک کالای برق مجازی^۱ که ترکیبی از چندین کالا است، جایگزین بخش برق GTAP-E می‌شود. این کالاهای مجازی صرفاً تجميع کالاهای تولید شده واقعی در پایگاه‌داده (مانند هسته‌ای یا زغال‌سنگ) هستند.

● مدل Dynamic GTAP

GDyn نتیجه تحقیقات مستمر باهدف گسترش چارچوب مدل‌سازی استاندارد GTAP برای ترکیب رفتار پویا است به گونه‌ای که شامل تمام ویژگی‌های خاص مدل استاندارد GTAP، مانند خواسته‌های پیچیده مصرف‌کننده و تحرک عوامل بین‌بخشی و همچنین ترکیب یک رفتار جدید از رفتار سرمایه‌گذاری و روابط حسابداری اضافی می‌گردد. از مدل GDyn می‌توان برای تعیین اینکه چگونه تغییرات حوزه‌های مختلف نظیر سیاست و جمعیت در طول زمان بر مسیر اقتصاد تأثیر می‌گذارد، استفاده کرد.

۳-۲. معادلات اساسی مدل‌های CGE

در این قسمت معادلات اساسی مدل‌های CGE در حالت‌های ایستا و پویا و نیز لحاظ کردن نیروی برق در مدل به طور خلاصه ارائه شده است.

الف) معادلات CGE در حالت ایستا

الف-۱. تابع تولید

در این مدل تابع تولید معمولاً به صورت تابع تولید کاب-داگلاس^۲ یا کشش جانشینی ثابت^۳ مدل‌سازی می‌شود:

$$Q_i = A_i \cdot \left(\sum_j a_{ij} \cdot X_{ij}^\rho \right)^{\frac{1}{\rho}} \quad (1)$$

که در آن Q_i تولید بخش i ، A_i بهره‌وری تکنولوژیکی در بخش i ، x_{ij} مصرف نهاده j در تولید بخش i ، a_{ij} ضرایب تکنولوژیکی و ρ پارامتر تعیین‌کننده کشش جانشینی بین نهاده‌ها است.

1. Virtual Electricity Good

2. Cobb–Douglas production function

3. Constant elasticity of substitution (CES)

الف-۲). تابع تقاضای نهایی

تقاضای نهایی شامل مصرف خصوصی، مصرف دولتی و سرمایه گذاری است که صورت زیر مدل سازی می شود:

$$U = (\sum_i b_i C_i^\theta)^{\frac{1}{\theta}} \quad (2)$$

که در آن U سطح مطلوبیت، C_i مصرف کالا یا خدمت i ، b_i ضرایب ترجیحی برای کالا یا خدمت و θ پارامتر تعیین کننده کشش جانشینی بین کالاها می باشد.

الف-۳) تعادل بازار کالاها

تعادل در بازار هر کالا مستلزم این است که عرضه برابر با تقاضا باشد:

$$Q_i = C_i + I_i + G_i + E_i - M_i \quad (3)$$

که در آن C_i مصرف خصوصی، I_i سرمایه گذاری، G_i مخارج دولتی، E_i صادرات و M_i واردات است.

الف-۴) تعادل بازار عوامل تولید

$$\sum F_k = \sum L_l \quad (4)$$

که در آن F_k عرضه عامل تولید k و L_l تقاضای عامل تولید L است.

الف-۵) تعادل بودجه دولت

بودجه دولت باید تعادل داشته باشد، به این معنا که مجموع درآمدهای دولت برابر با مجموع مخارج آن باشد:

$$G = T + TR \quad (5)$$

که در آن G مخارج دولت و TR انتقالات خالص دولت است.

الف-۶). تراز تجاری

تراز تجاری نشان دهنده تفاوت بین ارزش صادرات و واردات است:

$$\sum_i i P_i^E \cdot E_i = \sum_i P_i^M \cdot M_i \quad (6)$$

که در آن P_i^E قیمت صادراتی کالای i و P_i^M قیمت کالای وارداتی i است.

این معادلات اساسی ساختار مدل GTAP را تشکیل می دهند و برای تحلیل تعادل عمومی در اقتصادهای باز به کار می روند (هرتل^۱، ۱۹۹۷).

ب) معادلات CGE در حالت پویا^۱**ب-۱) معادله سرمایه‌گذاری و انباشت سرمایه**

در مدل‌های DCGE سرمایه‌گذاری و انباشت سرمایه به صورت پویا مدل‌سازی می‌شوند و معادله انباشت سرمایه به صورت زیر است:

$$K_{i,t+1} = K_{i,t} + I_{i,t} - \delta K_{i,t} \quad (۷)$$

که در آن $K_{i,t}$ موجودی سرمایه در بخش i در زمان t ، δ نرخ استهلاک سرمایه و $I_{i,t}$ سرمایه‌گذاری در بخش i در زمان t می‌باشد (پالتسف^۲ و همکاران، ۲۰۱۳).

ب-۲) معادله تولید و رشد اقتصادی

در این مدل، تولید در طول زمان از تابع تولیدی مشابه با تابع کاب داگلاس پیروی می‌کند. معادله تولید به شکل زیر است:

$$Y_t = A_t \cdot K_t^\alpha \cdot L_t^\beta \quad (۸)$$

که در آن Y_t تولید در زمان t ، K_t سرمایه در زمان t ، L_t نیروی کار در زمان t و α و β ضرایب مربوط به سرمایه و نیروی کار هستند

ب-۳) معادله تقاضای مصرف خانوار (کهو و رول^۳، ۲۰۰۵)

$$C_t = \gamma \cdot Y_t \cdot (1 - \rho^t) \quad (۹)$$

که در آن C_t مصرف خانوار در زمان t ، Y_t درآمد خانوار در زمان t ، γ ضریب مصرف و ρ نرخ بهره روی است (هرتل^۴ و همکاران، ۲۰۰۷).

ج) معادلات مدل GTAP-E-Power

مدل GTAP-E-Power نسخه‌ای از GTAP-E است که به طور خاص برای مدل‌سازی بخش برق طراحی شده و در این مدل، تولید و مصرف برق به صورت پویا و براساس منابع مختلف انرژی مانند سوخت‌های فسیلی و انرژی‌های تجدیدپذیر شبیه‌سازی می‌شود.

ج-۱) معادله تولید برق

در GTAP-E-Power تولید برق به صورت ترکیبی از منابع مختلف انرژی مدل می‌شود.

معادله تولید برق به شکل زیر است:

$$P_{\{elec,t\}} = \sum \alpha_k \cdot Q_{\{k,t\}} \cdot Eff_k \quad (۱۰)$$

1. Dynamic CGE (DCGE)

2. Paltsev

3. Kehoe & Ruhl

4. Hertel

که در آن $P_{\{elec,t\}}$ تولید برق در زمان t ، α_k سهم هر منبع انرژی در تولید برق، $Q_{\{k,t\}}$ مقدار منابع انرژی در زمان t و Eff_k راندمان تبدیل انرژی به برق از هر منبع است.

ج-۲. معادله بار پایه و پیک بار

بار پایه و پیک بار مصرف برق در این مدل به طور جداگانه محاسبه می شود:
برای بار پایه:

$$B_{\{base,t\}} = \sum \beta_i \cdot D_{\{i,t\}} \cdot Util_i \quad (11)$$

و برای پیک بار:

$$B_{\{peak,t\}} = \sum \gamma_i \cdot D_{\{i,t\}} \cdot PeakEff_i \quad (12)$$

که در آن $B_{\{base,t\}}$ و $B_{\{peak,t\}}$ بار پایه و پیک بار در زمان t ، β_i و γ_i ضریب مصرف برق در بخش i و $D_{\{i,t\}}$ تولید یا تقاضای بخش i در زمان t می باشد (برنیو و تروننگ^۱، ۲۰۰۲)

ج-۳. مدل و داده های مورد استفاده

برای بررسی اثرگذاری تحریم ها بر محیط زیست در ایران می توان مدل های مختلف اقتصادی را در نظر گرفت، در یک مدل از پیش تعیین شده^۲ متغیر تحریم به صورت شوک به طرق گوناگون می تواند وارد مدل شود که عمده ترین آن ها به صورتی است که یا از طریق اثرگذاری بر تجارت خارجی (کاهش صادرات نفت و گاز و یا کاهش واردات کالاهای با فناوری بالا و...) یا از طریق شوک بر بازارهای مالی (تحریم های بانکی و ارزی) و یا از طریق شوک بر سرمایه گذاری مستقیم خارجی می تواند در مدل لحاظ گردد، در این پژوهش اثر شوک ناشی از تحریم های اقتصادی بر تجارت خارجی به صورت محدودیت در صادرات نفت خام بر میزان انتشار دی اکسید کربن با استفاده از یک روش مدل تعادل عمومی قابل محاسبه در فرمت GTAP-E-Power به صورت پویا استفاده شده به این دلایل بوده است که:

اولاً تاکنون در هیچ مطالعه ای از این روش برای سنجش اثرگذاری تحریم ها بر شاخص های محیط زیستی استفاده نشده است و از این حیث مقاله نوآوری دارد. ثانیاً در مطالعات و پژوهش های متعدد، برای بررسی اثرگذاری تحریم ها در حوزه های مختلف اقتصادی و هم در خصوص بررسی مسائل محیط زیستی استفاده از انواع مدل های تعادل عمومی قابل محاسبه پیشنهاد شده است، به عنوان مثال در پژوهش هایی مانند (پرت و عزیزاده،

1. Burniaux & Truong
2. Deterministic Model

۲۰۱۷) و (غریب‌نواز و واشچیک، ۲۰۱۵) بر مزایای متعدد استفاده از روش CGE در بررسی شوک‌های ناشی از تحریم‌ها در بخش‌های مختلف اقتصادی تأکید شده است. در خصوص دلیل انتخاب تغییرات انتشار گاز دی‌اکسید کربن به عنوان شاخص محیط زیستی می‌توان گفت بررسی‌های به عمل آمده در خصوص روند تولید گازهای گلخانه‌ای بیانگر آن است که مدت زمان پایداری و باقی ماندن گاز دی‌اکسید کربن در جو زمین به مراتب بیشتر از سایر گازهای گلخانه‌ای است که این موضوع باعث می‌شود تغییرات آب و هوایی و آلودگی ناشی از افزایش انتشار دی‌اکسید کربن از اهمیت بیشتری نسبت به سایر گازهای گلخانه‌ای برخوردار باشد. از این رو با توجه به اهمیت ویژه دی‌اکسید کربن در آلودگی هوا و افزایش پدیده گرمایش جهانی و همچنین به دلیل همبستگی بالای میزان انتشار دی‌اکسید کربن با سایر گازهای آلاینده و داشتن بیشترین فراوانی میان گازهای گلخانه‌ای این گاز می‌تواند به عنوان شاخص آلودگی هوا مورد استفاده قرار گیرد (جباری و همکاران، ۲۰۰۶).

در این پژوهش از نسخه ۱۰ پایگاه داده پروژه تحلیل تجارت جهانی (بروز شده در سال ۲۰۲۰) که شامل ماتریس حسابداری اجتماعی ۱۴۱ کشور یا همان منطقه و ۶۵ بخش است، استفاده شده است. داده‌ها با استفاده از نرم افزار GTAPAGG بر اساس اهداف پژوهش به بخش‌ها و مناطق خاص تجمیع می‌شوند. برای رفع هر گونه ابهام در خصوص مرجع داده‌های بکار رفته در این پژوهش، لازم به ذکر است که اطلاعات اقتصادی ایران در پروژه GTAP از منابع معتبر داخلی و بین‌المللی استخراج شده است.

