



Allameh Tabataba'i University
Economic Research Institute

Iranian Journal of
ECONOMIC RESEARCH

*A Quarterly Journal of the Economic Research
Institute*

Allameh Tabataba'i University

Volume 28, Issue 97, Winter 2024

Iranian Journal of ECONOMIC RESEARCH

A Quarterly Journal Published by the
Economic Research Institute
Allameh Tabataba'i University

Volume 28, Issue 97, Winter 2024

Publisher: Allameh Tabataba'i University
Managing Director: Teimour Mohammadi
Professor, Allameh Tabataba'i University (ATU)
Editor in Chief: Ali Asghar Banouei
Professor, Allameh Tabataba'i University (ATU)
Associate Editor: Reza Taleblou
Associate Professor, Allameh Tabataba'i University (ATU)
Executive Director: Somayeh Aghlami

Editorial Board:

Hossein Abbasinejad
Professor,
University of Tehran

Ghahreman Abdoli
Professor,
University of Tehran

Javid Bahrami
Associate Professor,
Allameh Tabataba'i University

Mohammad Bakhshoodeh
Professor,
University of Shiraz

Ali Asghar Banouei
Professor,
Allameh Tabataba'i University

Yadollah Dadgar
Professor,
Shahid Beheshti University

Karim Eslamloueyan
Professor,
University of Shiraz

Abdolrasoul Ghasemi
Associate Professor,
Allameh Tabataba'i University

Esfandiar Jahangard
Associate Professor,
Allameh Tabataba'i University

Gholam Reza Keshavarz Haddad
Associate Professor,
Sharif University of Technology

Abolghasem Mahdavi
Associate Professor,
University of Tehran

Saeed Moshiri
Professor,
University of Saskatchewan

Teimour Mohammadi
Professor,
Allameh Tabataba'i University

Mohsen Renani
Professor,
University of Isfahan

Abbas Shakeri
Professor,
Allameh Tabataba'i University

Abbas Valadkhani
Professor,
University of Swin Burne

All rights reserved for Allameh Tabataba'i University. Opinions expressed in this Journal do not necessarily reflect the views of the institute and the University.

Address: Economic Research Institute, Allameh Tabataba'i University, Shahid Beheshti Ave. Tehran, Iran. Postal Code: 1513615411, Tel: (9821) 88725400, 88703261. Fax: (9821) 88703263.

Website: ijer.atu.ac.ir, Email: ijer@atu.ac.ir

ISSN: 1726-0728

Statement of Policy

The *Iranian Journal of Economic Research* is a scientific publication on diverse issues in Economics focusing on research and scholarly studies on the Iranian economy and related topics. We intend to provide a forum for members of the academic community in Iran and abroad who are Interested in the Iranian economy and research activities in the field of Applied studies for Iranian economy.

Manuscripts are subject to anonymous reviews. More information about the Journal can be found at ijer.atu.ac.ir

Scientific Advisers

- | | |
|-----------------------------|----------------------|
| ◆ Ghahreman Abdoli | ◆ Teimour Mohammadi |
| ◆ Aliasghar Banouei | ◆ Habib Morovat |
| ◆ Yadollah Dadgar | ◆ Sirous Omidvar |
| ◆ Mohammad Ghasemi Sheshdeh | ◆ Abolfazl Shahabadi |
| ◆ Kiumars Heidari | ◆ Abbas Shakeri |
| ◆ Esfandiar Jahangard | ◆ Atefeh Taklif |
| ◆ Mohsen Mehrara | ◆ Reza Zamani |
| ◆ Parisa Mohajeri | |

Scientific Editor: Teimour Mohammadi

English Editor: Parviz Rasooli

Literary editor & Layout Designer: Javad Gianloo

Contents:

Decoupling Dynamism of Energy Consumption, Economic Growth, and Pollution in Iran: New Evidence from Factor Analysis at Triple Levels of Energy	6
<i>Saeed Rasekhi and Sara Ghanbartabar</i>	
Deficiencies of the Prisoner’s Dilemma in Explaining the Emergence of Institutions: Introducing an Alternative.....	44
<i>Farshad Momeni and Reza Shohreh</i>	
Foundations, Implications and Critiques of the Coase Theorem: A Reassessment	84
<i>Ali Nassiri Aghdam</i>	
Ecological Footprint Calculation for Land-Use Prediction: A Dynamic Input–Output Approach	117
<i>Simin Azizmohammadi and Fatemeh Bazzazan</i>	
Volatility Spillover among Exchange Rate, Inflation and Liquidity in Iran’s Economy: A TVP-VAR-BK Approach.....	152
<i>Sohail Rudari, Seyed Hadi Arabi and Sanaz Rahimi Kahkashi</i>	
Simultaneous Bidding in Competitive Electricity and Energy Exchange Markets: The Case of a Thermal Power Station Based on Net Profit Value	191
<i>Mehrnoosh Khaji, Maghsoud Amiri and Mohammad Taghi Taghavifard</i>	
The Impact of Banking Crisis on the Income Distribution of Different Income Classes	239
<i>Zahra Sheikhalizadeh, Jafar Haghighat, Zahra Karimi Takanlou and Seyed Saleh Akbar Mousavi</i>	



Decoupling Dynamism of Energy Consumption, Economic Growth, and Pollution in Iran: New Evidence from Factor Analysis at Triple Levels of Energy

Saeed Rasekhi*

Professor in Economics, Department of Energy Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Sara Ghanbartabar

M.A. in Energy Economics, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Abstract

The utilization of natural resources, particularly energy, is essential for economic well-being. However, the increasing consumption of economic resources raises concerns about sustainable development. This study aimed to investigate the dynamic decoupling of economic growth, energy consumption, and pollution in Iran from 2000 to 2020, employing the method proposed by Tapio (2005) and factor analysis on three levels of energy consumption (i.e., primary, final, and useful). The findings revealed that economic growth is often associated with negative decoupling, with this negative decoupling being more pronounced in useful and final energies compared to primary energy. Decomposing energy consumption further confirmed negative decoupling in various energy components. Additionally, the study confirmed weak decoupling between energy consumption and pollution (CO₂ emissions), with stronger negative decoupling observed at lower energy levels. Furthermore, the decoupling of economic growth and pollution closely mirrors the decoupling of economic growth and energy consumption. The negative decoupling can be attributed to the inefficiency in energy consumption, limited access to new technologies, and the lack of appropriate structures due to the absence of a specific strategy for sustainable development. The research recommends the

* Corresponding Author: srasekhi@umz.ac.ir

How to Cite: Rasekhi, S. & Ghanbartabar, S. (2024). Decoupling Dynamism of Energy Consumption, Economic Growth, and Pollution in Iran: New Evidence from Factor Analysis at Triple Levels of Energy, *Iranian Journal of Economic Research*, 28(97), 6-43.

prioritization of energy efficiency across different energy levels as well as the investment in infrastructure and energy technology.

1. Introduction

Economic growth is intricately linked to the consumption of natural resources, with these scarce and costly resources serving as the primary catalyst for the development and acceleration of economic growth process in modern societies (Song et al., 2019; Song et al., 2020; Zhang et al., 2018). Meanwhile, the production and consumption of energy resources are associated with significant social costs and diminished welfare (Feng et al., 2020a; Feng et al., 2020b; Li et al., 2018; Rjoub et al., 2021; Wang et al., 2020). The world grapples with the challenge of balancing economic development and energy consumption (Bradshaw, 2010). Despite the looming threat of global warming, many countries, particularly developing nations, have prioritized economic development over environmental conservation (Shah et al., 2016). Consequently, decoupling energy consumption from economic growth is widely recognized as a significant achievement in the global effort to combat climate change and mitigate adverse environmental effects. The experience of developed countries instill hope for overcoming resource scarcity and growth limitations, as well as fostering green and sustainable economic growth. While relative decoupling has been achieved in numerous countries, absolute decoupling remains challenging and seemingly unattainable (Hickel & Kallis, 2020). In this respect, the present study aimed to scrutinize the decoupling dynamics of economic growth, energy consumption, and pollution in Iran from 2000 to 2020, employing the method proposed by Tapio (2005) as well as factor analysis across three energy levels.

2. Materials and Methods

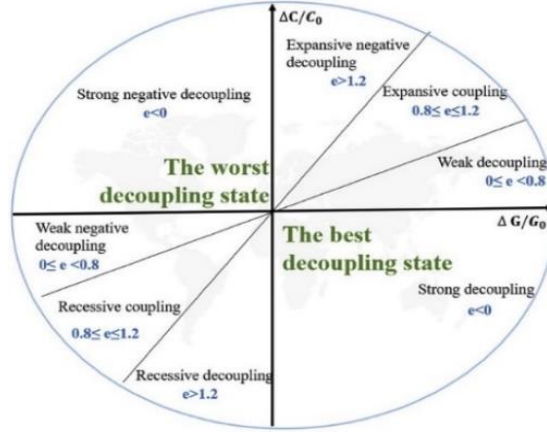
The study followed the method proposed by Tapio (2005) in order to calculate the decoupling between energy consumption and economic growth. First, the decoupling elasticity coefficient was calculated as outlined below:

$$e(E) = \frac{\Delta E_t / E_{t-1}}{\Delta G_t / G_{t-1}} \quad (1)$$

$e(E)$ is the elasticity coefficient of decoupling between economic growth and energy consumption. ΔE represents changes in energy consumption during the time period under study. $E (t-1)$ indicates energy consumption in the base year. ΔG refers to changes in GDP per

capita during the time period, and $G(t-1)$ indicates the GDP per capita in the base year (Wang & Zhang, 2021). In the method proposed by Tapio (2005), eight decoupling states can be distinguished (Figure 1).

Figure 1. Decoupling states



The present study conducted a more comprehensive analysis of decoupling by using factor analysis at various energy levels. In this line, the consumption across three energy levels (primary, final, useful) was divided into three distinct effects: activity (production rate), structural (change of economic structure), and intensity (technology effect). The logarithmic mean division method and each of these effects were used as follows:

$$\Delta Q = \sum_i \frac{E_{it} - E_{i0}}{\ln E_{it} - \ln E_{i0}} \ln \left(\frac{Q_t}{Q_0} \right) \quad (2)$$

$$\Delta S = \sum_i \frac{E_{it} - E_{i0}}{\ln E_{it} - \ln E_{i0}} \ln \left(\frac{S_{it}}{S_{i0}} \right) \quad (3)$$

$$\Delta I = \sum_i \frac{E_{it} - E_{i0}}{\ln E_{it} - \ln E_{i0}} \ln \left(\frac{I_{it}}{I_{i0}} \right) \quad (4)$$

$$\Delta E = \Delta Q + \Delta S + \Delta I \quad (5)$$

The study also divided economic activities into several categories: agriculture, services, industry, residential, and transportation. This categorization aligns with the most feasible separation based on the available data and statistical classifications within domestic data sources. In Iran's energy balance, although household, public, and commercial sectors are categorized under one group, these sectors were

individually reported, and the residential sector was distinguished from the commercial and public sector (as the service sector).

3. Results and Discussion

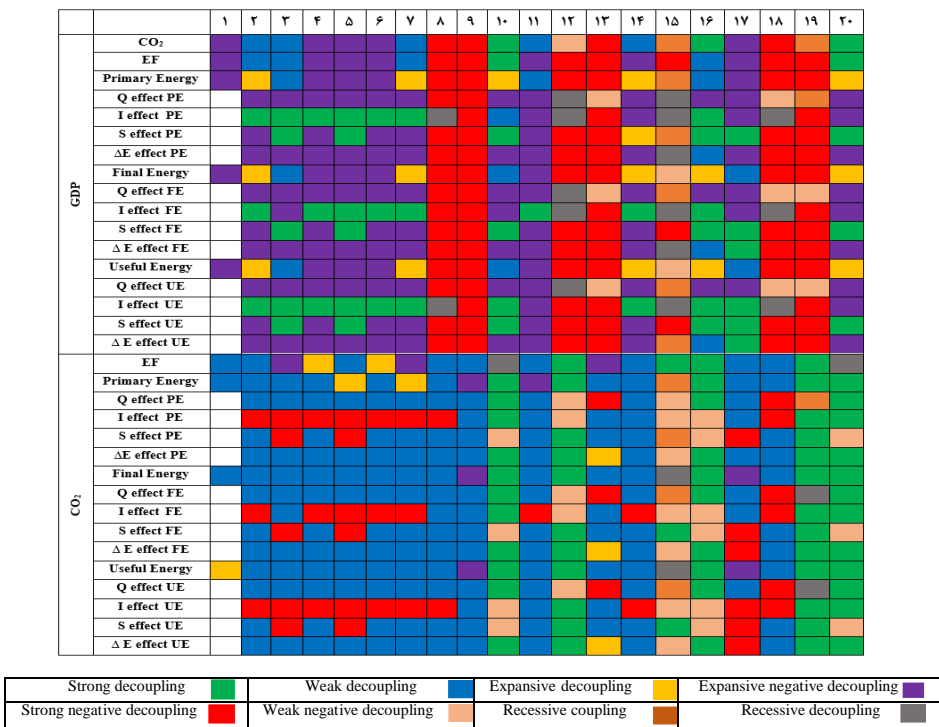
Figure 2 presents the decoupling dynamics of Iran's economic growth, energy consumption, and carbon dioxide emissions during 2000–2020. The figure is divided into two parts focused on various energy levels for different components: the first part depicts the decoupling of economic growth and energy consumption, while the second part shows the decoupling of energy consumption from carbon dioxide emissions. As shown in Figure 2, the decoupling of economic growth and carbon dioxide follows a pattern similar to and influenced by the decoupling process between economic growth and fossil energy consumption. The decoupling of economic growth and fossil energy consumption aligns with changes in decoupling at different energy levels (primary, final, and useful), reflecting the significant share of fossil energy in Iran's overall energy consumption. Figure 2 also highlights the weak decoupling between fossil energy consumption and carbon dioxide, which can be attributed to the nature of fossil fuel pollution. Consequently, the decoupling of economic growth from carbon dioxide is influenced by fossil energy consumption.

The first part of Figure 2 reveals various forms of negative decoupling (expansive negative, weak negative, and strong negative) concerning economic growth and energy consumption. Correspondingly, the second part indicates a generally weak decoupling for different energy levels and carbon dioxide emissions. Within the energy consumption components, the intensity component exhibits strong decoupling, though it fluctuates, sometimes displaying positive decoupling (weak, recessive, and strong) and occasionally negative decoupling (expansive and strong negative)—which can be caused by the drop in technology. This finding aligns with the second part of Figure 2, where the decoupling of the intensity component and carbon dioxide experiences fluctuations. Notably, the structural component in the first part of Figure 2 exhibits the strongest negative decoupling from economic growth, signifying a change in Iran's economic structure that has exacerbated the decoupling between energy consumption and economic growth. However, the decoupling of the structural component and carbon dioxide, as depicted in the second part of Figure 2, remains within the range of weak but fluctuating decoupling.

Finally, the first part of Figure 2 indicates that economic growth is often associated with negative decoupling (expansive and strong negative) from total energy consumption. Despite weak decoupling in

initial periods and subsequent fluctuations, the last two years show strong decoupling between total energy consumption and carbon dioxide. Overall, Figure 2 illustrates a fluctuating trend in the decoupling of economic growth and energy consumption over time, predominantly featuring negative decoupling, which corresponds to the decoupling trend between energy consumption and carbon dioxide. Among the components of energy consumption, the intensity component exhibits strong negative decoupling, while the structural component displays weak decoupling, both characterized by fluctuating patterns. This fluctuation may stem from the absence of a specific plan and strategy to decouple economic growth, energy consumption, and carbon dioxide.

Figure 2. Decoupling of economic growth, energy consumption, and carbon dioxide emission in Iran during 2000–2020



4. Conclusion

Using the method proposed by Tapio (2005) and factor analysis across three energy levels, the present study investigated the dynamics of decoupling economic growth, energy consumption, and pollution in

Iran during 2000–2020. The findings underscored challenges faced by the policy aimed at reducing energy consumption, which is primarily due to the dependency of Iran's economy on energy. Specifically, the research showed the dependency of Iran's economy on energy on energy consumption across all three levels: primary energy, final energy, and useful energy. Moreover, the results highlighted a low degree of energy efficiency, particularly at higher energy levels (secondary and useful). Considering the relation between environmental pressure and restrictions on economic growth, there is a pressing need to address energy intensity and energy efficiency to strike a balance between economic growth and energy consumption. The observed negative decoupling in structural, intensity, and activity effects suggests a lack of a specific strategy in Iran's economy concerning the decoupling and balance between energy consumption and economic development. In light of these findings, it is imperative to focus on enhancing energy consumption efficiency across diverse energy levels. Additionally, the study recommends prioritizing more effective decoupling in sustainable development policies concerning energy consumption, economic growth, and pollution.

Keywords: Decoupling, Factor Analysis, Energy Levels, Tapio, Iran.


JEL Classification: C43, O4, Q4.

پویایی جداسازی مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی در ایران: شواهد جدید از رویکرد تحلیل عاملی در سطوح سه گانه انرژی

استاد گروه اقتصاد انرژی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

سعید راسخی * 

کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

سارا قنبرتبار 

چکیده

به کارگیری منابع طبیعی به ویژه انرژی برای رفاه اقتصادی ضروری است، با این حال، مصرف فزاینده این منابع موجب نگرانی‌های توسعه پایدار شده است. هدف اصلی پژوهش حاضر، بررسی پویایی جداسازی رشد اقتصادی، مصرف انرژی و دی‌اکسید کربن در ایران طی دوره زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۰ با استفاده از روش تاپیو^۱ (۲۰۰۵) و رویکرد تحلیل عاملی با تمرکز بر سه سطح از مصرف انرژی (اولیه، نهایی و مفید) است. براساس نتایج تحقیق حاضر، نخست، رشد اقتصادی ایران طی دوره زمانی مورد بررسی اغلب با جداسازی‌های منفی (در هر سه سطح انرژی) همراه شده است. این جداسازی منفی در انرژی مفید و انرژی نهایی نسبت به انرژی اولیه قوی‌تر ظاهر شده است. با تجزیه مصرف انرژی، جداسازی منفی در مؤلفه‌های مختلف انرژی نیز تأیید شده است. دوم، جداسازی ضعیف بین مصرف انرژی و آلودگی (انتشار CO₂) که طی دوره مورد بررسی و در سطوح مختلف انرژی تأیید شده است، شدت جداسازی منفی انرژی از آلودگی در سطوح پایین‌تر انرژی قوی‌تر بوده است. سوم، جداسازی رشد اقتصادی و آلودگی شباهت زیادی به جداسازی رشد اقتصادی و مصرف انرژی دارد. به نظر می‌رسد عدم کارایی در مصرف انرژی، عدم دسترسی به تکنولوژی‌های نوین و نبود ساختارهای مناسب که می‌تواند ناشی از نداشتن راهبرد مشخص در توسعه پایدار باشد، موجب جداسازی منفی انرژی، آلودگی و رشد اقتصادی شده است. توصیه اصلی این پژوهش، اولویت‌گذاری روی کارایی انرژی در سطوح مختلف انرژی همراه با سرمایه‌گذاری در زیرساخت و فناوری انرژی است.

کلیدواژه‌ها: جداسازی، تحلیل عاملی، سطوح انرژی، تاپیو، ایران.

طبقه‌بندی JEL: C43, O4, Q4

* نویسنده مسئول: srasekhi@umz.ac.ir

1. Tapio, P.

۱. مقدمه

رشد اقتصادی رابطه تنگاتنگی با مصرف منابع طبیعی دارد و این منابع کمیاب و گران، محرک اصلی برای توسعه و تسریع در روند رشد اقتصادی جوامع مدرن تلقی می‌شوند (Zhang, et al., 2018; Song, et al., 2019; Song, et al., 2020). از طرف دیگر، تولید و مصرف منابع انرژی با هزینه‌های قابل توجه اجتماعی همراه شده و رفاه را کاهش داده است (Li, et al., 2018; Feng, et al., 2020a; Feng, et al., 2020b; Wang, et al., 2020; Rjoub, et al., 2021). با این حال، استفاده از منابع جهانی و انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌طور پیوسته در حال افزایش بوده، و به دنبال آن، بحران آب و هوا و مخاطرات سلامت شتاب گرفته است (Krausmann, et al., 2018). به‌طور خلاصه، جهان با معضل تعادل توسعه اقتصادی - مصرف انرژی روبه‌رو شده است (Bradshaw, 2010)، به‌گونه‌ای که با وجود تهدید گرمایش جهانی، بسیاری از کشورها به‌ویژه کشورهای در حال توسعه برای توسعه اقتصادی، محیط زیست را قربانی کرده‌اند (Shah, et al., 2016). از این رو، جداسازی مصرف انرژی از رشد اقتصادی به‌طور گسترده توسط بسیاری از کشورها به عنوان یک دستاورد بزرگ در راستای مبارزه با تغییرات آب و هوایی و اثرات مخرب محیط زیستی یاد می‌شود. لازم به ذکر است که براساس داده‌های آژانس بین‌المللی انرژی^۱ (۲۰۲۱)، انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از احتراق انرژی در سال ۲۰۲۱ به ۳۶/۳ گیگاتن افزایش یافته و به بالاترین سطح سالانه خود رسیده است. رشد ۶ درصدی انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۲۱ نشانگر پیشی گرفتن آلودگی به رشد ۵/۹ درصد تولید جهانی بوده و بر این اساس، اکنون به‌طور گسترده پذیرفته شده است که رشد اقتصادی باید از منابع و اثرات منفی محیط زیستی جدا شود تا توسعه پایدار بلندمدت تضمین گردد.

براساس گزارشات آماری اداره اطلاعات انرژی آمریکا^۲ (۲۰۱۹)، اگرچه رشد اقتصادی ایران طی دوره زمانی ۲۰۱۹-۱۹۹۰ به‌طور متوسط ۱/۳۴ درصد بوده ولی در همین مدت رشد مصرف منابع انرژی به‌طور متوسط بالغ بر ۳ درصد و میانگین رشد آلودگی (انتشار دی‌اکسید کربن) بیش از ۱/۱ درصد گزارش شده است. این وابستگی رشد اقتصادی به منابع انرژی در سایر کشورهای در حال توسعه نظیر بحرین و قطر نیز مشاهده می‌شود. این در حالی

1. International Energy Agency (IEA)

2. Energy Information Administration

است که براساس داده‌های پایگاه آماری آژانس بین‌المللی انرژی، بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشورهای توسعه‌یافته همچون آمریکا، دانمارک، فرانسه، آلمان، ایتالیا، ژاپن و نروژ موجب تفکیک منابع و رشد اقتصادی شده است. تجربه کشورهای توسعه‌یافته، امیدواری‌ها برای غلبه بر کمبود منابع و محدودیت‌های رشد و خوش‌بینی برای رشد اقتصادی سبز و پایدار را تقویت کرده است. هر چند جداسازی نسبی در بسیاری از کشورها مورد تأیید قرار گرفته است ولی دستیابی به جداسازی مطلق هنوز دشوار و دست‌نیافتنی به نظر می‌رسد (Hickel & Kallis, 2020).

اگرچه مطالعات متعددی درباره وابستگی میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی و آلودگی انجام شده ولی تعداد مطالعات درباره جداسازی رشد اقتصادی- انرژی- آلودگی محدود است. در عین حال، بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد درباره پویایی جداسازی در سطوح سه‌گانه انرژی (اولیه، نهایی، مفید) انجام نشده است. بر این اساس و با توجه به اهمیت موضوع جداسازی نسبی اقتصاد و انرژی، هدف اصلی پژوهش حاضر، بررسی و تحلیل عاملی جداسازی انرژی- رشد اقتصادی- آلودگی در سطوح سه‌گانه انرژی برای اقتصاد ایران است. برای این منظور از روش تاپو در چارچوب تحلیل عاملی و در سه سطح انرژی اولیه، نهایی و مفید برای دوره زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۰ استفاده شده و جداسازی برای اقتصاد ایران بررسی شده است. به کارگیری تجزیه مصرف انرژی سه سطحی برای یک دوره به نسبت طولانی و امکان بررسی پویایی جداسازی با یک مثلث مصرف انرژی- رشد- آلودگی از ویژگی‌های متمایز این مطالعه محسوب می‌شود. لازم به توضیح است که مطالعه حاضر فعالیت‌های اقتصادی را به صورت کشاورزی، خدمات، صنعت، خانگی و حمل و نقل تفکیک کرده است که بیشترین تفکیک ممکن براساس داده‌ها و طبقه‌بندی آماری موجود در منابع داخلی است. البته در ترازنامه انرژی ایران علاوه بر تجمیع بخش خانگی، عمومی و تجاری، این بخش‌ها به صورت جداگانه بخش خانگی و بخش تجاری و عمومی نیز گزارش شده است و داده‌های بخش خانگی در گروه خانگی و داده‌های تجاری و عمومی در گروه خدمات قرار گرفته‌اند.

مقاله حاضر در پنج بخش ارائه شده است. پس از مقدمه که در بخش اول آمده، در بخش دوم، ادبیات نظری و تجربی جداسازی رشد اقتصادی و منابع انرژی مطرح شده است. بخش‌های سوم و چهارم به روش‌شناسی تحقیق، اندازه‌گیری و تحلیل جداسازی رشد اقتصادی و

منابع انرژی در اقتصاد ایران اختصاص دارند. در بخش پنجم، نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی ارائه شده و در بخش انتهایی، منابع تحقیق آمده است.

۲. ادبیات جداسازی رشد اقتصادی و انرژی

در چارچوب توسعه پایدار، پیوند انرژی- تولید در قالب ۴ فرضیه قابل بررسی است. براساس دو فرضیه خنثایی و حفاظت^۱، اقتصاد به انرژی کمتری نیاز دارد و سیاست صرفه‌جویی انرژی به رشد اقتصاد کشور آسیبی نمی‌رساند. فرضیه حفاظت توسط برخی مطالعات از جمله رحمان و ولایتام^۲ (۲۰۲۰)، رحمان و همکاران^۳ (۲۰۲۰) و اومورزاکوف و همکاران^۴ (۲۰۲۰) تأیید شده است. همچنین، فرضیه خنثایی نیز مورد تأیید برخی مطالعات تجربی همچون پاینه و تیلور^۵ (۲۰۱۰) و موتینیو و مادالانو^۶ (۲۰۲۰) قرار گرفته است. فرضیه‌های خنثایی و حفاظت نشانگر جداسازی منابع و رشد اقتصادی هستند. در مقابل، براساس فرضیه‌های بازخورد و رشد^۷، مصرف انرژی محرک مهم توسعه اقتصادی است و کاهش مصرف انرژی و سیاست‌های کاهش انتشار برای حفاظت محیط زیست، می‌تواند به کاهش رشد اقتصادی منجر شود. مطالعات بکون و همکاران^۸ (۲۰۱۹) و امیر و بکون^۹ (۲۰۱۹) نشان می‌دهند که مصرف انرژی موجب تسریع رشد تولید ناخالص داخلی می‌شود. همچنین، برخی از مطالعات تجربی همچون عجمی و اینگلیسی- لوتز^{۱۰} (۲۰۲۰)، ها و نگوک^{۱۱} (۲۰۲۱) و محسن و همکاران^{۱۲} (۲۰۲۱) از فرضیه بازخورد حمایت می‌کنند.

تأیید منحنی U وارون کوزنتس (رشد اقتصادی و مصرف انرژی) در مطالعات تجربی نشان می‌دهد برخی کشورها موفق به جداسازی رشد اقتصادی از مصرف انرژی شده‌اند. به

1. Hypotheses of Neutrality and Protection
2. Rahman, M. M., & Velayutham, E.
3. Rahman, Z. U., et al.
4. Umurzakov, U., et al.
5. Payne, J. E., & Taylor, J. P.
6. Moutinho, V., & Madaleno, M.
7. Hypotheses of Feedback and Growth
8. Bekun, F. V., et al.
9. Emir, F., & Bekun, F. V.
10. Ajmi, A. N., & Inglesi-Lotz, R.
11. Ha, N. M., & Ngoc, B. H.
12. Mohsin, M., et al.

عنوان نمونه، وانگ و سو^۱ (۲۰۲۰) و وانگ و ونگ^۲ (۲۰۲۰) نشان می‌دهند که اقتصادهای توسعه‌یافته به تدریج به وضعیت جداسدگی ضعیف باثبات نزدیک می‌شوند و تعداد کمی از کشورهای توسعه‌یافته به سمت جداسازی قوی در حال حرکت هستند. همچنین، رابطه غیرخطی میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی (Moon & Sonn, 1996; Lee & Chang, 2007; Antonakakis, et al., 2017; Muhammad, 2019) نشانگر امکان جداسازی منابع و رشد اقتصادی حداقل در برخی بازه‌های زمانی است. برخی از اقتصاددانان معتقدند که تفکیک رشد اقتصادی از منابع طبیعی، با اعمال سیاست‌ها و ایجاد نهادهای مناسب ممکن شده است (Schandl, et al., 2016; Szigeti, et al., 2017). اعمال سیاست‌ها در خصوص ارتقای بهره‌وری و صرفه‌جویی انرژی، ارتقای سرمایه انسانی، سیاست‌های نوآورانه برای مقابله با فقر انرژی موجب شده است که کشورهای پیشرفته نسبت به کشورهای فقیر، تقاضای انرژی کمتری به ازای هر واحد تولید ناخالص داخلی داشته باشند (Mahmood & Ahmad, 2018; Ziolo, et al., 2020).

جداسازی به دو دسته نسبی و مطلق تقسیم می‌شود. جداسازی نسبی زمانی است که نرخ رشد استفاده از منابع یا اثرات مخرب آن کمتر از نرخ رشد اقتصادی باشد. جداسازی نسبی به معنای بهبود کارایی اقتصادی است. در مقابل، جداسازی مطلق به نبود رابطه میان رشد اقتصادی و منابع یا ارتباط منفی میان آن‌ها اشاره دارد (Wang, et al., 2013; Yu, et al., 2013). امکان جداسازی مطلق بعید به نظر می‌رسد و شواهد تجربی نیز به ندرت از جداسازی مطلق پشتیبانی کرده‌اند (Shao & Rao, 2018). همچنین، براساس تئوری رشد سبز^۳، با تغییر و جایگزینی فناوری، امکان جداسازی کامل رشد اقتصادی از منابع فراهم می‌شود ولی شواهد تجربی محکمی نیز در این رابطه وجود ندارد (Hickel & Kallis, 2020). در مقابل، ارتقای صنعتی، فناوری پیشرفته و تجهیزات سبز و حذف فناوری‌های قدیمی در تسهیل جداسازی (جداسازی نسبی) مؤثر بوده است (Wang & Feng, 2019). همچنین، مشارکت فعال دولت (Zhang & Wen, 2008) و ابتکارات بخش خصوصی و سازمان‌های غیر دولتی (Wiesenthal, et al., 2016) و رابطه متقابل دولت و بخش خصوصی

-
1. Wang, Q., & Su, M.
 2. Wang, Q., & Wang, S.
 3. Green Theory

(2012) موجب جداسازی نسبی شده است. جایگزینی‌های انرژی، پیشرفت فنی در به‌کارگیری کارای منابع انرژی و افزایش بازده نسبت به مقیاس نیز در همسو کردن رشد اقتصادی با کاهش مصرف انرژی در بلندمدت مؤثر هستند (Groth, 2007). در همین راستا، تغییرات تکنولوژیکی، تغییر در ترکیب ورودی‌های انرژی و تغییر در ترکیب خروجی‌ها بر جداسازی رشد اقتصادی و انرژی مؤثر است (Stern, 2004). به‌طور مشخص، اختراعات و نوآوری‌های جدید می‌تواند موجب صرفه‌جویی انرژی و فزونی نرخ رشد تولید ناخالص داخلی بر نرخ رشد به‌کارگیری نهاده‌های انرژی شود. همچنین، انتقال از سوخت‌های با کیفیت پایین به سوخت‌های با کیفیت بالاتر موجب تغییر ترکیب ورودی انرژی شده و می‌تواند شدت انرژی را کاهش دهد. تغییر در ترکیب خروجی‌ها نیز می‌تواند بر جداپذیری مؤثر باشد چون بخش‌های مختلف دارای شدت انرژی متفاوتی هستند و تغییر سهم بخشی می‌تواند به جداپذیری انرژی و رشد اقتصادی بینجامد. تجربه کشورهای پیشرفته نشانگر اثر معنادار نوآوری و پیشرفت فنی بر صرفه‌جویی در انرژی و توسعه پایدار است (Wu, et al., 2018).

بررسی رابطه میان انرژی‌های نهایی و مفید با رشد اقتصادی اغلب با پرسش درخصوص بهره‌وری و کارایی انرژی همراه می‌شود. چون به دلیل کارایی غیربهبوده انرژی، در هر دو فرایند تبدیل و مصرف انرژی، انرژی هدر می‌رود و این موضوع به تضعیف جداسازی رشد و انرژی می‌انجامد. به عبارت دقیق‌تر، در مرحله انرژی نهایی، کارایی تبدیل انرژی و در مرحله انرژی مفید، هر دو کارایی تبدیل و وسایل مصرف‌کننده انرژی موجب افزایش غیرمطلوب انرژی به ازای هر واحد فعالیت می‌شود که خود به معنای جداسازی منفی تلقی می‌شود. همچنین با تبدیل کارای انرژی اولیه به انرژی مفید، انتظار می‌رود جداسازی نسبی انرژی اولیه از تولید ناخالص داخلی صورت گیرد (Haberl, et al., 2020). در شرایطی که منابع انرژی کمیاب هستند، جداسازی سطوح مختلف انرژی از تولید ناخالص داخلی به عنوان موتور رشد اقتصادی محسوب می‌شود (Ayres & Warr, 2009; Sakai, et al., 2019). جداسازی انرژی از طریق مسیرهای سخت^۱ (زیرساخت و فناوری) و نرم^۲ (کارایی، بهره‌وری و کنترل) امکان‌پذیر است (Lovins, 1978). مسیر سخت سرمایه‌بر، پیچیده و

1. Hard Path
2. Soft Path

غیرقابل انطباق، درحالی که مسیر نرم به نسبت ساده، متنوع، قابل انطباق، انعطاف‌پذیر و مناسب است. آنچه در واقعیت مشاهده می‌شود ترکیب مسیرهای سخت و نرم در سیاستگذاری‌های انرژی است. البته این دو مسیر به راحتی قابل تفکیک نیست و سیاست‌های انرژی برای افزایش کارایی و بهره‌وری انرژی متأثر از توسعه فناوری و زیرساخت انرژی است. همچنین، با وجود و توسعه زیرساخت‌های مناسب انرژی، سیاست‌های کارایی و بهره‌وری انرژی نیز با سرعت و دقت بیشتری قابل اعمال خواهد بود. البته بدون استفاده از تکنولوژی نوین خارجی و عدم امکان افزایش لازم در بهره‌وری عوامل تولید، بهبود در روند اقتصاد را نمی‌توان مهیا ساخت (خیابانی، ۱۳۹۵).

خلاصه مطالعات انجام شده خارجی و داخلی درخصوص فرضیه جداسازی رشد اقتصادی و انرژی در جداول (۱) و (۲) ارایه شده است. براساس این جداول، اکثر کشورهای مورد بررسی با جداسازی نسبی و ضعیف روبه‌رو شده‌اند. همچنین جداسازی آلودگی (دی‌اکسید کربن) با چالش و نااطمینانی مواجه شده است.

جدول ۱. خلاصه مطالعات انجام شده در خارج کشور در رابطه با جداسازی منابع انرژی و دی‌اکسید کربن و رشد اقتصادی

نام محقق	حدود پژوهش	الگوی پژوهش	نتایج مهم
لو و همکاران ^۱ (۲۰۰۷)	آلمان، ژاپن، کره جنوبی و تایوان (۱۹۹۰-۲۰۰۲)	شاخص دی‌ویژیا	عملکرد حفاظت انرژی و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن بیشتر با فشار محیطی و نیروی محرکه اقتصادی همراه است.
دی فریتاس و کانکو ^۲ (۲۰۱۱)	برزیل (۲۰۰۴-۲۰۰۹)	میانگین لگاریتمی شاخص دی‌ویژیا ^۳	جداسازی‌های نسبی و مطلق در این کشور با تنوع ترکیب انرژی، بهبود شدت کربن و تغییرات ساختار اقتصادی مرتبط است.
ژانگ و وانگ ^۴ (۲۰۱۳)	چیانگ سو (۱۹۹۵-۲۰۰۹)	جداسازی تاپیو	در اقتصاد چیانگ سو تولید ناخالص داخلی سریع‌تر از انتشار CO ₂ رشد کرد.

1. Lu, I. J., et al.
2. De Freitas, L. C., & Kaneko, S.
3. Log-mean Divisia index
4. Zhang, M., & Wang, W.

ادامه جدول ۱. خلاصه مطالعات انجام شده در خارج کشور در رابطه با جداسازی منابع انرژی و دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی

نام محقق	حدود پژوهش	الگوی پژوهش	نتایج مهم
دونگ و همکاران ^۱ (۲۰۱۶)	استان لیائونینگ (۱۹۹۵-۲۰۱۲)	جداسازی تاپو و میانگین لگاریتمی شاخص دیویژیا تعمیم‌یافته	در طول دوره مطالعه، جداسازی منفی گسترده، جفت شدن گسترده ^۲ ، جداسازی ضعیف و جداسازی قوی رخ داده است. شدت انرژی نقش مهمی در جداسازی ایفا کرده است.
گوارا و دومینگوس ^۳ (۲۰۱۷)	پرتغال (۱۹۹۵-۲۰۱۰)	مدل داده-ستانده	پرتغال جداسازی نسبی را تجربه کرده است.
سونگ و همکاران ^۴ (۲۰۱۹)	چین و آمریکا (۲۰۱۶-۱۹۶۵)	جداسازی تاپو	ایالات متحده جداسازی قوی و چین جداسازی ضعیف داشته‌اند.
لو و همکاران ^۵ (۲۰۲۱)	۲۴ شهر در کل CPUA (۲۰۰۴-۲۰۱۵)	جداسازی تاپو	شهرهای مورد بررسی هنوز به جداسازی قوی رشد اقتصادی و منابع و محیط زیست دست نیافته‌اند.
لی و همکاران ^۶ (۲۰۲۱)	چین (۱۹۹۵-۲۰۱۵)	جدول داده-ستانده و با ترکیب شاخص جداسازی تاپو و شاخص LMDI	چین شاهد جداسازی ضعیفی در اکثر بخش‌ها است و عوامل اصلی مؤثر بر تغییرات جداسازی شامل اثرات تولیدی و شدتی است.
گوا و همکاران ^۷ (۲۰۲۱)	۸۱ کشور (۱۹۷۱-۲۰۱۴)	-	جداسازی ممکن است با چالش‌ها و عدم اطمینان روبرو شود.
وانگ و ژانگ ^۸ (۲۰۲۲)	چین، ایالات متحده، هند، ژاپن و روسیه (۲۰۰۱-۲۰۱۸)	جداسازی تاپو، فرمول توسعه‌یافته کایا ^۹ و میانگین لگاریتمی شاخص دیویژیا LMDI	ژاپن کشوری با بیشترین جداسازی قوی بوده و پس از آن ایالات متحده قرار دارد.
رازا و همکاران ^{۱۰} (۲۰۲۳)	پاکستان (۱۹۸۱-۲۰۲۰)	میانگین لگاریتمی شاخص دیویژیا LMDI	رابطه معنادار میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی در حالت‌های جداسازی، وجود دارد.

مأخذ: یافته‌های پژوهش حاضر

1. Dong, B., et al.
2. Expansive Coupling
3. Guevara, Z., & Domingos, T.
4. Song, Y., et al.
5. Luo, H., et al.
6. Li, C., et al.
7. Guo, J., et al.
8. Wang, F., & Zhang, Z.
9. Extended Kaya Formula
10. Raza, M. Y., et al.

جدول ۲. خلاصه مطالعات انجام شده در داخل کشور در رابطه با جداسازی منابع انرژی و دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی

نام محقق	حدود پژوهش	الگوی پژوهش	نتایج مهم
هاشمی و آماده (۱۳۹۸)	بخش‌های صنعت و حمل و نقل ایران (۱۳۸۵-۱۳۹۳)	با به‌کارگیری شاخص دیویزیای میانگین لگاریتمی جمعی زنجیره‌ای و شاخص جداسازی	در این دوبخش مصرف انرژی افزایش داشته است. اثر ساختاری در توضیح تغییرات مصرف انرژی و در توضیح روند جداسازی مصرف انرژی از رشد تولید ناخالص داخلی بیشترین سهم را دارد.
نقوی (۱۴۰۱)	بخش‌های کشاورزی و صنعت ایران (۱۳۸۸-۱۳۹۷)	با استفاده از شاخص دیویزیای میانگین لگاریتمی LMDI و شاخص جداسازی	در بیشتر سال‌های مورد مطالعه، اثر شدت انرژی در بخش صنعت و اثر تولیدی در بخش کشاورزی بیشترین سهم را در تجزیه مصرف انرژی داشته است. در سال ۱۳۹۴، شاخص جداسازی، نشانگر جداسازی قوی مصرف انرژی از رشد بخش کشاورزی است.
نقوی و عادل‌ساردوئی (۱۴۰۱)	کشورهای منتخب (۲۰۱۸-۲۰۰۸)	شاخص جداسازی تاپیو	وضعیت شاخص جداسازی در کشورهای دارای بیشترین عملکرد محیط زیستی بسیار پایدارتر است.

مأخذ: یافته‌های پژوهش حاضر

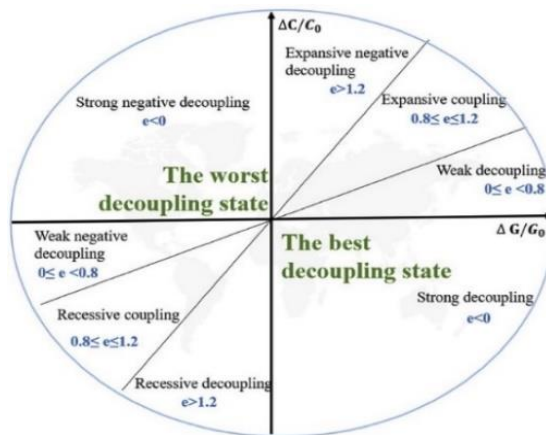
۳. روش‌شناسی پژوهش

تاپیو (۲۰۰۵) شاخصی را برای بررسی جداسازی مصرف انرژی حمل و نقل اروپا و انتشار دی‌اکسیدکربن طی دوره زمانی ۲۰۰۱-۱۹۷۰ ارائه کرد. جداسازی تاپیو شامل جداسازی منفی گسترده، جفت شدن گسترده، جداسازی ضعیف، جداسازی قوی، جداسازی مغلوب، جفت شدن مغلوب، جداسازی منفی ضعیف و جداسازی منفی قوی می‌شود. این روش با ارایه جداسازی‌های متنوع، به‌طور گسترده در بسیاری از مطالعات استفاده شده است (Ma, et al., 2016; Hu, et al., 2017; Wang & Zhang, 2021). مصرف انرژی- رشد اقتصادی، براساس تاپیو (۲۰۰۵)، ابتدا ضریب کشش جداسازی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$e(E) = \frac{\Delta E_t / E_{t-1}}{\Delta G_t / G_{t-1}} \quad (1)$$

که در آن $e(E)$ ضریب کشش جداسازی میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی، ΔE نشان‌دهنده تغییرات مصرف انرژی طی دوره مورد بررسی، E_{t-1} نشان‌دهنده مصرف انرژی در سال پایه، ΔG تغییر تولید ناخالص داخلی سرانه طی دوره مورد بررسی و G_{t-1} نشانگر تولید ناخالص داخلی سرانه در سال پایه است (Wang & Zhang, 2021). روش تایپو مبتنی بر تغییرات همسو یا خلاف جهت تغییرات مصرف انرژی و رشد است. به عنوان مثال، در شرایطی که مصرف انرژی کاهش و تولید افزایش می‌یابد، تفکیک قوی میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی وجود دارد، درحالی‌که جداپذیری منفی به شرایطی اشاره دارد که مصرف انرژی افزایش و تولید کاهش می‌یابد. در مجموع، براساس روش تایپو، هشت وضعیت جداسازی قابل تشخیص است (شکل ۱ و جدول ۳).

شکل ۱. حالات جداسازی



مأخذ: (تایپو، ۲۰۰۵)

جدول ۳. حالت‌های جداسازی براساس شاخص جداسازی تاپو

ردیف	حالت	ΔG	ΔE	E
۱	جداسازی منفی گسترده	$\Delta G > 0$	$\Delta E > 0$	$e > 1/2$
۲	جفت شدن گسترده	$\Delta G > 0$	$\Delta E > 0$	$0/8 \leq e \leq 1/2$
۳	جداسازی ضعیف	$\Delta G > 0$	$\Delta E > 0$	$0 \leq e < 0/8$
۴	جداسازی قوی	$\Delta G > 0$	$\Delta E < 0$	$e < 0$
۵	جداسازی مغلوب	$\Delta G < 0$	$\Delta E < 0$	$e > 1/2$
۶	جفت شدن مغلوب	$\Delta G < 0$	$\Delta E < 0$	$0/8 \leq e \leq 1/2$
۷	جداسازی منفی ضعیف	$\Delta G < 0$	$\Delta E < 0$	$0 \leq e < 0/8$
۸	جداسازی منفی قوی	$\Delta G < 0$	$\Delta E > 0$	$e < 0$

مأخذ: ژانگ و همکاران (۲۰۱۴)

در پژوهش حاضر، برای بررسی دقیق‌تر جداسازی، از رویکرد تحلیل عاملی در سطوح مختلف انرژی استفاده شده است. در این رویکرد، مصرف در سه سطح از انرژی (اولیه، نهایی، مفید) به سه اثر فعالیتی^۱ (میزان تولید)، ساختاری^۲ (تغییر ساختارهای اقتصادی) و شدتی^۳ (اثر فناوری) تجزیه می‌شود. در این مطالعه از روش دیوژیای میانگین لگاریتمی و هر کدام از این اثرات به شرح زیر استفاده شده است.

$$\Delta Q = \sum_i \frac{E_{it} - E_{i0}}{\ln E_{it} - \ln E_{i0}} \ln \left(\frac{Q_t}{Q_0} \right) \quad (2)$$

$$\Delta S = \sum_i \frac{E_{it} - E_{i0}}{\ln E_{it} - \ln E_{i0}} \ln \left(\frac{S_{it}}{S_{i0}} \right) \quad (3)$$

$$\Delta I = \sum_i \frac{E_{it} - E_{i0}}{\ln E_{it} - \ln E_{i0}} \ln \left(\frac{I_{it}}{I_{i0}} \right) \quad (4)$$

$$\Delta E = \Delta Q + \Delta S + \Delta I \quad (5)$$

-
1. Activity Effect
 2. Structural Effect
 3. Intensity Effect

E_{it} : مصرف سطوح مختلف انرژی^۱ بخش i ام در سال t
 E_{i0} : مصرف سطوح مختلف انرژی بخش i ام در سال پایه
 Q_t : تولید ناخالص داخلی کشور در سال t بر حسب ثابت دلار ۲۰۱۵
 Q_0 : تولید ناخالص داخلی کشور در سال پایه بر حسب ثابت دلار ۲۰۱۵
 I_{i0} : شدت انرژی بخش i ام در سال پایه
 S_{it} : ساختار بخش i ام در سال t (از تقسیم Y_{it} : ارزش افزوده بخش i ام در سال t بر Q_t : تولید ناخالص داخلی کشور در سال t)
 S_{i0} : ساختار بخش i ام در سال پایه
 I_{it} : شدت انرژی بخش i ام در سال t (از تقسیم E_{it} : مصرف انرژی بخش i ام در سال t بر Y_{it} : ارزش افزوده بخش i ام در سال t)

شدت انرژی از نسبت مصرف انرژی (بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام) بر ارزش افزوده (بر حسب ریال ثابت سال ۱۳۹۰) اندازه گیری شده است. همچنین ساختار اقتصادی از نسبت ارزش افزوده بخشی (ریال ثابت سال ۱۳۹۰) به تولید ناخالص داخلی (ریال ثابت سال ۱۳۹۰) محاسبه شده است. داده‌های آماری متغیرهای تولید ناخالص داخلی و ارزش افزوده بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات از سایت بانک جهانی^۲ و جدول حساب‌های ملی و اطلاعات مربوط به مصرف سطوح مختلف انرژی بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات از ترازنامه انرژی ایران در سال‌های مختلف، جمع‌آوری و پردازش شده‌اند.

۴. اندازه‌گیری و تحلیل جداسازی رشد اقتصادی- مصرف انرژی- دی‌اکسیدکربن در اقتصاد ایران

شکل (۲) جداسازی رشد اقتصادی- مصرف انرژی- انتشار دی‌اکسیدکربن ایران را طی دوره زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۰ ارائه می‌کند. این شکل به دو بخش تفکیک شده است که در بخش اول جداسازی رشد اقتصادی- مصرف انرژی در سطوح مختلف انرژی برای

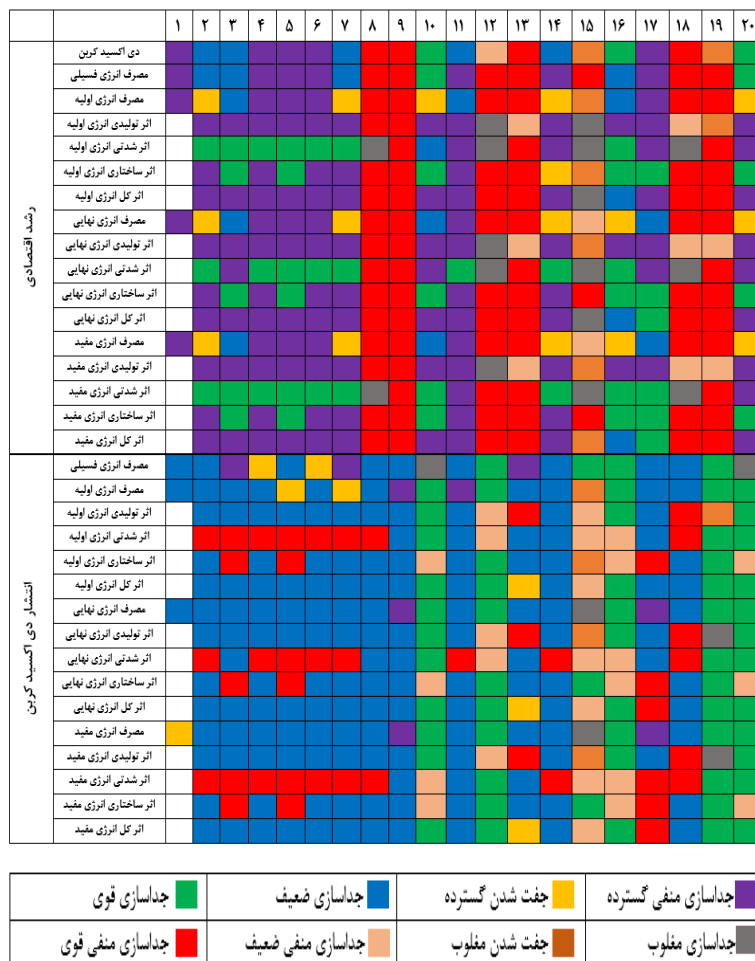
۱. در چارچوب سیستم انرژی کشور، انرژی اولیه به تفکیک هر بخش براساس ضریب کارایی حامل‌های انرژی محاسبه شده است. انرژی نهایی هر بخش از گزارش‌های سال‌های مختلف ترازنامه انرژی وزارت نیرو اتخاذ شده است و انرژی مفید نیز طبق ضریب کارایی آن، از طریق انرژی نهایی محاسبه شده است.

مؤلفه‌های مختلف مصرف انرژی و در بخش دوم، جداسازی مصرف انرژی از دی‌اکسیدکربن در سطوح مختلف انرژی برای مؤلفه‌های مختلف مصرف انرژی ارائه شده است. براساس این شکل، در مجموع، روند جداسازی رشد اقتصادی و دی‌اکسیدکربن مشابه با و متأثر از روند جداسازی رشد اقتصادی و مصرف انرژی فسیلی بوده است. همچنین، روند جداسازی رشد اقتصادی- مصرف انرژی فسیلی هم‌راستا با تغییرات جداسازی در سطوح مختلف انرژی (اولیه، نهایی و مفید) است که این یافته ناشی از بالا بودن سهم انرژی فسیلی در مصرف انرژی در ایران است. شکل (۲) همچنین نشانگر جداسازی ضعیف میان مصرف انرژی فسیلی و دی‌اکسیدکربن است که می‌تواند ناشی از ماهیت آلایندگی سوخت‌های فسیلی باشد. براساس این نتیجه، جداسازی رشد اقتصادی از دی‌اکسیدکربن متأثر از مصرف انرژی‌های فسیلی است. در مجموع، در بخش اول شکل (۲)، اشکال مختلف جداسازی منفی (جداسازی منفی گسترده، جداسازی منفی ضعیف و جداسازی منفی قوی) در رابطه با رشد اقتصادی و مصرف انرژی مشاهده می‌شود. در راستای همین نتیجه، در بخش دوم از شکل (۲)، بیشتر جداسازی ضعیف برای سطوح مختلف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن برقرار است. در میان مؤلفه‌های مصرف انرژی، مؤلفه شدتی، جداسازی قوی را نشان می‌دهد ولی این جداسازی با نوسان روبه‌رو شده و گاه در بازه جداسازی مثبت (جداسازی ضعیف، جداسازی مغلوب و جداسازی قوی) و حتی در بازه جداسازی منفی (جداسازی منفی گسترده و جداسازی منفی قوی) قرار گرفته است که می‌تواند ناشی از افت فناوری باشد. این یافته با اطلاعات ارائه شده در بخش دوم شکل (۲) سازگار است چون جداسازی مؤلفه شدتی- دی‌اکسیدکربن با نوسان در بازه‌های جداسازی روبه‌رو شده است. همان‌گونه که بخش اول شکل (۲) نشان می‌دهد، مؤلفه ساختاری بیشترین جداسازی منفی قوی را از رشد اقتصادی نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، ساختار اقتصادی ایران به گونه‌ای تغییر یافته است که جداسازی مصرف انرژی و رشد اقتصادی بدتر شده است. این در حالی است که جداسازی مؤلفه ساختاری و دی‌اکسیدکربن (در بخش دوم شکل ۲) در بازه جداسازی ضعیف ولی نوسانی قرار گرفته است. سرانجام، رشد اقتصادی در بخش اول از شکل (۲)، اغلب با جداسازی منفی (جداسازی منفی گسترده و جداسازی منفی قوی) از کل مصرف انرژی همراه بوده است. این در حالی است که براساس اطلاعات بخش دو در شکل

(۲)، جداسازی ضعیف در دوره‌های ابتدایی و سپس نوسانی و در نهایت در دو سال اخیر جداسازی قوی میان کل مصرف انرژی-دی اکسید کربن برقرار است.

شکل ۲. جداسازی رشد اقتصادی- مصرف انرژی- انتشار دی اکسید کربن ایران طی دوره زمانی ۲۰۲۰-

۲۰۰۰



اعداد ۱ تا ۲۰ به ترتیب نشان‌دهنده دوره‌های ۲۰۰۱-۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰-۲۰۱۹ است.

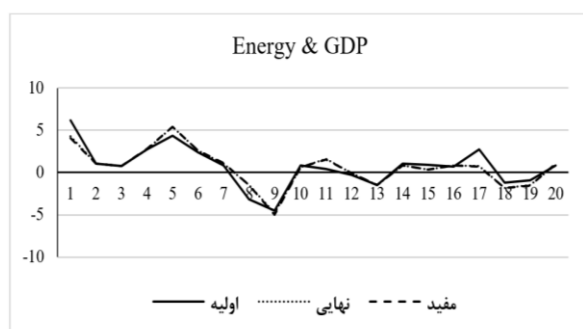
مأخذ: محاسبات پژوهش حاضر

در مجموع، همان‌گونه که شکل (۲) نشان می‌دهد روند جداسازی رشد اقتصادی و مصرف انرژی طی دوره زمانی نوسانی ولی بیشتر با جداسازی منفی روبه‌رو شده و این جداسازی اغلب با جداسازی مصرف انرژی و دی‌اکسیدکربن مطابقت داشته است. در عین حال، در میان مؤلفه‌های مختلف مصرف انرژی، مؤلفه شدتی با جداسازی منفی قوی‌تر و مؤلفه ساختاری با جداسازی ضعیف روبه‌رو شده و هر دو روند نوسانی را نشان داده‌اند. روند نوسانی می‌تواند به دلیل نبود برنامه و راهبرد مشخص برای جداسازی رشد اقتصادی- مصرف انرژی- دی‌اکسیدکربن باشد.

یافته‌ها در شکل (۲) و نمودار (۱) نشان می‌دهد که در مقایسه با جداسازی رشد اقتصادی از سطوح مختلف انرژی، جداسازی منفی (جداسازی منفی گسترده، جداسازی منفی قوی و جداسازی منفی ضعیف) رشد اقتصادی با انرژی مفید و نهایی نسبت به سطح اولیه انرژی بیشتر است. محاسبه کارایی در سطوح مختلف انرژی در جدول (۴)، با برآیند پایین بودن کارایی انرژی در سطوح بالاتر می‌تواند دلیلی بر جداسازی منفی قوی‌تر در سطوح بالاتر انرژی باشد. در نمودار (۱) روند سری زمانی جداسازی سطوح مختلف انرژی و رشد اقتصادی ارائه شده است که این روند، جداسازی منفی با را شدت مختلف نشان می‌دهد.

نمودار ۱. روند جداسازی مصرف در سطوح مختلف انرژی- رشد اقتصادی ایران طی دوره زمانی

۲۰۰۰-۲۰۲۰

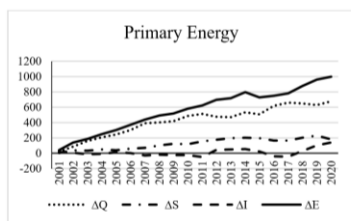


مأخذ: محاسبات پژوهش حاضر

در ادامه در شکل (۲)، برای بررسی دقیق‌تر، جداسازی سطوح مختلف مصرف انرژی و رشد اقتصادی ایران با لحاظ کردن رویکرد تحلیل عاملی طی دوره زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۰ ارائه

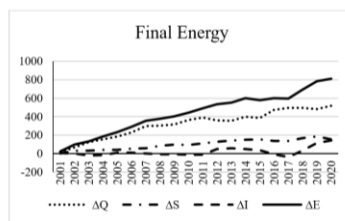
شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که در سطوح مختلف انرژی، مؤلفه شدتی جداپذیری بیشتری با رشد اقتصادی دارد که گویا سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در دوره‌های اولیه مورد بررسی مؤثر بوده است، در حالی که در دوره‌های بعدی، مصرف ناکارای انرژی و بازده پایین فناوری‌ها برقرار است. ولی براساس مشاهدات آماری، سال‌هایی که اقتصاد ایران با جداسازی منفی مواجه شده، تولید سرانه و موجودی سرمایه کاهش پیدا کرده است. برعکس در زمان‌هایی که تولید سرانه در حال افزایش بوده، مصرف انرژی همراه با رشد اقتصادی افزایش یافته است. همچنین، اثر ساختاری در هر سه سطح بیشترین جداسازی منفی قوی را با رشد اقتصادی نشان می‌دهد که نشانگر وجود صنایع با تکنولوژی انرژی‌بر است (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۹). همچنین، قیمت پایین حامل‌های انرژی و فراوانی انرژی در ایران موجب شده است که ساختار تجهیزات به کار رفته در بخش صنایع، انرژی‌بر باشد (ملکیان و همکاران، ۱۳۹۴). اثر تولیدی نیز در اکثر دوره‌ها باعث افزایش مصرف انرژی شده و جداسازی منفی گسترده را نشان داده است که نشان‌دهنده فناوری با انرژی‌بری بالا در بخش تولیدی ایران است (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۹). در مجموع اثر تولیدی در هر سه سطح غالب بوده ولی سهم اثر شدتی در اثر کل ناچیز است (شکل ۲). این نتایج با روند تجزیه مصرف انرژی در سطوح مختلف (نمودارهای ۲، ۳ و ۴) سازگاری دارد که نشان می‌دهد افزایش مصرف انرژی در دوره‌های مورد بررسی بیش از آن‌که ناشی از اثر شدتی و ساختاری باشد، ناشی از اثر فعالیتی در صنایع انرژی‌بر است.

نمودار ۳. تجزیه مصرف انرژی اولیه ایران با روش LMDI طی دوره زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۰



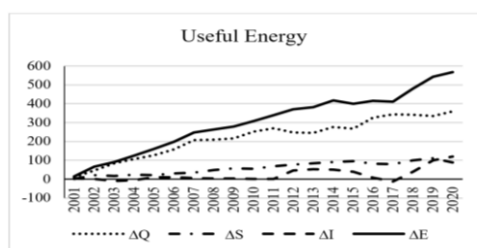
مأخذ: محاسبات پژوهش حاضر

نمودار ۲. تجزیه مصرف انرژی نهایی ایران با روش LMDI طی دوره زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۰



مأخذ: محاسبات پژوهش حاضر

نمودار ۴. تجزیه مصرف انرژی مفید ایران با روش LMDI طی دوره زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۰



مأخذ: محاسبات پژوهش حاضر

روند جداسازی رشد اقتصادی و اثر تولیدی انرژی طی دوره زمانی مورد مطالعه (نمودار، ۵)، می‌تواند نشان از دشوار شدن جداسازی مصرف انرژی- رشد اقتصادی (به دلیل فناوری با انرژی‌بری بالا) باشد. براساس محاسبات جداسازی گزارش شده از مؤلفه شدتی انرژی در سطوح مختلف انرژی و رشد اقتصادی در شکل (۲) و روند جداسازی در نمودار (۶) به نظر می‌رسد تلاش‌هایی در جهت بهبود جداسازی فعالیت‌های اقتصادی کشور انجام شده است ولی جداسازی در این دوره با نوسان روبه‌رو شده است و این یافته نشانگر نبود ثبات در سیاست‌های کارایی انرژی از یک طرف و بی‌ثباتی‌های اقتصادی از طرف دیگر است؛ گزارشات آماری حساب‌های ملی (۱۳۹۹) و بانک جهانی (۲۰۲۱) شواهدی بر این ادعا است. نتایج ارائه شده در شکل (۲) نیز نشان می‌دهد که تغییر ساختار طی دوره زمانی مورد بررسی نتوانسته است جداسازی قوی مصرف انرژی- رشد اقتصادی ایجاد کند. با توجه به یافته‌های مطالعه حاضر، جداسازی قوی در برخی سال‌ها می‌تواند ناشی از صنعت‌زدایی و جداسازی مجازی باشد^۱.

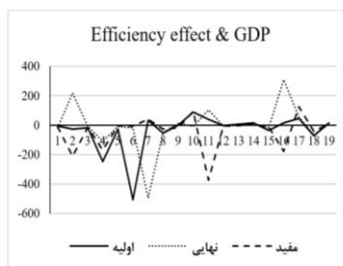
۱. تحلیل مشابهی توسط مورو و همکاران (۲۰۱۹) ارائه شده است.

نمودار ۵. روند جداسازی اثر تولیدی مصرف در سطوح مختلف انرژی-رشد اقتصادی ایران



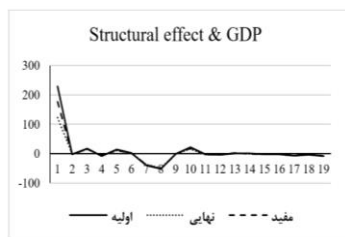
مأخذ: محاسبات پژوهش حاضر

نمودار ۶. روند جداسازی اثر شدتی مصرف در سطوح مختلف انرژی-رشد اقتصادی ایران



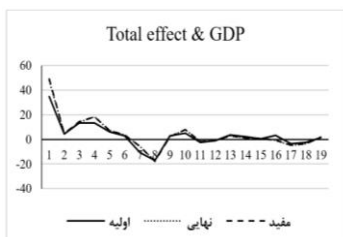
مأخذ: محاسبات پژوهش حاضر

نمودار ۷. روند جداسازی اثر ساختاری مصرف در سطوح مختلف انرژی-رشد اقتصادی ایران



مأخذ: محاسبات پژوهش حاضر

نمودار ۸. روند جداسازی اثر کل مصرف در سطوح مختلف انرژی-رشد اقتصادی ایران



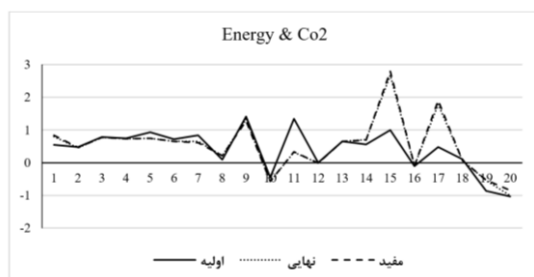
مأخذ: محاسبات پژوهش حاضر

براساس شکل (۲) و در چارچوب اثر فعالیتی، جداسازی منفی رشد اقتصادی و مصرف انرژی مشاهده می‌شود. ولی اثر ساختاری، سهم بیشتری در جداسازی منفی رشد اقتصادی و مصرف انرژی نسبت به سایر مؤلفه‌های انرژی نشان می‌دهد. بر این اساس، حرکت ساختار اقتصاد ایران همچنان به سمت استفاده از صنایع با تکنولوژی انرژی بر بالا است. جداسازی سطوح مختلف مصرف انرژی-رشد اقتصادی ایران اگرچه ضعیف ولی اغلب متأثر از اثر شدتی مصرف انرژی بوده که نشانی از مؤثر بودن سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی است. روند جداسازی مصرف انرژی مفید-رشد اقتصادی، مشابه جداسازی مصرف انرژی نهایی-رشد اقتصادی است که به نسبت، هم راستا با تغییرات انرژی اولیه است.

در مجموع، اقتصاد ایران در جداسازی مصرف انرژی و رشد اقتصادی موفق عمل نکرده است و دلیل آن می‌تواند ناشی از ساختارهای اقتصادی همسو با مصرف بیشتر انرژی و ناکارایی در مصرف انرژی باشد. ویژگی منابع محور بودن اقتصاد ایران و ساختار تولید مبتنی بر مصرف انرژی موجب شده است که میزان مصرف انواع سوخت‌های فسیلی و غیرفسیلی در سطح بالایی قرار گرفته و روند روبه‌رشدی داشته باشد (هاشمی و آماده، ۱۳۹۸). همچنین گزارشات آماری ترازنامه انرژی ایران (۱۳۹۹)، گزارشات آماری اداره اطلاعات انرژی آمریکا (۲۰۲۱) و نیز مطالعات مزینی و همکاران (۱۳۹۴) ساختارهای همسو با مصرف انرژی را تأیید می‌کنند.

مصرف ناکارآمد انرژی علاوه بر انحراف تخصیص بهینه منابع، تبعات منفی به‌ویژه آلایندگی دارد و در این رابطه سؤال این است که طی دوره زمانی مورد مطالعه، کدام مؤلفه مصرف انرژی، جداپذیری بیشتری از آلودگی دی‌اکسید کربن داشته است؟ برای پاسخ به این سؤال، جداسازی آلودگی - رشد اقتصادی - مصرف انرژی در سه سطح مصرف انرژی اولیه، نهایی و مفید انجام شده است. براساس شکل (۲)، جداسازی ضعیف آلودگی و مصرف انرژی در سطوح مورد بررسی تأیید می‌شود. نمودار (۹) روند نوسانی جداسازی آلودگی و مصرف انرژی در سطوح مختلف انرژی را نشان می‌دهد. تغییر سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و غیرفسیلی در سبد تولید و مصرف انرژی کشور در این روند بی‌تأثیر نبوده است. همچنین محاسبات انجام شده و شکل (۲) نشان می‌دهد که انرژی اولیه نسبت به دو سطح دیگر انرژی (انرژی نهایی و انرژی مفید) اثر بیشتری در آلایندگی محیط زیست دارد. نمودار (۹) نیز نشان می‌دهد روند جداسازی انرژی نهایی و انرژی مفید از آلودگی دارای هم‌حرکتی هستند.

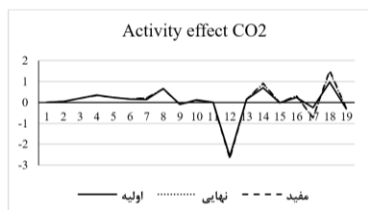
نمودار ۹. روند جداسازی میان آلودگی و مصرف در سطوح مختلف انرژی ایران طی دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۰



مأخذ: محاسبات پژوهش حاضر

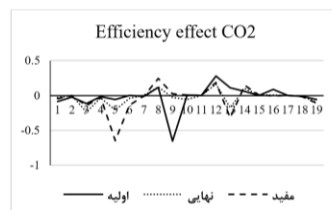
همان‌طور که شکل (۲) نشان می‌دهد، آلودگی بیشترین جداسازی منفی را با اثر شدتی در سطوح مختلف انرژی مورد بررسی دارد. این یافته با توجه به سهم مسلط انرژی تجدیدناپذیر و تجهیزات ناسازگار با محیط زیست دور از انتظار نیست. در ارتباط با مؤلفه فعالیتی، اغلب جداسازی ضعیف در سطوح مختلف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن برقرار است هر چند روند جداسازی به مرور از وضعیت یکنواخت به حالت نوسانی تغییر کرده است (نمودار ۱۰). در مقابل، در رابطه با مؤلفه شدتی، جداسازی منفی هر چند نوسانی در سطوح مختلف انرژی مشاهده می‌شود (نمودار ۱۱). روند نوسانی جداسازی می‌تواند ناشی از نبود سیاست‌های بهینه‌سازی مؤثر درخصوص محیط زیست و مصرف انرژی باشد. همچنین، جداسازی ضعیف و نوسانی میان مؤلفه ساختاری مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن در اقتصاد ایران (نمودار ۱۲) نشان‌دهنده سهم مسلط صنایع با انرژی‌بری و دارای آلودگی بالاست.

نمودار ۱۰. روند جداسازی میان آلودگی و اثر تولیدی مصرف در سطوح مختلف انرژی



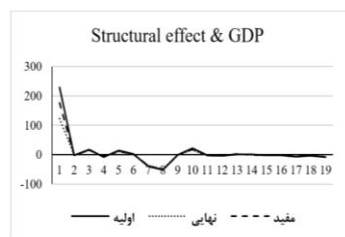
مأخذ: محاسبات پژوهش حاضر

نمودار ۱۱. روند جداسازی میان آلودگی و اثر شدتی مصرف در سطوح مختلف انرژی



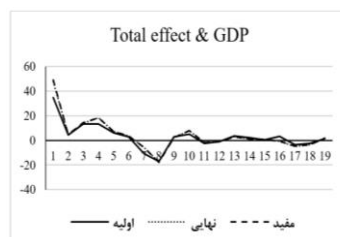
مأخذ: محاسبات پژوهش حاضر

نمودار ۱۲. روند جداسازی میان آلودگی و اثر ساختاری مصرف در سطوح مختلف انرژی



مأخذ: محاسبات پژوهش حاضر

نمودار ۱۳. روند جداسازی میان آلودگی و اثر کل مصرف در سطوح مختلف انرژی



مأخذ: محاسبات پژوهش حاضر

شکل (۲) نشان می‌دهد، روند جداسازی مصرف انرژی فسیلی - رشد اقتصادی به نسبت، مشابه روند جداسازی انتشار آلودگی دی‌اکسید کربن - رشد اقتصادی است. تضاد شدید میان محیط زیست و اقتصاد ایران، این انتظار را ایجاد می‌کند که در کنار سیاست‌های انرژی، صنایع باید مسئولیت اجتماعی^۱ بیشتری در خصوص محیط زیست داشته باشند. شدت تأثیر آلودگی بر مصرف انرژی می‌تواند ناشی از دو انگیزه نوع‌دوستی و خودگرایی باشد (Galaskiewicz, 1997). دیدگاه نوع‌دوستی مربوط به حس شهروندی و رفاه اجتماعی (Zheng & Xie, 2019) و دیدگاه خودگرایی مرتبط با حداکثرسازی منافع

دینفعان و شهرت و اعتبار آنها است (Porter & Kramer, 2006). به عنوان مثال، زمانی که کیفیت هوا بدتر می‌شود، بنگاه‌های انرژی‌بر، تمایل بیشتری به ایفای مسئولیت اجتماعی از خود نشان می‌دهند. همچنین به دلیل مصرف بالای انرژی ممکن است اعتبار این بنگاه‌ها به مخاطره بیفتد که موجب افزایش مشارکت آنها در کاهش آلودگی می‌شود.

دستیابی به جداسازی بین رشد اقتصادی، انتشار دی‌اکسید کربن و مصرف انرژی برای اقتصاد ایران آسان نیست زیرا ساختار فعلی مصرف انرژی کشور وابستگی بالایی به منابع فسیلی دارد. ایران به عنوان کشوری روبه‌رشد و برخوردار از منابع انرژی گسترده و غنی، یکی از مصداق‌های الگوی رشد با فشار بر منابع طبیعی به حساب می‌آید (براتی ملایری و حوری جعفری، ۱۳۸۷). راه برون‌رفت از مثلث شوم جداناپذیری انرژی-آلودگی-رشد، توجه به سیاست‌های سازگار در مثلث سیاست‌گذاری انرژی است.

نکته چالش‌برانگیز این است که از یک طرف، انرژی یکی از اصلی‌ترین عوامل برای شکل‌گیری و پیشرفت جوامع صنعتی محسوب می‌شود. از طرف دیگر، منابع انرژی به‌ویژه انرژی فسیلی به محیط زیست آسیب می‌زند. برای رفع این ناسازگاری، مصرف بهینه انرژی همواره مورد تأکید بوده و رشد اقتصادی همراه با بهبود کیفیت محیط زیست از اهداف اصلی در توسعه پایدار محسوب می‌شود.

جدول ۴. تغییر مصرف سطوح مختلف انرژی و ضریب کارایی مصرف انرژی

سال	APE	P→F	AFE	F→U	AUE
۲۰۰۰-۲۰۰۵	۹۴۶/۸۰۸۸	۰/۷۴	۷۰۵/۱۰۸۸	۰/۶۹	۴۸۵/۵۵۴۸
۲۰۰۵-۲۰۱۰	۱۲۵۷/۲۷	۰/۷۶	۹۵۳/۸۴۲۵	۰/۶۹	۶۵۸/۸۸۸۲
۲۰۱۰-۲۰۱۵	۱۴۲۷/۱۵۸	۰/۷۶	۱۰۸۲/۲۹	۰/۶۹	۷۴۸/۴۵۹۳
۲۰۱۵-۲۰۲۰	۱۶۰۹/۵۹۴	۰/۷۷	۱۲۴۳/۸۶۷	۰/۶۹	۸۶۱/۴۷۳۸

APE: میانگین انرژی اولیه

AFE: میانگین انرژی نهایی

AUE: میانگین انرژی مفید

P→F: کارایی انرژی از انرژی اولیه به انرژی نهایی (نسبت انرژی نهایی بر انرژی اولیه)

F→U: کارایی انرژی از انرژی نهایی به انرژی مفید (نسبت انرژی مفید بر انرژی نهایی)

محاسبات در این جدول به صورت متوسط در بازه ۵ ساله ارائه شده است.

مأخذ: ترازنامه انرژی ایران و محاسبات پژوهش حاضر

همان‌گونه که جدول (۴) نشان می‌دهد کارایی انرژی اقتصاد ایران در سطوح مختلف انرژی، تاحدی پایین است. همچنین، عدم کارایی بالاتر در سطوح بالاتر انرژی می‌تواند تأییدی بر یافته‌های پژوهش مبنی بر وابستگی بیشتر رشد اقتصادی به مصرف انرژی‌های مفید و نهایی در مقایسه با انرژی اولیه باشد. این موضوع نشانگر لزوم ارتقای کارایی انرژی در همه سطوح تولید و مصرف انرژی در سیستم انرژی است. عدم توجه به مسیر بهینه مصرف انرژی در آینده می‌تواند علاوه بر انحراف از توسعه پایدار به هزینه‌های گزاف انرژی برای رشد اقتصادی کشور منجر گردد.

همچنین در بررسی کارایی انرژی مفید برای بخش‌های مختلف اقتصاد ایران، بخش‌های خدمات، کشاورزی، صنعت، خانگی و حمل و نقل، به ترتیب پایین‌ترین تا بالاترین میزان کارایی را به خود اختصاص داده‌اند. بخش حمل و نقل مسافر و بار کشور دارای بهره‌وری و راندمان مطلوبی نبوده و علاوه بر این که به زیرساخت‌های مناسب و تجهیزات حمل و نقل نیاز دارد، یکی از مصرف‌کنندگان عمده حامل‌های انرژی کشور نیز است. بررسی الگوی مصرف انرژی همچنین نشان می‌دهد بیشترین سهم انرژی طی دوره مورد مطالعه مربوط به بخش مصارف خانگی می‌باشد (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۹) که توجه به مصرف بهینه انرژی نهایی و مفید را دوجندان می‌کند. البته در سایر بخش‌ها نیز مراقبت لازم در مصرف بهینه انرژی به عمل نمی‌آید و مثال‌های زیادی از اتلاف انرژی و راندمان پایین در وسایل و دستگاه‌های مصرف‌کنندگان انرژی در صنایع و نیروگاه‌ها می‌توان ذکر کرد. روند کلی حاکم بر مصرف انرژی در بخش کشاورزی، نشان‌دهنده رشد سالیانه مصرف انرژی در این بخش است؛ ولی سهم بخش کشاورزی از مصرف حامل‌های انرژی طی دوره مورد بررسی رو به کاهش بوده است. به هر حال، پایین بودن بهره‌وری در مصرف حامل‌های انرژی و آب در بخش کشاورزی، چالش عمده کشور در مصرف این منابع محسوب می‌شود و از مهم‌ترین دلایل آن می‌توان به فقدان نظام تولید براساس آمایش سرزمین، نبود الگوی استاندارد مصرف انرژی و آب و تحول غیرحجمی آب در بیشتر شبکه‌های آبیاری کشور اشاره کرد.

۵. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

هدف اصلی از پژوهش حاضر، بررسی و تجزیه و تحلیل جداسازی انرژی-تولید-آلودگی ایران طی دوره زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۰ در سطوح مختلف انرژی و به تفکیک مؤلفه‌های مختلف مصرف انرژی است. نتایج تحقیق حاضر به‌طور کلی نشانگر تسلط جداسازی منفی این سه متغیر طی دوره زمانی مورد مطالعه است. همچنین، مقایسه جداسازی‌ها در مؤلفه‌های فعالیتی، شدتی و ساختاری نشان می‌دهد اقتصاد ایران به شدت وابسته به مصرف انرژی بوده و تشدید آلودگی، ناشی از انرژی بر بودن فعالیت‌های اقتصادی و افت و عدم توسعه تکنولوژی، عدم تغییر بهینه ساختارهای اقتصادی است.

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد رشد اقتصادی به عنوان محرک اصلی افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در دهه‌های گذشته ظاهر شده است. این در حالی است که کاهش مصرف انرژی طی دوره مورد مطالعه، نقش مهمی در مهار انتشار دی‌اکسید کربن داشته است. بر این اساس سیاست کاهش مصرف انرژی به دلیل وابستگی اقتصاد ایران به انرژی، با مشکل مواجه شده است.

در مجموع، ارزیابی تحقیق حاضر نشان‌دهنده وابستگی اقتصاد ایران به مصرف انرژی در هر سه سطح انرژی اولیه، انرژی نهایی و انرژی مفید است، به گونه‌ای که میزان پایین کارایی انرژی به‌ویژه در سطوح بالای انرژی (ثانویه و مفید) مشهود است. با توجه به این که کاهش فشار محیطی با محدودیت‌هایی روی رشد اقتصادی همراه است، توجه به مؤلفه‌های شدت انرژی و همچنین بهره‌وری انرژی برای تعادل رشد اقتصادی و مصرف انرژی ضروری است. با توجه به جداسازی منفی در اثرات ساختاری، شدتی و فعالیتی به نظر می‌رسد در اقتصاد ایران، راهبرد مشخصی درخصوص جداسازی و ایجاد تعادل میان مصرف انرژی و توسعه اقتصادی وجود ندارد.