پایگاه داده GTAP برای به روزرسانی داده‌های اقتصادی کشورهای مختلف، از جمله ایران، به داده‌های منتشر شده از سوی مرکز آمار ایران، بانک مرکزی و سازمان برنامه و بودجه استناد می‌کند. همچنین، در خصوص داده‌های انرژی، به ویژه انرژی‌های تجدیدپذیر، اطلاعات از منابع معتبر بین‌المللی همچون آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) و بانک جهانی استفاده شده است. برای تفکیک دقیق تر بخش‌های انرژی و تحلیل جزئیات، آمارهای داخلی منتشر شده از سوی سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) و وزارت نیرو به کار گرفته می‌شوند. در نتیجه در پروژه GTAP، تمامی داده‌ها به دقت و با استفاده از منابع معتبر و به روز گردآوری شده است تا اطمینان حاصل شود که تحلیل‌ها به طور کامل و معتبر صورت پذیرفته است. در این مطالعه از نسخه ۱۰ پایگاه داده پروژه تحلیل تجارت

جهانی (شامل ماتریس حسابداری اجتماعی ۱۴۱ کشور یا همان منطقه و ۶۵ بخش) استفاده شده است.

تقسیم‌بندی کشورها در این پژوهش شامل کشورهای تحریم‌کننده ایران، ایران و بقیه کشورهای جهان می‌باشد. دسته‌بندی کشورها به سه گروه (ایران، کشورهای تحریم‌کننده و سایر کشورها) در حالت GTAP-E-Power در حالت پویا، به دلیل ماهیت تعاملی اقتصاد جهانی و اثرات غیرمستقیم تحریم‌ها، ضروری است. این مدل‌ها بر مبنای تعاملات متقابل بین کشورها بنا شده‌اند و حذف این دسته‌بندی، منجر به نادیده گرفتن اثرات سرریز، تغییر در قیمت‌های جهانی انرژی، الگوهای تجارت و مصرف، و اثرات جانبی تجارت بر انتشار آلودگی می‌شود. در نتیجه، تحلیل دقیق و جامع اثرات تحریم‌های نفتی بر محیط‌زیست ایران، مستلزم در نظر گرفتن تعاملات اقتصادی بین کشورها و استفاده از ساختار چندمنطقه‌ای مدل CGE است.

تقسیم‌بندی بخش‌های اقتصادی نیز شامل کشاورزی (Agr)، معدن (Mine)، زغال‌سنگ (Coal)، نفت (Oil)، گاز (Gas)، فراورده‌های نفتی (Oil_ptc)، صنایع با فناوری پایین (Low)، صنایع با فناوری متوسط (Medium)، صنایع با فناوری بالا (High)، تولید و توزیع برق (TND)، تولید برق از سوخت فسیلی با بار پایه (FBL)، تولید برق از سوخت فسیلی با بار اوج (FPL)، تولید برق از منابع تجدیدپذیر با بار پایه (RBL)، خدمات (serv) می‌گردد. زغال‌سنگ بخش اقتصادی است که استفاده از آن در مدل ممکن است با ابهام همراه باشد. در این راستا می‌توان گفت در ایران، دو نوع اصلی زغال‌سنگ شامل زغال‌سنگ حرارتی برای تولید برق و زغال‌سنگ کک شو در صنعت فولاد استخراج می‌شود.

اگرچه سهم زغال‌سنگ در تولید برق ناچیز است، اما در صنایع انرژی‌بر مانند فولاد و سیمان همچنان استفاده می‌شود و بر اساس داده‌های مرکز آمار، تولید زغال‌سنگ از ۸۹۶ هزار تن در سال ۱۳۷۰ به ۳۹۳۲ هزار تن در سال ۱۳۹۷ رسیده و ۳۳۹ درصد رشد داشته است. همچنین، تحریم‌ها ممکن است وابستگی به زغال‌سنگ داخلی را افزایش دهند. در مطالعات پیشین که با موضوع انرژی در ایران انجام گرفته، از جمله خوش‌کلام خسروشاهی (۱۳۹۸) و آماده و همکاران (۱۳۹۳)، نیز از بخش زغال‌سنگ در مدل‌های تعادل عمومی پویا به کار رفته استفاده کرده‌اند.

در خصوص عدم تقسیم‌بندی صنایع نفت و گاز در دسته صنایع با فناوری بالا در پروژه تجارت جهانی باید گفت که صنایع معمولاً بر اساس معیارهایی مانند شدت تحقیق و توسعه، پیچیدگی فرآیندهای تولید و استفاده از فناوری‌های پیشرفته دسته‌بندی می‌شوند. سازمان همکاری و توسعه اقتصادی^۱ سه سطح صنایع با فناوری پایین، متوسط و بالا را معرفی کرده و معیار اصلی برای این دسته‌بندی، نسبت هزینه‌های تحقیق و توسعه به ارزش افزوده و تولید ناخالص داخلی است. صنایعی مانند داروسازی و الکترونیک در دسته فناوری بالا قرار دارند اما در صنایع نفت و گاز که نسبت هزینه‌های تحقیق و توسعه کمتر از ۲ درصد نسبت به ارزش افزوده و تمرکز بیشتر بر استخراج منابع طبیعی و فرآیندهای مهندسی سنتی به جای نوآوری‌های تکنولوژیک است (هاتزیچرنولوگ، ۱۹۹۷؛ توردو و همکاران، ۲۰۱۱).

درباره علت اینکه چرا بخشی برای بار اوج با منابع تجدیدپذیر در تقسیم‌بندی بخش‌های صورت نگرفته این است که تولید برق فسیلی به دلیل انعطاف‌پذیری بالا و سرعت پاسخ‌دهی، قادر به تأمین بار اوج شبکه است. در مقابل، انرژی‌های تجدیدپذیر به دلیل وابستگی به شرایط محیطی، نوسانات تولیدی داشته و نمی‌توانند به‌طور مطمئن بار اوج را پوشش دهند، به همین دلیل، در مدل‌هایی که این دو منبع در کنار یکدیگر آورده می‌شوند، باید به صراحت محدودیت منابع تجدیدپذیر در تأمین بار اوج مشخص شود. از آنجا که تولید برق خورشیدی و بادی متغیر و وابسته به زمان است، تأمین پایدار برق در ساعات اوج مصرف با چالش مواجه خواهد شد (لوند^۲، ۲۰۰۷).

۴. یافته‌های پژوهش

۴-۱. سناریو سازی در خصوص میزان کاهش صادرات نفت به دلیل اعمال

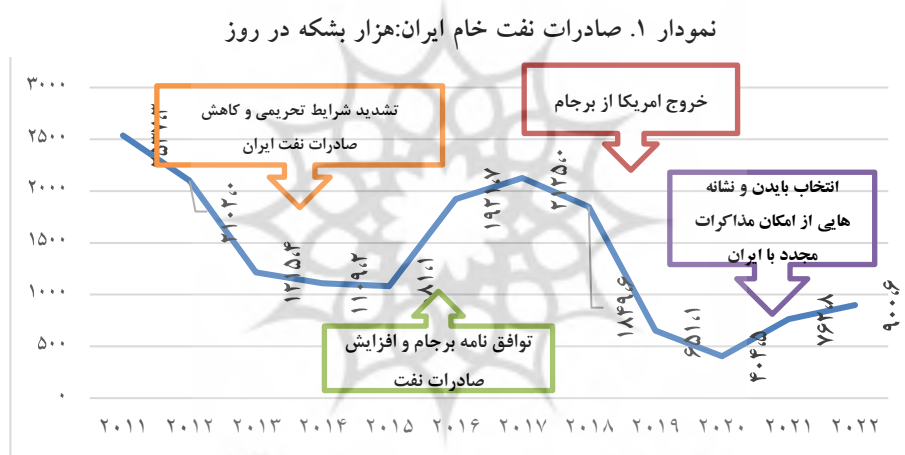
تحریم‌ها بر ایران

در این بخش از مطالعه برای بررسی اثرگذاری تحریم‌ها بر محیط‌زیست ایران، طی سناریوهای مختلف به بررسی اثر کاهش میزان صادرات نفت ایران بر میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن طی تحریم‌های ناشی از خروج ایالات متحده از توافق‌نامه برجام پرداخته می‌شود. با توجه به اینکه اطلاعات مربوط به میزان صادرات نفت کشور به دلایلی در سال‌های

1. Organisation for Economic Co-operation and Development

2. Lund

اخیر منتشر نشده است^۱، برای رسیدن به تقریبی از کاهش میزان صادرات نفت ایران به دو شاخص میزان صادرات روزانه نفت خام بر مبنای اطلاعات ارائه شده توسط اپک و میزان صادرات نفتی بر مبنای آمار بانک مرکزی استناد شده است. نمودار یک میزان صادرات نفت خام ایران را بر اساس گزارش‌های اوپک^۲ بوده و به‌خوبی تأثیرپذیری صادرات نفت ایران از مسئله تحریم‌ها را نشان می‌دهد^۳ که بر اساس آن میزان صادرات روزانه نفت ایران در سال ۲۰۱۹ با کاهش ۶۴/۸ درصدی نسبت به سال ۲۰۱۸ از ۱۸۴۹/۶ هزار بشکه در روز به ۶۵۱/۱ رسیده است و این کاهش در سال ۲۰۲۰ نیز تداوم یافته و با کاهش ۳۷/۹ درصدی نسبت به ۲۰۱۹ به ۴۰۴/۵ هزار بشکه در روز رسیده و میزان کاهش در سال ۲۰۲۰ به سال ۲۰۱۸ بیش از ۷۸ درصد بوده است.



مأخذ: گزارش آپک تحت عنوان «World Crude Oil Exports by Country»

طبق اطلاعات بانک مرکزی، صادرات نفت و گاز ایران در سال ۱۳۹۷ (۲۰۱۸) معادل ۵۴/۱۳۹ میلیارد دلار بوده که در سال ۱۳۹۸ (۲۰۱۹) با کاهش ۵۸/۷ درصدی به ۲۲/۳۶۵

۱. صادرات نفت خام در کشور آخرین آمار ارائه شده در سایت بانک مرکزی مربوط به سال ۱۳۹۶ بوده است که دارای تأخیر زمانی بسیاری است.

2. World Crude Oil Exports by Country

۳. شرایط تحریمی ایران از سال ۲۰۱۱ با کاهش صادرات نفت آغاز شد، اما پس از توافق برجام در ۲۰۱۵، صادرات افزایش یافت. با خروج ایالات متحده از برجام در ۲۰۱۸، صادرات دوباره کاهش یافت، اما از سال ۲۰۲۰ و با انتخاب بایدن و تمایل به مذاکرات مجدد، صادرات نفت ایران با شیب ملایم رو به صعود بوده است.

میلیارد دلار رسید و در سال ۱۳۹۹ (۲۰۲۰) به ۱۷/۸۵۰ میلیارد دلار کاهش یافت، که نشان‌دهنده کاهش ۶۷ درصدی نسبت به سال ۱۳۹۷ است. بر این اساس، برای تحلیل کاهش صادرات نفت ایران در سال ۲۰۱۹، سه سناریو کاهش ۶۰، ۶۵ و ۷۰ درصدی صادرات نفت (بر اساس میزان صادرات روزانه نفت خام و کاهش صادرات نفت و گاز) مورد استفاده قرار گرفته است.

۲-۴. بررسی اثر کاهش صادرات نفت طی سناریوهای اعمالی در ایران بر میزان تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن

در جدول ۳ طی سه سناریو که به ترتیب بیانگر کاهش ۶۰، ۶۵ و ۷۰ درصدی در صادرات نفت خام ایران به دلیل تحریم‌ها در سال ۲۰۱۹ می‌باشد، میزان تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن برای ایران (Iran)، کشورهای تحریم‌کننده ایران (Sanction) و سایر کشورهای جهان (ROW) آورده شده است.

نتایج نشان می‌دهد که با تشدید تحریم‌ها، میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران افزایش می‌یابد. در دوره زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۵۰، تحت سناریو ۱ (کاهش ۶۰ درصدی صادرات نفت)، متوسط افزایش دی‌اکسیدکربن ۰/۱۸۷ درصد، در سناریو ۲ (کاهش ۶۵ درصدی صادرات نفت) ۰/۱۹۳ درصد و در سناریو ۳ (کاهش ۷۰ درصدی صادرات نفت) ۰/۱۹۷ درصد بوده است.

کشورهای تحریم‌کننده ایران در سری زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۵۰ طی سناریوهای مختلف اعمالی با کاهش در متوسط سالانه انتشار دی‌اکسیدکربن مواجه گردیده‌اند به گونه‌ای که متوسط انتشار دی‌اکسیدکربن در این بازه زمانی طی سناریوهای سه گانه به ترتیب با کاهش ۰/۰۲۷، ۰/۰۲۹ و ۰/۰۳۱ درصدی مواجه گردیده است، با توجه به اینکه عمده کشورهای تحریم‌کننده ایران کشورهای پیشرفته اقتصادی هستند، علت این کاهش می‌تواند با این موضوع در ارتباط باشد.

جدول ۳. درصد تغییرات انتشار دی اکسید کربن

سناریو ۱: کاهش ۶۰ درصدی			سناریو ۲: کاهش ۶۵ درصدی			سناریو ۳: کاهش ۷۰ درصدی			درصد تغییرات انتشار دی اکسید کربن
Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	
۰/۲۵۷	۰/۰۰۱	-۰/۰۲۸	۰/۲۴۶	۰/۰۰۱	-۰/۰۲۶	۰/۲۳۴	۰/۰۰۱	-۰/۰۲۴	۲۰۱۹
۰/۲۰۴	۰/۰۰۲	-۰/۰۲۹	۰/۱۹۹	۰/۰۰۲	-۰/۰۲۷	۰/۱۹۱	۰/۰۰۲	-۰/۰۲۵	۲۰۲۰
۰/۱۸۴	۰/۰۰۳	-۰/۰۳۱	۰/۱۸۱	۰/۰۰۳	-۰/۰۲۸	۰/۱۷۶	۰/۰۰۳	-۰/۰۲۶	۲۰۲۲
۰/۱۸۴	۰/۰۰۵	-۰/۰۳۲	۰/۱۸۲	۰/۰۰۴	-۰/۰۳	۰/۱۷۸	۰/۰۰۴	-۰/۰۲۷	۲۰۲۴
۰/۱۹۳	۰/۰۰۶	-۰/۰۳۳	۰/۱۹۲	۰/۰۰۵	-۰/۰۳۱	۰/۱۸۸	۰/۰۰۵	-۰/۰۲۸	۲۰۲۶
۰/۲۰۷	۰/۰۰۶	-۰/۰۳۴	۰/۲۰۵	۰/۰۰۶	-۰/۰۳۲	۰/۲	۰/۰۰۶	-۰/۰۲۹	۲۰۲۸
۰/۲۱۸	۰/۰۰۷	-۰/۰۳۵	۰/۲۱۵	۰/۰۰۷	-۰/۰۳۲	۰/۲۱	۰/۰۰۶	-۰/۰۳	۲۰۳۰
۰/۲۲۲	۰/۰۰۷	-۰/۰۳۵	۰/۲۱۹	۰/۰۰۷	-۰/۰۳۲	۰/۲۱۴	۰/۰۰۶	-۰/۰۳	۲۰۳۲
۰/۲۲۳	۰/۰۰۷	-۰/۰۳۵	۰/۲۲	۰/۰۰۷	-۰/۰۳۲	۰/۲۱۳	۰/۰۰۷	-۰/۰۳	۲۰۳۴
۰/۲۲۲	۰/۰۰۷	-۰/۰۳۵	۰/۲۱۸	۰/۰۰۷	-۰/۰۳۲	۰/۲۱۱	۰/۰۰۷	-۰/۰۲۹	۲۰۳۶
۰/۲۱۷	۰/۰۰۷	-۰/۰۳۴	۰/۲۱۲	۰/۰۰۷	-۰/۰۳۱	۰/۲۰۶	۰/۰۰۶	-۰/۰۲۹	۲۰۳۸
۰/۲۰۹	۰/۰۰۶	-۰/۰۳۳	۰/۲۰۵	۰/۰۰۶	-۰/۰۳	۰/۱۹۸	۰/۰۰۶	-۰/۰۲۸	۲۰۴۰
۰/۲	۰/۰۰۶	-۰/۰۳۲	۰/۱۹۶	۰/۰۰۵	-۰/۰۲۹	۰/۱۸۹	۰/۰۰۵	-۰/۰۲۷	۲۰۴۲
۰/۱۸۷	۰/۰۰۵	-۰/۰۳	۰/۱۸۲	۰/۰۰۴	-۰/۰۲۸	۰/۱۷۵	۰/۰۰۴	-۰/۰۲۵	۲۰۴۴
۰/۱۶۸	۰/۰۰۴	-۰/۰۲۸	۰/۱۶۴	۰/۰۰۴	-۰/۰۲۶	۰/۱۵۸	۰/۰۰۳	-۰/۰۲۳	۲۰۴۶
۰/۱۴۲	۰/۰۰۳	-۰/۰۲۶	۰/۱۴	۰/۰۰۳	-۰/۰۲۴	۰/۱۳۵	۰/۰۰۳	-۰/۰۲۱	۲۰۴۸
۰/۱۱۳	۰/۰۰۳	-۰/۰۲۴	۰/۱۱۲	۰/۰۰۳	-۰/۰۲۲	۰/۱۰۹	۰/۰۰۳	-۰/۰۲	۲۰۵۰
۰/۱۹۷	۰/۰۰۵	-۰/۰۳۱	۰/۱۹۳	۰/۰۰۵	-۰/۰۲۹	۰/۱۸۷	۰/۰۰۵	-۰/۰۲۷	میانگین

مأخذ: یافته‌های تحقیق

میزان متوسط افزایش انتشار سالانه دی اکسید کربن در سایر نقاط جهان (به جز ایران و کشورهای تحریم کننده ایران) طی سه سناریو مختلف اعمالی در حدود ۰/۰۰۵ درصد ثابت بوده که بسیار کمتر از افزایش انتشار دی اکسید کربن در ایران می باشد، به طوری که میزان متوسط افزایش انتشار دی اکسید کربن در ایران طی سناریو اول بیش از ۳۷، سناریو دوم بیش از ۳۸ و سناریو سوم بیش از ۳۹ برابر افزایش انتشار دی اکسید کربن در سایر نقاط جهان می باشد.

طی هر سه سناریو اعمالی بیشترین میزان افزایش انتشار دی اکسید کربن در ایران در سال ابتدایی اعمال شوک، یعنی سال ۲۰۱۹ و کمترین میزان افزایش انتشار آن در سال پایانی یعنی

۲۰۵۰ می‌باشد و این نتیجه نشان می‌دهد که اثرات اعمال تحریم بر انتشار دی‌اکسید کربن با گذشت زمان کاهش می‌یابد.

۳-۴. بررسی میزان افزایش انتشار دی‌اکسید کربن به تفکیک بخش‌های اقتصادی طی سناریوهای اعمالی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مدل، در جداول ۴ تا ۶ میزان تغییرات انتشار دی‌اکسید کربن به تفکیک بخش‌های اقتصادی، طی سه سناریو برای سال ابتدایی (۲۰۱۹)، انتهایی (۲۰۵۰) و متوسط دوره زمانی (۲۰۱۹-۲۰۵۰) برای ایران، کشورهای تحریم‌کننده ایران و سایر نقاط جهان آورده شده‌است.

جدول ۴. میزان تغییرات انتشار دی‌اکسید کربن به تفکیک بخش‌های اقتصادی طی سناریو ۱ (کاهش ۶۰ درصدی صادرات نفت ایران)

متوسط ۲۰۱۹ تا ۲۰۵۰			۲۰۵۰			۲۰۱۹			بخش‌های اقتصادی
Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	
۰/۱۶۹	۰/۰۰۴	-۰/۰۳۰	۰/۲۳۹	۰/۰۰۶	-۰/۰۲۶	۰/۲۵۹	۰	-۰/۰۲۷	1 agr
۰/۳۶۶	۰/۰۰۶	-۰/۰۳۵	۰/۲۶۳	۰/۰۰۷	-۰/۰۲۴	۰/۷۱۱	-۰/۰۰۳	-۰/۰۴۳	2 Mine
۰/۳۹۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۱۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۵۷۸	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	3 coal
۰/۱۲۹	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۲	۰/۱۲۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۵۰۸	-۰/۰۱۲	۰/۰۰۴	4 oil
۰/۲۱۶	۰/۰۰۳	-۰/۰۱۶	۰/۳۳	۰	-۰/۰۰۶	۰/۷۲۶	-۰/۰۱۸	۰/۰۰۳	5 gas
۰/۶۴۱	۰/۰۰۸	-۰/۰۵۹	۰/۵	۰/۰۰۷	-۰/۰۳۸	۰/۶۸	۰/۰۰۶	-۰/۰۵۹	6 oil_pcts
۰/۵۲۸	۰/۰۰۲	-۰/۰۱۷	۰/۵۴۹	۰/۰۰۵	-۰/۰۱۹	۰/۸۲۱	-۰/۰۰۵	-۰/۰۰۸	7 Low
۰/۳۵۵	۰/۰۰۲	-۰/۰۱۸	۰/۱۷۱	۰/۰۰۱	-۰/۰۱۴	۰/۶۷۶	-۰/۰۰۴	-۰/۰۱۵	8 Medium
-۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	-۰/۰۱۴	-۰/۴۶۳	۰/۰۰۴	-۰/۰۱۶	۰/۱۹۵	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶	9 High
۰/۶۱۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۵۸۲	۰	۰/۰۱۸	۰/۵۹۶	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۳	10 TND
۰/۶۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۶۲۵	۰	۰/۰۰۴	۰/۵۴۵	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	11 FBL
۰/۰۱۵	-۰/۰۰۱	۰/۰۱۴	-۰/۱۲	-۰/۰۰۲	۰/۰۱۶	۰/۱۵۹	-۰/۰۰۵	۰/۰۱۵	12 RBL
۰/۴۸۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۴۱۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۴۹۱	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	13 FPL
۰/۲۶۲	۰/۰۰۶	-۰/۰۴۴	۰/۰۶۹	۰/۰۰۳	-۰/۰۲۶	۰/۲۷۱	۰/۰۰۵	۰/۰۴۴	14 serv

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۵. میزان تغییرات انتشار دی اکسید کربن به تفکیک بخش های اقتصادی طی سناریو ۲ (کاهش ۶۵ درصدی صادرات نفت ایران)

متوسط ۲۰۱۹ تا ۲۰۵۰			۲۰۵۰			۲۰۱۹			بخش های اقتصادی
Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	
۰/۱۷۸	۰/۰۰۵	-۰/۰۳۲	۰/۲۵۵	۰/۰۰۶	-۰/۰۲۸	۰/۲۷۶	۰	-۰/۰۰۳	1 agr
۰/۳۹۶	۰/۰۰۶	-۰/۰۳۸	۰/۲۸۵	۰/۰۰۷	-۰/۰۲۷	۰/۷۶۹	-۰/۰۰۳	-۰/۰۴۷	2 Mine
۰/۴۲۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۱۱۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۶۲۴	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	3 coal
۰/۱۴	-۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	۰/۱۳	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۵۵۵	-۰/۰۱۳	۰/۰۰۵	4 oil
۰/۲۴	۰/۰۰۳	-۰/۰۱۷	۰/۳۵۹	۰	-۰/۰۶۴	۰/۷۹۵	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	5 gas
۰/۶۸	۰/۰۰۹	-۰/۰۶۴	۰/۵۳۱	۰/۰۰۷	-۰/۰۴۲	۰/۷۲۵	۰/۰۰۶	-۰/۰۶۵	6 oil_pcts
۰/۵۶۷	۰/۰۰۲	-۰/۰۱۸	۰/۵۹	۰/۰۰۵	-۰/۰۰۲	۰/۸۹	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۹	7 Low
۰/۳۸۴	۰/۰۰۲	-۰/۰۱۹	۰/۱۸۷	۰/۰۰۱	-۰/۰۱۵	۰/۷۳۵	-۰/۰۰۴	-۰/۰۱۶	8 Medium
-۰/۰۱۱	۰/۰۰۳	-۰/۰۱۶	-۰/۴۹۴	۰/۰۰۴	-۰/۰۱۷	۰/۲۱	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۷	9 High
۰/۶۵۸	۰/۰۰۱	۰/۰۱۵	۰/۶۲۱	۰	۰/۰۱۹	۰/۶۳۹	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۴	10 TND
۰/۶۴۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۶۶۸	۰	۰/۰۰۵	۰/۵۸۲	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	11 FBL
۰/۰۰۸	-۰/۰۰۱	۰/۰۱۶	-۰/۱۳۸	-۰/۰۰۲	۰/۰۱۸	۰/۱۷۲	-۰/۰۰۶	۰/۰۱۷	12 RBL
۰/۵۱۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۴۴۱	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۲	۰/۵۲۴	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	13 FPL
۰/۲۷۱	۰/۰۰۷	-۰/۰۴۸	۰/۰۶۹	۰/۰۰۳	-۰/۰۲۹	۰/۲۸۳	۰/۰۰۵	-۰/۰۴۸	14 serv

مأخذ: یافته های پژوهش

با توجه به جداول فوق و جدول بعد بخش های محصولات نفتی، تولید و توزیع برق، تولید برق با سوخت فسیلی با بار پایه، صنایع با فناوری پایین، تولید برق با سوخت های فسیلی بار اوج، زغال سنگ، معدن، صنایع با فناوری متوسط تولید، خدمات، گاز، کشاورزی و نفت بخش هایی بوده اند طی هر سه سناریو اعمال شده به ترتیب بیشترین افزایش را در تولید گازی دی اکسید کربن داشته اند و بخش های تولید برق با صنایع تجدید پذیر بار پایه و صنایع با فناوری بالای تولید بخش هایی بوده اند که در سه سناریو اعمال شده یا با کاهش در تولید دی اکسید کربن یا با افزایش اندک نسبت به سایر بخش ها مواجه گردیده اند.