براساس نتایج مطالعه حاضر، نخست ضروری است کارایی مصرف انرژی در سطوح مختلف انرژی (اولیه، نهایی و مفید) افزایش یابد. سپس در جداسازی رئوس مثلث (انرژی، رشد و آلودگی)، توصیه می‌شود جداسازی با اثربخشی بیشتر (فناوری و کارایی انرژی در سطوح مختلف انرژی) در اولویت سیاست‌گذاری توسعه پایدار قرار گیرد. در این رابطه ضروری است در کنار مسیر نرم جداسازی، مسیرهای سخت نیز با انجام سرمایه‌گذاری

مستقیم خارجی پیگیری شود. برای جداسازی اقتصاد ایران از مصرف انرژی فسیلی، پیشنهاد می‌شود سرمایه‌گذاری کارا و اثربخش در انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای گسترش یابد، حمایت مالی پایدار از فناوری‌های پیشرفته انرژی به عمل آید و ارتقای کارایی و بهره‌وری انرژی در اولویت سیاست‌های انرژی قرار گیرد. با وجود محدودیت‌ها چنانچه سیاست‌گذاران بتوانند کشتش آلودگی را کاهش دهند، سیاست‌های بهینه در حفظ جوانب رفاهی مثلث مؤثر خواهد بود. همچنین تنظیم رفتار مصرف انرژی اجتماعی، نقش مهمی در بهبود بازده انرژی شهروندی در بخش مسکونی، تجاری و عمومی و فعالیت‌های تولیدی دارد.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

ORCID

Saeed Rasekhi

 <https://orcid.org/0000-0002-6280-7243>

Sara Ghanbartabar Ahmadi

 <https://orcid.org/0000-0002-9225-6921>

منابع

- براتی ملایری، عقیل و حوری جعفری، حامد. (۱۳۸۷). بررسی وضعیت مصرف انرژی در بخش‌های مصرف‌کننده نهایی. بررسی مسائل اقتصاد انرژی، ۱(۱)، ۵۶-۹۶.
- خیابانی، ناصر. (۱۳۹۵). یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه پویا برای ارزیابی آثار سیاست‌های انرژی: شواهدی از ایران. پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۱(۶۹)، ۴۶-۱. <https://doi.org/10.22054/ijer.2017.7502>
- نقوی، سمیه و عادل ساردوئی، محسن. (۱۴۰۱). تحلیل جداسازی انتشار آلودگی محیط زیستی از رشد بخش کشاورزی در کشورهای منتخب بر مبنای شاخص عملکرد زیست محیطی. علوم و تکنولوژی محیط زیست. <https://doi.org/10.30495/jest.2022.61099.5401>
- نقوی، سمیه. (۱۴۰۱). کاربرد شاخص ترکیبی جداسازی- تجزیه مصرف انرژی در بخش‌های کشاورزی و صنعت ایران. اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۳۶(۳)، ۲۸۷-۳۰۰. <https://doi.org/10.22067/jead.2022.74585.1111>
- مزینی، امیرحسین، عصار، عباس، افشاریان، بهناز و رسولی، احمد. (۱۳۹۴). بازتعریف رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران (رویکرد بخشی- استانی). فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی، ۳۰(۳)، ۶۷-۸۹. <https://sid.ir/paper/176346/en>

هاشمی، مه‌ری و آماده، حمید. (۱۳۹۸). تجزیه مصرف انرژی در بخش‌های صنعت و حمل و نقل (رهیافت تلفیق شاخص LMDI و شاخص Decoupling). اقتصاد و تجارت نوین، ۱۴(۳)، ۱۴۸-۱۲۵.

References

- Ajmi, A. N., & Inglesi-Lotz, R. (2020). Biomass energy consumption and economic growth nexus in OECD countries: A panel analysis. *Renewable Energy*, 162, 1649-1654. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.10.002>
- Antonakakis, N., Chatziantoniou, I., & Filis, G. (2017). Energy consumption, CO2 emissions, and economic growth: An ethical dilemma. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 808-824. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.105>
- Ayres, R. U., & Warr, B. (2009). *The Economic Growth Engine: How Energy and Work Drive Material Prosperity*. Edward Elgar Publishing. <https://doi:10.4337/9781848445956>
- Barati Malairi, A. & Hourri Jafari, H. (2008). Investigating the state of energy consumption in the final consumer sectors. *Review of Energy Economy Issues*, 1(1), 56-96. [In Persian]
- Bradshaw, M. J. (2010). Global energy dilemmas: a geographical perspective. *Geographical Journal*, 176(4), 275-290. <https://doi:10.1111/j.1475-4959.2010.00375.x>
- Bekun, F. V., Emir, F., & Sarkodie, S. A. (2019). Another look at the relationship between energy consumption, carbon dioxide emissions, and economic growth in South Africa. *Science of the Total Environment*, 655, 759-765. <https://doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.271>
- De Freitas, L. C., & Kaneko, S. (2011). Decomposing the decoupling of CO2 emissions and economic growth in Brazil. *Ecological Economics*, 70(8), 1459-1469. <https://doi:10.1016/j.ecolecon.2011.02.011>
- Dong, B., Zhang, M., Mu, H., & Su, X. (2016). Study on decoupling analysis between energy consumption and economic growth in Liaoning Province. *Energy Policy*, 97, 414-420. <https://doi: 10.1016/j.enpol.2016.07.054>
- Emir, F., & Bekun, F. V. (2019). Energy intensity, carbon emissions, renewable energy, and economic growth nexus: new insights from Romania. *Energy & Environment*, 30(3), 427-443. <https://doi.org/10.1177/0958305X18793108>
- Feng, Y., Yu, X., Chiu, Y. H., & Lin, T. Y. (2020a). Energy efficiency and health efficiency of old and new EU Member States. *Frontiers in Public Health*, 8, 168. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00168>
- Feng, Y., Liu, R., Chiu, Y. H., & Chang, T. H. (2020b). Dynamic linkages among energy consumption, environment and health sustainability:

- evidence from the different income level countries. *Inquiry: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*, 57, 0046958020975220. <https://doi.org/10.1177/0046958020975220>
- Fuss, S., Lamb, W. F., Callaghan, M. W., Hilaire, J., Creutzig, F., Amann, T., & Minx, J. C. (2018). Negative emissions-Part 2: Costs, potentials and side effects. *Environmental Research Letters*, 13(6), 063002. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/aabf9f>
- Galaskiewicz, J. (1997). An urban grants economy revisited: Corporate charitable contributions in the Twin Cities, 1979-81, 1987-89. *Administrative science quarterly*, 42(3), 445-471. <https://doi.org/10.2307/2393734>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner production*, 114, 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Groth, C. (2007). A new-growth perspective on non-renewable resources. In *Sustainable resource use and economic dynamics* (127-163). Springer, Dordrecht.
- Guevara, Z., & Domingos, T. (2017). Three-level decoupling of energy use in Portugal 1995–2010. *Energy Policy*, 108, 134-142. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.05.050>
- Guo, J., Li, C. Z., & Wei, C. (2021). Decoupling economic and energy growth: aspiration or reality?. *Environmental Research Letters*, 16(4), 044017. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abe432>
- Ha, N. M., & Ngoc, B. H. (2021). Revisiting the relationship between energy consumption and economic growth nexus in Vietnam: new evidence by asymmetric ARDL cointegration. *Applied Economics Letters*, 28(12), 978-984. <https://doi.org/10.1080/13504851.2020.1789543>
- Haberl, H., Wiedenhofer, D., Virág, D., Kalt, G., Plank, B., Brockway, P., & Creutzig, F. (2020). A systematic review of the evidence on decoupling of GDP, resource use and GHG emissions, part II: synthesizing the insights. *Environmental research letters*, 15(6), 065003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab842a>
- Hashemi, M., & Amadeh, H. (2019). Analysis of energy consumption in sectors of industry and transportation (Integrated Approach LMDI methods and indicators). *New Economy and Trad*, 14(3), 125-148. [In Persian]
- Hickel, J., & Kallis, G. (2020). Is green growth possible? *New political economy*, 25(4), 469-486. <https://doi.org/10.1080/13563467.2019.1598964>
- Hu, J., Gui, S., & Zhang, W. (2017). Decoupling analysis of China's product sector output and its embodied carbon emissions-an empirical study based on non-competitive IO and Tapio decoupling model. *Sustainability*, 9(5), 815. <https://doi.org/10.3390/su9050815>
- Khiabani, N. (2017). A Dynamic CGE Model for Evaluation of Energy Policies: Evidence from Iran. *Iranian Journal of Economic*

- Research*, 21(69), 1-46. [https://doi: 10.22054/ijer.2017.7502](https://doi.org/10.22054/ijer.2017.7502). [In Persian]
- Porter, M. E. & Kramer, M. R. (2006). Strategy and society: The link between competitive advantage and corporate social responsibility. *Harvard business review*, 84(12), 78-92.
- Krausmann, F., Lauk, C., Haas, W., & Wiedenhofer, D. (2018). From resource extraction to outflows of wastes and emissions: The socioeconomic metabolism of the global economy, 1900–2015. *Global Environmental Change*, 52, 131-140. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.07.003>
- Lee, C. C., & Chang, C. P. (2007). The impact of energy consumption on economic growth: Evidence from linear and nonlinear models in Taiwan. *Energy*, 32(12), 2282-2294. [https://doi: 10.1016/j.energy.2006.01.017](https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.01.017)
- Li, C., Hu, H., Deng, L., Liu, Y., & Wang, Z. (2021). Structural decoupling the sectoral growth from complete energy consumption in China. *Energy Strategy Reviews*, 34, 100634. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100634>
- Li, L., Lei, Y., Wu, S., Huang, Z., Luo, J., Wang, Y., Chen, J., Yan, D. (2018). Evaluation of future energy consumption on PM_{2.5} emissions and public health economic loss in Beijing. *Journal of Cleaner Production*, 187, 1115-1128. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.229>
- Lovins, A. B. (1978). Soft energy technologies. *Annual Review of Energy*, 3(1), 477-517. [https://doi:10.1146/annurev.eg.03.110178.002401](https://doi.org/10.1146/annurev.eg.03.110178.002401)
- Lu, I. J., Lin, S. J., & Lewis, C. (2007). Decomposition and decoupling effects of carbon dioxide emission from highway transportation in Taiwan, Germany, Japan and South Korea. *Energy policy*, 35(6), 3226-3235. [https://doi:10.1016/j.enpol.2006.11.003](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.11.003)
- Luo, H., Li, L., Lei, Y., Wu, S., Yan, D., Fu, X., Luo, X. & Wu, L. (2021). Decoupling analysis between economic growth and resources environment in Central Plains Urban Agglomeration. *Science of the Total Environment*, 752, 142284. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142284>
- Ma, X. W., Ye, Y., Shi, X. Q., & Zou, L. L. (2016). Decoupling economic growth from CO₂ emissions: A decomposition analysis of China's household energy consumption. *Advances in Climate Change Research*, 7(3), 192-200. [https://doi:10.1016/j.accre.2016.09.004](https://doi.org/10.1016/j.accre.2016.09.004)
- Mahmood, T. & Ahmad, E. (2018). The relationship of energy intensity with economic growth: Evidence for European economies. *Energy strategy reviews*, 20, 90-98. [https://doi:10.1016/j.esr.2018.02.002](https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.02.002)
- Mohsin, M., Kamran, H. W., Nawaz, M. A., Hussain, M. S., & Dahri, A. S. (2021). Assessing the impact of transition from nonrenewable to renewable energy consumption on economic growth-environmental nexus from developing Asian economies. *Journal of environmental management*, 284, 111999.

- <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111999>
- Moon, Y. S., & Sonn, Y. H. (1996). Productive energy consumption and economic growth: An endogenous growth model and its empirical application. *Resource and Energy Economics*, 18(2), 189-200. [https://doi.org/10.1016/0928-7655\(96\)00006-1](https://doi.org/10.1016/0928-7655(96)00006-1)
- Moreau, V., Neves, C. A. D. O., & Vuille, F. (2019). Is decoupling a red herring? The role of structural effects and energy policies in Europe. *Energy Policy*, 128, 243-252. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.028>
- Moutinho, V., & Madaleno, M. (2020). Economic growth assessment through an ARDL approach: The case of African OPEC countries. *Energy Reports*, 6, 305-311. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.11.253>
- Mozayani, A. M., Esari Arani, A., Afsharian, B., & Rasouli, A. (2015). Redefinition of the Relation between Energy Consumption and Economic Growth in Iran: Markov Switching Approach, *Quarterly Journal of Economic Modelling*, 9(2), 67-89. [In Persian] <https://sid.ir/paper/176346/en>.
- Muhammad, B. (2019). Energy consumption, CO2 emissions and economic growth in developed, emerging and Middle East and North Africa countries. *Energy*, 179, 232-245. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.126>
- Naghavi, S. (2022). Application of the Combined Index, Decomposing-Decoupling of Energy Consumption in the Agricultural and Industrial Sectors of Iran. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 36(3), 287-300. [In Persian] <https://doi: 10.22067/jead.2022.74585.1111>.
- Naghavi, S., & Adeli, M., (2022). Analysis of Decoupling Environmental Pollution Emission from Agricultural Sector Growth in Selected Countries Based on Environmental Performance Index. *Environmental Science and Technology Quarterly*, 36(3), 287-300. [In Persian] <https://doi: 10.30495/JEST.2022.61099.5401>.
- Payne, J. E., & Taylor, J. P. (2010). Nuclear energy consumption and economic growth in the US: an empirical note. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 5(3), 301-307. <https://doi.org/10.1080/15567240802533955>
- Rahman, M. M., & Velayutham, E. (2020). Renewable and non-renewable energy consumption-economic growth nexus: new evidence from South Asia. *Renewable Energy*, 147, 399-408. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.007>
- Rahman, Z. U., Khattak, S. I., Ahmad, M., & Khan, A. (2020). A disaggregated-level analysis of the relationship among energy production, energy consumption and economic growth: Evidence from China. *Energy*, 194, 116836. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116836>

- Raza, M. Y., Wu, R., & Lin, B. (2023). A decoupling process of Pakistan's agriculture sector: Insights from energy and economic perspectives. *Energy*, 263, 125658. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125658>
- Rjoub, H., Odugbesan, J. A., Adebayo, T. S., & Wong, W. K. (2021). Sustainability of the moderating role of financial development in the determinants of environmental degradation: evidence from Turkey. *Sustainability*, 13(4), 1844. <https://doi:10.3390/su13041844>
- Sakai, M., Brockway, P. E., Barrett, J. R., & Taylor, P. G. (2019). Thermodynamic efficiency gains and their role as a key 'engine of economic growth'. *Energies*, 12(1), 110. <https://doi:10.3390/en12010110>
- Schandl, H., Hatfield-Dodds, S., Wiedmann, T., Geschke, A., Cai, Y., West, J., Newth, D., Baynes, T., Lenzen, M., & Owen, A. (2016). Decoupling global environmental pressure and economic growth: scenarios for energy use, materials use and carbon emissions. *Journal of cleaner production*, 132, 45-56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.100>
- Shah, K. U., Arjoon, S., & Rambocas, M. (2016). Aligning corporate social responsibility with green economy development pathways in developing countries. *Sustainable Development*, 24(4), 237-253. <https://doi.org/10.1002/sd.1625>
- Shao, Q., & Rao, L. (2018). The rebound effect of dematerialization and decoupling: a case of energy efficiency. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, 16(4), 299-313. <https://doi.org/10.1080/10042857.2018.1544755>
- Song, Y., Huang, J., Zhang, Y. & Wang, Z. (2019). Drivers of metal consumption in China: an input-output structural decomposition analysis. *Resources Policy*, 63, 101421. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101421>
- Song, Y., Zhang, M., & Zhou, M. (2019). Study on the decoupling relationship between CO2 emissions and economic development based on two-dimensional decoupling theory: A case between China and the United States. *Ecological Indicators*, 102, 230-236. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.02.044>
- Stern, D. I. (2004). Economic growth and energy. *Encyclopedia of energy*, 2(00147), 35-51. <https://doi.org/10.1016/b0-12-176480-x/00147-9>
- Tapio, P. (2005). Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001. *Transport policy*, 12(2), 137-151. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.01.001>
- Szigei, C., Toth, G., & Szabo, D. R. (2017). Decoupling—shifts in ecological footprint intensity of nations in the last decade. *Ecological Indicators*, 72, 111-117. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.034>
- Umurzakov, U., Mirzaev, B., Salahodjaev, R., Isaeva, A., & Tosheva, S. (2020). Energy consumption and economic growth: Evidence from

- post-communist countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(6), 59. <https://doi.org/10.32479/ijeep.10003>
- Wang, H., Hashimoto, S., Yue, Q., Moriguchi, Y., & Lu, Z. (2013). Decoupling analysis of four selected countries: China, Russia, Japan, and the United States during 2000–2007. *Journal of Industrial Ecology*, 17(4), 618-629. <https://doi.org/10.1111/jiec.12005>
- Wang, M., & Feng, C. (2019). Decoupling economic growth from carbon dioxide emissions in China's metal industrial sectors: A technological and efficiency perspective. *Science of The Total Environment*, 691, 1173-1181. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.190>
- Wang, Q., & Zhang, F. (2021). The effects of trade openness on decoupling carbon emissions from economic growth—evidence from 182 countries. *Journal of cleaner production*, 279, 123838. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123838>
- Wang, Z., Asghar, M. M., Zaidi, S. A. H., Nawaz, K., Wang, B., Zhao, W., & Xu, F. (2020). The dynamic relationship between economic growth and life expectancy: Contradictory role of energy consumption and financial development in Pakistan. *Structural Change and Economic Dynamics*, 53, 257-266. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.03.004>
- Wang, F., & Zhang, Z. (2022). Decoupling economic growth from energy consumption in top five energy consumer economies: a technological and urbanization perspective. *Journal of Cleaner Production*, 357, 131890. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131890>
- Wang, Q., & Su, M. (2020). Drivers of decoupling economic growth from carbon emission—an empirical analysis of 192 countries using decoupling model and decomposition method. *Environmental Impact Assessment Review*, 81, 106356. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106356>
- Wang, Q., & Wang, S. (2020). Is energy transition promoting the decoupling economic growth from emission growth? Evidence from the 186 countries. *Journal of Cleaner Production*, 260, 120768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120768>
- Ward, J. D., Sutton, P. C., Werner, A. D., Costanza, R., Mohr, S. H., & Simmons, C. T. (2016). Is decoupling GDP growth from environmental impact possible?. *PloS one*, 11(10), e0164733. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164733>
- Wu, Y., Zhu, Q., & Zhu, B. (2018). Comparisons of decoupling trends of global economic growth and energy consumption between developed and developing countries. *Energy Policy*, 116, 30-38. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.047>
- Wiesenthal, T., Leduc, G., Haegeman, K., & Schwarz, H. G. (2012). Bottom-up estimation of industrial and public R&D investment by technology in support of policy-making: The case of selected low-carbon energy technologies. *Research Policy*, 41(1), 116-131. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.08.007>

- Yu, Y., Chen, D., Zhu, B., & Hu, S. (2013). Eco-efficiency trends in China, 1978–2010: Decoupling environmental pressure from economic growth. *Ecological indicators*, 24, 177-184. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.06.007>
- Zheng, D., & Xie, D. (2019). Party organizations and corporate donations in non-public enterprises. *Journal of Financial Research*, 9, 151-168. <http://www.jryj.org.cn/EN/Y2019/V471/I9/151>
- Zhang, K. M., & Wen, Z. G. (2008). Review and challenges of policies of environmental protection and sustainable development in China. *Journal of environmental management*, 88(4), 1249-1261. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.06.019>
- Zhang, M., & Wang, W. (2013). Decouple indicators on the CO2 emission-economic growth linkage: The Jiangsu Province case. *Ecological Indicators*, 32, 239-244. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.03.033>
- Zhang, Y., Nie, R., Shi, R. & Zhang, M. (2018). Measuring the capacity utilization of the coal sector and its decoupling with economic growth in China's supply-side reform, *Resources, Conservation and Recycling*, 129, 314–325. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.022>
- Ziolo, M., Jednak, S., Savić, G. & Kragulj, D. (2020). Link between Energy Efficiency and Sustainable Economic and Financial Development in OECD Countries. *Energies*, 13(22), 5898. <https://doi.org/10.3390/en13225898>

استناد به این مقاله: راسخی، سعید و قنبرتبار، سارا. (۱۴۰۲). پویایی جداسازی مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی در ایران: شواهد جدید از رویکرد تحلیل عاملی در سطوح سه گانه انرژی. پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۸(۹۷)، ۴۳-۶.



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

Deficiencies of the Prisoner's Dilemma in Explaining the Emergence of Institutions: Introducing an Alternative

Farshad Momeni 

Professor, Department of Economic Planning and Development, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Reza Shohreh 

Ph.D. in Economic Development, Department of Economic Planning and Development, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Abstract

Over the past half-century, the impact of the prisoner's dilemma has transcended its initial boundaries, influencing a broad spectrum of institutional studies and analyses of interdependent systems, such as collective action, public goods, governance of the commons, social norms, and social capital. Given this extensive influence, the latent fundamental flaws in this model can lead to misleading result for researchers and policymakers. As a descriptive–analytical research, the present study employed evolutionary game theory to examine the shortcomings of the iterative and evolutionary prisoner's dilemma. It went on to introduce an alternative framework to explain the emergence and transformation of institutions. The critical discussion highlighted fundamental deficiencies of the prisoner's dilemma manifested in four distinct levels of institutional analysis: the definition of institutions, identification of their function, explanation of their emergence, and description of their transformations. Consequently, the model is not capable of explaining institutional issues mentioned above. Addressing the role of uncertainty and considering the impact of small-world networks on payoff distribution, the second part of the study used a semi-parametric stag hunt matrix to model the cooperation problem. The results indicated that the non-spontaneous overlap between strong and weak ties can accumulate synergistic flows between content and

* Corresponding Author: rezashohrehnava@gmail.com

How to Cite: Momeni, F. & Shohreh, R. (2024). Deficiencies of the Prisoner's Dilemma in Explaining the Emergence of Institutions: Introducing an Alternative. *Iranian Journal of Economic Research*, 28(97), 44-83.

structure, creating an environment conducive to institutionalizing capacity for achieving public goods on a large scale. Therefore, the process of overcoming social traps begins not with the punitive rules proposed by the prisoner's dilemma, but with synergetic institutions that enhance the opportunity to discover common interests.

1. Introduction

The relation between institutions and development has been well recognized for quite some time. Numerous studies have delved into collective action, public goods, the governance of the commons, informal institutions, social capital, and the like. These areas serve as a common ground between two realms of economics: the theory of institutions and game theory. However, the majority of game theory studies are based on the assumption that the payoff distribution follows the prisoner's dilemma. In the payoff matrix of the prisoner's dilemma, the additional benefit of unilateral non-cooperative action results in a dominant strategy, preventing rational players from attaining the mutual benefits of cooperation. The central question in this literature is: how have human beings successfully established society and built civilization? There are three general solutions in the literature on the iterative and evolutionary prisoner's dilemma. The initial solution, incorporating concepts like meta-game, folk theorem, reputation effect, and the norm of reciprocity, asserts that if the game repeats endlessly, cooperation becomes a foresight-driven choice. Contrary to this approach that suggests a form of spontaneous order, some sociologists argue that negative externalities of individual actions cannot be resolved by foresight or reciprocity, so the evolution of cooperation is only achievable through authoritative relations and punitive norms. The third solution, rooted in a biological assumption, contends that the prisoner's dilemma can be solved through instincts without the need for rationality. The current article critically examined each of these approaches, and then introduced another payoff distribution matrix to explain how cooperation evolves in human society.

2. Materials and Methods

This study used a descriptive–analytical method as well as evolutionary game theory.

3. Results and Discussion

The article can be categorized into two main sections: the critical discussion and modeling. In the critical discussion, the results drawn from agent-based networks indicated that, even in the case of an

endlessly repeating game, the emergence of the first cooperators would remain unexplained within the specific payoff matrix. Then, it was demonstrated that a substantial gap between theory and observation arises due to the inadequacy of the Prisoner's dilemma in representing uncertainty. The discussion also addressed the contradiction stemming from overlooking the institutional context, particularly in defining reciprocity and explaining the emergence of norms. Moreover, the discussion highlighted some tautologies hidden in these definitions and explanations. Finally, three reasons were presented to underscore that the biological approach falls short of explaining how cooperation evolves in small-world networks.

The discussions highlight fundamental deficiencies in the prisoner's dilemma across four distinct levels of institutional analysis: the definition of institutions, identification of their function, explanation of their emergence, and description of their transformations. At the definitional level, the logic is fundamentally flawed due to its oversight of uncertainty as well as the mere emphasis on non-cooperative payoffs. Concerning the identification of function, the model predominantly stresses control and punishment, neglecting synergetic institutions that enhance opportunities to discover common interests, foster social synthesis on a large scale, lay the foundation for social contracts, and legitimize punitive rules. Moreover, an evolutionary model can only explain the endogenous emergence and transformation of institutions if it first demonstrates how a payoff matrix, where non-cooperation is a dominant strategy, can create a sustainable learning process. According to the results of agent-based networks, such a process cannot be explained in the prisoner's dilemma.

Nevertheless, evolutionary models, by sidestepping the assumptions of perfect rationality and information, possess a suitable capacity for studying interdependent systems and institutional analysis. Therefore, an alternative model can be formulated by implementing some reforms, including the utilization of the stag hunt matrix to account for uncertainty, incorporating small-world networks to better align with human societies, and ultimately introducing a semi-parametric payoff matrix to incorporate the influences of social structures.

The results from the revised stag hunt model showed that the non-spontaneous overlap between strong and weak ties can accumulate synergistic flows, creating a conducive environment to institutionalizing capacity for achieving public goods on a large scale. Therefore, the process of overcoming social traps begins not with the free ride punishments proposed in the prisoner's dilemma, but with

synergetic institutions that enhance the opportunity to discover common interests.

4. Conclusion


The prisoner's dilemma describes a great challenge concerning micro-level conflicts of interest. However, using this model to explain the emergence and transformations of institutions is bound to yield highly misleading results for researchers and policymakers. Instead, the theoretical framework proposed in this study should find application across a broad spectrum of institutional studies, including analyzing the impacts of inclusive institutions on overcoming social traps, designing society-oriented methods for governing the commons, explaining the accumulation and modeling the measurement of social capital, and examining the social consequences of economic inequality.

Keywords: Institutions, Cooperation Problem, Evolutionary Game Theory, Prisoner's Dilemma, Stag Hunt


JEL Classification: C73, O43.

کاستی‌های معمای زندانی در تبیین پیدایش نهادها؛ همراه با مقدمه‌ای بر مدل جایگزین

استاد، گروه برنامه‌ریزی و توسعه اقتصادی، دانشگاه علامه طباطبائی،
تهران، ایران

 فرهاد مومنی

دانش‌آموخته دکتری، رشته توسعه اقتصادی، دانشگاه علامه طباطبائی،
تهران، ایران

 رضا شهره*

چکیده

در نیم قرن اخیر، مدل معمای زندانی از مرزهای آغازین خود در حوزه تعارض منافع سطح خرد، فراتر رفته و گستره‌ای از مسائل مرتبط با نظام‌های وابستگی متقابل از جمله کنش جمعی، منابع اشتراکی، هنجارهای اجتماعی، سرمایه اجتماعی و غیره را تحت تأثیر قرار داده است. با چنین بازتاب گسترده‌ای بدیهی است وجود کاستی‌های بنیادی در این مدل، پژوهشگران و سیاست‌گذاران را به نتایج اشتباهی رسانده و آسیب‌شناسی دام‌های اجتماعی را ناممکن خواهد کرد. در این مقاله با بهره‌گیری از روش تحقیق توصیفی-تحلیلی و نظریه بازی‌های تحولی، ابتدا به واکاوی کاستی‌های نهفته در پویایی‌ها و انگاره‌های مدل معمای زندانی-تکراری و تحولی-پرداخته و چنین نتیجه گرفته‌ایم که این مدل در چهار سطح تعریف مفهوم، توضیح کارکرد، تبیین پیدایش و توصیف دگرگونی نهادها با کاستی‌های بنیادینی روبه‌رو است؛ از این رو، از توانایی تحلیل مسائل یادشده در سطرهای آغازین برخوردار نیست. سپس با یادآوری نقش عدم اطمینان در ایجاد چالش همکاری و واکاوی تأثیر شبکه‌های جهان کوچک بر نظام توزیع منافع از ماتریس شبه پارامتریک شکار گوزن جهت ارائه یک چهارچوب نظری جایگزین بهره گرفته و به این نتیجه رسیده‌ایم که همپوشانی ناخودانگیخته میان پیوندهای قوی و ضعیف می‌تواند با انباشت جریان‌های هم‌افزایی میان محتوا و ساختار، بستری برای خلق ظرفیت نهاد‌گذاری و تأمین خیرهای همگانی بزرگ مقیاس فراهم آورد. بر این اساس، فرآیند برون‌رفت از دام‌های اجتماعی تنها به کمک نهادهای بسط‌دهنده‌ای آغاز خواهد شد که فرصت کشف منافع مشترک را افزایش می‌دهند نه هنجارهای اقتدارگرایانه‌ای که معمای زندانی را حل می‌کنند.

کلیدواژه‌ها: نهادها، مسئله همکاری، نظریه بازی‌های تحولی، مدل معمای زندانی، مدل شکار گوزن

طبقه‌بندی JEL: O43 , C73

* نویسنده مسئول: rezashohrehrnava@gmail.com

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری رشته توسعه اقتصادی دانشگاه علامه طباطبائی است.

۱. مقدمه

ارتباط بین نهادها و توسعه، مدت هاست که به خوبی شناخته شده است. همچنین مطالعات بسیاری در مورد مسائلی همچون کنش جمعی، کالاهای همگانی، مدیریت منابع اشتراکی، نهادهای غیررسمی، سرمایه اجتماعی و... انجام شده است که همگی نقطه اتصال دو حوزه از دانش اقتصاد، یعنی نظریه نهادها و نظریه بازی به شمار می آیند. با این وجود، در بیشتر مطالعاتی که در حوزه نظریه بازی انجام شده اند، این گونه فرض شده که توزیع منافع در یکایک مسائل یاد شده براساس ماتریس معمای زندانی^۱ انجام می گیرد.

در نظام توزیع منافع معمای زندانی، نفع اضافی خروج یک جانبه موجب می شود که کنشگران از همکاری باز بمانند و از آنجا که هر دو بازیکن خروج از همکاری را برمی گزینند، سرانجام باید به پاداش ناچیز خروج دو جانبه بسنده کنند. بر این اساس، بحث اساسی ادبیات معمای زندانی تکراری و تحولی، پاسخگویی به این پرسش است که «اگر این ماتریس، نظام های وابستگی متقابل واقعی را بازنمایی می کند، پس چگونه انسان ها موفق به تأسیس جامعه شده و تمدن خود را براساس معجزه همکاری بنا کرده اند؟»

نخستین بار، لوس و رایفا^۲ (۱۹۵۷) با طرح مدل معمای زندانی تکراری و گونه بندی انواع «ابر بازی»^۳ ها، این ایده را مطرح کردند که وقتی بازی به گونه ای نامحدود تکرار شود، دوران دیشی کنشگران موجب دستیابی به منافع مشترک خواهد شد. این ایده با خلق مفاهیمی چون فرا بازی^۴ (Howard, 1966) و قضیه فولک^۵ (Friedman, 1971) گسترش یافت که همچنان بر انگاره های عقلانیت و اطلاعات کامل بنا شده بودند. با ظهور نظریه بازی های تحولی، بستری جهت ورود استراتژی های یادگیری برآمده از عقلانیت محدود فراهم شد. به عنوان نمونه، اکسلرود^۶ (۱۹۸۴) که معمای زندانی را تبیین کننده «تکامل همکاری»^۷ می پنداشت، ضمن معرفی استراتژی «این به آن در»^۸ به عنوان راه حل مسئله همکاری، الگوی

-
1. Prisoner's Dilemma
 2. Luce, R. P., & Raifa, H.
 3. Super Game
 4. Meta Game
 5. Folk Theorem
 6. Axelrod, R.
 7. Evolution of Cooperation
 8. Tit for Tat

مبادله رأی در سنا را نمونه‌ای از «عمل متقابل»^۱ دانسته و افزوده است: «این نمونه نشان می‌دهد که چگونه در غیاب اقتدار مرکزی، همکاری در میان افراد خودخواهی که هیچ دغدغه‌ای برای دیگران ندارند و اهمیتی برای رفاه گروه بر نمی‌شمارند، شکل می‌گیرد» (Axelrod, 1984). به این ترتیب مدلی که در آغاز بنا بود به واکاوی تضاد منافع میان کنشگران سازمانی و عقلانی - همچون شرکت‌های تجاری و دولت‌ها - پردازد و نشان دهد که چگونه برخی نهادها از رهگذر دستکاری نظام توزیع منافع به شکاف میان عقلانیت فردی و جمعی دامن می‌زنند، خود تبدیل به سازه‌ای ایدئولوژیک شد که گاه با تأکید بر عقلانیت ابزاری و گاه با توسل به عمل متقابل غریزی، خبر از تکامل خودجوش نظم اجتماعی می‌داد و دولت و سایر کنشگران کلیدی را به تعطیلی اخلاقی و نهادی فرا می‌خواند.

بازتاب معمای زندانی در تحلیل نهادهای غیررسمی، محدود به رویکرد یادشده نیست. به عنوان نمونه، اولمان مارگالیت^۲ (۱۹۷۷) و کلمن^۳ (۲۰۱۱) ضمن بهره‌گیری از ماتریس معمای زندانی در تحلیل عرضه و تقاضای هنجارهای اجتماعی، معتقدند برون‌بودهای منفی کنش‌های فردی، فقط با مبادله خودجوش حقوق کنش رفع نخواهند شد و برقراری هنجارهای ضمانت شده - برخلاف نظر آکسلرود - نیازمند مجموعه‌ای از روابط اقتدار است (Coleman, 2011). از میان سایر تحلیل‌های نهادی مشهور می‌توان از مسائل کنش جمعی و کالای همگانی (Van Lange, P.A.M., et al., 2016)، مدیریت منابع اشتراکی (Ostrom, 1990)، تحلیل ناهمسویی هزینه‌های مبادله و مقیاس تولید (Greif, 1993) و مدل‌سازی از تغییرات نهادی درون‌زا (متوسلی و همکاران، ۱۳۹۳ الف) نام برد. در برنامه پژوهشی سرمایه اجتماعی نیز می‌توان به نظریه پردازانی همچون پاتنام^۴ (۲۰۱۳) کلمن (۲۰۱۱) و فوکویاما^۵ (۲۰۰۰) اشاره کرد که مسئله همکاری^۶ را تنها برآمده از معمای زندانی پنداشته و سرمایه اجتماعی را راه‌حل مسئله سواری مجانی^۷ دانسته‌اند.

-
1. Reciprocity
 2. Ullmann-Margalit, E.
 3. Coleman, J.S.
 4. Putnam, R.
 5. Fukuyama, F.
 6. Cooperation Problem
 7. Free Rider Problem

علاوه بر این، بازتاب چشمگیر معمای زندانی در علوم اجتماعی موجب نگارش شماری از مقالات انتقادی شده که مباحثی پیرامون موضوعات زیر مطرح کرده‌اند:

الف- انتقاد از قدرت تبیین ناچیز ماتریس منافع معمای زندانی از جمله در مطالعات تولاک^۱ (۱۹۶۷)، گیلبرت^۲ (۱۹۹۶)، نورثکات و الکساندروا^۳ (۲۰۱۵)، روبرت و برومن^۴ (۲۰۱۷) بدون اشاره به پویایی‌های مدل.

ب- تأکید بر عدم تأیید تجربی این ماتریس از جمله در مطالعات آرنولد^۵ (۲۰۱۴)، داگاتکین و همکاران^۶ (۱۹۹۲)، رایحانی و بشاری^۷ (۲۰۱۱) و... بدون در نظر گرفتن این واقعیت که این مدل بخشی از تضاد منافع سطح خرد را در میان کنشگران سازمانی-در حوزه‌هایی همچون روابط خارجی و انحصار چندجانبه- بازنمایی می‌کند.

پ- نقد کاربردهای خاص نظام توزیع منافع معمای زندانی از جمله در حوزه‌هایی همچون اقتصاد (Dugatkin, et al., 1992)، مدیریت منابع اشتراکی (Robert & Broman, 2017)، تغییرات آب و هوایی (Aklin & Mildenerger, 2020)، حقوق (McAdams, 2008)، نهادهای دمکراتیک (Gilbert, 1996)، بهداشت و درمان (Rogowski & Lange, 2022) و بازی‌های چانه‌زنی (Nemeth, 1972) بدون نقد نتایج مدل‌های پویا.

ت- معرفی بازی هماهنگی^۸ به عنوان جایگزین مناسب معمای زندانی از جمله در تولاک (۱۹۶۷)، اسنیدال^۹ (۱۹۸۵)، مک آدامز^{۱۰} (۲۰۰۸) و... بدون در نظر گرفتن این نکته که این جایگزینی، مسئله عدم اطمینان بنیادی را نادیده می‌گیرد و بازی را تنها به نظام‌های وابستگی متقابل «ساختاری» محدود می‌کند.^{۱۱} درضمن تقابل میان معمای زندانی و هماهنگی، همزاد

-
1. Tullock, G.
 2. Gilbert, D. R. Jr.
 3. Northcott, R. & Alexandrova, A.
 4. Robert, K. H. & Broman, G.
 5. Arnold, E.
 6. Dugatkin, L. A., et al.
 7. Raihani, N. J. & Bshary R.
 8. Coordination Game
 9. Snidal, D.
 10. McAdams, R. H.

۱۱. در بخش ۳-۲-۱ به این موضوع بازخواهیم گشت.

تقابل میان تضاد و وفاق است؛ در نتیجه در این جایگزینی تضاد منافع میان کنشگران نیز نادیده خواهد ماند.

ث- طرح مفهوم قرارداد اجتماعی- در چهارچوب مدل شکار گوزن- به عنوان جایگزین معمای زندانی از جمله در بینمور^۱ (۱۹۹۲)، اسکیرمز^۲ (۲۰۰۴) و... بدون اشاره به چگونگی پیدایش بستر نهادی لازم برای حل مسئله کنش جمعی و دستیابی به قرارداد اجتماعی^۳. با توجه به نقدهای یادشده، به نظر می‌رسد جای یک پژوهش فراگیر که افزون بر نقد انگاره‌ها و نتایج ایستا و پویای معمای زندانی، مسئله همکاری را با در نظر گرفتن مسائلی همچون «عدم اطمینان» و «بستر نهادی کنش جمعی» صورت‌بندی کرده و به یک مدل جایگزین دست یابد، همچنان خالی است.

در این مقاله پس از معرفی نمونه‌هایی از مدل تحولی معمای زندانی، کاستی‌های این مدل در تبیین پیدایش و دگرگونی نهادها و اکاوی خواهند شد. برای این منظور ابتدا براساس نتایج شبکه‌های عامل محور^۴، چالش‌های مرتبط با تبیین مسیر تکامل همکاری مرور خواهند شد. سپس نشان داده می‌شود که بخش قابل توجهی از شکاف موجود میان نظریه و مشاهده برآمده از ناتوانی ماتریس معمای زندانی در بازنمایی مسئله عدم اطمینان است. پس از آن، تناقض‌های برآمده از نادیده گرفتن بستر نهادی مرور شده و در نهایت این بحث با نقد انگاره‌های زیست‌شناختی به پایان خواهد رسید. در بخش چهارم نیز با کمک ماتریس شکار گوزن و تعریف دو شبه پارامتر مرتبط با شبکه‌های جهان کوچک، پایه‌ها و دلالت‌های یک چهارچوب نظری جایگزین معرفی خواهند شد.

۲. مدل مفهومی پژوهش

۲-۱. مدل‌های تحولی و شبکه‌های عامل محور

مدل نمونه نظریه بازی‌های تحولی با یک شبکه شامل N کنشگر تعریف می‌شود که در یک نظام توزیع منافع مفروض به دفعات با یکدیگر به هم کنش می‌پردازند و براساس فرض

1. Binmore, K.

2. Skyrms, B.

۳. در پایان بخش چهارم به این موضوع خواهیم پرداخت.

4. Agent Based Networks

عقلانیت محدود، به تدریج یاد می‌گیرند که چگونه وضعیت خود را بهبود بخشند. به این ترتیب یک استراتژی موفق به تدریج در سراسر شبکه گسترش می‌یابد و میزان این گسترش را می‌توان با توجه به ماتریس منافع بازی و همچنین نوع ساختار ارتباطی میان کنشگران برآورد کرد. در ادامه سه نمونه از ساختارهای مرتبط با مدل‌های تحولی مرور خواهند شد.

۲-۱-۱. شبکه‌های منظم^۱

در این شبکه‌ها تعداد کنشگران محدود و روابط میان آن‌ها به موقعیت فضایی شان وابسته است. در نتیجه، هم‌کنش‌ها مقیدند و درجه گره‌ها- یعنی تعداد گره‌های متصل به هر گره که با k نشان داده می‌شود- عددی ثابت است (Alexander, 2007). ساده‌ترین نوع شبکه منظم با یک زنجیره از بازیکنان تعریف می‌شود که هر یک در دور نخست بازی استراتژی خاصی را برگزیده‌اند و در دور بعدی با مقایسه پاداش خود با دو گره همسایه، نسبت به حفظ یا تغییر آن استراتژی تصمیم خواهند گرفت. در این شرایط پویایی‌های شبکه تحت تأثیر انتخاب کنشگران مرزی ای قرار دارد که به دلیل برخورداری از همسایگانی با استراتژی‌های مختلف، می‌توانند از دو تجربه متفاوت بهره گرفته و الگوهای یادگیری را به سمت کنشگران غیرمرزی متصل به خود منتشر کنند (Alexander, 2007). بنابراین، در هر نظام توزیع منافع مفروض، می‌توان با مقایسه پاداش کنشگران مرزی، سمت و سوی انتشار استراتژی‌ها را به سادگی مشخص کرد.

۲-۱-۲. شبکه‌های تصادفی

این شبکه‌ها برای یک جمعیت بسیار بزرگ با هم‌کنش‌های به‌طور کامل تصادفی و کنشگرانی نامقید تعریف می‌شوند. براساس معادله همانندسازی^۲ بسامد هر استراتژی مانند S_i در صورتی افزایش خواهد یافت که پاداش انتظاری بازیکنانی که آن را برگزیده‌اند، بالاتر از پاداش انتظاری کل جمعیت باشد (Alexander, 2007)؛ یعنی اگر وزن نسبی پذیرندگان استراتژی I را با S_i ، بردار استراتژی‌های کل جمعیت را با \bar{S} ، پاداش انتظاری

1. Lattice Networks
2. Replicator Dynamics

منتسب به استراتژی i را با $F(i|\bar{s})$ و پاداش متوسط کل جمعیت را با $F(\bar{s}|\bar{s})$ نشان دهیم، رابطه (۱) قابل اثبات است.

$$\frac{ds_i}{dt} = s_i[F(i|\bar{s}) - F(\bar{s}|\bar{s})] \quad (1)$$

اثبات: اگر تعداد پذیرندگان استراتژی i را با n_i و نرخ رشد آن‌ها را با r_i نشان دهیم، رابطه (۲) را خواهیم داشت.

$$\begin{aligned} s_i &= \frac{n_i}{N} \rightarrow n_i = s_i \cdot N \\ \frac{dn_i}{dt} &= r_i n_i \\ \frac{dn}{dt} &= \sum \frac{dn_i}{dt} = \sum r_i n_i = \bar{r} N \\ \frac{ds_i}{dt} &= \frac{d}{dt} \left(\frac{n_i}{N} \right) = \frac{N \frac{dn_i}{dt} - n_i \frac{dN}{dt}}{N^2} = \frac{r_i (s_i N) N - \bar{r} (s_i N) N}{N^2} = s_i (r_i - \bar{r}) \end{aligned} \quad (2)$$

بر اساس فرض عقلانیت محدود و اصل انتشار استراتژی موفق، رابطه (۲) را می‌توان به شکل رابطه (۳) بازنویسی کرد و میزان گسترش هر استراتژی را برای هر نظام توزیع منافع مفروض برآورد کرد.

$$\frac{ds_i}{dt} = s_i[F(i|\bar{s}) - F(\bar{s}|\bar{s})] \quad (3)$$

در بخش‌های آینده به این رابطه باز خواهیم گشت.

۲-۱-۳. شبکه‌های جهان کوچک^۱

در این شبکه‌ها که از سوی وتز و استروگتز^۲ (۱۹۹۸) معرفی شده و شباهت بسیاری با جوامع انسانی دارند، برخی گره‌ها به گونه‌ای نظام‌مند با گره‌های بیشتری در ارتباطند و می‌توانند به عنوان یک کنشگر کلیدی، پلی میان خوشه‌های دوردست برقرار کنند (Alexander, 2007). به این ترتیب با وجود تراکم بالای هم‌کنش‌های محلی، امکان برقراری پیوند با گره‌های دور نیز حفظ می‌شود. این دو ویژگی را می‌توان به کمک دو شاخص زیر بازنمایی کرد:

1. Small World Networks
2. Watts, D., & Strogatz, S.

الف- «ضریب خوشه‌بندی»^۱ (C) که عبارت است از احتمال اتصال مستقیم دو گره که به یک گره معین متصل هستند (Watts & Strogatz, 1998). این کمیت برآوردی از تراکم پیوندهای محلی حاصل می‌شود.

ب- شاخص طول مسیر^۲ (L) که عبارت است از متوسط تعداد گام‌های مورد نیاز برای رسیدن از یک گره به گره دیگر (Watts & Strogatz, 1998). این کمیت نشان می‌دهد اطلاعات، باورها و الگوهای رفتاری با چه سرعتی در سراسر شبکه منتشر می‌شوند. با توجه به آنچه در شرح دو شبکه پیشین بیان شد، برآورد سمت و سوی عمومی الگوهای یادگیری در این شبکه‌ها برای نمونه‌های بسیار کم جمعیت با الگویی مشابه شبکه‌های منظم و برای نمونه‌های پرجمعیت با بهره‌گیری از معادله همانندسازی امکان‌پذیر است.

۲-۲. مدل تحولی معمای زندانی

مسئله «دستیابی به منافع مشترک در شرایط عدم اطمینان» یا همان مسئله همکاری با دو نظام توزیع منافع معمای زندانی و شکار گوزن^۳ قابل واکاوی است. در ادامه ویژگی‌های این دو ماتریس مروری خواهد شد.

الف- ماتریس معمای زندانی (Axelrod, 1984)		ب- ماتریس شکار گوزن (Alexander, 2007)	
شرط تعریف: $Y > X > Z > S$		شرط تعریف: $X > Y > Z > S$	
عدم همکاری ب	همکاری ب	عدم همکاری ب	همکاری ب
همکاری الف	$X=4, X'=4$	$S=0, Y'=3$	$X=4, X'=4$
عدم همکاری الف	$Y=5, S'=0$	$Z=1, Z'=1$	$Y=5, S'=0$
شرط اصلی: $Y > X$		شرط اصلی: $Y < X$	
X: منافع همکاری دو جانبه Y: منافع خروج یک‌جانبه Z: منافع خروج دو جانبه S: منافع همکاری یک‌جانبه			

مأخذ: الکساندر (۲۰۰۷:۱۰۲) و اکسلرود (۱۹۸۴:۸)

1. Cluster Coefficient
2. Path Length
3. Stag Hunt

در مدل معمای زندانی اگر کنشگر الف از طرف مقابل انتظار همکاری داشته باشد با همکاری، ۴ واحد و با عدم همکاری، ۵ واحد کسب می‌کند؛ در نتیجه، با توجه به شرط $Y > X$ همکاری نمی‌کند. اگر هم از طرف مقابل انتظار همکاری نداشته باشد با همکاری صفر واحد و با عدم همکاری ۱ واحد به دست می‌آورد؛ پس با توجه به شرط $Z > 0$ ، باز هم همکاری نخواهد کرد.

در مدل شکار گوزن اگر کنشگر الف از طرف مقابل انتظار همکاری داشته باشد با همکاری، ۴ واحد و با عدم همکاری، ۳ واحد به دست می‌آورد؛ پس با توجه به شرط $X > Y$ او همکاری می‌کند. اما اگر از طرف مقابل انتظار همکاری نداشته باشد با همکاری، صفر واحد و با عدم همکاری، ۱ واحد می‌گیرد. بنابراین، با توجه به شرط $Z > 0$ او نیز همکاری نخواهد کرد. همان‌گونه که پیداست در ماتریس منافع معمای زندانی، شرط $Y > X$ موجب می‌شود عدم همکاری به عنوان استراتژی غالب قابل تعریف باشد، اما در شکار گوزن، استراتژی غالب قابل تعریف نیست و کنشگر در صورتی که از دیگران انتظار همکاری داشته باشد خود نیز همکاری خواهد کرد. به این ترتیب حداقل دو گونه شکست همکاری از هم قابل تفکیک خواهند بود:

– شکست همکاری در شکار گوزن، پیامد عدم اطمینان نسبت به موفقیت هم‌کنش است. در این حالت با اینکه همکاری متقابل بالاترین پاداش را داشته و کنشگران انگیزه عینی برای خروج از همکاری ندارند، دستیابی به منافع مشترک همچنان با چالش روبه‌رو است؛ چرا که عدم باور به همکاری دیگران و یا عدم مشروعیت نظام نهاد‌گذار هم‌کنش، همکاری را به شکست می‌کشاند.

– شکست همکاری در معمای زندانی، پیامد فرض $-Y > X$ یا نفع بیشینه خروج از همکاری- است که موجب می‌شود کنشگر حتی در صورت باور به مشارکت دیگران نیز نفع خود را در عدم همکاری ببیند.

اکنون پرسش این است که اگر ماتریس معمای زندانی در دنیای واقعی به وفور یافت می‌شود، چگونه است که انسان‌ها موفق به بنای جامعه شده و تنها موجوداتی هستند که هر چه بر جمعیتشان افزوده شده، موفق‌تر نیز بوده‌اند؟ پاسخ‌های مطرح شده در ادبیات معمای زندانی را می‌توان در سه بند خلاصه کرد:

الف- بسیاری از بازی‌ها یک بار برای همیشه برگزار نمی‌شوند. اگر بازی به گونه‌ای نامحدود تکرار شود، دوراندیشی کنشگران آن‌ها را به سوی دستیابی به منافع مشترک رهنمون خواهد شد. این ایده ابتدا از سوی لوس و رایفا (۱۹۵۷) مطرح شد و در کلیدواژه‌هایی همچون «ابربازی» (Rubinstein, 1979؛ Romero & Rosokho 2018)، «فربازی» (Howard, 1966)، «قضیه فولک» (Friedman, 1971)، «اثر شهرت»^۱ (Chu, et al., 2019؛ Greif, 1989؛ Yamagishi, 1986)، «عمل متقابل» یا «معامله به مثل» (Kabir, et al., 2018؛ Axelrod, 1984) و یادگیری مبتنی بر استراتژی مختلط (Wang, et al., 2020) نمود یافت.

ب- در مواردی که تضمینی برای تکرار نامحدود بازی و یا عمل متقابل وجود ندارد، مجموعه‌ای از نهادهای رسمی و غیررسمی - که از سوی مجموعه‌ای از منابع اقتدار ضمانت شده‌اند- انگیزه تک‌روی و برون‌بودهای منفی کنش فردی را کاهش داده و به حل مسئله همکاری و برقراری نظم اجتماعی یاری می‌رسانند.

اولمان مارگالیت در تعریف «هنجارهای معمای زندانی» هنجارهایی را معرفی کرده که فقط براساس قرارداد قابل برپایی نیستند بلکه با نظارت بر رفتار کنشگران، آن‌ها را وادار به همکاری می‌کنند (Coleman, 2011). کلمن نیز معتقد است در مواردی که مبادله حقوق کنش در قالب عمل متقابل امکان‌پذیر نباشد، تقاضای هنجار به وجود خواهد آمد. اگرچه - برخلاف تحلیل‌های کارکردگرایانه - این تقاضا به معنای ایجاد هنجار نیست و حل مسئله همکاری به ساختارهای اجتماعی مناسب در سمت عرضه نیز نیاز دارد (Coleman, 2011). در میان مقالات اخیر که از مفهوم هنجارهای اجتماعی در معنایی مستقل از هنجار خودانگیخته عمل متقابل بهره گرفته‌اند، می‌توان به دایکرت و همکاران^۲ (۲۰۲۰) و هو و لیونگ^۳ (۲۰۱۸) اشاره کرد.

پ- ادبیات گسترده‌ای - تحت تأثیر مطالعات زیست‌شناختی - وجود دارد که تکامل همکاری و تغییرات نهادی را براساس مفاهیمی چون نوع‌دوستی و عمل متقابل غریزی (Wang, et al., 1971؛ Trivers, 1987؛ Milinski, 2002؛ Killingback & Doebeli, 2002) بررسی کرده است.

1. Reputation Effect
2. Diekert, F., et al.
3. Hu, S. & Leung, H.

2021، Xiaotong, et al., 2021) و نیز انتخاب خویشاوندی و گروهی (Marshal & Dawkins, 1976؛ Rowe, 2003) توضیح می‌دهد. همچنین مدل‌های بسیاری کوشیده‌اند حل معمای زندانی را به کمک شبکه‌های عامل محور توضیح دهند که در ادامه به نمونه‌هایی از آنها خواهیم پرداخت.

۲-۲-۱. معمای زندانی در شبکه‌های منظم

در ابتدایی‌ترین مدل ممکن، اپیزود صفر بازی برای یک زنجیره از یک شبکه منظم با درجه ۲ با یک توالی مفروض از ۶ تکرار (D) و ۶ مشارکت جو (C) به شکل جدول (۱) قابل ترسیم است.

جدول ۱. نمونه‌ای از اپیزود صفر معمای زندانی در یک شبکه منظم

پاداش‌ها	کنشگران
...	...
2Z	D1
2Z	D2
2Z	D3
Z+Y	D4
X	C1
2X	C2
2X	C3
2X	C4
X	C5
Z+Y	D5
2Z	D6
..	...

مأخذ: الکساندر (۲۰۰۷:۶۵)

اکنون پرسش این است که چه شرایطی موجب می‌شود کنشگران مرزی- یعنی D4، C1، C5 و D5- در دور بعدی استراتژی خود را تغییر دهند؟ براساس مفروضات مدل، از آنجا که $Y > X$ است D3 و D4 هیچ‌گاه تغییر استراتژی نخواهند داد بنابراین، همه چیز به انتخاب‌های آتی C1 و C5 بستگی دارد. در این شرایط با سه وضعیت مواجه هستیم:

۱- اگر $2X < Y + Z$ باشد، آنها در دور بعد- و سایرین در دورهای آتی- همکاری را ترک خواهند کرد.

۲- اگر $2X > Y + Z$ باشد در دور بعد هیچ تغییری رخ نخواهد داد.

۳- اگر $2X = Y + Z$ باشد، تغییر استراتژی وابسته به مفروضات مدل در مورد سازوکار یادگیری است. در این حالت خاص، مدل ساز می تواند با فرض سازگاری تصادفی به همان نتایج حالت دوم دست یابد (Alexander, 2007).

در این نمونه $k=2$ فرض شده است، اما با افزایش درجه گره نیز منطق حل مسئله تغییر نخواهد کرد. از میان مدل های مشابه می توان به مدل نوواک و می^۱ (۱۹۹۲) اشاره کرد که با فرض وجود هسته های اولیه همکاری و همچنین تفاضل بسیار ناچیز میان Y و X ، موفق به حل مسئله همکاری شده اند.

۲-۲-۲. معمای زندانی در شبکه های تصادفی

با توجه به رابطه (۱) شرایط لازم جهت افزایش C گزین های یک شبکه تصادفی به شکل رابطه (۴) قابل محاسبه است.

$$\frac{ds}{dt} = s_i [F(C|\bar{s}) - F(\bar{s}|\bar{s})] \quad (4)$$

بر اساس ماتریس منافع معمای زندانی و تعریف p به عنوان نسبت افرادی که C را برگزیده اند، خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} F(C|\bar{s}) &= Xp \\ F(D|\bar{s}) &= Yp + Z(1-p) \\ F(\bar{s}|\bar{s}) &= p \cdot F(C|\bar{s}) + (1-p)F(D|\bar{s}) \\ F(C|\bar{s}) - F(\bar{s}|\bar{s}) &= (1-p)[(X-Y+Z)p - Z] \end{aligned}$$

با توجه به روابط اخیر برای رابطه (۴)، رابطه (۵) را خواهیم داشت.

$$\frac{ds}{dt} = p(1-p)[(X-Y+Z)p - Z] \quad (5)$$

به این ترتیب نسبت C گزین ها به شرطی افزایش پیدا خواهد کرد که رابطه (۶) را داشته باشیم.

$$p > \frac{Z}{X - Y + Z} \quad (6)$$

اما از آنجا که در ماتریس معمای زندانی $X < Y$ است، قدرمطلق طرف دوم این نابرابری همواره بزرگ تر از واحد خواهد بود! در نتیجه مسئله معمای زندانی در شبکه های تصادفی راه حلی ندارد.

1. Nowak, M. A. & May, R. M.

۲-۲-۳. معمای زندانی در شبکه‌های جهان کوچک

با توجه به نتایج شبکه‌های منظم و تصادفی و یادآوری این نکته که انگاره‌های معادله همانندسازی برای شبکه‌های جهان کوچک پرجمعیت نیز صدق می‌کند به روشنی پیداست که وجود شبکه‌های جهان کوچک تغییر نظام‌مندی در حل معمای زندانی ایجاد نخواهد کرد. از این گذشته برخی از مدل‌سازان از جمله نیومن^۱ (۲۰۰۰) نشان داده‌اند که اگر کنشگران کلیدی شبکه، Dگزینه باشند، وجود این شبکه‌ها از گسترش همکاری جلوگیری خواهد کرد. برخی دیگر نیز همچون الکساندر (۲۰۰۷) با فرض وجود کنشگران کلیدی Cگزینه برون‌زا و مفروض گرفتن خوشه‌های همکاری در اپیزود صفر، کوشیده‌اند حل مسئله همکاری را توضیح دهند. وی در یک شبکه جهان کوچک کم‌جمعیت، بردار توزیع منافع را با فرض برتری بسیار ناچیز Y نسبت به X و به صورت $[X=0.9 \ Y=1 \ Z=0.3]$ تعریف کرده و در این حالت ویژه به یک توالی از رشد همکاری رسیده است. فرض دیگر الکساندر در این مدل، آن بوده که در اپیزود صفر بازی، بیش از نیمی از جمعیت به‌طور برون‌زا استراتژی همکاری را برگزیده بودند.

۳. کاستی‌های مدل معمای زندانی در توضیح تکامل همکاری و تبیین پیدایش نهادها

۳-۱. ناتوانی شبیه‌سازی‌های تحولی در تبیین شکل‌گیری نخستین الگوهای همکاری

همان‌گونه که بیان شد، مدل معمای زندانی در شبکه‌های منظم و شبکه‌های جهان کوچک کم‌جمعیت - در بهترین حالت - تنها می‌تواند حلقه‌های همکاری‌کننده مفروض و برون‌زا را حفظ کند. درحالی‌که آنچه باید در این مدل تبیین شود، شکل‌گیری همان خوشه‌های همکاری اولیه است که در اینجا مفروض گرفته شده‌اند. همچنین براساس نتایج معادله همانندسازی، این مدل در شبکه‌های تصادفی و شبکه‌های جهان کوچک پرجمعیت نیز راه‌حلی ندارد. با توجه به نتایج ساختارهای سه‌گانه یادشده، می‌توان ادعا کرد که مدل

1. Newman, M. E. J.

معمای زندانی حتی با فرض تکرار نامحدود نیز نمی‌تواند تشکیل نخستین الگوهای همکاری و خروج از وضعیت طبیعی را توضیح دهد.

۲-۳. کاستی‌های مرتبط با نظام توزیع منافع

۱-۲-۳. نادیده گرفتن عدم اطمینان:

ماتریس معمای زندانی چالش همکاری را به ویژگی‌های ماتریس منافع فرو کاسته و این سوء تفاهم را ایجاد می‌کند که در صورت واژگون کردن نابرابری $Y > X$ ، چالش همکاری تبدیل به مسئله هماهنگی خواهد شد. اما حتی اگر بتوانیم شرط $Y > X$ را با بهره‌گیری از راهبردهای برآمده از دوراندیشی و یا وضع قواعد محدودکننده تبدیل به $X > Y$ کنیم، هنوز راه دشواری تا حل مسئله همکاری پیش رو داریم؛ چراکه مشروعیت نظام هم‌کنش و عدم اطمینان نهفته در کنش‌های آینده دیگران، مسائلی را باقی خواهد گذاشت که تنها در چهارچوب مسئله شکار گوزن قابل واکاوی هستند. در چنین شرایطی دستیابی به هنجار عمل متقابل راه حل مسئله نیست بلکه مسئله‌ای است که باید حل شود.

به بیان دقیق‌تر، فرض $X > Y$ در یک نظام وابستگی متقابل ساختاری^۱ و در کنار مفروضات کلاسیک نظریه بازی- از جمله اطلاعات کامل^۲ و تمام^۳ و نیز عقلانیت کامل- «معضل عدم اطمینان بنیادی» را به «مسئله احتمالات» و «معضل همکاری» را به «مسئله هماهنگی» فرو می‌کاهد. در این شرایط راه‌حل‌های قراردادگرایانه برای حل مسئله کافی خواهند بود، اما در نظام‌های وابستگی متقابل غیرساختاری- که کنش عقلانی بدون در نظر گرفتن کنش‌های دیگران قابل تعریف نیست- اگر کنشگران (درست یا نادرست) به احتمال موفقیت این تلاش گروهی باور نداشته باشند و یا به هر دلیل باور نداشته باشند که دیگران به موفقیت این تلاش باور دارند، می‌توانند به دستاوردی کمتر اما تضمین شده بسنده کرده و همکاری را به شکست

۱. در نظام وابستگی متقابل ساختاری، هر کنشگر محیط را ثابت و کنش‌های دیگران را مستقل از کنش‌های خود فرض می‌کند؛ در نتیجه، عقلانیت به خوبی قابل تعریف است. نمونه مشهور این نظام را می‌توان در مفروضات بازار رقابت کامل یافت (Coleman, 2011).

2. Perfect
3. Complete

بکشانند. در چنین شرایطی پیدایش بازی هماهنگی خود پیامد حل چندین باره چندین مسئله شکار گوزن است، نه پیامد حل معمای زندانی.

۲-۲-۳. فراگیر پنداشتن یک نوع رفتار غیرهمکارانه به نام سواری مجانی در ادبیات معمای زندانی، کنش‌های جمعی تنها با یک نوع رفتار غیرهمکارانه همراهند که در آن فرد حتی در صورت باور به مشارکت دیگران نیز مشارکت نمی‌کند. در تأیید اهمیت نوع دیگر تک‌روی که پیامد عدم اطمینان نسبت به موفقیت کنش است، کافی است تأثیر عواملی چون «عدم مشروعیت نظام نهاد گذار هم‌کنش» و یا «عدم باور به مشارکت دیگران» را در شکست کنش جمعی واکاوی کرد. بدیهی است این عوامل ارتباطی با منافع اضافی تک‌روی نداشته و در معمای زندانی قابل توضیح نیستند.

۳-۲-۳. ناسازگاری با مشاهدات تجربی

تراژدی منابع اشتراکی از موارد ویژه‌ای است که با ماتریس معمای زندانی ناسازگار نیست. با این وجود، راه‌حلی‌هایی که تاکنون براساس مشاهدات میدانی مطرح شده‌اند با مفروضات معمای زندانی سازگار نیستند. به عنوان نمونه، در میان هفت قاعده‌ای که از سوی النور استرام^۱ به عنوان متغیرهای خارجی مؤثر بر مدیریت منابع اشتراکی معرفی شده‌اند، تنها یک مورد - یعنی قواعد پاداش و مجازات - معمای زندانی را حل می‌کند (متوسلی و همکاران، ۱۳۹۳ب). استرام همچنین معتقد است که «در مطالعات تجربی در این حوزه حتی یک مورد استراتژی «تیر خلاص»^۲ یافت نشده است» (همان). همچنین مطالعات پیمایشی بسیاری نشان داده‌اند که عواملی چون «ارتباط میان بازیگران» (Van Lange, et al., 2016)، «گفت‌وگوهای دوستانه»^۳ و «یادگیری تدریجی» (متوسلی و همکاران، ۱۳۹۳ب) به گونه‌ای غافلگیرکننده موجب شکل‌گیری کنش جمعی و مدیریت کارآمد منابع می‌شوند. استرام می‌افزاید: «برخلاف گذشته که تراژدی منابع اشتراکی را در نبود یک دولت آهینین اجتناب‌ناپذیر می‌پنداشتند، مطالعات تجربی بعدی با پیش‌بینی‌های خوش‌بینانه‌تری همراه بوده‌اند» (متوسلی و همکاران، ۱۳۹۳ب). تکرار چنین مشاهداتی

1. Elinor Ostrom
2. Grim Trigger
3. Cheap Talk

دستکم به دو دلیل نشان از آن دارد که «برآیند نهایی» توزیع منافع در این حوزه، معمای زندانی نیست: نخست اینکه این عوامل تنها بر عدم اطمینان - که مقوله‌ای ذهنی است - تأثیر می‌گذارند حال آنکه در معمای زندانی، یک نفع عینی و مشهود برای تک‌روی وجود دارد که به این سادگی‌ها نمی‌توان دیگران را به صرف نظر کردن از آن تشویق کرد. دوم اینکه در مدل معمای زندانی، رشد تدریجی الگوهای همیارانه - در خوش‌بینانه‌ترین حالت - زمانی اتفاق می‌افتد که نفع تک‌روی بسیار اندک باشد، اما در منابع اشتراکی، X تابع تفسیر کنشگران است و Y به سادگی قابل ادراک در نتیجه دستیابی به تقاضا ناچیز بین این دو، مرهون نهادگذاری و بسترسازی‌هایی است که - چنان‌که دیدیم - در مدل معمای زندانی قابل تعریف نیستند.

گفت‌وگوهای دوستانه نیز راه‌حل معمای زندانی نیستند؛ چراکه اگر شکست همکاری به دلیل بارز بودن منافع تک‌روی باشد، ارتباط چهره‌به‌چهره نمی‌تواند هیچ تغییری در انگیزه تک‌روی ایجاد کند. تا آنجا که به کنشگران عقلایی مرتبط می‌شود، این ارتباط زمانی مؤثر است که دستکم یکی از شرایط زیر وجود داشته باشد:

نخست اینکه عدم اطمینان بنیادی وجود نداشته باشد و چالش منافع جمعی قابل فروگاهی به مسئله هماهنگی باشد که در آن $X > Y$ است و شرایط معمای زندانی قابل ارضا نیست.

دوم اینکه هم‌کنش‌ها در هم تنیده باشند و سهم منافع تک‌روی در چشم‌انداز نهایی نظام توزیع منافع چشمگیر نباشد. پیداست که در این حالت نیز در مجموع $X > Y$ است؛ چراکه در بسیاری از وضعیت‌های وابستگی متقابل، نفع خروج از همکاری بیشتر از منافع سرانه همکاری نیست. در نتیجه بازیکنان ابتدا مسئله عدم اطمینان را حل می‌کنند و به تدریج با حل پی‌درپی مسئله و افزایش درهم‌تنیدگی هم‌کنش‌هایشان، مسیر نهادی شدن هنجارها را هموار می‌سازند.

سوم اینکه روابط اعتماد و اقتدار به عنوان دو بستر نهادی، پیش‌نیاز برای توافق بر سر قواعد و تعریف ضمانت‌های اجرایی از پیش موجود باشند. چنین بستری - همان‌گونه که دیدیم - در معمای زندانی قابل تبیین نیست.

علاوه بر این، مشاهدات بسیاری از جمله بودسکیو و همکاران^۱ (۱۹۹۰) و اوپوتوف و ویز^۲ (۲۰۰۰) تأیید کرده‌اند که افزایش اطلاعات کاربران در مورد آینده نگران‌کننده منابع اشتراکی، انگیزه همکاری آنان را افزایش می‌دهد. این یافته قابل انتظار نه تنها عقلانیت ابزاری نهفته در ادبیات معمای زندانی را رد می‌کند، بلکه نشان می‌دهد که افراد این ساخت را معمای زندانی نمی‌دانند؛ چرا که در آن صورت آگاهی از رو به پایان بودن منابع، باید انگیزه‌های برداشت بی‌رویه و بهره‌مندی از منافع اضافی تک‌روی را در آنان تقویت می‌کرد.

۳-۳. کاستی‌های مرتبط با نادیده گرفتن بستر نهادی

۳-۳-۱. امکان‌ناپذیری پیدایش هنجار عمل متقابل در وضعیت طبیعی

اکسلرود الگوی مبادله رأی در مجلس سنا را نمونه آرمانی عمل متقابل برمی‌شمارد و می‌افزاید: «نیازی نیست سناتورها صادق‌تر، مهربان‌تر و خیرخواه‌تر شده باشند تا این همکاری و عمل متقابل میان آن‌ها برقرار شود... ایجاد همکاری را می‌توان با سناتورهای توضیح داد که در پی منافع شخصی خود بوده‌اند» (Axelrod, 1984). وی مدعی است که مدل او نشان می‌دهد جوامع انسانی بدون وجود اقتدار مرکزی، توانایی خروج از وضعیت طبیعی و ورود به مسیر «تکامل همکاری» را دارند اما برای اثبات این ادعا به جای اینکه مسئله «بنای جامعه» را از وضعیت طبیعی هابزی^۳ (۲۰۰۱) و در نبود نظم اجتماعی آغاز کند، به نمونه‌هایی از عمل متقابل می‌پردازد که همگی در بستر اجتماعی از پیش آماده‌ای اتفاق افتاده‌اند که خود پیامد حل چندین باره مسئله همکاری است. در حالی که پاسخگویی به معمای هابز بدون تبیین «چگونگی پیدایش نهادهای نخستین در میان گله‌های انسان خردمند» یا به ورطه همانگویی درخواهد غلتید و یا با انکار عناصر غیر قراردادی نهفته در قراردادها و نادیده گرفتن پیش‌نیازهای نهادی دستیابی به میثاق‌های اجتماعی، سر از تسلسل قراردادگرایانه درخواهد آورد. به عنوان نمونه، اگر بناست تکامل همکاری را با نمونه‌ای از هنجارهای سنا توضیح دهیم، آیا نخست نباید به این پرسش پردازیم که نهاد نمایندگی سیاسی پیامد کدام زنجیره از همکاری‌ها و پیشرفت‌های نهادی گذشته است؟

1. Budescu, D. V., et al.

2. Opatow, S., & Weiss, L.

3. Hobbes, T.

آکسلرود به جای پرداختن به این پرسش‌ها و ایده‌پردازی پیرامون پیدایش نهادهای نخستین، مسئله را به تبیینی غیرتاریخی از «همکاری میان بازیگران خودخواه» در بازی‌های تکراری فرو می‌کاهد و آن را مسئله‌ها بزمی نامد.

وی همچنین معتقد است شهرت یافتن به عنوان بازیکن «این به آن در»^۱ حریفان را ترغیب می‌کند تا با شما مشارکت کنند (Axelrod, 1984) اما در استراتژی عمل متقابل، بازیکن الفریال نخست همکاری می‌کند و سپس پاسخ حریف را تکرار می‌کند. اکنون پرسش این است که چرا باید در شرایطی که طبق فرض اساسی مدل، ترک همکاری بیشترین پاداش را به همراه دارد، یک کنشگر در گام نخست بازی و در حالی که هیچ خطره‌ای از همکاری‌های موفق پیشین ندارد و هیچ محدودیتی نیز پیش روی خود نمی‌بیند، همکاری را انتخاب کند؟ در دنیای سرشار از عدم اطمینان از کجا می‌داند که حریف نیز همکاری خواهد کرد و جمع پاداش‌های همکاری‌های آتی آن‌ها بیش از پاداش یک دور تک‌روی خواهد بود؟ اگر او دیگران را دوراندیش می‌داند به این معنی است که برآوردی از ضریب تنزیل زمانی آن‌ها در دست دارد اما چنین چیزی نیازمند وجود دانش اشتراکی است که پیش از شکل‌گیری نخستین تجربه همکاری و خلق «باورهای مشترک»^۲ - به مثابه یک نهاد - قابل تعریف نیست.

برخی نیز همچون نواک و زیگموند^۳ (۱۹۹۲) پا را از این نیز فراتر نهاده و معتقدند که «برای این که یک رابطه دوسویه ارزش آغاز کردن داشته باشد، راهبرد عمل متقابل نیاز به «افراد»ی دارد که بخشایش بیشتری داشته باشند و تک‌روی دور نخست را نوعی کوتاهی تصادفی تفسیر کرده و آن را با همکاری پاسخ دهند» (Van Lange, et al., 2016). این گزاره از یکسو به افراد برجسب می‌زند و پویایی‌های یادگیری را نادیده می‌گیرد و از سوی دیگر در شرایطی که همان همکاری دور اول به درستی تبیین نشده است، فرض می‌کند که این کنشگران دلایلی در دست دارند تا در یک وضعیت پیشنهادی - که هنوز هیچ تجربه‌ای از همکاری فراتر از خانواده هسته‌ای وجود ندارد - تفسیری اجتماع‌محور نسبت به موقعیت

-
1. Tit for Tat
 2. Shared Beliefs
 3. Nowak, M.A. & Sigmund, K.

داشته و به گونه‌ای فرامرزی، مهربانی و بخشایشگری پیشه کنند. پیداست که چنین تفسیری با فرض $Y > X$ ناسازگار است.

۳-۳-۲. موهوم بودن اثر شهرت در یک وضعیت پیشنهادی

همان‌گونه که بیان شد، اثر شهرت یا نیکنامی یکی از کلیدواژه‌های محوری پاسخ به معمای همکاری به شمار می‌آید. این مفهوم اکنون تحت تأثیر هژمونی مدل معمای زندانی از حوزه شبکه‌های تجاری و کنشگران سازمانی فراتر رفته و در مقام پاسخگویی به پرسش‌های بنیادی علوم اجتماعی پیرامون زیرساخت‌های نهادی جوامع انسانی، ریشه‌های نظم اجتماعی، تعریف سرمایه اجتماعی و... برآمده است؛ به گونه‌ای که اکنون از آن به عنوان یکی از دلایل خروج از وضعیت طبیعی و حل مسئله همکاری یاد می‌شود (Axelrod, 1984). در حالی که شهرت تابعی است از ارزش‌های اجتماعی و آن ارزش‌ها خود تابع نهادهای موجودند، در نتیجه نمی‌تواند پیدایش نهادها را توضیح دهد. به بیان دیگر، جامعه‌ای که در آن همکاری و مشارکت اجتماعی موجب نیکنامی شود، به‌طور قطع جامعه‌ای به سامان است که خود محصول تجربه بلندمدت حل مسئله همکاری است. بنابراین، اثر شهرت به دلیل دربرگرفتن مقوله‌هایی همچون «تفسیر کنشگران از دوام رابطه» و «قدرت منابع نامحسوس» موضوعی شایان توجه به شمار می‌آید اما از توانایی توضیح نهادهای نخستین برخوردار نیست.

۳-۳-۳. تسلسل قراردادگرایانه در تبیین هنجارها

همان‌گونه که پیشتر بیان شد، اولمان مارگالیت و کلمن در تبیین هر دو سمت عرضه و تقاضای هنجارهای پیوسته - یعنی هنجارهایی که نهادگذارانش از نهادگزاران قابل تفکیک نیستند - از ماتریس معمای زندانی بهره گرفته‌اند (Coleman, 2011). این تبیین از چند سو قابل انتقاد است: در یک وضعیت پیشنهادی، از اساس کنشی به نام سواری مجانی قابل تعریف نیست، چرا که در سواری مجانی، فرد مشارکت دیگران را مفروض می‌گیرد سپس با عدم همکاری بخشی از منافع ایجاد شده از همکاری دیگران را تصرف می‌کند. اما در ابتدای مسیر شکل‌گیری نهادها، چگونه ممکن است منافع همکاری به گونه‌ای فراگیر میان همه کنشگران - مستقل از مشارکت یا عدم مشارکت آنان - توزیع شود؟ به بیان دیگر،

نمی‌توان جامعه‌ای بدون هنجارهای پیوسته را تصور کرد که در آن یک کنشگر بی‌طرف، ضمن برخورداری از مشروعیت نزد همه کنشگران، انگیزه و دلیلی برای پاداش دادن به همکاری داشته باشد و از این رهگذر امکانی برای سواری مجانی فراهم کند، چراکه هم امکان مفت‌بری و هم مشروعیت طرف سوم خود محصول کارکرد نهادها هستند و نمی‌توان از آن‌ها برای توضیح پیدایش نهادها بهره گرفت.

خلق ضمانت اجرای هنجارهای معمای زندانی نیز با مشکل تسلسل قراردادگرایانه روبه‌روست. به عنوان نمونه، کلمن معتقد است که در جریان شکل‌گیری هنجار، کنشگران ابتدا باید با وفاق بر سر این که به چه فرد یا افرادی اقتدار بدهند به توافق برسند و حق کنترل کنش را به او واگذار کنند (Coleman, 2011). در این روایت، افراد برای حل نخستین مسئله کنش جمعی، سه مورد کنش جمعی هدفمند و موفق انجام داده‌اند! چراکه ابتدا جهت حل یک مسئله دور هم گرد آمده‌اند سپس بر سر ویژگی‌های رهبر به توافقی ضمنی رسیده‌اند و سرانجام یک نفر را برگزیده‌اند. تمامی این رویدادها نیز در یک ساخت معمای زندانی صورت پذیرفته است اما روشن نیست که این کنشگران در سه کنش جمعی پیش از انتخاب رهبر چگونه از شکست همکاری گریخته‌اند.

در جمع‌بندی مطالب این بخش باید گفت آنچه مدل معمای زندانی به تصویر می‌کشد تنها سویه بازخوردی وابستگی متقابل میان کنشگر و ساختار است. درحالی که بدون واکاوی نقشی که کنشگران- از رهگذر سازوکارهای هم‌افزایی جمعی و سنتز اجتماعی- در ایجاد ساختارها ایفا می‌کنند، نمی‌توان مسیر شکل‌گیری نهادها و خروج از دام‌های اجتماعی را توضیح داد. به عنوان نمونه، با تأمل در مورد مطالعات انسان‌شناسانی همچون سلیگمن^۱، توماس^۲، فیرث^۳ (White, 2015) و گلوکمن^۴ (Salzman, 2015) به روشنی پیداست که نظم اجتماعی دوران خوراک‌جویی بیش از آن که مدیون کاهش هزینه‌های مبادله در شبکه‌های منظم بوده باشد، مرهون افزایش هم‌زمان مقیاس شبکه و تراکم پیوندهای اجتماعی

-
1. Seligman
 2. Thomas
 3. Firth
 4. Gluckman

و در نتیجه ایجاد شبکه‌های جهان کوچکی است که خود برآمده از چرخه‌های هم‌افزایی میان معانی فرهنگی و ارتباطات بین خوشه‌ای بوده‌اند و نه هنجارهای معمای زندانی^۱. همچنین به باور نورث و همکاران^۲ (۲۰۱۸)، انسان در سراسر تاریخ ۱۰ هزار ساله ظهور مازاد اقتصادی، اطمینان به طبیعت را به بهای نااطمینانی به اجتماع به‌دست آورده است (متوسلی و همکاران ۱۳۹۳ الف). در دوران معاصر نیز ابتدا انقلاب صنعتی - با نهادینه کردن مبادله غیرشخصی - و سپس انقلاب دانش‌بنیان - با کاهش اندازه سازمان‌ها و افزایش پیچیدگی شبکه‌ها - بر تقابل میان هزینه‌های تولید و مبادله افزوده‌اند. به بیان دیگر، سه انقلاب بزرگ اقتصادی - اجتماعی تاریخ، همزمان با افزایش مقیاس مبادلات، هزینه‌های مبادله را نیز افزایش داده‌اند و انقلاب نامیدن‌شان گواهی است بر اینکه کاهش هزینه‌های تولید - در اثر افزایش مقیاس یا رشد سرعت انتقال اطلاعات - بسیار بیش از افزایش هزینه‌های مبادله بوده است. به این ترتیب نیاز به تحلیلی داریم که به جای تأکید صرف بر نقش سلبی قواعد هنجاری در کاهش هزینه‌های مبادله به سازوکارهای ایجابی مرتبط با افزایش مقیاس مبادلات نیز بپردازد و توضیحی سازوار در مورد کارکرد نهادها در بسط کنش فردی و کاهش همزمان هزینه‌های مبادله و تولید ارائه کند.

۳-۴. نقد بهره‌گیری از انگاره‌های زیست‌شناختی در تحلیل دوراهی‌های اجتماعی

۳-۴-۱. ناتوانی «نوع‌دوستی غریزی» در تبیین همکاری در گروه‌های بزرگ
به باور تریورس^۳ (۱۹۷۱) الگوی عمل متقابل - که آن را بده - بستان مستقیم می‌نامید - به دلیل نوع‌دوستی غریزی متقابل شکل می‌گیرد و می‌تواند حل مسئله همکاری را توضیح دهد؛ چراکه افراد به گونه‌ای غریزی به‌طور ترجیحی به کسانی کمک می‌کنند که در گذشته کمکی از آن‌ها دریافت کرده باشند (Van Lange, et al., 2016). آکسلرود نیز

۱. در بخش پایانی به این موضوع باز خواهیم گشت.

2. North, D, C.

3. Trivers, R.

با اشاره به مطالعات همیلتون^۱ معتقد است یک ارگانیزم برای بهره‌گیری از استراتژی «این به آن در» نیازی به مغز ندارد، در نتیجه نیازی نیست بدانیم افراد تا چه حد هدفمند و با بصیرت هستند (Axelrod, 1984). در مطالعات اقتصادی نیز می‌توان به گینتیس^۲ و فیلد^۳ اشاره کرد که حل مسئله همکاری را به دغدغه‌های نوع دوستانه‌گریزی منتسب کرده‌اند (متوسلی و همکاران، ۱۳۹۳ الف). این موضوع از دو سو قابل انتقاد به نظر می‌رسد: نخست اینکه مدل‌های زیست‌شناختی به جای کنش عقلانی بر ژن‌ها تأکید می‌کنند، چرا که جز توضیح خلق و پایداری گونه‌ها ادعای دیگری ندارند اما مدل معمای زندانی مدعی تبیین نظم اجتماعی و «تکامل همکاری» در میان زیست‌ورانی است که برخلاف ساعت‌واره‌های سطح دوم نظریه سیستم‌های بولدینگ^۴ (Hatch, 2013) هم‌کنش‌های خود را با بهره‌گیری از نمادها و معانی فرهنگی شکل داده و جامعه را بر پایه مجموعه‌ای از نهادها بنا کرده‌اند. علاوه بر این، حل معمای بنای جامعه، نیازمند تبیین خروج جوامع انسانی از نظام‌های خویشاوندی و تأسیس جامعه‌ای ناهمسان- و آکنده از عدم اطمینان و تضاد منافع- است در نتیجه توضیح «نظم میان ساعت‌واره‌ها» و «خلق گله‌های همسان» راهی به سوی این تبیین نمی‌تواند گشود. همچنین از آنجا که در اپیزود صفر معمای زندانی، پیوندجویی عاطفی فراتر از مرز خانواده هسته‌ای قابل تعریف نیست، حتی اگر بپذیریم خوشه‌های متراکم به دلایل غریزی شکل می‌گیرند و می‌توانند با حل معمای زندانی پایدار بمانند، نتیجه‌نهایی این راه‌حل ایجاد بی‌شمار گروه خویشاوندی کوچک و جداگانه است که نه تنها نمی‌توانند مسئله کالای عمومی را در مقیاسی فرامحلی حل کنند، بلکه مستعد بروز تعارضات فرقه‌گرایانه‌ای خواهند بود که هیچ مرجع مشروع و فراگیری برای حل و فصل آن قابل تعریف نیست. نتیجه این که آنچه از غریزه برمی‌خیزد جز در چهارچوب خانواده هسته‌ای قابل تعریف نیست؛ در حالی که پاسخ به معمای پیدایش نهادها باید به این پرسش پردازد که چگونه انسان‌ها موفق شده‌اند برخلاف پیشینیان انسان‌ریخت خود، چهارچوب‌های جمعیتی و جغرافیایی را بشکنند و رشد جمعیت را به یک فرصت تبدیل کنند.

-
1. Hamilton
 2. Gintis
 3. Fild
 4. Boulding

۳-۴-۲. قابل تعریف نبودن عمل متقابل همدلانه در معمای زندانی

فان لانگه و همکاران^۱ (۱۳۹۵) مجموعه‌ای از مطالعات بده-بستان مستقیم (یا عمل متقابل خاص گرایانه) را معرفی کرده‌اند که همگی در چهارچوب معمای زندانی مدل‌سازی شده‌اند. آن‌ها معتقدند برخلاف تصور متداول، این الگو برآمده از محاسبات عقلانی افراد خودخواه نیست بلکه نشان از ویژگی‌هایی همچون محبت، عشق و همدلی دارد. اما براساس آنچه در معرفی ماتریس منافع معمای زندانی بیان شد، چالش همکاری در شرایط $Y > X$ خود برآمده از عدم امکان همدلی است، چراکه حتی اگر طرف مقابل همکاری کند شما نفعی عینی در پذیرش گزینه مخالف خواهید داشت. پیداست معرفی همدلی به عنوان راه‌حل مسئله‌ای که خود پیامد نبود توان همدلی است چیزی جز همانگویی نخواهد آفرید.

۳-۴-۳. امکان‌ناپذیری اثر شهرت فراخوشه‌ای در معمای زندانی

در راستای رفع کاستی‌های بده-بستان مستقیم، نظریه بده-بستان غیرمستقیم (یا تعمیم یافته) ابتدا از سوی الکساندر^۲ (۱۹۸۷) مطرح و سپس توسط پژوهشگرانی همچون نواک و زیگموند (۱۹۹۲) و ودکایند و میلینسکی^۳ (۲۰۰۰) بررسی شد. این نوع از عمل متقابل به مواردی اشاره دارد که افراد به کسانی کمک می‌کنند که شاید در آینده آن‌ها را ملاقات نکنند. الکساندر معتقد است انگیزه این گونه همکاری‌ها کسب نیکنامی است (Van Lange, et al., 2016) اما وجود فرصت همکاری میان کنشگران غریبه تنها در شبکه‌های تصادفی و جهان کوچک ممکن است؛ در حالی که چنان‌که دیدیم در مورد نخست، معمای زندانی قابل حل نیست و در مورد دوم نیز حل مسئله، تفاوت معناداری با سایر شبکه‌ها ندارد. اثر شهرت فراخوشه‌ای به طور کلی در معمای زندانی قابل توضیح نیست.

۴. طراحی الگوی جایگزین معمای زندانی

در این بخش به کمک ماتریس شکار گوزن- که در ابتدای بخش ۲-۲ معرفی شده- چهارچوب نظری جایگزینی برای صورت‌بندی مسئله همکاری و تبیین نهادهای نخستین

1. Van Lange, P. A. M., et al.

2. Alexander, R.

3. Wedekind & Milinsky

ارائه خواهد شد. در ابتدایی ترین نمونه ممکن می توان اپیزود صفر بازی را با بی نهایت بازیکن تک رو و تنها دو مشارکت جو در قالب جدول (۲) تعریف کرد.

جدول ۲. نمونه ای از اپیزود صفر شکار گوزن در یک شبکه منظم

پاداش ها	کنشگران
...	...
2Z	H1
2Z	H2
Z+Y	H3
X	S1
X	S2
Z+Y	H4
2Z	H5
2Z	H6
...	...

مأخذ: الکساندر (۲۰۰۷:۱۱۴)

در این شرایط اگر $X > Y + Z$ باشد، کنشگران مرزی H3 و H4 در دور بعد مشارکت جو شده و این خوشه همکاری در دورهای آتی گسترش خواهد یافت. البته این نمونه فقط جهت مقایسه با مدل معمای زندانی ارائه شده و نمی تواند شکل گیری نهادهای نخستین را تبیین کند. چنین تبیینی - به دلایلی که پیشتر بیان شد - نیازمند صورت بندی مسئله همکاری در شبکه های جهان کوچک پر جمعیت است و نه شبکه های منظم یا گله های همسان.

بر اساس نکات بیان شده در بخش های ۲-۱-۲ و ۳-۱-۲، شاخص $S't$ برای شبکه های جهان کوچک پر جمعیت به شکل رابطه (۷) و (۸) قابل تعریف است.

$$S't = \frac{ds}{dt} = p(1 - p)[(X - Y + Z)p - Z] \quad (۷)$$

$$S't = 0; \quad p^* = \frac{Z}{X - Y + Z} \quad (۸)$$

با توجه به ارضای رابطه $X > Y > Z$ در ماتریس شکار گوزن، p^* کمیتی بین صفر و یک خواهد داشت. در نتیجه در این نظام توزیع منافع - برخلاف معمای زندانی - یک p^* وجود دارد؛ به گونه ای که اگر نسبت S گزین ها به کل جمعیت بالاتر از آن باشد $\frac{ds}{dt} > 0$ خواهد شد و آمادگی کنشگران برای همکاری افزایش خواهد یافت. بنابراین، هر چه p^* کمتر باشد، حل مسئله شتاب بیشتری خواهد یافت.

اکنون می‌توان با واکاوی ارتباط میان ویژگی‌های شبکه و درایه‌های ماتریس منافع، دو شبه‌پارامتر تعریف کرد:

الف- هرچه ضریب خوشه‌بندی- یا تراکم پیوندهای درون خوشه‌ای- بیشتر باشد، هزینه‌های اجتماعی خروج از همکاری افزایش خواهد یافت. این رابطه قابل انتظار که ریشه در متون کلاسیک جامعه‌شناسی دارد، ابتدا از سوی بات^۱، مایر^۲ و فرانکنبرگ^۳ (Granovetter, 1973:1370) و سپس در قالب مفهوم «فروپستگی»^۴ از سوی کلمن (۲۰۱۱) به زبان شبکه بیان شد. بنابراین $\frac{dY}{dC} < 0$ را داریم.

ب- با استنتاج از نتایج مطالعات وتز و استروگنز (۱۹۹۸) رابینز و همکاران^۵ (۲۰۰۱)، شلینگ و فلپس^۶ (۲۰۰۷)، فلمینگ و همکاران^۷ (۲۰۰۷) و سالیوان و تنگ^۸ (۲۰۱۲) می‌توان دریافت هر چه طول مسیر شبکه کوتاه‌تر باشد، دسترسی به منابع و اطلاعات دیگران تسهیل شده و تقسیم کار تخصصی‌تر خواهد شد. همچنین با تجمیع اطلاعات و مهارت‌های متفاوت و نیز پردازش و همگام‌سازی سریع اطلاعات، ایده‌پردازی شتاب یافته و از رهگذر افزایش ذخایر دانش و ظرفیت نوآوری، بهره‌وری کل شبکه را افزایش می‌دهد. در نتیجه، مجموعه متنوع‌تری از گزینه‌های تدبیر امور و تخصیص منابع در دسترس خوشه‌های محلی قرار خواهد گرفت. همچنین از آنجا که با افزایش روابط میان خوشه‌ها، مقیاس مبادله و تولید گسترش می‌یابد، هزینه‌های تولید نیز کاهش خواهند یافت. به بیان روشن‌تر، هر چه طول مسیر کوتاه‌تر باشد، کنشگران خوشه‌های جداگانه، فرصت‌های بیشتری برای ایجاد منافع مشترک می‌یابند و نتایج همکاری سودمندتر جلوه خواهند کرد در نتیجه می‌توان مقدار X را- به عنوان شبه‌پارامتری که حاصل تفسیر کنشگران از منافع همکاری است- تابعی معکوس نسبت به طول مسیر برشمرد:

$$X = f(L) \quad \frac{dX}{dL} < 0$$

-
1. Bott, E.
 2. Mayr, P.
 3. Fronkenberg, R.
 4. Closure
 5. Robins, G., et al.
 6. Schilling, M. & Phelps, C. C.
 7. Fleming, L., et al.
 8. Sullivan, B. N. & Tang, Y.

با وارد کردن دو شبه پارامتر یاد شده در معادله $S't$ ، رابطه (۹) را خواهیم داشت.

$$S't = \frac{dS}{dt} = p(1-p)[(X(L) - Y(C) + Z)p - Z] \quad (9)$$

$$\frac{dS't}{dL} < 0, \quad \frac{dS't}{dC} > 0$$

بنابراین، افزایش C و کاهش L موجب رشد $S't$ و تسهیل حل مسئله همکاری می‌شوند.

اکنون رابطه p^* به شکل رابطه (۱۰) قابل بازسازی است.

$$p^* = \frac{Z}{X(L) - Y(C) + Z}$$

$$f(L, C) = \frac{X(L) - Y(C)}{Z} \quad \frac{df}{dL} < 0, \quad \frac{df}{dC} > 0 \quad (10)$$

$$p^* = \frac{1}{f(L, C) + 1} \quad \frac{dp^*}{dL} > 0, \quad \frac{dp^*}{dC} < 0$$

به این ترتیب می‌توان $f(L, C)$ را به عنوان بازنمایی از نوعی همپوشانی میان پیوندهای قوی- که C را افزایش می‌دهند- و پیوندهای ضعیف- که موجب کاهش L می‌شوند- تعریف کرد که امکان رشد شبکه بدون کاهش C و افزایش L را فراهم می‌آورد. چنین ساختاری موجب می‌شود از یکسو- به دلیل پایین بودن طول مسیر- اطلاعات ساده مرتبط با نوآوری و بهره‌وری به سرعت سراسر شبکه را درنوردند و از سوی دیگر، به دلیل بالا بودن ضریب خوشه‌بندی، مجموعه‌ای از ارزش‌ها، قواعد اخلاقی و دانش ضمنی پیچیده مرتبط با اعتمادپذیری، تأثیر خود را بر نگرش‌ها و هم‌کنش‌های سراسر شبکه حفظ کنند.

علاوه بر این، برخلاف معمای زندانی- که $S't$ به دلیل شرط $Y > X$ همواره منفی است- در مدل شکار گوزن هر بار که یک زیرمجموعه از کنشگران یک شبکه همپوشان، موفق به حل مسئله می‌شوند، احتمال حل مسائل بعدی برای تمامی کنشگران شبکه افزایش خواهد یافت. این فرآیند علیت انباشتی، مجموعه‌ای از جریان‌های هم‌افزایی را در پی دارد که گاه با تغییر در ساختار شبکه و گاه بدون آن رخ می‌دهند. بر این اساس، دستکم دو نوع جریان هم‌افزایی را می‌توان از هم جدا کرد:

الف- جریان‌های هم‌افزایی محتوایی: این جریان‌ها بدون تغییر قطعی در شاخص‌های شبکه موجب رشد $S't$ می‌شوند. واکاوی مشاهدات انسان‌شناسی مرتبط، به معجالی گسترده نیاز دارد اما به عنوان نمونه می‌توان از هم‌افزایی میان زبان اشاره و نظام تصمیم‌گیری اجتماعی (White, 2015)، تأثیر متقابل میان نمادها و شکل‌گیری سازمان خانواده (White, 2015) و نیز تأثیرات متقابل میان نمادها، معانی و تخیلات ذهنی نام برد که در نهایت از رهگذر انقلاب

نمادها به پیدایش همزمان هنر، زبان و سازمان اجتماعی در ۳۰ هزار سال پیش از میلاد انجامید (Nolan & Lenski, 2012).

ب- جریان‌های هم‌افزایی میان محتوا و ساختار شبکه: با تأمل بر مطالعات گلوکمن (Salzman, 2015)، سلیگمن، توماس و فیرث (White, 2015) می‌توان دریافت که نهاد برون‌همسری، خالق نخستین شبکه جهان کوچک انسانی در نظام‌های کلان‌نیمگانی دوران خوراک‌جویی بوده است. وایت^۱ (۲۰۱۵) معتقد است برون‌همسری - که به عنوان یک نهاد، ریشه در یک معنای فرهنگی داشت - در کنار نمادهایی که نامگذاری روابط خویشاوندی را ممکن کردند، موجب گذار از خانواده هسته‌ای و خلق کلان‌هایی شد که جمعیت‌شان گاه به چندین هزار نفر می‌رسید. این روند به کلان‌ها محدود نشد و با گسترش این نهاد در میان قبایل مختلف، نخستین پیوستگی‌های غیرتباری را روی کره زمین پدید آورد. گلوکمن (۱۹۵۹) نیز در تبیین نقش برون‌همسری در همکاری‌های بین‌گروهی معتقد است که «وجود رابطه عاطفی میان دو خویشاوند نزدیک موجب می‌شد هر یک از قبایل چه در مبادلات اقتصادی و چه هنگام داوری برای حل تعارضات، دستکم از یک پل بین خوشه‌ای برخوردار باشند که ضمن کاهش عدم اطمینان، احتمال دستیابی به صلح را افزایش می‌داد» (Salzman, 2015). این همزیستی به نوبه خود موجب تقویت نهاد برون‌همسری شد و یک جریان هم‌افزایی نامحدود ایجاد کرد که پایه‌گذار بسیاری از دگرگونی‌های جوامع انسانی بود. به عنوان نمونه، تقسیم کار در تولید ابزار که خود پیامد انسجام کلان‌های پرجمعیت برون‌همسر بود از یکسو بر بهره‌وری و مهارت‌های تخصصی می‌افزود و از سوی دیگر با افزایش اوقات فراغت، بستری برای رشد فعالیت‌های زیباشناختی و فرهنگی فراهم می‌کرد. این فعالیت‌ها نیز که با اعتلای هنر و موسیقی همراه بودند، به نوبه خود بر غنای گردهمایی‌ها و مناسک مشترک میان خوشه‌ای می‌افزودند و از این رهگذر خود نیز همپوشانی میان خوشه‌ها را افزایش می‌دادند.

نمونه‌های امروزی چنین فرآیندی را می‌توان در تأثیر متقابل همپوشانی و حل مسئله کالای همگانی یافت، چراکه از یکسو افزایش همپوشانی - طبق تعریف - انسجام محلی را با بهره‌وری بالای ایده‌پردازی فرامحلی درمی‌آمیزد و بستری مناسب برای تدارک کالای

1. White, L. A.

همگانی در مقیاسی گسترده فراهم می‌آورد و از سوی دیگر، مشارکت در تدارک کالاها و توافق بر سر خیرهای همگانی به خلق سازمان‌ها و نهادهای بین‌خوشه‌ای و «نظم‌های چندمرکزی» (Ostrom, 2010) می‌انجامد که همپوشانی شبکه را افزایش داده و حل مسائل آینده را تسهیل می‌کنند.

علاوه بر این، از آنجا که در یک ساختار همپوشان در بلندمدت X افزایش و Y کاهش می‌یابند، به تدریج بخشی از هم‌کنش‌های معمای زندانی تبدیل به شکار گوزن خواهند شد. با انباشت تجربه‌های موفق حل شکار گوزن و شکل‌گیری جریان‌های هم‌افزایی، همپوشانی شبکه افزایش یافته و در جریان این علیت انباشتی، برابند نهایی نظام توزیع منافع در میان کنشگران حاضر در یک شبکه جهان کوچک همپوشان به شکار گوزن خواهد گروید و این امکان برای آنان فراهم خواهد آورد که مسائل در ظاهر سازگار با معمای زندانی - از جمله کالای همگانی و تراژدی منابع اشتراکی - را با شیوه‌های حل مسئله شکار گوزن حل کنند. در پایان این بخش باید به این نکته اشاره کرد که در ادبیات مدل‌های تحولی، تاکنون دو

پاسخ برای تبیین برساخت نهادهای نخستین ارائه شده‌اند:

الف - تغییر منفعت تک‌روی با بهره‌گیری از هنجارهای معمای زندانی که پیشتر معرفی و نقد شد.

ب - قرارداد اجتماعی برای حل مسئله عدم اطمینان؛ این گزینه در ادبیات موجود شکار گوزن از سوی رالز^۱ (۱۹۷۱)، بینمور (۱۹۹۲) و اسکیرمز (۲۰۰۴) مطرح شده که بدون تبیین ریشه‌های شکل‌گیری کنش‌های جمعی، خوانشی غیرتاریخی از مسئله همکاری ارائه کرده‌اند.

اما براساس نتایج مدل، می‌توان گزینه سومی نیز به این پاسخ‌ها اضافه کرد:

پ - کشف فرصت‌های هم‌افزایی برای خلق ظرفیت نهادگذاری و تأمین خیرهای همگانی در مقیاسی گسترده؛ از آنجا که در یک وضعیت طبیعی - یا پیشنهادی - هزینه‌های اجتماعی خروج از همکاری ناچیز برآورد می‌شود، در مدل ما تقدم با جریان‌های هم‌افزایی است. به عنوان نمونه، نخستین گام‌ها در تجربه کنش جمعی - از جمله شکار گروهی در میان

1. Rawls, J.

انسان راست‌قامت پارینه‌سنگی متقدم^۱ - نیازمند حل مسئله عدم اطمینان است، نه سواری مجانی یا حتی هماهنگی؛ چراکه نمی‌توان پیش از تکرار تجربیات موفق و نهادی شدن همکاری، جریمه‌ای هر چند غیررسمی برای مجازات تکروی وضع کرد. به بیان دیگر، انسان‌ها پیش از ایجاد نهادهای بسط‌دهنده نمی‌توانسته‌اند به وفاق لازم جهت مشروعیت‌بخشی به نهادهای محدودکننده - و نیز توافق بر سر حق و وظیفه - دست یابند. برون‌همسری نیز برآمده از نهادی شدن یک قاعده فرهنگی برآمده از سلسله مراتب - و در نتیجه ناخودانگیخته - بود که در میانه مسیر نهادی شدن از هزینه‌های اجتماعی خروج از همکاری تأثیر می‌پذیرفت اما ریشه در سازمان خانواده هسته‌ای داشت و در نتیجه، نه تنها وجود خود را مدیون خوشه‌بندی بالای نظام‌های کلان‌نیمگانی نبود بلکه به دلیل ایجاد روابط فراخوشه‌ای، می‌توانست به بهای کاهشی اندک در ضریب خوشه‌بندی، طول مسیر شبکه مرجع را به گونه‌ای قابل توجه کاهش دهد و بستری برای کشف فرصت‌های هم‌افزایی میان نیمگان‌ها فراهم آورد.

به این ترتیب با یادآوری رابطه‌ای که کامونز^۲ میان نهادها، کنش جمعی و بسط کنش فردی قائل بود (Chavance, 2011) می‌توان گفت که آغاز اعتمادسازی برای برون‌رفت از وضعیت دام اجتماعی - یعنی شرایطی که S't ناچیز و p* به گونه‌ای دست‌نیافتنی بالاست - تنها به کمک «نهادهای بسط‌دهنده» ممکن خواهد شد، نه با تکیه بر نهادهای کنترل‌کننده و هنجارهای اقتدارمحور. در این فرآیند نقش هر دو نوع هم‌افزایی قابل ردیابی است؛ از یکسو اعتماد برآمده از مشارکت‌های موفق گذشته، جریانی از هم‌افزایی محتوایی خلق می‌کند و از سوی دیگر، پیوندهای جدید برآمده از آن مشارکت‌ها - از رهگذر افزایش شاخص همپوشانی - سطح جدیدی از جریان‌های هم‌افزایی میان محتوا و ساختار را رقم می‌زنند.

۱. شیوه شکار محاصره‌ای به عنوان یکی از نخستین الگوهای همکاری، نزدیک به دو میلیون سال پیش، یعنی پیش از ظهور سازمان‌های خویشاوندی و حتی ابداع تیروکمان و فقط با کمک زبان اشاره، نهادی شده (Thieme, 2005) و مبنایی برای بسیاری از کنش‌های جمعی آتی فراهم آورده است.

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

مدل معمای زندانی دستکم در چهار سطح تعریف نهادها، توضیح کارکرد آن‌ها، تبیین شکل‌گیری نهادهای نخستین و توصیف فرآیند تغییرات نهادی با کاستی‌های بنیادینی روبه‌روست. در سطح تعریف نهادها، این مدل به دلیل تأکید صرف بر منافع خروج از همکاری، نقش عدم اطمینان را در ایجاد چالش همکاری نادیده گرفته است. در توضیح کارکرد نهادها نیز با نایده گرفتن نقش نهادها در خلق جریان‌های علیت انباشتی میان محتوا و ساختار شبکه، فقط بر کاهش هزینه‌های مبادله تأکید کرده و در نتیجه بدون تحلیل سویه‌های مرتبط با هم‌افزایی و سنتز اجتماعی، تنها بر کارکرد نظارتی نهادها متمرکز شده است. بدیهی است چنین خوانشی از کارکرد نهادها، مسئله شکل‌گیری و تغییرات آن‌ها را بدون تبیین رها می‌کند. با توجه به نتایج گمراه‌کننده یادشده، می‌توان گفت مدل معمای زندانی بخشی از تعارض منافع در سطح خرد را بازنمایی می‌کند اما از توانایی واکاوی «نظام»‌های وابستگی متقابل برخوردار نیست. در نتیجه، راه‌حل‌های استخراج شده از آن، امکان‌گشایش دام‌های اجتماعی و حل مسائلی چون کنش جمعی، کالای همگانی و مدیریت منابع اشتراکی را نخواهند داشت.

همچنین باید به این نکته اشاره کرد که مدل‌های تحولی به دلیل پرهیز از انگاره‌های عقلانیت و اطلاعات کامل، از ظرفیت‌های مناسبی جهت واکاوی نظام‌های وابستگی متقابل و نیز تحلیل نهادی برخوردارند. در نتیجه، با مجموعه‌ای از گام‌های اصلاحی از جمله: ۱- بهره‌گیری از ماتریس شکار گوزن جهت ورود عامل «عدم اطمینان» و رفع کاستی‌های نظام توزیع منافع، ۲- تعریف دو شبه‌پارامتر جهت وارد کردن نقش ساختارها و نهادهای اجتماعی و در نتیجه، رفع کاستی‌های مرتبط با استراتژی‌های یادگیری زیست‌شناختی، ۳- بازسازی معادله همانندسازی برای تبیین پیدایش نهادهای نخستین بدون غلتیدن در تسلسل قراردادگرایانه و ۴- بهره‌گیری از شبکه‌های جهان کوچک جهت سازگاری با ویژگی‌های ساختاری جوامع انسانی، می‌توان چهارچوب نظری تازه‌ای جهت صورت‌بندی مسئله همکاری بنا کرد. براساس نتایج این مدل، همپوشانی میان پیوندهای قوی و ضعیف از یکسو، بخشی از هم‌کنش‌های معمای زندانی را به شکار گوزن تبدیل می‌کند و از سوی دیگر، با ایجاد مجموعه‌ای از جریان‌های هم‌افزایی میان محتوا و ساختار شبکه، موجب تسهیل حل

مساله شکار گوزن می‌شود. به این ترتیب فرآیند برون‌رفت از وضعیت دام اجتماعی و تأمین خیرهای همگانی بزرگ‌مقیاس، تنها به کمک نهادهای هم‌افزاینده آغاز خواهد شد نه با هنجارهای کنترل‌کننده معمای زندانی و یا قراردادهای برآمده از بازی هماهنگی.

این چهارچوب نظری می‌تواند جهت واکاوی نظام‌های مدیریت منابع اشتراکی، تحلیل تغییرات نهادی مرتبط با «نظم دسترسی آزاد» براساس چهارچوب مفهومی نورث و همکاران (۱۳۹۷)، طراحی یک نشانگر واحد برای سرمایه اجتماعی و تحلیل نقش تشکل‌های آزاد صنفی و سیاسی در انباشت آن، واکاوی نقش مثبت نهادهای حمایتی فراگیر در وضعیت دام اجتماعی، مطالعه پیامدهای اجتماعی نابرابری‌های اقتصادی و... به کار گرفته شود.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

ORCID

Farshad Momeni



<http://orcid.org/0000-0002-9772-3971>

Reza Shohreh



<http://orcid.org/0000-0003-1624-2728>

منابع

- پاتنام، رابرت. (۱۳۹۲). *دموکراسی و سنت‌های مدنی در ایتالیا*. ترجمه محمدتقی دل‌افروز. تهران: نشر روزنامه سلام.
- چاونس، برنارد. (۱۳۹۰). *اقتصاد نهادی*. ترجمه محمود متوسلی، علی نیکونسبتی و زهرا فرضی‌زاده. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- سالزمن، فیلیپ کارل. (۱۳۹۴). *فهم فرهنگ؛ مقدمه‌ای بر نظریه انسان‌شناختی*. ترجمه محمدامین کنعانی. تهران: انتشارات علمی - فرهنگی.
- فان لانگه، پل، بالیت، دانیل، پارکس، کرایگ و فن فوخت، مارک. (۱۳۹۵). *دوره‌های اجتماعی: روان‌شناسی همیاری انسانی*. ترجمه محمدرضا جوادی یگانه و حسن حسینی. تهران: انتشارات پژوهشگاه فرهنگ، هنر و ارتباطات.
- کلمن، جیمز. (۱۳۷۷). *بنیادهای نظریه اجتماعی*. ترجمه منوچهر صبوری. تهران: نشر نی.
- متوسلی، محمود، نیکونسبتی، علی و سمعی‌نسب، مصطفی. (۱۳۹۳ الف). *نهادهای توسعه*. تهران: انتشارات دانشگاه امام صادق.

- متوسلی، محمود، نیکونستی، علی و سمیعی نسب، مصطفی. (۱۳۹۳ ب). *نگاهی به رویکردهای بدیل؛ نهادگرایی و مکتب‌اتریش*. تهران: انتشارات دانشگاه امام صادق.
- نورث، داگلاس، وینگست، بری آر و والیس، جان جی. (۱۳۹۷). *خشونت و نظم‌های اجتماعی؛ چهارچوب مفهومی در تفسیر تاریخ ثبت شده بشر*. ترجمه جعفر خیرخواهان و رضا مجیدزاده. تهران: انتشارات روزنه.
- نولان، پاتریک و لنسکی، گرهارد. (۱۳۹۱). *جامعه‌های انسانی؛ مقدمه‌ای بر جامعه‌شناسی کلان*. ترجمه ناصر موفقیان. تهران: نشر نی.
- وایت، لسلی. (۱۳۹۴). *تکامل فرهنگ*. ترجمه فریبرز مجیدی. تهران: انتشارات نسل آفتاب.
- هابز، تامس. (۱۳۸۰). *لویاتان*. ترجمه حسین بشیریه. تهران: نشر نی.
- هچ، ماری جو. (۱۳۹۲). *تئوری سازمان؛ مدرن، نمادین-تفسیری و پست مدرن*. ترجمه حسن دانایی‌فرد. تهران: مهربان نشر.

References

- Aklin, M. & Mildenerger, M. (2020). Prisoners of the wrong dilemma: why distributive conflict, not collective action, characterizes the Politics of Climate Change. *Global Environmental Politics*, 20(4), 4–27. https://doi.org/10.1162/glep_a_00578
- Alexander, R. D. (1987). *The biology of moral systems*. New Jersey: Aldine Transaction.
- Alexander, J. (2007). *The structural evolution of morality*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Arnold, E. (2014). What's wrong with social simulations? *The Monist*, 97(3), 359-377. <https://doi.org/10.5840/monist201497323>
- Axelrod, R. (1984). *The evolution of cooperation*. New York: Basic Books.
- Binmore, K. (1992). *Fun and games; a text on game theory*. Massachusetts: DC Health and Company.
- Budescu, D. V., Rapoport, A., & Suleiman, R. (1990). Resource dilemmas with environmental uncertainty and asymmetrical players. *European Journal of Social Psychology*, 20(6), 475-487. <https://doi.org/10.1002/ejsp.2420200603>
- Chavance, R. (2011). *Institutional economics*. Translated by: Motevasseli, M., Nikoonesbati, A. & Farzizadeh Miandehi, Z., Tehran: Tehran University Press. [in Persian]
- Chu, C., Zhai, Y., Mu, C., Hu, D., Li, T. & Shi, L. (2019). Reputation-based popularity promotes cooperation in the spatial prisoner's dilemma game. *Applied Mathematics and Computation*, 362, 124493. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2019.06.007>
- Coleman, J. S. (2011). *Foundation of social theory*. Translated by: Saboori, M., Tehran: Nashr'e Ney. [in Persian]
- Dawkins, R. (1976). *The selfish gene*. Oxford: Oxford University Press

- Diekert, F., Eymess, T., Luomba, J., & Waichman, I. (2020). The creation of social norms under weak institutions. *Discussion Paper Series*, 684, 1-33. <https://doi.org/10.1086/720287>
- Dugatkin, L. A., Mesterton-Gibbons, M., & Houston, A. I. (1992). Beyond the prisoner's dilemma: Toward models to discriminate among mechanisms of cooperation in nature. *Trends in ecology & evolution*, 7(6), 202-205. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(92\)90074-L](https://doi.org/10.1016/0169-5347(92)90074-L)
- Fleming, L., King, C., & Juda, A. I. (2007). Small worlds and regional innovation. *Organization Science*, 18(6), 938-954. <https://doi.org/10.1287/orsc.1070.0289>
- Friedman, J. W. (1971). A non-cooperative equilibrium for supergames. *The Review of Economic Studies*, 38(1), 1-12. <https://doi.org/10.2307/2296617>
- Fukuyama, F. (2000). Social capital and civil society. *IMF working paper*, 00/74, 1-19. <https://doi.org/10.5089/9781451849585.001>
- Gilbert, D. R. Jr. (1996). The Prisoner's Dilemma and the Prisoners of the Prisoner's Dilemma. *Business Ethics Quarterly*, 6(2), 165-178. <https://doi.org/10.2307/3857621>
- Granovetter, M. (1973). The Strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, 78(6), 1360-1380. <https://doi.org/10.1086/225469>
- Greif, A. (1989). Reputation and coalitions in medieval trade: evidence on the Maghribi traders. *The Journal of Economic History*, 49(4), 857-882. <https://doi.org/10.1017/S0022050700009475>
- Greif, A. (1993). Contract enforceability and economic institutions in early trade: the Maghribi traders' coalition. *The American Economic Review*, 83(3), 525-548. <https://doi.org/10.2307/2117532>
- Hatch, M. J. (2013). *Organization theory: modern, symbolic and postmodern perspective*. Translated by: Danaeefard, H., Tehran: Mehraban Pub. [in Persian]
- Hobbes, T. (2001). *Leviathan*. Translated by: Bashirieh, H., Tehran: Nashr'e Ney. [in Persian]
- Howard, N. (1966). The mathematics of meta-games. *General Systems*, 11(5), 187-200.
- Hu, S. & Leung, H. (2018). Do Social Norms Emerge? The Evolution of Agents' Decisions with the Awareness of Social Values under Iterated Prisoner's Dilemma. *IEEE 12th International Conference on Self-Adaptive and Self-Organizing Systems (SASO)*, 11-19. <https://doi.org/10.1109/SASO.2018.00012>
- Kabir, K. A., Tanimoto, J. & Wang, Z. (2018). Influence of bolstering network reciprocity in the evolutionary spatial prisoner's dilemma game: A perspective. *The European Physical Journal*, 91(12), 1-10. <https://doi.org/10.1140/epjb/e2018-90214-6>
- Killingback, T. & Doebeli, M. (2002). The continuous prisoner's dilemma and the evolution of cooperation through reciprocal altruism with variable investment. *The American Naturalist*, 160(4), 421-438. <https://doi.org/10.1086/342070>
- Luce, R. P. & Raiffa, H. (1957). *Games and decisions*. New York: John Wiley & Sons.

- Marshall, J. A. R., & Rowe, J. E. (2003). Kin selection may inhibit the evolution of reciprocity. *Journal of Theoretical Biology*, 222(8), 331-335. [https://doi.org/10.1016/S0022-5193\(03\)00039-0](https://doi.org/10.1016/S0022-5193(03)00039-0)
- McAdams, R. H. (2008). Beyond the prisoners' dilemma: coordination, game theory and law. *Southern California Law Review*, 82, 209-258
- Milinski, M. (1987). Tit for tat in sticklebacks and the evolution of cooperation. *Nature*, 325(6103), 433-435. <https://doi.org/10.1038/325433a0>
- Motevasseli, M., Samei nasab, M., & Nikoonesbati, A. (2014 a). *Institutions and development*. Tehran: I.S.U Press. [in Persian]
- Motevasseli, M., Samei nasab, M., & Nikoonesbati, A. (2014 b). *Institutionalism and Austrian school: A glance through alternative approaches*. Tehran: I.S.U Press. [in Persian]
- Nemeth, C. (1972). A critical analysis of research utilizing the prisoner's dilemma paradigm for the study of bargaining. *Advances in experimental social psychology*, 6, 203-234. [https://doi.org/10.1016/S0065-2601\(08\)60028-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)60028-3)
- Newman, M. E. J. (2000). Models of the small-world. *Journal of Statistical Physics*, 101(3), 819-841. <https://doi.org/10.1023/A:1026485807148>
- Nolan, P. & Lenski, G. (2012). *Human societies; an introduction to macrosociology*. Translated by: Movafaqian, N., Tehran: Nashr'e Ney. [in Persian]
- North, D. C., Walis, J. J. & Weingast, B. (2018). *Violence and social orders: a conceptual framework for interpreting recorded human history*. Translated by: Kheirkhan, J. & Majidzadeh, R., Tehran: Nashr'e Rowzaneh. [in Persian]
- Northcott, R. & Alexandrova, A. (2015). Prisoner's dilemma doesn't explain much. *Philpapers.org*. in Martin Peterson (Ed), *The Prisoner's Dilemma. Classic philosophical arguments*. Cambridge: Cambridge University Press. 64-84. <https://doi.org/10.1017/S0266267116000249>
- Nowak, M. A. & May, R. M. (1992). Evolutionary games and spatial chaos. *Nature*, 359(6398), 826-829. <https://doi.org/10.1038/359826a0>
- Nowak, M.A. & Sigmund, K. (1992). Tit for tat in heterogeneous populations. *Nature*, 355(6457), 250-253. <https://doi.org/10.1038/355250a0>
- Opatow, S. & Weiss, L. (2000). New ways on thinking about environmentalism: Denial and the process of moral exclusion environmental conflict. *Journal of Social Issues*, 56(3), 475-490. <https://doi.org/10.1111/0022-4537.00179>
- Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ostrom, E. (2010). Beyond markets and states: polycentric governance of complex economic systems. *American Economic Review*, 100(3), 641-72. <https://doi.org/10.1257/aer.100.3.641>
- Putnam, R. (2013). *Making democracy work: civic tradition in modern Italy*. Translated by: Delforouz, M. T., Tehran: Jamee Shenasan. [in Persian]
- Raihani, N. J. & Bshari, R. (2011). Resolving the iterated prisoner's dilemma: theory and reality. *Journal of Evolutionary Biology*, 24(8), 1628-1639. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2011.02307.x>
- Rawls, J. (1971). *A theory of Justice*. Cambridge: Harvard University Press.

- Robins, G., Elliott, P. & Pattison, P. (2001). Network models for social selection processes. *Social Networks*, 23(1), 1–30. [https://doi.org/10.1016/S0378-8733\(01\)00029-6](https://doi.org/10.1016/S0378-8733(01)00029-6)
- Robert, K. H. & Broman, G. (2017). Prisoner's dilemma misleads business and policy makers. *Journal of Cleaner Production*, 140, 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.069>
- Rogowski, W. & Lange, O. (2022). The prisoner's dilemma: an adequate concept for ethical analysis in healthcare? a systematic search and critical review. *Journal of Business Ethics*, 177(5), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10551-020-04643-w>
- Romero, J. & Rosokha, Y. (2018). Constructing strategies in the indefinitely repeated prisoner's dilemma game. *European Economic Review*, 104(C), 185-219. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2018.02.008>
- Rubinstein, A. (1979). Equilibrium in supergames with the overtaking criterion. *Journal of Economic Theory*, 21(1), 1-9. [https://doi.org/10.1016/0022-0531\(79\)90002-4](https://doi.org/10.1016/0022-0531(79)90002-4)
- Salzman, P. C. (2015). *Understanding culture: an introduction to anthropological theory*. Translated by: Kanani, M. A., Tehran: Elmi Farhangi. [in Persian]
- Schilling, M. & Phelps, C. C. (2007). Interfirm collaboration networks: the impact of large-scale network structure on firm innovation. *Management Science*, 53(7), 1113–1126. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1060.0624>
- Skyrms, B. (2004). *The stag hunt and the evolution of social structure*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Snidal, D. (1985). Coordination versus prisoners' dilemma: implications for international cooperation and regimes. *American Political Science Review*, 79(4), 923-942. <https://doi.org/10.2307/1956241>
- Sullivan, B. N. & Tang, Y. (2012). Small-world networks, absorptive capacity and firm performance: evidence from the U.S. venture capital industry. *International Journal of Strategic Change Management*, 4(2), 149–75. <https://doi.org/10.1504/IJSCM.2012.046509>
- Thieme, H. (2005). The lower palaeolithic art of hunting; the case of shoningen I 3 II-4, Lower Saxony, Germany. In Gamble, C. & Porr, M. (Eds): *The Hominid Individual in Context: Archaeological Investigation of Lower and Middle Palaeolithic Landscapes, Locales and Artifacts*, 115-132. Landan: Routeledge.
- Trivers, R. (1971). The evolution of reciprocal altruism. *The Quarterly Review of Biology*, 46(1), 35-57. <https://doi.org/10.1086/406755>
- Tullock, G. (1967). The prisoner's dilemma and mutual trust. *Ethics*, 77(3), 229-230. <https://doi.org/10.1086/291638>
- Ullmann-Margalit, E. (1977). *The emergence of norms*. Oxford: Oxford University Press
- Van Lange, P. A. M., Balliet, D. P., Parks, C. D. & Van Vugt, M. (2016). *Social dilemmas: the psychology of human cooperation*. Translated by Javadi yeganeh, M. & Hoseini, H., Tehran: Research Center for Culture, Art and Communication. [in Persian]
- Wang, J., Yu, F., Zhao, J., Li, F. & He, J. (2021). How costly altruism survives? The rescue of both cooperation and voluntary sharing. *Chaos, Solutions & Fractals*, 143, 110602.

- <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110602>
- Wang, J., Wang, R., Yu, F., Wang, Z. & Li, Q. (2020). Learning continuous and consistent strategy promotes cooperation in prisoner's dilemma game with mixed strategy. *Applied Mathematics and Computation*, 370, 124887. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2019.124887>
- Watts, D., & Strogatz, S. (1998). Collective dynamics of small world networks, *Nature*, 393(6684), 440- 442. <https://doi.org/10.1038/30918>
- Wedekind, C., & Milinsky, M. (2000). Cooperation through image scoring in human. *Science*, 288(5467), 850-852. <https://doi.org/10.1126/science.288.5467.850>
- White, L. A. (2015). *The evolution of culture: the Development of civilization to fall of Rome*. Translated by: Majidi, F., Tehran: Nasl'e Aftab. [in Persian]
- Xiaotong, Q., Siqi, R., & Conglin, P. (2021). A study of Institutional Change in Common-pool Resources Governance Model: Based on Reciprocal Altruistic Game Theory. *4th International Conference on E-Business, Information Management and Computer Science*, 534-539. <https://doi.org/10.1145/3511716.3511797>
- Yamagishi, T. (1986). The provision of sanctioning system as a public good. *Journal of Personality and Social Psychology*, 50(1), 110-198. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.1.110>

استناد به این مقاله: مومنی، فرشاد و شهره، رضا. (۱۴۰۲). کاستی‌های معمای زندانی در تبیین پیدایش نهادها؛ همراه با مقدمه‌ای بر مدل جایگزین. *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۲۸(۹۷)، ۴۴-۸۳.



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

Foundations, Implications and Critiques of the Coase Theorem: A Reassessment

Ali Nassiri Aghdam * 

Assistant Professor, Faculty of Economics,
Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Abstract

The paper aims to reassess “the Coase Theorem” in its historical context and highlight the discernible gap between the Coase Theorem and the often-overlooked arguments articulated by Coase. In “the Problem of Social Costs”, Ronald Coase intended to emphasize on the irrelevance of Pigou's argument in dealing with externalities. The theorem implies that in a world with zero-transaction cost, external effects are internalized without government intervention and the allocation of legal rights does not matter. These implications have led observers to criticize the theorem, notwithstanding the accurate scrutiny reveals that almost all of the critiques center around the main assumption of the theorem – namely, zero transaction costs- rather than the theorem itself. While the correctness of the theorem heavily depends on the concept of “transaction costs”, the concept suffers from a lack of clear definition. It is important to note, in that paper, Coase intended to argue that Pigou's analysis in “the Economics of Welfare” is irrelevant, and in a zero-transaction cost world, market forces internalize externalities, and government intervention is not needed. In contrast, when positive transaction cost is considered the allocation of legal rights and liabilities becomes important. This latter point has been almost ignored in the literature and entailed that the Coase theorem is an unrealistic one.

1. Introduction

Coase Theorem stands as a highly discussed and well-developed theorem in law and economics. The theorem received too much of critiques even before the publication of the Coase's seminal paper. These hot debates made “the Problem of Social Costs” one of the most cited articles in Law and Economics. In this paper I am going to

* Corresponding Author: alin110@atu.ac.ir

How to Cite: Nassiri Aghdam, A. (2024). Foundations, Implications and Critiques of the Coase Theorem: A Reassessment. *Iranian Journal of Economic Research*, 28(97), 84-116.

reconsider the theorem in its historical context and highlight the discernible gap between the Coase Theorem and the often-overlooked arguments articulated by Coase in the aforementioned article.

2. Methods and Material

To conduct the research, I adopted the library and document research method. To do so, I thoroughly reviewed Coase's methodological background and highlighted his consequentialist mind as well as his approach to externalities and rejection of Pigouvian liability and taxation rules. Furthermore, I analyzed critiques of the Coase Theorem and discussed why the theorem has remained robust against those attacks. Finally, I argued why the Coase theorem is a misunderstanding of Coase's approach to real economy and should be interpreted as the departure point of his theoretical approach to real economy.

3. Results and Discussion

Analyzing nuisance and externalities, respectively in legal and economic literature was at the core of the Coase's discussion in "the Problem of Social Costs". At the time, the dominant legal approach to delineate liability was fault based. The Pigouvian solution to internalize externalities had been developed based on this legal tradition. Based on Pigou, taxes have to be employed to motivate polluters or injurers to take into account the costs they impose on others without compensating them.

Coase, first of all, intended to undermine these legal and economic approaches to liability and nuisance. He developed, in that paper, his consequentialist approach to law, based on which alternative liability rules should be assessed in terms of their consequences, and the adopted rule should entail higher total net benefit. This was evident in his opening discussion in which he mentions the case of *Sturges vs. Bridgman*.

In addition, he highlights the role of property rights in performing economies as well as the power of markets in exchanging legal rights and allocating them to the parties who value the rights higher than other parties. He made this clear when he assigned legal rights to farmer and herder alternatively and concluded that the resulting property right is efficient and invariant, regardless of the initial holder of the legal right. This argument named by George Stigler, The Coase Theorem.

In this approach, not only markets are considered as a mechanism which is capable to allocate rights efficiently but also what are exchanged in markets are considered as bundles of rights rather than

mere physical goods and services. He emphasized on this critical point at the concluding part of the paper.

Among these and other exciting issues, what absorbed most attentions was the Coase Theorem and even most of the critics allocated their time and effort to undermine the Theorem, while the Theorem was only the departure point of his arguments. In the first half of the paper, maybe under the influence of the Black Stone Avenue's discussions, he considered the case in which costs of using price mechanism is zero and argued that in such a world, market exchanges would internalize externalities, government intervention is not required, Pigouvian taxes are irrelevant, and the allocation of legal rights does not matter.

In this paper, I discussed alternative critiques of the Coase Theorem and indicated that almost all of them, in fact, argue that in a non-zero transaction costs world the theorem does not hold. This is why these critiques are, in effect, the proof of the theorem rather than its refutation. As a matter of fact, the Coase Theorem is a development of the first fundamental theorem of welfare economics, and both of them are valid in a zero transaction costs world.

4. Conclusion

As indicated, Coase's main argument is different from the Coase Theorem. While the latter underscores the irrelevance of legal rules, the former highlights the importance of legal rules in real world, in which transaction costs are positive. In this world, reducing transaction costs by defining legal rights is efficiency enhancing (normative Coase Theorem). Furthermore, Legal rights should be chosen based on their merits in economizing exchanges and supporting arrangements with higher total net benefits. This is the main mission of the law and economics.


Keywords: The Coase Theorem, Property Rights, Transaction Cost, Liability Rules, Externality.

JEL Classification: H23, D11, K62.



مبانی، نقدها و دلالت‌های قضیه کوز: یک ارزیابی مجدد

استادیار، گروه برنامه‌ریزی و توسعه اقتصادی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

علی نصیری اقدم* 

چکیده

هدف از این مقاله ارزیابی مجددی است از قضیه کوز؛ قضیه‌ای که رونالد کوز در یکی از برج‌های دوقلوی^۱ خود طرح کلی آن را ریخت و نگاه پیگویی به مسئله آثار خارجی و مسئولیت مدنی را مورد انتقاد قرار داد و با اتکا به فلسفه انگلیسی پیامدگرا از مبنا قرار دادن قاعده تقصیر اجتناب نمود. دلالت قضیه کوز از نظر اقتصادی عدم نیاز به مداخله دولت برای حل و فصل مسأله آثار خارجی و از نظر حقوقی، عدم اهمیت چگونگی تخصیص حق است، مشروط به این که هزینه‌های مبادله صفر باشد. همین دلالت‌های حدی، واکنش‌ها و انتقادهای بسیار زیادی را در محافل حقوقی و اقتصادی برانگیخت. ارزیابی موشکافانه نقدها نشان می‌دهد که بسیاری از آن‌ها ریشه در ابهام تعریف هزینه مبادله دارد. این نکته حائز اهمیت است که قضیه کوز با این هدف بیان شده بود که بگوید با فروزی که پیگو در «اقتصاد رفاه» در نظر می‌گیرد، مسئله آثار خارجی موضوعیت پیدا نمی‌کند و آنچه اهمیت دارد تعیین حقوق اولیه است نه تخصیص آن. همچنین، با کنار گذاشتن فرض ناچیز بودن هزینه مبادله، حقوق مالکیت و نحوه تعیین مسئولیت‌ها اهمیت پیدا می‌کند. نکته اخیر در سایه قضیه کوز کمتر مورد توجه قرار گرفت و به آن رنگ و لعابی غیرواقع‌بینانه داد.

واژه‌های کلیدی: قضیه کوز، حقوق مالکیت، هزینه مبادله، قواعد مسئولیت، آثار خارجی.

طبقه‌بندی JEL: H23, K11, D62.

* نویسنده مسئول: alin110@atu.ac.ir

۱. دو مقاله رونالد کوز با عناوین «ماهیت بنگاه» و «مسئله هزینه اجتماعی» که به ترتیب در سال‌های ۱۹۳۷ و ۱۹۶۰ منتشر شدند، پراجاع‌ترین مقالات در ادبیات حقوق و اقتصاد هستند و از این‌رو از آن‌ها با عنوان برج‌های دوقلوی کوز یاد شده است.

۱. مقدمه

در سال ۱۸۷۳ میلادی، در شهر لندن یک پزشک در انتهای باغ خود اتاقی را بنا می‌کند و آن اتاق را محل طبابت خود قرار می‌دهد. پس از مدتی متوجه می‌شود که در ساعات معینی از روز، صدای آزاردهنده‌ای از پشت دیوار به گوش می‌رسد. دیوار مطب، دیوار یک قنادی بود و قنادی در پشت آن، دو هاون بزرگ نصب کرده بود که برای کوبیدن مواد اولیه شیرینی مورد استفاده قرار می‌گرفت و صدای آن مانع از تمرکز پزشک و حتی شنیدن صدای تپش قلب بیماران می‌شد. لذا پزشک به دادگاه شکایت کرد و خواهان توقف صدای ناشی از به کارگیری هاون‌ها شد. صاحب قنادی ادعا داشت که یکی از هاون‌ها را در ۶۰ سال گذشته به همین ترتیب استفاده می‌کرده است و هاون دیگر را ۲۶ سال است که دارد استفاده می‌کند، درحالی که پزشک به تازگی مطب خود را در این محل بنا کرده است. قاضی این پرونده در نهایت صاحب قنادی را مسئول شناخت و در صدور حکم خود به اذیتی^۱ اشاره کرد که کسب و کار قنادی برای پزشک ایجاد کرده بود، درحالی که منطقه مورد نظر یک منطقه تولیدی (نظیر بازار آهن) نبود و در بافت شهری قرار داشت.^۲

در نظام حقوق عرفی^۳، حکم فوق براساس این اصل توجیه می‌شود که اگر عمل کسی باعث وارد آمدن خسارتی به دیگران شود، باید مسئول شناخته شده، خسارت دیگران را جبران کند و از تداوم عمل خسارت‌بار خود اجتناب کند. پیگو^۴ (۱۹۲۰) در «اقتصاد رفاه»^۵ این موضوع را در قالب وجود شکافی میان محصول خصوصی و اجتماعی فعالان اقتصادی تحلیل می‌کند و معتقد است در پرونده‌ای نظیر پرونده «استرگز علیه بریجمن»، بریجمن (قناد) در تولید محصول خود زیانی را که به استرگز (پزشک) وارد می‌کند در نظر نمی‌گیرد و از این رو، [فایده یا] محصول اجتماعی قناد کمتر از [فایده یا] محصول خصوصی اوست. در این چارچوب، رویکرد حقوق عرفی در مواجهه با «اذیت» یا آنچه پیگو «زیان‌های جبران نشده» می‌خواند، رویکردی صحیح است و شخص واردکننده خسارت، باید یا مسئول جبران خسارت شود، یا مالیاتی معادل خسارتی که به دیگران وارد می‌کند پرداخت نماید تا بدین

1. Nuisance

۲. نگاه کنید به: Sturges, V. Bridgman, 11 Ch D. 852(1879)

3. Common Law

4. Pigou, A. C.

5. The Economics of Welfare

ترتیب زیان‌هایی که به دیگران وارد می‌کند در تحلیل هزینه و فایده‌اش وارد شود (آنچه که در اقتصاد، درونی کردن آثار خارجی^۱ خوانده می‌شود).

رونالد کوز^۲ (۱۹۶۰) مقاله «مسئله هزینه اجتماعی»^۳ را با اشاره به موضوع پرونده فوق‌الذکر و نقد رویکرد پیگویی به موضوع شروع می‌کند. از نظر او، این که فعالیت «الف» برای فعالیت «ب» هزینه ایجاد می‌کند، دلیل نمی‌شود برای اینکه شخص «الف» را متحمل هزینه کنیم. از نظر کوز سؤال درست این نیست که آیا واردکننده خسارت باید مسئول شناخته شود یا خیر، بلکه سؤال درست این است که آیا بنگاه «الف» باید اجازه وارد کردن خسارت به فرد «ب» را داشته باشد یا فرد «ب» باید محق شناخته شده، بتواند جلوی ادامه فعالیت «الف» را بگیرد. از نظر او مسئله مهم اجتناب از زیان بیشتر است: آیا تداوم فعالیت قناد و ایجاد مزاحمت برای پزشک محصول بیشتری را نصیب جامعه می‌کند یا رها شدن پزشک از سر و صدای قناد و در نتیجه کاهش سطح محصول قناد؟ کوز معتقد است که از نظر اقتصادی باید منافع کل مورد نظر باشد.

کوز بر این رویکرد متفاوت خود بارها و بارها اشاره کرده است. او با اشاره به مثالی که جورج استیگلر^۴ (۱۹۵۲) در کتاب «نظریه قیمت» بیان می‌کند، توضیح می‌دهد که وقتی کارخانه‌ای با آلوده کردن رودخانه، ماهی‌های موجود برای ماهیگیری را کاهش می‌دهد، سؤال مرتبطی که باید پاسخ داده شود این است که ارزش ماهی‌هایی که در اثر آلوده شدن رودخانه از بین رفته بیشتر است یا افزایش محصولی که کارخانه با داشتن حق آلوده کردن به دست آورده است؟

علاوه بر این، کوز این ادعای مهم را مطرح می‌کند که در شرایط مورد نظر پیگو، از نظر کارایی اهمیتی ندارد که حق به پزشک داده شود یا به قناد. حق به هر یک که داده شود، آثار خارجی در فرآیندی بازاری درونی می‌شود. او در مقاله «کمیسیون ارتباطات فدرال»^۵ (۱۹۵۹) توضیح می‌دهد که صدور قرار منع توسط قاضی، تخصیص نهایی منابع را تعیین نمی‌کند؛ چرا که طرفین دعوا، بعد از روشن شدن حقوق قانونی می‌توانند در خصوص اصلاح

-
1. Internalizing Externalities
 2. Coase, R. H.
 3. The Problem of Social Costs
 4. Stigler, G. J.
 5. The Federal Communications Commission

ترتیبات پیش‌بینی شده در قواعد حقوقی با یکدیگر مذاکره کنند. این ادعا که پیشتر توسط هرزل^۱ (۱۹۵۱) در خصوص تخصیص فرکانس‌های رادیویی مطرح شده بود، یکی از ریشه‌های تاریخی پیدایش قضیه کوز است (Medema, 2021).

از زمان تألیف مقاله «مسئله هزینه اجتماعی» و شکل‌گیری «قضیه کوز» نقدهای بسیاری علیه آن مقاله، قضیه کوز و نویسنده‌اش وارد شده است. در موارد عدیده‌ای قضیه مذکور نادرست تلقی شده (قسمت سوم مقاله را ببینید) و نکته مورد نظر کوز به درستی استنباط نشده است. سؤالی که این مقاله درصدد است به آن پاسخ دهد این است که مقاله مذکور در چه شرایطی و در پاسخ به چه پرسشی نگارش شده، نکته اصلی مورد نظر رونالد کوز چه بوده و ریشه انتقادهای مطروحه چیست؟ نوآوری مقاله حاضر نسبت به نوشته‌های موجود این است که تلاش می‌کند قضیه کوز را در خاستگاه نظری و تاریخی خودش و با ارجاع به روایت شاهدانی که راوی دست اول شکل‌گیری مقاله مسئله هزینه اجتماعی و قضیه کوز بوده‌اند، بازخوانی کند و دلیل شکل‌گیری انتقادات را توضیح دهد. اهمیت چنین مطالعه‌ای این است که با وجود نوشته‌های بسیار در باب این قضیه، درک مشترکی از قضیه مذکور، دلالت‌ها و کاربردهای آن شکل نگرفته و استدلال اصلی رونالد کوز مغفول واقع شده است. این مقاله می‌تواند قدمی در جهت پر کردن این خلأ محسوب گردد.

مقاله حاضر با هدف تشریح مبانی قضیه کوز، استنباط دلالت‌های قضیه و همچنین ارزیابی نقدهای وارد بر آن به این ترتیب سازماندهی شده است: ابتدا قضیه کوز و شرایط مبنایی آن تشریح می‌شود و سپس، دلالت‌های اقتصادی و حقوقی این قضیه استنباط می‌گردد. پس از آن، انتقادهای محافل حقوقی و اقتصادی به قضیه کوز دسته‌بندی شده، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و ابهام در تعریف هزینه مبادله که زمینه طرح انتقادهای مذکور را فراهم آورده، مورد توجه قرار می‌گیرد. پیش از جمع‌بندی، در خصوص کاربردهای قضیه کوز بحث می‌شود و در انتها، بر این نکته تأکید می‌شود که در دنیای واقع، با هزینه‌های مبادله غیر صفر، چگونگی تخصیص حقوق قانونی و مسئولیت‌ها از نظر کارایی اقتصادی اهمیتی شایان دارد.

1. Herzel

۲. قضیه کوز

کوز (۱۹۶۰) پس از این که رویکرد خود را تبیین می‌کند، مقاله خود را براساس میزان «هزینه-های استفاده از مکانیزم قیمت»^۱ به دو قسمت کلی تقسیم می‌کند. در قسمت اول با فرض صفر بودن هزینه‌های مذکور، آثار خارجی مورد نظر پیگو را تحلیل می‌کند و سپس این فرض را کنار می‌گذارد و با فرض واقعی مثبت بودن هزینه‌های داد و ستد، تحلیل خود را ادامه می‌دهد.

او معتقد است که اگر بازارها بدون هزینه^۲ زمین داد و ستد را فراهم آورند، آن وقت برای حل و فصل آثار خارجی دیگر چگونگی تعیین «قواعد حقوقی»^۳ اهمیت ندارد و دادگاه-ها نباید وقت خود را صرف این موضوع کنند و آنچه اهمیت دارد فقط وجود قواعد حقوقی است. این قسمت از استدلال او بعدها «قضیه کوز» نامیده شد و این استیگلر (۱۹۶۶) بود که در ویرایش جدید «نظریه قیمت»^۴ جوهره بیان کوز را ذیل عنوان «قضیه کوز» به این ترتیب صورت‌بندی نمود که «در شرایط رقابت کامل، هزینه خصوصی و اجتماعی با هم برابر است». پس از آن سلی از بیان‌های مختلف از قضیه کوز ارائه شد که گاهی تفاوت‌های فاحشی هم با هم داشتند.

اما کوز چگونه به چنین نتیجه حیرت‌انگیزی دست یافت و چگونه از موضع خود دفاع کرد؟ او معتقد است که اگر مکانیزم قیمت، آن‌طور که در اقتصاد خرد فرض می‌شود و نیز، آن‌طور که پیگو فرض می‌کند، بدون هزینه عمل کند، نه تنها می‌تواند هر کالا را به دست کسی برساند که برایش بیشترین ارزش را قائل است و نه تنها می‌تواند هر عامل تولید را به

۱. «هزینه‌های استفاده از مکانیزم قیمت» تعبیری است که کوز در مقاله ماهیت بنگاه برای اشاره به مفهوم «هزینه‌های مبادله» در سال ۱۹۳۷ به کار گرفت. اصطلاح هزینه مبادله بعدها و در مقاله‌ای منتسب به کنث ارو، دیگر برنده جایزه نوبل اقتصاد، وضع شد.

۲. مدما (۲۰۲۱) با استفاده از اسناد تاریخی توضیح می‌دهد که رونالد کوز در مقاله «کمیسیون ارتباطات فدرال» ادعای کلی خود را بدون توجه به فرض صفر بودن هزینه‌های مبادله مطرح کرده بود و فقط براساس بازخوردی که روی ویرایش اول مقاله‌اش از دوست قدیمی‌اش دانکن بلک دریافت کرده بود، در حد یک پاورقی به این موضوع اشاره کرده بود؛ حال آن‌که به گفته خود دانکن بلک، او در توسعه «نظریه رأی‌گیری و تصمیم‌سازی جمعی» وام‌دار ایده هزینه مبادله کوز در مقاله «ماهیت بنگاه» بود.

3. Legal Rules

4. The Theory of Price

تولید محصولی اختصاص دهد که در آن بیشترین بازدهی را دارد، بلکه حقوق مالکیت را هم می‌تواند طوری تخصیص دهد که مالک هر حق، بیشترین ارزش را برای آن قائل باشد ولو این که تخصیص اولیه آن حق ناکارآمد باشد.

در مثال استیگلر که کارخانه‌ای رودخانه را آلوده می‌کند، اگر قانون حق را به ماهیگیران بدهد و مسئولیت^۱ را متوجه کارخانه‌دار نماید، آنگاه کارخانه‌دار مجبور است تولید پساب آلاینده و در نتیجه تولید محصولش را کاهش دهد، مگر اینکه پس از حساب و کتاب به این نتیجه برسد که آلوده کردن رودخانه و جبران خسارت ماهیگیران کم‌هزینه‌تر از کاهش سطح محصول است. کارخانه‌دار تا جایی به جبران ماهیگیران و رها کردن پساب ادامه می‌دهد که هزینه این کار کمتر از منافع آن در قالب افزایش تولید باشد. به بیان دیگر، کارخانه‌دار حق ماهیگیران در خصوص آزادی از پساب کارخانه را از ایشان خریداری می‌کند و تا جایی این کار را ادامه می‌دهد که حق تولید پساب برایش بیش از حق آزادی از پساب برای ماهیگیران ارزش داشته باشد. به این ترتیب، در نقطه تعادل، حقوق به کسی تخصیص یافته که برای آن بیشترین ارزش را قائل است و همچنین، پرداخت خسارت تا نقطه‌ای تداوم یافته است که مطابق بیان استیگلر، هزینه خصوصی کارخانه‌دار با هزینه اجتماعی‌اش برابر شده است.

اگر قانون حق را به آلوده‌کننده هم بدهد، مشروط به آن که داد و ستد بدون هزینه حقوق مالکیت میسر باشد، نه تنها تأثیری در کارایی تخصیص حقوق ندارد بلکه در همان نقطه‌ای به تعادل کارآمد می‌رسد که با اعطای حق به ماهیگیران رسیده بود (خنتایی). کارخانه‌دار وقتی از حق قانونی خود مبنی بر آلوده کردن رودخانه استفاده می‌کند بدون اینکه کسی بتواند مزاحم او بشود، با پیشنهادهایی از سوی ماهیگیران مواجه می‌شود که خواهان کاهش تولید پساب در قبال پرداخت پول به آلوده‌کننده هستند. افزایش سطح محصول کارخانه‌دار در مواجهه با این پیشنهادهای بازاری تا جایی خواهد بود که خالص ارزش تولید آخرین واحد محصول برایش بیشتر از پیشنهاد ماهیگیران باشد و زمانی حاضر خواهد شد از «حق آلوده کردن» استفاده نکند که ارزش آن کمتر از ارزش «حق آلوده نشدن» برای ماهیگیران

باشد. این تعادل، درست همان نقطه تعادلی است که با دادن حق به ماهیگیران حاصل می‌شود.^۱

در همین چارچوب است که پولینسکی^۲ (۱۹۸۰) قضیه کوز را با اشاره به عدم اهمیت قواعد حقوقی، به این ترتیب فرموله می‌کند که «اگر هزینه‌های مبادله صفر باشند، ساختار حقوق اهمیت ندارد، چرا که در هر صورت کارایی حاصل خواهد شد» و زرب^۳ (۱۹۸۰) قضیه را با اشاره به عدم تأثیر نحوه تخصیص قواعد مسئولیت، این‌طور بازگو می‌کند که «در دنیایی که هزینه‌های مبادله صفر است، تخصیص منابع کارا خواهد بود و نقطه کارا با تغییر قواعد قانونی مسئولیت تغییر نمی‌کند؛ البته اگر آثار درآمدی را نادیده بگیریم».

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید زرب به این نکته اشاره می‌کند که یکی از شروط برقراری قضیه کوز فقدان اثر درآمدی است. یعنی، وقتی که پرداخت‌های جبرانی انجام می‌شود، مطلوبیت فرد گیرنده به اندازه کاهش مطلوبیت فرد پرداخت‌کننده زیاد می‌شود. حال آن‌که این‌طور نیست و با فرض خوش‌رفتار بودن توابع مطلوبیت با افزایش پرداخت‌های جبران سرعت افزایش مطلوبیت فرد دریافت‌کننده کاهش می‌یابد، حال آن‌که سرعت کاهش مطلوبیت فرد پرداخت‌کننده افزایش می‌یابد (Bowles, 2006, Ch.6).

به این نکته باید فرض دسترسی به پس‌انداز یا امکان استقراض را اضافه کرد. فردی که مسئول شناخته می‌شود، باید بتواند پرداخت‌های جانبی را انجام دهد تا امکان حرکت به سمت نقطه بهینه فراهم شود. اگر فردی پس‌انداز نداشته باشد یا نتواند از بانک قرض بگیرد، نمی‌تواند پرداخت‌های جانبی را انجام دهد و در نتیجه فرصت مبادله میان افراد کاهش می‌یابد و دسترسی به تخصیص کارآی اجتماعی غیرممکن می‌شود (همان).

۱. در نشستی که پس از انتشار مقاله «کمیسیون ارتباطات فدرال» به دعوت استیگر در منزل ارون دیرکتور، سردبیر مجله حقوق و اقتصاد و برادرزن میلون فریدمن برگزار شد، وقتی که بحث میان فریدمن و کوز داغ شده بود، هاربرگر به فریدمن می‌گوید که اگر بخواهی این استدلال کوز را رد کنی که فارغ از نحوه تخصیص حقوق قانونی، تعادل یکسانی به دست می‌آید باید بتوانی نشان دهی که منحنی‌های هزینه نهایی با تغییر حقوق قانونی، تغییر می‌کند و اگر نکند کوز درست می‌گوید. کوز (۲۰۱۴) به این نکته هاربرگر به عنوان نقطه چرخش فضای جلسه اشاره می‌کند (به نقل از مدم، ۲۰۲۱)

2. Polinsky, A. M.

3. Zerbe, R. O., Jr

۳. دلالت‌های قضیه کوز

منظور از دلالت^۱ این است که اگر شرایط قضیه کوز برقرار باشد، از نظر اقتصادی، نقش دولت در مواجهه با آثار خارجی چیست و از نظر حقوقی، قواعد مسئولیت در حل و فصل زیان‌های جبران نشده چه نقشی دارند.

از نظر حقوقی دلالت قضیه کوز این است که شکل قواعد حقوقی اهمیت ندارد و تنها وجود یا عدم وجود قواعد مذکور است که اهمیت دارد. فارغ از اینکه آلوده‌کننده مسئول باشد یا محق، میزان یکسانی از آلودگی ایجاد می‌شود و همچنین، تعدد حوادث غیر عمد (خطا) مستقل از این است که خاطی مسئول تلقی شود یا آسیب‌دیده. ساختار حقوق در حمایت از قراردادها اثری در تخصیص منابع از طریق فرآیندهای قراردادی ندارد (Medema and Zerbe, 1999). برتراند^۲ (۲۰۲۰) به نقل از استیگلر این دلالت را تحت عنوان «استقلال نتایج»^۳ مطرح می‌کند که استیگلر آن را یافته بسیار مهم کوز می‌دانسته: «چیزی که در قضیه کوز خارق‌العاده بود، این بود که شیوه تعیین حقوق قانونی اثری بر روش‌های تولید ندارد» (Stigler, 1972). یعنی، تلاش قضات برای اصلاح رفتارهای افراد جامعه بی‌ثمر است و همه اصلاحات لازم برای تخصیص کارآمد را بازار اعمال می‌کند. طبیعی است که این دلالت به مذاق حقوقی‌ها خوش نیاید (Medema and Zerbe, 1999).

از نظر اقتصادی دلالت قضیه کوز این است که اگر بازارها رقابتی و هزینه‌های مبادله صفر باشد، برای حل و فصل مسأله آثار خارجی نیازی به مداخله دولت و اتخاذ راهکارهای پیگویی نیست.^۴ تنها چیزی که برای درونی شدن آثار خارجی لازم است تعیین حقوق افراد نسبت به آثار خارجی است و مهم نیست که این حق به چه کسی تخصیص داده شود. ناگفته نماند که چنین دلالتی به مذاق اقتصاددانان شیکاگو بسی خوش آمد و شاید همین شیرینی

1. Implication

2. Bertrand, E.

3. Independence Thesis

۴. یکی از کاربردهای این قضیه را دمستر و لین (۱۹۸۵) به تصویر کشیدند، زمانی که با مطالعه تجربی خود نشان دادند که کوچکی و بزرگی سهامداران تأثیری در عملکرد شرکت‌ها در ایالات متحده نداشته است و در نتیجه، در فرآیند خصوصی‌سازی نباید نگران اندازه خریداران و میزان خرد شدن سهامداران بود. همچنین مشابه قضیه کوز، قضیه مودیگلیانی و میلر حاکی از آن است که در صورت صفر بودن هزینه مبادله فرقی نمی‌کند که بنگاه‌ها با چه ابزاری (سود توزیع نشده یا انتشار اوراق بدهی) فعالیت خود را تأمین مالی نمایند.

پرهیز دادن از مداخله دولت باعث شده باشد که این قسمت از مقاله «مسأله هزینه اجتماعی» بر قسمت مهم‌تر آن سایه بیندازد (همان).

در این رابطه بوکانن و تالوک^۱ (۱۹۶۲) چنین می‌نویسند: «اگر هزینه‌های سازماندهی تصمیمات^۲ صفر باشد، همه آثار خارجی از طریق رفتار خصوصی داوطلبانه حذف می‌شوند، فارغ از این که ساختار اولیه حقوق مالکیت چه باشد. در این حالت، هیچ مبنای منطقی برای دولت یا اقدام جمعی وجود ندارد، مگر برای تعیین اولیه و حداقلی قدرت افراد برای تصرف منابع». گاهی از این هم فراتر رفته و بر مبنای برهان کوز ادعا می‌کنند که «تخصیص حقوق مالکیت در اقتصادهای واقعی کارآمد است و گذار از یک نظام اقتصادی به نظام دیگر را می‌توان به مثابه برون‌داد چانه‌زنی کوزی که مقوم کارایی است تلقی کرد». (Bowles, 2006). شاهد این مدعا بیان هرولد دمستز^۳ (۱۹۶۶) است که می‌گوید:

ممکن است تصور شود بنگاهی که از نیروی کار برده استفاده می‌کند، همه هزینه‌های فعالیت‌هایش را تشخیص نمی‌دهد، چرا که می‌تواند این کار را با پرداخت دستمزدی در حد حداقل معاش انجام دهد. اگر مذاکره مجاز باشد، این حرف، حرف درستی نیست؛ چرا که بردگان می‌توانند بر مبنای بازده انتظاری حاصل از آزاد بودن، برای آزادی خود مبلغی را برای پرداخت، به بنگاه پیشنهاد دهند. بنابراین، می‌توان هزینه برده‌داری را در محاسبات بنگاه درونی کرد. [چرا که بنگاه با ادامه استفاده از نیروی کار برده، پرداخت‌های پیشنهادی او را از دست می‌دهد]. گذار از سیرف^۴ به انسان آزاد در اروپای فئودالی مثالی است از این فرآیند.

وقتی قضیه کوز به حد کفایت با دقت بیان می‌شود تا درست از آب درآید، تمام چیزی که می‌گوید این است که: اگر هیچ مانعی برای چانه‌زنی کارآمد وجود نداشته باشد، آن‌گاه برون‌داد چانه‌زنی، کارآمد خواهد بود (Bowles, 2006). این دلالت بدان معنا نیست که در

1. Buchanan, J. M. & Tullock, G.

2. Organizing Decisions

3. Demsetz, H.

۴. در سیستم فئودالی به رعایای وابسته به زمین که برده نبودند ولی در عمل هم آزاد نبودند، سرف (serf) گفته می‌شد.

دنیای واقعی هم چنین است و تخصیص حقوق مالکیت به نحو کارآمد در بازار انجام می‌شود. خود کوز (۱۹۶۰) در این رابطه می‌گوید:

البته این [قضیه] دلالت بر این معنا ندارد که وقتی هزینه‌های مبادلات مثبت است، اقدامات دولت ... نمی‌تواند نتیجه‌ای بهتر از اتکا بر مذاکره میان افراد در بازار ایجاد کند. این موضوع را می‌توان با مطالعه آنچه دولت‌ها در عمل انجام می‌دهند دریافت کرد، نه با مطالعه دولت‌های خیالی. نتیجه‌گیری من: اجازه دهید دنیایی را مطالعه کنیم که هزینه‌های مبادلاتی در آن مثبت است.

در انتها اشاره به این نکته جالب است که برخی از محققان از این در وارد شده‌اند که دولت می‌تواند با کاهش هزینه اطلاعات، زمینه تسهیل چانه‌زنی‌های کوزی را فراهم کند تا از این طریق تخصیص منابع کارآمد حاصل شود (Posner, 2017).

۴. نقدهای قضیه کوز و مسئله صفر بودن هزینه مبادله

با گذشت ۶۰ سال از زمان تألیف «مسئله هزینه اجتماعی»، هنوز هم مخاطبانی که با قضیه کوز مواجه می‌شوند ابراز حیرت می‌کنند و با طرح سؤالات مختلف تلاش می‌کنند خود را از گوشه رینگی که کوز تعبیه کرده است، خارج کنند. بی‌دلیل نیست که پس از انتشار مقاله «کمیسیون ارتباطات فدرال» به سال ۱۹۵۹ که طرح اولیه نظریه کوز در آن مطرح شده بود، اقتصاددانان بزرگی چون مارتین بیلی^۱، میلتون فریدمن^۲، ارنولد هاربرگر^۳، روبن کسل^۴، گرگ لوئیس^۵، جان مک‌گی^۶، لوید مینتز^۷، جورج استیگلر به همراه رونالد کوز و ارون دیرکتور^۸ در خانه دیرکتور جمع شدند و از کوز خواستند تا از ادعای خود دفاع کند، درحالی که در ابتدای جلسه اغلب آنها ادعای کوز را نادرست می‌دانستند^۹ (Cheung,)

1. Martin Bailey
2. Milton Friedman
3. Arnold Harberger
4. Ruben Kessel
5. Gregg Lewis
6. John McGee
7. Lloyd Mints
8. Aron Director

۹. مدما (۲۰۲۱) با یک بحث تاریخی در این ادعا تردید می‌کند و آن را بیشتر ناشی از بیان غیردقیق خاطرات توسط

استیگلر می‌داند. او توضیح می‌دهد که وقتی نسخه اولیه مقاله «کمیسیون ارتباطات فدرال» به دست ارون دیرکتور ←

1987).^۱ همین ابهام‌ها و حیرت‌ها و تلاش‌های زیادی که برای نقد و دفاع از مقاله به عمل آمد، آن را به یکی از پرارجاع‌ترین مقالات تاریخ اقتصاد و پرارجاع‌ترین مقاله گرایش «حقوق و اقتصاد» تبدیل کرد.

«کارایی»^۲ تعادل بازار و «یکسانی»^۳ نقطه تعادل فارغ از نحوه تخصیص حقوق قانونی، دو ادعای اصلی قضیه کوز است. در نقد این دو ادعا تلاش‌های بسیاری شده و محققان مختلف تلاش کرده‌اند نشان دهند که با وجود آثار خارجی، بازار نمی‌تواند به‌طور خودکار به کارایی برسد و حتی اگر به چنین نتیجه‌ای برسد نقطه تعادل بسته به نحوه تخصیص حقوق قانونی و مسئولیت‌ها متفاوت خواهد بود، نه یکسان.

به نظر می‌رسد ریشه عمده اختلاف نظرها و نقدها و پاسخ‌ها به شرایط و بستر انجام مبادلات برمی‌گردد. رونالد کوز (۱۹۶۰) وقتی می‌خواهد بگوید که شکل قواعد مسئولیت و نحوه تخصیص آن‌ها تأثیری در کارایی تخصیص منبع ندارد، فرض می‌کند که بازارها به‌صورت هموار کار می‌کنند و بلافاصله در داخل پرانتز توضیح می‌دهد که منظورش این

← می‌رسد، او این مقاله را به همکارانش در شیکاگو نشان می‌دهد و بازخورد آن‌ها را در قالب دو نامه به کوز منعکس می‌کند. از مضمون نامه‌ها چنین برمی‌آید که اهالی شیکاگو با استدلال اصلی کوز مخالف نبودند و معتقد بودند که اگر فرد آسیب‌رسان نتواند با تغییر رفتار خود اندازه آسیب را کم و زیاد کند، داد و ستد بازاری می‌تواند منجر به تخصیص کارآمد شود و نحوه تخصیص حقوق قانونی تغییری در این تخصیص ایجاد نمی‌کند و همچنین، اگر اندازه آسیب متغیر باشد، مسئول دانستن فرد آسیب‌رسان منجر به تخصیص کارآمد می‌شود. ولی مسئول دانستن طرف مقابل منجر به باج‌خواهی او شده و به‌صورت تهاجمی مقدار آسیب را افزایش می‌دهد. در این حالت هیچ‌یک از ویژگی‌های کارایی و یکسانی تعادل برقرار نیست. از نظر مداما موضوع اصلی نشست عصرگاهی اهالی شیکاگو، حل و فصل این موضوع بوده که اثر خود را در صفحات ۲ تا ۸ مقاله کوز (۱۹۶۰) نشان می‌دهد.

۱. حتی کوز (۱۹۹۲) جایی عنوان کرده است که وقتی من مقاله را می‌نوشتم چنین طرح کلی از موضوع در ذهن نداشتم و فقط می‌خواستم رویکرد پیگو را نقد کنم. بعدها و تاحدی در اثر مباحثه با استیون چونگ متوجه اثر معنادار آن نوشته در نظریه اقتصادی شدم.