همچنین در بررسی میزان تغییر در انتشار دی اکسید کربن در سناریو سوم (کاهش ۷۰ درصدی صادرات نفت) به سناریو اول (کاهش ۶۰ درصدی صادرات نفت) نشان می دهد که بخش های تولید و توزیع برق، صنایع با فناوری پایین، تولید برق با سوخت های فسیلی بار پایه، تولیدات نفتی، معدن، صنایع با فناوری متوسط، تولید برق با سوخت فسیلی بار اوج،

زغال‌سنگ، گاز، نفت، کشاورزی و خدمات به ترتیب شاهد بیشترین افزایش در انتشار دی‌اکسید کربن با تشدید تحریم‌ها بوده‌اند و بخش‌های صنایع با فناوری بالا و تولید برق با منابع قابل تجدید بخش‌هایی بوده‌اند که علی‌رغم تشدید تحریم‌ها با کاهش در میزان انتشار دی‌اکسید کربن رو به رو گردیده‌اند.

جدول ۶. میزان تغییرات انتشار دی‌اکسید کربن به تفکیک بخش‌های اقتصادی طی سناریو ۳ (کاهش ۷۰ درصدی صادرات نفت ایران)

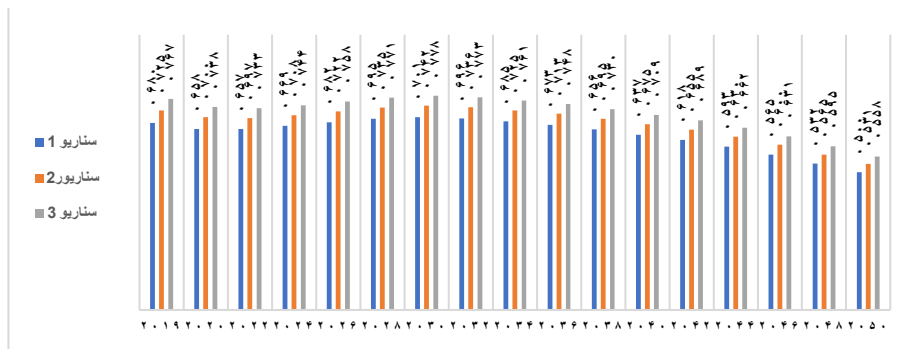
متوسط ۲۰۱۹ تا ۲۰۵۰			۲۰۵۰			۲۰۱۹			بخش‌های اقتصادی
Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	Iran	ROW	Sanction	
۰/۱۸۷	۰/۰۰۵	-۰/۰۳۵	۰/۲۷	۰/۰۰۶	-۰/۰۳۱	۰/۲۹۲	۰	-۰/۰۳۲	1 agr
۰/۴۲۵	۰/۰۰۶	-۰/۰۴۲	۰/۳۰۸	۰/۰۰۷	-۰/۰۲۹	۰/۸۲۶	-۰/۰۰۴	-۰/۰۵۱	2 Mine
۰/۴۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۱۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۶۷	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	3 coal
۰/۱۵۱	-۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	۰/۱۳۸	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۶۰۳	-۰/۰۱۴	۰/۰۰۵	4 oil
۰/۲۶۵	۰/۰۰۳	-۰/۰۱۸	۰/۳۸۸	۰/۰۰۱	-۰/۰۷۱	۰/۸۶۷	-۰/۰۲۲	۰/۰۰۳	5 gas
۰/۷۱۴	۰/۰۰۹	-۰/۰۰۷	۰/۵۵۸	۰/۰۰۸	-۰/۰۴۶	۰/۷۶۷	۰/۰۰۶	-۰/۰۰۷	6 oil_pcts
۰/۶۰۵	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۲	۰/۶۲۸	۰/۰۰۵	-۰/۰۲۲	۰/۹۵۹	-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۹	7 Low
۰/۴۱۲	۰/۰۰۲	-۰/۰۲۱	۰/۲۰۴	۰/۰۰۱	-۰/۰۱۷	۰/۷۹۴	-۰/۰۰۴	-۰/۰۱۸	8 Medium
-۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	-۰/۰۱۷	-۰/۵۲۷	۰/۰۰۴	-۰/۰۰۲	۰/۲۲۵	-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۷	9 High
۰/۶۹۲	۰/۰۰۱	۰/۰۱۶	۰/۶۵۶	۰	۰/۰۲۱	۰/۶۸۱	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۵	10 TND
۰/۶۷۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۷۰۹	۰	۰/۰۰۵	۰/۶۱۸	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	11 FBL
-۰/۰۰۱	-۰/۰۰۱	۰/۰۱۷	-۰/۱۵۸	-۰/۰۰۱	۰/۰۱۹	۰/۱۸۴	-۰/۰۰۶	۰/۰۱۸	12 RBL
۰/۵۴۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۴۶۳	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۲	۰/۵۵۷	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	13 FPL
۰/۲۷۷	۰/۰۰۷	-۰/۰۵۲	۰/۰۶۶	۰/۰۰۳	-۰/۰۳۲	۰/۲۹۳	۰/۰۰۶	-۰/۰۵۲	14 serv

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۴-۴. بررسی میزان افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در بخش نفت و گاز

در میان بخش‌های اقتصادی، تولید محصولات نفتی بیشترین افزایش در انتشار دی‌اکسید کربن را تحت تأثیر تحریم‌های اعمالی تحت سناریوهای اتخاذ شده داشته و همچنین میزان انتشار دی‌اکسید کربن در این بخش با تشدید تحریم‌ها افزایش یافته است. متوسط میزان افزایش سالانه انتشار دی‌اکسید کربن طی سه سناریو اعمالی در سری زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۵۰ در بخش محصولات نفتی به ترتیب ۰/۶۴۱، ۰/۶۸ و ۰/۷۱۴ درصد بوده است.

نمودار ۲. افزایش میزان انتشار دی اکسید در بخش محصولات نفتی طی سناریوهای سه گانه

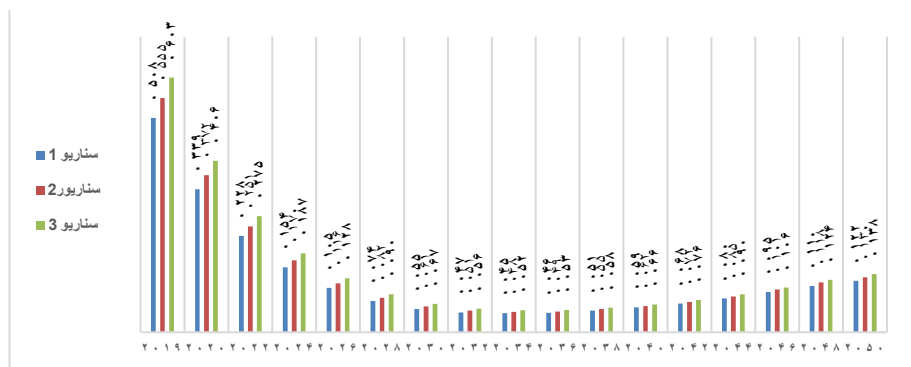


مأخذ: یافته‌های پژوهش

باتوجه به اینکه مطالعات انجام شده نشان می‌دهد میان مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار دی‌اکسیدکربن رابطه‌ی مستقیم برقرار است به طوریکه با افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، میزان انتشار دی‌اکسیدکربن نیز افزایش می‌یابد (حافظی و ممی پور، ۱۴۰۲) لذا به نظر می‌رسد در ایران تحریم‌ها به طرق مختلف مانند کاهش سرمایه‌گذاری‌های جدید در حوزه تولید محصولات نفتی و نیز عدم دسترسی به تکنولوژی‌های بالای تولید باعث گردیده میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در این بخش در مقایسه با سایر بخش‌های اقتصادی از شدت بیشتری برخوردار باشد.

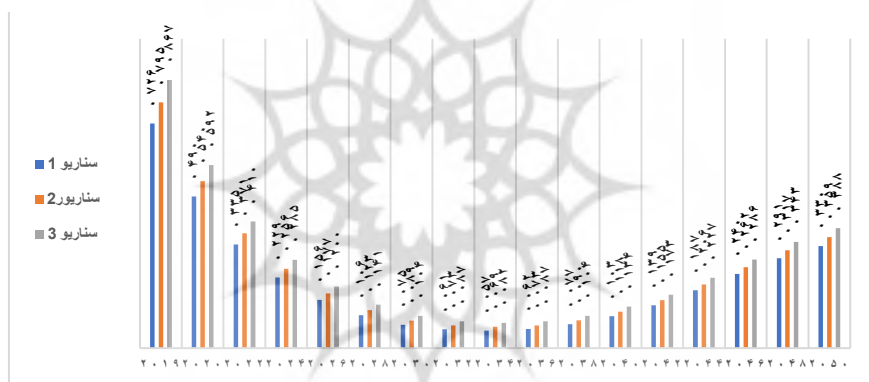
در خصوص میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش‌های نفت و گاز می‌توان گفت با اعمال تحریم‌ها میزان انتشار دی‌اکسیدکربن افزایش یافته اما این افزایش در بخش گاز بیشتر از نفت بوده است که می‌تواند به دلیل کاهش صادرات نفت و به تبع آن کاهش استخراج و فرآوری آن رخ داده باشد، همچنین متوسط میزان افزایش سالانه انتشار دی‌اکسیدکربن طی سه سناریو اعمالی در بازه زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۵۰ در بخش نفت به ترتیب ۰/۱۲۹، ۰/۱۴ و ۰/۱۵۱ درصد و در بخش گاز به ترتیب ۰/۲۱۶، ۰/۲۴ و ۰/۲۶۵ درصد بوده و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در این بخش‌ها با تشدید تحریم‌ها افزایش یافته است.

نمودار ۳. افزایش میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش نفت طی سناریوهای سه‌گانه



مأخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار ۴. افزایش میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش گاز طی سناریوهای سه‌گانه



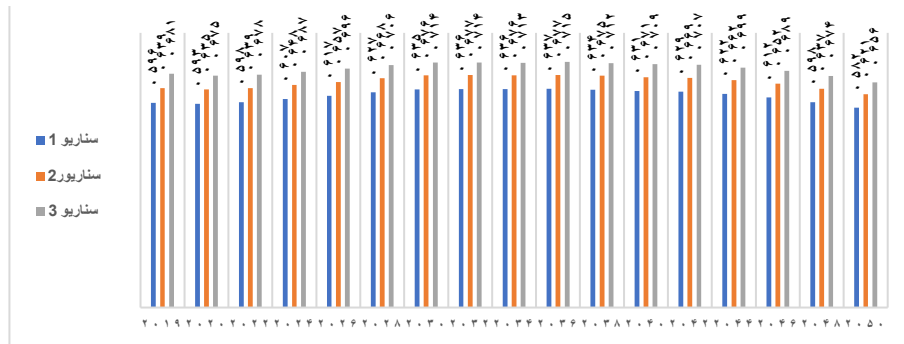
مأخذ: یافته‌های پژوهش

۴-۵. بررسی میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش تولید و توزیع برق

بخش تولید و توزیع نیروی برق، پس از تولید محصولات نفتی دارای بیشترین افزایش در انتشار دی‌اکسیدکربن طی سه سناریو بوده و متوسط میزان افزایش سالانه انتشار دی‌اکسیدکربن طی سناریوهای اعمالی در سری زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۵۰ به ترتیب ۰/۶۱۷، ۰/۶۵۸ و ۰/۶۹۶ درصد بوده است.

نمودار ۵. افزایش میزان انتشار دی اکسید کربن در بخش تولید و توزیع نیروی برق طی سناریوهای

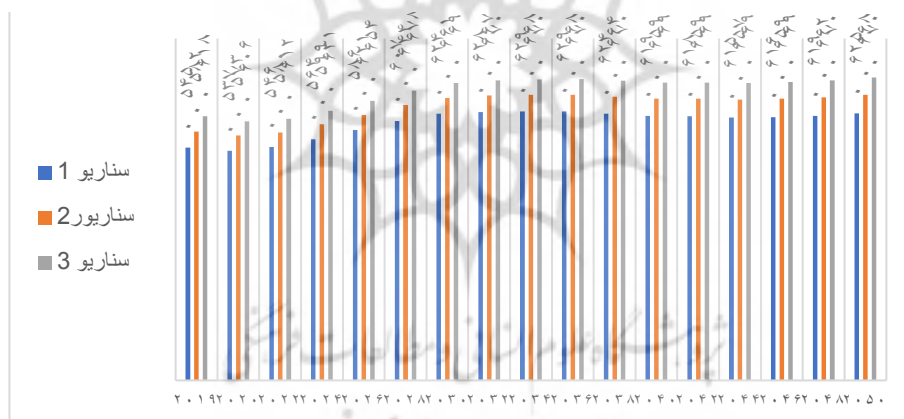
سه گانه



مأخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار ۶. تغییرات میزان انتشار دی اکسید کربن در بخش تولید برق از سوخت فسیلی با بارپایه طی

سناریوهای سه گانه



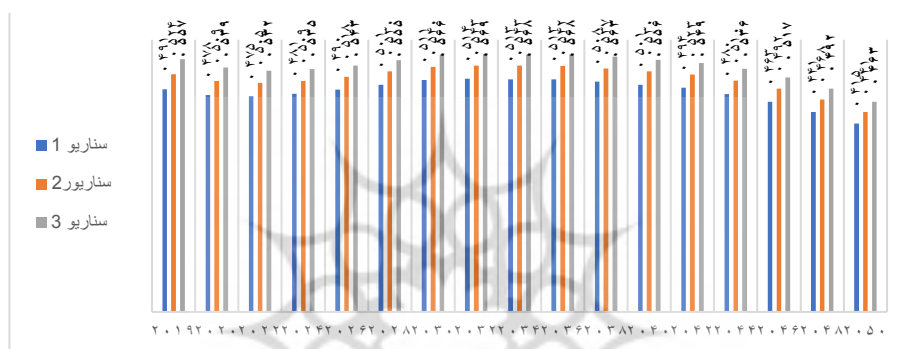
مأخذ: یافته‌های پژوهش

بررسی میزان انتشار تولید برق در دو حالت استفاده از سوخت‌های فسیلی و استفاده از منابع تجدیدپذیر نتایج متفاوت و جالبی به همراه داشته به گونه‌ای که با تشدید تحریم‌ها در حالت تولید برق با سوخت‌های فسیلی بر میزان انتشار دی اکسید کربن افزوده شده اما در حالت سوخت‌های تجدیدپذیر یا از میزان دی اکسید کربن منتشر شده کاسته شده یا با افزایش اندک روبه‌رو شده است، به گونه‌ای که طی سه سناریو و در بازه زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۵۰

متوسط انتشار سالانه دی‌اکسید کربن در بخش تولید برق از سوخت فسیلی با بار پایه به ترتیب ۰/۶۰۲، ۰/۶۴۱ و ۰/۶۷۷ درصد و با بار اوج به ترتیب ۰/۴۸۶، ۰/۵۱۶ و ۰/۵۴۲ درصد بوده است، اما در بخش تولید برق با استفاده از سوخت‌های تجدیدپذیر در حالت بار پایه طی سناریو اول و دوم با افزایش‌های اندک ۰/۰۱۵ و ۰/۰۸ درصدی و در حالت سناریو سوم با کاهش ۰/۰۰۱ درصدی رو به رو شده است.

نمودار ۷. افزایش میزان انتشار دی‌اکسید کربن در بخش تولید برق از سوخت فسیلی با بار اوج طی

سناریوهای سه‌گانه



مأخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار ۸. تغییرات میزان انتشار دی‌اکسید کربن در بخش تولید برق از منابع تجدیدپذیر با بار پایه

طی سناریوهای سه‌گانه



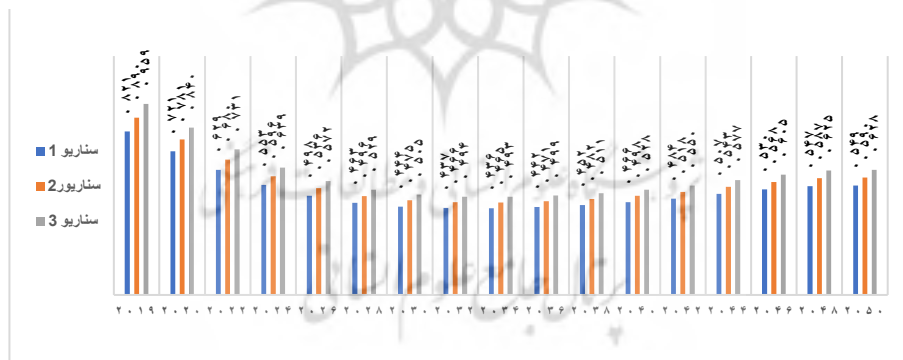
مأخذ: یافته‌های پژوهش

۶-۴. بررسی میزان انتشار دی اکسید کربن در بخش صنعت

بررسی انتشار دی اکسید کربن در صنایع با فناوری های بالا، متوسط و پایین نشان می دهد که متوسط افزایش انتشار دی اکسید کربن در صنایع با فناوری پایین بیشتر از صنایع با فناوری متوسط و در صنایع با فناوری متوسط بیشتر از صنایع با فناوری بالا است. به عبارت دیگر، با حرکت از صنایع با فناوری پایین به سمت صنایع با فناوری متوسط و بالا، میزان افزایش انتشار دی اکسید کربن کاهش می یابد؛ متوسط میزان افزایش سالانه انتشار دی اکسید کربن طی سه سناریو اعمالی در سری زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۵۰ در بخش صنایع با فناوری پایین به ترتیب ۰/۵۲۸، ۰/۵۶۷ و ۰/۶۰۵ درصد و در صنایع با فناوری متوسط به ترتیب ۰/۳۵۵، ۰/۳۸۴ و ۰/۴۱۲ درصد و در صنایع با فناوری بالا به ترتیب ۰/۰۰۵، ۰/۰۱۱ و ۰/۰۲ درصد بوده است. نکته دیگر آنکه میزان انتشار دی اکسید کربن در صنایع با فناوری پایین و متوسط با تشدید تحریم ها افزایش می یابد؛ اما این موضوع در مورد صنایع با فناوری بالا صدق نمی کند و میزان و تشدید انتشار دی اکسید کربن در این بخش چندان تحت تأثیر تحریم ها قرار نگرفته است.

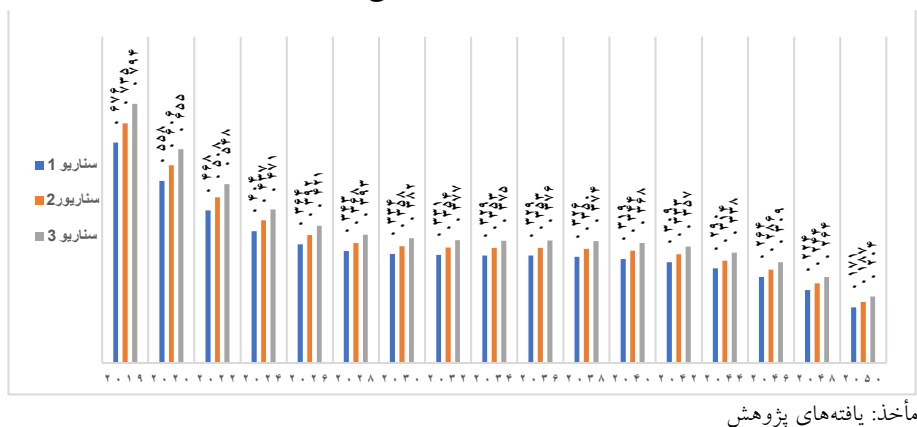
نمودار ۹. افزایش میزان انتشار دی اکسید کربن در بخش صنایع با فناوری پایین طی سناریوهای

سه گانه

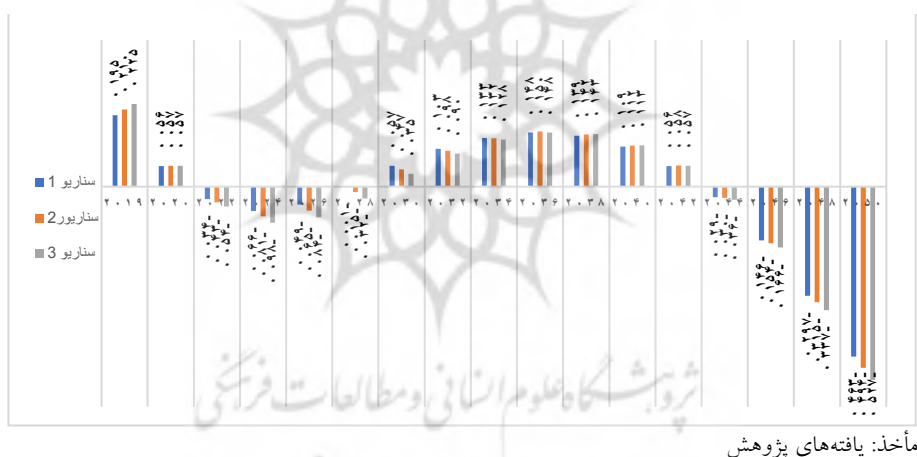


مأخذ: یافته های پژوهش

نمودار ۱۰. افزایش میزان انتشار دی اکسید در بخش صنایع با فناوری متوسط سناریوهای سه گانه



نمودار ۱۱. افزایش میزان انتشار دی اکسید کربن در بخش صنایع با فناوری بالا طی سناریوهای سه گانه

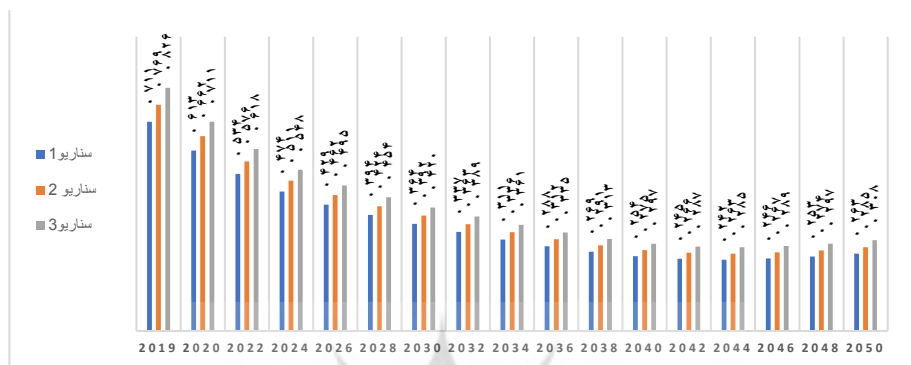


۷-۴. بررسی میزان انتشار دی اکسید کربن در بخش معدن و زغال سنگ

بررسی‌های میزان انتشار دی اکسید کربن در بخش زغال سنگ و معدن نشان می‌دهد متوسط افزایش انتشار سالانه دی اکسید کربن در بخش زغال سنگ به ترتیب ۰/۳۹۹، ۰/۴۲۵ و ۰/۴۵ و در بخش معدن به ترتیب ۰/۳۶۶، ۰/۳۹۶ و ۰/۴۲۵ درصد بوده که نشان می‌دهد در این بخش‌ها با تشدید تحریم‌ها با تشدید در افزایش دی اکسید کربن منتشره مواجه شده‌اند،