2. Efficiency

3. Invariance

است که سیستم قیمت‌ها بدون هزینه عمل می‌کند.^۱ اما گویا این سطح از تبیین، شرایط زمینه‌ای را کفایت نکرده و همین ابهام به دامنه وسیعی از مقالات دامن زده است.^۲

استیگلر (۱۹۶۶) برای تصریح شرایط مفروض قضیه کوز به «رقابت کامل»^۳؛ کالابرسی^۴ (۱۹۶۸) به «عقلانیت، عدم وجود هزینه‌های مبادله و فقدان هر نوع مانع حقوقی در برابر چانه‌زنی»؛ ریگان^۵ (۱۹۷۲) به «دنیای رقابت کامل، اطلاعات کامل و صفر بودن هزینه‌های مبادله»؛ پولینسکی (۱۹۸۰) و زرب (۱۹۸۰) به «صفر بودن هزینه‌های مبادله»؛ فرچ^۶ (۱۹۷۹) به «نبود اثر ثروت روی تقاضا، نبود هزینه‌های مبادله و وجود حقوق آلوده کردن»؛ کوتر و یولن^۷ (۲۰۰۷) به «امکان مذاکره و حل و فصل اختلافات از طریق همکاری» و هافمن و اسپیتزر^۸ (۱۹۸۲) به «امکان مذاکره، دانش کامل، بازارهای رقابتی، هزینه‌های صفر مبادله، نظام دادگاهی بدون هزینه، وجود تولیدکنندگان حداکثرکننده سود و مصرف‌کنندگان حداکثرکننده مطلوبیت، نبود اثر ثروت و بهره‌برداری از هر فرصت چانه‌زنی سودآور که برای طرفین سودآور باشد» اشاره کرده‌اند.

کوتر^۹ (۱۹۸۷) در نگارش مدخلی با عنوان «قضیه کوز» برای فرهنگ واژگان اقتصاد پالگریو^{۱۰} بین سه روایت از این قضیه تمایز قائل می‌شود. وجه تمایز آن‌ها این است که یکی «آزادی داد و ستد حقوق افراد» را، دیگری «صفر بودن هزینه مبادله داد و ستد حقوق مذکور» را و سومی «وجود رقابت کامل برای مبادله حقوق قانونی افراد» را فرض گرفته است.

کوتر (۱۹۸۷) ادعا می‌کند که فرموله کردن قضیه کوز در هر کدام از تفاسیرش با موانعی مواجه است که این موضوع حکایت از آن دارد که این قضیه شاید نادرست یا «این

1. Pricing system works smoothly (strictly this means that the operation of a pricing system is without cost).

۲. آلن (۲۰۱۵) در این باره به تفصیل بحث کرده و بر این باور است که اغلب نقدهای قضیه کوز ناشی از عدم وجود درک روشن و مشترک از مفهوم هزینه مبادله و ارتباط آن با حقوق مالکیت است.

3. Perfect Competition

4. Calabresi, G.

5. Regan, D. H.

6. Frech, H. E.

7. Cooter and Ulen

8. Hoffman, E. and Spitzer, M. L.

9. Cooter, R. D.

10. Palgrave Dictionary

همان‌گویی^۱ است. با این حال، او نشان می‌دهد که چیزی که در تفسیر «رقابت کامل» نادرست است می‌تواند در تفسیر «هزینه مبادله صفر»^۲ درست باشد. برای مثال، زمانی که یک کشاورز و دامدار با هم درخصوص خسارت ناشی از گاوهای دامدار برای محصولات کشاورز مذاکره می‌کنند، آنها قیمت حق مالکیت را، آن‌طور که در رقابت کامل فرض می‌شود، از بازار نمی‌گیرند بلکه از طریق مذاکره درخصوص آن به تفاهم می‌رسند. یعنی با فرض «رقابت کامل» برای این اثر خارجی راه حل کوزی وجود ندارد، ولی با فرض صفر بودن هزینه مبادله، برای این اثر خارجی که تنها دو نفر را تحت تأثیر قرار داده است، راه حل کارآمد وجود دارد.

مقاله‌ای که مدما و زرب (۱۹۹۹) در دایره‌المعارف حقوق و اقتصاد نوشته‌اند شاید بهترین و جامع‌ترین مقاله‌ای باشد که در ارزیابی قضیه کوز به رشته تحریر درآمده است و مرجع مناسبی است برای مطالعه نقدهای قضیه کوز و پاسخ‌های آن. در ادامه این قسمت ضمن مرور مهم‌ترین نقدهای قضیه کوز و پاسخ‌های آن، بر این نکته تأکید می‌گردد که ریشه این تعارض‌ها، ابهام درخصوص تعریف هزینه مبادله است^۳ و اگر هزینه مبادله با آن جامعیتی تعریف شود که آلن^۴ (۱۹۹۹) در نظر می‌گیرد، آن‌گاه می‌توان اذعان کرد که قضیه کوز قضیه صائبی است؛ یعنی، اگر هزینه‌های مبادله را معادل «هزینه‌های تحصیل و حفظ حقوق مالکیت» تعریف کنیم^۵ و «صفر بودن هزینه‌های مبادله را معادل تعریف به‌طور کامل روشن حقوق مالکیت در نظر بگیریم»، آن‌گاه قضیه کوز درست است.

1. Tautology

2. Zero Transaction Costs

۳. رونالد کوز که خود از واضعین مفهوم هزینه مبادله است، گویا هیچ‌گاه از این واژه برای اشاره به آن مفهوم استفاده نکرده و تعریف دقیقی هم از آن ارائه نکرده است. او هم در مقاله «ماهیت بنگاه» به سال ۱۹۳۷ و هم در «مسئله هزینه اجتماعی» به سال ۱۹۶۰ از عبارت «هزینه‌های استفاده از مکانیزم قیمت» یا عبارت «هزینه‌بر بودن مبادلات بازاری» استفاده کرده و جا را برای تفسیرهای مختلف باز گذاشته است.

4. Allen, D. W.

۵. اریک پوزنر (۲۰۱۷) با اشاره به ابهامی که در تعریف هزینه مبادله وجود دارد، استدلال می‌کند که «قضیه کوز» جزء ایده‌هایی است که باید فراموش شود، اگر چه اصل کار کوز که به طراحی بهینه نهادهای حقوقی و بازاری دامن زد، واجد ارزش فراوان است.

- لزوم وجود رانت در وضعیت رقابتی

وقتی فرض بر رقابت کامل است، امکان پرداخت‌های کوزی بین طرفین یک اثر خارجی وجود ندارد؛ چراکه در رقابت کامل در بلندمدت هیچ سود اقتصادی یا رانتی وجود ندارد که طرف مسئول (برای مثال، آلوده‌کننده) بخواهد از آن محل خسارت طرف مقابل را بپردازد. همچنین، اگر حق با آلوده‌کننده باشد، آلوده‌شونده منبعی ندارد که بخواهد از آن محل پولی برای توقف آلاینده‌ها بپردازد و حق مربوط به آن را خریداری نماید. از این رو، ولیزا^۱ (۱۹۶۴) ادعا کرده است که قضیه کوز تنها در صورتی برقرار است که رانت‌های ریکاردویی وجود داشته باشد که البته چنین چیزی با فرض رقابت کامل قابل جمع نیست.^۲ در پاسخ، فرض کنید که آلوده‌کننده مسئول جبران خسارت شناخته شده است و از محل رانت هم درآمدی ندارد. در این صورت، وی مجبور می‌شود که در بلندمدت از صنعت خارج شود. خروج او از صنعت یک نتیجه کارآمد است، چراکه پیش از مسئول شناخته شدن، او به مدد تحمیل بخشی از هزینه‌هایش به دیگران (آثار خارجی) در صنعت باقی مانده بود و در مقابل، اگر آلوده‌کننده حق آلوده کردن را به طور قانونی داشته باشد، آلوده‌شونده پول یا رشوه‌ای را برای توقف آلوده‌سازی به او پیشنهاد می‌دهد و او باز هم سطح فعالیت خود را کاهش می‌دهد، چراکه با این کار درآمدی کسب می‌کند که پیش از این قادر به تحصیل آن نبود. بنابراین، فارغ از این که حق به چه کسی تخصیص یابد، نبود رانت مانعی برای دستیابی به یک تخصیص کارآمد واحد (یکسان) نیست (Medema and Zerbe, 1999).

- ورود به بازار در بلندمدت

اگر آلوده‌کننده مسئول جبران خسارت آلوده‌شونده‌ها شناخته شود، آن‌گاه ممکن است افراد انگیزه پیدا کنند وارد فعالیتی شوند که تحت تأثیر آلودگی قرار گرفته است تا بدین طریق مستحق دریافت جبران خسارت شناخته شوند. در این صورت، سطح تولید در این فعالیت به سطحی بیش از حد بهینه افزایش می‌یابد و اگر آلوده‌کننده محق شناخته شود، آن‌گاه دیگران هم انگیزه پیدا می‌کنند وارد فعالیت آلوده‌کننده شوند و به این ترتیب، تولید این صنعت به

1. Wellisz, S.

۲. در این خصوص نگاه کنید به: Shapiro, D. L. (1974)

بیش از حد بهینه افزایش می‌یابد و در مقابل، تولید صنعت مقابل به کمتر از سطح بهینه کاهش می‌یابد. در این چارچوب، ابتدا تعادل حاصل کارآمد نیست و بعد، با تغییر مسئولیت نقطه تعادل هم تغییر می‌کند و «یکسان» نیست (Calabresi, 1965؛ Bramhall & Mills, 1966؛ Frech, 1979؛ Baumol, 1972).

از نظر «کارایی»، وقتی که هزینه مبادله صفر باشد و فرصت سودآوری وجود داشته باشد، به طور حتم، مبادلات مربوط انجام شده و در بلندمدت کارایی به سیستم بازمی‌گردد. اما برای بررسی «یکسانی» ابتدا لازم است به تمایزی توجه کنیم که برخی از محققان نظیر دمستر (۱۹۷۲) و هولدرنس^۱ (۱۹۸۹) بین دو نظام حقوقی باز و بسته قائل شده‌اند. منظور از حقوق باز این است که استفاده از یک دارایی محدودیت ندارد و ورود و خروج به آن آزاد است، درحالی که در نظام حقوق بسته تنها کسانی می‌توانند از دارایی استفاده کنند که حق استفاده از آن را از دارندگان آن حق خریداری کرده‌اند.

در مثال ماهیگیران و کارخانه آلوده‌کننده، نظام حقوقی بسته به معنای آن است که ورود به رودخانه و اقدام به ماهیگیری مستلزم خرید مجوز از دارندگان مجوز ماهیگیری است. وقتی که قانون‌گذار آلوده‌کننده را مسئول می‌شناسد، اثر این تخصیص حقوقی در قیمت مجوز ماهیگیری منعکس می‌شود و در یک بازار رقابتی بازدهی ماهیگیری به سرعت برابر می‌شود با بازدهی سایر فعالیت‌های اقتصادی و لذا افراد انگیزه‌ای برای ورود به بازار پیدا نمی‌کنند.

در مثال فوق، نظام حقوقی باز بدین معناست که هر کس می‌تواند بدون خرید مجوز وارد محدوده رودخانه شود و ضمن ماهیگیری، از آلوده‌کننده مطالبه جبران خسارت نماید (که البته این به معنای آن است که حقوق استفاده از رودخانه به صورت روشن تصریح نشده است). یعنی، حتی کسی که در دعوای اولیه جزء طرفین دعوا نبوده، پس از صدور حکم می‌تواند وارد فعالیت ماهیگیری شود و بالعکس، عدم تعلق حق به ماهیگیران بازدهی ماهیگیری را کاهش می‌دهد و آنها را ترغیب به خروج از صنعت می‌کند. یعنی، حسب نحوه تخصیص حقوق و مسئولیت‌ها ورود به صنعت یا خروج از آن اتفاق می‌افتد که این نقض فرض «یکسانی» است (Holderness, 1989).

1. Holderness, C. G.

از دسته‌بندی فوق روشن است که «یکسانی» در جایی برقرار است که نظام حقوق بسته قابل اعمال است (نظیر حقوق مالکیت زمین) و در مقابل، در جایی برقرار نیست که نظام حقوق باز موضوعیت دارد (نظیر حقوق تصادفات که افراد آزادانه می‌توانند یکی از طرفین دعوا قرار بگیرند یا از دامنه آن خارج شوند). با این حال، در نظام حقوق باز نقض «یکسانی» نقض قضیه کوز نیست؛ چراکه با فرض دسترسی آزاد، اساس قضیه کوز مبنی بر تعریف روشن حقوق مالکیت خدشه‌دار شده، افراد می‌توانند بدون پرداخت بابت یک حق از مزایای آن بهره‌مند شوند. یعنی، در این نظام، امکان مبادله بازاری حقوق وجود ندارد و به اصطلاح، هزینه مبادله آنها صفر نیست.^۱ یعنی، رد «یکسانی» تعادل در شرایط حقوقی باز، دلیلی بر نادرستی قضیه کوز نیست بلکه دلیلی است بر این که در این نظام هزینه مبادله صفر نیست (Medema and Zerbe, 1999).

– مسأله گروکشی^۲

فرض کنید که در مثال کارخانه‌ای که رودخانه را آلوده می‌کند، حق به ماهیگیران داده شود و کارخانه‌دار مسئول جبران خسارت آنها شناخته شود. کارخانه‌دار برای کسب اجازه تولید یک واحد بیشتر از محصول آلاینده باید با پرداخت خسارت، رضایت ماهیگیران را جلب کند. اگر خسارت ناشی از هر واحد محصول ۱۰۰ تومان باشد و ۱۰۰ ماهیگیر داشته باشیم، آلوده‌کننده باید به هر ماهیگیر یک تومان خسارت پرداخت کند. او به سراغ تک‌تک آنها می‌رود و نفری یک تومان به آنها می‌پردازد. نوبت به نفر ۱۰۰ام که می‌رسد با دریافت یک تومان اجازه‌نامه را امضا نمی‌کند. چون نفر آخر می‌داند که تولید این واحد از محصول بستگی به رضایت خاطر او دارد، مبلغی بیش از یک تومان را مطالبه می‌کند که در اصطلاح به آن مسئله گروکشی و سوءاستفاده از موقعیت اطلاق می‌شود. طبیعی است که کارخانه‌دار این موضوع را پیش‌بینی کند و وارد مذاکره با ماهیگیران نشود (Gruber, 2013).

۱. آلن (۱۹۹۵) حقوق مالکیت اقتصادی را معادل توانایی یک نفر در اعمال انتخاب درخصوص یک کالا، خدمت یا شخص تعریف می‌کند بدون این که متحمل مجازات شود. در واقع، از این منظر صفر بودن هزینه مبادله معادل است با تصریح کامل حقوق مالکیت.

2. Hold Up Problem

در دنیای واقع، رخداد چنین چیزی به طور قطع محتمل است و امکان سوءاستفاده افراد از موقعیت‌شان در چانه‌زنی وجود دارد. ولی وقتی که فرض می‌شود چانه‌زنی و مبادله بدون هزینه است، بدین معنا است که طرف‌های موضوع به راحتی و با هزینه صفر یکدیگر را پیدا می‌کنند، مذاکره می‌کنند و توافق را به اجرا می‌گذارند. در این معنا، «گروکشی» نقدی بر قضیه کوز نیست بلکه نقدی است بر فرض صفر بودن هزینه مبادله.

– مسأله سواری مجانی^۱

در مثال فوق فرض کنید که به دلیل تعدد ماهیگیران و احتمال وقوع مسأله گروکشی، دادگاه یا قانون‌گذار حق را به شرکت آلوده کننده بدهد. در این حالت ماهیگیران باید مبلغی را به آلوده کننده پرداخت کنند تا او راضی شود سطح تولیدش را کاهش دهد. همچنین، فرض کنید که کاهش هر واحد محصول منجر به کاهش ۱۰۰ تومان از خالص عایدی آلوده کننده می‌شود و ماهیگیران خواهان کاهش ۱۰۰ واحدی تولید آلوده کننده هستند و تعداد ماهیگیران هم ۱۰۰ نفر است و در نتیجه، هزینه‌ای که هر ماهیگیر باید برای راضی کردن آلوده کننده پردازند ۱۰۰ تومان است. ماهیگیران یک‌به‌یک به آلوده کننده مراجعه می‌کنند و ۱۰۰ تومان می‌پردازند و او هم به ازای هر ۱۰۰ تومان، یک واحد تولیدش را کاهش می‌دهد. نوبت به آخرین ماهیگیر که می‌رسد با خود فکر می‌کند که ۹۹ واحد کاهش تولید هم کفایت می‌کند و ضرورتی برای شخص او ندارد که ۱۰۰ دلار پردازد. و چون در واقعیت، همه با خود چنین می‌اندیشند کسی اقدام به پرداخت برای کاهش آلودگی نمی‌کند (Gruber, 2013).

این نقد اشاره دارد به پرهزینه بودن سازماندهی اقدام جمعی. چون ماهیگیران انگیزه گرفتن سواری مجانی دارند به طور خودانگیخته سهم خود را پرداخت نمی‌کنند و هر مکانیسمی که بخواهد بر این امر نظارت داشته باشد و اجرای توافق میان ماهیگیران را تضمین کند، هزینه‌بر است. مانند مورد قبل، پاسخ می‌تواند این باشد که قضیه کوز معطوف به مواردی است که چنین هزینه‌هایی صفر است و اگر در دنیای واقع این هزینه‌ها صفر نیست، موضوع در محدوده قضیه کوز قرار نمی‌گیرد.

1. The free rider problem

- جدایی‌ناپذیری توابع هزینه^۱

یکی از عوامل ایجاد آثار خارجی، جدایی‌ناپذیر بودن توابع هزینه است. یعنی، آلوده‌کننده همزمان با تولید خود هزینه‌هایی را به آلوده‌شونده وارد می‌کند که وی بابت این هزینه‌ها جبران نمی‌کند (Hindriks & Myles, 2013). به همین قیاس، این نقد بر قضیه کوز وارد شده است که پرداخت‌های کوزی نمی‌تواند منجر به درونی شدن آثار خارجی شود. فرض کنید که مسئولیت جبران خسارت ماهیگیران به شرکت آلوده‌کننده رودخانه تخصیص یافته باشد. به ازای هر سطح از فعالیت آلوده‌کننده، مقدار خسارت ماهیگیران متفاوت است و این بستگی به سطح فعالیت ایشان دارد (برای نمونه، ساعاتی که به ماهیگیری اختصاص می‌دهند). بنابراین، ماهیگیران برای دریافت خسارت بیشتر سطح فعالیت خود را به سطحی بیش از سطح بهینه افزایش می‌دهند و آلوده‌کننده هم برای اجتناب از پرداخت خسارت سطح فعالیت خود را به کمتر از سطح بهینه کاهش می‌دهد (Marchand, J. R. & Russell, 1973).

در ارزیابی این نقد، مرچند و راسل (۱۹۷۳) چنین فرض کرده‌اند که مالک هر دو طرف اثر خارجی یک فرد واحد باشد. در این صورت، فارغ از جدایی‌پذیر بودن یا نبودن توابع هزینه، تولید هر دو طرف در سطح بهینه انجام می‌شود. افرادی نظیر ناتر^۲ (۱۹۶۸)، کونلو^۳ (۱۹۷۵) و زرب (۱۹۸۰) این استدلال را بسط داده و فرض کرده‌اند که دو طرف طی یک قرارداد با هم ادغام شوند و رفتار مالک واحد را تقلید کنند. اگر ادغام انجام شود، آنگاه جدایی‌ناپذیری توابع هزینه دلیلی بر ناکارآمدی نیست. مرچند و راسل (۱۹۷۵) با اشاره به هزینه‌های ادغام، این دفاع را قابل قبول ندانسته‌اند ولی ایشان با اشاره به هزینه‌های ادغام، فرض صفر بودن هزینه مبادله را نقض کرده‌اند. سومین دفاعی که در این چارچوب از قضیه کوز شده، این است که نقد مذکور ناظر بر تعریف ناقص حقوق مالکیت است و در واقعیت، آلوده‌شونده می‌تواند از آلوده‌کننده پولی را بگیرد که بابت آن چیزی به وی پرداخت نکرده است. چنین چیزی در دامنه قضیه کوز نمی‌گنجد.

1. Non- separable cost functions

2. Nutter, W. G.

3. Coelho, P. R. P.

– عدم تحدب^۱

بسیاری از نظریه‌های اقتصادی با فرض تحدب یا خوش‌رفتار بودن توابع مطلوبیت، تولید و سود، صورت‌بندی شده است. معنای این فرض، به‌طور مثال در فضای تولید، نزولی بودن تولید نهایی است که خود را در شیب نزولی و کاهنده منحنی هم، مقداری تولید نشان می‌دهد. یا در اقتصادی که دو کالا تولید می‌شود (کالای مربوط به صنعت آلوده‌کننده و کالای صنعت آلوده‌شونده) نزولی بودن تولید نهایی خود را در شیب نزولی و فزاینده منحنی امکانات تولید نشان می‌دهد که معنای آن این است که با افزایش تولید کالای آلاینده، تولید کالای آلوده‌شونده کاهش می‌یابد و نرخ این تغییر فزاینده است.

استرتر^۲ (۱۹۷۲) آثار خارجی را به عدم تحدب نسبت داده است؛ به این معنا که با فرض وجود آثار خارجی در فضای امکانات تولید به جایی می‌رسیم که تولید کالای آلاینده منجر به صفر شدن تولید طرف مقابل می‌شود و با کاهش یا افزایش تولید آلوده‌کننده تأثیری در تولید کالای آلوده‌شونده ایجاد نمی‌شود (تولید نهایی کاهنده نیست بلکه صفر است و به همین قیاس شیب منحنی امکانات تولید نیز صفر است).

اگر در قسمتی که منحنی امکانات تولید غیرمحدب است، آلوده‌کننده محق باشد، آلوده‌شونده انگیزه‌ای برای پرداخت به او برای کاهش سطح تولید ندارد؛ چراکه در این صورت آلوده‌شونده متحمل پرداخت هزینه می‌شود ولی منفعتی در قالب افزایش تولید نصیب نمی‌شود. بالعکس، اگر حق با آلوده‌شونده باشد، آلوده‌کننده حاضر به پرداخت است و تا جایی که این کار ادامه می‌دهد که هزینه راضی کردن آلوده‌شونده کمتر از منفعت ناشی از تولید بیشتر توسط آلوده‌کننده باشد. در این صورت، تعادل در جایی رخ می‌دهد که تولید آلوده‌شونده مثبت (غیرصفر) است که این به معنای نقض فرضیه «یکسانی»^۳ است. قوت این نقد به قدری است که شاپیرو^۴ (۱۹۷۷) را در مقام سردبیر مجله نظریه اقتصادی^۵ متقاعد نمود که بگوید استدلال استرتر «اعتبار قضیه کوز را از بین برد».

-
1. Non-Convexity
 2. Starrett, D. A.
 3. Invariance Hypothesis
 4. Shapiro, D. L.
 5. Journal of Economic Theory

مدما و زرب (۱۹۹۹) در واکنش به نقد بالا چنین استدلال می‌کنند: درست است که وقتی تولید در قسمت غیرمحدب قرار گرفته است، پرداخت یک دلار توسط آلوده‌کننده همراه با عایدی برای وی نیست ولی این بدان معنا نیست که اگر بهبود پارتویی میسر باشد، آن بهبود محقق نخواهد شد. برای مثال، ممکن است آلوده‌شونده به جای یک دلار، ۱۵ دلار پیشنهاد بدهد و در عوض آن، از محل تولید خودش ۲۰ دلار نصیبش شود. اگر چنین فرصتی برای بهبود وجود داشته باشد، با فرض صفر بودن هزینه مبادله (مشمول بر هزینه اطلاعات) آلوده‌شونده آن را تشخیص می‌دهد و برای کسب آن اقدام می‌کند. اگر در پاسخ گفته شود که کسب این اطلاعات پرهزینه است و آلوده‌شونده نمی‌تواند مطمئن باشد که در مقیاس بزرگتر چه منافعی در انتظارش است و در نتیجه، نمی‌تواند از فرصت‌های مربوط بهره‌برداری کند، معادل آن است که گفته شود هزینه مبادله صفر نیست که باز هم نقد مطروحه در خارج از دامنه قضیه کوز قرار می‌گیرد.

– اثر حقوق اولیه بر ثروت و عدم برقراری قاعده «یکسانی» تعادل

هالپین^۱ (۲۰۰۷) در یک نقد ویژه تلاش می‌کند «قضیه کوز» را رد کند. خلاصه استدلال او این است که تخصیص حق (یا مسئولیت) اولیه روی ثروت افراد تأثیر می‌گذارد و در واکنش به این تأثیر، بسته به نوع تخصیص حقوق قانونی اولیه، تعادل در تخصیص منابع در نقاط مختلفی رخ خواهد داد. برای مثال، رابطه دامدار و کشاورزان در مقاله کوز (۱۹۶۰) را در نظر بگیرید. اگر دامدار مسئول باشد، باید خسارت کشاورز را جبران کند و در صورتی این کار را می‌کند که ارزش استفاده‌ای که از زمین‌های مورد اختلاف می‌کند بیش از ارزش آن برای کشاورز باشد. عکس آن هم زمانی صادق است که مسئولیت متوجه کشاورزان باشد. حال، اگر کشاورزان مسئول باشند و لازم باشد مبلغی را به دامدار پرداخت کنند که اندازه گله خود را برای کاهش خسارت، کوچک کند، ممکن است به این فکر بیفتند که زمین خود را طوری تغییر کاربری دهند که با بزرگ و کوچک شدن اندازه گله آسیب نبینند و لازم نباشد که با دامدار وارد مذاکره شوند (برای نمونه، مزرعه پرورش ماهی درست کنند). بنابراین، نحوه تخصیص حقوق اولیه قانونی بر تخصیص منابع تأثیرگذار است و قاعده «یکسانی» تعادل برقرار نیست.

1. Halpin, A.

آلن (۲۰۱۵) نقد فوق را با این منطق پاسخ می‌دهد. فرض صفر بودن هزینه مبادله به معنای کامل بودن حقوق مالکیت است. یعنی، روشن است که تمام حقوق مترتب بر زمین کشاورز و گله دامدار چیست و آن‌ها چه کارهایی را می‌توانند با اموال خود انجام دهند. وقتی حقوق مالکیت روشن است، هر نوع سلب حقی مستلزم یک پرداخت جبرانی است و در این فرآیند ثروت افراد کم و زیاد نمی‌شود. وقتی ثروت افراد کم و زیاد نمی‌شود، تعادل در کاربری اراضی هم تغییر نمی‌کند. «اشتباهی که هالپین می‌کند به نسبت روشن است. اگر میزان ثروت در حالت اول متفاوت از حالت دوم است، به این معنا است که هزینه‌های مبادلاتی صفر نیست و به‌طور طبیعی، تخصیص منابع بستگی دارد به نحوه تخصیص مسئولیت‌ها» (Allen, 2015).

۵. کاربردهای قضیه کوز

آیا قضیه کوز کاربردی هم دارد؟ کوز در حقیقت، به دنبال بی‌اعتبار کردن استدلال پیگو و تجویز سیاستی او در دنیای رقابت کامل بود. او می‌خواست توضیح بدهد که اگر هزینه چانه‌زنی صفر باشد، طرفین یک اثر خارجی از طریق مذاکره می‌توانند آن را درونی کنند و نیازی به مداخله دولت نیست. با این حال، بعد از او مباحث زیادی در خصوص کاربردی بودن قضیه کوز مطرح شد. عده‌ای آن را فقط یک کنجکاوی فکری دانسته، کاربردی برای آن در نظر نگرفته‌اند.^۱ در مقابل، عده‌ای با پذیرش محدودیت‌های کاربردی آن، توضیح داده‌اند که در چه شرایطی این قضیه کاربرد دارد^۲ و در نهایت، عده‌ای برآنند که تخصیص حقوق مالکیت اولیه و مجاز شمردن چانه‌زنی براساس آن، یک گزینه سیاستی قابل دفاع است.^۳

هرولد دمستر (۱۹۶۶) در مقاله «به سوی نظریه‌ای در باب حقوق مالکیت»، توضیح می‌دهد که سربازی اجباری از مصادیق آثار خارجی است و با به رسمیت شناختن چانه‌زنی و تخصیص حقوق اولیه (مجاز دانستن خریدن سربازی یا خرید خدمات سربازان) می‌توان این اثر خارجی را درونی کرد. همچنین، او توضیح می‌دهد که با قائل شدن حق خرید آزادی

۱. برای مثال، اندرسن (۲۰۱۹) را ببینید

۲. نظیر فیلد و فیلد (۲۰۰۹)

۳. مثل برک و هلفاند (۲۰۱۱)

برده‌ها، کارایی در این بازار ارتقا پیدا می‌کند. در مقاله‌ای دیگر به همراه لین^۱ (۱۹۸۵) و براساس یک کار کمی نشان می‌دهد که مالکیت خرد یا کلان تأثیری در عملکرد شرکت‌های فهرست شده در بورس ایالات متحده ندارد. بعدها این یافته در فرآیند گذار کشورهای بلوک شرق مورد استناد قرار گرفت و خصوصی‌سازی انبوه با کوچک‌سازی سهام به عنوان یک گزینه قابل دفاع به زمامداران وقت آن‌ها توصیه شد. این قضیه در زمینه تأمین مالی هم کاربرد پیدا کرد و استدلال شد که تأمین مالی از منابع درون شرکت اثری مشابه تأمین مالی از بیرون شرکت دارد و شیوه تأمین مالی ارزش شرکت را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد (قضیه موسوم به قضیه مودیلیانی و میلر^۲).

البته این یافته‌ها بدون انتقاد باقی نماند. گذار ناموفق در کشورهای مثل روسیه، بازنگری در این توصیه‌ها را موجب شد. برای مثال، اینتریلیگیتور^۳ و تعدادی از اقتصاددانان مطرح دنیا در سال ۱۹۹۶ طی نامه‌ای به بوریس یلتسین^۴ گوشزد کردند که صرف انتقال مالکیت مشکلی از اقتصاد را حل نمی‌کند و اگر نظر، گذار به بازار است، باید دانست که عصاره اقتصاد بازار، رقابت است. این موضوع در ایران و به‌ویژه در نقد سهام عدالت نمود یافت. مهدوی و میدری (۱۳۸۴)، وقتی که زمزمه‌های کوچک‌سازی و توزیع سهام مطرح شده بود، در یک مطالعه کمی نشان دادند یافته‌های دمستز و لین در ایران برقرار نیست و اندازه سهامداران در عملکرد نگاه‌ها مؤثر است و اگر در کشورهای این اثر دیده نمی‌شود، ناشی از نهادهایی است که طی دهه‌های متمادی در آن کشورها شکل گرفته و نظارت مؤثر سهامداران بر مالکان را میسر نموده است. در واقعیت، تفاوت در این است که سطح هزینه مبادله در کشورهای مختلف و در زمینه‌های مختلف چقدر است. اگر هزینه مبادله به واسطه برقراری ساخت نهادی مناسب کم باشد، می‌توان انتظار دستیابی به نتیجه کارا تر (بهبود پارتو) را داشت.

در حقیقت، نکته اصلی در کاربرد قضیه کوز مربوط به سطح هزینه مبادله است. «در صورتی که تعداد طرف‌های بازی محدود و کم باشد، به‌گونه‌ای که مذاکره آسانی بین آنها محقق شود و مذاکره مربوط به نتیجه برسد، خودبه‌خود، راه حل کارآمدی محقق خواهد شد و مفاد قضیه کوز به واقعیت خواهد رسید» (دادگر، ۱۳۸۶). در دنیای واقعی، به‌طور

-
1. Demsetz, H. & Lehn, K.
 2. Modigliani–Miller Theorem
 3. Michael Intriligator
 4. Boris Yeltsin

معمول تعداد طرف‌های بازی بیش از دو نفر است. با این حال، گاهی مشاهده شده است که وجود یک انحصارگر یا دولت محلی یا یک تشکل مردم‌نهاد توانسته است نقش نهاد کاهنده هزینه مبادله را ایفا نماید (Deryugina, et al., 2021).

گاهی ترس از شکایت مؤثر افتاده است. برای مثال، شرکت تولید برق امریکا در ایالت اوهایو ۹۰ واحد مسکونی را که در معرض آسیب‌های ناشی از سوزاندن ذغال سنگ برای تولید برق بودند، خرید (Kolstad, 2011). شرکت‌های متعدد دیگری نظیر اکسن، شل و کونوکو^۱ از همین استراتژی استفاده کرده‌اند و برای اینکه کارشان به دادگاه کشیده نشود، املاک اطراف شرکت خود را تملک کرده‌اند (Deryugina, et al., 2021). به این ترتیب، ترس از دادگاه باعث ادغام و صفر شدن هزینه چانه‌زنی بین آلوده‌شونده و آلوده‌کننده شده است. ضمن اینکه مشکل هماهنگی میان تعداد زیاد آلوده‌شوندگان با وجود انحصار در طرف آلوده‌کننده برطرف شده است (همان).

قانون آب پاک^۲ (مصوب ۱۹۷۲) به واحد مهندسی ارتش ایالات متحده این قدرت را داده بود که جلوی ساخت و ساز در زمین‌های باتلاقی را بگیرد. این قانون، حقوق قانونی را به‌طور کامل به واحد مذکور تخصیص داده بود. اما این موضوع منجر به توقف ساخت و سازها نشد و طی مذاکراتی، در ازای ساخت بر روی بخشی از زمین‌ها، سازنده‌ها پذیرفتند که بخش بزرگتری از زمین‌های باتلاقی را آباد نمایند (Field & Field, 2009).

با این حال، پرداخت‌ها محدود به این نمی‌شود که باید طرف آسیب‌رسان به طرف آسیب‌دیده یا در معرض آسیب، پرداخت جبرانی انجام دهد یا آن را تصاحب نماید. برای مثال، در شهر نیویورک مالکان یک مجتمع مسکونی توافق کردند برای جلوگیری از ساختن یک ساختمان بلندمرتبه در روبه‌روی آن‌ها که دید ساختمان را کور می‌کرد ۱۱ میلیون دلار پرداخت کنند. به‌طور مشابه، مارک زاکربرگ^۳، برای حمایت از حریم خصوصی و امنیت خانه خود تمام خانه‌های اطراف را خرید. یا یک شرکت زیرمجموعه نستله^۴ که آب معدنی تولید می‌کند، برای جلوگیری از تولید نیترات توسط کشاورزان (به واسطه مصرف زیاد کود) و آلوده کردن آب‌های منطقه، زمین‌های کشاورزان را خرید و با آن‌هایی که حاضر به فروش

1. Exxon, Shell, and Conoco
 2. Clean Water Act
 3. Mark Zuckerberg
 4. Nestle

نشوند، قرارداد منعقد کرد که در عوض مصرف کمتر کود، دام‌های خود را در مزارع ویتل بچرانند. این الگو در سایر شرکت‌های زیرمجموعه نستله هم به کار گرفته شد (Phaneuf & Requate, 2017). این مثال نمونه‌ای است که نشان می‌دهد یک آلوده‌شونده به آلوده‌کننده‌های متعدد پرداخت کرده است و مسئله هماهنگی به واسطه وجود انحصار در طرف آلوده‌شونده مدیریت شده است.

به‌طور خلاصه، برای کاربرد قضیه کوز یا باید هزینه مبادله کم باشد یا به طریقی هزینه مبادله کم شده باشد که نمونه‌های عملی آن در مثال‌های بالا مرور شد.^۱

۶. ملاحظات پایانی

شاید خوانندگان از این نحوه برخورد آزرده‌خاطر شده باشند که چرا همه مسائلی که در دنیای واقع موضوعیت دارد، خارج از دامنه قضیه کوز قرار می‌گیرد و چرا همه چیز به تفاوت دنیای با هزینه مبادله صفر و غیرصفر تقلیل داده می‌شود. در دفاع از کوز می‌توان چنین استدلال کرد که کوز مقاله خود را در دو قسمت کلی تدوین کرده است: در یک قسمت ادعا کرده است که در دنیایی که پیگو در نظر دارد (یعنی در دنیای هزینه مبادله صفر)، آثار خارجی از طریق مکانیزم قیمت درونی می‌شود و تنها وظیفه قاضی و مقنن تعیین حق و مسئولیت اولیه است و نحوه تخصیص حقوق و مسئولیت‌ها توسط بازار تعیین می‌شود. در نتیجه، استنباط پیگو در حمایت از مالیات‌های اصلاحی و رویه پذیرفته شده در حقوق عرفی مبنی بر مسئول دانستن آلوده‌کننده درست نیست.

استیون چونگ (۲۰۲۰) البته، این را اشتباه کوز می‌داند که از فضای تأکید بر تعریف حقوق مالکیت وارد فرض صفر بودن هزینه‌های مبادله شد. از نظر او قضیه اصلی را کوز در مقاله کمیسیون ارتباطات فدرال در قالب این عبارت بیان کرد: «تعریف حقوق مقدمه لازم و اجتناب‌ناپذیر مبادلات بازاری است». از نظر چونگ اشتباه کوز این بود که صفر بودن هزینه‌های مبادله را شرط کرد و این شرط به معنای عدم نیاز به بازار است: «اگر هزینه‌های مبادله صفر باشد، در واقعیت، بازاری وجود نخواهد داشت» (Cheung, 2020). چونگ این

۱. برای توضیح بیشتر نکته اخیر دادگر (۱۳۸۶) و کوتر و یولن (۲۰۰۷) را ببینید.

نکته را در مقاله سال ۱۹۸۲ خود توضیح داده بود که محدودیت فضا اجازه نقل قول کامل آن استدلال را نمی‌دهد.

با این حال باید توجه داشت که کوز برای نقد پیگو، و بنا به گفته مدما (۲۰۲۱) برای پرداختن به مباحث خیابان بلک استون^۱، وارد این فضا شد. ناگفته نماند که استیگر هم در پوشاندن لباس علمی به قامت استدلال کوز، قضیه کوز را به آن ترتیب فرموله کرد. کوز (۱۹۹۲) می‌گوید که «من با استیگر [در بیان قضیه] مخالفتی ندارم»، ولی «من تمایل دارم که به قضیه کوز به عنوان نقطه شروعی برای تحلیل اقتصاد با هزینه‌های مبادله مثبت نگاه کنم».^۲ به عبارت دیگر، کوز به هیچ وجه معتقد نیست که در دنیای واقع هزینه مبادله صفر است و معتقد نیست که نحوه تخصیص حقوق قانونی حائز اهمیت نیست و تأثیری در کارایی اقتصادی ندارد. اجازه دهید با نقل قولی از کوز ببینیم باور واقعی او چیست:

«تا اینجا، بحث براساس این فرض پیش رفته است که مبادلات بازاری هیچ هزینه‌ای ندارد. البته که این فرض بسیار غیرواقع‌بینانه است. برای انجام دادن یک مبادله بازاری باید مردم را از قصد خود مطلع نمایم و فردی را پیدا کنیم که حاضر به معامله باشد، باید با او مذاکرات لازم را انجام دهیم، قراردادی برای انجام دادن معامله تنظیم کنیم و بعد هم نظارت کنیم تا مفاد قرارداد در عمل رعایت شود و ...^۳ این عملیات اغلب اوقات بسیار هزینه‌بر است. گاهی هزینه‌ها به قدری بالا است که مانع از تحقق بسیاری از مبادلات می‌شود. حال آن که اگر سیستم قیمت‌ها بدون هزینه عمل می‌کرد، این مبادلات به سرانجام می‌رسید.

در قسمت‌های قبلی، زمانی که در خصوص بازاریابی حقوق قانونی^۴ از طریق مکانیسم بازار صحبت می‌کردیم، استدلال [ما] این بود که تا جایی که بازاریابی حقوق قانونی از طریق بازار منجر به افزایش ارزش تولید شود، این بازاریابی انجام می‌شود. ولی آن استدلال مبتنی بر فرض بی‌هزینه بودن

1. The Blackstone Avenue

۲. برای بحث کامل‌تر برتراند (۲۰۲۰) را ببینید.

۳. آلن (۲۰۱۵) با اشاره به این فهرست از هزینه‌ها توضیح می‌دهد که این فهرست است نه تعریف هزینه مبادله.

4. Rearrangement of Legal Rights

مبادلات بازاری بود. اگر هزینه‌های مبادلات بازاری به حساب آید، روشن است که بازآرایی در حقوق قانونی از طریق بازار زمانی انجام می‌شود که افزایش ارزش تولید که به تبع بازآرایی حقوق حاصل می‌شود، از هزینه‌های بازآرایی بیشتر باشد. زمانی که افزایش ارزش تولید کمتر از هزینه‌های بازآرایی حقوق قانونی باشد، آن‌گاه صدور قرار منع^۱ (یا محتمل دانستن آن) یا مسئولیت پرداخت خسارت می‌تواند منجر به توقف یک فعالیت (یا شروع نشدن آن) شود؛ درحالی‌که اگر مبادلات بازاری بدون هزینه بود، این فعالیت‌ها انجام می‌شد. در این شرایط، تعیین اولیه حقوق قانونی بر کارایی سیستم اقتصادی اثر دارد و یک آرایش حقوق قانونی نسبت به سایر آرایش‌های قانونی ارزش تولید بالاتری را به همراه دارد که اگر این آرایش حقوقی توسط سیستم قانونی کشور تثبیت نشود، هزینه‌های دستیابی به آن از طریق بازار و تغییر دادن و ترکیب کردن حقوق مختلف [براساس مبادلات داوطلبانه] ممکن است به قدری زیاد باشد که آرایش مطلوب حقوقی هیچ‌گاه حاصل نشود. (Coase, 1960).

به‌طور خلاصه، اگر هزینه مبادله به قدری بالا باشد که مانع از بازآرایی خودانگیخته حقوق قانونی شود، آن‌گاه نحوه تخصیص حقوق قانونی از نظر کارایی حایز اهمیت است و اگر نظام حقوقی در این زمینه درست عمل نکند، بر عملکرد اقتصادی تأثیر منفی می‌گذارد. در دنیای واقع، یا باید تلاش کرد هزینه‌های مبادله را کاهش داد تا بازار بتواند ما را به تخصیص کارآمد برساند (قضیه هنجاری کوز) یا نظام حقوقی باید حق و مسئولیت را به نحوی تخصیص دهد که کاراترین نتیجه (بیشترین ارزش تولید) برای اقتصاد حاصل شود.^۲ نکته اخیر یکی از وجوه اساسی تمایز میان تحلیل اقتصادی (و پیامد‌گرایی) حقوق از تحلیل سنتی (و علت‌گرایی) حقوق است.

گلن فاکس^۳ (۲۰۰۷) معتقد است که پیام واقعی کوز از مقاله «مسئله هزینه‌های اجتماعی» به‌درستی دریافت نشد. خود «رونالد کوز بر این باور است که قضیه‌ای که به نام او عنوان

1. Injunction

۲. نگاه کنید به: کوتر و یولن (۲۰۰۷)، فصل ۴

3. Fox, G.

گرفته، حامل پیامی متضاد پیام مورد نظر اوست». «متأسفانه، از آنجا که ما توجه خود را به چیزی معطوف کردیم که او نمی‌خواست بگوید، ما در نیافتیم که او چه می‌خواست بگوید. در نتیجه، ما نه به اندازه کافی قدر دان پیام واقعی او بوده‌ایم و نه به حد کفایت منتقد آن».

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

ORCID

Ali Nassiri Aghdam  <https://orcid.org/0000-0002-2989-2271>

منابع

- اینتریلگیتور، مایکل (۱۹۹۶). یک سیاست اقتصادی جدید برای روسیه. ترجمه حسین راغفر، منتشر شده در کتاب «دولت، فساد و فرصت‌های اجتماعی: تعامل اندیشه‌ها در اقتصاد سیاسی توسعه»، انتشارات نقش و نگار، ۱۳۸۲، ۳۴۷-۳۵۱.
- دادگر، یداله (۱۳۸۶). نقش قضیه Coase و هزینه مبادله در تحولات جدید اقتصادی. *نامه مفید*، ۶۰، ۸۹-۱۱۴.
- کوتر، رابرت و یولن، تامس. (۲۰۰۷). *حقوق و اقتصاد؛ ترجمه یداله دادگر و حامده اخوان هزاوه*، انتشارات پژوهشکده اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس و انتشارات نور علم، ۱۳۸۸.
- مهدوی، ابوالقاسم و میدری، احمد. (۱۳۸۴). ساختار مالکیت و کارایی شرکت‌های فعال در بازار اوراق بهادار تهران. *تحقیقات اقتصادی*، ۴۰ (۴)، ۱۰۳-۱۳۱.

References

- Allen, D. W. (1999). Transaction costs in *Encyclopedia of law and economics*, edited by Bouckaert, B. and De Geest, G., I, 893-926.
- Allen, D. W. (2015). The coase theorem: coherent, logical, and not disproved, *Journal of Institutional Economics*, 11(2), 379-390. doi:10.1017/S1744137414000083
- Anderson, D. A. (2019). *Environmental economics and natural resource management*; 5th edition, Routledge.
- Baumol, W. J. (1972). On taxation and the control of externalities. *The American Economic Review*, 62(3), 307-322. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2354.2012.00689.x>
- Berck, P. & Helfand, G. (2011). *The economics of the environment*. Addison Wesley.
- Bertrand, E. (2020). George Stigler, the first apostle of the *Coase theorem*; in "George Stigler" edited by C. Freedman, 445-457, doi: 10.1057/978-1-137-56815-1_15

- Bowles, S. (2006). *Microeconomics: behavior, institutions and evolution*; New York: Princeton University Press.
- Bramhall, D. F., & Mills, E. S. (1966). A note on the asymmetry between fees and payments. *Water Resources Research*, 2(3), 615-616. <https://doi.org/10.1029/wr002i003p00615>
- Buchanan, J. M. & Tullock, G. (1962). *The calculus of consent: logical foundations of constitutional democracy*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Calabresi, G. (1965). The decision for accidents: an approach to non-fault allocation for costs. *Harvard Law Review*. 78, 713-745. <https://doi.org/10.2307/1338791>
- Calabresi, G. (1968). Transaction costs, resource allocation and liability rules—a comment. *The Journal of Law and Economics*, 11(1), 67-73. <https://doi.org/10.1086/466644>
- Cheung, S. N. S. (1987). Coase, Ronald Harry in *the new Palgrave: A dictionary of economics*; edited by John Eatwell, Murray Mileage and Peter Newman, 1, 455-457.
- Cheung, S. N. S. (2020). On a fallacy in the Coase theorem and the theorem of transaction costs substitution. *The Man and the Economy*, 7(2), 1-11, <https://doi.org/10.1515/me-2020-0013>
- Coase, R. H. (1937). The nature of the firm. *Economica*, 4(16), 368-405. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0335.1937.tb00002.x>
- Coase, R. H. (1959). The federal communications commission. *Journal of Law and Economics*, 2, 1-40. <https://doi.org/10.1086/466549>
- Coase, R. H. (1960). The problem of social cost. *Journal of Law and Economics*, 3, 1-44. <https://doi.org/10.1086/466560>
- Coase, R. H. (1992). The institutional structure of production. *American Economic Review*, 82(4), 713-719. https://doi.org/10.1007/0-387-25092-1_3
- Coase, R. H. (2014). Law and economics: A personal journey. *Man and the Economy*, 1(1), 69–78. <https://doi.org/10.1515/me-2014-0005>
- Coelho, P. R. P. (1975). Externalities, separability and resource allocation: comment. *American Economic Review*, 65, 721-723. <https://doi.org/10.2307/2525673>
- Cooter, R. D. (1987). Coase theorem in "*The new Palgrave: A dictionary of economics*"; edited by John Eatwell, Murray Mileage and Peter Newman, 1, 457-460.
- Cooter, R. D. and Ulen, T. (2007). *Law and Economics*. Addison Wesley. 5th edition. Translated into Persian by Yadollah Dadgar and Hamedeh Akhavan Hezaveh. Tarbiat Modares University Press, 2009.
- Dadgar, Yadollah (2008). The Role of Coase Theorem and Transaction Costs in Changes of Economic Theory. *Name-ye Mofid*, 13 (60), 89-114. (In persian)
- Demsetz, H. (1966). Towards a Theory of Property Rights. *American Economic Review*, 57(2), 347-359. https://doi.org/10.1057/9780230523210_9
- Demsetz, H. (1972). Wealth distribution and the ownership of rights. *The Journal of Legal Studies*, 1(2), 223-232. <https://doi.org/10.1086/467483>
- Demsetz, H., & Lehn, K. (1985). The structure of corporate ownership: Causes and consequences. *Journal of political economy*, 93(6), 1155-1177. <https://doi.org/10.1086/261354>

- Deryugina, T., Moore, F. & Tol, R. (2021). Environmental applications of the Coase theorem; *Environmental Science & Policy*, 120, 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.03.001>
- Field, B. C. & Field, M. K. (2009). *Environmental economics: An Introduction*; 5th edition, New York.
- Fox, G. (2007). The real Coase theorems. *Cato Journal*, 27(3), 373-396.
- Frech III, H. E. (1979). The extended Coase Theorem and long run equilibrium: the nonequivalence of liability rules and property rights. *Economic Inquiry*, 17(2), 254-268. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1979.tb00311.x>
- Gruber, J. (2013). *Public finance and public policy*. New York: Worth Publishers, fourth edition.
- Halpin, A. (2007). Disproving the Coase theorem? *Economics and Philosophy*, 23(3), 321-341. <https://doi.org/10.1017/s0266267107001514>
- Herzel, L. (1951). "Public Interest" and the Market in Color Television Regulation. *University of Chicago Law Review*, 18 (4), 802-16. <https://doi.org/10.2307/1598016>
- Hindriks, J. & Myles, G. D. (2013). *Intermediate public economics*. Cambridge, Massachusetts: The MIT press, Second edition.
- Hoffman, E., & Spitzer, M. L. (1982). The Coase theorem: Some experimental tests. *The Journal of Law and Economics*, 25(1), 73-98. <https://doi.org/10.1086/467008>
- Holderness, C. G. (1989). The assignment of rights, entry effects, and the allocation of resources. *The Journal of Legal Studies*, 18(1), 181-189. <https://doi.org/10.1086/468145>
- Intriligator, M. D. (1996). A New Economic Policy for Russia. Economic Notes, translated into Persian by Hossein Raghfar, published in a collection entitled "State, Corruption and Social Opportunities", Naghsh va Negar Press, 2004.
- Kolstad, C. D. (2011). *Intermediate environmental economics*; 2nd international edition, Oxford University Press.
- Mahdavi, A. and Meidari, A. (2006). Ownership Structure and the Corporate Efficiency of Listed Companies in Tehran Stock Exchange Market, *Tahghighat-e Eghtesadim* 40 (4), 103-132. (In Persian)
- Marchand, J. R. and Russell, K. P. (1973). Externalities, liability, separability and resource allocation. *American Economic Review*, 63, 611-620.
- Marchand, J. R. and Russell, K. P. (1975). Externalities, liability, separability and resource allocation: reply. *American Economic Review*, 65, 730-732.
- Medema, S. G. & Zerbe, R. (1999). Cease theorem in *the encyclopedia of law and economics*, edited by Bouckaert, B. and De Geest, G., I, 836-892.
- Medema, S. G. (2021). What happened at Blackstone Avenue? Exorcising Coase theorem mythology. *CHOPE Working Paper*, No. 2021-14, 41 pages.
- Modigliani, F.; Miller, M. (1958). The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment. *American Economic Review*. 48 (3): 261-297. JSTOR 1809766
- Nutter, G. W. (1968). The Coase theorem on social cost: a footnote. *The Journal of Law and Economics*, 11(2), 503-507. <https://doi.org/10.1086/466656>

- Phaneuf, D. J. & Requate, T. (2017). *A course in environmental economics-theory, policy and practice*. Cambridge University Press.
- Pigou, A. C. (1920). *The economics of welfare*. London: MacMillan, 4th ed. 1932.
- Polinsky, A. M. (1980). Resolving nuisance disputes: The simple economics of injunctive and damage remedies. *Stanford Law Review*, 33, 1075-1112. <https://doi.org/10.2307/1228549>
- Posner, E. A. (2017). Coase theorem in *Economic ideas you should forget* edited by B.S. Frey and D. Iselin, 101-103. doi 10.1007/978-3-319-47458-8_44
- Regan, D. H. (1972). The problem of social cost revisited. *The Journal of Law and Economics*, 15(2), 427-437. <https://doi.org/10.1086/466745>
- Shapiro, D. L. (1974). A note on rent and the Coase theorem. *Journal of Economic Theory*, 7(1), 125-128. [https://doi.org/10.1016/0022-0531\(74\)90086-6](https://doi.org/10.1016/0022-0531(74)90086-6)
- Shapiro, D. L. (1977). A note on rent and the coase theorem: Editorial addendum. *Journal of Economic Theory*, 14, 221-222. [https://doi.org/10.1016/0022-0531\(77\)90094-1](https://doi.org/10.1016/0022-0531(77)90094-1)
- Starrett, D. A. (1972). Fundamental nonconvexities in the theory of externalities. *Journal of Economic Theory*, 4(2), 180-199. [https://doi.org/10.1016/0022-0531\(72\)90148-2](https://doi.org/10.1016/0022-0531(72)90148-2)
- Stigler, G. J. (1952). *The theory of price*. New York, Macmillan.
- Stigler, G. J. (1966). *The theory of price*. 3rd ed., New York, Macmillan.
- Wellisz, S. (1964). On external diseconomies and the government-assisted invisible hand. *Economica*, 31(124), 345-362. <https://doi.org/10.2307/2550514>
- Zerbe, R. O., Jr (1980). The problem of social cost in retrospect. *Research in Law and Economics*, 2, 83-102.

استناد به این مقاله: نصیری اقدم، علی. (۱۴۰۲). مبانی، نقدها و دلالت‌های قضیه کوز: یک ارزیابی مجدد.

پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۸(۹۷)، ۸۴-۱۱۶.



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



Ecological Footprint Calculation for Land-Use Prediction: A Dynamic Input–Output Approach

Simin Azizmohammadi 

Ph.D. Student, Faculty of Social Sciences and Economics, Alzahra University, Tehran, Iran

Fatemeh Bazzazan * 

Professor, Faculty of Social Sciences and Economics, Alzahra University, Tehran, Iran

Abstract

Human demand for natural resources is surpassing the Earth's biocapacity and regenerative capacity, leading to environmental degradation. Accurate research is essential to investigate and predict these changes more precisely. The ecological footprint serves as a suitable index for tracking human demand, resource recovery capacity, and waste absorption in the environment. The concept aims to offer a land-based measure that estimates the impact of consumption on the environment in the land area required to fulfill consumption. The dynamic input–output approach represents a novel method for measuring the ecological footprint, predicting land use based on economic growth rates. Pioneering the dynamic ecological footprint calculation using real-world data, the current study calculated Iran's ecological footprint by relying on 1395/2016 input-output tables from the Central Bank in three sectors: agriculture, industry, and services. The per-capita ecological footprint for Iran was determined to be 0.42 hectares with an 8% planned economic growth rate. If the ecological footprint continues to grow at the same rate, it is estimated that Iran's land biocapacity will be depleted by the year 1412/2033. Considering a growth rate of 6.4% (excluding oil) in the year 1395/2016, this scenario is anticipated to occur by the year 1417/2038.

* Corresponding Author: fbazzazan@alzahra.ac.ir

How to Cite: Azizmohammadi, S., & Bazzazan, F. (2024). Ecological Footprint Calculation for Land-Use Prediction: A Dynamic Input–Output Approach. *Iranian Journal of Economic Research*, 28(97), 117-151.

1. Introduction

Land use has undergone significant changes due to urbanization and the expansion of economic activities, surpassing the Earth's capacity for regeneration and absorption and resulting in environmental degradation. Exacerbated by population growth, the issue has caused more serious concerns among policymakers and researchers regarding the future of the environment. It is thus necessary to measure human demand and regenerative capacity of natural resources. In this respect, the ecological footprint is considered a useful measure, defined as an environmental index that quantifies natural resource consumption based on land use, and reflects the impact of human demand on nature. The comparison between human consumption and biocapacity aids in assessing the level of sustainability. Existing literature refers to two methods of ecological footprint calculation. Employing a macro perspective, the first method relies on the evident consumption of resources (land or water) involved in producing domestic goods and services—including imported goods but excluding exported goods. Many scholars have used the input–output model to calculate the ecological footprint for resource management at the sectoral level. The versatility of the model has led to its widespread application in recent years, as it can adapt to variations in monetary and physical units at the same time. It proves particularly useful in analyzing a wider range of environmental issues, such as life cycle assessment and ecological footprint calculation. While the ecological footprint is a vital tool for studying sustainable development, its traditional version primarily focuses on static calculations derived from past footprints. Some critics contend that ecological footprint analysis lacks a dynamic approach to the future, but offers more of a snapshot in time. Dobos and Tóth-Bozó (2023) employed a dynamic input–output model to develop a method for ecological footprint calculation. Within this dynamic model, the ecological footprint becomes predictable through the utilization of the capital coefficient matrix (investment matrix) in conjunction with the direct input coefficient matrix. The present study pioneered the dynamic ecological footprint calculation by utilizing real-world data and the dynamic input–output table of the year 1395/2016.

2. Materials and Methods

The study employed a dynamic input–output model that maintains equilibrium between supply and demand over specific time periods. Investment was taken into account through capital-output coefficients within an intra-sectoral capital coefficient matrix which shows capital exchanges between demand sectors and capital suppliers, proving

valuable in predicting crucial economic variables and growth patterns. It also serves as an efficient tool for economic planning. The model proposed by Dobos and Tóth-Bozó (2023) is a function of vectors representing final consumption, exports, and imports of final goods. They had actually used the dynamic model developed by Leontief (1970) to calculate land demand for each period of national production. The present study showed how the index changes by taking into account the investment flow and the equilibrium path of consumption and production growth. The total ecological footprint is predicted in relation to the potential economic growth rate; Iran's Sixth Five-Year Economic, Cultural and Social Development Plan (1396–1400); and the growth rate excluding oil in 1395/2016. To accomplish this, three sectors (agriculture, industry, and services) were formed within a closed dynamic input–output model, referred to as forward-looking. The data was gathered from the 1395/2016 input–output table from the Central Bank database, capital stock, inventory data (agriculture and industry) from the Statistical Center of Iran. The lands were studied in three sectors: agriculture, industry, and services.

3. Results and Discussion

In the dynamic input-output model, the potential growth rate is determined by the maximum eigenvalue of the matrix composed of the direct input coefficient matrix and the capital coefficient matrix. The potential growth rate was found to be 41%. Moreover, the planned growth rate of 8% in Iran's Sixth Five-Year Economic, Cultural and Social Development Plan (1396–1400) was also considered. According to the Statistical Center of Iran, the gross domestic product experienced an overall growth of 11.1% in 1395/2016. Excluding oil, this growth rate stands at 6.4%. The per-capita Iranian ecological footprint was measured at 0.42 hectares with an 8% planned economic growth rate. If the ecological footprint continues to grow at the same rate, it is estimated that Iran's land biocapacity will be depleted by the year 1412/2033. Considering a growth rate of 6.4% (excluding oil) in the year 1395/2016, this scenario is anticipated to occur by the year 1417/2038.

4. Conclusion

According to the research results, changes in the growth rate alter the time horizon for land use. The growth rate is influenced by various factors. Consequently, advocating for short-term planning becomes crucial to either manage its effects in the long run or mitigate its adverse consequences—in case of its deviation from sustainable development


goals. This model does not incorporate assumptions about technological progress in the economy. Future research could enhance the economic model by integrating technological progress, allowing for the evolution of model matrices over time. In the contemporary economy, Research and Development (R&D) plays a vital role in developing new technologies to promote environmental preservation. Furthermore, providing ample data can enable the creation of inverse Leontief matrices with larger dimensions, facilitating more practical outcomes, such as dynamic analysis of land-use changes within specific timeframes. The current research exclusively sought to introduce the index alongside its predictability. However, the absence of sufficient data might have resulted in estimates based on unrealistic data, impacting the accuracy and validity of the results. Nonetheless, these findings can aid in large-scale policymaking.

Keywords: Ecological Footprint, Dynamic Input–Output, Balanced Growth Path, Land Use


JEL Classification: Q57, D57, O40, Q15.

سنجش ردپای بوم‌شناختی به منظور پیش‌بینی کاربری زمین در رویکرد داده-ستانده پویا

دانشجوی دکتری رشته توسعه اقتصادی، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی
و اقتصاد، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران

سیمین عزیزمحمدی 

استاد، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد، دانشگاه الزهراء، تهران،
ایران

فاطمه بزازان* 

چکیده

پیشی گرفتن تقاضای انسان از ظرفیت زیستی زمین باعث تخریب روزافزون محیط زیست شده و همین امر ضرورت انجام پژوهش دقیق درباره این تغییرات و پیش‌بینی آن را دوجندان می‌کند. ردپای بوم‌شناختی شاخص مناسبی برای پی‌گیری تقاضای انسان، ظرفیت احیای منابع و جذب زباله در محیط‌زیست است. مفهوم آن به دنبال ارائه معیاری زمین‌محور است که اثر مصرف گذشته را محاسبه کند تا تمام فشار بر محیط زیست را در ناحیه زمین لازم برای تأمین مصرف نشان دهد. در نسخه جدید روش‌های محاسبه این شاخص تلاش شده با استفاده از جدول داده-ستانده پویا، کاربری زمین با توجه به نرخ رشد اقتصادی بالقوه و نرخ رشد اقتصادی واقعی پیش‌بینی شود. به این منظور در این پژوهش برای نخستین بار ردپای بوم‌شناختی برای پیش‌بینی کاربردی زمین در رویکرد داده-ستانده پویا براساس داده‌های سال ۱۳۹۵، با استخراج جدول داده-ستانده پویا از جدول سال ۱۳۹۵ بانک مرکزی و با توجه به داده‌های موجودی سرمایه و اطلاعات زمین در سه بخش کشاورزی، صنعت و خدمات انجام گرفت. براساس نتایج، طبق نرخ رشد برنامه‌ریزی شده در برنامه ششم توسعه، سهم هر فرد ساکن ایران از زمین‌های داخلی بالغ بر ۰/۴۲ هکتار است. اگر ردپای بوم‌شناختی با همین نرخ رشد کند تا ۱۷/۵ سال بعد، یعنی حدود سال ۱۴۱۲ با اتمام ظرفیت زیستی زمین مواجه می‌شود. این سال با در نظر گرفتن رشد اقتصادی بدون احتساب نفت ۶/۴ درصد در سال ۱۳۹۵ به سال ۱۴۱۷ می‌رسد.

کلمات کلیدی: ردپای بوم‌شناختی، داده-ستانده پویا، مسیر رشد متوازن، کاربری زمین.

طبقه‌بندی JEL: Q15, O40, D57, Q57

۱. مقدمه

شواهد نشان می‌دهد تقاضای انسان برای خدمات اکوسیستم در حال پیشی گرفتن از ظرفیت احیا و جذب کره زمین است. تغییر کاربری زمین ناشی از شهرنشینی و گسترش فعالیت اقتصادی، باعث تخریب محیط‌زیست می‌شود. شدت آن در پاسخ به رشد جمعیت و پیامد آن بر محیط‌زیست، ضرورت انجام پژوهش دقیق درباره این تغییر را دوچندان می‌کند (Ruben, et al., 2020). پس به معیاری برای پی‌گیری تقاضای انسان و ظرفیت احیای منابع نیاز است. یکی از این معیارها ردپای بوم‌شناختی^۱ است (Borucke, et al., 2013) ردپای بوم‌شناختی یک شاخص زیست‌محیطی برای سنجش مصرف منابع طبیعی و انعکاس تأثیر فعالیت انسانی بر محیطی که از آن مصرف می‌کند، است (Wackernagel, et al., 1997). این شاخص مجموعه‌ای از پنج نوع زمین کشاورزی، مرتع، جنگل، ماهیگیری، زمین ساخته شده و زمین CO₂ (مساحت زمین مورد نیاز برای کاهش انتشار کربن) است (Van Den Bergh, et al., 2015).

سطح پایداری زمین با مقدار ظرفیت زیستی^۲ و ردپای بوم‌شناختی زمین هر منطقه، مقایسه مصرف فعالیت‌های انسانی با ظرفیت زیستی جهت تأمین مصرف، تعیین می‌شود. ردپای بوم‌شناختی و ظرفیت زیستی هر دو با واحد یکسان (هکتار) اندازه‌گیری شده و قابلیت مقایسه دارد (Wackernagel, et al., 2006).

ردپای بوم‌شناختی، ظرفیت زیستی و ذخایر آن بین کشورها بسته به جغرافیا، جمعیت، سیاست‌های زیست‌محیطی و سطح توسعه آنها متفاوت است (Rees, 2023). روش ارزیابی ظرفیت زیستی و ردپای بوم‌شناختی می‌تواند مقایسه معنادارتری میان مصرف نهایی کشورها یا تولید اقتصادی آنها فراهم کند و به تحلیل الگوی بوم‌شناختی موجود در تجارت کمک کند. به عبارتی، اگر ردپای بوم‌شناختی سرانه منطقه‌ای بزرگتر از ظرفیت زیستی سرانه باشد، این منطقه با کسری بوم‌شناختی مواجه است. در این شرایط، برای تأمین کسری دو راه حل دارد: واردات کالایی که زمین مورد نیاز برای تولید آنها از منابع کشورهای دارای مازاد

1. Ecological Footprint (EF)

2. Biocapacity

بوم‌شناختی تأمین شده یا بهره‌برداری بیش از حد از ظرفیت زیستی خود (Monfreda, et al., 2004).

ادبیات موجود نشان می‌دهد دو روش در سنجش ردپای بوم‌شناختی وجود دارد. روش اول با ماهیت کلان و بر مبنای مصرف آشکار منابع (زمین یا آب) به کار رفته در تولید کالا و خدمات داخلی به علاوه کالای وارداتی منهای کالای صادراتی محاسبه می‌شود. اما به کارگیری روش مذکور وضعیت ردپای بوم‌شناختی را در جهت مدیریت منابع در سطح بخش‌های مختلف اقتصاد آشکار نمی‌کند. برای حل این مسئله، طیف وسیعی از پژوهشگران، نظام حسابداری بخشی به شکل جدول داده-ستانده را مبنای محاسبه شاخص قرار داده‌اند.^۱ کاربرد الگوی داده-ستانده، به دلیل توانایی در تطبیق با تغییر واحدهای پولی و فیزیکی به‌طور همزمان، برای تحلیل مسائل زیست‌محیطی مانند ارزیابی چرخه زندگی و محاسبه ردپای بوم‌شناختی، در سال‌های اخیر تعمیم یافته است. این توسعه الگوی داده-ستانده در حوزه محیط زیست با معرفی رویکردهای جدید مانند مدل داده-ستانده پویا ادامه داشته است. دوبوس و فلوریسکا^۲ (۲۰۰۵) آن را برای بررسی ارتباط تولید و منابع تجدیدناپذیر توسعه دادند (Okuyama, 2017). مدل پویای داده-ستانده در کنار ماتریس ضریب نهاده مستقیم، یک ماتریس ضریب سرمایه (ماتریس سرمایه‌گذاری) دارد (Steengea, et al., 2020). این ماتریس، مبادلات سرمایه بین بخش‌های تقاضا و عرضه‌کننده سرمایه را نشان می‌دهد و در پیش‌بینی متغیرهای مهم اقتصادی (مانند سرمایه ثابت مورد نیاز برای دستیابی به سطح مشخصی از محصول) و الگوهای رشد اقتصادی کاربرد دارد. همچنین ابزار کارآمدی برای برنامه‌ریزی اقتصادی محسوب می‌شود (اکبری و امینی، ۱۴۰۲). امکان بهره‌برداری از منابع در بلندمدت، با کاهش عملکرد اکوسیستم محدود می‌شود. با توجه به ادبیات، عوامل زیادی از جمله کاربری زمین بر آن تأثیر دارد. اما روند کند این اثرگذاری در کوتاه‌مدت محسوس نبوده و اغلب نگران‌کننده است. اتخاذ تصمیمات آگاهانه برای آینده‌ای

۱. سالانه تحقیقات قابل توجهی در محاسبه ردپای بوم‌شناختی کشورهای مختلف با استفاده از داده-ستانده انجام گرفته است. برای مثال می‌توان به پژوهش‌های بیگوم و همکاران (۲۰۰۹) برای مالزی؛ ماتیلا (۲۰۱۲) فنلاند؛ تسوچیا و همکاران (۲۰۲۱) ژاپن؛ موفت و همکاران (۲۰۰۵) اسکاتلند؛ کراتنا و ویدمن (۲۰۰۸) انگلیس؛ کیسینجر (۲۰۱۳) کانادا؛ بابو و همکاران (۲۰۱۷) شهرهای مدیترانه و عبود و همکاران (۲۰۲۲) برای آمریکا اشاره کرد.

2. Dobos, I. & Floriska, A.

پایدار مستلزم درک پویایی اکوسیستم و دسترسی به شاخص‌هایی برای بازتاب این پویایی است (Lenzen, et al., 2007).

ردپای بوم‌شناختی از روش‌های مهم برای مطالعه توسعه پایدار بوم‌شناختی است اما نسخه سنتی آن تنها بر محاسبه ایستا توسعه پایدار بوم‌شناختی تمرکز دارد و مانند نسخه پویا قابل پیش‌بینی نیست. روش سنتی محاسبه ردپای بوم‌شناختی تنها می‌تواند ردپای زمان گذشته را محاسبه کند و نمی‌تواند توسعه پایدار بوم‌شناختی آینده را پیش‌بینی کند. برخی از منتقدان استدلال کردند تحلیل ردپای بوم‌شناختی نمی‌تواند یک پنجره پویا در مورد آینده فراهم کند بلکه یک عکس فوری در زمان است (Li, et al., 2017). تحلیل پویایی تغییر کاربری زمین در بلندمدت برای درک و ارزیابی اثر آن بر محیط زیست، به تحقق اهداف توسعه پایدار کمک می‌کند (Ruben, et al., 2020).

تحلیل ردپای بوم‌شناختی برآورد ایستا تولید می‌کند، درحالی که هم طبیعت و هم اقتصاد سیستم پویا هستند؛ به‌علاوه، یکی از اهداف مهم این شاخص مستندسازی فراز و فرود و ارتباط آن با متغیرهای اجتماعی-اقتصادی مانند روند توسعه، رونق اقتصادی یا سبک زندگی است (Wackernagel, et al., 2006). بنابراین، عوامل اجتماعی-اقتصادی باید برای پیش‌بینی روندهای توسعه پایداری بوم‌شناختی در بلندمدت استفاده شود. بحث در این زمینه نشان داده، کار بیشتری برای توسعه رویکردهای جدید برای شبیه‌سازی روندهای توسعه ردپای بوم‌شناختی در آینده و ارائه نتایج معتبر و قابل قبول و توصیه‌های صحیح برای سیاست‌گذاری مورد نیاز است (Li, et al., 2017).

در این پژوهش، برای نخستین بار شاخص ردپای بوم‌شناختی پویا مبتنی بر مدل داده-ستانده پویا با داده واقعی محاسبه می‌شود. پرسش این است که: این شاخص با توجه به جریان سرمایه‌گذاری در اقتصاد کشور و مسیر رشد تعادلی مصرف و تولید، چه روندی خواهد داشت؟ به این منظور ضمن تشکیل جدول داده-ستانده سه‌بخشی، روند ردپای بوم‌شناختی کل با توجه نرخ رشد اقتصادی بالقوه، نرخ رشد برنامه‌ریزی شده در برنامه ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی (۱۴۰۰-۱۳۹۶) و نرخ رشد بدون احتساب نفت در سال ۱۳۹۵ در چارچوب الگوی پویا بسته به اصطلاح آینده‌نگر^۱ بوده که در آن تولید فعلی شامل

1. Forward-looking

کالاهای سرمایه‌ای برای توسعه تولید سال‌های آینده است، رویکرد حال برای آینده پیش‌بینی می‌شود. بانک مرکزی پایگاه اطلاعاتی جدول داده-ستانده سال ۱۳۹۵ و موجودی سرمایه و مرکز آمار ایران برای موجودی انبار (کشاورزی و صنعت) است. زمین‌ها در سه بخش کشاورزی، صنعت و خدمات مطالعه می‌شود. مبانی نظری و پیشینه پژوهش در بخش ۲ ارائه می‌گردد. بخش ۳ به روش‌شناسی اشاره دارد. داده‌ها و نتایج مطالب بخش ۴ را تشکیل می‌دهد. در نهایت، بخش آخر نیز به نتیجه‌گیری اختصاص می‌یابد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

ظهور ردپای بوم‌شناختی به‌عنوان یک شاخص اوایل دهه ۱۹۹۰ بود، زمانی که توسعه پایدار محبوب می‌شد.^۱ محاسبه آن برای دهه‌ها مورد توجه پژوهشگران بوده است. مفهوم این شاخص به دنبال معرفی معیاری زمین‌محور است که اثر مصرف را با توجه به کاربری زمین برای تأمین آن، محاسبه کند (Dobos & Tóth-Bozó, 2023). ردپای بوم‌شناختی جامعه به چهار عامل، جمعیت، استاندارد زندگی مادی، بهره‌وری اکوسیستم و برداشت، پردازش و کاربرد منابع بستگی دارد. صرف نظر از اهمیت نسبی این عوامل و چگونگی اثر متقابل آنها، هر جامعه یک ردپای بوم‌شناختی دارد که میزان سرمایه طبیعی را نشان می‌دهد (Rees, 2023).

ادبیات موجود نشان می‌دهد از دو روش در سنجش ردپای بوم‌شناختی استفاده می‌شود. روش اول با ماهیت کلان و بر مبنای مصرف آشکار منابع (زمین یا آب) به کار رفته در تولید داخلی به‌علاوه تولید کالای وارداتی منهای منابع به کار رفته در صادرات محاسبه می‌شود. اما روش مذکور وضعیت شاخص را در جهت مدیریت منابع در سطح بخش‌های مختلف اقتصاد آشکار نمی‌کند. برای حل این مسئله، پژوهشگران، نظام حسابداری بخشی به شکل جدول داده-ستانده را مبنای محاسبه این شاخص قرار داده‌اند.

۱. اصطلاح ردپای بوم‌شناختی با عبارت آستانه تحمل مناسب نخستین بار اوایل دهه ۱۹۹۰ در رساله دکتری ماتیس واکرناگل در دانشکده جامعه و برنامه‌ریزی منطقه‌ای دانشگاه بریتیش کلمبیا مطرح شد، سپس توسط واکرناگل و ریس (۱۹۹۶) در کتاب «ردپای بوم‌شناختی ما: کاهش تأثیر انسان روی زمین» در مجامع علمی رایج شد.

تحلیل ردپای بوم‌شناختی برآوردهای ایستا تولید می‌کند، درحالی‌که هم طبیعت و هم اقتصاد سیستم پویا هستند. به‌علاوه، یکی از اهداف مهم این شاخص مستندسازی فراز و فرودها و ارتباط آن با متغیرهایی مانند روندهای توسعه، رونق اقتصادی یا سبک زندگی است (Wackernagel, et al., 2006). بنابراین، این عوامل باید برای پیش‌بینی روندهای توسعه پایداری بوم‌شناختی در بلندمدت استفاده شود. بحث در این زمینه نشان داده کار بیشتری برای توسعه رویکردهای جدید جهت شبیه‌سازی روند توسعه ردپای بوم‌شناختی در آینده و ارائه نتایج معتبر و قابل قبول و توصیه‌های صحیح برای سیاستگذاری مورد نیاز است (Li, et al., 2017).

بنابراین توجه بسیاری از محققان به مدل قابل پیش‌بینی ردپای بوم‌شناختی، مانند، مدل ترکیب ردپای بوم‌شناختی با پیش‌بینی خاکستری (Guo, et al., 2023)، ردپای بوم‌شناختی مجازی (Wei, et al., 2013)، سیستم پویا (Jin, et al., 2009)، شبکه عصبی مصنوعی (Wang, et al., 2014) و ترکیب ردپای بوم‌شناختی با نرم‌افزار پویای سیستم^۱ STELLA (Li, et al., 2017) معطوف شده است.

دهه ۱۹۴۰ شروع شکوفایی نظریه‌های رشد بلندمدت و پویا به حساب می‌آید. در این دوره نظریه رشد^۲ هارود-دومار^۳ که در آن نسبت سرمایه-محصول نقش اساسی دارد، اهمیت ویژه‌ای داشت. لئونتیف^۴ با الهام از این نظریه، الگوی ایستای داده-ستانده، خود را به یک الگوی پویا تبدیل کرد. در الگوی پویا تعادل بین عرضه و تقاضا در دوره‌های منفرد زمانی برقرار بوده و سرمایه‌گذاری از طریق ضرایب سرمایه-محصول بین بخشی در قالب ماتریس ضرایب سرمایه درون‌زا در نظر گرفته می‌شود. پویایی این الگو بیشتر به لحاظ کاربرد آن در امر برنامه‌ریزی اقتصادی است (نوری، ۱۳۹۰). مدل داده-ستانده پویا قبل از ارائه مدل‌های رشد نئوکلاسیک سولو و سوان^۵ توسط لئونتیف در سال ۱۹۵۶ برای مدل‌سازی رشد بلندمدت اقتصاد چندصنعتی معرفی شد. برخلاف مدل سولو-سوان که فقط یک مدل

-
1. System Software based on the System Dynamics Theory (STELLA)
 2. Harrod-Domar model of economic growth
 3. Harrod, R. & Domar, E.
 4. Leontief, W.
 5. Solow, R. & Swan, T.

نظری بود، مدل لئونتیف یک نظریه مبتنی بر چارچوب تجربی تحلیل داده- ستانده با تابع تشکیل سرمایه است (Okuyama, 2017).

دوبوس و توث- بوزو^۱ (۲۰۲۳) با هدف توسعه روش محاسبه ردپای بوم‌شناختی برای نخستین بار از مدل داده- ستانده پویا استفاده می‌کنند تا ردپای بوم‌شناختی پویا، دنباله‌ای از ردپاها برای دوره‌ها تعیین شود. این مدل آن‌ها به صورت تابعی از بردارهای مصرف نهایی، صادرات و واردات کالای نهایی و با استفاده از مدل پویای لئونتیف (۱۹۷۰) برای محاسبه تقاضای زمین برای هر دوره تولید اقتصاد ملی است. این مدل فقط با یک مثال عددی معرفی شده و مطالعه تجربی ندارد. براساس نتایج، اگر ظرفیت زمین کافی نباشد، تولید محدود می‌شود، آن‌گاه نرخ رشد تولید و مصرف پس از رسیدن به سطح مجاز کاهش خواهد یافت. در مطالعات داخلی، تکنیک داده- ستانده ایستا برای نخستین بار توسط بانویی و همکاران (۱۳۹۲) برای سنجش ردپای بوم‌شناختی استفاده شد که میزان سرانه آن در سال ۱۳۸۰ بالغ بر ۲/۱۸ و در سال ۱۳۸۵ حدود ۲/۱۷ هکتار بود. پس از آن برای سایر منابع از جمله آب و انرژی استفاده شده است.^۲ اما در خصوص مدل پویا پژوهشی انجام نگرفته است. در این مقاله برای نخستین بار مطالعه تجربی روش روند ردپای بوم‌شناختی در چارچوب داده- ستانده پویا با داده‌های ایران و با توجه نرخ رشد اقتصادی بالقوه، نرخ رشد اقتصادی و نرخ رشد بدون احتساب نفت سال ۱۳۹۵ پیش‌بینی می‌شود.

۳. روش‌شناسی

با شروع دهه ۱۹۹۰، تکنیک‌های داده- ستانده به عنوان یک راه ممکن برای اتصال حساب تولید به مصرف خانوار فرض شده و از جدول داده- ستانده حساب‌های ملی برای اتصال منطقه زمین به مقوله مصرف استفاده شد. بیکنل و همکاران^۳ (۱۹۹۸) و فرنگک^۴ (۲۰۰۱)، که

1. Dobos, I. & Tóth-Bozó, B.

۲. برای اطلاعات بیشتر به پژوهش اندایش و همکاران (۱۳۹۵)، کاکایی و همکاران (۱۳۹۸) و نجفی و همکاران (۱۴۰۱) مراجعه کنید.

3. Bicknell, et al.

4. Ferng, J.

از مدل‌های داده-ستانده استفاده کردند، این روش را توسعه دادند (Dobos & Tóth-Bozó, 2023).

همان‌طور در جدول ۱ آمده، برای محاسبه ردپای بوم‌شناختی زمین در چارچوب داده-ستانده لازم است مساحت زمین به کار رفته در هر بخش برای تولید را به صورت سطری در جدول داده-ستانده وارد کرد. این روش مستلزم محاسبه ضرایب داده-ستانده استاندارد است که در نسبت زمین به ارزش خروجی هر بخش ضرب می‌شود. به عنوان مثال، عناصر ماتریس حاصل (برحسب هکتار به ازای هر دلار تولید)، در بردار تقاضای نهایی ضرب و زمین مورد نیاز برای تأمین سطح معینی مصرف تعیین می‌شود (Bicknell, et al., 1998).

برای کاربرد الگوی داده-ستانده در سنجش ردپای بوم‌شناختی دو فرض وجود دارد: نخست، تمام نهاده واسطه‌ای (تولید داخل و واردات) بر مبنای فرض رقابتی بودن واردات، توسط بخش‌های داخلی تولید می‌شود. با این وضعیت امکان تفکیک سهم ارزش افزوده و اشتغال بین تولید داخلی و واردات واسطه‌ای وجود ندارد. دوم، کل واردات یک متغیر برون‌زاست و مقدار آن به اندازه تقاضای واسطه‌ای و نهایی داخلی بستگی ندارد. پس، واردات خنثی بوده و نقشی در ارزش افزوده و اشتغال ندارد (Pei, et al., 2012).

با توجه به جایگاه واردات و فرض رقابتی بودن آن در جدول داده-ستانده، سه نوع جدول وجود دارد. در جداول داده-ستانده نوع اول و دوم، واردات واسطه‌ای و واردات نهایی با ارقام متناظر داخلی ادغام شده و با توجه به دو فرض اساسی این نوع جداول، سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین با منشأ داخلی و خارجی در تأمین مصرف نهایی جامعه انسانی مشخص امکان‌پذیر نیست. بنابراین، باید جدول نوع سوم را به کار برد که در آن واردات به واردات واسطه‌ای و واردات نهایی تفکیک شده و به صورت سطری در جدول منظور می‌شود. برای سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین، باید جدول داده-ستانده‌ای را به کار برد که در آن واردات به واردات واسطه‌ای و نهایی تفکیک شده و به صورت سطری در جدول منظور می‌گردد (بانویی، ۱۳۹۱).

با توجه به تفاوت بین مدل داده-ستانده پویا و ایستا، شکل‌گیری سرمایه بخشی در بعد ایستای الگوی داده-ستانده ترکیبی از تقاضای نهایی با همان ویژگی برون‌زا مانند هر ترکیب دیگر تقاضای نهایی (خرید خانوار، دولت و صادرات) است که استفاده از این الگو را برای کوتاه‌مدت با فرض فناوری ثابت توجیه کرده است. در مقابل، در الگوی پویا، سرمایه

درون‌زا مطرح شده و سمت چپ این الگو قرار گرفته، جایی که تراکنش کنونی کالا و خدمات و تراکنش سرمایه‌ای متناظر نه تنها قابل تفکیک و تمایزند بلکه به صورت همزمان با شرایط اقتصادی عمل می‌کنند. این تمایز، انعطاف‌پذیری الگوی داده-ستانده پویا را افزایش داده که نه تنها می‌تواند ظرفیت بیش از حد معمول را ایجاد کند بلکه مسیر رشد اقتصادی را در بلندمدت هموار می‌سازد.

جدول ۱ ساختار کلی یک جدول داده-ستانده پویا را نشان می‌دهد که در آن سرمایه مورد نیاز بخش‌ها و واردات تفکیک می‌شود. تراز این جدول برحسب عرضه داخلی و ستانده داخلی است. ماتریس مبادلات واسطه‌ای و تقاضای نهایی در این جدول، ماهیت بومی داشته و به آسانی می‌تواند مبنای سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین قرار گیرد.

در جدول ۱، یک اقتصاد سه بخشی فرض شده و هر بخش مقداری زمین، L ، در اختیار دارد که به صورت سطری در جدول اضافه می‌شود. Z_{ij} تقاضای واسطه‌ای داخلی، کالا و خدماتی به عنوان نهاده واسطه‌ای تولید بین بخش‌ها مبادله شده، X ستانده، V ارزش افزوده، C مصرف نهایی داخلی و exp صادرات است. K_{ij} مقدار تولید بخش i که به عنوان موجودی سرمایه در اختیار بخش j قرار گرفته و از آن نگهداری می‌کند. موجودی سرمایه که همان تشکیل سرمایه خالص بوده که از تقاضای نهایی (DF) تفکیک می‌شود. IMP ، کل واردات با تفکیک به سه گروه کالای واسطه‌ای، ZM ، کالای نهایی، CM ، و کالای سرمایه‌ای، KM ، است.

براساس جدول ۱، در رابطه (۱)، L مقدار زمین اختصاص یافته به هر بخش و X ستانده هر بخش است. عناصر $[\varphi_j]$ نشان می‌دهد به ازای ارزش یک واحد تولید در بخش j چه میزان نیاز مستقیم به زمین است:

$$[\varphi_j] = [L_1 \quad \dots \quad L_3] \begin{bmatrix} \frac{1}{X_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{1}{X_n} \end{bmatrix} = [\varphi_1 \quad \dots \quad \varphi_3] \quad (1)$$

جدول ۱. ساختار کلی جدول داده- ستانده پویا با تفکیک واردات

$j \backslash i$	بخش‌ها			تقاضای نهایی (DF)				ستانده	
	۱	۲	۳	مصرف نهایی داخلی	انباشت سرمایه				صادرات
۱	Z_{11}	Z_{12}	Z_{12}	C_1	K_{11}	K_{12}	K_{12}	exp_1	X_1
۲	Z_{21}	Z_{22}	Z_{23}	C_2	K_{21}	K_{22}	K_{23}	exp_2	X_2
۳	Z_{31}	Z_{32}	Z_{33}	C_3	K_{31}	K_{32}	K_{33}	exp_3	X_3
ارزش افزوده	V_2	V_2	V_3						
ستانده	X_1	X_2	X_3						
زمین	L_1	L_2	L_3						
واردات بخش ۱	ZM_{11}	ZM_{12}	ZM_{12}	CM_1	KM_{11}	KM_{12}	KM_{12}	0	imp_1
واردات بخش ۲	ZM_{21}	ZM_{22}	ZM_{23}	CM_2	KM_{21}	KM_{22}	KM_{23}	0	imp_2
واردات بخش ۳	ZM_{31}	ZM_{32}	ZM_{33}	CM_3	KM_{31}	KM_{32}	KM_{33}	0	imp_3
واردات	ZM_1	ZM_2	ZM_3	CM	KM_1	KM_2	KM_3	0	IMP

مأخذ: Dobos & Tóth-Bozó, 2023

برای محاسبه ردپای بوم‌شناختی در داده- ستانده ایستا، ابتدا باید ماتریس ضرایب داده- ستانده مستقیم داخلی که با نماد A بیان شده، به صورت رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{Z_{11}}{X_1} & \dots & \frac{Z_{13}}{X_3} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{Z_{31}}{X_1} & \dots & \frac{Z_{33}}{X_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{31} & \dots & a_{33} \end{bmatrix} \quad (2)$$

با ضرب ضرایب فزاینده تولید داخلی، نیاز مستقیم و غیرمستقیم زمین یا ماتریس ضرایب فزاینده زمین در داده- ستانده ایستا به دست می‌آید. β_{ij} رابطه (۳)، ماتریس ضرایب فزاینده زمین هر بخش را نشان می‌دهد. یعنی هر بخش به ازای ارزش یک واحد تولید چه میزان به طور مستقیم و غیرمستقیم به زمین نیاز دارد:

$$[\beta_{ij}] = \begin{bmatrix} \varphi_1 & 0 & 0 \\ 0 & \varphi_2 & 0 \\ 0 & 0 & \varphi_3 \end{bmatrix} (I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \cdots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \cdots & \beta_{33} \end{bmatrix} \quad (3)$$

با پیش ضرب ماتریس رابطه (۳) در ماتریس قطری بخش‌های مختلف تقاضای نهایی، ماتریسی به دست می‌آید که جمع سطری عناصر آن، مقدار زمین مورد نیاز مستقیم و غیرمستقیم هر بخش را برای تأمین تقاضای نهایی جمعیت را نشان می‌دهد.

در مدل داده-ستانده ایستا، تحلیل با ماتریس ضریب فنی A بوده که جریان مبادله کالا بین بخش‌ها برای تأمین نیازهای تولید فعلی در یک دوره زمانی مشخص است. در واقعیت، کالاهایی مانند ماشین‌آلات و ساختمان به‌عنوان نهاده در فرآیند تولید نقش دارد اما بلافاصله مصرف نمی‌شود. به عبارت دیگر، هر بخش موجودی سرمایه مشخصی دارد که برای تولید نیز لازم است. اگر بتوان مقدار تولید بخش i را که بخش j به‌عنوان موجودی سرمایه نگهداری یا انباشت کرده، K_{ij} ، اندازه‌گیری کرد، آن‌گاه با تقسیم K_{ij} بر تولید بخش j ، می‌توان ضریب سرمایه در هر دوره را برآورد کرد. همراه با انواع سرمایه‌گذاری ثابت مانند ماشین‌آلات و ساختمان، کالایی که به‌عنوان موجودی سرمایه (نهاده تولید دوره بعد) توسط بخش j بخرد نیز در K_{ij} لحاظ می‌شود. ضریب $b_{ij} = \frac{K_{ij}}{x_j}$ ، مقدار محصول بخش i (به دلار) که به‌عنوان موجودی سرمایه برای تولید یک دلار محصول توسط بخش j نگهداری شده، تفسیر می‌شود (Miller & Blair, 2022).

برای مثال، اگر بخش i صنعت ساختمان و j خودروسازی باشد، b_{ij} ارزش دلاری فضای کارخانه به ازای هر دلار خودرو تولیدی را نشان می‌دهد. واضح است برای تولید فعلی، ماشین‌آلات، ساختمان‌ها و ... باید از قبل موجود باشد. در یک اقتصاد در حال رشد، تولید پیش‌بینی شده (سال آینده) از تولید فعلی (سال جاری) متفاوت بوده و به احتمال زیاد، مقدار سرمایه لازم تغییر می‌کند. یک فرض ساده (اغلب استفاده شده) این است که حجم تولید جدید بخش i به‌عنوان موجودی سرمایه در بخش j در دوره زمانی $t + 1$ (سال آینده) است که در آن اندیس t دوره زمانی (سال) را نشان می‌دهد. مقداری از تولید بخش i که برای تأمین تقاضای اضافی بخش j بوده، به‌عنوان موجودی سرمایه در تولید سال آینده لازم است. این مقدار $b_{ij}(x_j^{t+1} - x_j^t)$ ، حاصل ضرب ضریب سرمایه، b_{ij} ، و تغییر تولید بخش j بین سال جاری و سال بعد، $(x_j^{t+1} - x_j^t)$ است (Miller & Blair, 2022). به این ترتیب، مدل پویای داده-ستانده به‌صورت رابطه (۴) می‌شود:

$$x_t = a_{ij}x_t + b_{ij}(x_{t+1} - x_t) + c_t, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (۴)$$

فرم ماتریس، با استفاده از ماتریس $n \times n$ ضرایب سرمایه $B = [b_{ij}]$ می‌شود:

$$X_t = AX_t + B\Delta X_t + C_t, \quad t = 0, 1, 2, \dots, T \quad (۵)$$

x_t بردار n بعدی تولید و f_t بردار n بعدی تقاضای مصرف نهایی در دوره t است. B ماتریس $n \times n$ محصول سرمایه‌گذاری شده برای افزایش یک واحد تولید و T طول افق برنامه‌ریزی می‌باشد. $B(x_{t+1} - x_t)$ شامل سرمایه‌گذاری در موجودی انبار، یک نوع تقاضای نهایی است.

مدل داده-ستانده پویا، در دو سیستم متمایز باز و بسته ارائه می‌شود. سیستم باز به فعالیت برون‌زا مانند مصرف خانوار و مخارج دولت، شرکت‌ها (سرمایه‌گذاری) و بقیه جهان (صادرات) در قالب تقاضای نهایی، بستگی دارد. سیستم بسته می‌تواند یک یا چند بخش برون‌زا را درون‌زا کند (Okuyama, 2017).

معادله ساختاری حالت ایستا (طرف تقاضا) دو جز اصلی دارد: بخش اول از ضرب ماتریس ضرایب فنی در مقدار تولید همان بخش به دست می‌آید و بخش دوم نیز شامل عناصر تقاضای نهایی است که سرمایه‌گذاری به عنوان یک عنصر تقاضای نهایی (متغیر برون‌زا) در مدل قرار دارد (بزازان و همکاران، ۱۳۸۶).

در حالت پویا سرمایه‌گذاری به صورت عنصری جدا از تقاضای نهایی، یک متغیر درون‌زا است. در حالت ایستا این ماتریس از رابطه $(I - A)^{-1}$ به دست می‌آید اما در حالت پویا ماتریس ضرایب سرمایه‌ای $(I - A - B)$ نیز در تحلیل وارد می‌شود (اکبری و امینی، ۱۴۰۲).

K_{ij} ، تبادل کالای سرمایه‌ای از بخش i به بخش j برای تولید بخش j است. جمع هر سطر ماتریس B ، میزان فروش کالای سرمایه‌ای به سایر بخش‌ها و جمع هر ستون، خرید کالاهای سرمایه‌ای از سایر بخش‌های اقتصادی را نشان می‌دهد. ماتریس B از دو ماتریس موجودی سرمایه و موجودی انبار به دست می‌آید:

$$B = \begin{bmatrix} K_{11} & \dots & K_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ K_{31} & \dots & K_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{X_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{1}{X_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{31} & \dots & b_{33} \end{bmatrix} \quad (۶)$$

یکی دیگر از مفاهیم مهم در داده-ستانده پویا، مفهوم مسیر رشد متعادل است. در مسیر رشد متعادل مصرف و تولید، نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد اگر نرخ رشد پایین‌تر انتخاب شود، ذخیره منابع طولانی‌تر باقی می‌ماند. یعنی با فرض رشد متعادل مصرف و تولید، طول عمر منابع کمیاب برای تأمین نیازهای تولید بسته به نرخ رشد متعادل و مصرف بررسی می‌شود (Dobos & Floriska, 2007).

همان‌طور که معکوس لئونتیف الزامات تقاضای نهایی را تعیین می‌کند، معکوس پویا مسیر الزامات یک مسیر تقاضای نهایی را تعیین می‌کند. حفظ فرض ضمنی ضریب داده-ستانده، یعنی نهاده‌ها مکمل هستند و در دنیایی که ممکن است کالاها فقط براساس زمان تقاضا ($t = 1 \dots T$)، متفاوت باشند، منطقی نیست. به جای کار با ماتریس عظیم داده-ستانده با ابعاد $nT \times nT$ ، تحلیل پویا، ماتریس $n \times n$ بعدی A را با یک ماتریس سرمایه از همان بعد تکمیل می‌کند (Ten Raa, 2017).

برای تعیین نرخ رشد بالقوه، فرض می‌شود تقاضای نهایی در معادله (۴) فقط شامل تقاضای خانوار است. سیستم داده-ستانده پویا با مدل‌سازی خانوار به عنوان یک صنعت با ضریب مصرف بسته می‌شود:

$$x = Ax + B \frac{dx}{dt} \quad (7)$$

با فرمول‌بندی بسته^۱ مدل داده-ستانده پویا (رابطه (۷))، تحلیل مسیر رشد بهبود می‌یابد. پیکربندی مدل (۴)، مدل بسته به اصطلاح آینده‌نگر بوده که در آن تولید فعلی شامل کالاهای سرمایه‌ای برای توسعه تولید سال آینده است (Takayama, 1985). بنابراین داریم:

$$x_{t+1} = [I + B_{t+1}^{-1}(I - A_t)]x_t \quad (8)$$

آنالوگ متغیر با زمان رابطه (۸) می‌شود:

$$x_{t+1} = Mx_t \quad (9)$$

فرض کنید λ یک مقدار ویژه ماتریس M است. جواب معادله (۹) و مسیر رشد متعادل رابطه (۱۰) می‌شود:

۱. اگر مدل به موقع با شرایط اولیه حل شود، منجر به برخی نتایج غیرمنطقی (بی‌ثبات) با محصول یا جریان منفی سرمایه در آینده می‌شود. برای اجتناب از آن، مدل باید از مسیر رشد متوازن در مورد مدل بسته که در آن همه صنایع با نرخ یکسان رشد می‌کند، پیروی کند.

$$x_{t+1} = \lambda x_t \quad \text{or} \quad x_t = \lambda^t x \quad (10)$$

اگر $\lambda > 1$ و x بردار ویژه مربوط به یک بردار مثبت باشد، اقتصاد رشد متوازن می‌کند و در آن نرخ رشد همه صنایع یکسان هستند. اگر $0 < \lambda < 1$ باشد، اقتصاد منقبض می‌شود. اگر $\lambda < 0$ باشد، مسیر رشد اقتصاد ناپایدار و نوسانی است. طبق قضیه پرون-فروبنیوس^۱، معکوس بزرگترین مقدار مشخصه $\alpha \equiv \left(\frac{1}{\lambda}\right)$ نرخ رشد فون نیومن^۲ با نرخ رشد بالقوه بوده و بر بردار مشخصه فون نیومن منطبق است (Takayama, 1985).

برای محاسبه ردپای بوم‌شناختی در الگوی داده-ستانده پویا باید دو نرخ رشد را در نظر گرفت: نخست، α_0 ، نرخ رشد بالقوه که در شرایط استفاده از ظرفیت کامل و بدون وقفه زمانی بین سرمایه‌گذاری و تولید است. دوم، α^* ، نرخ رشدی که براساس آن برداشت از منابع طبیعی (در اینجا زمین) نباید فراتر از ظرفیت زیستی آن باشد. نرخ رشد تولید و مصرف با توجه به ظرفیت زمین به α^* محدود است.

برای نرخ رشد انتخابی α باید نابرابری زیر برقرار باشد: $0 \leq \alpha \leq \alpha^* \leq \alpha_0$. پس یک نرخ رشد معین $\alpha \geq 0$ وجود دارد و کل تولید و مصرف نهایی با آن نرخ افزایش می‌یابد. پس راه‌حل رشد متعادل می‌شود:

$$x_t = (1 + \alpha)^t x_0 \quad \text{and} \quad c_t = (1 + \alpha)^t c_0 \quad (11)$$

براساس نرخ رشد α^* در رابطه (۱۲) برداشت از زمین نباید از ظرفیت زیستی آن فراتر رود:

$$\max_i \left(\frac{(L(1 - A - \alpha^* B)^{-1} c_0)_i}{(l)_i} \right) = 1 \quad (12)$$

فرض می‌شود ظرفیت زیستی در افق برنامه‌ریزی ثابت و بردار معلوم l است. بنابراین نابرابری زمین در رابطه (۱۳) نباید مقدار زمین مصرفی برای تولید داخلی فراتر از ظرفیت زمین رود:

$$Lx_t \leq l \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (13)$$

L ، ماتریس ضرایب زمین، نشان‌دهنده مقدار مساحت زمین موردنیاز برای تولید یک واحد محصول، x_t بردار تولید، l ظرفیت زیستی زمین و T طول افق برنامه‌ریزی می‌باشد. براساس رابطه (۱۴) در t^* مقدار زمین به کار رفته با ظرفیت زیستی مجاز خواهد بود:

1. Perron–Frobenius
2. Von Neumann

$$t^* = \frac{1}{\ln(1+\alpha)} \min_i \left(\ln \frac{(l)_i}{(L)_i (1-A-\alpha B)^{-1} c_0} \right) \quad (14)$$

پس از t^* ، اقتصاد باید سطح تولید یا نرخ مصرف یا هر دو را تغییر دهد. سطح تولید با نرخ رشد α تا زمان t^* رشد می‌کند و پس از این نقطه ثابت است. اما از آنجا که اقتصاد باز است، بخشی از مصرف نهایی از طریق واردات تأمین می‌شود. پس رشد آن بعد از t^* نیز ادامه دارد:

$$\begin{aligned} c_t &= (1+\alpha)^t c_0 & t < t^* \\ c_t &= (1+\alpha)^{t^*} (1-A)(1-A-\alpha B)^{-1} c_0 & t^* \leq t \leq T \end{aligned}$$

پس از جانشینی معادله (۷) به جای معادله (۵)، معادله (۱۵) به دست می‌آید:

$$\begin{aligned} (1-A-\alpha B)x_0 &= c_0 \\ x_0 &= (1-A-\alpha B)^{-1} c_0 \end{aligned} \quad (15)$$

با جایگزینی معادلات (۱۳) و (۱۵) در نابرابری $Lx_t \leq l$ داریم:

$$(1+\alpha)^t L(1-A-\alpha B)^{-1} c_0 \leq l \quad (16)$$

برای محاسبه ماتریس ضرایب زمین لازم است ضرایب مستقیم زمین محاسبه شود:

$$[\varphi_j] = [L_1 \quad \dots \quad L_2] \begin{bmatrix} \frac{1}{x_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{1}{x_3} \end{bmatrix} \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{31} & \dots & a_{33} \end{bmatrix} - \alpha \begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{31} & \dots & b_{33} \end{bmatrix} \right\}^{-1} \quad (17)$$

عناصر φ_j نشان می‌دهد به ازای ارزش یک واحد تولید در بخش j ام چه میزان نیاز مستقیم به زمین وجود دارد. سپس با ضرب ضرایب مستقیم زمین در ماتریس ضرایب فزاینده تولید داخل، نیاز مستقیم و غیرمستقیم زمین یا ماتریس فزاینده زمین به دست می‌آید. زمین لازم محاسبه شده در سیستم داده- ستانده پویا دو عنصر دارد: زمین مورد نیاز تقاضای نهایی و زمین مورد نیاز انباشت سرمایه.

با پیش ضرب ماتریس ضرایب فزاینده زمین در رابطه (۱۷) در ماتریس قطری مصرف نهایی، ردپای بوم‌شناختی مصرف محصولات داخلی به دست می‌آید. جمع سطری عناصر آن، مقدار زمین داخلی مورد نیاز مستقیم و غیرمستقیم هر بخش را برای تأمین مصرف نهایی نشان می‌دهد:

$$EF_1 = [\varphi_j] \begin{bmatrix} c_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & c_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \eta_{11} & \dots & \eta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \eta_{31} & \dots & \eta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} EF_{11} \\ EF_{12} \\ EF_{13} \end{bmatrix} \quad (18)$$

در یک اقتصاد باز، تجارت جهانی به شکل واردات و صادرات نقش کلیدی در مصرف منابع برای تولید کالاها و خدمات صادراتی و وارداتی ایفا می‌کند. در این مورد، ظرفیت زیستی زمین محدودیت برای رشد اقتصادی یک کشور ایجاد نمی‌کند. زمین لازم می‌تواند از طریق واردات خارج از کشور تأمین شود تا تقاضای نهایی و انباشت سرمایه اقتصاد را برآورده کند. فرض می‌شود تولید، مصرف، صادرات و واردات با نرخ یکسان α رشد می‌کند:

$$x_t = (1 + \alpha)^t x_0, \quad c_t = (1 + \alpha)^t c_0, \quad exp_t = (1 + \alpha)^t exp_0, \\ imp_t = (1 + \alpha)^t imp_0$$

سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین به کار رفته در کالاهای وارداتی سه نوع است؛ نوع اول مقدار زمین به کار رفته در تولید کالاها و خدمات نهایی در کشورهای مبدأ که داخل کشور توسط جمعیت آن کشور مصرف می‌شود. نوع دوم مقدار زمین به کار رفته در تولید کالاها و خدمات واردات بوده که به صورت نهاده تولید بخش‌ها استفاده می‌شود. نوع سوم، مقدار زمینی است که برای تولید کالاهای سرمایه‌ای به کار رفته است. واردات به کالای نهایی (c_{imp})، کالای واسطه‌ای (ZM_{ij}) و کالای سرمایه‌ای (KM_{ij}) تقسیم می‌شود.

$$imp_t = \sum ZM_{ij} + CM_i + \sum KM_{ij} = A_{imp}x_t + c_{imp,t} \\ + B_{imp}(x_{t+1} - x_t) \quad (19) \\ = (A_{imp} + \alpha B_{imp})(I - A - \alpha B)^{-1} c_{imp,0} \\ t = 0, 1, \dots, T - 1$$

برای تفکیک واردات لازم است سهم واردات از تولید به دست آید. برای این منظور، در رابطه (۲۰)، ضریب d ، نسبت واردات هر بخش به ستانده همان بخش محاسبه می‌شود که سهم واردات از تولید را نشان می‌دهد. براساس جدول ۱ داریم:

$$X_i = \sum Z_{ij} + C_i + \sum K_{ij} + exp_i - imp_i \\ d_i = \frac{imp_i}{X_i} \quad (20)$$

برای محاسبه میزان واردات کالای واسطه‌ای، کالای نهایی و کالای سرمایه‌ای، ضریب d_i مختص هر بخش را به ترتیب در تقاضای واسطه‌ای داخلی، Z_{ij} ، مصرف نهایی داخلی، C_i ، و کالای سرمایه‌ای داخلی، K_{ij} ، همان بخش باید ضرب کرد. این امکان برای محاسبه ضرایب، A_{imp} و B_{imp} فراهم است. زیرا بنابر فرض رقابتی بودن واردات می‌توان ماتریس

سرمایه بین‌بخشی کالای تولید داخل و وارداتی را معلوم و غیرمنفرد در نظر گرفت. به این ترتیب، برای ماتریس ضرایب کل در ماتریس قطری ضریب d_i هر بخش ضرب شود:

$$\begin{aligned}
 A_{imp} &= \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{31} & \dots & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & d_3 \end{bmatrix} \\
 B_{imp} &= \begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{31} & \dots & b_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & d_3 \end{bmatrix} \\
 C_{imp} &= \begin{bmatrix} c_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & c_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & d_3 \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{۲۱}$$

با فرض نرخ رشد α ، سیستم پویا در یک اقتصاد باز می‌شود:

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} x_0 \\ imp_0 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} I - A - \alpha B & 0 \\ -A_{imp} - \alpha B_{imp} & I \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} c_0 + exp_0 \\ c_{imp,0} \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} (I - A - \alpha B)^{-1} & 0 \\ (A_{imp} + \alpha B_{imp})(I - A - \alpha B)^{-1} & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_0 + exp_0 \\ c_{imp,0} \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{۲۲}$$

ردپای بوم‌شناختی یا زمین داخلی مورد نیاز برای تولید داخلی شامل کالای تولید شده

برای مصرف داخلی و صادرات عبارت است از:

$$\begin{aligned}
 EF_2 &= [\varphi_j] \begin{bmatrix} c_1 + exp_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & c_3 + exp_3 \end{bmatrix} = \\
 & \begin{bmatrix} \mu_{11} & \dots & \mu_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{31} & \dots & \mu_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} EF_{21} \\ EF_{22} \\ EF_{23} \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{۲۳}$$

بخشی از مصرف داخلی با واردات تأمین می‌شود، پس ردپای بوم‌شناختی یا مجموع

زمین مورد نیاز برای مصرف داخلی (تولید داخل و وارداتی) که توسط جمعیت داخل کشور

مصرف شده به صورت زیر است:

$$\begin{aligned}
 EF_3 &= [\varphi_j] \left\{ \begin{bmatrix} c_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & c_3 \end{bmatrix} + (1 - A)^{-1} \{ (A_{imp} + \right. \\
 & \left. \alpha B_{imp}) \begin{bmatrix} c_1 + exp_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & c_3 + exp_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} CM_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & CM_3 \end{bmatrix} \right\}
 \end{aligned} \tag{۲۴}$$

سمت راست رابطه (۲۴)، عبارت نخست، زمین به کار رفته در کالا و خدمات نهایی و

مصرفی است که در داخل تولید شده، عبارت دوم، زمین به کار رفته در نهاده واسطه‌ای

وارداتی است که فرایند تولید آن در داخل تکمیل شده که در نهایت، در داخل مصرف شده

یا صادر شده است و عبارت سوم، زمین به کار رفته در تولید کالای نهایی مصرفی است که وارداتی است.

تفاوت بین زمین به کار رفته در واردات متشکل از واردات مصرفی و واسطه‌ای و مقدار زمین به کار رفته در صادرات، وضعیت تراز تجاری بوم‌شناختی زمین را در سطح بخش‌های مختلف کشور نشان می‌دهد، در صورتی که مقدار زمین به کار رفته در کالا و خدمات واردات بیشتر از مقدار زمین به کار رفته در کالا و خدمات صادرات باشد، کسری تراز تجاری بوم‌شناختی زمین در سطح بخش آشکار می‌شود. عکس آن، مازاد تراز تجاری بوم‌شناختی زمین را نشان می‌دهد:

$$EF_4 = [\varphi_j] \left\{ \begin{bmatrix} exp_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & exp_3 \end{bmatrix} - (1-A)^{-1} \{ (A_{imp} + \alpha B_{imp}) \begin{bmatrix} c_1 + exp_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & c_3 + exp_3 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} CM_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & CM_3 \end{bmatrix} \right\} \quad (25)$$

رابطه (۲۶) ردپای بوم‌شناختی کل در سطح بخشی است که جمع سطری آن ردپای کل را نشان می‌دهد:

$$EF_5 = [\varphi_j] \left\{ (I + A_{imp} + \alpha B_{imp}) \begin{bmatrix} c_1 + exp_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & c_3 + exp_3 \end{bmatrix} + [\varphi_j] (1 - A)^{-1} \begin{bmatrix} CM_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & CM_3 \end{bmatrix} \right\} \quad (26)$$

در نهایت، سرانه ردپای بوم‌شناختی زمین با تقسیم حاصل رابطه (۲۶) بر جمعیت می‌تواند به سرانه آن در سطح بخشی برسد که حاصل جمع آن، سرانه ردپای بوم‌شناختی کل را نشان می‌دهد.

مدل برای پیش‌بینی ردپای بوم‌شناختی فروزی دارد. نخست این‌که، تولید و اجزای تقاضای نهایی با نرخ یکسان α رشد کند. پس، فرض می‌شود، ردپای بوم‌شناختی نیز با همان نرخ α رشد می‌کند:

$$EF_t = (1 + \alpha)^t EF_0 \quad (27)$$

دوم، ظرفیت زیستی زمین در افق برنامه‌ریزی ثابت است. پس، با توجه به مقدار اولیه ردپای بوم‌شناختی، ظرفیت زیستی زمین و نرخ رشد، می‌توان به مدت زمانی دست یافت که از کل ظرفیت زمین استفاده شود.

۴. داده‌ها و نتایج

برآورد مدل پویا با جدول داده-ستانده^۱ و موجودی سرمایه^۲ سال ۱۳۹۵ سایت بانک مرکزی است. ماتریس موجودی سرمایه فقط سرمایه ثابت سرمایه‌گذاری شده در فعالیت تولیدی است. گنجانیدن سرمایه در گردش به ماتریس موجودی سرمایه ویژگی جامع‌تری می‌بخشد. سرمایه در گردش همان موجودی انبار است که توسط تجارت نگهداری می‌شود. آمار موجودی انبار بخش کشاورزی و صنعت سال ۱۳۹۵ از مرکز آمار ایران است. در صنعت نتایج آمارگیری کارگاه‌های صنعتی ده کارکن و بیشتر برحسب طبقات کارکن استفاده می‌شود که شامل کالای ساخته شده، کالایی که بدون تغییر شکل به فروش می‌رسد، کالاهای در جریان ساخت و مواد خام اولیه است. واحد موجودی انبار بخش کشاورزی نیز به تن است که باید برحسب واحد پولی نوشته شود تا با سایر عناصر و درایه‌های ماتریس ضرایب فنی سازگار باشد (اکبری و امینی، ۱۴۰۲).

جدول ۲، ماتریس سرمایه بین بخشی، مجموع مقادیر سرمایه ثابت خالص و موجودی انبار، به دست می‌آید:

جدول ۲. ماتریس سرمایه بین بخشی کل (هزار میلیارد تومان) در سال ۱۳۹۵

خدمات	صنعت	کشاورزی	
کشاورزی	۳۳/۵۷	۷/۶۱	۰
صنعت	۶۱۵/۲	۶۱/۸۵	۳۳/۸
خدمات	۳۶۱۴/۶	۳۵۶/۷۳	۳۴۲۵/۲

مأخذ: سایت بانک مرکزی و مرکز آمار ایران

۱. جدول داده - ستانده (cbi.ir)

۲. موجودی سرمایه (cbi.ir)

هر درایه به دست آمده (b_{ij}) عبارت است از مقدار کالای سرمایه‌ای که توسط بخش i تولید و توسط بخش j برای تولید یک واحد پول از کالای بخش j مصرف می‌شود. به این ترتیب، ماتریس ضرایب سرمایه‌ای با تقسیم این مقادیر به ستانده کل به دست می‌آید:

جدول ۳. ماتریس ضرایب سرمایه بین بخشی

خدمات	صنعت	کشاورزی	
۰	۰/۰۳	۰/۰۳	کشاورزی
۰/۰۳	۰/۵۸	۰/۲۶	صنعت
۲/۹	۳/۴	۱/۵	خدمات
۲/۹۳	۴/۰۱	۱/۷۹	جمع

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جمع هر ستون این ماتریس جدول ۳ نشان می‌دهد بخش کشاورزی برای یک واحد تولید از بخش صنعت و خدمات ۱/۷۹ واحد کالاهای سرمایه‌ای خریده است. خرید کالاهای سرمایه‌ای بخش صنعت ۴/۰۱ و بخش خدمات ۲/۹۳ واحد است. در تحلیل نتایج می‌توان گفت به دلیل فقدان اطلاعات مکمل مربوط به کاربری زمین، جدول داده-ستانده از درجه ادغام بالایی برخوردار و منحصر به سه بخش کشاورزی، صنعت و خدمات است. بخش کشاورزی، به دلیل کاربر بودن آن در ایران، از ضریب سرمایه به نسبت پایینی برخوردار است. بخش صنعت هم که سهم سرمایه آن بیشتر مبتنی بر ماشین‌آلات است ضریب سرمایه بالاتری از کشاورزی دارد. غیر از این دو بخش، سایر بخش‌های اقتصادی در گروه سوم که خدمات است جمع شده‌اند از جمله ساختمان، ارتباطات، حمل‌ونقل و ... از بین این بخش‌های موجود در دسته‌بندی سوم، ساختمان و ارتباطات، سرمایه‌بری بسیار بالایی دارند که در این مطالعه به دلیل ادغام در بخش خدمات به طور جداگانه قابل نشان دادن نیستند اما در سایر مطالعاتی که این بخش‌ها به طور جداگانه در ماتریس ضریب سرمایه بین‌بخشی آمده ضریب سرمایه آن‌ها حتی دو رقمی به دست آمده است مثل مطالعه بزازان (۲۰۰۲) و بزازان (۲۰۱۱)؛ به ویژه بخش ارتباطات که سرمایه‌بری فوق‌العاده بالا داشته و به فناوری‌های نو و گرانقیمت نیاز دارد. همین دو بخش تأثیر زیادی بر روی ضریب سرمایه در گروه سوم یا خدمات باید داشته باشند.

اطلاعات زمین برای احداث ساختمان برای کشاورزی، فعالیت صنعتی و خدمت‌رسانی در سطح کشور به کار گرفته می‌شود. به این ترتیب، جدول داده- ستانده با توجه به تعداد نوع کاربری زمین و داده موجودی سرمایه در سه بخش تجمیع می‌شود. مجموع زمین در بخش‌های مربوط به فعالیت جنگل‌داری، کشاورزی، دامداری، ماهیگیری و باغداری، در سال ۱۳۹۵ حدود ۲۶/۴ میلیون هکتار است. پس، بخش‌های جنگل‌داری، کشاورزی، دامداری، ماهیگیری و باغداری، در یک گروه تحت عنوان کشاورزی تجمیع می‌شود. بخش صنعت شامل زمین اختصاص یافته به واحدهای صنعتی در شهرک و نواحی صنعتی^۱، عملیات شناسایی و پی‌جویی مواد معدنی^۲، ساخت پالایشگاه نفت^۳، گاز^۴، مجتمع پتروشیمی^۵ و نیروگاه تولید برق^۶ تا سال ۱۳۹۵ است که در مجموع ۶۵۴ هزار و ۸۰ هکتار برآورد می‌شود. بخش‌های اقتصادی که در حوزه صنعت فعالیت دارند در یک بخش تحت عنوان صنعت تجمیع می‌شوند.

بخش دیگر بخش خدمات است که بیشتر شامل ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی توزیع شده در سطح کشور است. با فرض این که فعالیت‌هایی مانند بانک و مراکز آموزشی که ماهیت خدمات دارند، کاربری زمین آن در قالب مساحت زمینی است که در محدوده شهرها اشغال کرده‌اند. به دلیل ناکافی بودن اطلاعات، مساحت حریم قانونی شهرها مبنای محاسبه مساحت زمین اشغال شده برای احداث ساختمان قرار می‌گیرد. با این حال، در کنار این فعالیت‌ها نیز بخشی از زمین‌های شهری به مناطق مسکونی اختصاص دارد. برای واقعی‌سازی مساحت زمین اشغال شده توسط فعالیت‌ها، با توجه به توزیع نسبت جمعیت

۱. براساس آمارنامه عملکرد سال ۱۳۹۵ سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران (شرکت تابعه وزارت صمت)، ۱۳۷ هزار و ۸۸۵ هکتار است.

۲. براساس گزارش عملکرد سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۴۹۱۳ معدن فعال در کشور در سال ۱۳۹۵ وجود داشت. به دلیل نبود داده کافی، مساحت زمین حفاری شده براساس گزارش عملکرد وزارت صمت حدود پنج هزار کیلومتر مربع (۵۰۰ هزار هکتار) برآورد می‌شود.

3. https://niordc.ir/_douranportal/documents/broushour/farayand_sabz_low_08-24_final.pdf

۴. مساحت مجموع زمین‌های به کار رفته برای ساخت پالایشگاه‌های گازی برآورد شده از منابع آماری مختلف است.

۵. مجتمع‌های پتروشیمی ایران (mop.ir)

۶. وزارت نیرو | شرکت‌های مدیریت تولید نیروی برق (نیروگاه‌ها) (moe.gov.ir)

شهری و روستایی از کل جمعیت، مساحت این نوع زمین به دست می‌آید. حریم شهرها در سال ۱۳۹۵ حدود ۴۴۰ هزار هکتار است. با توجه به ۷۳ درصد جمعیت شهرنشین کشور، ۷۳ درصد مساحت اشغال شده برای ساختمان جهت سکونت و خدمات‌رسانی در شهرها و معادل حریم شهری بوده و بدین ترتیب کل مساحت اشغال شده توسط بخش ساختمان در سطح کشور (شهر و روستا) در سال مذکور ۳۲۰ هزار هکتار است. بخش دیگر زمین‌هایی است که برای احداث جاده‌ها اعم از آزادراه و بزرگراه و همچنین خطوط راه‌آهن، تا سال ۱۳۹۵ اشغال می‌شود. براساس سالنامه آماری کشور سال ۱۳۹۵، حدود ۲۱۵ هزار و ۵۶۰ کیلومتر جاده وجود دارد. با توجه به متوسط حریم جاده که ۳۲ متر است، زمین اشغال شده برای جاده‌ها حدود ۶۹۰ هزار هکتار می‌شود. این رقم برای زمین به کار رفته در احداث خطوط ریلی که مجموع طول آن ۱۳ هزار و ۴۸۲ کیلومتر با حریم ۱۷ متر بوده ۲۳ هزار هکتار است. به این ترتیب، مجموع زمین‌ها بیش از یک میلیون هکتار برآورده شده و همه بخش‌های خدماتی اعم از حمل‌ونقل در بخش خدمات تجمیع می‌شوند.

جدول ۴. زمین‌های به کار رفته در اقتصاد ایران (سال ۱۳۹۵)

نوع زمین	مساحت (میلیون هکتار)
کشاورزی	۲۶/۵
صنعت	۰/۶۵
خدمات	۱
کل زمین قابل استفاده	۱۳۰/۳
کویرها و بیابان	۳۲/۶
کل زمین خاکی	۱۶۲/۹

مأخذ: سالنامه آماری وزارت کشاورزی، سایت وزارت نیرو، سایت شرکت بازآفرینی شهری ایران، سایت وزارت نفت، گزارش سالانه مرکز آمار و سالنامه آماری وزارت صمت

بزرگترین مقدار ویژه با توجه به مقادیر ماتریس A و B برابر با ۲/۴۲ بوده که براساس آن‌ها نرخ رشد بالقوه برابر با ۴۱ درصد است. نرخ رشد برنامه‌ریزی شده (۸ درصد) در برنامه ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی (۱۴۰۰-۱۳۹۶)، یکی از نرخ‌های مورد نظر در این پژوهش است که به دلیل همزمانی آن با داده‌های مقاله انتخاب شده است. براساس

نتایج حساب‌های ملی فصلی مرکز آمار ایران بر مبنای سال پایه ۱۳۹۰ نرخ رشد محصول ناخالص داخلی (به قیمت بازار) در سال ۱۳۹۵ بالغ بر ۱۱/۱ درصد بوده و بدون احتساب نفت ۶/۴ درصد است.^۱ جمعیت ایران در سال ۱۳۹۵، بالغ بر ۷۹ میلیون و ۹۲۶ هزار و ۲۷۰ نفر بود. جدول ۵ به ترتیب ردپای بوم‌شناختی زمین‌بخشی به تفکیک زمین به کار رفته برای تولید کالا و خدمات به منظور مصرف داخلی، صادرات و واردات در سال ۱۳۹۵ براساس نرخ رشد اقتصادی بالقوه، نرخ رشد برنامه‌ریزی شده و نرخ رشد اقتصادی سال ۱۳۹۵ بدون احتساب نفت را نشان می‌دهد.

جدول ۵. ردپای بوم‌شناختی براساس نرخ رشد اقتصادی بالقوه، نرخ رشد برنامه‌ریزی شده و نرخ رشد سال ۱۳۹۵ بدون احتساب نفت (میلیون هکتار)

EF ₅	EF ₄	EF ₃	EF ₂	EF ₁	بخش‌ها	نرخ رشد اقتصادی	
۳۶/۳	-۰/۳۶	۱۴/۱	۳۴/۴	۱۸/۸	کشاورزی	٪۴۱	نرخ رشد بالقوه
۰/۲۵	-۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۳۳	صنعت		
۳/۰۹	-۰/۳۷	۲/۰۱	۳/۰۴	۰/۶۹	خدمات		
۳۹/۶	-۰/۷۷	۱۲/۲	۳۷/۶	۱۹/۸	جمع		
۳۰/۶	-۰/۰۷	۲۶/۵	۲۸/۱	۲۱/۸	کشاورزی	٪۸	نرخ رشد برنامه‌ریزی شده
۱/۰۱	۰/۱۵	۰/۸۶	۰/۷۸	۰/۵	صنعت		
۲/۰۵	-۰/۱۵	۳/۳۱	۱/۷۴	۱/۴	خدمات		
۳۳/۶	-۰/۰۷	۲۹/۷	۳۰/۶	۲۳/۷	جمع		
۲۹/۷	-۰/۰۹	۲۳/۷	۲۷	۲۱/۱	کشاورزی	٪۶/۴	نرخ رشد سال ۱۳۹۵ بدون احتساب نفت
۰/۹۴	۰/۱۵	۰/۶۸	۰/۷۳	۰/۴۷	صنعت		
۱/۷	-۰/۰۸	۱/۴۴	۱/۴۸	۱۲/۳	خدمات		
۳۲/۳	-۰/۰۲	۲۵/۸	۲۹/۲	۲۲/۸	جمع		

مأخذ: یافته‌های پژوهش

ستون EF₁، بر مبنای رابطه (۱۸)، به ردپای بوم‌شناختی زمین به کار رفته در تولید کالا و خدماتی اشاره دارد که داخل کشور توسط هر بخش تولید و مصرف شده و رقم کلی آن

1. <https://www.amar.org.ir/Portals/0/News/1396/nras-95.pdf>

نیز مجموع زمین به کار رفته برای تأمین مصرف داخلی در کل اقتصاد را نشان می‌دهد. ستون EF_2 ، ارقام حاصل از رابطه (۲۳) را بیان می‌کند که ردپای بوم‌شناختی زمین لازم برای محصولات است که یا در داخل کشور مصرف شده یا صادر شده است.

ستون EF_3 ، براساس رابطه (۲۴) ردپای بوم‌شناختی یا مجموع زمین مورد نیاز برای مصرف داخلی است که توسط جمعیت داخل کشور مصرف می‌شود. ستون EF_4 ، تراز تجاری بوم‌شناختی زمین را براساس رابطه (۲۵) نشان می‌دهد. ستون EF_5 ، ردپای بوم‌شناختی بخش براساس رابطه (۲۶) است.

جمع سطری ستون EF_1 ، ردپای بوم‌شناختی کلی به ترتیب مصرف داخلی، EF_2 ، تولید داخلی (مصرف و صادرات)، EF_3 ، مصرف داخلی و وارداتی، EF_4 ، تراز تجاری و ستون EF_5 ، ردپای بوم‌شناختی کل اقتصاد را نشان می‌دهد.

بنابر جدول ۵، ردپای بوم‌شناختی کل با توجه به نرخ رشد اقتصادی بالقوه، بالغ بر $39/6$ میلیون هکتار با سرانه آن $0/5$ هکتار است. با رشد برنامه‌ریزی شده ۸ درصد ردپای بوم‌شناختی تولید $33/6$ میلیون هکتار با سرانه $0/42$ هکتار است. ردپای بوم‌شناختی با نرخ بدون در نظر گرفتن نفت، $6/4$ درصد، $32/4$ میلیون هکتار با سرانه $0/4$ هکتار است.

با توجه به محدودیت داده‌ها نمی‌توان ظرفیت زیستی زمین را در سطح بخشی به دست آورد اما اگر با توجه به جدول ۴، ظرفیت زیستی زمین، کل زمین قابل استفاده در کشور باشد که سرانه آن حدود $1/6$ هکتار است. می‌توان به این نتیجه رسید که در حال حاضر به کارگیری زمین برای تولید کمتر از ظرفیت زیستی کشور بوده و امیدوارکننده است. با این حال، چالش اصلی درخصوص زمین‌های کشاورزی همچنان باقیست به طوری که اعداد این بخش فراتر از ظرفیتی بوده که در جدول ۴ آمده است.

با توجه جدول ۴، اگر کل زمین قابل استفاده کشور معادل ظرفیت زیستی زمین کشور در نظر گرفته شود، مقدار آن 130 میلیون هکتار است. براساس یافته‌ها، ردپای بوم‌شناختی کل در حالتی که نرخ رشد برنامه‌ریزی شده ۸ درصد بوده، $33/6$ میلیون هکتار است. با توجه به رابطه (۱۴) و (۲۷)، با فرض نرخ رشد ثابت ردپای بوم‌شناختی انتظار می‌رود تا ۱۳ سال بتوان از کل ظرفیت زیستی زمین استفاده کرد. این رقم با در نظر گرفتن رشد $6/4$ درصد به $22/5$ سال می‌رسد.

۵. نتیجه گیری

در این پژوهش تلاش شده، ضمن معرفی شاخص ردپای بوم‌شناختی زمین مبتنی بر الگوی داده-ستانده پویا، مقدار آن با استفاده از جدول داده-ستانده سال ۱۳۹۵ در سطح سه بخش کشاورزی، صنعت و خدمات محاسبه شود. براساس نتایج، در سال ۱۳۹۵ سهم هر فرد ساکن ایران از زمین‌های داخلی با توجه به رشد برنامه‌ریزی شده ۸ درصد بالغ بر ۰/۴۲ هکتار است. اگر ردپای بوم‌شناختی با همین نرخ رشد کند تا ۱۷/۵ سال بعد، یعنی حدود سال ۱۴۱۲ با اتمام ظرفیت زیستی زمین مواجه می‌شود. این رقم با در نظر گرفتن رشد اقتصادی بدون احتساب نفت در همین سال که ۶/۴ درصد بوده به سال ۱۴۱۷ می‌رسد. البته با توجه به اینکه در سال‌های اخیر نرخ رشد اقتصادی کشور کاهش یافته، زمان بهره‌برداری از کل زمین‌های قابل استفاده کشور طولانی‌تر شود.

آنچه مسلم است ایران به عنوان کشوری کم‌آب ممکن است خیلی زودتر از پیش‌بینی‌ها، با از دست دادن زمین‌های حاصل‌خیز خود، درگیر بحران‌های زیست‌محیطی شود. بنابراین، سیاست‌های توسعه کشور نباید روی بخش کشاورزی متمرکز شود، چراکه بسیاری از برنامه‌های توسعه و حتی توزیع جمعیت، با اجرای سیاست‌های نادرست کشت، از مسیر توسعه پایدار خارج شده‌اند. درحالی‌که این سیاست می‌تواند با شناسایی ظرفیت‌های تولید هر منطقه، برنامه‌های توسعه را به سمت فعالیت‌های بخش صنعت و خدمات سوق دهد. البته این امر مستلزم توسعه سرمایه‌گذاری در بخش‌های مربوط به این فعالیت‌ها با توجه به قابلیت‌های هر منطقه دارای زمین قابل استفاده است. این رویکرد در صادرات و واردات کالاها با توجه به تراز تجاری بوم‌شناختی زمین می‌تواند در کانون توجه سیاست‌گذاران قرار گیرد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، با تغییر نرخ رشد، افق زمانی برای برداشت از ظرفیت زیستی زمین تغییر می‌کند. این در حالی بوده که خود نرخ رشد نیز می‌تواند تابع عوامل مختلفی باشد. بنابراین، بهتر است برنامه‌ریزی‌ها کوتاه‌مدت باشد تا بتوان آثار آن را در بلندمدت کنترل کرد یا در صورتی که در راستای اهداف توسعه پایدار نبود، پیامد منفی آن به حداقل برسد. برای نمونه، مدل بررسی شده هیچ‌گونه توسعه فناوری در اقتصاد را فرض نمی‌کند. در تحقیقات بیشتر، می‌توان توسعه فناوری را وارد مدل اقتصادی کرد، یعنی

ماتریس‌های مدل را می‌توان در زمان تغییر داد. در اقتصاد مدرن، تحقیق و توسعه (R&D) فناوری جدیدی را برای حفظ محیط زیست توسعه می‌دهد. همچنین فراهم شدن داده‌های کافی می‌تواند امکان ساختن معکوس ماتریس‌های لئونتیف با ابعاد بزرگتری برای پژوهشگر ایجاد کند که در صورت نتایج کاربردی‌تر مانند تحلیل پویای بررسی تغییرات کاربری زمین در یک بازه زمانی مشخص را ممکن می‌سازد.

این پژوهش فقط برای معرفی شاخص مورد نظر با قابلیت پیش‌بینی آن است اما نبود داده کافی باعث می‌شود برآوردها مبتنی بر داده‌های غیرواقعی باشد که دقت و صحت نتایج را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با این حال، این نتایج می‌تواند راهنمای سیاست‌گذاری‌های کلان باشد.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

ORCID

Simin Azizmohamadi  <https://orcid.org/0000-0003-2532-2447>

Fatemeh Bazzazan  <https://orcid.org/0000-0002-2994-3139>

منابع

اکبری، نعمت‌الله و امینی، مریم. (۱۴۰۲). برآورد سرمایه‌گذاری موردنیاز جهت تحقق اهداف برنامه ششم توسعه اقتصادی مبتنی بر جدول داده- ستانده پویای ملی. *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۱۲(۴۷)، ۹-۳۶.

<https://doi: 10.22084/AES.2023.27447.3558>

اندایش، یعقوب، صادقی، کمال، کریمی، زهرا، متفکرآزاد، محمدعلی و اصغری، حسین. (۱۳۹۵). سنجش ردپای بوم‌شناختی کربن دهک‌های خانوارهای شهری و روستایی در ایران با رهیافت ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM). *پژوهش‌های اقتصادی ایران*. ۲۱(۶۸)، ۱۶۳-۲۰۶.

<https://doi: 10.22054/IJER.2016.7500>

بانویی، علی‌اصغر. (۱۳۹۱). ارزیابی شقوق مختلف منظور کردن واردات و روش‌های تفکیک آن با تأکید بر جدول مقارن سال ۱۳۸۰. *فصلنامه سیاست‌گذاری اقتصادی*، ۸، ۳۱-۷۴.

<https://doi: 20.1001.1.26453967.1391.4.8.2.2>

بانویی، علی اصغر، مومنی، فرشاد و عزیزمحمدی، سیمین. (۱۳۹۲). سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران با استفاده از رویکرد جدول داده-ستانده. *تحلیل‌های اقتصادی توسعه ایران*. ۱(۱)، ۳۵-۶۶. <https://doi: 10.22051/EDP.2014.59>

بزازان، فاطمه، بانویی، علی اصغر و کرمی، مهدی. (۱۳۸۶). تأمل بیشتری در خصوص توابع سهم مکانی نوین بین ابعاد اقتصاد فضا و ضرایب داده-ستانده منطقه‌ای: مطالعه موردی استان تهران. *پژوهش‌های اقتصادی ایران*. ۹(۳۱)، ۲۷-۵۳. دسترسی آنلاین در:

<https://ensani.ir/file/download/article/20101022151219-p0160700310271-85WA5X.pdf> [

کاکایی، جمال، فریدزاد، علی، مومنی، فرشاد و بانویی، علی اصغر. (۱۳۹۸). سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی در بخش‌های اقتصادی ایران با استفاده از رویکرد داده-ستانده. *پژوهشنامه اقتصادی*، ۱۹(۷۳)، ۱۴۷-۱۷۴.

<https://doi: 10.22054/JOER.2019.10766>

نجفی، بنفشه، خداداد، فرهاد، سوری، علی و موسوی، یگانه. (۱۴۰۱). شناسایی ردپای آب در تجارت خارجی ایران با رهیافت جدول داده-ستانده ۱۳۹۵. *اقتصاد و تجارت نوین*، ۱۷(۱)،

<https://doi: 10.30465/JNET.2022.39821.1837>. ۱۹۴-۱۶۹

نوری، فریبا. (۱۳۹۰). ارزیابی سرمایه‌گذاری بخشی در برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی دانشگاه الزهرا.

References

- Akbari, N., & Amini, M. (2023). Estimating the investment required to achieve the goals of the sixth economic development program based on the national dynamic input-output table. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 12(47): 9-36. <https://doi:10.22084/aes.2023.27447.3558> [In Persian]
- Andayesh, Y., Sadeghi, S. K., Karimi Takanlou, Z., Motafakker Azad, M. A., & Asgharpour, H. (2016). Measuring the carbon footprint of urban and rural household deciles in Iran: the social accounting matrix (sam) approach. *Iranian Journal of Economic Research*, 21(68): 163-206. <https://doi: 10.22054/ijer.2016.7500> [In Persian]
- Baabou, W., Grunewald, N., Ouellet-Plamondon, C., Gressot, M., & Galli, A. (2017). The ecological footprint of mediterranean cities: awareness creation and policy implications. *Environmental Science & Policy*, 69, 94-104. <https://doi: 10.1016/j.envsci.2016.12.013>
- Banouei, A. A. (2012). Evaluation of the different treatments and methods of separating imports with emphasis on 1381 iot of Iran. *The Journal of Economic Policy*. 4(8): 31-74. <https://doi: 20.1001.1.26453967.1391.4.8.2.2> [In Persian]

- Banouei, A.A., Momeni, F. & Azizmohammadi, S. (2013). Measurement of land ecological footprint in different sectors Iranian economy: using input-output approach. *Journal of Iranian Economic Development Analyses*, 1(1), 35-66. <https://doi: 10.22051/EDP.2014.59> [In Persian]
- Bazzazan, F. (2002). *A dynamic input-output price model with application to Iran*. PhD thesis, University of Liverpool. <https://doi: 10.17638/03176295>
- Bazzazan F. (2011). *Input-output analysis: static, dynamic extended quantity and price models (with application to Iran)*. LAP LAMBERT Academic Publishing.
- Bazzazan, F., Banouei, A. A., & Karami, M. (2007). The modern location quotient function, spatial dimension, and regional input-output coefficients: the case of Tehran province. *Iranian Journal of Economic Research*, 9(31). 27-53. Available online at: <https://ensani.ir/file/download/article/20101022151219-p0160700310271-85WA5X.pdf> [In Persian]
- Bicknell, K., Ball, R., Cullen, R., & Bigsby, H. (1998). New methodology for the ecological footprint with an application to the Newzealand economy. *Ecological Economics*, 27, 149-160. [https://doi: 10.1016/S0921-8009\(97\)00136-5](https://doi: 10.1016/S0921-8009(97)00136-5)
- Begum, R. A., Pereira, J. J., Jaafar, A. H., & Al-Amin, A. Q. (2009). An impirical assessment of ecological footprint calculations for Malaysia. *Resources, Conservation & Recycling*, 53(10), 582–587. <https://doi: 10.1016/j.resconrec.2009.04.009>
- Borucke, M., Moore, D. Cranston, G., Gracey, K., Iha, K. Larson, J., Lazarus, E., Morales, J., Wackernagel, M., & Galli, A. (2013). Accounting for demand & supply of the biosphere's regenerative capacity: the national footprint accounts' underlying methodology & framework. *Ecological Indicators*, 24, 518–533. <https://doi: 10.1016/j.ecolind.2012.08.005>
- Dobos, I. & Floriska, A. (2005). A dynamic Leontief model with non-renewable resources. *Economic Systems Research*, 17, 317-326. <https://doi: 10.1080/09535310500221856>
- Dobos, I., & Floriska, A. (2007). The resource conservation effect of recycling in a dynamic Leontief model. *International Journal of Production Economics*, 108(1–2), 334–340. <https://doi:10.1016/j.ijpe.2006.12.038>
- Dobos, I. & Tóth-Bozó, B. (2023). Ecological footprint calculation as a land demand: based on the dynamic Leontief model. *Periodica Polytechnica Social & Management Sciences*, published online. <https://doi: 10.3311/PPso.21257>.
- Ferng, J. (2001). Using composition of land multiplier to estimate ecological footprints associated with production activity. *Ecological Economics*, 37, 159-172. [https://doi:10.1016/S0921-8009\(00\)00292-5](https://doi:10.1016/S0921-8009(00)00292-5)
- Guo, Z., Gao, Z., & Zhang, W. (2023). Accounting & decomposition of energy footprint: evidence from 28 sectors in China. *Sustainability*, 15, 13148. <https://doi: 10.3390/su151713148>

- Jin, W., Xu, L. & Yang, Z. (2009). Modeling a policy making framework for urban sustainability: incorporating system dynamics into the ecological footprint. *Ecological Economics*, 68, 2938-2949. <https://doi:10.1016/j.ecolecon.2009.06.010>
- Kakaie, J., Faridzad, A., Momeni, F., & banouei, A. A. (2019). Measuring ecological footprint of fossil fuels in economic sectors of Iran: an input-output approach. *Economics Research*, 19(73), 147-174. <https://doi:10.22054/joer.2019.10766> [In Persian]
- Kratena, K. & Wiedmann, T. (2008). A monetary measure for ecological footprints of domestic final demand: the UK example. Presented at *International Input-Output Meeting on Managing the Environment*, Seville, Spain, July 9–11. https://www.iioa.org/conferences/intermediate-2008/pdf/1c3_Kratena.pdf
- Lenzen, M., Wiedmann, T., Foran, B., Dey, C., Widmer-Copper, A., Williams, M., & Ohlemüller, R. (2007). *Forecasting the ecological footprint of nations: a blueprint for a dynamic approach*. ISA Research Report 07-01. University of Sydney Centre for Integrated Sustainability Analysis, Stockholm Environment Institute and University of York. <https://isa.org.usyd.edu.au/publications/DEF.pdf>
- Leontief, W. (1970). Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach. *The Review of Economics and Statistics*, 52(3), 262–271. <https://doi:10.2307/1926294>
- Li, Y., Zhan, J., Zhang, F., Zhang, M., & Chen, D. (2017). The study on ecological sustainable development in Chengdu. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. 101, 112-120. <https://doi:10.1016/j.pce.2017.03.002>
- Miller, R., & Blair. P. (2022). *Mixed & dynamic models* (chapter 14) from book: input-output analysis foundations & extensions. Publisher: Cambridge University Press. 678–721. <https://doi:10.1017/9781108676212.015>
- Moffatt, I., Wiedmann, T., & Barrett, J. (2005). The impact of Scotland's economy on the environment: a note on input-output and ecological footprint analysis. *Quarterly Economic Commentary*, 30(3), 37–44. https://strathprints.strath.ac.uk/46997/1/FEC_30_3_2005_MoffatIWiedmannTBarrettJ.pdf
- Monfreda, C., Wackernagel, M., & Deumling, D. (2004). Establishing national natural capital accounts based on detailed ecological footprint and biological capacity assessments. *Land Use Policy*, 21, 231-246. <https://doi:10.1016/j.landusepol.2003.10.009>
- Najafi, B., Khodadad kasha, F., Souri, A., & Mousavi, Y. (2022). Identification of water footprint in Iran's foreign trade with the approach of the input-output table-2016. *Quarterly Journal of New Economic & Trade*, 17(1), 169-194. [In Persian] <https://doi:10.30465/JNET.2022.39821.1837>

- Nouri, F. (2012). *Evaluation of partial investment in the third economic, political and socio-cultural development plan*. Master's thesis. Alzahra University Faculty of Social and Economic Sciences. [In Persian]
- Okuyama, Y. (2017). *Dynamic Input-Output Analysis* in handbook of input-output analysis (chapter 13) edited by Thijs Ten Raa. Publisher: Edward Elgar. 464–484. [https://doi: 10.4337/9781783476329.00019](https://doi.org/10.4337/9781783476329.00019)
- Pei, J., Oosterhaven, J., & Dietzenbacher, E. (2012). How much do exports contribute to China's income growth?. *Economic Systems Research*, 24(3), 275-297. [https://doi: 10.1080/09535314.2012.660746](https://doi.org/10.1080/09535314.2012.660746)
- Rees, W. E. (2023). *Ecological Footprint, Concept of*. Chapter in 'Encyclopedia of biodiversity' (2nd Ed) book edited by Samuel M. Scheiner. Published by Academic press, San Diego.
- Ruben, G. B., Zhang, K., Dong, Z., & Xia, J. (2020). Analysis & projection of land-use/land-cover dynamics through scenario-based simulations using the CA-markov model: a case study in guanting reservoir basin, China. *Sustainability*, 12(9), 3747. [https://doi: https://doi.org/10.3390/su12093747](https://doi.org/10.3390/su12093747)
- Steengea, A. E., & Reyes, R. C. (2020). Return of the capital coefficients matrix. *Economic Systems Research*, 32(4), 439-450. <https://doi.org/10.1080/09535314.2020.1731682>
- Takayama, A. (1985), *Mathematical economics*, 2nd edition, New York: Cambridge University press.
- Ten Raa, T. (2017). *Handbook of input-output analysis II*. Edward Elgar Publishing. ISBN: 9781783476312 <https://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=4882081>
- Tsuchiya, K., Iha, K., Murthy, A., Lin, D., Altiok, S., Rupprecht, C., & McGreevy, S. R. (2021). Decentralization & local food: Japan's regional ecological footprints indicate localized sustainability strategies. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126043. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126043>
- Van Den Bergh, J., & Grazi, F. (2015). Reply to the first systematic response by the global footprint network to criticism: a real debate finally? *Ecological Indicators*, 58, 458-463. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.05.007>
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1997). Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: economics from an ecological footprint perspective. *Ecological economics*, 20(1), 3–24. [https://doi:10.1016/S0921-8009\(96\)00077-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(96)00077-8)
- Wackernagel, M., Kitzes, J., Moran, D., Goldfinger, S., & Thomas, M. (2006). The ecological footprint of cities & regions: comparing resource availability with resource demand. *Environment & Urbanization*, 18(1), 103–112. <https://doi.org/10.1177/0956247806063978>.

- Wang, S., Xu, L., Yang, F., & Wang, H. (2014). Assessment of water ecological carrying capacity under the two policies in tieling city on the basis of the integrated system dynamics model. *The Science of the total environment*, 472, 1070-1081. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.11.115
- Wei, J., Zeng, W., & Wu, B. (2013). Dynamic analysis of the virtual ecological footprint for sustainable development of the Boao special planning area. *Sustainability Science*, 8, 595–605.
<https://doi:10.1007/s11625-012-0189-x>

استناد به این مقاله: عزیزمحمدی، سیمین و بزازان، فاطمه. (۱۴۰۲). سنجش ردپای بوم‌شناختی به منظور پیش‌بینی کاربری زمین در رویکرد داده-ستانده پویا. *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۲۸(۹۷)، ۱۱۷-۱۵۱.



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

Volatility Spillover among Exchange Rate, Inflation and Liquidity in Iran's Economy: A TVP-VAR-BK Approach

Sohail Rudari 

Assistant Professor, Department of Islamic Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Qom, Qom, Iran

Seyed Hadi Arabi 

Associate Professor, Department of Islamic Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Qom, Qom, Iran

Sanaz Rahimi Kahkashi * 

Ph.D. Candidate, Department of Islamic Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Qom, Qom, Iran

Abstract

The present study aimed to examine the transfer, reception, and the spillover of volatility from March 1982 to September 2022, using the time-varying parameter vector autoregression model based on Barunik-Krehlik (TV-VAR-BK) with monthly frequency. The results indicated that the primary relationship among the volatility of the analyzed variables is of long-term nature, with the exchange rate emerging as the dominant factor in explaining the volatility of the examined network. In the short term, liquidity serves as the primary transmitter of volatility to inflation and the exchange rate. However, in the medium and long term, the exchange rate becomes the primary transmitter of volatility to inflation, while liquidity acts as the net receiver of currency volatility. Additionally, the long-term impact of the exchange rate is more pronounced. Failure to control currency volatility can lead to inflation turbulence by transferring volatility to liquidity, underscoring the significance of exchange rate stability in managing liquidity and inflation.

* Corresponding Author: S.Rahimi@Stu.qom.ac.ir

How to Cite: Rudari, S., Arabi, S. H., & Rahimi Kahkashi, S. (2024). Volatility Spillover among Exchange Rate, Inflation and Liquidity in Iran's Economy: A TVP-VAR-BK Approach. *Iranian Journal of Economic Research*, 28(97), 152-190.

1. Introduction

The exchange rate is one of the key factors influencing inflation. In addressing the impact of exchange rate volatility, the status of inflation plays a crucial role (Tahsili, 2022). Moreover, assessing the factors influencing the exchange rate stands as one of the most challenging empirical problems in macroeconomics (Williamson, 1994). Since the exchange rate is significant economic indicator in any country, alterations in monetary variables (e.g., liquidity and inflation rates) as well as non-monetary variables can lead to fluctuations and instability in the exchange rate (Amrollahi et al., 2021). The causality of volatility between money and inflation can vary depending on economic conditions (Al-Tajae, 2019). A deeper understanding of liquidity growth dynamics, inflation, and exchange rates in Iran elucidates the reasons behind high inflation, rapid and continuous liquidity growth, and the impact of exchange rate volatility. Extreme changes in each variable overshadow the others, indicating a complex relationship among exchange rates, inflation, and liquidity. Examining the relationship between the volatility of different assets unveils the phenomenon of volatility spillover, where fluctuations in one component trigger volatility in others. An additional crucial aspect is understanding the modes of transmission, reception, and intensity of the causal relationship among exchange rates, inflation, and liquidity in Iran during different periods. In different years, the mutual influence of these components may have varied based on political, economic conditions, health, and pandemic issues, each of which impacting decision-making concerning exchange rates, inflation, and liquidity as three vital macro-economic components. In this respect, the present study used the time-varying parameter vector autoregression model based on Barunik-Krehlik (TV-VAR-BK) with monthly frequency in order to examine volatility spillover from March 1982 to September 2022 in Iran, providing a new perspective on investigating causality by analyzing the time-frequency volatility among exchange rates, inflation, and liquidity.

2. Materials and Methods

This study is applied and analytical in terms of its purpose and research method, respectively. The data was sourced from the Economic Accounts Department and the National Accounts of the Central Bank. The TVP-VAR-BK model was employed to analyze the time series among exchange rates, inflation, and liquidity. The TVP-VAR-BK model helped analyze the transmission and reception of volatility of variables across different periods (short-term, medium-term, and long-

term). Furthermore, the analysis delved into whether the variables acted as net receivers or net transmitters of volatility.

3. Results and Discussion

The results showed that, in the short term, liquidity exerted the most significant influence and transmitted volatility to other variables. Notably, the most substantial impact and transmission of volatility by the liquidity occurred in 2013, following the tightening of sanctions on Iran. In the medium and long term, the exchange rate emerged as the most influential factor on other research variables.

Examining the causal relationship in the short term, a strong causal connection was identified from liquidity volatility to inflation and the exchange rate. However, no causal relationship was observed between inflation and the exchange rate in the short term. Therefore, in the short term, liquidity could be the primary cause of volatility in inflation and the exchange rate. Failure to control short-term liquidity volatility could lead to severe volatility directly and indirectly within the studied network.

Moving to the medium term, the transfer of volatility was predominantly from the exchange rate to liquidity and, to a lesser extent, from liquidity to inflation. In the medium term, the transfer of volatility from the exchange rate to inflation was less pronounced. This suggests that fluctuations in the exchange rate strongly transfer volatility to liquidity in the medium term, and liquidity significantly contributes to the emergence of inflation volatility. The exchange rate, albeit to a minor extent, can directly contribute to the transfer of volatility to inflation. This underscores the dominant role of the exchange rate in the network during the medium term.

In the long term, no causal relationship between liquidity and inflation was observed, and there was no causality in the transfer of volatility between inflation and the exchange rate. This implies that factors other than the investigated network can explain inflation volatility in the long term. Although there is causality in the transfer of volatility from the exchange rate to liquidity in the short- and medium-term periods, this causality is stronger in the long term. Hence, while the classical view on liquidity and inflation holds until the medium term, the post-Keynesian view becomes evident in the long term. Overall, the exchange rate stands out as the dominant factor in the investigated network. Without stability in the exchange rate, Iran's economy shall anticipate the fluctuating growth of liquidity and inflation in the short- and medium-term periods.

4. Conclusion

The primary relationship among the volatility of the examined variables proved to be long-term, with the exchange rate emerging as the dominant factor explaining the volatility within the investigated network. In the short term, liquidity functioned as the net transmitter of volatility to inflation and the exchange rate. However, in the medium and long term, the exchange rate takes on the role of the primary transmitter of volatility, while inflation and liquidity assume the positions of net receivers of currency volatility. Moreover, the impact of the exchange rate was found to be notably stronger. Should exchange rate volatility remain uncontrolled, it has the potential to induce inflation volatility by transferring it to liquidity. This underscores the critical importance of maintaining exchange rate stability for the effective control of liquidity and inflation.


Keywords: Exchange Rate, Inflation, Liquidity, TVP-VAR-BK Model

JEL Classification: : G32, G17, G01.




سرریز تلاطمات بین نرخ ارز، تورم و نقدینگی در اقتصاد ایران: رویکرد TVP-VAR-BK


استادیار، گروه اقتصاد اسلامی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه قم، قم، ایران.

سهیل رودری 

دانشیار، گروه اقتصاد اسلامی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه قم، قم، ایران.

سیده‌های عربی 

دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد اسلامی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه قم، قم، ایران.

ساناز رحیمی کاه‌کشی* 

چکیده

امروزه هر تلاطمی در یک بخش، بخش‌های دیگر را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. هدف از این مطالعه، بررسی نحوه انتقال و دریافت و همچنین سرریز تلاطمات با توجه به دوره زمانی بروز تلاطمات میان نقدینگی، نرخ ارز و تورم در دوره زمانی ۲۰۲۲:۰۹ الی ۱۹۸۲:۰۳ (۱۴۰۱:۰۷-۱۳۶۱:۰۱) با تواتر ماهانه با استفاده از الگوی خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در زمان - مقیاس است. نتایج نشان داد که عمده ارتباط میان تلاطمات متغیرهای مورد بررسی به صورت بلندمدت بوده است و نرخ ارز عامل مسلط در توضیح تلاطمات شبکه مورد بررسی بوده است. در کوتاه‌مدت نقدینگی انتقال‌دهنده خالص تلاطمات به تورم و نرخ ارز بوده است اما در میان‌مدت و بلندمدت نرخ ارز انتقال‌دهنده خالص تلاطمات و تورم و نقدینگی دریافت‌کننده خالص تلاطمات ارز هستند. همچنین اثرگذاری خالص نرخ ارز در بلندمدت قوی‌تر بوده است. یعنی، چنانچه تلاطمات ارزی کنترل نشود می‌تواند با انتقال تلاطمات به نقدینگی زمینه تلاطم تورم را نیز سبب شود که خود اهمیت ثبات نرخ ارز در راستای کنترل نقدینگی و تورم را نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: نرخ ارز، تورم، نقدینگی، الگوی TVP-VAR-BK

طبقه‌بندی JEL: G01, G17, G32

۱. مقدمه

تأثیر تلاطمات نرخ ارز بر متغیرهای کلان اقتصادی، به طور قابل توجهی در ادبیات موضوع مدنظر بوده است. یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر تورم، نرخ ارز است. تأثیر تلاطمات نرخ ارز بر قیمت‌های داخلی یکی از دلایل مهم فشارهای تورمی و انتظارات تورمی است. نرخ ارز از کانال‌های مختلفی (مثل اثر مخارج، قیمت کالاهای وارداتی، نهاده‌های وارداتی) بر سطح عمومی قیمت‌ها اثرگذار است. به گفته تیلور^۱ (۲۰۰۰) در مسأله عبور نرخ ارز^۲ یا اثر تلاطمات نرخ ارز، آنچه نقش اساسی ایفا می‌کند، وضعیت تورم است (تحصیلی، ۱۴۰۱). از طرف دیگر، ارزیابی عوامل مؤثر بر نرخ ارز یکی از چالش برانگیزترین مشکلات تجربی در اقتصاد کلان است (Williamson, 1994). سطح تورم، عرضه پول داخلی و خارجی، تجارت و باز بودن مالی و نرخ بهره از جمله عوامل تأثیرگذار بر تلاطمات نرخ ارز هستند (Pham, 2018). با توجه به این که نرخ ارز یکی از شاخص‌های مهم در اقتصاد هر کشور محسوب می‌شود، هرگونه تغییر در متغیرهای پولی نظیر نقدینگی و نرخ تورم و متغیرهای غیرپولی باعث نوسان و بی‌ثباتی در عملکرد نرخ ارز می‌شود (امراللهی و همکاران، ۱۴۰۰). جهت علیت تلاطمات میان پول و تورم، یکی از مجادله‌آمیزترین مباحث در مسئله عرضه، پول است. رویکرد متعارف کلاسیکی، کنترل تورم را در گرو کنترل رشد پول می‌داند. پول‌گرایان و مکتب انتظارات عقلایی، با پذیرش خنثایی پول حتی در کوتاه‌مدت، این نظر که سیاست پولی باید عرضه پول را برای کنترل تورم، کنترل کند به طور وسیعی پذیرفته بودند. ولی در دهه ۱۹۸۰ تجربه ناموفق ایالات متحده آمریکا در دستیابی به هدف‌های رشد پول و نرخ‌های تورم هدف‌گیری شده، این ایده را ایجاد کرد که بین رشد پول و تورم همبستگی وجود ندارد (Holt & Pressman, 2001). در نظریه پولی مدرن نیز برخی از نظریه پردازان مانند اریک و ورای^۳ (۲۰۱۳)، ادعایی که در آن رشد سریع تر عرضه پول نسبت به رشد محصول باعث کاهش ارزش پول و تورم می‌شود را یک دیدگاه ساده‌انگارانه پول‌گرایی می‌دانند. بسته به شرایط و وضعیت اقتصادها، می‌توان هر یک از دو جریان علیت را دارای موضوعیت دانست (التجائی، ۱۳۹۹). با درک بهتر سازوکار و پویایی‌های رشد

1. Taylor

2. Exchange Rate Pass- Through (ERPT)

3. Eric, T., & Wray, L.R.

نقدینگی و تورم و نرخ ارز در ایران می‌توان چرایی تورم‌های بالا و ماندگار و رشد شتابان و مستمر نقدینگی و اثر عبور نرخ ارز را شناخت. تغییرات شدید هر یک از متغیرهای مذکور، متغیر دیگر را تحت الشعاع قرار می‌دهد و تلاطم هر یک بر دیگری مؤثر است که این حاکی از ارتباط بین نرخ ارز، تورم و نقدینگی است. درخصوص نحوه ارتباط میان تلاطمات دارایی‌های مختلف، پدیده سرریز^۱ تلاطمات زمانی رخ می‌دهد که نوسان در یک مؤلفه باعث ایجاد تلاطم در سایر مؤلفه‌ها گردد. موضوع مهم دیگر این است که در دوره‌های زمانی گوناگون (کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت) نحوه انتقال، دریافت و شدت ارتباط علی میان نرخ ارز، تورم و نقدینگی در ایران چگونه بوده است. همچنین در طی سال‌های مختلف ممکن است نحوه اثرگذاری و اثرپذیری این مؤلفه‌ها با توجه به شرایط سیاسی، اقتصادی و مسائل بهداشتی و پاندمی متفاوت بوده باشد که این موارد مهم می‌تواند در تصمیم‌گیری درخصوص سه مؤلفه حیاتی اقتصاد کلان کمک شایانی نماید.

بر این اساس بایستی مشخص گردد که در دوره کوتاه‌مدت (۱-۴ ماه)، میان‌مدت (۴-۱۰ ماه) و بلندمدت (۱۰ ماه بیشتر)^۲ نحوه انتقال و دریافت تلاطمات میان نرخ ارز، تورم و نقدینگی چگونه بوده است؟ عامل اصلی و تعیین‌کننده در این شبکه کدام مؤلفه بوده است؟ آیا دریافت‌کننده یا انتقال‌دهنده تلاطمات با توجه به دوره زمانی تغییر کرده است؟ شدت سرریز و جهت علیت تلاطمات در طی زمان چگونه بوده است؟

در این راستا از رهیافت خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در زمان-فرکانس بارونیک و کرهلیک (۲۰۱۸)^۳ با استفاده از داده‌های دسترس در دوره زمانی ۲۰۲۲:۰۹ الی ۱۹۸۲:۰۳ (۱۴۰۱:۰۷ الی ۱۳۶۱:۰۱) با تواتر ماهانه استفاده شده است تا به کمک تحلیل در فضای زمان-فرکانس^۴ افق جدیدی در بررسی علیت تلاطمات میان نرخ ارز، تورم و نقدینگی با هم ارائه شود. به منظور دستیابی به هدف تحقیق، مقاله به شرح زیر سازمان‌دهی شده است: پس از مقدمه حاضر در ادامه مبانی نظری و در بخش سوم پیشینه مطالعات تجربی در راستای موضوع حاضر مورد بررسی قرار گرفتند. در بخش چهارم، به مدل خودرگرسیون

1. Spillover

۲. تقسیم‌بندی براساس مطالعه بارونیک و کرهلیک (۲۰۱۸) صورت گرفته است.

3. Time-Frequency TVP-VAR - BK

4. Time – Frequency Domain

برداری با پارامترهای متغیر در زمان- فرکانس بارونیک و کرهلیک پرداخته شده است. در بخش پنجم یافته‌های مدل و در نهایت نتایج و پیشنهادهای سیاستی ارائه شده است.

۲. مبانی نظری

نرخ ارز، تورم و نقدینگی از متغیرهای مهم اقتصاد کلان هستند که همواره مورد توجه سیاست‌گذاران اقتصادی در تمام دولت‌ها بوده‌اند. در ادامه نحوه ارتباط زوجی میان این متغیرها ارائه شده است.