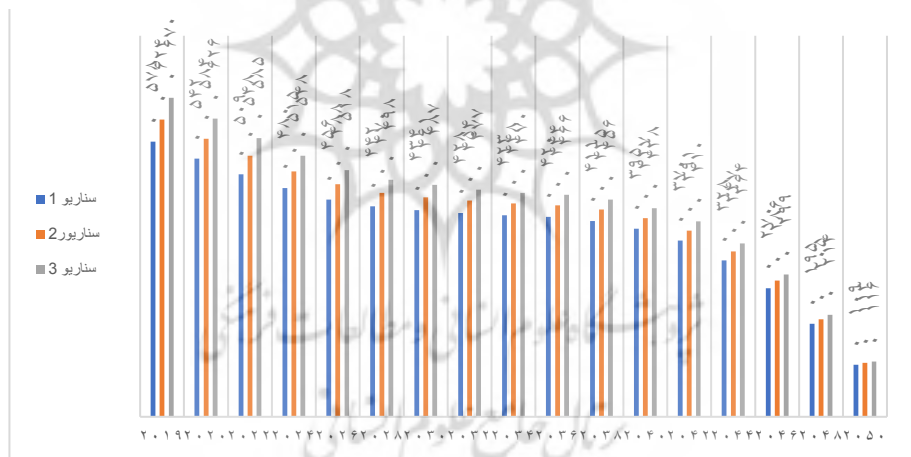
همچنین طی در هر سه سناریو اعمالی میزان افزایش انتشار دی اکسید کربن در بخش زغال سنگ بیشتر از معدن بوده است.

نمودار ۱۲. افزایش میزان انتشار دی اکسید کربن در بخش معدن طی سناریوهای سه گانه



مأخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار ۱۳. افزایش میزان انتشار دی اکسید در بخش زغال سنگ طی سناریوهای سه گانه اعمالی



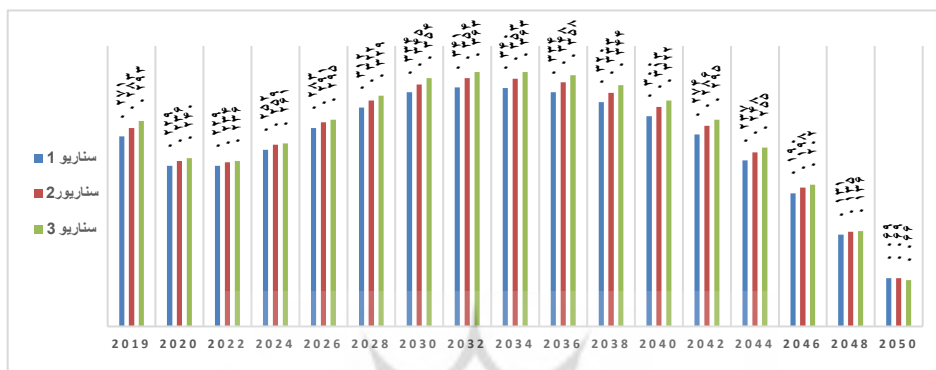
مأخذ: یافته‌های پژوهش

۴-۸. بررسی میزان انتشار دی اکسید کربن در بخش خدمات

مطابق نتایج به دست آمده برای بخش خدمات مشاهده می گردد که این بخش طی این سه سناریو به ترتیب با ۰/۲۶۲، ۰/۲۷۱ و ۰/۲۷۷ درصد افزایش در انتشار دی اکسید کربن مواجه

گردیده است و می‌توان گفت با تشدید تحریم‌ها بر میزان افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در این بخش افزوده شده است.

نمودار ۱۴. افزایش میزان انتشار دی‌اکسید کربن در بخش خدمات طی سناریوهای سه‌گانه



مأخذ: یافته‌های پژوهش

۹-۴. بررسی میزان انتشار دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی

مطابق نتایج به‌دست آمده، متوسط میزان افزایش سالانه انتشار دی‌اکسید کربن طی سه سناریو اعمالی در بخش کشاورزی به ترتیب ۰/۱۶۹، ۰/۱۷۸ و ۰/۱۸۷ درصد بوده و نشان می‌دهد با تشدید تحریم‌ها بر میزان افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی افزوده شده است.

نمودار ۱۵. افزایش میزان انتشار دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی طی سناریوهای سه‌گانه



مأخذ: یافته‌های پژوهش

۵. نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به اینکه کشور ایران از یک سو با تحریم‌های گسترده اقتصادی دست به گریبان است و از سوی دیگر با معضلات فزاینده محیط‌زیستی مواجه است، در این پژوهش به اثرگذاری تحریم‌ها به صورت ایجاد محدودیت در صادرات نفت ایران در قالب سه سناریو کاهش ۶۰، ۶۵ و ۷۰ درصدی صادرات نفت بر میزان انتشار دی‌اکسیدکربن با استفاده از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه در فرمت GTAP-E-Power به صورت پویا پرداخته شده است.

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که با تشدید تحریم‌ها در ایران میزان کل انتشار دی‌اکسیدکربن افزایش می‌یابد، به گونه‌ای که میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران در سری زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۵۰، تحت سناریو ۱ (کاهش ۶۰ درصدی صادرات نفت ایران) به طور متوسط ۰/۱۸۷ درصد، تحت سناریو ۲ (کاهش ۶۵ درصدی صادرات نفت ایران) به طور متوسط ۰/۱۹۳ درصد و تحت سناریو ۳ (کاهش ۷۰ درصدی صادرات نفت ایران) به طور متوسط ۰/۱۹۷ درصد افزوده شده است. همچنین کشورهای تحریم‌کننده ایران با کاهش در تولید میزان دی‌اکسیدکربن مواجه شده‌اند و میزان تولید دی‌اکسیدکربن در سایر نقاط جهان تقریباً ثابت مانده است. لذا می‌توان گفت:

اولاً تحریم‌های اقتصادی، با کاهش صادرات نفت ایران، باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران شده و اثرات منفی محیط‌زیستی قابل توجهی به همراه داشته‌اند. ثانیاً کشورهای تحریم‌کننده با کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن مواجه شده‌اند که می‌تواند ناشی از تأثیر مثبت سیاست‌های محیط‌زیستی اتخاذی در این کشورها به خصوصاً پیشرفته نظیر توجه بیشتر به انرژی پاک در این کشورها باشد.

ثالثاً اثرات اعمال تحریم بر انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران، در بلندمدت کاهش می‌یابد، اما همچنان سطح انتشار در مقایسه با شرایط بدون تحریم بالاتر باقی می‌ماند. این نتایج بر اهمیت سیاست‌گذاری مناسب و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های انرژی پاک برای کاهش اثرات منفی تحریم‌ها تأکید می‌کند.

با توجه به نتایج به دست آمده بخش‌های تولید و توزیع برق، صنایع با فناوری پایین، تولید برق با سوخت‌های فسیلی بارپایه و تولیدات نفتی به عنوان بخش‌هایی بوده‌اند که هم بیشترین افزایش را در انتشار دی‌اکسیدکربن داشته‌اند و هم بر شدت افزایش این انتشار با حرکت از

سناریو اول به سوم (تشدید تحریم‌ها) افزوده شده است. همچنین تولید دی‌اکسید کربن در بخش نفت به دلیل کاهش استخراج و فراوری آن در میان ۱۳ بخش اقتصادی در جایگاه ۱۱ ام (با مرتب سازی بخش‌ها بر حسب انتشار دی‌اکسید کربن از بیشتر به کمتر) قرار گرفته است.

در میان بخش‌های اقتصادی تولید محصولات نفتی بخشی بوده است که بیشترین افزایش در انتشار دی‌اکسید کربن داشته و پس از آن بخش تولید و توزیع نیروی برق دارای بیشترین افزایش در انتشار دی‌اکسید کربن تحت سه سناریو اعمالی بوده است. افزایش میزان انتشار دی‌اکسید کربن در بخش نفت می‌تواند با ضعف در به‌روزرسانی فناوری و کاهش سرمایه‌گذاری و در بخش گاز با فناوری کمتر پیشرفته و ضعف زیرساخت‌های انتقال و تولید مرتبط باشد. در این راستا فروغی و همکاران (۱۴۰۱) نیز به این نتیجه رسیدند که تحریم‌های بین‌المللی طی سالیان اخیر بر بازارهای مالی و سرمایه‌گذاری‌های خارجی و بالاخص بر میزان بهره‌برداری و بهره‌وری میادین صنعت نفت تأثیر گذار بوده است.

بررسی میزان انتشار دی‌اکسید کربن در بخش تولید برق نشان می‌دهد که نوع سوخت مورد استفاده در تولید برق تأثیر چشمگیری بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن دارد. در شرایط تولید برق با سوخت‌های فسیلی، تشدید تحریم‌ها منجر به افزایش انتشار دی‌اکسید کربن شده درحالی‌که در تولید با منابع تجدیدپذیر، تشدید تحریم‌ها باعث کاهش انتشار دی‌اکسید کربن شده یا افزایش ناچیزی را به همراه داشته است. میانگین سالانه افزایش انتشار دی‌اکسید کربن طی سه سناریوی اعمالی و در بازه زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۵۰ در حالت «تولید برق با سوخت‌های فسیلی»، با بارپایه به ترتیب ۰/۶۰۲، ۰/۶۴۱ و ۰/۶۷۷ درصد و در حالت بار اوج به ترتیب ۰/۴۸۶، ۰/۵۱۶ و ۰/۵۴۲ درصد بوده است. در مقابل در حالت «تولید برق با منابع تجدیدپذیر»، تأثیر تحریم‌ها بر انتشار دی‌اکسید کربن بسیار متفاوت بوده است. برای حالت بارپایه، در سناریوهای اول و دوم، میزان انتشار دی‌اکسید کربن با افزایش‌های اندک به ترتیب ۰/۰۱۵ و ۰/۰۰۸ درصد مواجه شده اما در سناریوی سوم، میزان انتشار دی‌اکسید کربن کاهش یافته و به ۰/۰۰۱- درصد رسیده است.

این نتایج نشان می‌دهند که استفاده از منابع تجدیدپذیر در تولید برق، حتی در شرایط تحریم، می‌تواند به کاهش اثرات منفی محیط زیستی کمک کند. از سوی دیگر، وابستگی به سوخت‌های فسیلی، با توجه به شرایط تحریم، تأثیر منفی بیشتری بر محیط‌زیست دارد و

منجر به افزایش انتشار دی اکسید کربن می شود. در خصوص اثر گذاری تحریم بر صنعت برق کشور همچنین می توان به مطالعه علیزاده و همکاران (۱۴۰۰) اشاره کرد که بیان نمودند صنعت برق کشور در شرایط تحریم با مسائل مختلفی در حوزه های اقتصادی (مانند افزایش قیمت تجهیزات و مسأله تامین و تبادل مالی)، ساختاری (مانند ناهماهنگی وزارت خانه های نفت و نیرو و وجود واحدهای موازی در ساختار صنعت) و فرهنگی (مانند عدم دسترسی به فناوری روز دنیا و کاهش پژوهش های منطقه ای) مواجه بوده است.

نتایج انتشار دی اکسید کربن در صنایع با سطوح مختلف فناوری نشان داد صنایع با فناوری پایین بیشترین میزان افزایش انتشار دی اکسید کربن را در مقایسه با سایر صنایع داشته اند و با حرکت از صنایع با فناوری پایین به سمت صنایع با فناوری متوسط و بالا، میزان افزایش انتشار دی اکسید کربن کاهش می یابد. بنابراین می توان گفت در صنایع با فناوری پایین و متوسط، انتشار دی اکسید کربن با تشدید تحریم ها افزایش یافته و افزایش در صنایع با فناوری پایین به مراتب بیشتر از صنایع با فناوری متوسط بوده است اما در صنایع با فناوری بالا برخلاف صنایع با فناوری پایین و متوسط، تحریم ها تأثیر قابل توجهی بر میزان انتشار دی اکسید کربن نداشته اند. میزان افزایش انتشار دی اکسید کربن در این صنایع در طول سال های مختلف یا بسیار ناچیز بوده یا با کاهش همراه بوده و متوسط انتشار دی اکسید کربن طی هر سه سناریو عملی در بازه زمانی بررسی شده با کاهش همراه بوده است. به نظر می رسد که این بخش به دلیل دسترسی به فناوری های پیشرفته تر و کارآمدتر، آسیب پذیری کمتری نسبت به تحریم ها داشته اند. این تحلیل تأکید می کند که به کارگیری فناوری های پیشرفته تر می تواند تأثیر تحریم ها را بر انتشار گازهای گلخانه ای کاهش داده و به بهبود وضعیت محیط زیستی کمک کند.

نتایج در بخش معدن و زغال سنگ نشان می دهد که در هر دو بخش، با تشدید تحریم ها افزایش انتشار دی اکسید کربن شدت بیشتری یافته است. همچنین طی هر سه سناریوی اعمال شده، میزان افزایش انتشار دی اکسید کربن در بخش زغال سنگ بیشتر از بخش معدن بوده که نشان دهنده حساسیت بیشتر این بخش به تغییرات ناشی از تحریم ها است. نتایج مشابهی برای بخش خدمات و کشاورزی نیز به دست آمده بدین صورت که میزان انتشار دی اکسید کربن در این دو بخش نیز با اعمال تحریم ها و تشدید آن افزایش یافته است.

- لذا باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده، توصیه‌های سیاستی زیر برای کاهش اثرات محیط زیستی ناشی از تحریم‌ها و بهبود شرایط اقتصادی و محیط‌زیستی کشور پیشنهاد می‌گردد:
- رفع تحریم‌ها به‌عنوان اولویت کلان سیاسی و اقتصادی: باتوجه به اینکه میزان انتشار دی‌اکسیدکربن با اعمال تحریم‌ها افزایش می‌یابد و این افزایش با تشدید تحریم‌ها رشد می‌یابد، پیشنهاد می‌شود اقدامات لازم برای رفع تحریم‌ها در صدر اولویت‌های کلان سیاسی و اقتصادی کشور قرار گیرد.
 - سرمایه‌گذاری در حوزه تولید محصولات نفتی با دسترسی به فناوری‌های نوین: باتوجه به نقش بالای بخش تولید محصولات نفتی در افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن طی سناریوهای مختلف و با توجه به سیاست جلوگیری از خام‌فروشی نفت در اسناد بالادستی، پیشنهاد می‌شود ضمن تلاش برای افزایش سرمایه‌گذاری در این بخش دسترسی به فناوری‌های نوین برای کاهش آلاینده‌گی و افزایش بهره‌وری تولید، در اولویت قرار گیرد.
 - تمرکز بر توسعه منابع تجدیدپذیر در حوزه تولید برق: باتوجه به تأثیر مثبت منابع تجدیدپذیر در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن و آلودگی‌ها و همچنین آلودگی‌های ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی (مانند مازوت) در تولید برق، پیشنهاد می‌شود توسعه و استفاده از منابع تجدیدپذیر در تولید برق کشور در اولویت قرار گیرد و برنامه‌هایی برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی در تولید برق تدوین و اجرا شود.
 - تقویت صنایع با فناوری بالا و توسعه دسترسی به فناوری‌های پیشرفته: با توجه به اینکه صنایع با فناوری پایین تأثیر به‌سزایی از تحریم‌ها گرفته و افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن در این صنایع قابل توجه است، پیشنهاد می‌شود سرمایه‌گذاری در دسترسی به فناوری‌های پیشرفته در بخش صنعت به‌طور عام و صنایع با فناوری بالا به‌طور خاص، در اولویت قرار گیرد و همچنین تقویت صنایع با فناوری بالا به‌عنوان یک سیاست کلان محیط‌زیستی در بخش صنعت دنبال شود.
 - تمرکز بر بخش‌های تاب‌آور در برابر تحریم‌ها: نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که صنایع با فناوری پیشرفته و تولید برق از منابع تجدیدپذیر بارپایه، علی‌رغم تشدید تحریم‌ها، عملکرد بهتری در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن نسبت به سایر

بخش‌ها داشته‌اند. از آنجا که تحریم‌ها با ایجاد محدودیت در انتقال دانش، دسترسی به آخرین فناوری‌ها را دشوار می‌سازند، رفع این موانع می‌تواند به تسهیل انتقال فناوری از کشورهای پیشرفته و کاهش آسیب‌های محیط زیستی منجر شود. بنابراین ضمن تأکید بر ضرورت تلاش برای رفع تحریم‌ها، در صورت تداوم این محدودیت‌ها، پیشنهاد می‌شود که دسترسی به فناوری‌های نوین تولید و دانش روز، در اولویت سرمایه‌گذاری و توسعه کشور قرار گیرد. همچنین تدوین سیاست‌های حمایتی برای گسترش این بخش‌ها و ارتقای نقش آن‌ها در اقتصاد کشور ضروری به نظر می‌رسد.

تعارض منافع

تعارض منافی نداریم.

سپاسگزاری

نویسندگان این مطالعه بر خود واجب می‌دانند مراتب قدردانی صمیمانه خود را از پیشنهادات شایسته داوران و هیأت تحریریه محترم نشریه وزین پژوهشنامه اقتصادی به عمل بیاورند.

ORCID

Behzad Sadeghvand

Hassan Heidari

Mehdi Nejati



<https://orcid.org/0009-0007-7757-5012>



<https://orcid.org/0000-0002-1776-4520>



<https://orcid.org/0000-0003-4103-869x>

منابع

- امیدی فتحکوهی، طاهره، عزتی، مرتضی، و حسن زاده، رقیه. (۱۴۰۱). بررسی آثار سیاست پولی، کنترل دولتی و تحریم بر سرمایه‌گذاری در ایران با رویکرد تاب‌آوری اقتصادی. *سیاست‌های راهبردی و کلان*، ۱۰(۳۷)، ۹۸-۱۳۰.
- پروین، سهیلا، شاکری، عباس و ناصری، سمانه. (۱۴۰۱). آثار رفاهی تحریم‌های اقتصادی (مطالعه موردی ایران). *پژوهشنامه اقتصادی*، ۲۲(۸۴)، ۱۱-۳۸.
- جباری، امیر، مرادخانی، نرگس و فیروزه، غزال. (۱۳۹۶). بررسی اعمال مالیات سبز بر حامل‌های انرژی انتشار دهنده گاز دی‌اکسید کربن و منفعت مضاعف ناشی از آن در اقتصاد ایران. *اقتصاد و الگو سازی*، ۸(۳۱)، ۱۴۷-۱۲۵.

- حافظی حسین، ممی پور سیاب. برنامه ریزی بلندمدت برق در ایران در چارچوب توافقنامه پاریس. *تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*. ۱۴۰۱؛ ۱۳ (۴۹): ۱۵۳-۲۰۱
- خادم‌علیزاده، امیر، آماده، حمید و بقالیان، محبوبه. (۱۳۹۳). تأثیر تحریم‌های اقتصادی بر سطح اشتغال در ایران. *فصلنامه علمی پژوهشی راهبرد اقتصادی*، ۱۱ (۳)، ۸۰-۱۰۴.
- خوشکلام خسروشاهی، موسی. (۱۳۹۸). ارائه یک مدل تعادل عمومی قابل محاسبه برای تجزیه اثر بازگشتی حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران. *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۸ (۳۰)، ۱۳۱-۱۵۷.
- رنجبر حیدری، وحید، و جمشیدی، ابراهیم. (۱۳۹۵). بررسی مفهوم امنیت زیست محیطی با نگاهی به چالش‌های امنیت زیست محیطی ایران. *راهبرد اجتماعی فرهنگی*، ۵ (۲۱)، ۱۹۹-۲۳۱.
- سعادت مهر، مسعود. (۱۳۹۶). بررسی عوامل مؤثر بر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در ایران با تأکید بر نقش تحریم‌های اقتصادی. *مجله اقتصادی*، ۱۷ (۵)، ۴۱-۵۸.
- سید نورانی، سید محمدرضا، & عبادی، مرتضی. (۱۳۹۸). ارزیابی عملکرد بانک‌های تجاری ایران روش: الگوریتم بوت استرپ. *پژوهشنامه اقتصاد کلان*، ۱۴ (۲۸)، ۱۶۹-۱۹۸.
- صابرپور، علی، اخوان فرد، مسعود، و مسعود، غلامحسین. (۱۴۰۰). آثار تحریم‌ها از منظر تعهدات بین‌المللی زیست محیطی با تأکید بر مسأله ایران. *حقوق پزشکی*، ۱۵ (ویژه نامه نوآوری حقوقی)، ۴۱۷-۴۳۴.
- صابرپور، علی، اخوان فرد، مسعود، و مسعود، غلامحسین. (۱۴۰۰). آثار تحریم‌ها بر انتقال فناوری‌های زیست محیطی در حقوق بین‌الملل با تأکید بر مسأله ایران. *حقوق پزشکی*، ۱۵ (۵۶).
- عزتی، مرتضی، حیدری، حسن و مریدی، پروین. (۱۳۹۹). بررسی اثر تحریم‌های اقتصادی بر تولید و اشتغال بخش صنعت ایران. *سیاست‌های راهبردی و کلان*، ۸ (شماره ۲۹)، ۳۸-۶۵.
- علی‌زاده، مهدی، قلی‌پور، رحمت‌اله، ابویی اردکان، محمد، پیران‌نژاد، علی و فاضلی، محمد. (۱۴۰۰). طراحی الگوی حکمرانی پیچیده در شرایط تحریم در ایران (مورد مطالعه: صنعت برق). *مدیریت دولتی*، ۱۳ (۱)، ۵۹-۷۶.
- علینی، احسان، خواجه‌سروی، غلامرضا. (۱۴۰۱). بررسی و تحلیل تحریم‌های آمریکا از منظر جامعه‌شناسی تاریخی (۲۰۱۵-۱۹۷۹). *ماهنامه جامعه‌شناسی سیاسی ایران*، ۵ (۱۲)، ۳۲۷۸-۳۲۹۱.
- عیسی‌زاده، سید، محمودوند، رحیم و میرعالی، فرانک. (۱۴۰۰). اثر تحریم‌های اقتصادی بر GDP سرانه در اقتصاد ایران با استفاده از روش کنترل ترکیبی. *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۱۰۰ (۱۰۰)، ۲۸۹-۳۲۰.