- نقدینگی و تورم

در بررسی رابطه بین تورم و حجم پول، اقتصاددانان مکاتب مختلف با یکدیگر اتفاق نظر ندارند. نظریه «مقداری پول» و قانون «سی»، مبنای تحلیل کلاسیک‌ها را تشکیل می‌دهد. نظریه مقداری پول^۱، نشان می‌دهد که تغییرات در حجم پول به‌طور مستقیم بر سطح قیمت‌ها اثر می‌گذارد (رحمانی، ۱۳۸۵). در دوران قبل از کینز فرض بر این بود که تولید در سطح اشتغال کامل قرار دارد و اقتصاددانان قبل از کینز معتقد بودند سرعت گردش پول از عواملی مانند ابزارهای فیزیکی نقل و انتقال پول، رفتار یا عادات مصرفی، تراکم جمعیت و مکانیسم پرداخت متأثر می‌شوند لذا به دلیل تغییرات بسیار کم این عوامل، سرعت گردش پول نیز در طول زمان بسیار کم است. اما کینز برای تحلیل ماهیت تورم، نظریه شکاف تورمی را ارائه نمود. طبق این نظریه، زمانی که درآمد تعادلی از درآمد اشتغال کامل بیشتر شود، تورم به‌وجود می‌آید و این زمانی رخ می‌دهد که تقاضای کل کالاها و خدمات به دلیل کاهش مالیات و افزایش عرضه پول افزایش یابد. لذا در این مدل افزایش عرضه پول، شرط لازم برای وقوع تورم نیست بلکه شرط کافی است. از طرفی در مکاتب پولی، پول نقش اصلی را در اقتصاد بازی می‌کند، آن‌ها معتقدند پول علت هرگونه تلاطمات اقتصادی است و نه معلول آن. البته اثرات ناشی از تغییرات پول در بلندمدت و کوتاه‌مدت بسیار متفاوت است. در کوتاه‌مدت، تغییرات عرضه پول بر متغیرهای واقعی اقتصادی اثر گذاشته و در مقابل در بلندمدت افزایش حجم پول بدون آن‌که تأثیر قابل توجهی بر تولید داشته باشد، فقط تورم بالاتری را به دنبال دارد. پس از کینز، فریدمن بیانی دیگر از نظریه مقداری پول را ارائه کرد.

1. $P=M(V/Y)$

وی این نظریه را به‌عنوان یک نظریه تقاضای پول مجدد تبیین نمود. نظریه مقداری پول، بیان می‌کند که قدرت خرید، اغلب تحت تأثیر تغییرات حجم پول در جریان است. به‌طوری‌که وقتی حجم پول افزایش می‌یابد، قدرت خرید آن کاهش یافته و قیمت‌ها افزایش می‌یابند. طبق این فرضیه، تغییرات حجم پول اصلی‌ترین عامل تعیین‌کننده سطح قیمت‌هاست (شاگری، ۱۳۸۷). نیوکلاسیک‌ها، معتقدند که سیاست پولی منظم توان تغییر مسیر تولید و اشتغال را ندارد. از آنجا که افراد در انتظارات خود، دچار خطای نامنظم می‌شوند و دولت نیز قادر به اصلاح خطاهای نامنظم آن‌ها نیست لذا در عمل، دولت‌ها توان اعمال سیاست‌هایی از این دست که منجر به ثبات اقتصادی می‌شوند را ندارند. براساس این نظریه، فقط انحرافات پولی غیرمنتظره است که از طریق افزایش ناگهانی در قیمت و تغییرات نرخ بهره واقعی بر بخش واقعی اقتصاد اثر می‌گذارد. مکتب کینزین‌های جدید که از ترکیب مکتب پولی و دو فرض رفتار عقلایی و رقابت ناقص نشأت گرفته است در بسیاری از مواقع پول را بااهمیت می‌دانند. هرچند ممکن است سیاست‌های پولی در بعضی از دوره‌ها مانند رکود بزرگ بی‌اثر باشند. در این مکتب با تأکید بر انعطاف‌پذیری و عدم تعادل به این نتیجه می‌رسند که بیکاری اغلب غیرارادی بوده و شوک‌های تقاضای مورد انتظار از قبیل شوک پولی بر تولید واقعی و بیکاری تأثیرگذار است (فرخی بالاجاده و همکاران، ۱۴۰۰).

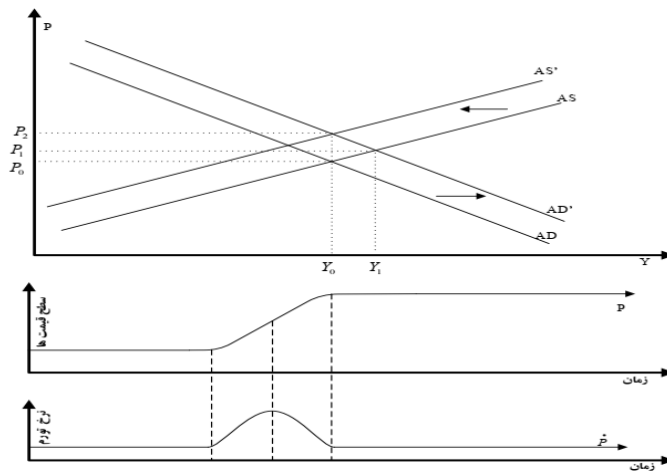
- نرخ ارز و تورم

افزایش نرخ ارز به‌طور مستقیم و غیرمستقیم سطح قیمت‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از دو سمت عرضه و تقاضا بر نرخ تورم تأثیرگذار است. با افزایش نرخ ارز و مفروض دانستن شرایط مارشال-لرنر^۱ منحنی تقاضای کل به سمت راست منتقل می‌شود. با توجه به ثابت در نظر گرفتن منحنی عرضه کل در کوتاه‌مدت، این تغییرات موجب افزایش تولید حقیقی و سطح قیمت‌ها در کوتاه‌مدت خواهد شد. در میان‌مدت و بلندمدت افزایش سطح قیمت‌ها منجر به افزایش هزینه‌های مصرفی و افزایش دستمزدهای اسمی خواهد شد. در حالت حدی، دستمزدها به میزانی برابر با افزایش سطح قیمت‌ها افزایش می‌یابند. در چنین شرایطی منحنی عرضه کل تا اندازه‌ای به سمت چپ منتقل می‌شود که تولید واقعی به سطح اولیه بازگردد. اگر دستمزدها کمتر از افزایش سطح قیمت‌ها تعدیل شوند، منحنی عرضه کل به سمت چپ

1. Marshal-Lerner Conditions

منتقل می‌شود اما از سطح اولیه بیشتر است. در هر یک از این حالت‌ها، اگر سیاست‌گذار با استفاده از افزایش عرضه پول، سطح تولید را در Y_1 ثابت نگاه دارد، ممکن است اقتصاد با دوره‌ای از تورم پایدار روبه‌رو گردد (شکل ۱)؛ در غیراین صورت اگرچه افزایش دائمی سطح قیمت‌ها انکارناپذیر است، پس از دستیابی به تعادل جدید قیمت‌ها، نرخ تورم به سطح قبلی بازمی‌گردد (Kahn, 1987).

شکل ۱. افزایش نرخ ارز و تورم سمت تقاضا

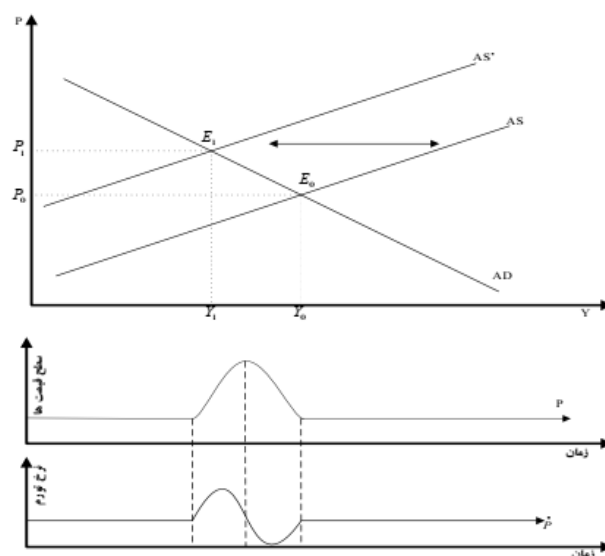


مأخذ: Kahn, 1987

از طرف دیگر تغییر نرخ ارز حقیقی دارای اثرات مستقیمی بر عرضه کل نیز خواهد بود. با افزایش نرخ ارز، قیمت نهاده‌های وارداتی مورد نیاز بنگاه‌های تولیدی افزایش خواهد یافت. در این شرایط بنگاه‌های تولیدی برای جبران هزینه‌ها مجبور به افزایش قیمت نهایی تولید می‌شوند؛ بنابراین در هر سطحی از تولید، قیمت تولیدکننده افزایش می‌یابد و منحنی عرضه کل به سمت چپ منتقل می‌شود (شکل ۲). بنابراین با ثابت در نظر گرفتن شرایط منحنی تقاضای کل، کاهش عرضه کل، افزایش سطح قیمت‌ها و کاهش سطح تولید را به دنبال خواهد داشت (نقطه E_1 در شکل ۲). افزایش سطح قیمت‌ها دوباره کاهش دستمزد حقیقی نیروی کار را به دنبال دارد اما با توجه به کاهش سطح تولید و افزایش بیکاری، درخواست‌ها جهت افزایش دستمزد اسمی به گونه‌ای سرکوب خواهند شد؛ در

غیراین‌صورت اگر دستمزدهای اسمی با هدف حفظ قدرت خرید نیروی کار افزایش یابد، وضعیت بیکاری حادث‌تر می‌شود.

شکل ۲. افزایش نرخ ارز و تورم سمت عرضه



مأخذ: Kahn, 1987

در این شرایط اگر افزایش دستمزدهای اسمی با سیاست انبساطی پولی از طریق رشد حجم پول همراه گردد، امکان ورود اقتصاد به دوره‌ای از رکود تورمی هست اما اگر دستمزد-های اسمی به اندازه‌ای کاهش یابند که افزایش قیمت نهاده‌های وارداتی جبران شود، هزینه-های تولید به مقادیر اولیه بازگشته و منحنی عرضه کل در شکل ۲ دوباره از AS به AS' منتقل خواهد شد. با این اوصاف اگر تنها سمت عرضه اقتصاد مدنظر باشد، افزایش نرخ ارز، افزایش موقت سطح قیمت‌ها و همچنین افزایش موقت سطح تولید را به دنبال دارد. آن‌گونه که مشاهده می‌شود مسیرهای زمانی سطح قیمت‌ها و نرخ تورم در تحلیل طرف عرضه کل اقتصاد بر اثر افزایش نرخ ارز تفاوت‌هایی با تحلیل‌های طرف تقاضا دارد. در هر صورت می‌توان گفت که افزایش نرخ ارز منجر به افزایش سطوح قیمت‌ها از هر دو سمت عرضه و تقاضا شده و در صورت غیاب سیاست‌های انبساطی پولی، افزایش نرخ تورم موقتی خواهد

بود. در نهایت برای اظهار نظر دقیق در خصوص اثر خالص افزایش نرخ ارز بر سطح تولید واقعی، باید برخی موارد دیگر مانند میزان وابستگی بنگاه‌های داخلی به نهاده‌های وارداتی و سهم این نهاده‌ها در سبد کالای وارداتی نیز تحلیل شود. از طرفی، بی‌انضباطی‌های پولی و مالی منجر به افزایش نقدینگی و به دنبال آن، افزایش سطح قیمت‌ها شده و ثبات نرخ ارز در این شرایط، شکل‌گیری همزمان انتظارات تورمی و انتظارات افزایشی نرخ ارز را به دنبال دارد. در این وضعیت بازار ارز مهبلی وقوع بحران پولی و آغاز حمله‌های سوداگرانه خواهد بود و ایجاد هرگونه اختلال در عرضه ارز، نرخ ارز را از کنترل سیاست‌گذار خارج نموده و بازار ارز با شوک‌های افزایشی شدیدی مواجه می‌گردد. نکته حائز اهمیت این که در شرایط همراهی بروز بحران پولی و شکل‌گیری انواع خاصی از انتظارات مانند انتظارات خودمحقق-شونده^۱ و یا انتظارات استقرایی^۲، این امکان پدید می‌آید که نرخ ارز در سطحی بالاتر از حدود به تعادل برسد. در نهایت این امکان نیز هست که در شرایط خاصی اقتصاد با دوره‌های مداومی از افزایش نرخ ارز و افزایش سطوح قیمت‌ها به صورت چرخه مخرب^۳ افزایش نرخ ارز و افزایش سطوح قیمت‌ها مواجه گردد (صبوری دیلمی و همکاران، ۱۴۰۰). دلایل متعددی برای تلاطمات شدید نرخ ارز در سال‌های اخیر می‌توان ارائه کرد. بخش عمده فعالیت‌های سفته‌بازانه در اقتصاد ایران در بازار ارز رخ داده است (رودری و همکاران، ۱۳۹۹). رفتارهای هیجانی و فعالیت‌های سفته‌بازی ناشی از باورهای افراد درباره تغییرات آینده نرخ ارز، دلایلی است که بخشی از این تلاطمات را می‌توان با آن توضیح داد. حباب‌های اقتصادی اغلب منجر به ورود سرمایه‌گذاران جدید در بازار سرمایه از جمله بازار ارز می‌شوند. افزایش قیمت ارز منجر به ورود افراد بسیاری با انگیزه سفته‌بازی و کسب سود بوده است. ورود افراد جدید در بازار، می‌تواند منجر به ناهمگنی بسیاری میان مشارکت-کنندگان بازار براساس باورهایشان درباره قیمت‌های آینده ارز، دانش مالی، توانایی شناختی و رفتار مبادلاتی شود (شهلائی و همکاران، ۱۴۰۱).

-
1. Self-fulfilling Expectation
 2. Extrapolative Expectation
 3. Vicious Circle

- نقدینگی و نرخ ارز

مطالعات بسیاری به بررسی این موضوع پرداخته‌اند که آیا شوک‌های سیاست پولی باعث تلاطمات نرخ ارز می‌شوند یا خیر. مطالعه‌ی دورنبوش^۱ (۱۹۷۶) نشان می‌دهد که شوک‌های پولی پیش‌بینی نشده از طریق جهش بیش از حد نرخ ارز^۲ می‌توانند موجب تلاطمات شدید نرخ ارز شوند (Ojede & Lam, 2018). براساس فرضیه جهش نرخ ارز دورنبوش، نرخ ارز در کوتاه‌مدت به سطحی فراتر از نرخ ارز تعادلی جهش می‌کند و در بلندمدت با افزایش درآمد ملی و افزایش سطح قیمت‌ها، به سطح تعادلی خود کاهش می‌یابد. بنابراین انتظار می‌رود که سطح اصلی نرخ ارز واقعی به دلیل افزایش قیمت و نرخ ارز اسمی به حالت اولیه خود برگردد. در طول این روند، کاهش ارزش نرخ ارز واقعی و نرخ بهره پایین منجر به افزایش تقاضا و کاهش بیکاری می‌شود که به نوبه خود فشار تورمی ایجاد می‌کند (Pham, 2018). فام^۳ (۲۰۱۸) معتقد است که سیاست پولی انقباضی تأثیری قوی بر نرخ ارز دارد و موجب افزایش نرخ ارز حداکثر تا دو ماه می‌شود و پس از آن نرخ ارز به تدریج کاهش می‌یابد و این نتایج با فرضیه دورنبوش سازگار است. گریلی و روبینی^۴ (۱۹۹۲) تعامل نقدینگی و نرخ ارز را مطرح کردند. در این مدل، ابتدا سطح نرخ ارز به سهم پول مورد استفاده در معاملات دارایی بستگی دارد و هر چه سهم پول بیشتر باشد، نرخ ارز افزایش می‌یابد. دوم، افزایش عرضه اوراق قرضه داخلی، ارزش پول داخلی را افزایش می‌دهد و سرانجام، اثرات نقدینگی ناشی از شوک‌های عرضه اوراق بهادار منجر به تلاطم بیش از حد نرخ ارز اسمی می‌شود. آلوارز^۵ و همکاران (۲۰۰۰) مدلی را جهت تأثیر نقدینگی بر نرخ ارز و نرخ بهره ارائه می‌دهند. در مدل آلوارز و همکاران، دولت‌ها باید هزینه ثابتی را به روش بامول^۶ (۱۹۵۲) و توین^۷ (۱۹۵۶) برای تبدیل اوراق قرضه و پول پرداخت کنند. تزریق پول منجر به افزایش نقدینگی می‌شود و بر نرخ بهره اثر می‌گذارد و به‌طور مداوم باعث تلاطمات

1. Dornbusch, R

2. Overshooting

3. Pham, Th.

4. Grilli, V., & Roubini, N.

5. Alvarez, F

6. Baumol, W.J.

7. Tobin, J.

نرخ ارز واقعی می‌شود (امراللهی و همکاران، ۱۴۰۰). نرخ ارز به صورت بسیار زیادی تحت تأثیر عوامل مالی به ویژه نرخ سود بانکی قرار می‌گیرد. مطابق ادبیات اقتصاد کلان، تغییرات نرخ سود بانکی می‌تواند از طریق تأثیرگذاری بر تقاضای پول، نرخ ارز را تحت تأثیر قرار دهد. بدین صورت که در الگوهای درون‌زای پول، تقاضای پول تابعی معکوس از نرخ سود بانکی است. لذا با افزایش نرخ سود بانکی، تقاضای پول کاهش می‌یابد. این امر باعث کاهش تورم و افزایش ارزش پول ملی و به تبع آن کاهش نرخ ارز می‌گردد. یکی دیگر از مکانیزم‌های توضیح ارتباط بین نرخ سود بانکی و نرخ ارز از طریق سرمایه‌گذاری است. به طوری که افزایش نرخ سود بانکی منجر به کاهش سرمایه‌گذاری و در نتیجه کاهش تولید و درآمد خواهد شد؛ این امر با کاهش واردات و تقاضای ارز همراه است. ممکن است کاهش تقاضای ارز منجر به کاهش قیمت ارز گردد اما از آنجا که همه تقاضاهای ارز به تقاضای واردات خلاصه نمی‌شود و در کنار آن تقاضای ارز مسافرتی و سفته‌بازی نیز وجود دارد لذا در کشور ایران مشخص نیست که با افزایش نرخ سود بانکی بتوان با قطعیت بیان کرد که نرخ ارز نیز کاهش می‌یابد (لطفعلی‌پور و کریمی علویجه، ۱۳۹۸).

۳. پیشینه پژوهش

مقوله نرخ ارز، تورم و نقدینگی همواره در تحلیل‌های اقتصادی مباحث زیادی را به همراه داشته است. به طور معمول، بروز یک شوک یا وجود یک تکانه در یک بخش، سایر بخش‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این مسئله پژوهشگران را بر درک نحوه انتقال تلاطمات بین بخش‌ها و بازارهای مختلف و تأثیر آن‌ها بر یکدیگر متمرکز کرده است. در این بخش به طور خلاصه به مرور مهم‌ترین مطالعات انجام‌شده در مقوله نرخ ارز، تورم و نقدینگی و همچنین روش TVP-VAR پرداخته می‌شود تا وجوه نوآوری و تمایز پژوهش حاضر به طور دقیق تبیین شود. مطالعات تجربی در قالب طبقه‌بندی مختلف در جداول ۱ و ۲ ارائه می‌شوند.

جدول ۱. مطالعات تجربی مرتبط با مقوله نرخ ارز، تورم و نقدینگی

نویسندگان	موضوع	نتایج
ریچکوفسکی ^۱ (۲۰۲۱)	ارزیابی ارتباط میان رشد پول و تورم در ۱۶ اقتصادی که هدف‌گذاری تورم را در دستور کار قرار داده‌اند.	رشد پول در افق ادوار تجاری اثر علی بر تورم دارد.
آلوز و فریرا ^۲ (۲۰۲۳)	بررسی رابطه میان نرخ ارز و تورم در برزیل با استفاده از تبدیل موجک پیوسته	در افق‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت رابطه علی دوسویه میان تورم و نرخ ارز ضعیف است. در بلندمدت، این ارتباط شدت یافته است.
صبوری دیلمی و همکاران (۱۴۰۰)	چگونگی ارتباط میان نرخ ارز و شاخص‌های قیمت در ایران طی دوره زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۸	شدت هم‌حرکتی میان متغیرهای نرخ ارز و شاخص قیمت مصرف‌کننده در دوره‌هایی که نااطمینانی ارزی و نااطمینانی تورمی افزایش یافته، افزایش می‌یابد.
فرخی بالاجاده و همکاران (۱۴۰۰)	تحلیل هم‌حرکتی پایه پولی و نقدینگی با تورم در اقتصاد ایران طی سال‌های ۱۳۶۱-۱۳۹۷	نقدینگی در هیچ افقی اثری بر تورم ندارد اما پایه پولی در بلندمدت اثرگذاری مثبت بر تورم دارد.
شاکری و باقرپور اسکویی (۱۴۰۲)	بررسی رابطه علی بین تورم و نقدینگی و رابطه بین تورم و نرخ ارز با استفاده از داده‌های ماهیانه طی سال‌های ۱:۱۳۶۱ الی ۲:۱۳۹۹ در اقتصاد ایران با رویکرد همدوسی موجکی	نقدینگی در بلندمدت بر نرخ تورم تأثیرگذار نیست و علیت معکوس (علیت از سمت تورم به نقدینگی) وجود دارد. همچنین تکانه‌های رشد نرخ ارز (طرف عرضه اقتصاد) بر تورم مؤثر است، به گونه‌ای که نرخ ارز در هر دو فرکانس کوتاه‌مدت و بلندمدت اثر معناداری بر تورم داشته است.
طاهری بازخانه (۱۴۰۲)	تحلیل اثرگذاری نقدینگی و نرخ ارز بر تورم در حوزه زمان-فرکانس طی دوره زمانی ۱۳۶۹:۰۲ تا ۱۴۰۱:۰۲ در اقتصاد ایران	رشد نرخ ارز در تمامی مقیاس‌ها (تا ۸ سال) و در کل دوره زمانی تحقیق اثرگذاری باثباتی بر تورم داشته است. رابطه میان رشد نقدینگی و تورم از نظر جریان علیت و شدت تلاطمات ناپایدار است. به طوری که رشد نقدینگی در سال‌های میانی دهه‌های ۱۳۷۰، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ از تورم پیروی کرده است

مأخذ: یافته‌های پژوهش

1. Ryczkowski, M.
2. Alves, W.L. & Ferreira, R.

جدول ۲. مطالعات تجربی مرتبط با روش خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در زمان - فرکانس

نویسندگان	موضوع	نتایج
منسی و همکاران ^۲ (۲۰۲۱)	به بررسی ارتباط و سرریزی بین فلزات گران بها و بازار ارزهای اصلی با استفاده از مدل TVP-VAR-BK ^۱	فلزات گران بها به جز طلا بیشترین سرریزی را به دلار استرالیا و کانادا نشان دادند و بیشترین سرریزی را از این دو ارز در تمامی دوره های زمانی دریافت نمودند. همچنین کمترین سرریزی از فلزات گران بها به جز طلا به یوآن چین و در مقابل، کمترین اثر سرریزی از این دو ارز به فلزات گران بها مشاهده شد.
لیو و همکاران ^۳ (۲۰۲۱)	بررسی ارتباط نوسانات و وابستگی بازاری میان بازارهای مالی عمده در چین با استفاده از الگوی TVP - VAR	بازارهای مسکن، سهام، اوراق قرضه، ارز و آتی کالایی دارای ارتباط قوی میان نوسانات نیستند. بیشترین میزان انتقال نوسانات مربوط به بازار اوراق قرضه و بیشترین میزان دریافت نوسانات مربوط به آتی کالایی بوده است.
لیو و همکاران ^۴ (۲۰۲۲)	بررسی ارتباط نقدینگی میان بازارهای سهام، پول، اوراق قرضه و ارز در مالزی با الگوی TVP-VAR	ارتباط جریان نقدینگی در حالت های حدی (اتفاقات اقتصادی و سیاسی) شدیدتر بوده است و ریسک عدم انتقال جریان نقدینگی بین بازارهای مالی در مالزی ناچیز است.
هوانگ و همکاران ^۵ (۲۰۲۳)	بررسی سرریز نوسانات بین بازار کالاهای انرژی و بازارهای مالی در طول همه گیری کرونا با رویکرد TVP-VAR	سرریز نوسانات اغلب توسط مؤلفه های بلندمدت هدایت می شود و به طور برجسته با یک افزایش قابل توجه اما کوتاه مدت در طول همه گیری کرونا تغییر می کند. قراردادهای نفتی و بیت کوین به طور همزمان در حال انتقال و در معرض نوسانات سیستم هستند، به ویژه در طول همه گیری کرونا که نشان می دهد بازارهای مالی جهانی یکپارچه تر، تأثیرگذارتر و در عین حال آسیب پذیرتر هستند.

1. Time-Varying Vector Autoregressive based on Barunik-Krehlik (2018)
2. Mensi, M., et al.
3. Liow, K.H., et al.
4. Liew, P.X., et al.
5. Huang, J., et al.

ادامه جدول ۲. مطالعات تجربی مرتبط با روش خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در زمان - فرانکس

نویسندگان	موضوع	نتایج
رضازاده و فلاح (۱۳۹۹)	بررسی سرریز نوسانات شاخص استرس مالی بر تورم، نرخ بهره، نقدینگی و شاخص صنعت با تأکید بر مدل‌های GARCH - BEKK و VAR در طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۶ در اقتصاد ایران	بین شاخص استرس مالی با تورم، نرخ بهره و نقدینگی یک رابطه علیت برقرار است اما در بررسی رابطه علیت بین شاخص استرس مالی و شاخص صنعت نتایج آزمون علیت نشان‌دهنده این است که این شاخص صنعت است که در بلندمدت با تلاطم خود باعث تغییرات شاخص استرس مالی می‌شود اما شاخص استرس مالی تأثیری بر شاخص صنعت ندارد.
باوقار و همکاران (۱۴۰۱)	بررسی سرریز نوسانات بین قیمت نفت ایک و بازارهای سهام با در نظر گرفتن چرخه‌های تجاری و شکست ساختاری در کشورهای عضو شورای همکاری خلیج فارس و ایران در دوره ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۸	سرریز نوسانات قیمت نفت ایک بدون محاسبه شکست ساختاری بر بازارهای سهام کشورهای مورد نظر اثرگذار است. اما زمانی که از شکست ساختاری استفاده شود، نتایج متفاوت است. همچنین نتایج حاصل نشان داد که ارتباط علی- معلولی بین قیمت نفت ایک و شاخص بورس تهران وجود ندارد ولی در برخی از کشورهای عضو شورای همکاری خلیج فارس از جمله عربستان سعودی و بحرین، قیمت نفت در وقفه-های مختلف زمانی، علت تغییرات شاخص بازار سهام است.
طالبلو و مهاجری (۱۴۰۱)	بررسی انتقال نوسانات در ۱۰ صنعت بزرگ بورس ایران طی دوره ۱۳۸۸-۱۴۰۱، با به‌کارگیری رویکرد اتصالات مبتنی بر مدل TVP-VAR	نخست، سرریز قابل توجه نوسانات در بین تمامی بخش‌های اقتصادی بورس است. دوم، در میان ۱۰ بخش بزرگ بورسی، بخش‌های سرمایه-گذاری و فلزات اساسی به عنوان انتقال‌دهندگان خالص ریسک‌ها هستند. سوم، شواهد مؤید وجود اثر تقدم- تأخر در شبکه مورد بررسی است. صنایع بسیار بزرگ در بازار سهام در نقش فرستندگان نوسانات به سایر بخش‌ها ظاهر می-شوند حال آن‌که بخش‌های به نسبت کوچک، سرریز معنی‌داری بر بخش‌های بزرگ بورسی ندارند.

ادامه جدول ۲. مطالعات تجربی مرتبط با روش خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در زمان - فرانکس

نویسندگان	موضوع	نتایج
مهاجری و طالبلو (۱۴۰۱)	به بررسی پویایی‌های سرریز تلاطمات بین بازده بخش‌ها با رویکرد اتصالات خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در طول زمان (TVP-VAR) طی دوره ۱۳۸۸/۰۷/۱۹ - ۱۴۰۱/۰۷/۱۲ با تواتر روزانه	نخست، هم‌حرکتی مشترک به نسبت قوی بین صنایع مختلف وجود دارد. دوم، اتصالات بین عملکرد صنایع مختلف طی زمان به‌طور قابل ملاحظه‌ای تغییر یافته است. قوی‌ترین اتصالات و سرریزها در سال‌های اخیر و با صعود و سقوط بی‌سابقه بازار سهام مشاهده می‌شود که در اواخر سال ۱۴۰۰، به نقطه اوج خود رسید. سوم، فلزات اساسی و سرمایه‌گذاری به‌عنوان انتقال‌دهندگان دائمی شوک‌ها و قند و شکر و سرامیک در نقش پذیرنده دائمی تلاطمات، ایفای نقش کرده‌اند که مؤید وجود اثر تقدم-تأخر در بازار سهام است. چهارم، وجود اتصالات قوی جفتی بین فلزات اساسی و کانه‌های فلزی و صنایع غذایی - قند و شکر، حکایت از انتقال شوک‌ها از صنایع پایین دستی به صنایع بالادستی در خوشه‌های مورد بررسی دارد.
شیرافکن لمسو و همکاران (۱۴۰۲)	بررسی سرریز ریسک میان شاخص‌های فلزات اساسی، خودرو، سرمایه‌گذاری‌ها و بانک‌ها در دوره زمانی ۱۴۰۱/۰۵/۰۱ - ۱۳۹۷/۰۱/۰۱ به‌صورت روزانه با استفاده از الگوی خودرگرسیونی برداری با پارامترهای متغیر در زمان چندکی (TVP-Quantile VAR)	صنعت سرمایه‌گذاری‌ها نقش اصلی در تحلیل شبکه‌ای میان صنایع مورد بررسی را ایفا می‌کند که این مهم در شرایط بازدهی پایین و متوسط، بیش‌تر بوده است.

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نوآوری مطالعه حاضر نسبت به مطالعات تجربی فوق، در بررسی اثرگذاری و اثرپذیری خالص تلاطمات (تعیین انتقال‌دهنده و یا دریافت‌کننده خالص تلاطمات در حالت کلی)، نحوه انتقال و دریافت تلاطمات و هم‌چنین تعیین جهت و شدت علیت انتقال تلاطمات میان نرخ ارز، تورم و نقدینگی در قالب سه دوره زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت و هم‌چنین ارزیابی این موارد در سال‌های مختلف است. به عبارت دیگر، در قالب این رویکرد

در سه دوره زمانی عامل یا عوامل مسلط در ایجاد تلاطمات میان سه متغیر مذکور مشخص می‌گردد که می‌تواند برای برنامه‌ریزان سیاسی و اقتصادی حائز اهمیت باشد.

۴. روش

این مطالعه از لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی و روش تحقیق از نظر ماهیت تحلیلی است. با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای مبانی نظری جمع‌آوری شده است. داده‌های قابل دسترس فصلی از بانک‌های اطلاعاتی اداره حساب‌های اقتصادی و حساب‌های ملی بانک مرکزی استخراج گردید. از الگوی خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در زمان بارونیک و کرهلیک^۱، برای تحلیل سری‌های زمانی نرخ ارز، تورم و نقدینگی در دوره ۱۳۶۱:۰۱ الی ۱۴۰۱:۰۷ با تواتر ماهانه استفاده شده است. در الگوی TVP-VAR-BK نحوه انتقال و دریافت تلاطمات متغیرها در قالب دوره‌های مختلف زمانی (کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت) و همچنین پذیرنده و یا انتقال‌دهنده خالص بودن آن‌ها بررسی می‌شود.

در الگوی TVP-VAR-BK از تجزیه واریانس طیفی استفاده می‌شود. در رابطه (۱)

تابع پاسخ تناوبی تعریف شده است:

$$\alpha(\pi^{-xy}) = \sum_z \pi^{-xyr} \alpha_r \quad (1)$$

در معادله (۱)، α براساس تابع فوریه^۲ با $X = \sqrt{-1}$ تجزیه می‌شود. طیف علی

تعمیم یافته برای تناوب‌ها براساس $\alpha \in (-K, K)$ به صورت معادله (۲) تعریف می‌شود:

$$(f(\alpha))_{j,k} = \frac{\omega_{kk}^{-1} |(\alpha(\pi^{-xy}) \sum_j k|^2}{\alpha(\pi^{-xy}) \sum_j \alpha'(e^{+xy}) j. j} \quad (2)$$

در معادله (۲)، $\alpha(\pi^{-xy}) = \alpha_m \sum_m e^{-ixy}$ نشان‌دهنده تبدیل فوریه در تابع ضربه

پاسخ α است. هم‌چنین نباید فراموش شود که $(f(\alpha))_{j,k}$ بخشی از طیف متغیر α را در

تناوب α به دلیل شوک‌های متغیر k نشان می‌دهد. ما می‌توانیم معادله (۲) را به منظور

کمی‌سازی در علیت تناوبی و براساس طیف متغیر α تحت تناوب α استخراج کنیم. به

منظور رد تجزیه واریانس تعمیم یافته، به $(f(\alpha))_{j,k}$ از طریق سهم واریانس تناوبی متغیر j

وزن داده می‌شود. معادله (۳) تابع وزن‌دهی را نشان می‌دهد:

-
1. TVP-VAR-BK
 2. Fourier Function

$$\phi_j = \frac{(\pi^{-xy}) \sum \alpha' (e^{+xy})_{i,j}}{\frac{1}{2\beta} \int_{-\beta}^{\beta} e^{-i\theta} \sum \alpha' (e^{+i\theta})_{j,j} d\theta} \quad (3)$$

بر اساس معادله (۳)، توان متغیر λ در یک تناوب داده شده نشان داده شده است و همچنین در تناوب α عمل می‌کند و مجموع تناوب‌ها مقدار ثابت 2β است. گرچه تبدیل فوریه تابع ضربه- پاسخ از عدد مختلط تشکیل شده است، طیف تعمیم یافته ضریب وزنی مجذور عدد مختلط است و بنابراین یک عدد حقیقی است. برای فرموله کردن، ما تناوب را جایگذاری می‌کنیم:

$$(\gamma_v)_{j,k} = \frac{1}{2\beta} \int_{-\beta}^{\beta} \phi_j (f(\alpha))_{j,k} da \quad (4)$$

نشان دادن نحوه ارتباط در یک تناوب معین از طریق نمایش طیف و استفاده از تجزیه واریانس خطای پیش‌بینی تعمیم یافته چالش برانگیز نیست. ما تجزیه واریانس خطای پیش‌بینی تعمیم یافته مقیاس شده بر روی تناوب $v = (p.s): p.s \in (-\beta, \beta), s > p$ را به صورت معادله (۵) نشان می‌دهیم.

$$(\approx \gamma_v)_{j,k} = (\gamma_{v,j,k} / \sum_k (\gamma_{\infty})_{j,k}) \quad (5)$$

سرریزهای تناوبی به صورت معادله (۶) خواهد بود:

$$N_v^f = 100 \left(\frac{\sum_{j \neq k} (\gamma_v)_{j,k}}{\sum_k (\gamma_{\infty})_{j,k}} - \frac{Tr \{ \gamma_v \}}{\sum_{j,k} (\gamma_v)_{j,k}} \right) \quad (6)$$

فرموله کردن سرریزها از طریق تناوب به صورت معادله (۷) است (Asadi, et al., 2022):

$$N_v^f = 100 \left(1 - \frac{Tr \{ \gamma_v \}}{\sum_{j,k} (\gamma_v)_{j,k}} \right) \quad (7)$$

متغیرهای پژوهش به شرح ذیل است:

Inflation: تورم، Exchange rate: نرخ ارز غیررسمی، Liquidity: نقدینگی.

۵. یافته‌ها

در این مطالعه از داده‌های تورم، نرخ ارز غیررسمی و نقدینگی استفاده شده است. بر این اساس، در جدول ۳ نتایج حاصل از توصیف آماری متغیرهای پژوهش آورده شده است.

همان‌طور که این نتایج نشان می‌دهند، بیشترین میانگین رشد مربوط به تورم و سپس نقدینگی و کم‌ترین مربوط به نرخ ارز است. واریانس نرخ ارز و تورم نسبت به نقدینگی بیشتر است که نشان‌دهنده تلاطم بیشتر در این بازارها است. همچنین داده‌های مربوط، تأییدکننده وجود چولگی به سمت راست همه سری‌ها و در مورد آمار کشیدگی نیز مشاهده می‌شود که همه متغیرها بیشتر از توزیع نرمال هستند. آماره جارک-برا^۱ تأییدکننده غیرنرمال بودن متغیرهاست. از آن‌جا که همه متغیرها دارای توزیع لپتوکورتیک^۲ هستند و همچنین احتمال وجود شکست ساختاری در متغیرها وجود دارد، بایستی از آزمون ریشه واحد الیوت، روتنبرگ و استاک^۳ استفاده نمود (Roudari, et al., 2023). نتایج آزمون ریشه واحد ERS نیز نشان می‌دهد که نرخ رشد همه متغیرهای پژوهش در سطح مانا است.

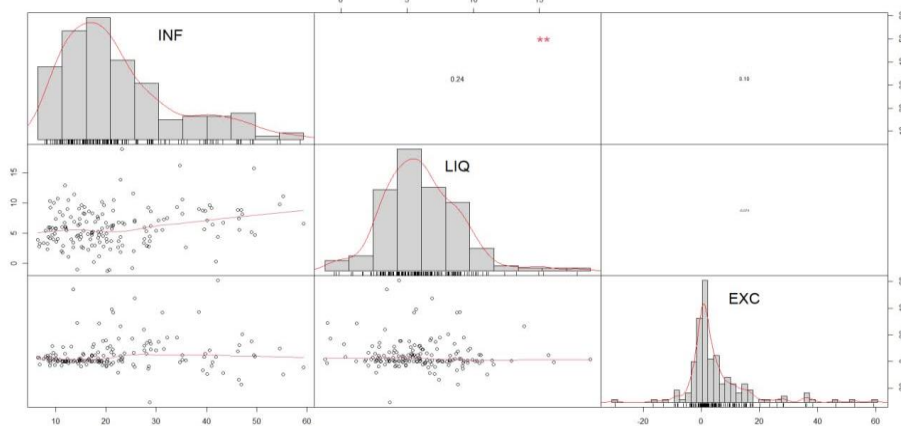
جدول ۳. آمارهای توصیفی متغیرهای پژوهش

نقدینگی	تورم	نرخ ارز	
۵/۹۷۶	۲۱/۶۴۳	۴/۸۶۰	میانگین
۱۰/۰۶۲	۱۳۵/۴۲۶	۱۲۹/۶۸۱	واریانس
۰/۶۹۵	۱/۱۲۷	۱/۹۹۸	چولگی
۱/۷۰۹	۰/۶۲۷	۶/۸۰۴	کشیدگی
۳۳/۱۷۹	۳۷/۴۰۹	۴۲۵/۴۸۴	آماره جارک-برا
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	سطح احتمال
-۲/۱۹۹	-۲/۸۶۶	-۴/۵۴۱	آماره آزمون ریشه واحد ERS
۰/۰۲۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	سطح احتمال

مأخذ: یافته‌های پژوهش

1. Jarque - Bera
2. Leptokurtic Distribution
3. Elliot, Rothenberg and Stock

نمودار ۱. نمودار همبستگی متغیرها



مأخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار ۱، همبستگی بین متغیرها را نشان می‌دهد. نتایج نشان‌دهنده همبستگی مثبت ضعیف (۲۴ درصدی) بین رشد قیمت‌ها و رشد نقدینگی، بین رشد نرخ ارز و رشد نقدینگی همبستگی منفی بسیار ضعیف و بین نرخ رشد ارز و تورم همبستگی مثبت ضعیف (۱۰ درصدی) وجود دارد.

در الگوی TVP-VAR-BK نحوه انتقال و دریافت تلاطمات در افق‌های زمانی مختلف و همچنین پذیرنده و یا انتقال‌دهنده خالص بودن بررسی می‌شود. برآورد سرریز تلاطمات میان نرخ ارز، تورم و نقدینگی در دوره ۱-۴ ماه (کوتاه‌مدت)، ۴-۱۰ ماه (میان‌مدت) و ۱۰ ماه بیشتر (بلندمدت) در جدول‌های ۴، ۵، ۶ و ۷ ارائه شده است:

جدول ۴. برآورد سرریز تلاطمات میان متغیرهای مورد بررسی بدون تفکیک زمانی

از:	نرخ ارز	تورم	نقدینگی	
۳۲/۹۰	۲۴/۳۰	۸/۶۰	۶۷/۱۰	نقدینگی
۲۰/۰۶	۹/۴۵	۷۹/۹۴	۱۰/۶۱	تورم
۱۴/۵۹	۸۵/۴۱	۶/۹۰	۷/۶۹	نرخ ارز
	۳۳/۷۵	۱۵/۵۰	۱۸/۳۰	به:
۲۲/۵ = شاخص مجموع ارتباطات	۱۹/۱۶	-۴/۵۶	-۱۴/۶۰	خالص

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۱. تقسیم‌بندی براساس مطالعه بارونیک و کرهلیک (۲۰۱۸) صورت گرفته است.

بر اساس جدول ۴، در حالت کلی عامل نرخ ارز با $۳۳/۷۵$ درصد بیشترین اثرگذاری را بر دیگر متغیرها داشته است و کمترین اثرگذاری نیز مربوط به تورم با $۱۵/۵۰$ درصد انتقال نوسان بوده است. از طرف دیگر، نقدینگی با $۳۲/۹۰$ درصد بیشترین اثرپذیری را از متغیرهای دیگر داشته است و کمترین اثرپذیری مربوط به نرخ ارز است که نشان می‌دهد که تلاطمات تورم و نقدینگی به میزان کمتری به ارز منتقل شده است. در دوره مورد بررسی، نرخ ارز با $۱۹/۱۶$ درصد اثرگذار خالص بوده است و نقدینگی و تورم به‌طور خالص پذیرنده تلاطمات بوده‌اند. نقدینگی با $۱۴/۶۰$ درصد بزرگترین پذیرنده تلاطمات از متغیرهای مورد بررسی در حالت کلی بوده است. این مهم نشان می‌دهد عامل اصلی بروز تلاطمات میان سه متغیر مذکور، نرخ ارز بوده است. همچنین به‌طور کلی میان تلاطمات متغیرهای مورد بررسی $۲۲/۵۲$ درصد ارتباط وجود دارد.

جدول ۵. برآورد سرریز تلاطمات میان متغیرهای مورد بررسی در حالت کوتاه‌مدت

از:	نرخ ارز	تورم	نقدینگی	
۱/۸۰	۰/۹۵	۰/۸۵	۱/۳۸	نقدینگی
۱۰/۱۵	۵/۲۳	۷۰/۷۰	۴/۹۲	تورم
۸/۵۹	۵۱/۷۰	۵/۱۸	۳/۴۱	نرخ ارز
۲۰/۵۴	۶/۱۷	۶/۰۳	۸/۳۳	به:
شاخص مجموع ارتباطات = ۶/۸۵	-۲/۴۲	-۴/۱۲	۶/۵۳	خالص

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۵، برآورد سرریز تلاطمات در حالت دوره زمانی کوتاه‌مدت (۱-۴ ماه) را نشان می‌دهد. در دوره کوتاه‌مدت بیشترین اثرگذاری و انتقال تلاطمات مربوط به نقدینگی با $۸/۳۳$ درصد است. تورم با $۶/۰۳$ درصد انتقال تلاطم، کمترین اثرگذاری را داشته است. از طرفی بیشترین اثرپذیری و دریافت تلاطم مربوط به تورم با $۱۰/۱۵$ درصد است و نقدینگی با $۱/۸۰$ درصد کمترین دریافت تلاطم را در کوتاه‌مدت داشته است. به‌طور خالص، در کوتاه‌مدت نقدینگی اثرگذار و منتقل‌کننده تلاطم به نرخ ارز و تورم بوده‌اند و نقش اصلی را در

کوتاه‌مدت در ایجاد تلاطم داشته است. مجموع ارتباط میان تلاطمات متغیرها در حالت کوتاه‌مدت ۶/۸۵ درصد بوده است.

جدول ۶. برآورد سرریز تلاطمات میان متغیرهای مورد بررسی در حالت میان‌مدت

از:	نرخ ارز	تورم	نقدینگی	
۲/۲۳	۱/۷۳	۰/۵۰	۲/۹۳	نقدینگی
۱/۸۳	۱/۰۰	۶/۱۶	۰/۸۳	تورم
۲/۲۳	۲۱/۷۷	۰/۸۸	۱/۳۵	نرخ ارز
۶/۲۹	۲/۷۳	۱/۳۸	۲/۱۹	به:
شاخص مجموع ارتباطات = 1/2	۰/۵۰	-۰/۴۵	-۰/۰۵	خالص

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۶، سرریز تلاطمات میان متغیرها را در میان‌مدت (۴-۱۰ ماه) نشان می‌دهد. در دوره میان‌مدت بیشترین اثرگذاری و انتقال تلاطمات مربوط به نرخ ارز با ۲/۷۳ درصد بوده است و این در حالی است که در دوره کوتاه‌مدت بیشترین اثرگذاری مربوط به نقدینگی بوده است. بیشترین اثرپذیری نیز مربوط به نقدینگی و نرخ ارز با ۲/۲۳ درصد بوده است و تورم در این حالت کمترین اثرپذیری را داشته است اما در دوره کوتاه‌مدت کمترین اثرپذیری مربوط به نقدینگی بوده است. همچنین در این حالت نرخ ارز اثرگذار خالص بر تورم و نقدینگی بوده است. نکته حائز اهمیت دیگر این که در دوره میان‌مدت، ارتباط میان تلاطمات نرخ ارز، تورم و نقدینگی نسبت به دوره کوتاه‌مدت کاهش یافته است.

جدول ۷. برآورد سرریز تلاطمات میان متغیرهای مورد بررسی در حالت بلندمدت

از:	نرخ ارز	تورم	نقدینگی	
۲۸/۸۷	۲۱/۶۲	۷/۲۵	۶۲/۷۹	نقدینگی
۸/۰۹	۳/۲۳	۳/۰۸	۴/۸۶	تورم
۳/۷۷	۱۱/۹۵	۰/۸۵	۲/۹۲	نرخ ارز
۴۰/۷۲	۲۴/۸۴	۸/۱۰	۷/۷۸	به:
۱۳/۵۷ = شاخص مجموع ارتباطات	۲۱/۰۸	۰/۰۱	-۲۱/۰۹	خالص

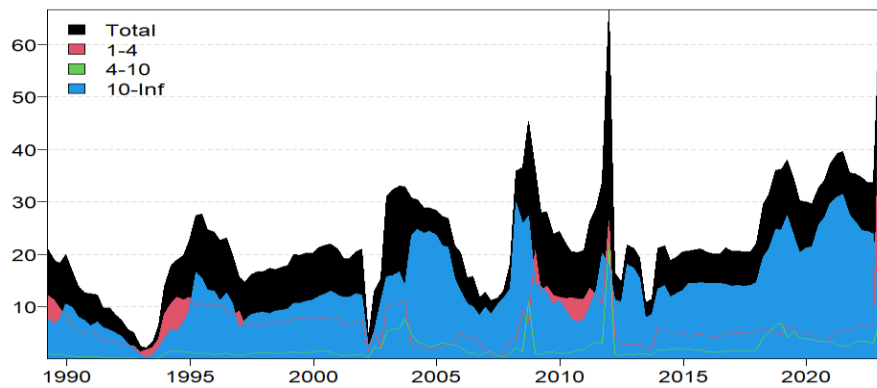
مأخذ: یافته‌های پژوهش

در جدول ۷، سرریز تلاطمات میان متغیرهای پژوهش در دوره بلندمدت ارائه شده است. در دوره بلندمدت همانند دوره میان‌مدت بیشترین اثرگذاری و انتقال تلاطمات به سایر متغیرها، توسط نرخ ارز با ۲۴/۸۴ درصد بوده است و برخلاف دوره‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت، کمترین اثرگذاری مربوط به نقدینگی بوده است. نکته حائز اهمیت دیگر این که هرچه دوره زمانی افزایش یافته است، میزان ارتباط میان تلاطمات نرخ ارز، تورم و نقدینگی در اقتصاد ایران افزایش داشته است و بیشترین میزان انتقال و دریافت تلاطمات در دوره بلندمدت رخ داده است. بیشترین اثرپذیری و دریافت تلاطمات مربوط به نقدینگی با ۲۸/۸۷ درصد و کمترین مربوط به نرخ ارز با ۳/۷۷ درصد بوده است. این در حالی است که در دوره میان‌مدت کمترین میزان دریافت تلاطم مربوط به تورم و در کوتاه‌مدت مربوط به نقدینگی بوده است. در دوره میان‌مدت و بلندمدت بیشترین دریافت‌کننده تلاطم نقدینگی بوده است. بیشترین انتقال‌دهنده تلاطمات در میان‌مدت و بلندمدت نرخ ارز بوده است. در کوتاه‌مدت نقدینگی بیشترین انتقال‌دهنده تلاطمات به نرخ ارز و تورم است و بزرگترین اثرگذار خالص بوده است. براساس دوره‌های زمانی میان‌مدت و بلندمدت نرخ ارز بزرگترین اثرگذار خالص بوده است. به‌طور کلی براساس نتایج می‌توان بیان داشت که تلاطمات نرخ ارز در میان‌مدت و بلندمدت عامل اصلی بروز تلاطمات در تورم و نقدینگی بوده است و در کوتاه‌مدت نقدینگی عامل اصلی تلاطمات بر نرخ ارز و تورم است. بر این اساس، ایجاد ثبات در بازار ارز در میان‌مدت و بلندمدت و نقدینگی در کوتاه‌مدت می‌تواند موجب ثبات دیگر متغیرها شود.

در نمودار ۲، مجموع ارتباطات پویا میان متغیرهای پژوهش براساس دوره زمانی ارائه شده است. بخش سیاه‌رنگ حالت کلی (مجموع کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت)، بخش صورتی‌رنگ دوره کوتاه‌مدت، بخش سبزرنگ دوره میان‌مدت و بخش آبی‌رنگ دوره بلندمدت را نشان می‌دهند. بیشترین میزان ارتباط میان تلاطمات متغیرهای پژوهش در بلندمدت و از اواخر سال ۲۰۱۲ (۱۳۹۱) تا اواخر دوره مورد بررسی رخ داده است. یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش ارتباط کلی (بخش سیاه‌رنگ) میان متغیرهای مورد بررسی در بازه زمانی ۲۰۱۲ (۱۳۹۱) فاصله گرفتن نرخ ارز بازار آزاد از نرخ رسمی و تشدید تحریم‌ها علیه کشور و ورود تقاضای سوداگری به بازار ارز بوده است. بنابراین می‌توان بیان داشت که با تشدید تحریم و به دنبال آن، افزایش تلاطمات ارزی، در بلندمدت متغیرهای مذکور

متلاطم خواهند شد. ارتباط بلندمدت (بخش آبی رنگ) میان تلاطمات متغیرهای پژوهش بیشتر از ارتباط میان مدت و کوتاه مدت تلاطمات بوده است.

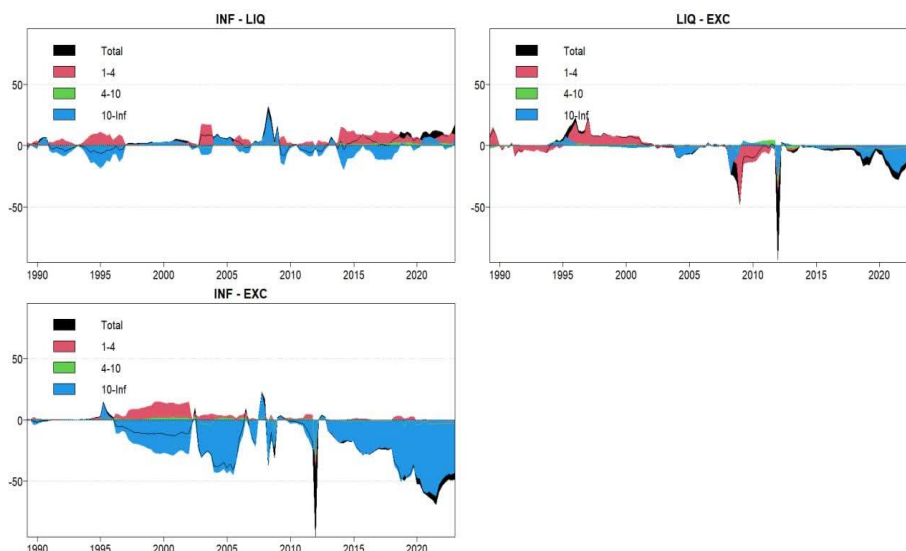
نمودار ۲. مجموع ارتباط میان تلاطمات متغیرهای پژوهش



مأخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار ۳، سرریز خالص بین تورم، نقدینگی و نرخ ارز را به صورت دوه‌دو نشان می‌دهد. عمده ارتباط تلاطمات بین تورم و نقدینگی در کوتاه مدت بوده است. تلاطمات بین نقدینگی و نرخ ارز تا سال ۲۰۰۰ کوتاه مدت و با شروع تحریم‌های سال ۱۳۸۹ تلاطمات بین نرخ ارز و نقدینگی اغلب بلندمدت بوده است. تلاطمات بین نرخ ارز و تورم تا سال ۲۰۰۰ کوتاه مدت و بعد از این سال‌ها تلاطمات بلندمدت بوده است که طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ با اعمال تحریم جدید بیشترین انتقال تلاطمات بین نرخ ارز و تورم اتفاق افتاده است و همین طور در سال ۲۰۱۸ با خروج آمریکا از برجام دوباره تلاطمات بین نرخ ارز و تورم جابه‌جا شده است.

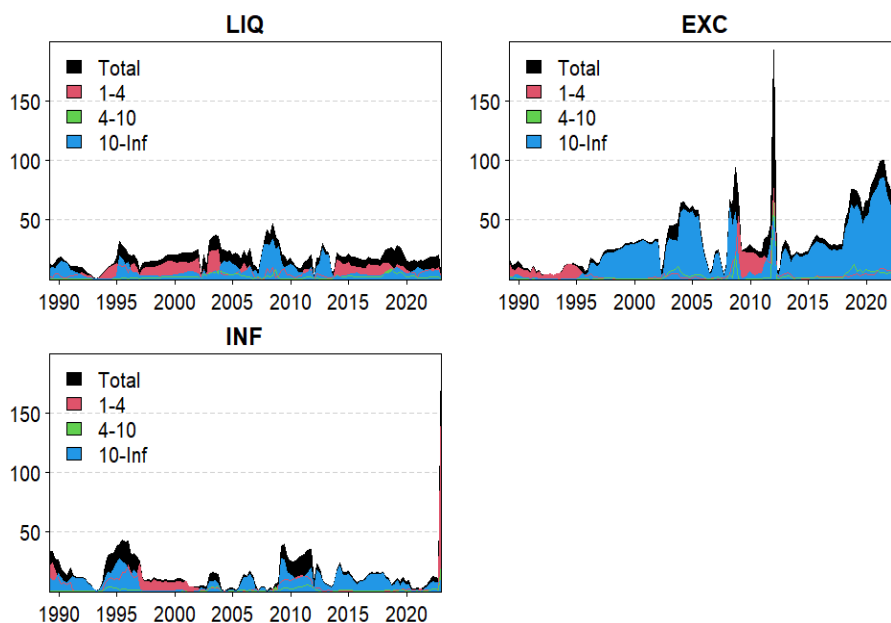
نمودار ۳. سرریزهای خالص تلاطمات متغیرهای پژوهش



مأخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار ۴، نحوه اثرگذاری و انتقال تلاطمات توسط متغیرهای پژوهش را نشان می‌دهد. بزرگترین اثرگذار و انتقال‌دهنده تلاطمات به سایر متغیرها نرخ ارز بوده است که بزرگترین اثرگذاری و انتقال تلاطمات از سمت نرخ ارز مربوط به سال ۲۰۱۲ (۱۳۹۱) پس از تشدید تحریم‌ها و ایجاد تلاطمات بزرگ ارزی است. در این دوره هر دو انتقال تلاطمات به صورت کوتاه‌مدت و بلندمدت افزایش داشته است. آنچه که در نمودار فوق مشخص است تا حد زیادی در دوره‌هایی که انتقال تلاطمات توسط نرخ ارز افزایش یافته است، انتقال تلاطمات در سایر متغیرها کاهش داشته است. همچنین اثرگذاری و انتقال تلاطمات در کلیه متغیرها اغلب بلندمدت بوده است. در ادامه در نمودار ۵ نحوه اثرپذیری و دریافت تلاطمات توسط متغیرهای پژوهش ارائه شده است.

نمودار ۴. نحوه و میزان انتقال تلاطمات متغیرهای پژوهش

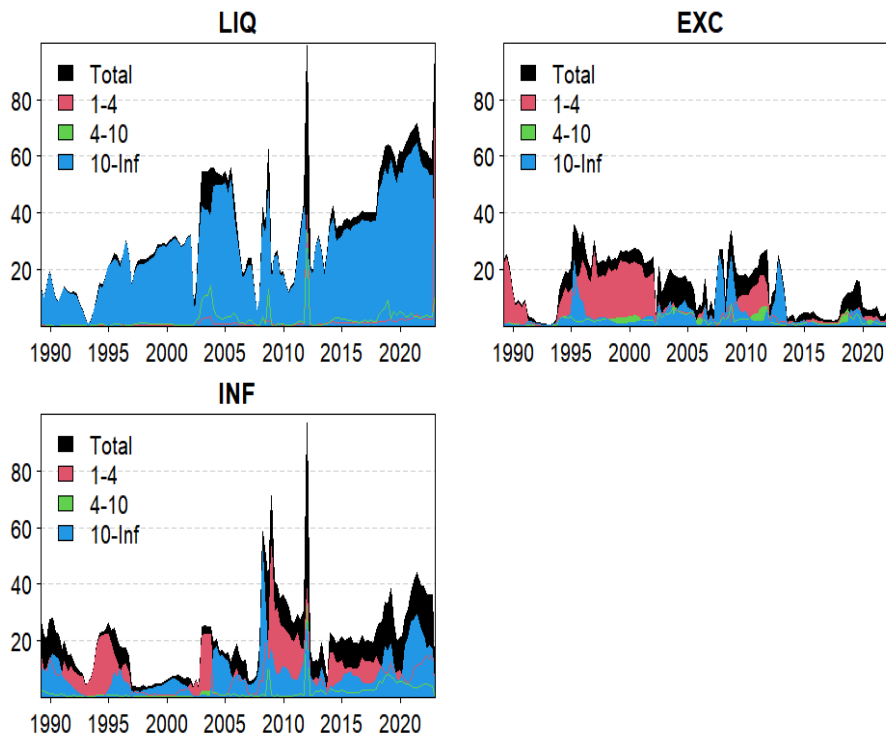


مأخذ: یافته‌های پژوهش

براساس نمودار ۵، بزرگترین اثرپذیر و دریافت کننده تلاطمات به سایر متغیرها نقدینگی بوده است که بزرگترین اثرپذیری و دریافت تلاطمات از سمت نقدینگی مربوط به سال ۲۰۱۲ (۱۳۹۱) است. با افزایش تحریم‌ها در این دوره نرخ ارز افزایش یافته است. با افزایش نرخ ارز، تورم و حجم پول در دست مردم افزایش یافته است. یعنی، با کاهش ارزش پول کشور، قیمت واردات و در نتیجه هزینه نهاده‌های وارداتی افزایش یافته و تولید و قیمت‌های داخلی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. همچنین اثرپذیری و دریافت تلاطمات در کلیه متغیرها اغلب بلندمدت بوده است. آنچه که از نمودارهای ۲ و ۳ مشخص است، تلاطم زیادی در اثرگذاری و اثرپذیری میان نقدینگی، تورم و نرخ ارز در دوره مورد بررسی وجود داشته است و استفاده از تحلیل‌های ایستا نمی‌تواند راهنمای مناسبی برای برنامه‌ریزان سیاسی و اقتصادی باشد. این موارد نشان می‌دهد نحوه ارتباط میان متغیرها براساس دوره زمانی بروز تلاطمات و همچنین در طی زمان متفاوت است که در مطالعات صورت گرفته به این موارد مهم اشاره نشده است. براساس نمودار ۳ عمده دریافت و انتقال تلاطمات توسط متغیرهای

پژوهش به صورت بلندمدت بوده است. در ادامه در نمودار ۶ رابطه علی براساس مقیاس - زمان ارائه شده است.

نمودار ۵. نحوه و میزان دریافت تلاطمات متغیرهای پژوهش



مأخذ: یافته‌های پژوهش

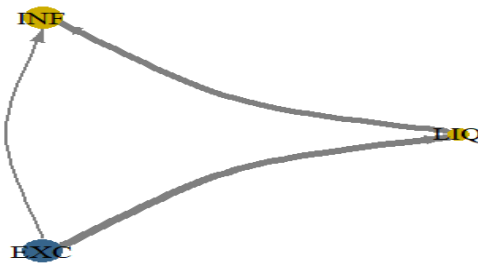
براساس نمودار^۱، در دوره کوتاه‌مدت رابطه علی از سمت تلاطمات نقدینگی به نرخ ارز وجود دارد. همچنین در کوتاه‌مدت تلاطمات به شدت از نقدینگی به تورم منتقل شده است. همچنین در کوتاه‌مدت رابطه علی میان تورم و نرخ ارز مشاهده نشده است که این نشان می‌دهد در کوتاه‌مدت میان تورم و نرخ ارز رابطه‌ای وجود ندارد.

۱. نمودارها خروجی نرم‌افزار است. جهت فلش، جهت علیت و ضخامت خطوط شدت علیت را نشان می‌دهد.

نمودار ۶. تحلیل علی شبکه‌ای متغیرهای پژوهش



کوتاه‌مدت



میان‌مدت

INF



بلندمدت

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در میان‌مدت کماکان علیت انتقال تلاطمات به میزان قابل توجهی از نرخ ارز به نقدینگی به دلیل ناترازی‌های کلان اقتصادی و به میزان کمتر از نقدینگی به تورم است. نکته جالب توجه اینکه در میان‌مدت برعکس کوتاه‌مدت، علیت انتقال تلاطمات به میزان نه چندان زیاد

از نرخ ارز به تورم بوده است. این مهم نشان می‌دهد در میان‌مدت چنانچه نرخ ارز متلاطم شود، به شدت تلاطمات را به نقدینگی منتقل می‌کند و نقدینگی نیز با شدت قابل توجهی منجر به شکل‌گیری تلاطمات تورمی می‌شود و خود ارز نیز به میزان اندکی به صورت مستقیم موجب انتقال تلاطم به تورم شده است که این موارد نشان می‌دهد نرخ ارز نقش مسلط در شبکه در میان‌مدت را ایفا می‌نماید.

در بلندمدت، ارتباط علی میان نقدینگی و تورم مشاهده نشده است و همچنین علیتی میان انتقال تلاطمات بین تورم و نرخ ارز نیز دیده نمی‌شود که می‌توان اذعان داشت تلاطمات تورم در بلندمدت توسط عواملی غیر از شبکه مورد بررسی قابل توضیح است. همانند دوره‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت، سرریز تلاطمات از نرخ ارز به سمت نقدینگی وجود دارد اما شدت سرریز تلاطمات از نرخ ارز به نقدینگی در بلندمدت قوی‌تر از دوره‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت بوده است. شوک نرخ ارز منجر به افزایش نیاز بنگاه‌ها به سرمایه در گردش و افزایش انتظارات تورمی می‌شود که هر دو عامل، به افزایش تقاضای تسهیلات و نقدینگی می‌انجامد که بدون واکنش متناسب مقام پولی منجر به افزایش رشد نقدینگی در بلندمدت می‌شود. بر این اساس، می‌توان بیان داشت که دیدگاه کلاسیکی و کینزی درخصوص نقدینگی و تورم تا میان‌مدت وجود داشته است اما در بلندمدت دیدگاه پساکینزی مشاهده و تأیید شده است. درخصوص ارتباط میان نقدینگی و نرخ ارز نیز در کوتاه‌مدت علیت از نقدینگی به ارز و در میان‌مدت و بلندمدت از نرخ ارز به نقدینگی بوده است. یعنی با افزایش نرخ ارز، با وقفه سمت عرضه و تقاضای اقتصاد متأثر می‌گردد که برآیند آن انتقال شدید تلاطمات ارزی به نقدینگی در بلندمدت بوده است. با توجه به این که عمده تلاطمات ارزی در کشور ناشی از تحریم‌ها و سرکوب سمت عرضه ارز بوده است، با افزایش تلاطمات ارزی، مخارج جاری و عمرانی دولت و کسری بودجه افزایش می‌یابد و یکی از راه‌های در دسترس جهت پوشش مخارج دولت، افزایش مطالبات بانک مرکزی از دولت در قالب استقراض است که خود می‌تواند منجر به رشد نقدینگی شود. از طرفی افزایش نرخ ارز یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر مخارج مصرفی بخش خصوصی است. افزایش نرخ ارز سبب کاهش مخارج مصرفی بخش خصوصی می‌شود. در کشورهای در حال توسعه، مخارج مصرفی بخش خصوصی تا حد زیادی به واردات بستگی دارد و در کشورهای در حال توسعه به‌طور عمده واردات بیشتر از صادرات است، بنابراین با افزایش نرخ

ارز، هزینه واردات افزایش می‌یابد و با افزایش هزینه واردات (کالاهای قابل مبادله)، تقاضا برای کالاهای غیرقابل مبادله کاهش می‌یابد، بنابراین مخارج مصرفی بخش خصوصی کاهش خواهد یافت. از آنجا که افزایش نرخ ارز به افزایش تورم منجر می‌شود، مصرف‌کنندگان با علم به این قضیه و تحقق یافتن انتظارات تورمی، پس‌انداز خود را کاهش و مصرف حال خود را افزایش می‌دهند.

۶. بحث و نتیجه‌گیری

در اقتصاد به‌واسطه پیچیدگی میان متغیرها و نیز شرایط زمانی و مکانی، کمتر می‌توان یک نسخه جهان شمول پیچید. بر این اساس، نحوه انتقال، دریافت و علیت تلاطمات میان نقدینگی، تورم و نرخ ارز در طی زمان و با توجه به دوره زمانی بروز تلاطمات متفاوت است. بنابراین در پژوهش حاضر، ارتباط مقیاس- زمان میان تلاطمات نقدینگی، نرخ ارز و تورم در دوره زمانی ۲۰۲۲:۰۹ الی ۱۹۸۲:۰۳ (۱۴۰۱:۰۷ الی ۱۳۶۱:۰۱) با تواتر ماهانه با استفاده از الگوی TVP-VAR-BK که توسط بارونیک و کرهلیک (۲۰۱۸) مطرح شده است، بررسی گردید.

نتایج نشان داد که در دوره کوتاه‌مدت بزرگترین اثرگذار و انتقال‌دهنده تلاطمات به سایر متغیرها نقدینگی بوده است که بزرگترین اثرگذاری و انتقال تلاطمات از سمت نقدینگی مربوط به سال ۲۰۱۲ (۱۳۹۱) پس از تشدید تحریم‌ها است. در میان‌مدت و بلندمدت نرخ ارز بزرگترین اثرگذاری را بر سایر متغیرهای پژوهش داشته است.

درخصوص رابطه علی انتقال تلاطمات در دوره کوتاه‌مدت، رابطه علی قوی از سمت تلاطمات نقدینگی به تورم و نرخ ارز وجود دارد. همچنین در کوتاه‌مدت رابطه علی میان تورم و نرخ ارز مشاهده نشده است. بر این اساس، در کوتاه‌مدت عامل اصلی بروز تلاطمات در تورم و نرخ ارز، نقدینگی است و چنانچه تلاطمات کوتاه‌مدت نقدینگی کنترل نشود می‌تواند تلاطمات شدیدی به صورت مستقیم و غیرمستقیم در شبکه مورد بررسی ایجاد نماید.

بنابراین در کوتاه‌مدت چنانچه هدف سیاست‌گذار ایجاد ثبات نسبی در نرخ ارز و تورم است، باید تلاطمات نقدینگی کنترل گردد^۱.

در میان‌مدت علیت انتقال تلاطمات به میزان قابل توجهی از نرخ ارز به نقدینگی و به میزان کمتر از نقدینگی به تورم است. نکته جالب توجه این که در میان‌مدت برعکس کوتاه-مدت، علیت انتقال تلاطمات به میزان نه چندان زیاد از نرخ ارز به تورم بوده است. این مهم نشان می‌دهد در میان‌مدت چنانچه نرخ ارز متلاطم شود، به شدت تلاطمات را به نقدینگی منتقل می‌کند و نقدینگی نیز با شدت قابل توجهی منجر به شکل‌گیری تلاطمات تورمی می‌شود و خود ارز نیز به میزان اندکی به صورت مستقیم موجب انتقال تلاطم به تورم شده است که این موارد نشان می‌دهد نرخ ارز نقش مسلط در شبکه در میان‌مدت را ایفا می‌نماید. یعنی، بایستی تلاطمات نرخ ارز کنترل شود تا نقدینگی متلاطم نشود و به واسطه آن، تورم از ناحیه نقدینگی متلاطم نگردد ضمن این که به صورت ضعیف‌تر نیز علیت از ناحیه نرخ ارز به تورم نیز مشاهده شده است.

در بلندمدت، ارتباط علی میان نقدینگی و تورم مشاهده نشده است و همچنین علیتی میان انتقال تلاطمات بین تورم و نرخ ارز نیز دیده نمی‌شود که می‌توان اذعان داشت تلاطمات تورم در بلندمدت توسط عواملی غیر از شبکه مورد بررسی قابل توضیح است. اما همانند دوره‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت، علیت انتقال تلاطمات از نرخ ارز به سمت نقدینگی وجود دارد اما علیت انتقال تلاطمات از نرخ ارز به نقدینگی در بلندمدت قوی‌تر از دوره‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت بوده است. بر این اساس، می‌توان بیان داشت که دیدگاه کلاسیکی درخصوص نقدینگی و تورم تا میان‌مدت وجود داشته است اما در بلندمدت دیدگاه پساکینزی مشاهده و تأیید شده است. به‌طور کلی عامل مسلط در شبکه مورد بررسی نرخ ارز بوده است و چنانچه ثبات ارزی در کشور شکل نگیرد و تلاطمات ارزی وجود داشته باشد می‌توان انتظار رشد نوسانی نقدینگی و سپس تورم را در دوره‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت داشت که خود می‌تواند آثار زیان‌باری در هر دو سمت عرضه و تقاضای اقتصاد داشته باشند، ضمن اینکه از نقش بسیار مهم انتظارات تورمی که می‌تواند ناشی از افزایش تلاطمات ارز و

۱. با توجه به اینکه در مطالعات داخلی تاکنون سرریز، دریافت، مجموع ارتباط و همچنین رابطه علی تلاطمات متغیرهای مورد بررسی براساس زمان-مقیاس بررسی نشده است، امکان مطابقت نتایج با سایر مطالعات وجود ندارد.

نقدینگی شکل بگیرد نیز نبایست غافل ماند که از کانال شکل گیری انتظارات تورمی به سمت بالا نیز می‌تواند آثار ادامه‌دار و مخرب در هر دو سمت عرضه و تقاضای اقتصاد بر جای گذارد.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

سپاسگزاری

با تشکر از اساتید گرامی، داوران و مجموعه همکاران فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران که با راهنمایی‌های خود موجب ارتقا و پیشرفت کار می‌شوند.

ORCID

Sohail Rudari  <https://orcid.org/0000-0003-2050-4698>

Seyed Hadi Arabi  <https://orcid.org/0000-0003-2457-0529>

Sanaz Rahimi Kahkashi  <https://orcid.org/0000-0003-3784-8091>

منابع

- امراللهی بیوکی، الهام، هژبر کیانی، کامبیز، معمارنژاد، عباس و ابطحی، سید یحیی. (۱۴۰۰). اثرات وابسته به وضعیت رشد نقدینگی بر نوسانات نرخ ارز در اقتصاد ایران. *سیاست‌گذاری اقتصادی*، ۱۳(۲۵)، ۲۴۱-۲۷۹. <https://doi.org/10.22034/epj.2021.15510.2145>
- باوقار، مرتضی، فغانی، مهدی و رنجبر، محمدحسین. (۱۴۰۱). سرریز نوسانات بین قیمت نفت اپک و بازارهای سهام با در نظر گرفتن چرخه‌های تجاری و شکست ساختاری (مطالعه موردی، کشورهای عضو شورای همکاری خلیج فارس و ایران). *دانش سرمایه‌گذاری*، ۱۱(۴۱)، ۱۹۵-۲۱۸. <https://doi.org/10.22054/ijer.2022.56063.912>
- التجائی، ابراهیم. (۱۳۹۹). بررسی رابطه علی میان پول و تورم در ایران: رهیافت MS-VAR. *اقتصاد و تجارت نوین*، ۱۵(۳)، ۳-۲۶. <https://doi.org/10.30465/jnet.2020.6295>
- تحصیلی، حسن. (۱۴۰۱). اثرگذاری تکانه نرخ ارز بر تورم در اقتصاد ایران: کاربرد الگوی خودرگرسیون برداری آستانه‌ای. *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۲۷(۹۱)، ۲۵۷-۲۸۵. <https://doi.org/10.22054/ijer.2022.56063.912>
- رحمانی، تیمور. (۱۳۸۵). *اقتصاد کلان*. جلد دوم، چاپ هشتم، تهران: برادران.

رضازاده، روح‌الله و فلاح، میر فیض. (۱۳۹۹). بررسی سرریز نوسانات شاخص استرس مالی بر تورم، نرخ بهره، نقدینگی و شاخص صنعت با تأکید بر مدل‌های GARCH-BEKK، VAR و علیت گرانجر. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار (مدیریت پرتفوی)، ۱۱(۴۲)، ۲۷۲-۳۰۱
<https://sid.ir/paper/368739/fa>

رودری، سهیل، همایونی‌فر، مسعود و سلیمی‌فر، مصطفی. (۱۳۹۹). تأثیر نوسانات نرخ ارز اسمی و چرخه‌های تجاری بر مطالبات شبکه بانکی کشور با تأکید بر تغییرات رژیم و زمان-مقیاس. پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۵(۸۵)، ۳۵-۶۴.

<https://doi.org/10.22054/ijer.2020.45154.779>

شاکری، عباس و باقرپور اسکویی، الناز. (۱۴۰۲). بررسی ماهیت تورم در اقتصاد ایران: رویکرد هم‌دوسی موجکی. پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۸(۹۴)، ۴۷-۷۹.

<https://doi.org/10.22054/ijer.2022.63350.1036>

شاکری، عباس. (۱۳۸۷). نظریه‌ها و سیاست‌های اقتصاد کلان. جلد دوم، تهران.

شهلایی، مریم، پدرام، مهدی و حاجی‌ملا درویش، نرگس. (۱۴۰۱). نحوه شکل‌گیری انتظارات نرخ ارز؛ مطالعه آزمایشگاهی. پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۷(۹۰)، ۶۳-۱۰۳.

<https://doi.org/10.22054/ijer.2021.61148.983>

شیرافکن لمسو، مهدی، ایزدی، حمیدرضا و سیستمی بدویی، یاسر. (۱۴۰۲). ارتباط متغیر در زمان چندکی میان شاخص صنایع منتخب بورس اوراق بهادار ایران: بررسی حالت‌های بازدهی بالا-پایین و متوسط (رویکرد TVP-Quantile VAR). اقتصاد مالی، ۱۷(۶۵)، ۱۲۱-۱۵۲.

<https://doi.org/10.30495/FED.2023.707988>

صبوری دیلمی، محمدحسن، بشیری، سحر و ولی‌بیگی، حسن. (۱۴۰۰). چگونگی ارتباط میان نرخ ارز و شاخص‌های قیمت در ایران؛ کاربرد فیزیک اقتصادی در بررسی روابط متقابل. مطالعات و سیاست‌های اقتصادی، ۸(۲)، ۸۸-۱۱۳.

<https://doi.org/10.22096/esp.2022.129435.1362>

طالبو، رضا و مهاجری، پریسا. (۱۴۰۱). اتصالات و سرریز ریسک در بازار سهام ایران، یک تحلیل بخشی با به‌کارگیری مدل خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر طی زمان TVP-VAR. مدل‌سازی اقتصاد سنجی، ۷(۳)، ۹۵-۱۲۵.

<https://doi.org/10.22075/jem.2022.28780.1771>

طاهری بازخانه، صالح. (۱۴۰۲). تحلیل اثرگذاری نقدینگی و نرخ ارز بر تورم در حوزه زمان-فرکانس. سیاست‌گذاری اقتصادی، ۱۵(۲۹)، ۱۱۱-۱۴۸.

<https://doi.org/10.22034/epj.2023.19642.2399>

- فرخی بالاجاده، حشمت‌الله، خوچانی، رامین و آسایش، حمید. (۱۴۰۰). تبیین هم‌حرکتی پایه پولی و نقدینگی با تورم در اقتصاد ایران، با مقایسه عملکرد تحلیل موجک گسسته و پیوسته. *مطالعات و سیاست‌های اقتصادی*، ۸(۲)، ۲۷۳-۲۹۴.
doi.org/10.22096/esp.2022.136317.1412
- لطفعلی پور، محمدرضا و کریمی علویجه، نوشین. (۱۳۹۸). بررسی رابطه بین نرخ ارز در اقتصاد ایران با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری. *پژوهش‌های اقتصاد پولی مالی*، ۲۶(۱۷)، ۷۳-۹۴.
<https://doi.org/10.22067/pm.v26i17.65430>
- مهاجری، پریسا و طالبلو، رضا. (۱۴۰۱). بررسی پویایی‌های سرریز تلاطمات بین بازده بخش‌ها با رویکرد اتصالات خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در طول زمان (TVP-VAR)؛ شواهدی از بازار سهام ایران. *تحقیقات اقتصادی*، ۵۷(۲)، ۳۲۱-۳۵۶.
<https://doi.org/10.22059/jte.2023.349895.1008727>

References

- Alvarez, F., Atkeson, A. & Kehoe, P. J. (2002). Money, interest rates, and exchange rates with endogenously segmented markets. *Journal of Political Economy*, 110(1), 73-112. [10.3386/w7871. https://dx.doi.org/10.1086/324389](https://dx.doi.org/10.1086/324389)
- Alves, W.L. & Ferreira, R. T. (2023). Phillips curve and the exchange rate pass - through: a time-frequency approach. *Journal of Empirical Economics*, 64 (5), 1-17. <https://doi.10.1007/s00181-022-02317-2>
- Amrollahi, E., Hejbar Kiani, K., Memarnajad, A. & Abtahi, Y. (2021). The effects of liquidity growth on exchange rate volatility's in Iran's economy. *Journal of Economic Policy*, 13 (25), 241-279. [In Persian] <https://doi.org/10.22034/epj.2021.15510.2145>
- Asadi, M., Roubaud, D. & Tiwari, A. K. (2022). Volatility spillovers amid crude oil, natural gas, coal, stock, and currency markets in the US and China based on time and frequency domain connectedness. *Energy Economics*, 109. 105961. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.105961>
- Baumol, W.J. (1952). The transactions demand for cash: an inventory theoretic approach. *Journal of Quarterly Economics*, 66(4), 545-556. <https://doi.org/10.2307/1882104>
- Bavaqar, M., Faghani, M. & Ranjbar, M. H. (2022). Volatility spillover between OPEC oil price and stock markets considering business cycles and structural failure (case study; Persian Gulf Cooperation Council member countries and Iran). *Journal of Investment Knowledge*, 11(41), 195-218. [In Persian] <https://doi.org/10.22054/ijer.2022.56063.912>
- Dornbusch, R. (1976). Expectations and exchange rate dynamics. *Political Economy*, 84(6), 1161-1176. <http://www.jstor.org/stable/1831272>
- Eltejaei, E. (2020). Examining the causal relationship between money and inflation in Iran: MS-VAR approach. *Journal of Modern Economy and Trade*, 15(3), 3-26. [In Persian].