- فروغی نسب، فرشاد، جلال پور، شیوا، عبدالحانی، لنا و یوسفی، بهرام. (۱۴۰۱). ارزیابی تاثیرگذاری استراتژی تحریم‌های بین‌المللی بر الگوهای توسعه یافتگی صنعت نفت. *فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای)*، ۱۲(۴۷)، ۸۲۱-۸۳۴.
- فلاح پور، سعید، تهرانی، رضا، و گرگانی، مصطفی. (۱۴۰۱). بررسی اثر شوک‌های قیمت نفت و تحریم‌های غربی بر خلق نقدینگی بانک‌ها: رویکرد غیرخطی. *تحقیقات مالی*، ۲۴(۲)، ۱۵۷-۱۸۳.
- فهیمی فرد، سیدمحمد. (۱۳۹۹). بررسی آثار ناشی از تحریم‌های اقتصادی بر شاخص‌های زیست محیطی ایران (رهیافت مدل خودرگرسیون برداری ساختاری SVAR). *مدلسازی اقتصادسنجی*، ۳۵(پیاپی ۱۸)، ۹۳-۱۱۹.
- کمالی دهکردی، پروانه. (۱۳۹۹). تحلیل اثر شوک ارزی، تحریم‌های اقتصادی و قیمت نفت بر بازار مسکن (با بکارگیری الگوی خودرگرسیونی برداری ساختاری SVAR). *نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۷(۴)، ۲۷-۵۶.
- محمودی، نرگس، حسین پور، عبدالکریم و رضایی، محمد. (۱۳۹۸). تجزیه و تحلیل بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش‌های منتخب با وجود شاخص تحریم‌های اقتصادی. *فصلنامه تحقیقات اقتصادی*، ۵۴(۳)، ۶۵۹-۶۹۳.
- مصطفوی، سید مهدی، قائمی اصل، مهدی، و حسینی ابراهیم‌آباد، سید علی. (۱۳۹۳). بررسی رابطه علیت تحریم‌های اقتصادی، متغیرهای کلان اقتصادی و آلاینده‌های زیست‌محیطی در ایران (کاربرد رهیافت علیت سیانو). *اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی)*، ۱۱(۱)، ۱۰۳-۱۲۸.

References

- Adom, P. K., Amuakwa-Mensah, F., & Botchway, E. (2018). Financial instability and CO2 emissions: Evidence from developing countries. *Energy Economics*, 72, 829-842.
- Ali Pour, M., et al. (2020). Consumer behavior analysis in Iran during sanctions and its impact on green product consumption. *Environmental Economics Review*, 15(4), 30-45.
- Alini, E., & Khajesarvy, G. (2022). A Review of US sanctions from The Perspective of Historical Sociology (1979 – 2015). *Political Sociology of Iran*, 5(12), 3278-3291 [In Persian].
- Alizadeh, M., Gholipor, R., Aboei Ardakan, M., Pirannejad, A. and Fazeli, M. (2021). Designing a complex governance Pattern in the context of sanctions in Iran Case study: Electrical industry. *Journal of Public Administration*, 13(1), 59-76 [In Persian].
- Aloosh, M., Salavati, C. & Aloosh, D. (2019). Economic sanctions threaten population health: the case of Iran. *Public Health*, 169(13), 10-13.

- Amadeh, H., Khadem Alizadeh, A. & Baghalian, M. (2014). The impact of economic sanctions on employment in Iran. *Economic Strategy*, 3(11), 80-104 [In Persian].
- Brown, T., Wilson, J., & Clark, R. (2021). The impact of oil export reduction on renewable energy investments. *Journal of Energy Economics*, 45(3), 123-135..
- Burniaux, J. M., & Truong, T. P. (2002). GTAP-E: An Energy-Environmental Version of the GTAP Model. *GTAP Technical Paper No. 16*.
- Chen, X., Chen, YE. & Chang, CP. (2019). The effects of environmental regulation and industrial structure on carbon dioxide emission: a non-linear investigation. *Environ Sci Pollut Res* .26(1):30252–30267.
- Eisazadeh, S., Mahmoovand R., & Miraali, F. (2022). The effect of economic sanctions on per capita GDP in the Iranian economy using the Synthetic control method. *Quarterly Journal Research And Policies*, 29 (100) :289-320. <http://qjerp.ir/article-1-3210-en.html> [In Persian].
- Ezzati, M., Heydari, H., & Moridi, P. (2020). The effect of economic sanctions on industrial production and employment of in Iran. *Quarterly Journal of The Macro and Strategic Policies*, 8(1), 38-65. doi: 10.30507/jmsp.2020.102274 [In Persian].
- Fahimifard, S. M. (2020). Studying the Effect of Economic Sanctions on Iran's Environmental Indexes (SVAR Approach). *Journal of Econometric Modelling*, 5(3), [In Persian].
- Falahpor, S., Tehrani, R., & Gorgani, M. (2022). Investigating the Effect of Oil Price Shocks and Western Sanctions on Banks' Liquidity Creation: A Nonlinear Approach. *Financial Research Journal*, 24(2), 157-183 [In Persian].
- Federico, P. & Scandizzo, p. (2018). *The New Generation of Computable General Equilibrium Models*. Italy: Springer International Publishing.
- Fouroughi Nasab, F., Jalalpour, S., Abdolkhani, L., & Yousefi, B. (2022). Evaluation of the effects of international sanctions strategy on the development patterns of the oil industry. *Geography (Regional Planning)*, 12(47), 821-834. [In Persian].
- Fu, Q., Chen, Y.E., Jang, C.L. & Chang, C.P. (2020), The impact of international sanctions on environmental performance, *Science of The Total Environment*, 745 .
- Garfield, J. (2002). Reduction of international aid and exacerbation of environmental problems in Iran. *Global Environmental Change*, 15(4), 81-93.
- Gharibnavaz, R. & Waschik, M. (2015). A Computable General Equilibrium Model of International Sanctions. *Centre of Policy Studies/IMPACT Centre Working* 22(12), 210-255.
- Green, P., & Lee, S. (2020). Transportation trends in the context of rising oil prices. *Transport Research Part A*, 34(4), 56-68.
- Hafezi H, Mamipour S.(2022). The Long-term Electricity Planning in Iran under the Paris Agreement. *Jemr*, 13 (49) :153-201[In Persian].

- Hatzichronoglou, T. (1997). Revision of the high-technology sector and product classification. *OECD Science, Technology and Industry working paper*. 1977/2.
- Hertel, T. W. (2007). *GTAP 7 Data Base Documentation*. Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Hosseini, M., et al. (2021). Reduction of international aid and its impact on environmental problems in Iran during sanctions. *Environmental Policy and Governance*, 31(4), 215-230.
- Huang, F., & Li, J. (2022). Increased reliance on natural resources and environmental degradation in Iran due to sanctions. *Journal of Environmental Sustainability*, 18(3), 44-59.
- International Energy Agency (IEA). (2023). *World Energy Outlook 2023*. Paris: IEA Publications.
- Jabbari, A., Moradkhani, N., & Ghazal, F. (2017). Investigating of Applying the Green Taxes on the Carbon Dioxide Emitter Energy Carriers and Its Double Dividend in Iran's Economy. *Journal of Economics and Modelling*, 8(31), 125-147 [In Persian].
- Kaempfer, W. H., & Lowenberg, A. D. (2007). *The political economy of economic sanctions*. Handbook of Defense Economics, 2, 867-911.
- KamaliDehkordi, P. (2021). Analysis of the Effect of Currency Shock, Economic Sanctions and Oil Prices on the Housing Market (Using Structural Vector-Autoregressive SVAR). *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 7(4), 27-56 [In Persian].
- Kehoe, T. J., & Ruhl, K. J. (2005). A Dynamic General Equilibrium Analysis of U.S. Trade Policy. *Journal of International Economics*, 66(2), 349-372.
- Khaled, S., et al. (2024). Limitations of technology in Iran during sanctions and its impact on the environment. *Environmental Impact Assessment Review*, 42, 57-72.
- Khaleeli, M., et al. (2018). Analysis of the economic impacts of sanctions on environmental policies in Iran. *Journal of Environmental Economics*, 24(2), 43-60.
- Khalid, U., Tahir, A., Okafor, L. & O Sanusi. (2024). Do sanctions affect the environment? The role of trade integration. *Research in Globalization*, 8 (2024) 1-15.
- Khoshkalam Khosroshahi, M. (2019). A computable general equilibrium model for decomposing the rebound effect of energy carriers in Iran's economy. *Iranian Journal of Applied Economic Studies*, 8(30), 131-157 [In Persian].
- Kolstad, C., Peng, C. & Wang, X.F. (2015.), *Environmental economics*, 2nd ed. China Renmin University Press, *Beijing Trans*, 57(1):65-78.
- Lund, H. (2007). *Renewable energy systems: A smart energy systems approach to the choice and modeling of 100% renewable solutions*. Academic Press. 3rd Edition - February 8, 2024 eBook ISBN: 9780443141362

- Madden, R., Shibusawa, h. & Higano, Y. (2020). *Environmental Economics and Computable General Equilibrium Analysis*. Italy: Springer International Publishing.
- Mahmoodi, N., Hosseinpour, A. & Rezaei, M. (2019). Analysis of Total Factor Productivity in Selected Sectors with the Economic Sanctions Index. *Economic Research*, 54(3), 659-693 [In Persian].
- McDougall, R. A., Elbehri, A., & Truong, T. P. (1998). *Global Trade, Assistance, and Protection: The GTAP 4 Data Base*. Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Mostafavi, S. M., ghaemi asl, M., & hoseini, A. (2014). An investigate for causality relationship among Economic sanctions, Macroeconomic factors and environmental polluters in Iran. *Quarterly Journal of Quantitative Economics*, 11(1), 103-128[In Persian].
- Nakhli, S R. & Rafat, Bakhshi ,M. (2021). Oil sanctions and their transmission channels in the Iranian economy: A DSGE model. *Resources Policy*, 70, 1-14.
- OmidiFathkoohi, T., Ezzati, M., & hasanzadeh, R. (2022). Investigation the Effects of Monetary Policy, Governmental Control, and Sanctions on Investment in Iran through Economic Resiliency Approach. *Quarterly Journal of The Macro and Strategic Policies*, 10(37), 98-130. [In Persian].
- Paltsev, S., Reilly, J. M., & Herzog, H. J. (2013). The Role of Renewable Energy in the Transition to a Low-Carbon Economy. *Energy Policy*, 57, 489-495.
- Parvin, S. , Shakeri, A. and Naseri, S. (2022). Welfare Effects of Economic Sanctions :The Case of Iran. *Economics Research*, 22(84), 11-38[In Persian].
- Pratt, S. & Alizadeh, V. (2017). The economic impact of the lifting of sanctions on tourism in Iran: a computable general equilibrium analysis. *Current Issues in Tourism*, 21(11), 1-18.
- Ranjbar Heidari, V., & Jamshidi, E. (2017). Studying the Concept of Environmental Security with an Overview of the Challenges of Environmental in Iran. *Socio-Cultural Strategy*, 5(4), 199-231 [In Persian].
- Rezaei, S., et al. (2020). Increased reliance on natural resources and its impact on environmental degradation in Iran during sanctions. *Journal of Environmental Sustainability*, 18(2), 103-119.
- Saadat Mehr, M. (2017). Investigating the factors affecting foreign direct investment in Iran with an emphasis on the role of economic sanctions. *Economic Journal*, 17(6), 41-58 [In Persian].
- Saberpour, A., Akhavan Fard, M. & Masoud, G. (2021). Impact of sanctions from the perspective of international environmental commitments with emphasis on Iran. *Medical Low Journal*, 15 ,417-434 [In Persian].
- Sadighi, H., et al. (2019). Analysis of the effects of sanctions on reducing environmental controls in Iranian industries. *Journal of Environmental Policy*, 21(3), 150-165.

- Seyednourani, S. M., ebadi, M., amini, A., & taghavifard, M. (2019). Assessment of the Impact of Economic Sanctions on the Efficiency of Iranian Banks. *Basij Strategic Studies*, 22(83), 119-142 [In Persian].
- Thanh Le H, Phuong Hoang D. (2022). Economic Sanctions and Environmental Performance: The Moderating Roles of Financial Market Development and Institutional Quality. *Environmental Science and Pollution Research, Environmental Science and Pollution Research*, 29:19657–19678.
- Tordo, S., Johnston, D., & Johnston, D. (2011). *Petroleum exploration and production rights: Allocation strategies and design issues*. World Bank Publications.



استناد به این مقاله: صادق‌وند، بهزاد، حیدری، حسن و نجاتی، مهدی. (۱۴۰۳). پیامدهای محیط زیستی تحریم‌های اقتصادی ایران: کاربرد مدل تعادل عمومی قابل محاسبه پویا. پژوهشنامه اقتصادی، ۲۴ (۹۳)، ۵-۵۹.



Journal of Economic Research is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.