<https://doi.org/10.30465/jnet.2020.6295>

- Farrokhi Balajade, H., Khochiani, R. & Asavesh, H. (2021). Explaining the co-movement of monetary base and liquidity with inflation in the Iranian economy, by comparing the performance of discrete and continuous wavelet analysis. *Journal of Economic Studies and Policies*, 8(2), 273-294. [In Persian] doi.org/10.22096/esp.2022.136317.1412
- Grilli, V. & Roubini, N. (1992). Liquidity and exchange rates. *International Economics*, 32(3-4), 339-352. <http://dx.doi.org/10.18235/0001274>
- Huang, J., Chen, B., Xu, Y. & Xia, X. (2023). Time-frequency volatility transmission among energy commodities and financial markets during the COVID-19 pandemic: A Novel TVP-VAR frequency connectedness approach. *Journal of Finance Research Letters*, 53. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.103634>.
- Kahn, G. A. (1987). Dollar depreciation and inflation. *Federal Reserve Bank of Kansas City Economic Review*, 72(9), 32-49. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:fip:fedker:y:1987:i:nov:p:32-49:n:v.72no.9>
- Liew, P.X., Lim, K.P. & Goh, K. L. (2022). The dynamics and determinants of liquidity connectedness across financial asset markets. *International Review of Economics & Finance*, 77, 341-358. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2021.10.003>
- Liow, K.H., Song, J. & Zhou, X. (2021). Volatility connectedness and market dependence across major financial markets in China economy. *Quantitative Finance and Economics*, 5(3), 397-420. <https://doi.org/10.3934/QFE.2021018>
- Lotfaliipour, M. & Karimi Alavija, N. (2018). Investigating the relationship between bank interest rates and exchange rates in Iran's economy using meta-heterotic algorithms. *Journal of Monetary and financial economics researches*, 26(17), 73-94. [In Persian] <https://doi.org/10.22067/pm.v26i17.65430>
- Mensi, W., Hernandez, J.A., Yoon, S. M., Vo, X. V. & Kang, S. H. (2021). Spillovers and connectedness between major precious metals and major currency markets: The role of frequency factor. *International Review of financial Analysis*, 74, 101672. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2021.101672>
- Mohajeri, P. & Taleblou, R. (2022). Investigating the dynamics of small volatility's between sectors' returns with the approach of vector autoregressive connections with time-varying parameters (TVP VAR); Evidence from the Iranian stock market. *Journal of Economic research*, 57(2), 321-356. [In Persian] <https://doi.org/10.22059/jte.2023.349895.1008727>
- Ojede, A. & Lam, E. (2018). The impact of changes in monetary aggregates on exchange rate volatility in a developing country: do structural breaks matter?. *Journal of Economics Letters*, 155, 111-115. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2017.03.024>

- Pham, Th. (2018). Liquidity and Exchange Rate Volatility. Document de Travail. *Journal of Working Paper Halshs-01708633*.
<https://shs.hal.science/halshs-01708633>
- Rahmani, T. (2006). Macroeconomics, second volume, Tehran, *Baradaran Publishing House*. [In Persian]
- Rezazadeh, R. & Fallah, M. (2018). Investigating the spillover of financial stress index volatility's on inflation, interest rate, liquidity and industry index with emphasis on VAR, GARCH-BEKK and Granger causality models. *Journal of Financial Engineering and Securities Management (Portfolio Manager)*, 11(42), 272-301. <https://sid.ir/paper/368739/fa> [In Persian]
- Roudari, S., Sadeghi, A., Gholami, S., Mensi, W. & Al-Yahyaee, K. H. (2023). Dynamic spillovers among natural gas, liquid natural gas, trade policy uncertainty, and stock market. *Journal of Resources Policy*, 83, <https://doi: 10.1016/j.resourpol.2023.103688>.
- Roudari, S., Homayoni-far, M. & Salimi-far, M. (2019). The effect of nominal exchange rate volatility's and business cycles on the demands of the banking network with an emphasis on regime and time-scale changes. *Journal of Iranian Economic Researches*, 25(85), 35-64. [In Persian] <https://doi.org/10.22054/ijer.2020.45154.779>
- Ryczkowski, M. (2021). Money and inflation in inflation-targeting regimes- new evidence from time-frequency analysis. *Journal of Applied Economics*, 4(1), 17-44.
<https://doi.org/10.1080/15140326.2020.1830461>
- Sabouri Deilami, M., Bashiri, S. & Vali Beigi, H. (2021). Comovement of exchange rate and price indicators in Iran: an application of economic physics in the study of mutual relationships. *Journal of Economic Studies and Policies*, 8(2), 88-113. [In Persian]
- Shahlai, M., Pedram, M. & Haji Mollah Darvish, N. (2022). How exchange rate expectations are formed; Laboratory study. *Iranian Journal of Economic Research*, 27(90), 63-103. [In Persian] <https://doi.org/10.22054/ijer.2021.61148.983>
- Shakeri, A. & Baqerpour, E. (2023). Investigating the nature of inflation in Iran's economy: a wave coherence approach. *Journal of Economic researches of Iran*. 28(94), 47-79. [In Persian]
- Shakeri, A. (2008). *Macroeconomics, theories and policies*. The second volume, Tehran, *Pars Novisan Publishing House*. [In Persian]
- Shirafkan Lemso, M., Izadi, H. R. & Sistani Badoui, Y. (2023). Quantitative time-varying relationship between selected industries of Iran stock exchange; investigating high, low and medium return modes (TVP Quantile VAR). *Journal of Financial Economics*, 17(65), 121-152. [In Persian]
- Taheri Bazkhane, S. (2022). Analysis of the effect of liquidity and exchange rate on inflation in the field of time-frequency. *Journal of Economic Policy Making*, 15(29), 111-148. [In Persian]

- <https://doi.org/10.22054/ijer.2020.45154.779>
- Tahsili, H. (1401). The effect of exchange rate impulse on inflation in Iran's economy: application of auto regression threshold vector model. *Journal of Iranian Economic Research*, 27(91), 257-285. [In Persian]
- Taleblou, R. & Mohajeri, P. (2022). Connections and risk spillovers in the Iranian stock market, a partial analysis using vector auto regression model with time-varying parameters (TVP-VAR). *Journal of Econometric Modeling*, 7(3), 95-125. [In Persian]
<https://doi.org/10.22075/jem.2022.28780.1771>
- Tobin, J. (1956). The interest-elasticity of transactions demand for cash. *Review of Economics and Statistics*, 38(3), 241-247.
<https://doi.org/10.2307/1925776>
- Williamson, J. (1994). Estimates of FEERs, in Williamson J. (ed.), Estimating Equilibrium Exchange Rates. *Institute for International Economics*, Washington, DC, ISBN: 978-0-88132-076-3.
<https://EconPapers.repec.org/RePEc:iee:ppress:17>

استناد به این مقاله: رودری، سهیل، عربی، سیدهادی و رحیمی کاه کشی، ساناز. (۱۴۰۲). سرریز تلاطمات بین نرخ ارز، تورم و نقدینگی در اقتصاد ایران: رویکرد TVP-VAR-BK. پژوهش‌های اقتصادی ایران. ۲۸(۹۷). ۱۵۲-۱۹۰.



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



Simultaneous Bidding in Competitive Electricity and Energy Exchange Markets: The Case of a Thermal Power Station Based on Net Profit Value

Mehrnoosh Khaji 

Ph.D. Student in Management, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Maghsoud Amiri * 

Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Mohammad Taghi Taghavifard 

Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Abstract

The present study aimed to develop a model for determining an optimal bidding strategy for electricity producers, including the recommended selling price and the amount of electricity to be offered for participation in both the competitive electricity market and the energy exchange market. Hourly bids are suggested for the electricity market, while a monthly package, comprising peak load, medium load, low load, and base load, is proposed for the exchange market. By modeling a self-scheduling problem, the study aimed to develop optimal power production plans that maximize net profit over a one-month period. The research approach involved mathematical modeling using mixed-integer non-linear programming, which was performed in Lingo software and then validated in terms of effectiveness through an application to the case of a thermal power station. Relying on fuzzy necessity, credibility, and possibility, the research presented a robust model against the uncertainty of price with an adjustable level of

* Corresponding Author: amiri@atu.ac.ir

How to Cite: Khaji, M., Amiri, M., Taghavifard, M. T. (2024). Simultaneous Bidding in Competitive Electricity and Energy Exchange Markets: The Case of a Thermal Power Station Based on Net Profit Value. *Iranian Journal of Economic Research*, 28 (97), 191-238.

robustness. Sensitivity analysis and the simulation approach were used to validate the performance of the model, demonstrating that the optimal response from the robust model, compared to the deterministic model, can maintain its efficiency in the face of fluctuations in the parameter of price uncertainty. Furthermore, the findings indicated that offering a base load package on the energy exchange market can yield a higher net profit value for the producer. Finally, the fuzzy interest rate and decision-making based on fuzzy goals were also examined.

1. Introduction

In recent years, researchers have directed their attention toward robust optimization in markets with uniform pricing systems. However, the application of robust methods in pay-as-bid systems remains unexplored. Therefore, a notable research gap exists, specifically in the robust optimization of pay-as-bid systems in the Iranian electricity market. Moreover, with the establishment of the energy exchange market in Iran, the simultaneous bidding, in both the energy exchange market and the day-ahead electricity market, has surfaced as a significant gap in existing research literature. In this respect, the present study contributes to relevant research by addressing existing gaps while considering the specific needs of the Iranian electricity market. The study tried to model the self-scheduling problem of an electricity producer to determine an optimal and robust strategy. Employing fuzzy theory to address the uncertainty of the market clearing price parameter, the model can protect the producer from electricity price uncertainty in the market, as well as foster a more secure environment for participation in competitive electricity markets.

2. Materials and Methods

As an applied and developmental research, the present study aimed to develop robust optimization models for bidding in the electricity market. This descriptive–analytical study examined, described, and explained uncertainty in decision-making, employing a fuzzy approach to tackle uncertainty. The research involved the mathematical modeling of the problem of determining the bidding strategy for electricity producers, presented as mixed-integer programming. First, the variables and parameters of the modeling process were introduced, followed by presenting the problem formulation. Subsequently, the implementation and its procedural steps were performed in the Lingo software to validate the effectiveness of the proposed model by applying it to the case of a thermal power station.

3. Results and Discussion

The research proposed a model designed to address bidding challenges encountered by a price-taker electricity producer. The model centers on optimizing simultaneous monthly bidding in both the day-ahead electricity market and the energy exchange market. The objective is to optimally allocate the producer's capacity between these two markets to maximize profit. To handle the uncertainty of electricity prices, a robust method is employed, necessitating estimates of the next day's market price and the energy exchange price for the upcoming month. The proposed model underwent testing across various modes, including base load, off-peak load, medium load, and peak load packages. The results revealed that the producer's profit is maximized when offering the base load package to the energy exchange market, followed by the medium load package. Peak and off-peak packages ranked third with equal values. Therefore, it is recommended for producers seeking participation in the energy exchange market to consider offering a base load package.

4. Conclusion

The present research employed a robust fuzzy technique to deal with the volatility of electricity market prices, allowing decision-makers to make firm decisions with an adjustable level of robustness. The results of the proposed method indicated that the possibility criterion adopts an optimistic stance towards the settlement price, thus suggesting prices at higher levels than the necessity and credibility criteria. This criterion is suitable only when market signals indicate a potential price increase. In contrast, the necessity criterion adopts a cautious approach, showing robustness even at low confidence levels. This approach is well-suited for risk-averse decision-makers and scenarios where market signals point towards a potential price reduction.


Keywords: Bidding Strategy, Self-Scheduling Problem, Electricity Market, Energy Exchange Market, Uncertainty, Theory of Fuzzy Possibility and Necessity

JEL Classification: C61, D40.




پیشنهاددهی همزمان در بازارهای رقابتی برق و بورس انرژی برای یک نیروگاه حرارتی براساس ارزش فعلی خالص سود


دانشجوی دکتری رشته مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری،
دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

مهرنوش حاجی 

استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه
طباطبائی، تهران، ایران

مقصود امیری* 

استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه
طباطبائی، تهران، ایران

محمد تقوی تقوی فرد 

چکیده

هدف این پژوهش، ارائه مدلی به منظور تعیین استراتژی بهینه پیشنهاددهی از سوی تولیدکننده انرژی الکتریکی، شامل قیمت پیشنهادی فروش و مقدار انرژی الکتریکی قابل عرضه جهت شرکت در بازار رقابتی برق و بازار بورس انرژی است. پیشنهاد فروش به بازار بورس به صورت ارائه بسته‌های یک ماهه کم‌باری، میان‌باری، اوج بار و بار پایه است. با بهینه‌سازی مدل ارائه شده، مقدار بهینه تولید انرژی الکتریکی جهت شرکت همزمان در بازارهای برق و بورس و تخصیص بهینه ظرفیت تولید بین این دو بازار در راستای بیشینه‌سازی ارزش فعلی سود و با توجه به عدم قطعیت قیمت بازار، برای بازه‌ای یک ماهه محاسبه شده است. رویکرد پژوهش، مدل‌سازی ریاضی است که به صورت برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح، ارائه و در نرم‌افزار لینگو اجرا و جهت بررسی کارایی، بر روی یک نیروگاه برق حرارتی پیاده‌سازی شده است. در این پژوهش با استفاده از معیارهای امکان، الزام و اعتبار فازی، مدلی استوار در برابر عدم قطعیت قیمت با قابلیت تنظیم سطح اطمینان ارائه شده است. اعتبارسنجی و عملکرد مدل با رویکردهای تحلیل حساسیت و شبیه‌سازی، مورد تأیید قرار گرفت و نشان داده شد که پاسخ بهینه حاصل از مدل استوار نسبت به مدل قطعی در مواجهه با نوسانات پارامتر عدم قطعیت قیمت می‌تواند بهینگی خود را حفظ نماید. همچنین یافته‌های تحقیق نشان داد که ارائه بسته بار پایه در بورس انرژی، بیشترین سود را عاید تولیدکننده خواهد کرد. در انتها نیز نرخ بهره فازی و نحوه تصمیم‌گیری براساس آرمان فازی مورد بررسی قرار گرفت.

کلیدواژه‌ها: استراتژی پیشنهاددهی، مسئله خودبرنامه‌ریزی، بازار انرژی الکتریکی، بازار بورس انرژی، عدم قطعیت،

امکان و الزام فازی

طبقه‌بندی JEL: C61، D40

۱. مقدمه

در دهه ۸۰ میلادی در اکثر کشورهای توسعه یافته، به منظور ایجاد زمینه رقابت منصفانه و بهبود کارایی اقتصادی، ساختار نوینی در صنعت برق شکل گرفت که تجدید ساختار^۱ در صنعت برق نامیده شد. هدف این تجدید ساختار، ایجاد بازارهای برق به صورت عمده‌فروشی و خرده‌فروشی به منظور خرید و فروش آزاد برق بین عرضه‌کنندگان و مصرف‌کنندگان بود. تجدید ساختار سبب شد که ساختار صنعت برق از حالت انحصاری به حالت رقابتی تبدیل شود. این امر موجب شکل‌گیری مسائل جدیدی در این حوزه شده، به طوری که مسائل بهره‌برداری و برنامه‌ریزی در این صنعت را به طور کامل دگرگون کرده است (رحیمی، ۱۳۹۵). در محیط بازار رقابتی، فروشندگان برق برای تعیین یک استراتژی پیشنهاددهی^۲ باید علاوه بر سوددهی بالا به استواری^۳ آن نیز توجه کنند. ارائه یک استراتژی استوار از آن‌ها در برابر عدم قطعیت قیمت محافظت می‌کند؛ بدین صورت که اگر مقدار واقعی قیمت، متفاوت با مقدار پیش‌بینی شده آن محقق شود، استراتژی انتخابی همچنان مطلوب باقی بماند. از این رو مسئله پیشنهاددهی تولیدکننده در بازار برق از این جهت که هم باید محدودیت‌های فنی واحد تولیدی و هم عدم قطعیت قیمت بازار را مورد توجه قرار دهد، یک مسئله سخت و پیچیده خواهد بود. بنابراین، تولیدکننده باید روش‌های بهینه‌سازی را در پیش بگیرد که این پیچیدگی‌ها را مورد توجه قرار دهد (وطنی و همکاران، ۲۰۱۸).

بهینه‌سازی استوار در بازار با نظام پرداخت یکسان^۴، در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران این حوزه قرار گرفته است ولی در نظام پرداخت براساس پیشنهاد^۵، تاکنون از روش‌های استوار استفاده نشده است. از این رو یکی از خلأهای تحقیقاتی در این حوزه که باید مورد توجه بیشتری قرار گیرد، بهینه‌سازی استوار در نظام پرداخت براساس پیشنهاد است که در بازار برق ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد. از طرف دیگر، پس از شکل‌گیری بورس انرژی در ایران و فراهم شدن امکان معاملات برق در بورس، پیشنهاددهی همزمان در بورس انرژی و بازار روز بعد برق، موضوع بسیار مهم دیگری است که در ادبیات تحقیق مغفول

-
1. Restructuring
 2. Bidding Strategy
 3. Robustness
 4. Uniform Pricing or Pay as Market Clearing Price
 5. Pay as Bid

مانده است. در این راستا، مقاله حاضر با هدف غنی‌سازی پژوهش‌های مرتبط با این مسئله و پر نمودن بخشی از خلأهای پژوهش‌های موجود و متناسب با نیازهای بازار برق ایران ارائه شده است. در این پژوهش، مسئله خودبرنامه‌ریزی^۱ تولیدکننده برق جهت تعیین استراتژی بهینه و استوار برای اولین بار با تکیه بر تئوری فازی و مفاهیم الزام^۲ و امکان^۳ جهت مواجهه با عدم قطعیت پارامتر قیمت تسویه بازار^۴ مدل‌سازی شده است. از این رو در این پژوهش به دنبال ارائه روشی هستیم که بتواند در جهت بهبود رفتار تولیدکنندگان و افزایش کارایی بازار رقابتی برق در کشور راهگشا باشد. هدف از ارائه این مدل، تعیین استراتژی پیشنهاددهی تولیدکننده در بازار برق و بورس انرژی است که شامل ارائه قیمت و برنامه‌ریزی تولید بهینه می‌باشد، به طوری که این استراتژی از تولیدکننده در برابر عدم قطعیت قیمت برق در بازار محافظت نموده و محیط ایمن‌تری را برای شرکت در بازارهای رقابتی برق فراهم آورد.

در ادامه، این مقاله شامل بخش‌های مرور ادبیات، تبیین مدل پیشنهادی، حل مثال عددی، بحث و نتیجه‌گیری است. در بخش مرور ادبیات، ابتدا به بررسی ابعاد مختلف مسئله پیشنهاددهی برای تولیدکننده انرژی الکتریکی در بازار برق و بورس انرژی پرداخته شده و در ادامه مهم‌ترین فعالیت‌های پژوهشی صورت گرفته مرتبط با مسئله مورد بررسی، مرور شده است. سپس در بخش تبیین به تشریح مدل پیشنهادی پرداخته شده که شامل ارائه مدلی برای حل مسأله خودبرنامه‌ریزی جهت محاسبه مقادیر بهینه تولید انرژی الکتریکی در هر ساعت برای ارائه به بازارهای برق و بورس انرژی است. در بخش مثال عددی، نمونه‌ای از مسئله با استفاده از داده‌های واقعی بازار برق ایران مدل‌سازی شده و با استفاده از نرم‌افزار لینگو^۵ ورژن ۱۸ پیاده‌سازی شده است. در نهایت، تشریح یافته‌های تحقیق و بحث پیرامون آن در بخش بحث و نتیجه‌گیری ارائه شده است.

-
1. Self Scheduling
 2. Necessity
 3. Possibility
 4. Market Clearing Price
 5. Lingo

۲. چارچوب نظری پژوهش

در این بخش ابتدا با مرور ادبیات به معرفی مفاهیم اصلی موضوع پژوهش پرداخته می‌شود و سپس با مرور پیشینه پژوهش، به بررسی و تحلیل تحقیقات مرتبط پرداخته و مسائل مطرح شده در این حوزه از تحقیق را از ابعاد مختلف همراه با روش‌های پیشنهادی برای حل این مسائل بررسی می‌کنیم. از این رو ابتدا با توجه به اینکه تحقیق پیش‌رو در فضای بازار رقابتی برق تعریف شده است، ابتدا با تبیین تجدید ساختار در صنعت برق به معرفی این بازار و همچنین قوانین و مقررات آن و مفاهیم حراج در بازار برق، قیمت تسویه بازار و نظام‌های پرداخت می‌پردازیم و زمینه را برای معرفی مسئله خودبرنامه‌ریزی و استراتژی پیشنهاددهی تولیدکننده انرژی الکتریکی فراهم می‌کنیم. برخی از مفاهیم به کاربرده شده در مقاله در بخش پیوست ارائه شده است.

با تجدید ساختار در صنعت برق و ایجاد بازار رقابتی، قیمت برق با تعامل بین عرضه‌کنندگان و تقاضاکنندگان بازار تعیین می‌شود. ساختار بازار برق در ایران، مدل آژانس خرید و حراج یک‌طرفه است و همه شرکت‌کنندگان، اعم از فروشندگان و خریداران موظف به خرید و فروش از طریق بازار برق هستند. لازم است فروشندگان سه روز قبل از اجرای بازار، قیمت‌ها و مقادیر انرژی الکتریکی پیشنهادی خود را برای هر ساعت به صورت جداگانه به بهره‌بردار بازار ارائه دهند. با توجه به مکانیزم حراج یک‌طرفه در بازار ایران، خریداران برق فقط میزان تقاضای خود را اعلام می‌دارند و پیشنهاد قیمت نمی‌دهند. در نهایت بهره‌بردار سیستم با تسویه عرضه و تقاضای انرژی الکتریکی، قیمت نهایی بازار که قیمت تسویه نامیده می‌شود را تعیین می‌کند. در بازارهای با مکانیزم پرداخت یکسان، به همه برندگان در حراج بدون در نظر گرفتن قیمت پیشنهادی آن‌ها، قیمت تسویه بازار پرداخت می‌شود اما در بازارهای با مکانیزم پرداخت، براساس پیشنهاد به برندگان حراج، همان قیمت پیشنهادی خودشان پرداخت می‌شود (مشیری و همکاران، ۱۳۹۸).

در بازار برق، تولیدکنندگان برق باید با ارزیابی توانمندی‌های رقابتی خود و سایر عرضه‌کنندگان و همچنین بررسی محیط، اقدام به برنامه‌ریزی برای شرکت در بازار برق نمایند و با شناخت دقیق بازار، برای کلیه ساعات روز بعد قیمت پیشنهادی فروش انرژی تولیدی خود را ارائه دهند. مهم‌ترین مسئله پیش روی تولیدکنندگان برق تعیین استراتژی

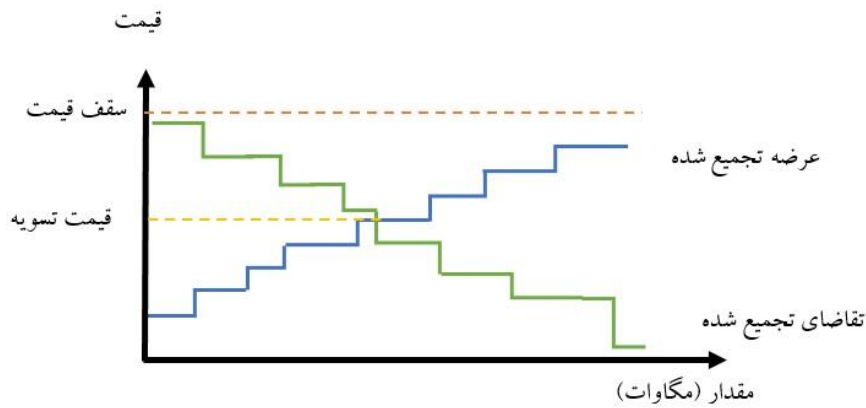
قیمت‌دهی بهینه است زیرا در این بازار رقابتی، پیشنهادهای بیش از حد گران‌قیمت موجب عدم موفقیت در بازار و پیشنهادهای بیش از حد ارزان‌قیمت منجر به سود از دست‌رفته می‌گردد (آیین، ۱۳۹۳).

گام‌های شرکت در بازار روز بعد و تسویه آن به شرح زیر است:

- تولیدکنندگان برق برای شرکت در بازار برق پیشنهاد فروش و عرضه خود را برای مقادیر پیشنهادی انرژی الکتریکی و با قیمت‌های پیشنهادی برای هر یک از ۲۴ بازه (یا ۴۸ بازه) به بهره‌بردار ارائه می‌دهند. بهره‌بردار پیشنهادهای رسیده از تولیدکنندگان را براساس قیمت به‌صورت صعودی مرتب کرده و یک منحنی عرضه به‌دست می‌آورد که قیمت پیشنهادی بازیگران را برحسب مقدار تجمعی پیشنهاد نشان می‌دهد. این منحنی در شکل ۱ به‌صورت پلکانی صعودی و به رنگ آبی دیده می‌شود. (جلیلوندنژاد، ۱۳۹۵)
- خریداران و خرده‌فروشان نیز پیشنهادهای خرید خود شامل مقدار و قیمت را به بهره‌بردار ارائه می‌دهند. این منحنی در شکل ۱ به‌صورت پلکانی نزولی و به رنگ سبز دیده می‌شود. بهره‌بردار با مرتب کردن آن‌ها به ترتیب کاهش قیمت، منحنی تقاضای بازار را استخراج می‌کند.

قیمت تسویه بازار از محل برخورد منحنی‌های عرضه و تقاضای بازار که نقطه تعادل بازار را نشان می‌دهد، به‌دست می‌آید. این نقطه در شکل ۱ دیده می‌شود. در سمت عرضه، همه پیشنهادهای فروش که قیمت‌شان کمتر از قیمت تسویه است، پذیرفته می‌شوند و شرکت‌های تولید براساس مقدار پیشنهادهای پذیرفته شده‌شان در هر بازه زمانی اقدام به تولید می‌کنند. به‌طور مشابه، در سمت تقاضا همه پیشنهادهای خرید که قیمت‌شان بیش از قیمت تسویه است نیز پذیرفته شده و مقدار انرژی مجاز برای برداشت از سیستم به خریداران اطلاع داده می‌شود.

شکل ۱. فرایند تسویه بازار روز بعد در بازار دوطرفه

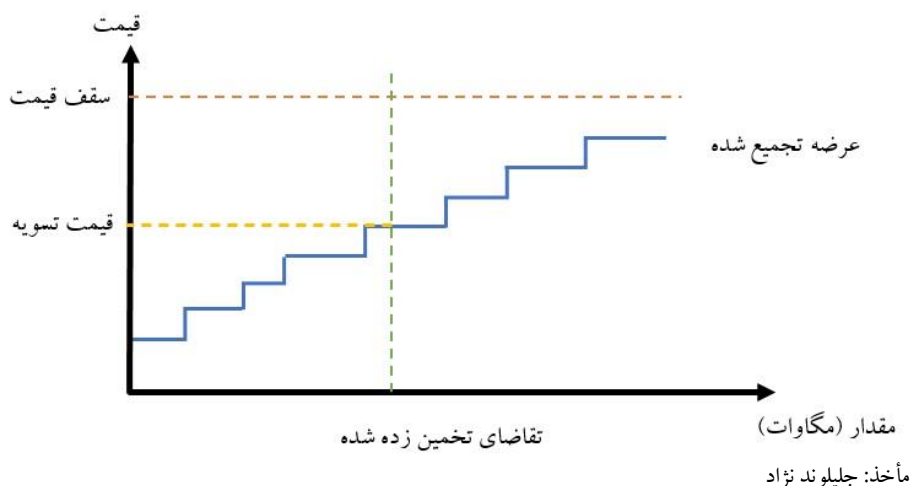


مأخذ: جلیوند نژاد

روش فوق مربوط به مناقصه‌های دوطرفه^۱ است که پیشنهاددهی توسط فروشندگان و خریداران به‌طور همزمان انجام می‌شود اما در بسیاری موارد، مناقصه به‌صورت یک‌طرفه انجام می‌شود که دلیلش، برق کالایی با کشش قیمتی بسیار پایین است؛ به این معنی که مصرف آن انعطاف‌پذیری بسیار کمی نسبت به قیمت دارد. از این‌رو در برخی بازارها منحنی تقاضا و پیشنهادهای سمت تقاضا وجود ندارد و بهره‌بردار بازار برای انتخاب پیشنهادهای فروش از مقدار بار پیش‌بینی شده تقاضا برای تقاطع با منحنی عرضه و تشکیل نقطه تعادل استفاده می‌کند. به بیان دیگر، منحنی تقاضا خطی عمودی در مقدار بار تخمین زده شده است. این نوع مناقصه، مناقصه یک‌طرفه نامیده می‌شود و در شکل ۲ نمایش داده شده است.

1. Double-Side

شکل ۲. فرایند تسویه بازار روز بعد در بازار یک‌طرفه



قیمت تسویه بازار، بیانگر قیمت یک مگاوات ساعت اضافی انرژی الکتریکی است؛ به همین دلیل قیمت حدی سیستم^۱ نیز نامیده می‌شود.

۱-۲. مدل‌سازی مسئله پیشنهاددهی

مدل‌سازی مسئله پیشنهاددهی برای تولیدکننده انرژی الکتریکی شامل مراحل: الف- انتخاب بازارهای انرژی الکتریکی مورد نظر برای عرضه انرژی الکتریکی، ب- تخمین قیمت تسویه بازار و ج- مدل‌سازی مسئله خودبرنامه‌ریزی و استراتژی پیشنهاددهی است.

الف- بازارهای انرژی الکتریکی

بازارهای برق براساس تبادلات انرژی می‌تواند به سه دسته تقسیم شود که عبارتند از: بازار مبتنی بر سیستم حوضچه^۲، بازار مبتنی بر تبادلات دوجانبه^۳ و بورس انرژی.

بازار مبتنی بر سیستم حوضچه: حوضچه بازاری است که در آن یک نهاد دولتی یا نیمه‌دولتی از طرف تقاضاکنندگان برق به خرید از بازار می‌پردازد. در بازار مبتنی بر حوضچه

1. System Marginal Price
2. Pool Based Market
3. Bilateral Contract

تنها خریدار بازار با دریافت و بررسی پیشنهادهای قیمت فروشندگان و با شروع از پایین ترین قیمت پیشنهادی، انرژی الکتریکی از فروشندگان خریداری می کند.

بازار مبتنی بر تبادلات دوجانبه: در این بازار، هر یک از خریداران و فروشندگان می توانند به صورت خصوصی با یکدیگر وارد مذاکره شده و بر سر قیمت با هم به توافق برسند.

مبادلات در بورس: بورس نوعی بازار است که در آن یک نهاد تجاری از طرف دولت یا از طرف خریداران و فروشندگان به منظور مدیریت کردن مبادلات بورس تشکیل می شود که رفتار آن مانند یک بازار سهام است. عرضه کنندگان پیشنهادهای خود و تقاضاکنندگان نیز نیازهای خود را به نهاد برگزارکننده بورس ارائه می دهند. قیمت تمامی مبادلات توان الکتریکی که در آن لحظه انجام می شود در اختیار تمامی شرکت کنندگان بورس قرار داده می شود.

تضادی میان بهره گیری از این سه نوع بازار وجود ندارد و حضور همزمان در این سه نوع بازار بلامانع و حتی معمول است.

۲-۲. سازوکار بورس انرژی در ایران

بورس انرژی است برای رقابت شفاف و قانونی عرضه و تقاضا در نظام اقتصادی آزاد که برای بازیگران بازار مزایای متعددی دارد که می توان به مواردی از جمله تعیین قیمت ها به صورت شفاف و امکان اطلاع همه بازیگران از فرایند کشف قیمت، اطمینان از انجام تعهدات و امنیت در معاملات، تأمین سریع مالی، مدیریت و کنترل ریسک اشاره کرد (راعی و کرمی، ۱۳۹۳). بعد از شکل گیری بازار برق در ایران، اقدام دیگر برای ایجاد رقابت بیشتر در این صنعت، راه اندازی بورس انرژی در سال ۱۳۹۲ با محوریت معاملات برق بود. راه اندازی بورس انرژی ایران متناسب با استانداردهای جهانی در جهت کاستن از میزان معاملات روزانه در بازار برق، همواره برای صنعت برق اهمیت فراوانی داشته است؛ زیرا یکی از مسائلی که در بازار برق ایران وجود دارد، پرداخت های معاملات بازار روز بعد برق به نیروگاه ها است که بیش از یک سال به طول می انجامد. از طرف دیگر، به علت تفاوت زیاد بین قیمت تمام شده انرژی الکتریکی و بهای فروش آن در بازار روز بعد برق، امکان پرداخت هزینه تولید به نیروگاه ها در قالب پیشنهادهای پذیرفته شده میسر نمی شود و به این ترتیب از

توان مالی صنعت برق به شدت کاسته می‌شود (رجبی، ۱۳۹۸). از این رو نیروگاه‌ها تمایل دارند که بخشی از برق تولیدی خود را در بورس انرژی که از جریان مالی نقدی برخوردار است به فروش رسانند. در بورس انرژی معاملات برق به صورت قراردادهای سلف موازی استاندارد انجام می‌شود. وجه قرارداد سلف موازی استاندارد باید حین معامله و طبق زمان بندی مشخص شده در قرارداد پرداخت و دارایی پایه در رسید تحویل شود (راعی و کرمی، ۱۳۹۳). دوره معاملاتی این قرارداد از روز بازگشایی نماد تا سه روز قبل از آغاز دوره تحویل و سررسید آن سه روز پس از پایان دوره تحویل است. قراردادهای سلف برق رایج در ایران از نظر دوره تحویل شامل قراردادهای روزانه، هفتگی، ماهیانه و فصلی است (رجبی، ۱۳۹۸). قراردادهای سلف موازی استاندارد به سرعت در حال افزایش است و انتظار می‌رود بخش بزرگی از معاملات در آینده از این طریق انجام شده و تا حدود زیادی مشکلات نقدینگی صنعت برق ایران برطرف گردد (کیانوند و فرزین‌وش، ۱۳۹۴).

ب- تخمین قیمت تسویه بازار

پیش بینی قیمت برق از ابزارهای اساسی و حیاتی برای بازیگران بازار برق است که عدم دقت در آن می‌تواند منجر به کاهش سود و افزایش ریسک شود (Itaba, S. & Mori, H., 2017). یکی از ویژگی‌های بازار برق، نوسانات شدید قیمت برق است زیرا این قیمت تحت تأثیر عوامل متعدد و گوناگونی قرار دارد که پیش بینی دقیق و نقطه‌ای آن را بسیار پیچیده و دشوار کرده است. از این رو پیش بینی نقطه‌ای قیمت برق به دلیل محدودیت‌های ذاتی بسیار بی ثبات و پر خطا بوده و به همین دلیل در سال‌های اخیر برای کاربردهایی مانند مدیریت ریسک و یا مسئله پیشنهاددهی روش پیش بینی بازه‌ای، مورد استقبال پژوهشگران قرار گرفته است (نظری فارسانی، ۱۳۹۸). پیش بینی بازه‌ای می‌تواند در ارزیابی ریسک ناشی از تصمیمات اخذ شده توسط بازیگران بازار مورد استفاده قرار گیرد و امکان ارزیابی عدم قطعیت‌های آینده و همچنین امکان پیشنهاددهی مطلوب تر و با ریسک کم تر را فراهم کند.

ج- مسئله خودبرنامه‌ریزی و استراتژی پیشنهاددهی

برای شرکت در بازار برق، هر تولیدکننده باید با در نظر گرفتن سطح معینی از عدم قطعیت در پیش بینی‌هایش، اقدام به خودبرنامه‌ریزی واحدهای تولیدی خود با هدف بیشینه نمودن

سود کند. مهم‌ترین عاملی که باعث پیچیده شدن مسئله خودبرنامه‌ریزی می‌شود، وجود عدم قطعیت در داده‌ها به‌ویژه قیمت‌های روز بعد است (جلیلونژاد، ۱۳۹۵). عامل دیگری که سبب پیچیده شدن مسئله خودبرنامه‌ریزی می‌شود، محدودیت‌های فنی واحدهای تولیدی اعم از حداکثر و حداقل ظرفیت تولید هر واحد و زمان‌های خاموشی و فعالیت آنها و نرخ افزایش و کاهش تولید در هر ساعت است. در نهایت حل مسئله خودبرنامه‌ریزی برای تولید استراتژی پیشنهاددهی بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳. پیشینه تجربی پژوهش

با توجه به مفاهیمی که در بخش قبل بیان شد، در ادامه به بررسی مهم‌ترین پژوهش‌های صورت گرفته از سوی محققین مختلف پرداخته شده است که به دو روش کلی برنامه‌ریزی تصادفی و بهینه‌سازی استوار انجام گرفته است.

یزدانی‌نژاد و امجدی (۲۰۱۷) در تحقیقی مسئله خودبرنامه‌ریزی را با رویکرد بهینه‌سازی تصادفی سناریومحور با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های قیمت و شدت وزش باد در توربین‌های بادی برای تولیدکننده برق جهت شرکت در بازار روز بعد مورد بررسی قرار داده‌اند و از معیار ارزش در معرض خطر شرطی^۱ برای اندازه‌گیری ریسک مدل استفاده کرده‌اند.

خالویی و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی با رویکرد ترکیبی احتمالی - امکانی و با معیار ارزش در معرض خطر شرطی به حل مسئله خودبرنامه‌ریزی پرداخته‌اند و عدم قطعیت‌هایی مثل قیمت، شدت وزش باد، امکان خروج اضطراری و فراخوانی برای رزرو را با روش فازی و سناریوپردازی مدنظر قرار داده‌اند.

گروهی و انصاری (۲۰۲۰) برای مسئله خودبرنامه‌ریزی میان‌مدت با بهره‌گیری از روش‌های الگوریتم ژنتیک و تصمیم‌گیری فازی به توسعه مدلی دوهدفه با رویکرد تصادفی پرداخته‌اند که به‌طور همزمان بازار روز بعد و قراردادهای دوجانبه را با لحاظ نمودن عدم قطعیت‌های قیمت و شدت وزش باد مدنظر قرار می‌دهد.

1. CVaR

جیانو^۱ و همکاران (۲۰۱۹) با ارائه یک مدل بهینه‌سازی تصادفی با قابلیت تنظیم سطح ریسک در بازار روز بعد به بررسی عدم قطعیت قیمت و شدت وزش باد با رویکردی ریسک‌گریز پرداختند.

پرورش و محتوی‌پور (۱۳۹۵) مسئله استراتژی قیمت‌دهی را با در نظر گرفتن عدم قطعیت قیمت با بهینه‌سازی تصادفی و الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر سیاه‌چاله مورد بررسی قرار داده‌اند.

اسماعیلی و همکاران (۲۰۱۷) با رویکرد بهینه‌سازی تصادفی و سناریوپردازی به مسئله خودبرنامه‌ریزی تولیدکننده برق برای شرکت همزمان در بازار روز بعد انرژی الکتریکی و زرو با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های قیمت و خروج اضطراری ژنراتور پرداختند.

بهینه‌سازی استوار از رویکردهای جدید مواجهه با عدم قطعیت است که به‌تازگی در پژوهش‌های حوزه عدم قطعیت مورد توجه و اقبال قرار گرفته است. قابلیت استفاده از بهینه‌سازی استوار در شرایطی که اطلاعات توزیع آماری از عامل عدم قطعیت وجود ندارد، از مزیت‌های این روش محسوب می‌شود. بهینه‌سازی استوار همچنین به مدل‌هایی با پیچیدگی محاسباتی کمتر منجر می‌شود که سبب تسهیل دستیابی به جواب بهینه قطعی (در مقابل جواب‌های بهینه محلی) می‌شود.

صیاد نوجوان و همکاران^۲ (۲۰۱۷) مسئله استراتژی پیشنهاددهی را با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های قیمت و تقاضای انرژی الکتریکی با رویکرد استوار مورد بررسی قرار دادند.

نجفی و همکاران^۳ (۲۰۲۲) با استفاده همزمان از تئوری تصمیم‌گیری مبتنی بر شکاف اطلاعاتی و بهینه‌سازی استوار، عدم قطعیت قیمت و شدت وزش باد به حل مسئله خودبرنامه‌ریزی پرداختند.

جباری و همکاران^۴ (۲۰۱۹) با روش بهینه‌سازی استوار و رویکردی ریسک‌گریز که دارای قابلیت تنظیم سطح استواری برای مواجهه با عدم قطعیت قیمت است، مسئله خودبرنامه‌ریزی را به‌گونه‌ای طراحی نمودند که عدم قطعیت را به‌صورت بازه‌ای مدنظر قرار می‌دهد.

1. Jiao, P. H., et al.

2. Nojavan, S., et al.

3. Najafi, A., et al.

4. Jabari, F., et al.

وطني و همکاران^۱ (۲۰۱۸) با بررسی رویکردهای استوار مسئله خودبرنامه‌ریزی، روش‌های بهینه‌سازی استوار موجود در ادبیات تحقیق شامل روش‌های استوار جعبه‌ای، بیضوی، چندوجهی، جعبه‌ای-بیضوی و جعبه‌ای-چندوجهی را به‌علاوه روش شکاف اطلاعات و برنامه‌ریزی تصادفی بازطراحی کرده و به مقایسه عملکرد آنها پرداختند. قابلیت تنظیم سطح استواری مطلوب از ویژگی روش‌های استوار است که در این تحقیق مورد توجه و بررسی قرار گرفته است.

یزدانی‌نژاد و همکاران^۲ (۲۰۲۰) مسئله خودبرنامه‌ریزی واحدهای تولیدی مجازی را با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های قیمت و با روشی استوار و با استفاده از روش تئوری تصمیم‌گیری مبتنی بر شکاف اطلاعات با دو رویکرد ریسک‌پذیر و ریسک‌گریز مورد بررسی قرار دادند. صیاد نوجوان و همکاران (۲۰۱۹) مسئله تأمین انرژی الکتریکی خرده‌فروش برق را با در نظر گرفتن عدم قطعیت قیمت به‌صورت بازه‌ای با رویکرد بهینه‌سازی استوار برای حالت‌های ریسک‌پذیر و ریسک‌گریز بررسی کردند.

صیاد نوجوان و کاظم زارع^۳ (۲۰۱۸) مسئله پیشنهاددهی قیمت در بازار روز بعد را برای خرده‌فروش برق با لحاظ عدم قطعیت قیمت با بهینه‌سازی بازه‌ای دوهدفه و رویکردی استوار مورد بررسی قرار دادند.

در تحقیق رجبی مشهدی و خراسانی^۴ (۲۰۱۳) برای پیشنهاددهی توأم انرژی و رزرو در بازار، تابع چگالی احتمال توأم انرژی و رزرو قیمت‌های پیشنهادی پذیرفته شده حدی^۵ مورد استفاده قرار گرفته که این توابع چگالی احتمال از داده‌های تاریخی مربوط به پذیرش و یا رد پیشنهادهای قیمت در گذشته، به‌دست می‌آید.

تحقیق مازی و همکاران^۶ (۲۰۱۸) به پیشنهاددهی قیمت - مقدار در بازارهای روز بعد و تعادل بخشی می‌پردازد.

1. Vatani, B., et al.

2. Yazdaninejad, M., et al.

3. Nojavan, S., & Zare, K.

4. Mashhadi, H. R., & Khorasani, J.

5. Energy & Reserve Marginal Accepted Bidding Prices

6. Mazzi, N., et al.

در تحقیقی که توسط خراسانی و همکاران^۱ (۲۰۱۸) انجام شده، به مکانیسم پیشنهاددهی در حراج به شیوه پرداخت براساس پیشنهاد پرداخته شده است. جلیلونندژاد (۱۳۹۵) یک مدل بهینه‌سازی استوار برای مسئله خودبرنامه‌ریزی جهت شرکت در بازار روز بعد انرژی و ارائه پیشنهاد معرفی کردند. در این مدل پارامترهای عدم قطعیت که همان قیمت تسویه در هر یک از ۲۴ ساعت شبانه‌روز است، به صورت بازه‌ای در نظر گرفته شده و همبستگی بین آنها لحاظ گردیده تا این امکان فراهم شود که با حذف نقاط ناهمبسته و به عبارتی نقاط ناممکن از مجموعه عدم قطعیت، بدون کاهش استواری، بهینگی افزایش یابد. خلاصه بررسی ادبیات موضوع در جدول ۱ به صورت مقایسه‌ای ارائه شده است.

جدول ۱. خلاصه پیشینه تجربی

مرجع	پارامترهای عدم قطعیت	رویکرد عدم قطعیت	معیار ریسک	نوع مسئله	نوع بازار	مدل‌سازی عدم قطعیت
Najafi, et al., 2022	قیمت + میزان باد	روباست + تئوری شکاف اطلاعات	بدترین حالت	MILP	بازار روز بعد و قراردادهای دو جانبه	
Esmaily, et al., 2017	قیمت + خروج اضطراری	تصادفی	---	MILP	بازار روز بعد	سناریو
Jabari, et al, 2019	قیمت + تقاضا + توان تولیدی	استوار	بودجه عدم قطعیت	MINLP	بازار روز بعد	بازه
Vatani, et al., 2018	قیمت	استوار / تصادفی / تئوری شکاف اطلاعاتی	+بودجه عدم قطعیت CVaR	+MILP MINLP	بازار روز بعد	بازه

1. Khorasani, J., et al.

ادامه جدول ۱. خلاصه پیشینه تجربی

مرجع	پارامترهای عدم قطعیت	رویکرد عدم قطعیت	معیار ریسک	نوع مسئله	نوع بازار	مدل‌سازی عدم قطعیت
Yazdanim ejad, Amjadi, 2016	قیمت + تقاضا + میزان باد	تصادفی	CVaR	MILP	بازار روز بعد	سناریو
Khaloie, et al., 2019	قیمت + میزان باد + خروج اضطراری	تصادفی + امکانی	CVaR	MINLP	بازار روز بعد	سناریو و اعداد فازی
Goroohi, Ansari, 2020	قیمت + میزان باد + میزان سوخت	تصادفی	CVaR	MILP	بازار روز بعد و قراردادهای دوجانبه	سناریو
Yazdanim ejad, et al., 2019	قیمت + میزان باد + تقاضا	تئوری شکاف اطلاعاتی	رویکرد ریسک‌گریز و ریسک‌پذیر	MINLP	بازار روز بعد	بازهای
Nojavan, et al., 2017	قیمت + تقاضا	استوار	بودجه عدم قطعیت	MILP	بازار روز بعد	بازهای + سناریو
Nojavan, Zare, 2018	قیمت	بهینه‌سازی بازهای		MIP	بازار روز بعد	بازهای
Nojavan, et al., 2019	قیمت	استوار	بودجه عدم قطعیت	MIP	بازار روز بعد و قراردادهای دوجانبه	بازهای
Jiao, et al., 2019	قیمت + میزان باد	تصادفی	قابلیت تنظیم سطح ریسک	الگوریتم ژنتیک	بازار روز بعد	توزیع گاوسی
Nojavan, Zare, 2018	قیمت	بهینه‌سازی بازهای	روشی استوار	MILP	بازار روز بعد	بازهای
Parvares h, et al., 2017	قیمت	تصادفی	---	فرا ابتکاری	بازار روز بعد	توزیع نرمال
Jalilvand nejad, et al., 2016	قیمت	استوار	بودجه عدم قطعیت	MILP	بازار روز بعد	بازهای
مقاله حاضر	قیمت	استوار	معیارهای امکان و الزام فازی	MILP	بازار روز بعد و بورس	فازی

مأخذ: مرور ادبیات پژوهش توسط نویسندگان

همان‌طور که در جدول ۱ نمایش داده شده است، جایگاه مدل ارائه شده در این مقاله در مقایسه با سایر تحقیقات صورت گرفته، تبیین شده است.

۴. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش کمی پیش‌رو، پژوهشی کاربردی و توسعه‌ای است که به دنبال توسعه مدل‌های بهینه‌سازی استوار پیشنهاددهی در بازار برق است که در مواجهه با عدم قطعیت، رویکردی فازی دارد. با توجه به اینکه این پژوهش به دنبال بررسی عدم قطعیت و تشریح و تبیین آن در تصمیم‌گیری است، در زمره پژوهش‌های توصیفی - تحلیلی به شمار می‌رود و فاقد جامعه و نمونه آماری است. روش‌ها و ابزار گردآوری اطلاعات در این تحقیق شامل مطالعات کتابخانه‌ای، مراجعه به مقاله‌ها و منابع علمی در حوزه موضوع تحقیق و استفاده از گزارش‌ها و پایگاه‌های داده سازمان‌های ذی‌ربط است. رویکرد پژوهش، مدل‌سازی ریاضی مسئله تعیین استراتژی پیشنهاددهی تولیدکننده برق است که به صورت یک برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح ارائه می‌شود. ابتدا متغیرها و پارامترهای استفاده شده در مدل‌سازی معرفی و سپس فرمول‌بندی مسئله ارائه می‌شود و در نهایت در نرم‌افزار لینگو پیاده‌سازی و مراحل آن جهت بررسی کارایی مدل پیشنهادی بر روی یک مورد مطالعاتی در یک نیروگاه برق حرارتی، انجام می‌گیرد.

۴-۱. تبیین مدل پیشنهادی

در این بخش به تشریح مدل پیشنهادی برای مسئله پیشنهاددهی یک تولیدکننده قیمت‌پذیر برق پرداخته شده است که به برنامه‌ریزی میان‌مدت و بهینه‌سازی پیشنهاددهی در بازار روز بعد انرژی الکتریکی و به‌طور همزمان در بورس انرژی در بازه یک ماهه می‌پردازد تا با تخصیص بهینه ظرفیت تولیدی خود به هر یک از این دو بازار، به بیشینه‌سازی سود خود بپردازد. از این رو می‌بایست تخمینی از قیمت بازار روز بعد و قیمت در بورس انرژی برای یک بازه یک ماهه در دسترس باشد. پژوهش‌های زیادی در این زمینه انجام گرفته و به شیوه‌های متنوعی به پیش‌بینی قیمت برق پرداخته شده است. از آنجا که در پژوهش حاضر تمرکز بر پیش‌بینی قیمت نیست، از داده‌های قیمت سایت مدیریت شبکه که شامل متوسط قیمت در هر ساعت و بیشترین و کمترین قیمت پیشنهادی پذیرفته شده در بازار است، استفاده شده و بدین ترتیب بازه عدم قطعیت مورد نظر به صورت یک عدد فازی مثلثی شکل گرفته است.

در بازار برق با مکانیسم پرداخت براساس پیشنهاد، تولیدکننده برق برای شرکت در بازار روز بعد انرژی الکتریکی با تخمین قیمت تسویه بازار برای هر ساعت از هر روز $(\overline{p}_{m,d,t})$ باید ابتدا قیمت فروش خود را برای پیشنهاد به بازار $(p_{d,t})$ تعیین کند و سپس مقادیر انرژی الکتریکی تولیدی را در یک فرایند بهینه‌سازی مشخص کند. در این پژوهش قیمت تسویه $(\overline{p}_{m,d,t})$ به صورت یک عدد فازی مثلثی تعریف می‌شود، به طوری که مقدار تخمینی قیمت برق معادل σ_2 و حداکثر و حداقل مقدار ممکن آن به ترتیب معادل σ_3 و σ_1 است (رابطه (۱)).

$$\overline{p}_{m,d,t} = (\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3) \quad (1)$$

برای پیشنهاددهی در بازار روز بعد برای ساعت t از روز d ، قیمت پیشنهادی $(p_{d,t})$ باید از قیمت تسویه بازار که به صورت $\overline{p}_{m,d,t}$ تخمین زده شده، کوچکتر باشد تا پیشنهاد قیمت $p_{d,t}$ در بازار برق پذیرفته شود. کوچکتر بودن قیمت پیشنهادی $(p_{d,t})$ از قیمت تسویه تخمینی $(\overline{p}_{m,d,t})$ یک نامساوی غیرقطعی تلقی می‌شود که می‌تواند در سطوح اطمینان مختلفی محقق شود. با استفاده از قواعد منطق فازی و با فرض اینکه بخواهیم این نامساوی غیرقطعی در سطح اطمینان π تحقق یابد، آن را به صورت رابطه (۲) نمایش می‌دهیم.

$$p_{d,t} \leq \pi \overline{p}_{m,d,t} \quad (2)$$

معیار امکان^۱ فازی از جمله قواعدی است که برای فازی‌زدایی و قطعی‌سازی روابط فازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابر قواعد منطق فازی، درجه تحقق رابطه فازی با معیار امکان و در سطح اطمینان π به شکل رابطه (۳) تعریف می‌شود (دهقان، ۱۳۹۹).

$$\text{pos} \{ p_{d,t} \leq \overline{p}_{m,d,t} \} \geq \pi \quad (3)$$

$$0 \leq \pi \leq 1$$

معیار امکان به صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود.

$$\text{Pos} \{ p_{d,t} \leq \overline{p}_{m,d,t} \} = \begin{cases} 1 & , \text{if } \rho_t \leq \sigma_2 \\ \frac{\sigma_3 - \rho_t}{\sigma_3 - \sigma_2} & , \text{if } \sigma_2 \leq \rho_t \leq \sigma_3 \\ 0 & , \text{if } \rho_t \geq \sigma_3 \end{cases} \quad (4)$$

براساس رابطه (۴)، برای محاسبه قیمت پیشنهادی به بازار $(p_{d,t})$ مناسب در سطح اطمینان

π از رابطه (۵) و (۶) استفاده می‌شود.

$$\text{possibility} \{ \overline{p}_{m,d,t} \geq p_{d,t} \} \geq \pi \Rightarrow \left(\frac{\sigma_3 - p_{d,t}}{\sigma_3 - \sigma_2} \right) \geq \pi \quad (5)$$

$$\Rightarrow p_{d,t} \leq \sigma_3 - \pi(\sigma_3 - \sigma_2) \quad (۶)$$

به این ترتیب، نامساوی رابطه (۲) با استفاده از معیار امکان فازی به رابطه (۶) تبدیل می‌شود.

از این رو عبارت $\sigma_3 - \pi(\sigma_3 - \sigma_2)$ که یک حد بالا برای مقدار $p_{d,t}$ است را می‌توان به عنوان قیمت پیشنهادی به بازار برق در نظر گرفت. π سطح اطمینان میزان تحقق نامساوی فازی است که به انتخاب تولیدکننده تعیین می‌شود، به طوری که انتخاب مقادیر بزرگ آن همراه با ریسک کم و انتخاب مقادیر کوچک آن همراه با ریسک زیاد خواهد بود. تولیدکننده با پیشنهاد این مقدار به عنوان قیمت فروش نسبت به هر تحقق قیمت تسویه که بالاتر از این مقدار باشد، در سطح اطمینان π ایمن خواهد بود و انتظار دارد که پیشنهادش پذیرفته شود؛ از این رو سطح اطمینان π به نوعی سطح استواری جواب نسبت به عدم قطعیت است.

معیار امکان، نگاهی خوش‌بینانه به پارامتر عدم قطعیت دارد به طوری که تحقق پارامتر عدم قطعیت را در نیم‌دامنه راست آن و به ازای انحراف‌های مثبت تعیین می‌کند. برعکس معیار امکان، معیار الزام معیاری سخت‌گیرانه است و نگاهی بدبینانه به تحقق پارامتر عدم قطعیت دارد، به طوری که تحقق پارامتر عدم قطعیت را در نیم‌دامنه چپ آن و به ازای انحراف‌های منفی تعیین می‌کند. معیار اعتبار در حالتی بین این دو معیار قرار دارد و میانگین دو معیار امکان و الزام است. معیارهای الزام و اعتبار به صورت روابط (۷) و (۸) تعریف می‌شوند.

$$\text{Necessity}\{\rho_t \leq \bar{\rho}_{m_t}\} = \begin{cases} 1 & , \text{if } \rho_t \leq \sigma_1 \\ \frac{\sigma_2 - \rho_t}{\sigma_2 - \sigma_1} & , \text{if } \sigma_1 \leq \rho_t \leq \sigma_2 \\ 0 & , \text{if } \rho_t \geq \sigma_2 \end{cases} \quad (۷)$$

$$\text{Credibility}\{\rho_t \leq \bar{\rho}_{m_t}\} = \left(\frac{1}{2}\right) \text{Necessity}\{\rho_t \leq \bar{\rho}_{m_t}\} + \left(\frac{1}{2}\right) \text{possibility}\{\rho_t \leq \bar{\rho}_{m_t}\} \quad (۸)$$

بر اساس رابطه (۶)، پیشنهاد قیمت بر اساس معیارهای الزام و اعتبار به صورت روابط (۹) و (۱۰) محاسبه می‌شود.

$$\text{necessity}\{p_{d,t} \leq \bar{p}_{m_{d,t}}\} \geq \pi \Rightarrow p_{d,t} \leq \sigma_2 - \pi(\sigma_2 - \sigma_1) \quad (۹)$$

$$\text{credibility}\{p_{d,t} \leq \bar{p}_{m_{d,t}}\} \geq \pi \Rightarrow p_{d,t} \leq \sigma_2 - (2\pi - 1)(\sigma_2 - \sigma_1) \quad (۱۰)$$

پس از تعیین قیمت، با استفاده از مدل خودبرنامه‌ریزی تولیدکننده، مقدار انرژی الکتریکی قابل عرضه به بازار تعیین و به بهره‌بردار بازار برای شرکت در بازار برق ارائه

می‌شود. بدین شکل که مقدار بهینه انرژی الکتریکی $(q_{d,t})$ قابل پیشنهاد به بازار به ازای قیمت پیشنهادی $(p_{d,t})$ مشخص می‌شود.

مشابه آنچه برای قیمت تسویه بازار روز بعد تعریف شد، پارامتر عدم قطعیت قیمت بورس هم به شکل عدد فازی $(\delta_1, \delta_2, \delta_3)$ نمایش داده می‌شود که این مقادیر عدم قطعیت باید برای ساعات کم‌باری، میان‌باری، اوج بار و بار پایه به صورت جداگانه تخمین زده شود. پیش‌بینی قیمت بورس برای زمان‌های کم‌باری روی ساعات ۲۴ تا ۷، برای زمان‌های میان‌باری روی ساعات ۸ تا ۱۹، برای زمان‌های اوج بار روی ساعات ۲۰ تا ۲۳ و برای بار پایه روی تمامی ساعات تخمین زده می‌شود. قیمت پیشنهادی به بورس براساس معیار امکان برابر با مقدار $\delta_3 - \pi(\delta_3 - \delta_2)$ ، براساس معیار الزام برابر با مقدار $\delta_2 - \pi(\delta_2 - \delta_1)$ و براساس معیار اعتبار برابر با مقدار $(\delta_2 - \delta_1)(2\pi - 1) - \delta_2$ محاسبه می‌شود.

جدول ۲. اندیس‌ها، پارامترها، متغیرها

اندیس‌ها			
t	ساعات شبانه روز	D	روزهای ماه
پارامترها			
u^0	وضعیت روشن یا خاموش بودن واحد در ابتدای افق برنامه‌ریزی	c_t^{SU}	هزینه هر بار راه‌اندازی
M	عدد خیلی بزرگ	c_t^{SD}	هزینه هر بار توقف
$\rho_{m,t}$	قیمت تسویه بازار واقعی در ساعت t و روز d	Q^{min}	حداقل توان تولیدی که در صورت فعال بودن واحد نیروگاهی باید حتماً تولید شود
$\overline{\rho}_{m,t}$	قیمت تسویه بازار تخمینی در ساعت t و روز d	Q^{max}	حداکثر توان تولیدی
$cost_t^{SU}$	کل هزینه راه‌اندازی مجدد در ساعت tام	q_{max}	حداکثر انرژی الکتریکی قابل عرضه به بازار روز بعد در هر ساعت
$cost_t^{SD}$	کل هزینه توقف در ساعت tام	q_{max}	حداکثر انرژی الکتریکی قابل عرضه به بورس انرژی در هر ساعت (سه‌میه هر نیروگاه را مدیریت شبکه تعیین می‌کند)
ρ_{max}	سقف قیمت قابل ارائه به بازار روز بعد	R^{up}	حداکثر نرخ افزایش تولید (مگاوات/ساعت)

ادامه جدول ۲. اندیس‌ها، پارامترها، متغیرها

پارامترها			
$Q_{d,t}$	مجموع انرژی الکتریکی تولیدی ارائه شده به بازار روز بعد و بورس انرژی	R^{down}	حداکثر نرخ کاهش تولید (مگاوات/ساعت)
c_0	هزینه ثابت هر ساعت کارکرد واحد	R^{SU}	نرخ افزایش تولید از حالت توقف (مگاوات/ساعت)
C	متوسط هزینه سوخت به ازای تولید هر مگاوات انرژی الکتریکی (ریال/مگاوات ساعت)	R^{SD}	نرخ کاهش تولید برای رسیدن به حالت توقف (مگاوات/ساعت)
متغیرها			
$C(Q_{d,t})$	هزینه تولید در ساعت t و روز d به ازای تولید $Q_{d,t}$	$p_{d,t}$	قیمت پیشنهادی به بازار روز بعد برای روز d و ساعت t
$PV2^b$	ارزش فعلی درآمد حاصل از فروش بار پایه در بورس انرژی	\hat{p}^b	قیمت پیشنهادی برای بار پایه در بورس انرژی
$PV2^l$	ارزش فعلی درآمد حاصل از فروش در ساعات کم‌باری در بورس انرژی	\hat{p}^l	قیمت پیشنهادی برای ساعات کم‌باری در بورس انرژی
$PV2^m$	ارزش فعلی درآمد حاصل از فروش در ساعات میان‌باری در بورس انرژی	\hat{p}^m	قیمت پیشنهادی برای ساعات میان‌باری در بورس انرژی
$PV2^p$	ارزش فعلی درآمد حاصل از فروش در ساعات اوج بار در بورس انرژی	\hat{p}^p	قیمت پیشنهادی برای ساعات اوج بار در بورس انرژی
متغیرهای تصمیم			
$u_{d,t}$	متغیر صفر و یک که برابر یک است هرگاه در روز d و ساعت t تولید انجام شود	\hat{q}^l	مقدار انرژی الکتریکی پیشنهادی برای ساعات کم‌باری در بورس انرژی
$q_{d,t}$	مقدار انرژی الکتریکی که در روز d و ساعت t و به ازای قیمت فروش $p_{d,t}$ عرضه می‌شود	\hat{q}^m	مقدار انرژی الکتریکی پیشنهادی برای ساعات میان‌باری در بورس انرژی
\hat{q}^b	مقدار انرژی الکتریکی پیشنهادی برای بار پایه در بورس انرژی	\hat{q}^p	مقدار انرژی الکتریکی پیشنهادی برای ساعات اوج بار در بورس انرژی

مأخذ: مدلسازی پژوهش توسط نویسندگان

مدل خودبرنامه‌ریزی میان‌مدت تولیدکننده برق برای شرکت همزمان در بازار روز بعد و بورس انرژی به صورت روابط (۱۱) تا (۲۹) است.

$$Max NPV = PV1 + PV2 - PV3 \quad (۱۱)$$

St:

$$PV1 = \frac{\sum_{d=1}^{31} \sum_{t=1}^{24} p(d,t) \cdot q(d,t)}{(1+r)^m} \quad \forall t, d \quad (۱۲)$$

$$\forall t, d \quad (۱۳)$$

$$PV2^b = \sum_{d=1}^{31} \sum_{t=1}^{24} p^b \cdot \dot{q}(d, t) \quad (الف)$$

$$\dot{q}(d, t) = \dot{q}^b$$

$$PV2^l = \sum_{d=1}^{31} \sum_{t=1}^7 p^l \cdot \dot{q}(d, t) + \sum_{d=1}^{31} p^l \cdot \dot{q}(d, 24) \quad \forall t, d \quad (ب ۱۳)$$

$$\dot{q}(d, t) = \dot{q}^l \quad t=1, \dots, 7 \& 24$$

$$\dot{q}(d, t) = 0 \quad t=8, \dots, 23$$

$$PV2^m = \sum_{d=1}^{31} \sum_{t=8}^{19} p^m \cdot \dot{q}(d, t) \quad \forall t, d \quad (ج ۱۳)$$

$$\dot{q}(d, t) = \dot{q}^m \quad t=8, \dots, 19$$

$$\dot{q}(d, t) = 0 \quad t=1, \dots, 7 \& 20, \dots, 24$$

$$PV2^p = \sum_{d=1}^{31} \sum_{t=20}^{23} p^p \cdot \dot{q}(d, t) \quad \forall t, d \quad (د ۱۳)$$

$$\dot{q}(d, t) = \dot{q}^p \quad t=20, \dots, 23$$

$$\dot{q}(d, t) = 0 \quad t=1, \dots, 19 \& 24$$

$$PV3 = \frac{\sum_{d=1}^{31} \sum_{t=1}^{24} C(Q_{dt})}{(1+r)^n} \quad \forall t, d \quad (۱۴)$$

$$C(Q_{dt}) = c_0 u_{dt} + c \cdot Q_{dt} + cost_t^{SU} + cost_t^{SD} \quad \forall t, d \quad (۱۵)$$

$$Q_{dt} = q(d,t) + \dot{q}(d,t) \quad \forall t, d \quad (۱۶)$$

$$Q_{dt} \leq Q_{max} \cdot u_{dt} \quad \forall t, d \quad (۱۷)$$

$$\dot{q}(d, t) \leq q'_{max} \cdot u_{dt} \quad \forall t, d \quad (۱۸)$$

$$q(d, t) \leq q_{max} \cdot u_{dt} \quad \forall t, d \quad (۱۹)$$

$$cost_{dt}^{SD} \geq c^{SD} (u_{d,t-1} - u_{d,t}) \quad t=2, \dots, N_T \quad \forall d \quad (۲۰)$$

$$cost_{1,1}^{SU} \geq c^{SU} (u_{1,1} - u^0) \quad (۲۱)$$

$$cost_{d+1,1}^{SU} \geq c^{SU} (u_{d+1,1} - u_{d,24}) \quad (۲۲)$$

$$cost_{1,1}^{SD} \geq c^{SD} (u^0 - u_{1,1}) \quad (۲۳)$$

$$\begin{aligned} cost_{d+1,1}^{SD} &\geq c^{SD} (u_{d,24} - u_{d+1,1}) && \forall d && (24) \\ Q_{d,t+1} - Q_{d,t} &\leq R^{UP} u_t + R^{SU} (1 - u_{d,t}) && t=1, \dots, N_T - 1 \forall d && (25) \\ Q_{d,t} - Q_{d,t+1} &\leq R^{down} u_{d,t+1} + R^{SD} (1 - u_{d,t+1}) && t=1, \dots, N_T - 1 \forall d && (26) \\ u(d,t), &\in \{0,1\} && \forall t,d && (27) \\ P(d,t) &= \sigma_2(d,t) - (2\pi - 1) * (\sigma_2(d,t) - \sigma_1(d,t)) && \forall t,d && (28) \\ \dot{p} &= \delta_2 - (2\pi - 1) * (\delta_3 - \delta_2) && && (29) \end{aligned}$$

رابطه (۱۱) تابع هدف مسئله و معادل ارزش فعلی سود است.

رابطه (۱۲) ارزش فعلی درآمد حاصل از فروش انرژی الکتریکی در بازار روز بعد انرژی است که بعد از m ماه از معامله و تحویل فیزیکی انرژی تعهد شده، به تولید کننده پرداخت می‌شود.

روابط (۱۳ الف) تا (۱۳ د) ارزش فعلی درآمد حاصل از فروش در بورس انرژی است که همزمان با عقد قرارداد در همان ابتدای افق برنامه‌ریزی تسویه می‌شود. رابطه (۱۳ الف) مربوط به استراتژی بار پایه، رابطه (۱۳ ب) مربوط به استراتژی کم‌باری، رابطه (۱۳ ج) مربوط به استراتژی میان‌باری و رابطه (۱۳ د) مربوط به استراتژی اوج بار است. یادآوری می‌شود که در هر بار اجرای مدل، فقط یکی از روابط (۱۳ الف) تا (۱۳ د) فعال است.

رابطه (۱۴) ارزش فعلی هزینه تولید کل انرژی الکتریکی معامله شده در بازار روز بعد و بورس انرژی است که پس از n ماه از ابتدای افق برنامه‌ریزی تسویه می‌شود.

رابطه (۱۵) بیانگر هزینه تولید است. این هزینه شامل هزینه ثابت، هزینه سوخت و هزینه‌های روشن و خاموش کردن نیروگاه در ساعت و روز مورد نظر است.

رابطه (۱۶) بیان می‌کند کل انرژی الکتریکی تولیدی نیروگاه برابر مجموع انرژی الکتریکی معامله شده در بازار روز بعد و بورس انرژی است.

رابطه (۱۷) نشان می‌دهد مقدار تولید در هر ساعت نباید از ظرفیت مجاز نیروگاه تخطی کند. در صورت روشن بودن نیروگاه در ساعت t ($u(t)=1$)، مجاز به تولید حداکثر ظرفیت نیروگاه در آن ساعت است.

به همین شکل روابط (۱۸) و (۱۹) محدوده مجاز برای ارائه انرژی الکتریکی به بازار روز بعد و بورس انرژی را نشان می‌دهند (q_{max} ماکزیمم سهمیه مجاز نیروگاه برای ارائه به بورس انرژی در هر ساعت است).

روابط (۲۰) تا (۲۴) مربوط به هزینه روشن و خاموش شدن نیروگاه است. روابط (۲۵) و (۲۶) مربوط به نرخ افزایش یا کاهش تولید و نرخ توقف و راه‌اندازی واحد در هر ساعت است.

رابطه (۲۷) متغیر صفر و یک است که وضعیت روشن یا خاموش بودن نیروگاه را نشان می‌دهد.

روابط (۲۸) و (۲۹) به ترتیب قیمت پیشنهادی به بازار روز بعد و بورس انرژی براساس معیار امکان هستند.

برای ارزیابی اعتبار مدل فوق از شیوه تحلیل حساسیت استفاده شده است. به این صورت که با افزایش یا کاهش در یک پارامتر به شرط ثابت ماندن بقیه پارامترها، در صورتی که تغییرات در رفتار متغیرهای خروجی براساس ادبیات پژوهش و یا نظر افراد خبره منطقی باشد، اعتبار مدل مورد تأیید است. با توجه به اینکه با تغییر در مقدار پارامترهایی مانند هزینه تولید، حداقل و حداکثر توان تولید، هزینه هر بار روشن و خاموش شدن، وضعیت روشن یا خاموش بودن اولیه نیروگاه، قیمت‌های تسویه و قیمت‌های پیشنهادی فروش، خروجی‌های مدل رفتار منطقی از خود نشان دادند، اعتبار مدل مورد تأیید قرار گرفت.

هر تولیدکننده انرژی الکتریکی برای برنامه‌ریزی میان‌مدت یک ماهه جهت شرکت در بورس انرژی می‌تواند بسته‌های انرژی الکتریکی کم‌باری، میان‌باری و اوج بار را به ترتیب برای ساعات کم‌باری، ساعات میان‌باری و ساعات اوج بار و یا بسته بار پایه را برای تمام ساعات شبانه روز پیشنهاد دهد. منظور از بسته‌های انرژی، حجم مشخصی از بار الکتریکی است که با قیمت مشخص برای ساعات مشخص در یک ماه توسط تولیدکننده به بورس انرژی ارائه می‌شود. مدل بهینه‌سازی پیشنهادی با فرض اینکه ارائه هر یک از این بسته‌های پیشنهادی به مثابه یک استراتژی پیش روی تولیدکننده است، تعیین می‌کند که کدام یک از استراتژی‌های کم‌باری، میان‌باری، اوج بار و یا بار پایه، سود بیشتری برای تولیدکننده به همراه خواهد داشت. همچنین تعیین می‌کند چه مقدار انرژی الکتریکی تولید و چه مقدار از این انرژی تولیدی در بازار روز بعد و چه مقدار از آن در بورس انرژی به فروش رسد.

با توجه به وجود دو متغیر فازی قیمت بازار روز بعد و قیمت برق در بورس انرژی، تابع هدف مسئله به فرم عدد فازی است که این مقدار فازی با آلفاکات زدن روی قیمت‌های فازی و محاسبه مقدار تابع هدف مسئله به ازای هر آلفاکات به شکل یک عدد فازی مثلثی

ترسیم می‌شود. با در نظر گرفتن اینکه بازه عدم قطعیت قیمت بازار روز بعد به صورت عدد فازی $(\delta_1, \delta_2, \delta_3)$ است، آلفاکات‌های چپ و راست روی این بازه به ترتیب با روابط (۳۰) و (۳۱) محاسبه می‌شود.

$$\text{Left alfacut: } P(d,t) = \alpha * \sigma_2(d,t) + (1-\alpha) * \sigma_1(d,t) \quad (30)$$

$$\text{Right alfacut: } P(d,t) = \alpha * \sigma_2(d,t) + (1-\alpha) * \sigma_3(d,t) \quad (31)$$

به همین نحو آلفاکات‌های چپ و راست روی بازه عدم قطعیت قیمت فازی بورس انرژی هم به ترتیب با روابط (۳۲) و (۳۳) محاسبه می‌شود.

$$\text{Left alfacut: } \dot{p} = \alpha * \delta_2 + (1-\alpha) * \delta_1 \quad (32)$$

$$\text{Right alfacut: } \dot{p} = \alpha * \delta_2 + (1-\alpha) * \delta_3 \quad (33)$$

برای محاسبه آلفاکات‌های چپ تابع هدف از روابط (۳۰) و (۳۱) و برای محاسبه آلفاکات‌های راست تابع هدف از روابط (۳۲) و (۳۳) استفاده می‌شود.

۴-۲. محاسبه ارزش فعلی خالص با نرخ بهره فازی

نرخ بهره و به تبع آن نرخ تنزیل، یکی از مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر عملکرد بازار سرمایه و از مهم‌ترین ابزارهای کنترلی در اقتصاد است. اقتصادهای پیشرفته دنیا به شدت تحت تأثیر نرخ‌های بهره قرار داشته و به سرعت به تغییرات آن واکنش نشان می‌دهند. تغییرات نرخ بهره همواره مورد توجه سیاست‌گذاران اقتصادی بوده و می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر تصمیم‌گیری عاملان اقتصادی داشته باشد (کازرونی و همکاران، ۱۳۹۵). در اقتصاد ایران از نرخ بهره به سبب تغییر در سیاست‌های مختلف دولت‌ها در زمینه نرخ بازدهی سرمایه و سود، اطلاع دقیقی در دسترس نیست و به همین جهت متغیری پنهان است زیرا سیاست‌های دستوری دولت‌های مختلف بر نرخ سوددهی نظام بانکی و اوراق مشارکت اثرگذار است و این دو عامل نمی‌توانند معیار مناسبی برای نرخ بهره تعادلی باشند. از این رو می‌توان با تخمین فازی نرخ بهره یا نرخ تنزیل، ارزش فعلی خالص را به صورت فازی مورد بررسی و ارزیابی قرار داد.

برای محاسبه ارزش فعلی خالص از رابطه (۳۴) استفاده می‌شود.

$$NPV = \frac{incom}{(1+r)^m} - \frac{cost}{(1+r)^n} \quad (34)$$

m تعداد ماه‌های محقق شدن درآمدها و n تعداد ماه‌های پرداخت هزینه‌ها از زمان فعلی است. با فرض اینکه نرخ بهره فازی به صورت $\tilde{r} = (r^L, \bar{r}, r^R)$ تعریف شده باشد ارزش فعلی خالص فازی به صورت روابط (۳۵) تا (۴۱) محاسبه می‌شود.

$$1+\tilde{r} = (1+r^L, 1+\bar{r}, 1+r^R) \quad (35)$$

$$\frac{1}{1+\tilde{r}} = \left(\frac{1}{1+r^R}, \frac{1}{1+\bar{r}}, \frac{1}{1+r^L} \right) \quad (36)$$

$$\frac{1}{(1+\tilde{r})^i} = \left[\frac{1}{(1+\bar{r})^i} - \left(\frac{1}{1+\bar{r}} - \frac{1}{1+r^R} \right) * \frac{i}{(1+\bar{r})^{i-1}} \right], \quad (37)$$

$$\frac{1}{(1+\tilde{r})^i} = \left[\frac{1}{(1+\bar{r})^i} + \left(\frac{1}{1+r^L} - \frac{1}{1+\bar{r}} \right) * \frac{i}{(1+\bar{r})^{i-1}} \right] \quad (38)$$

$$NPV = PV1 + PV2^p - PV3$$

$$\widetilde{PV1} = \frac{\sum_{d=1}^{31} \sum_{t=1}^{24} p(d,t).q(d,t)}{(1+\tilde{r})^m} = \left[\frac{\sum_{d=1}^{31} \sum_{t=1}^{24} p(d,t).q(d,t)}{(1+\bar{r})^m} - \left(\frac{1}{1+\bar{r}} - \frac{1}{1+r^R} \right) * \frac{m * (\sum_{d=1}^{31} \sum_{t=1}^{24} p(d,t).q(d,t))}{(1+\bar{r})^{m-1}} \right], \quad (39)$$

$$\widetilde{PV2}^b = \sum_{d=1}^{31} \sum_{t=1}^{24} p^b \cdot \dot{q}(d,t) + \left(\frac{1}{1+r^L} - \frac{1}{1+\bar{r}} \right) * \frac{m * (\sum_{d=1}^{31} \sum_{t=1}^{24} p(d,t).q(d,t))}{(1+\bar{r})^{m-1}} \quad (40)$$

$$\widetilde{PV3} = \frac{\sum_{d=1}^{31} \sum_{t=1}^{24} C(Qdt)}{(1+\tilde{r})^n} = \left[\frac{\sum_{d=1}^{31} \sum_{t=1}^{24} C(Qdt)}{(1+\bar{r})^n} - \left(\frac{1}{1+\bar{r}} - \frac{1}{1+r^R} \right) * \frac{n * (\sum_{d=1}^{31} \sum_{t=1}^{24} C(Qdt))}{(1+\bar{r})^{n-1}} \right], \quad (41)$$

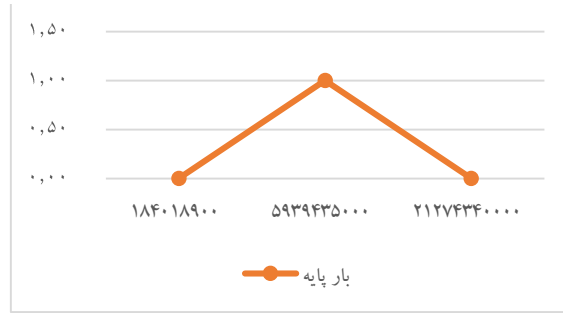
$$\frac{\sum_{d=1}^{31} \sum_{t=1}^{24} C(Qdt)}{(1+\bar{r})^n} + \left(\frac{1}{1+r^L} - \frac{1}{1+\bar{r}} \right) * \frac{n * (\sum_{d=1}^{31} \sum_{t=1}^{24} C(Qdt))}{(1+\bar{r})^{n-1}} \quad (41)$$

رابطه (۴۰) ارزش فعلی درآمد فروش در بورس انرژی برای بسته بار پایه است.

۴-۳. مثال عددی

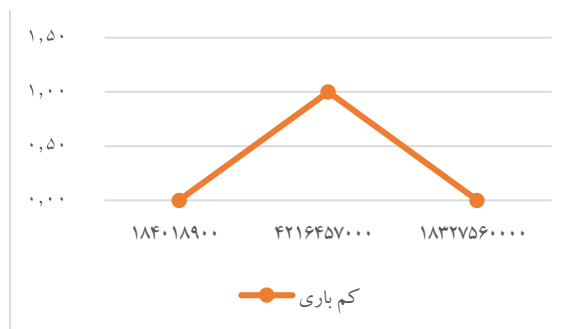
مسئله طرح شده در این مقاله براساس ویژگی‌های یک نیروگاه‌های حرارتی ارائه شده و مورد مطالعه یک واحد گازی است که از توربین‌های زیمنس V94.2 استفاده می‌کند و از توربین‌های پر کاربرد در ایران است. با محاسبه آلفاکات‌های چپ و راست تابع هدف در هر یک از استراتژی‌های کم‌باری، میان‌باری، اوج بار و بار پایه نمودارهای فازی مطابق شکل‌های ۳ تا ۶ محاسبه شده است.

شکل ۳. نمودار فازی تابع هدف سود در استراتژی عرضه بار پایه در بورس انرژی



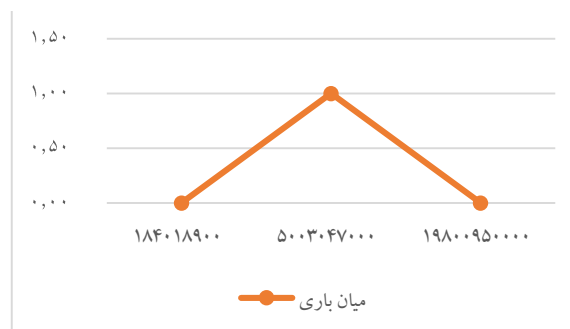
مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۴. نمودار فازی تابع هدف سود در استراتژی عرضه در ساعات کم‌باری در بورس انرژی



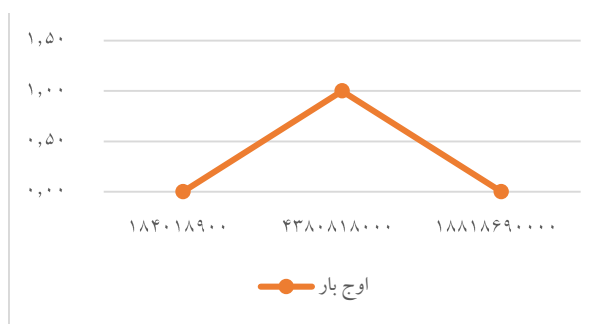
مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۵. نمودار فازی تابع هدف سود در استراتژی عرضه در ساعات میان‌باری در بورس انرژی



مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۶. نمودار فازی تابع هدف سود در استراتژی عرضه در ساعات اوج باری در بورس انرژی



مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۷. مقایسه استراتژی‌های چهارگانه (بار پایه < میان باری < اوج بار = کم باری)



مأخذ: یافته‌های پژوهش

جهت مقایسه استراتژی‌های چهارگانه فوق از روش مقایسه اعداد فازی استفاده می‌شود. مقایسه اعداد فازی فوق نشان می‌دهد که با عرضه بسته بار پایه، بزرگترین مقدار سود و با عرضه بسته اوج بار و کم باری، کمترین مقدار سود حاصل می‌شود. حال با استفاده از روابط (۲۵) و (۲۶) که جهت قطعی سازی بازه عدم قطعیت براساس معیارهای امکان، الزام و اعتبار در سطح اطمینان π طراحی شده، در سطوح مختلف اطمینان،

مدل پیشنهادی برای بسته بار پایه و میان‌باری که بیشترین سود را داشتند، اجرا شد. نتایج در جداول ۳ تا ۵ ارائه و نمودار آنها در شکل‌های ۸ و ۹ ترسیم شده است.

جدول ۳. ارزش فعلی خالص سود در سطوح اطمینان مختلف با معیار امکان

ارزش فعلی خالص سود در سطوح اطمینان مختلف π با معیار امکان (ریال)				
Π	میان باری		بار پایه	
	مقدار ارائه به بورس	NPV	مقدار ارائه به بورس	NPV
۰	۸۰	۱۹۸۰۰۹۵۰۰۰۰	۸۰	۲۱۲۷۴۳۴۰۰۰ ۰
۰/۱	۸۰	۱۸۳۲۱۱۶۰۰۰۰	۸۰	۱۹۷۴۰۸۵۰۰۰ ۰
۰/۳	۸۰	۱۵۳۶۱۵۸۰۰۰۰	۸۰	۱۶۶۱۳۸۷۰۰۰ ۰
۰/۵	۸۰	۱۲۴۰۲۰۰۰۰۰۰	۸۰	۱۳۶۰۶۸۹۰۰۰ ۰
۰/۷	۸۰	۹۴۴۲۴۱۹۰۰۰	۸۰	۱۰۵۳۹۹۱۰۰۰ ۰
۰/۹	۸۰	۶۴۸۲۸۳۸۰۰۰	۸۰	۷۴۷۲۹۲۵۰۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۴. ارزش فعلی خالص سود در سطوح اطمینان مختلف با معیار اعتبار

ارزش فعلی خالص سود در سطوح اطمینان مختلف π با معیار اعتبار (ریال)				
Π	میان باری		بار پایه	
	مقدار ارائه به بورس	NPV	مقدار ارائه به بورس	NPV
۰	۸۰	۱۱۶۳۶۲۵۰۰۰۰	۸۰	۱۲۸۱۲۷۹۰۰۰۰
۰/۱	۸۰	۱۰۳۰۹۶۱۰۰۰۰	۸۰	۱۱۴۳۸۱۲۰۰۰۰
۰/۳	۸۰	۷۶۵۶۳۲۹۰۰۰	۸۰	۸۶۸۱۷۷۵۰۰۰
۰/۵	۸۰	۵۰۰۳۰۴۷۰۰۰	۸۰	۵۹۳۹۴۳۵۰۰۰
۰/۷	۰	۲۳۵۳۴۵۱۰۰۰	۸۰	۳۱۹۰۲۱۶۰۰۰
۰/۹	۰	۷۱۲۰۷۸۵۰۰	۸۰	۷۱۲۰۷۸۵۰۰

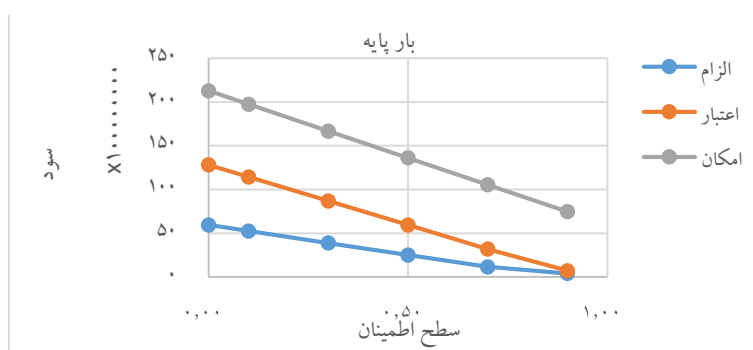
مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۵. ارزش فعلی خالص سود در سطوح اطمینان مختلف با معیار الزام

ارزش فعلی خالص سود در سطوح اطمینان مختلف π با معیار الزام (ریال)				
π	میان باری		بار پایه	
	مقدار ارائه به بورس	NPV	مقدار ارائه به بورس	NPV
۰	۸۰	۵۰۰۳۰۴۷۰۰۰	۸۰	۵۹۳۹۴۳۵۰۰۰
۰/۱	۸۰	۴۳۳۹۷۲۷۰۰۰	۸۰	۵۲۵۲۱۰۰۰۰۰
۰/۳	۸۰	۳۰۱۳۰۸۶۰۰۰	۸۰	۳۸۷۷۴۳۰۰۰۰
۰/۵	۰	۱۹۰۴۹۴۸۰۰۰	۸۰	۲۵۰۶۴۹۹۰۰۰
۰/۷	۰	۱۰۳۸۰۹۵۰۰۰	۸۰	۱۱۵۹۸۹۹۰۰۰
۰/۹	۰	۴۱۲۲۳۴۱۰۰	۰	۴۱۲۲۳۴۱۰۰

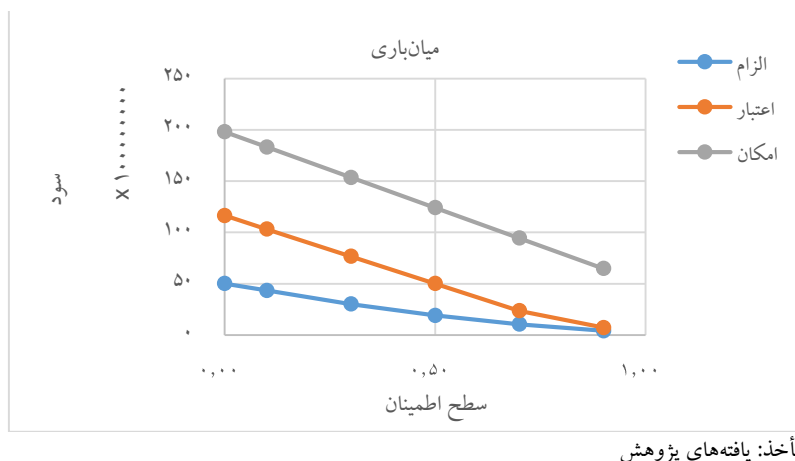
مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۸. نمودار سود در سطوح اطمینان مختلف برای بار پایه



مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۹. نمودار سود در سطوح اطمینان مختلف برای میان‌باری



۴-۴. بررسی استواری مدل پیشنهادی

تنظیم سطح استواری برای پارامترهای غیر قطعی بدین معنی است که پارامترهای مدل بهینه‌سازی استوار به گونه‌ای تنظیم شوند که برای تمامی حالات غیر قطعی، در صورت نوسان در محدوده سطح استواری، پاسخ بهینه همچنان موجه و بهینه باقی بماند. برای بررسی استواری مدل پیشنهادی، یک بار مسئله در حالت قطعی و با در نظر گرفتن مقدار اسمی متغیرهای عدم قطعیت (σ_2 و δ_2) و بار دیگر در سطوح مختلف نوسان از مقدار اسمی و با مدل استوار پیشنهادی حل شده و نتایج مقایسه می‌شوند. از این رو، جهت سنجش استواری مدل پیشنهادی در شرایط واقعی، از شبیه‌سازی استفاده شده است. شبیه‌سازی به معنای محقق‌سازی وقوع پارامترهای غیرقطعی است که به منظور ارزیابی کیفیت جواب‌ها در بهینه‌سازی استوار مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این ترتیب که با تولید تعداد زیادی مقادیر تصادفی در بازه‌هایی که از رابطه (۴۲) به دست می‌آید، مدل به دفعات اجرا و رفتار آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

$$[\sigma_2 - \xi * (\sigma_2 - \sigma_1) , \sigma_2 + \xi * (\sigma_3 - \sigma_2)] \quad 0 \leq \xi \leq 1 \quad (42)$$

با شبیه‌سازی رفتار متغیر عدم قطعیت که قیمت تسویه بازار است، در بازه‌های نوسان مختلف از مقدار اسمی (رابطه (۴۲))، به تعداد زیاد عدد تصادفی تولید می‌شود که هر یک

در حکم مقدار تحقق یافته قیمت تسویه بازار در شرایط واقعی است. سپس با مقایسه قیمت پیشنهادی در هر ساعت با مقدار تحقق یافته قیمت تسویه که به شیوه شبیه سازی فوق به دست آمد، در صورتی که قیمت پیشنهادی به بازار کمتر از مقدار تحقق یافته قیمت تسویه بازار باشد، قیمت پیشنهادی پذیرفته شده و در غیر این صورت رد شده فرض می شود. با محاسبه متوسط تعداد ساعاتی که قیمت ارائه شده به بازار در آن ساعات رد شده فرض می شود، میزان استواری روش پیشنهادی مورد ارزیابی قرار می گیرد. هر چه این عدد کوچکتر باشد، استواری روش پیشنهادی در بازه نوسان مربوطه بیشتر خواهد بود. نتایج این شبیه سازی در جداول ۶ تا ۸ و به ازای معیارهای امکان، الزام و اعتبار نشان داده شده است.

جدول ۶. متوسط تعداد پیشنهادهای رد شده در نوسانات مختلف قیمت تسویه (معیار اعتبار)

سطوح اطمینان	درصد نوسانات از مقدار اسمی با معیار اعتبار								
	%۱۰	%۲۰	%۳۰	%۴۰	%۵۰	%۶۰	%۷۰	%۸۰	%۹۰
$\pi = 0/6$	۰	۰	۳	۴/۳۵	۵/۱۵	۵/۸	۶/۴۵	۶/۵	۷
$\pi = 0/7$	۰	۰	۰	۰	۱/۷	۲/۹۵	۳/۹	۴/۷۵	۴/۸
$\pi = 0/8$	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۳	۲/۱۵	۲/۹
$\pi = 0/9$	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۱۷
مدل قطعی	۹/۱۷	۹	۹/۲۷	۹	۸/۸	۹/۱۳	۸/۶	۹/۰۵	۹

مأخذ: یافته های پژوهش

جدول ۷. متوسط تعداد پیشنهادهای رد شده در نوسانات مختلف قیمت تسویه (معیار امکان)

سطوح اطمینان	درصد نوسانات از مقدار اسمی با معیار امکان								
	%۱۰	%۲۰	%۳۰	%۴۰	%۵۰	%۶۰	%۷۰	%۸۰	%۹۰
$\pi = 0/9$	۲۴	۱۶/۵۷	۱۳/۹۵	۱۲/۶۷	۱۲/۲۱	۱۴/۵۹	۱۲/۰۶	۱۱/۱۳	۱۱/۰۳
مدل قطعی	۹/۱۷	۹	۹/۲۷	۹	۸/۸	۹/۱۳	۸/۶	۹/۰۵	۹

مأخذ: یافته های پژوهش

جدول ۸. متوسط تعداد پیشنهادهای رد شده در نوسانات مختلف قیمت تسویه (معیار الزام)

سطوح اطمینان	درصد نوسانات از مقدار اسمی با معیار الزام							
	٪۱۰	٪۲۰	٪۳۰	٪۴۰	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۸۰
$\pi = 0/1$	۰	۴/۸۱	۶/۱۹	۶/۷۸	۷/۲۲	۷	۷/۲۷	۸/۴۲
$\pi = 0/2$	۰	۰	۳	۴/۲۷	۵/۷۲	۵/۷۲	۶/۳۷	۶/۲۱
$\pi = 0/3$	۰	۰	۰	۲/۰۶	۳/۶۳	۴/۵۵	۴/۹۶	۵/۷
$\pi = 0/4$	۰	۰	۰	۰	۱/۹	۳/۰۴	۳/۵	۳/۹
$\pi = 0/5$	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۳۷	۲/۴۴	۳/۵۲
$\pi = 0/6$	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۲/۲۲
$\pi = 0/7$	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۱۳
مدل قطعی	۹/۱۷	۹	۹/۲۷	۹	۸/۸	۹/۱۳	۸/۶	۹/۰۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش

مطابق جدول ۶، با به‌کارگیری معیار اعتبار در سطح اطمینان ۰/۶ و به ازای ۲۰ درصد نوسان از مقدار اسمی، به‌طور متوسط قیمت پیشنهادی مدل در همه ساعات در بازار پذیرفته شده است اما به ازای ۳۰ درصد نوسان از مقدار اسمی، به‌طور متوسط در ۳ ساعت از ۲۴ ساعت شبانه‌روز، قیمت پیشنهادی مدل در بازار رد شده است و در ۲۱ ساعت دیگر قیمت پیشنهادی ارائه شده توسط مدل، در بازار پذیرفته شده است. با افزایش سطح اطمینان، مدل به ازای نوسانات بیشتری مقاومت می‌کند و با کاهش ریسک، سود کمتری نیز عاید تولیدکننده می‌شود. همچنین، در صورت حل کردن مسئله به‌صورت قطعی (در نظر گرفتن σ_2 در حکم قیمت تسویه بازار) به‌طور متوسط در ۹ ساعت از ۲۴ ساعت پیشنهاد قیمت در بازار رد می‌شود.

از این رو طبق نتایج شبیه‌سازی، استواری مدل نسبت به تغییرات متغیر عدم قطعیت بدین صورت است که مدل در سطح اطمینان ۰/۶ تا نوسانات ۲۰ درصد، در سطح اطمینان ۰/۷ تا نوسانات ۴۰ درصد، در سطح اطمینان ۰/۸ تا نوسانات ۵۰ درصد و در سطح اطمینان ۰/۹ تا نوسانات ۸۰ درصد می‌تواند تاب‌آوری داشته باشد. در صورتی که طبق نتایج شبیه‌سازی، مدل قطعی به ازای کلیه نوسانات دارای عملکردی نامناسب خواهد بود. از این‌رو مدل پیشنهادی متناسب با سطوح اطمینان مختلف خود، به درجات مختلفی از استواری رسیده است. جدول ۷ نشان می‌دهد که معیار امکان، رویکردی بسیار خوش‌بینانه نسبت به قیمت تسویه دارد و

از این رو در قیمت‌دهی به بازار، قیمت‌ها را در سطوح بالاتری پیشنهاد داده است. بنابراین معیار امکان برای شرایطی که سیگنال‌های افزایش قیمت از بازار دریافت می‌شود، مناسب است. جدول ۸ نشان می‌دهد که معیار الزام رویکردی بسیار محتاطانه داشته، به طوری که در سطوح اطمینان پایین هم استواری مناسبی از خود نشان می‌دهد. پس این رویکرد برای تصمیم‌گیرندگان بسیار ریسک‌گریز و همچنین شرایطی که سیگنال‌های کاهش قیمت از بازار دریافت می‌شود، مناسب است.

۴-۵. نرخ تنزیل غیرقطعی

با توجه به اینکه نرخ تنزیل می‌تواند متغیری غیرقطعی باشد، تغییرات آن می‌تواند مقدار ارزش فعلی سود را تحت تأثیر قرار دهد. جدول ۹ نشان می‌دهد با در نظر گرفتن نرخ‌های تنزیل مختلف، مقادیر انرژی الکتریکی قابل ارائه و ارزش فعلی سود چگونه تغییر می‌یابد.

جدول ۹. ارزش فعلی سود با نرخ‌های تنزیل مختلف در سطح اطمینان $\pi = 0.7$ با معیار اعتبار

نرخ (تنزیل)	کم‌باری	میان‌باری	اوج بار	بار پایه	
۱۰٪	۴۳۵۴۰۸۵۰۰۰	۴۳۵۴۰۸۵۰۰۰	۴۳۵۴۰۸۵۰۰۰	۴۳۵۴۰۸۵۰۰۰	ارزش فعلی سود
	مقدار ارائه به بورس
۱۵٪	۳۵۴۵۳۳۰۰۰	۳۵۴۵۳۳۰۰۰	۳۵۴۵۳۳۰۰۰	۳۶۸۷۴۱۶۰۰۰	ارزش فعلی سود
	.	.	.	۸۰	مقدار ارائه به بورس
۲۰٪	۲۸۷۵۴۸۰۰۰۰	۲۸۷۵۴۸۰۰۰۰	۲۸۷۵۴۸۰۰۰۰	۳۴۰۵۸۳۲۰۰۰	ارزش فعلی سود
	.	.	.	۸۰	مقدار ارائه به بورس
۲۵٪	۲۳۵۳۴۵۱۰۰۰	۲۳۵۳۴۵۱۰۰۰	۲۳۵۳۴۵۱۰۰۰	۳۱۹۰۲۱۶۰۰۰	ارزش فعلی سود
	.	.	.	۸۰	مقدار ارائه به بورس
۳۰٪	۱۶۵۷۰۲۷۰۰۰	۱۷۲۷۷۲۳۰۰۰	۱۶۵۷۰۲۷۰۰۰	۲۹۰۶۳۰۶۰۰۰	ارزش فعلی سود
	.	۸۰	.	۸۰	مقدار ارائه به بورس

ادامه جدول ۹. ارزش فعلی سود با نرخ‌های تنزیل مختلف در سطح اطمینان $\pi = 0.7$ با معیار اعتبار

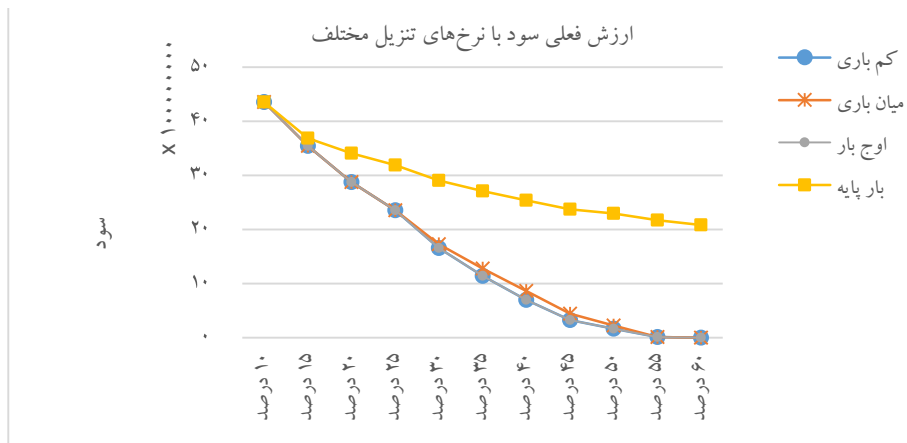
(نرخ تنزیل)	کم‌باری	میان‌باری	اوج بار	بار پایه	
%۳۵	۱۱۴۱۱۸۶۰۰۰	۱۲۷۶۶۰۱۰۰۰	۱۱۴۱۱۸۶۰۰۰	۲۷۱۰۰۲۱۰۰۰	ارزش فعلی سود
	۰	۸۰	۰	۸۰	مقدار ارائه به بورس
%۴۰	۶۹۹۷۸۷۱۰۰	۸۶۳۹۳۸۸۰۰	۶۹۹۷۸۷۱۰۰	۲۵۳۹۱۲۴۰۰۰	ارزش فعلی سود
	۰	۸۰	۰	۸۰	مقدار ارائه به بورس
%۴۵	۳۲۵۲۵۵۸۰۰	۴۴۲۴۵۹۸۰۰	۳۲۵۲۵۵۸۰۰	۲۳۷۴۸۸۹۰۰۰	ارزش فعلی سود
	۰	۸۰	۰	۸۰	مقدار ارائه به بورس
%۵۰	۱۶۶۱۴۲۹۰۰	۲۲۷۲۲۳۰۰۰	۱۶۶۱۴۲۹۰۰	۲۲۹۶۰۶۸۰۰۰	ارزش فعلی سود
	۰	۸۰	۰	۸۰	مقدار ارائه به بورس
%۵۵	۱۱۴۹۴۸۵۰	۱۱۴۹۴۸۵۰	۱۱۴۹۴۸۵۰	۲۱۷۰۹۴۶۰۰۰	ارزش فعلی سود
	۰	۰	۰	۸۰	مقدار ارائه به بورس
%۶۰	۰	۰	۰	۲۰۸۵۱۹۰۰۰۰	ارزش فعلی سود
	۰	۰	۰	۸۰	مقدار ارائه به بورس

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در شکل ۱۰ کاهش قابل ملاحظه ارزش فعلی سود با افزایش نرخ تنزیل نشان داده شده است.

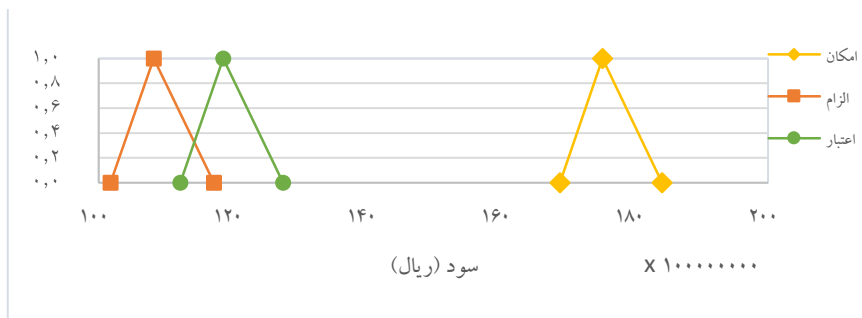
برای در نظر گرفتن عدم قطعیت در نرخ تنزیل، به جای مقدار قطعی آن می‌توانیم از مقدار فازی استفاده کنیم. با فرض اینکه مقدار فازی نرخ تنزیل $(\tilde{r} = (0.20, 0.35, 0.60))$ باشد مقادیر فازی سود متناسب با آن بنا بر روابط (۳۵) تا (۴۱) و در سطح اطمینان 0.7 محاسبه و در شکل ۱۱ نمایش داده شده است.

شکل ۱۰. نمودار ارزش فعلی خالص با نرخ‌های تنزیل مختلف در سطح اطمینان ۰/۷ (کم باری منطبق با اوج)



مأخذ: یافته‌های پژوهش

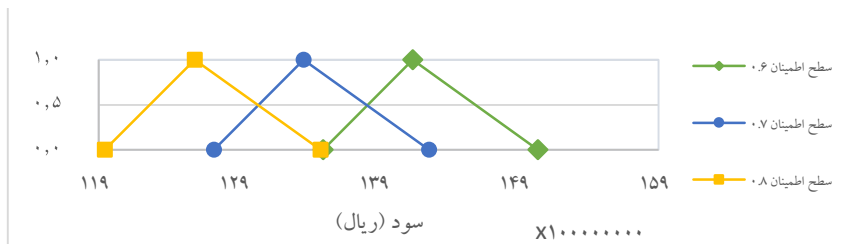
شکل ۱۱. ارزش فعلی سود فازی با معیارهای امکان، اعتبار و الزام



مأخذ: یافته‌های پژوهش

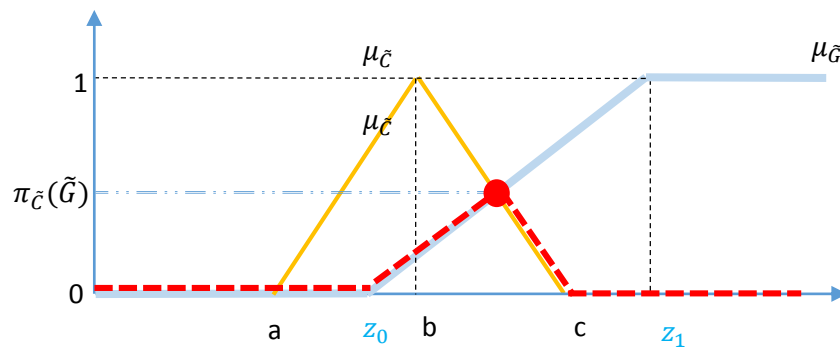
مقدار فازی سود بر مبنای نرخ تنزیل فازی در حالت بار پایه با معیار اعتبار در سطوح اطمینان ۰/۶ تا ۰/۸ در شکل ۱۲ ترسیم شده است. چنانچه از تصمیم گیرنده خواسته شود آرمان خود را در مورد سود مطلوب بیان کند، شرایط بهتری برای تصمیم‌گیری فراهم می‌شود. تابع عضویت سود فازی و آرمان فازی (\bar{G}) در شکل ۱۳ ترسیم شده است.

شکل ۱۲. ارزش فعلی سود فازی با معیار اعتبار با نرخ تنزیل فازی در حالت بار پایه در سطوح اطمینان مختلف



مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۱۳. درجه امکان تابع هدف فازی \tilde{C} تحت آرمان فازی \tilde{G}



مأخذ: یافته‌های پژوهش

$\mu_{\tilde{G}}$ تابع عضویت آرمان فازی است که به صورت رابطه (۴۳) تعریف می‌شود. z_1 و z_0 مقادیری از تابع هدف هستند که به ازای آنها درجه این تابع عضویت، به ترتیب ۱ و ۰ است. درجه امکان برای اینکه تابع هدف مسئله تحت آرمان فازی \tilde{G} برقرار باشد به صورت رابطه (۴۴) است.

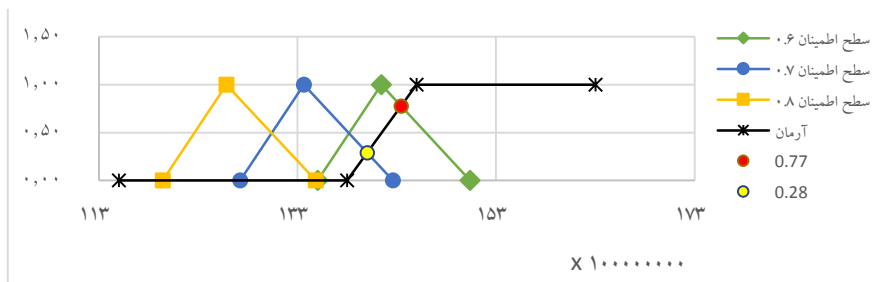
$$\mu_{\tilde{G}}(y) = \begin{cases} 0 & \text{if } y \leq z_0 \\ \frac{y-z_0}{z_1-z_0} & \text{if } z_0 \leq y \leq z_1 \\ 1 & \text{if } y \geq z_1 \end{cases} \quad (43)$$

$$\pi_{\tilde{C}}(\tilde{G}) = \sup_y \{ \min(\mu_{\tilde{C}}(y), \mu_{\tilde{G}}(y)) \} \quad (44)$$

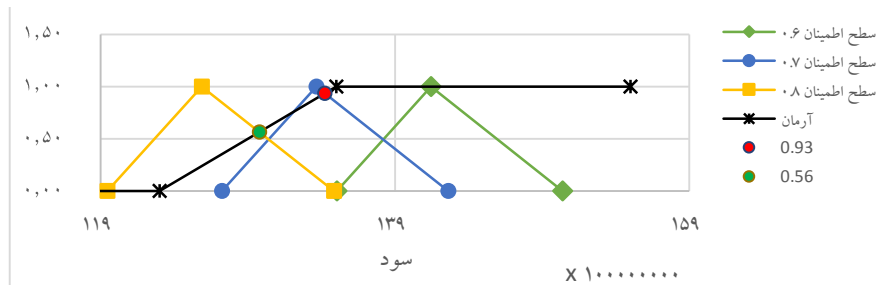
در نمودارهای (الف) تا (ج) شکل ۱۴ حالت‌های مختلفی از آرمان در نظر گرفته شده است. در شکل (الف) بر مبنای مقدار آرمان تعریف شده، سود در سطح اطمینان ۰/۸ هیچ مطلوبیتی برای تصمیم‌گیرنده ندارد، در صورتی که در سطح اطمینان ۰/۷ به مقدار ۰/۲۸ و در سطح اطمینان ۰/۶ به مقدار ۰/۷۷ مطلوبیت خواهد داشت. در شکل (ب) نیز بر مبنای مقدار آرمان در نظر گرفته شده، مطلوبیت سود در سطح اطمینان ۰/۸ به مقدار ۰/۵۶، در سطح اطمینان ۰/۷ به مقدار ۰/۹۳ و در سطح اطمینان ۰/۶ به مقدار ۱ خواهد بود. در شکل (ج) نیز بر مبنای مقدار آرمان در نظر گرفته شده، مطلوبیت سود در سطح اطمینان ۰/۸ به مقدار ۰/۳۸، در سطح اطمینان ۰/۷ به مقدار ۰/۶۳ و در سطح اطمینان ۰/۶ به مقدار ۰/۸۸ خواهد بود.

شکل ۱۴. آرمان‌های فازی

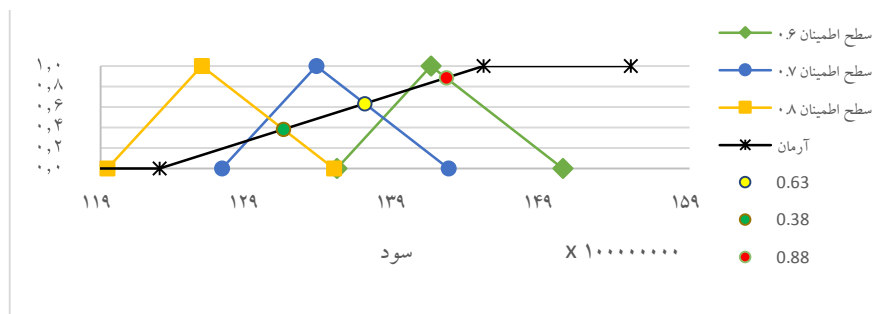
(الف)



(ب)



(ج)



مأخذ: یافته‌های پژوهش

۵. بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق جهت ارائه مدلی برای پیشنهاددهی همزمان تولیدکننده برق در بازار روز بعد و بورس انرژی، از روشی استوار در مواجهه با پارامتر عدم قطعیت قیمت برق استفاده شده است. مدل پیشنهادی در حالت‌های ارائه بسته‌های بار پایه، کم‌باری، میان‌باری و اوج بار مورد بررسی قرار گرفته و مشخص شد که سود تولیدکننده در صورت ارائه بسته بار پایه به بورس انرژی بیشترین مقدار را خواهد داشت و پس از آن بسته میان‌باری قرار دارد. بسته‌های اوج و کم‌باری نیز با مقادیر برابر در جایگاه سوم رتبه‌بندی قرار گرفتند. در نتیجه در صورت تمایل تولیدکننده به شرکت در بورس انرژی، ارائه بسته بار پایه توصیه می‌شود.

نتایج به کارگیری روش شبیه‌سازی نشان داد که معیار امکان، رویکردی بسیار خوش‌بینانه نسبت به قیمت تسویه دارد و از این رو در قیمت‌دهی به بازار، قیمت‌ها را در سطوح بالاتری نسبت به معیارهای الزام و اعتبار پیشنهاد کرده است. بنابراین معیار امکان فقط برای شرایطی که سیگنال‌های افزایش قیمت از بازار دریافت می‌شود مناسب خواهد بود. برعکس معیار امکان، معیار الزام رویکردی بسیار محتاطانه داشته به طوری که در سطوح اطمینان پایین هم استواری مناسبی از خود نشان می‌دهد. لذا این رویکرد برای تصمیم‌گیرندگان بسیار ریسک‌گریز و همچنین شرایطی که سیگنال‌های کاهش قیمت از بازار دریافت می‌شود مناسب است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد قیمت‌های پیشنهادی با معیار الزام و در سطح اطمینان ۰/۷ در صورت وقوع نوسان ۷۰ درصدی از مقدار اسمی قیمت تسویه هم مورد پذیرش قرار می‌گیرد. در سطح اطمینان ۰/۶ تا نوسان ۶۰ درصد و در سطح اطمینان ۰/۵ تا

نوسان ۵۰ درصد، قیمت‌های پیشنهادی همچنان می‌توانند مورد پذیرش قرار گیرند. به همین ترتیب با کاهش سطح اطمینان، مقاومت در برابر نوسانات بیشتر به تدریج کاهش می‌یابد. نتایج شبیه‌سازی حاصل از به‌کارگیری معیار اعتبار نیز نشان داد که پیشنهاددهی قیمت با این معیار در سطح اطمینان ۰/۹ تا نوسان ۸۰ درصدی از مقدار اسمی، مقاوم است. به همین ترتیب در سطح اطمینان ۰/۸ تا نوسان ۶۰ درصدی و در سطح اطمینان ۰/۷ تا نوسان ۴۰ درصدی و در سطح اطمینان ۰/۶ تا نوسان ۲۰ درصدی مقاوم است. با توجه به آنچه بیان شد معیار اعتبار در سطوح اطمینان بالای ۰/۶ نسبت به معیارهای امکان و الزام از نظر بهینگی جواب و استواری از عملکرد مناسبی برخوردار است.

در نهایت، با در نظر گرفتن عدم قطعیت در نرخ تنزیل و تعریف نرخ تنزیل فازی، رفتار ارزش فعلی سود به شکل یک عدد فازی محاسبه گردید و سود فازی تحت مقادیر مختلف آرمان فازی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که بر مبنای میزان آرمانی که تصمیم‌گیرنده برای سود مطلوب خود در نظر می‌گیرد، میزان مطلوبیت سود فازی در هر سطح اطمینان متغیر و به‌طور کامل متناسب با مقدار آرمان خواهد بود. همان‌طور که مشاهده شد سود حاصل شده در سطح اطمینان ۰/۷ می‌تواند متناسب با مقادیر آرمان فازی، مطلوبیتی با مقادیر ۰/۲۸، ۰/۶۳ و ۰/۹۳ داشته باشد.

این پژوهش، تنها به تصمیم‌گیری برای شرکت در بازار روز بعد انرژی الکتریکی و بورس انرژی پرداخته است. تولیدکنندگان می‌توانند انرژی الکتریکی تولیدی خود را همزمان با بازار روز بعد در بازار رزرو، بازار تنظیم و یا بازار میان‌روزی انرژی الکتریکی نیز به فروش برسانند و یا از طریق قراردادهای دوجانبه بلندمدت با مشتریان وارد معامله شوند که هر یک از این مبادلات، ملاحظات، عدم قطعیت‌ها و قوانین خاص خود را دارد که باید در مدل‌سازی مورد ملاحظه قرار گیرد تا در قالب یک مدل واحد کلیه تصمیمات حوزه‌های مختلف به‌صورت یک‌جا اتخاذ گردد. لذا پژوهشگران علاقه‌مند می‌توانند برای تحقیقات آتی، جهت توسعه تحقیق حاضر، قراردادهای دوجانبه و یا بازارهای رزرو، تنظیم و یا میان‌روزی انرژی الکتریکی را نیز در کنار بازار روز بعد مورد بررسی قرار دهند. همچنین در این تحقیق مکانیسم پرداخت براساس پیشنهاد مورد بررسی قرار گرفته است، لذا علاقه‌مندان می‌توانند در تحقیقات آتی، مکانیسم پرداخت یکسان را نیز با روش پیشنهاد شده، مورد بررسی قرار دهند.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

ORCID

Mehrnoosh Khaji



<https://orcid.org/0009-0004-5883-3862>

Maghsoud Amiri



<https://orcid.org/0000-0002-0650-2584>

Mohammad Taghi Taghavifard



<https://orcid.org/0000-0002-4212-2079>

منابع

- آیین، مرتضی. (۱۳۹۳). تصمیم‌گیری تولیدکنندگان انرژی در حضور عدم قطعیت بازارهای برق. رساله دکتری، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته.
- پرورش، مهدی و محتوی‌پور، سیدسعید. (۱۳۹۵). یک استراتژی جدید به منظور پیشنهاد بهینه قیمت برق برای شرکت‌های تولیدکننده، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان.
- جلیوندنژاد، امیر. (۱۳۹۵). ارائه مدل استوار برای مدیریت فروش برق در بازار رقابتی. رساله دکتری، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.
- دهقان، احسان. (۱۳۹۹). ارائه یک مدل ریاضی در برنامه‌ریزی تولید و مسیریابی حمل و نقل یکپارچه در زنجیره تأمین حلقه بسته با در نظر گرفتن عدم قطعیت. رساله دکتری، دانشگاه سمنان.
- راعی، رضا و کرمی، حسین. (۱۳۹۳). بررسی پتانسیل‌های بالقوه بورس انرژی در اجرای سیاست‌های اقتصاد مقاومتی و شفافیت اطلاعات بازار سرمایه. دانش سرمایه‌گذاری، ۴(۱۳)، ۱۶۷-۱۹۴.
- رجبی، عباس. (۱۳۹۸). تحلیلی بر وضعیت معاملات بخش برق در بورس انرژی کشور. معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن.
- رحیمی، سلمان. (۱۳۹۵). مدل‌سازی و پیش‌بینی کوتاه‌مدت قیمت برق در بازار ایران به کمک ترکیب شبکه‌های عصبی-فازی با الگوریتم بهینه ازدحام ذرات. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی.
- کازرونی، علیرضا، کیانی، پویان و مظفری، زانا. (۱۳۹۵). برآورد نرخ بهره در ایران با استفاده از منطق فازی. دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، ۹(۳۰)، ۷۷-۹۳.
- کیانوند، مهران و فرزین‌وش، اسدالله. (۱۳۹۴). اثر مبادلات قراردادهای سلف برق در بورس انرژی بر نوسانات قیمت نقدی بازار برق ایران. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۴(۱۶)، ۱۸۱-۲۰۷.

<https://doi.org/10.22054/jiee.2015.1897>

مشهور، الهه. مقدس تفرشی، مسعود. رحیم زاده، سجاد. (۱۳۸۸). تجدید ساختار و اصول کلی قیمت گذاری برق در محیط رقابتی. انتشارات دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

مشیری، سعید، مروت، حبیب، فلاحی، فرهاد، اصغری اسکوئی، محمدرضا و دوستی زاده، میثم. (۱۳۹۸). بررسی آثار سیاست‌های افزایش رقابت در بخش عمده‌فروشی برق بر قیمت و ترکیب نیروگاه‌های تولید برق ایران (رهیافت اقتصاد محاسباتی مبتنی بر عامل). *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۲۴(۸۱)، ۱-۴۲. <https://doi.org/10.22054/ijer.2019.11685>

نظری فارسانی، وحید. (۱۳۹۸). *ارائه یک روش جدید پیش‌بینی بازه‌ای قیمت برق مبتنی بر یادگیری عمیق*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

References

- Aien, M., Rashidinejad, M., Fotuhi-Firuzabad, M. (2015). GENCO's decision making considering power market uncertainties, Graduate University of Advanced Technology, Energy Department, kerman. [In Persian]
- Dehghan, E. (2021). *A mathematical model for integrated production and transport routing planning of closed-loop supply chains under uncertainty*, the Ph.D. degree Graduate, Semnan University, Semnan, Iran. [In Persian]
- Esmaeily, A., Ahmadi, A., Raeisi, F., Ahmadi, M. R., Nezhad, A. E., & Janghorbani, M. (2017). Evaluating the effectiveness of mixed-integer linear programming for day-ahead hydro-thermal self-scheduling considering price uncertainty and forced outage rate. *Energy*, 122, 182-193. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.01.089>
- Goroohi Sardou, I., & Ansari, M. (2020). Risk-constrained self-scheduling of a generation company considering natural gas flexibilities for wind energy integration. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 12(1), 1-14. <https://doi.org/10.1063/1.5119863>
- Itaba, S., & Mori, H. (2017). A fuzzy-preconditioned GRBFN model for electricity price forecasting. *Procedia computer science*, 114, 441-448. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.09.010>
- Jabari, F., Mohammadi-ivatloo, B., & Mohammadpourfard, M. (2019). Robust optimal self-scheduling of potable water and power producers under uncertain electricity prices. *Applied Thermal Engineering*, 162, 114258. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114258>
- Jalilvand Nejad, A. (2016). *Developing a robust model to manage power selling in the competitive market*, the Ph.D. degree Graduate, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran. [In Persian]
- Jiao, P. H., Chen, J. J., Qi, B. X., Zhao, Y. L., & Peng, K. (2019). Electricity price driven active distribution network planning considering uncertain wind power and electricity price. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 107, 422-437. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.12.005>
- Kazerooni, A., Kiyani, P., & Mozaffari, Z. (2016). Determination of interest rate in Iran by using Fuzzy logic method. *Financial Knowledge of Securities Analysis*, 9(30), 77-93. [In Persian]

- Khaloie, H., Abdollahi, A., Rashidinejad, M., & Siano, P. (2019). Risk-based probabilistic-possibilistic self-scheduling considering high-impact low-probability events uncertainty. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 110, 598-612. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.03.021>
- Khorasani, J., Monabbati, E., & Rajabi Mashhadi, H. (2018). Designing an optimal linear bid function in a pay-as-bid electricity market. *International Journal of Industrial Electronics Control and Optimization*, 1(2), 133-142. <https://doi.org/10.22111/ieco.2018.24410.1025>
- Kianvand, M., & Farzinvash, A. (2015). The effect of electricity forward contracts trading in the energy exchange on the volatility of spot prices in Iran electricity market. *Iranian Energy Economics*, 4(16), 181-207. (In Persian) <https://doi.org/10.22054/iee.2015.1897>
- Mashhour, E. Tafreshi, M. MRahim zadeh, S. (2009). Restructuring and general principles of electricity pricing in a competitive environment. K. N Toosi University Publications
- Mazzi, N., Kazempour, J., & Pinson, P. (2017). Price-taker offering strategy in electricity pay-as-bid markets. *IEEE Transactions on Power Systems*, 33(2), 2175-2183. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2017.2737322>
- Moshiri, S., Morovat, H., Fallahi, F., Asghari Oskoei, M. R., & Doustizadeh, M. (2019). The effects of electricity market reform on electricity prices and the power plants' technology mix: an agent-based modelling approach. *Iranian Journal of Economic Research*, 24(81), 1-42. [In Persian] <https://doi.org/10.22054/ijer.2019.11685>
- Najafi, A., Pourakbari-Kasmaei, M., Jasinski, M., Lehtonen, M., & Leonowicz, Z. (2022). A medium-term hybrid IGDT-Robust optimization model for optimal self scheduling of multi-carrier energy systems. *Energy*, 238, 121661. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121661>
- Nazari Farsani, V. & Sheikh-El-Eslami, M.K. (2019). *A new approach for interval forecasting of electricity price based on deep learning*, the Degree of Master Graduate Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. [In Persian]
- Nojavan, S., Nourollahi, R., Pashaei-Didani, H., & Zare, K. (2019). Uncertainty-based electricity procurement by retailer using robust optimization approach in the presence of demand response exchange. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 105, 237-248. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.08.041>
- Nojavan, S., & Zare, K. (2018a). Interval optimization-based performance of photovoltaic/wind/FC/electrolyzer/electric vehicles in energy price determination for customers by electricity retailer. *Solar Energy*, 171, 580-592. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.07.004>
- Nojavan, S., & Zare, K. (2018b). Optimal energy pricing for consumers by electricity retailer. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 102, 401-412. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.05.013>
- Nojavan, S., Zare, K., & Mohammadi-Ivatloo, B. (2017). Robust bidding and offering strategies of electricity retailer under multi-tariff pricing. *Energy Economics*, 68, 359-372. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.10.027>

- Parvaresh, M., Mohtavi Pour, S.S. (2017). *A new optimal bidding strategy for generation compahies (GENCOS)*, the Degree of Master University of Guilan, Guilan, Iran. [In Persian]
- Raei, R. & Karami, H. (2014). Examining the potential of the energy exchange in performance resistive economic policies and transparency in capital market information. *Journal of Investment Knowledge*, 4(13), 167-194. [In Persian]
- Rahimi, S., Nazemi, A. & Mamipour, S. (2017). *Modeling and forecasting short-term electricity prices in the Iranian market by using a combination of neural network-fuzzy with particle swarm optimization algorithm*, the Degree of Master Graduate, University of kharazmi, Tehran, Iran. [In Persian]
- Rajabi, A. (2019). An analysis of the trading situation of the electricity sector in the country's energy exchange. Vice President of Infrastructure Research and Production Affairs, Office of Energy, Industry and Mining Studies.
- Rajabi Mashhadi, H. & Khorasani, J. (2013). Price-takers' bidding strategies in joint energy and spinning reserve pay-as-bid markets. *In Iranian Journal of Electrical & Electronic Engineering*, 9(1). 36-43. <https://doi.org/20.1001.1.17352827.2013.9.1.1.0>
- Vatani, B., Chowdhury, B., Dehghan, S. & Amjady, N. (2018). A critical review of robust self-scheduling for generation companies under electricity price uncertainty. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 97, 428-439. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2017.10.035>
- Yazdaninejad, M., & Amjady, N. (2017). Risk-minimizing stochastic self-scheduling model for microgrid in day-ahead electricity market. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 27(5). 1-18. <https://doi.org/10.1002/etep.2302>
- Yazdaninejad, M., Amjady, N. & Dehghan, S. (2020). VPP self-scheduling strategy using multi-horizon IGDT, enhanced normalized normal constraint, and bi-directional decision-making approach. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 11(4), 3632-3645. <https://doi.org/10.1109/TSG.2019.2962968>

استناد به این مقاله: خاجی، مهرانوش، امیری، مقصود و تقوی فرد، محمدتقی. (۱۴۰۲). پیشنهاددهی همزمان در بازارهای رقابتی برق و بورس انرژی برای یک نیروگاه حرارتی براساس ارزش فعلی خالص سود. پژوهش‌های اقتصادی / ایران، ۲۸(۹۷)، ۱۹۱-۲۳۸.



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

پیوست

حراج در بازار برق

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، در صنعت برق یکی از اهداف تجدید ساختار، استفاده از مکانیزم‌های بازار و ایجاد رقابت در جهت افزایش کارایی اقتصادی است. یک بازار مطلوب، بازاری است که در آن رقابت کامل باشد و در آن قیمت‌ها براساس عرضه و تقاضا تعیین شود. به‌طور معمول، بازارهای واقعی، بازار رقابت کامل نیستند ولی به هر حال در آن‌ها هم ارتباط بین عرضه و تقاضا نقش مهمی در تعیین قیمت‌ها دارد. حراج مکانیزمی است برای تعیین قیمت که در آن دو بخش فعال وجود دارد: متصدی حراج و پیشنهاددهندگان حراج. در حراج فروش، فروشنده متصدی حراج است و خریداران پیشنهاد قیمت می‌دهند. در حراج خرید، خریدار متصدی حراج است و فروشندگان، پیشنهاددهنده قیمت هستند. در حراج‌های دوطرفه، فروشندگان و خریداران هر دو، پیشنهاددهنده قیمت هستند و نهاد سومی به عنوان واسطه، متصدی حراج خواهد بود. (مشهور و همکاران، ۱۳۸۸)

با توجه به مدل‌های چهارگانه صنعت برق در بازارهای برق حراج‌های یک‌طرفه و دوطرفه وجود دارند. برای مثال در مدل آژانس خرید، حراج یک‌طرفه و در مدل رقابت عمده‌فروشی، حراج دوطرفه است و در مدل رقابت خرده‌فروشی حراج‌های یک‌طرفه و دوطرفه وجود دارد. از دلایل استفاده از مکانیزم حراج می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. پایش قیمت: در بسیاری مواقع، فروشندگان یا خریداران، ارزش یک خدمت یا یک کالا و قیمتی که باید خریده یا فروخته شود را نمی‌دانند. یک حراج وسیله آزمایش بازار برای تعیین قیمت‌های رایج در بازار است.
۲. تعیین برنده: فرایند حراج تعیین می‌کند چه کسی برنده حراج است و می‌تواند کالا یا خدمت مورد نظر را بخرد یا بفروشد.
۳. تعیین مکانیزم پرداخت: میزان پرداختی برنده در فرایند حراج تعیین می‌شود. قوانین حراج به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که از معاملات خاص بین خریداران و فروشندگان معین پیشگیری کرده و همچنین نگذارند برخی بازیگران کنترل بازار را به‌دست گیرند.

قیمت تسویه بازار

در یک بازار رقابتی انرژی، مشابه هر بازار رقابتی دیگر، تعیین قیمت تابع قواعد علم اقتصاد است. در بازارهای برق، حراج می‌تواند با چندین قیمت متمایز یا یک قیمت یکسان انجام شود. در یک حراج رقابتی انرژی، صرف نظر از این که از یک قیمت ثابت یا از چندین قیمت متمایز استفاده شود، بهایی که خریدار می‌پردازد و همچنین بهایی که فروشنده دریافت می‌کند تابع یک اصل اساسی اقتصاد است. بدین شکل که ارزش گذاری محصول از دید تمام خریداران برنده برابر یا بیشتر از قیمت و همچنین هزینه‌های تولید تمام فروشندگان برنده هم کمتر یا مساوی قیمت است. به بیان دیگر، خریدارانی که ارزیابی آنها از ارزش محصول کمتر از قیمت باشد، محصول را نمی‌خرند (خریداران بازنده) و فروشندگانی که هزینه تولید محصولشان بیشتر از قیمت باشد، موفق به عرضه محصول خود نمی‌شوند (فروشندگان بازنده).

در اصطلاح صنعت برق، قیمتی که کل تقاضای خریداران برنده را تأمین کند و کل هزینه‌های فروشندگان برنده را بپوشاند، قیمت تسویه بازار نامیده می‌شود. در این قیمت، کل تقاضا یعنی مجموع تقاضاهای خریداران منفرد و کل عرضه یعنی مجموع عرضه فروشندگان منفرد، برابر است که به این امر در اصطلاح اقتصادی تعادل بازار گفته می‌شود و از تطابق منحنی‌های عرضه و تقاضا حاصل می‌شود. در بازارهای یک‌طرفه که به اصطلاح مدل تک‌خریدار نامیده می‌شود، پیشنهادهای سمت تقاضا وجود ندارد و میزان تقاضا را با استفاده از الگوریتم‌های پیش‌بینی بار تعیین می‌کنند. در بازارهای یک‌طرفه، واحدهای تولیدی برای تأمین تقاضای پیش‌بینی شده با در نظر گرفتن قیمت‌ها و ظرفیت پیشنهادی‌شان انتخاب و زمان‌بندی می‌شوند (مشهور و همکاران، ۱۳۸۸)

تولیدکنندگان قیمت‌ساز^۱ و قیمت‌پذیر^۲

در بازارهای تجدیدساختاریافته، تولیدکنندگان برق تحت دو عنوان قیمت‌ساز و قیمت‌پذیر دسته‌بندی می‌شوند. تولیدکنندگان قیمت‌ساز شامل تولیدکنندگانی می‌شود که میزان مشارکت و قیمت ارائه شده از طرف آنها به بازار در تعیین قیمت تسویه بازار نقش دارد و

-
1. Price Maker
 2. Price Taker

تولیدکنندگان قیمت‌پذیر شامل تولیدکنندگان می‌شود که میزان مشارکت و قیمت ارائه شده خود، نقشی در قیمت تسویه بازار ندارد. به‌طور معمول، زمانی تولیدکنندگان نقش مؤثری در تعیین قیمت تسویه خواهند داشت که رقبای زیادی در بازار نداشته باشند و سهم قابل توجهی از انرژی بازار توسط آنها تأمین گردد، به‌طوری که حجم و قیمت ارائه شده از طرف آنها در شکل‌گیری تعادل بین عرضه و تقاضا مؤثر باشد. بنابراین دیگر نمی‌توان قیمت تسویه بازار را در رفتار تولیدکننده قیمت‌ساز به عنوان عامل مستقل مورد بررسی قرار داد، زیرا که مقدار آن متأثر از تصمیم تولیدکننده خواهد بود. از این رو برنامه‌ریزی و ارائه پیشنهاد برای تولیدکنندگان قیمت‌ساز برخلاف تولیدکنندگان قیمت‌پذیر، نمی‌تواند مبتنی بر پیش‌بینی قیمت تسویه بازار باشد. بدین جهت لازم است عوامل تأثیرگذار بر قیمت تسویه یعنی پیشنهادهای رقبا و محدودیت‌های مؤثر بر قیمت همچون خصوصیات شبکه انتقال به‌طور مشخص مورد توجه و بررسی قرار گیرد. مهم‌ترین عامل ورود عدم قطعیت به این دسته از مسائل، بهینه‌سازی عدم وجود اطلاعات دقیق در خصوص رقبا به‌ویژه پیشنهادهای ارائه شده از طرف آنهاست. همچنین عوامل پیش‌بینی نشده در ساختار شبکه همچون قطعی خطوط یا خروج واحدهای دیگر از شبکه و نقش آن در توزیع بار، مواردی هستند که مسأله استراتژی پیشنهاددهی برای تولیدکننده قیمت‌ساز را بیشتر دستخوش عوامل غیرقطعی می‌نمایند.




The Impact of Banking Crisis on the Income Distribution of Different Income Classes

Zahra Sheikhalizadeh 

M.A. Student in Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Jafar Haghghat* 

Professor of Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Zahra Karimi Takanlou 

Associate Professor of Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Seyed Saleh Akbar Mousavi 

Assistant Professor, Institute for Trade Studies and Research, Tehran, Iran

Abstract

The present study aimed to explore the impact of banking crisis on income distribution among various income classes in 60 world countries during 1990–2020. In this line, the Generalized Method of Moments (GMM) was used to estimate the six models with different dependent variables that depicted income percentiles for the wealthy, middle, and poor classes. The findings indicated that during a banking crisis, the income share of the wealthy class decreases, while the middle class and the bottom 20% experience an increase in their income share. Consequently, banking crisis could contribute to income equality in the countries under study. In addition to the variable of banking crisis, other variables such as financial development and financial openness could lead to income inequality, while the variables like the ratio of public expenditure to GDP, trade openness, GDP, and GDP squared would cause income distribution equality in the countries. The results suggest that governments support lower-income percentiles through subsidies, support packages, more job opportunities, and provision of low-interest loans, in a bid to mitigate the detrimental effects of banking crisis and reduce income inequality. Furthermore, governments should levy taxes, such as capital gains tax, on higher-income percentiles.

* Corresponding Author: jhaghghat79@gmail.com

How to Cite: Sheikhalizadeh, Z., Haghghat, J., Karimi Takanlou, Z., & Akbar Mousavi, S. S. (2024). The Impact of Banking Crisis on the Income Distribution of Different Income Classes. *Iranian Journal of Economic Research*, 28(97), 239-278.

1. Introduction

The literature offers various definitions for banking crisis. For instance, Liana et al. (2015) define banking crisis as the occurrence of simultaneous bankruptcies within the banking sector, resulting in substantial damage to the capital of the entire banking system, significant economic repercussions, and government intervention. According to Laeven and Valencia (2020), banking crisis occurs when two conditions are met: 1) “significant signs of financial distress within the banking system (indicated by significant bank runs, losses in the banking sector, and/or bank liquidations)” and 2) “significant intervention measures in banking policy in response to significant losses in the banking system.” The year in which both criteria are met is the year when crisis becomes systemic. Banking crisis exerts a myriad of effects, with one notable consequence being the issue of income inequality. There are two points of debate in this respect: the impact of banking crisis on income inequality and the reciprocal influence of income inequality on banking crisis. This research focused on the former. There are various channels through which banking crisis can adversely impact households and their income, including:

- (a) Loss of deposits in a failed banking institution
- (b) Loss of employment or earnings directly due to (i) disruption of the payments process, (ii) the bankruptcy of financial institutions (for employees and other stakeholders of these institutions) or (iii) the interruption of credit flows (for borrowing clients with information capital invested in the failed financial institutions)
- (c) Tax increases or curtailment of public spending due to fiscal cost of bail-outs of financial firms or their customers
- (d) Temporary or permanent changes in relative prices of (i) consumption goods, (ii) wage rates, (iii) production goods (iv) asset prices, that arise through knock-on effects on the rest of the economy
- (e) Involuntary unemployment if the crisis leads to a generalized economic downturn. (Honohan, 2005, pp. 6–7)

In this context, the present study tried to answer the following questions: How does a banking crisis influence the income distribution of households and contribute to income inequality? Is the presumed impact the same across different income classes (i.e., wealthy, middle, and poor)?

2. Materials and Methods

In line with El Herradi and Leroy (2022), the present study used the following economic model:

$$y_{p,i,t} = \beta BCrisis_{i,t} + \sum_{j=1}^l \lambda_j y_{i,t-j} + kx_{i,t-1} + \alpha_i + \mu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

In the model, $y_{p,i,t}$ refers to the income share of six different percentiles (p) including Top1%, Top10%, Top20%, Middle-class (21–79 percentile), Bottom20% and Bottom10% in the country i at the time t . $BCrisis_{i,t}$ is a dummy variable of the banking crisis (1 if a country i faces a banking crisis, otherwise 0). $y_{i,t-j}$ indicates the dependent variable of income distribution, with two lags to show the dynamics of the model. Finally, $x_{i,t-1}$ is a vector of lagged control variables, including GDP and GDP squared, financial development, trade openness, financial openness, the ratio of government public expenditures to GDP and political governance. Also, α_i , μ_t and $\varepsilon_{i,t}$ refer to country fixed effects, time fixed effects and an error term, respectively. β , λ_j and k are model coefficients. The study sample comprised 60 countries worldwide, with annual data spanning the years 1990 to 2020.

3. Results and Discussion

The occurrence of a banking crisis is linked to significant yet varied effects across the income distribution. Consequently, during a banking crisis, the income shares of the top 1%, top 10%, top 20%, and bottom 10% experienced a decrease. Moreover, a banking crisis resulted in an increase in the income share of the middle-class population (21–79 percentiles) as well as the bottom 20% of individuals. Notably, the rise in the middle class was more substantial. Conversely, the lowest income group (the bottom 10%) exhibited a negative correlation between banking crisis and income share, mirroring the trend observed in the upper percentiles. However, the reduction in the income shares of the lowest income group (the bottom 10%) is considerably less than the losses suffered by higher income groups. According to the findings, the adverse impacts of banking crisis are more pronounced at the right end of income distribution. Therefore, the crisis could contribute to a reduction in income inequality.

4. Conclusion

The findings indicated that a banking crisis adversely affects the income shares of the top 1%, top 10%, and top 20%. In simpler terms, a banking crisis diminishes the income share of these groups in the overall income of society. Notably, the reduction in the income shares of the top 10% (-0.426) is more pronounced compared to the top 1% and top 20%

percentiles. Conversely, a banking crisis can increase the income share of the middle class (21–79 percentiles) and of the bottom 20% (i.e., the poor class), with a particularly substantial increase observed in the middle class. Turning to the lowest income group (the bottom 10%), a negative correlation exists between banking crisis and income share. Despite facing a decrease in income similar to the top income percentiles, the decline in their income share is considerably less than the losses experienced by the wealthy percentiles.

In summary, a banking crisis could diminish the income share of the wealthy class and increase the income share of the middle and lower classes, contributing to a reduction in income inequality in the studied countries. Consequently, to mitigate the adverse effects of a banking crisis, governments can provide support to low-income percentiles through subsidies, support packages, more job opportunities, and low-interest loans. Additionally, taxes on high-income percentiles, such as capital gains tax, can be helpful. The measures can ultimately lead to a reduction in the income share of the wealthy percentiles and an increase in the share of the lower percentiles, improving income distribution and reducing income inequality.

Keywords: Income Inequality, Banking Crisis, Income Distribution, GMM Model

JEL Classification: C33, D31, D63, G01.



تأثیر بحران بانکی بر توزیع درآمد طبقات مختلف درآمدی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، رشته اقتصاد، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

زهرا شیخعلی زاده ^{id}

استاد، گروه اقتصاد، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

جعفر حقیقت* ^{id}

دانشیار، گروه اقتصاد، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

زهرا کریمی تکانلو ^{id}

استادیار، مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، تهران، ایران

سید صالح اکبر موسوی ^{id}

چکیده

هدف مطالعه حاضر، بررسی اثر بحران‌های بانکی بر توزیع درآمد طبقات مختلف درآمدی طی دوره زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۰ برای ۶۰ کشور منتخب جهان است. بدین منظور، ۶ مدل با متغیرهای وابسته مختلف که صدک‌های درآمدی مربوط به طبقات ثروتمند، متوسط و فقیر را نشان می‌دهند، با استفاده از مدل‌سازی پانل GMM تخمین زده شد. نتایج نشان داد که با وقوع بحران بانکی سهم درآمد طبقات ثروتمند کاهش و سهم درآمد طبقه متوسط و ۲۰ درصد پایین افزایش یافته است. بنابراین وقوع بحران بانکی منجر به برابری درآمد در کشورهای مورد مطالعه شده است. علاوه بر متغیر بحران بانکی، متغیرهای توسعه مالی و باز بودن مالی منجر به نابرابری درآمدی و متغیرهای مخارج عمومی به GDP، باز بودن تجاری، تولید ناخالص داخلی و مجذور آن، باعث برابری توزیع درآمد در این کشورها شده است. با توجه به نتایج تحقیق، توصیه می‌شود برای مدیریت اثرات سوء بحران بانکی و کاهش نابرابری درآمد، دولت‌ها از طریق ارائه یارانه و بسته‌های حمایتی، تسهیل اشتغال و اعطای وام کم‌بهره از صدک‌های پایین درآمدی حمایت کنند. همچنین از صدک‌های بالای درآمدی نیز مالیاتی‌هایی نظیر مالیات بر عایدی سرمایه اخذ کنند.

کلیدواژه‌ها: نابرابری درآمد، بحران بانکی، توزیع درآمد، مدل پانل گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) طبقه‌بندی JEL: C33, D31, D63, G01.

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته اقتصاد دانشگاه تبریز است.

* نویسنده مسئول: jhaghighat79@gmail.com

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، بحران‌های مالی متعددی به وقوع پیوسته است. در بین بحران‌های مالی، بحران‌های ارزی و بانکی بیشتر از بقیه مورد توجه پژوهشگران بوده؛ به طوری که تعاریف مختلفی از بحران بانکی در ادبیات موضوع مطرح شده است. به عنوان مثال، کنوتسن و شوگرن^۱ (۲۰۰۹) معتقدند بحران بانکی وضعیتی است که در آن بیش از نیمی از سرمایه بانکی از دست می‌رود. همچنین لاینا و همکاران^۲ (۲۰۱۵) بحران بانکی را به عنوان وقوع ورشکستگی‌های همزمان در بخش بانکی تعریف کردند که به طور قابل توجهی به سرمایه کل سیستم بانکی آسیب رسانده و عمدتاً منجر به اثرات اقتصادی بزرگ و مداخله دولت می‌شود. براساس تعریف ارائه شده در مطالعه لیون و والنسیا^۳ (۲۰۲۰) نیز، بحران بانکی زمانی اتفاق می‌افتد که دو شرط (۱) علائم قابل توجه آشفتگی مالی در سیستم بانکی (با زیان در سیستم بانکی یا انحلال بانکی نشان داده می‌شود) و (۲) اقدامات مداخله‌گرانه سیاسی قابل توجه در پاسخ به زیان‌های معنی‌دار در سیستم بانکی را دارا باشد. اولین سالی که هر دو معیار با هم محقق شود، بحران بانکی سیستماتیک رخ داده است.

بحران‌های بانکی ممکن است به لحاظ شدت وقوع، پیامدهای متفاوتی داشته باشند که یکی از آن‌ها، تغییر در توزیع درآمد یا به عبارت دیگر، نابرابری درآمدی است. در این بین، کانال‌هایی که از طریق آن‌ها بحران بانکی می‌تواند بر خانوارها و درآمدشان تأثیر منفی بگذارد، عبارتند از: (۱) از دست دادن سپرده در یک مؤسسه بانکی ورشکسته (۲) از دست دادن شغل یا درآمد به دلیل اختلال در فرآیند پرداخت، ورشکستگی مؤسسات مالی (برای کارکنان و سایر ذینفعان مؤسسات) یا قطع جریان‌های اعتباری (برای مشتریان وام‌گیرنده در مؤسسات مالی ورشکسته) (۳) افزایش مالیات یا کاهش هزینه‌های عمومی به دلیل هزینه مالی وثیقه شرکت‌های مالی یا مشتریان آن‌ها (۴) تغییرات موقت یا دائمی در قیمت‌های نسبی کالاهای مصرفی، نرخ دستمزد، کالاهای تولیدی و قیمت‌های دارایی که از اثرات سرریز بر سایر بخش‌های اقتصادی ناشی می‌شود (۵) بیکاری غیرارادی در صورتی که بحران منجر به رکود اقتصادی عمومی شود (Honohan, 2005).

1. Knutsen, S. & Sjögren, H.

2. Lainà, P., et al.

3. Laeven, L. & Valencia, F.

از هر کدام از کانال‌های فوق که بحران بانکی منجر به تغییر در توزیع درآمد و سپس نابرابری درآمدی شود، می‌تواند بر درآمد ناخالص فردی، مجموع درآمد ناخالص خانوار، کل درآمد ناخالص خانوار، کل درآمد خانوار، کل مصرف صورت گرفته توسط خانوار، ارزش خالص دارایی‌های مالی و وضعیت اقتصادی مادام‌العمر افراد اثرگذار باشد. لازم به ذکر است که برخی از تغییرات نسبی قیمت و برخی تغییرات در سیاست مالی ناشی از بحران مالی می‌تواند به نفع برخی خانوارها نیز باشد. بدین صورت که ممکن است برنامه‌ای به شکل جبران یا اعانه اتخاذ شود که مزایای قابل توجهی را برای خانواده‌های بدهکار به همراه داشته باشد.

همچنین بحران بانکی می‌تواند وضعیت درآمدی افرادی که درآمد بالا دارند و درآمد آن‌ها به چرخه‌های تجاری وابسته است و همچنین افراد کم‌درآمد که در زمان وقوع بحران شغل خود را از دست می‌دهند، را دچار مشکل کند. به بیان دیگر، بحران‌های بانکی به‌طور سیستماتیک می‌توانند سهم درآمد خانوارهای ثروتمند را (از کل درآمد افراد جامعه) کاهش داده و بر سهم درآمد خانوارهای طبقه متوسط اثر مثبت بگذارند؛ به‌طوری‌که، این امکان وجود دارد که خانوارهای با درآمد بالا در زمان وقوع بحران بانکی نسبت به چند سال قبل از وقوع، سهم بیشتری از کاهش در درآمد را به خود اختصاص دهند؛ درحالی‌که درآمد خانوارهای طبقه متوسط و کم درآمد در طی بحران، به نسبت کمتر کاهش یابد.

در ایران نیز از اواخر دهه ۸۰ شمسی مشخص شد که وضعیت نظام بانکی بر مبنای شاخص‌های گوناگون مناسب نیست. در دهه ۹۰ ناترازی منابع و مصارف به طرز بی‌سابقه‌ای گسترش یافت؛ اما به دلایل سیاسی و ساختار نظام بانکداری مرکزی، بانک‌ها ناترازی خود را به ترازنامه بانک مرکزی منتقل کردند که به شکل بدهی بی‌سابقه بانک‌ها به بانک مرکزی وارد پایه پولی شد و نقدینگی فراوانی را تولید کرد و با شوک عرضه در نتیجه تحریم‌ها، پیامد آن به شکل تورم‌های سطح بالا به خانوارها منتقل شد و در این بین، خانوارهای فقیر آسیب جدی دیدند.

در همین راستا، سؤالاتی که ممکن است در این زمینه مطرح شود، این است که چگونه بحران بانکی بر توزیع درآمد خانوارها مؤثر بوده و باعث ایجاد نابرابری در درآمد می‌شود؟ در صورت اثرگذاری بحران، آیا تأثیر آن در طبقات مختلف درآمدی (خانوارهای ثروتمند، متوسط و فقیر) به یک اندازه است؟ برای پاسخ‌گویی به سؤالات فوق و سؤالات مشابه آن،

پژوهش حاضر در نظر دارد به بررسی تأثیر بحران بانکی بر توزیع درآمد طبقات مختلف درآمدی در ۶۰ کشور منتخب دنیا، طی دوره زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۰ پردازد. تحقیق حاضر در شش بخش سازماندهی شده است. بعد از بیان مسئله در بخش مقدمه، در بخش دوم مبانی نظری بحث شده است. در همین راستا، دو دیدگاه مختلف در خصوص ارتباط بحران بانکی و نابرابری درآمدی بررسی شده است. در بخش بعدی، مطالعات تجربی خارجی و داخلی انجام شده در این حوزه مرور می‌شوند. بخش چهارم به روش‌شناسی تحقیق اختصاص یافته است. در ادامه، یافته‌های تحقیق شامل نتایج برآورد مدل و آزمون‌های مربوطه، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. در نهایت، در بخش ششم و پایانی، به نتایج مهم تحقیق اشاره می‌شود.

۲. مبانی نظری

مطالعات در خصوص بحران‌های بانکی نشان می‌دهد که عوامل متعددی بر وقوع آنها مؤثر بوده و برخی عوامل نیز از آنها متأثر هستند.^۱ به عنوان مثال، نابرابری درآمد از جمله عواملی است که می‌تواند یک ارتباط دوسویه با بحران بانکی داشته باشد؛ به طوری که هم به عنوان یکی از پیامدهای بحران بانکی تلقی شود و هم نابرابری درآمد منجر به وقوع بحران بانکی شود. در همین راستا، وجود رابطه علی بین وقوع بحران‌ها و افزایش نابرابری درآمد، سال‌ها است که ذهن اقتصاددانان را به خود مشغول ساخته است. هر دو موج اولیه بحران‌های مالی در دهه ۱۹۷۰ و بحران مالی جهانی اخیر (GFC^۲)، جرقه‌ای از ادبیات موضوع را در مورد تأثیر این دو بر هم برانگیخت. بر این اساس، دو دیدگاه زیر در ادبیات موضوع مطرح است:

۱) دیدگاه اول: بیانگر اثر بحران‌های بانکی روی نابرابری درآمد است.

بحران بانکی ممکن است از کانال‌های متفاوتی بر نابرابری درآمد مؤثر باشد. به عنوان مثال، بحران بانکی می‌تواند از طریق تغییرات در قیمت‌های نسبی، منجر به تغییر در هزینه‌های خانوارها شده و از این طریق، سطح و کیفیت زندگی آنها را دچار تغییر کند. در همین راستا،

۱. به عنوان مثال، زیان در تولید کشورها یکی از پیامدهای وقوع بحران بانکی است. برای آشنایی با انواع زیان‌های تولید ناشی از بحران بانکی، به اکبر موسوی و سلمانی (۱۴۰۱) رجوع کنید.

2. Global Finance Crisis (GFC)

می‌توان به مطالعه فرانکنبرگ و همکاران^۱ (۱۹۹۹) در رابطه با بحران اندونزی در اواخر دهه ۱۹۹۰، اشاره کرد. محققین در این مطالعه براساس تجزیه و تحلیل صورت گرفته از نظرسنجی‌هایی که در سطح خانوار قبل، حین و بعد از بحران انجام شده بود، به صورت گرافیکی نشان دادند که چگونه استانداردهای زندگی به طور کلی بعد از بحران کاهش یافته است. اما درباره اثرات نسبی، وضعیت پیچیده‌تر بوده است. همچنین براساس شاخص‌های محاسبه شده، با وجود اینکه نرخ فقر مطلق از ۱۵ درصد جمعیت به ۳۳ درصد افزایش یافته بود اما توزیع (نسبی) درآمد کمتر دچار نابرابری شده است.

تغییرات عظیم در قیمت‌های نسبی و کیفیت نامناسب خدمات بهداشت عمومی، از عوامل تغییر در فقر و نابرابری است که در داده‌های خانوارهای اندونزی اندازه‌گیری شد. به‌ویژه، قیمت مواد غذایی سریع‌تر و بیشتر از بقیه قیمت‌ها تعدیل شد، به طوری که سایر بحران‌های مالی با این همه آشفتگی کلان اقتصادی و سیاسی، با چنین تغییرات شدید در قیمت‌های نسبی همراه نبوده‌اند. با وجود این، فریرا و همکاران^۲ (۱۹۹۹) به خوبی ثابت کردند که تعدیل‌های کلان اقتصادی می‌تواند با تغییرات نسبی قیمت که به نفع بخش‌های بزرگی از جمعیت فقیر است، مرتبط باشد.

از جمله بحران‌های به وقوع پیوسته در اواخر دهه ۱۹۹۰ که در لیون و والنسیا (۲۰۱۳) نیز به آن‌ها اشاره شده، می‌توان به بحران تکیلا کشور مکزیک (سال ۱۹۹۴) اشاره کرد. در همین راستا، براساس نظرسنجی‌هایی که درخصوص درآمد و هزینه‌های خانوارهای مکزیک در سال‌های ۱۹۹۲، ۱۹۹۴ و ۱۹۹۶ صورت گرفت، بروز فقر بلافاصله پس از وقوع بحران تکیلا، به طور چشم‌گیری افزایش یافت و فقر متوسط (طبق تعریف ملی) از ۳۶ به ۴۸ درصد جمعیت و فقر شدید در دو سال منتهی به ۱۹۹۶ افزایش یافت. با این وجود، دهک‌های پایین‌تر در این نظرسنجی‌ها، بدترین آسیب را تجربه نکرده‌اند. سهم درآمدی دهک بالا، به دلیل افزایش در تمام دهک‌های دیگر (به جزء دهک چهارم)، از ۴۴ به ۴۲ درصد کاهش یافت (Baldacci, et al., 2004).

اما شاید بتوان گفت اصلی‌ترین کانالی که بحران‌های بانکی از طریق آن بر توزیع درآمد خانوارها و در نهایت ایجاد نابرابری تأثیر می‌گذارند، بازار کار است. هنگامی که سیستم

1. Frankenberg, E., et al.

2. Ferreira, F. H., et al.

بانکی تحت فشار زیادی قرار می‌گیرد، در دسترس بودن اعتبار برای بخش شرکتی به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد که به آن تنگنای اعتبار^۱ نیز می‌گویند. در نتیجه تولید و سرمایه‌گذاری کاهش می‌یابد که آن هم منجر به کاهش اشتغال و سطح دستمزد می‌شود (Brown, 2013). ترکیبی از کاهش دستمزد (که بیشتر به خانوارهای با درآمد پایین‌تر صدمه می‌زند)، یا حفظ درآمدهای تجاری، می‌تواند منجر به افزایش نابرابری در دوره‌هایی شود که با بحران‌های بانکی همراه هستند. زیرا این امر شکاف بین خانوارهای کم‌درآمد و با درآمد بالاتر را افزایش می‌دهد (Calvo, 2013).

با وجود این که بحران بانکی بر توزیع درآمد از طریق کاهش اشتغال مؤثر است اما در این بین، مکانیسم‌های اقتصادی درون‌زا برای سازگاری با شوک‌ها، ممکن است از کشوری به کشور دیگر متفاوت باشد. به عنوان مثال، تعدیل بازار کار به دنبال بحران تایلند در اواخر دهه ۱۹۹۰ میلادی، منجر به افزایش قابل توجهی در بیکاری غیرارادی شد اما هیچ کاهش‌ی در نرخ دستمزد واقعی و شواهدی از افزایش اشتغال در بحران اندونزی (که تاحدی همزمان با بحران تایلند بود) وجود نداشت. در نهایت، حتی اگر تأثیر بحران بر قیمت بازار و درآمدها در سراسر جهان یکسان باشد، بسیار بعید به نظر می‌رسد که دولت‌ها توانایی و تمایلی برای حفظ یا بهبود مصونیت در برابر بحران داشته باشند.

همچنین در زمان بحران بانکی، شرکت‌ها و بازارهای مالی نیز درگیر بحران می‌شوند. از این رو، اگر شرکت‌ها و بازارهای مالی برای محدود کردن میزان اهرم قابل استفاده اقدام نکنند، منتهی به حباب‌ها و سقوط‌های بیشتر شده و در نتیجه منجر به نابرابری بیشتری در درآمد و ثروت خواهند شد (Blair, 2010).

سقوط‌های قابل توجه در بازارهای سهام، املاک و مستغلات نیز از رویدادهایی هستند که اغلب به طور موقت با بحران‌های بانکی مرتبط هستند، به طوری که حتی رکود مالی بزرگ اخیر در اوایل قرن بیست و یکم نیز از این قاعده مستثنی نیست. چنین رویدادهایی تا حد زیادی می‌توانند دارایی‌های مالی و واقعی خانوارها و همچنین منابع مختلف درآمد (مانند پرداخت سود سهام، سود سرمایه و طرح‌های پاداش مرتبط با عملکرد بازار سهام) را کاهش دهند. شکست‌های عظیم یا تجدید ساختار مؤسسات مالی می‌تواند اخراج‌ها را در بخش مالی و

سایر بخش‌های اقتصاد افزایش دهد. به‌طور مشابه می‌توان انتظار داشت که با توجه به ساعات کار به ازای هر کارگر و کاهش بهره‌وری، سطح متوسط درآمد کاهش یابد. به عنوان مثال، انتظار می‌رود پاداش و اجزای اختیار سهام حقوق مدیران به دلیل همبستگی بیشتر آن‌ها با عملکرد سهام، کاهش یابد.

۲) دیدگاه دوم تأثیر نابرابری درآمدی بر بحران بانکی را نشان می‌دهد.

فرضیه تأثیر نابرابری درآمدی بر بحران‌های بانکی به‌طور نظری توسط کلاسنس و پروتی^۱ (۲۰۰۷)، راجان^۲ (۲۰۱۰) و کمهوف و رانسییر^۳ (۲۰۱۰) بررسی شد. این محققین پیشنهاد کردند که افزایش نابرابری منجر به رونق اعتبار و در نهایت، منجر به یک بحران مالی در ایالات متحده آمریکا در آغاز قرن ۲۱ام شده است، همان‌طور که در دهه ۱۹۲۰ نیز اتفاق افتاده بود. فرضیه راجان (۲۰۱۰) درخصوص بحران مذکور^۴ این بود که افزایش نابرابری درآمدی در آمریکا، ناشی از دسترسی نابرابر به آموزش باکیفیت، منجر به فشار سیاسی برای اعتبار بیشتر مسکن شد. این فشار، یک خط گسل جدی ایجاد کرد که وام‌دهی در بخش مالی را از حالت طبیعی خارج کرد. به عبارت دیگر، به دنبال افزایش نابرابری درآمدی، دولت آمریکا وام‌های متعددی را برای خرید یا رهن خانه، به خانوارها اعطا کرد. خانوارهای کم‌درآمد نیز که توان بازپرداخت اقساط وام را نداشتند، منجر به انباشته شدن وام‌های غیرقابل وصول در بانک‌های این کشور شدند. این موضوع، نقطه شروع بحران بزرگ جهانی در سال ۲۰۰۸-۲۰۰۷ بوده است.

ادبیات اخیر نشان می‌دهد که افزایش درآمد ممکن است یکی از عوامل ساختاری تعیین‌کننده شروع بحران اخیر بوده باشد. به‌طور خاص اشاره شده است که نابرابری درآمدی ممکن است به موارد زیر منجر شود:

(۱) کاهش تقاضای کل و در نتیجه کاهش عملکرد اقتصادی در اقتصاد

1. Claessens, S. & Perotti, E.
2. Rajan, R.
3. Kumhof, M. & Rancière, R.

۴. اشاره به بحران بزرگ مالی جهان دارد.

۲) افزایش تقاضای اعتبار افراد کم‌درآمدتر به منظور همگامی با استانداردهای رو به رشد زندگی

۳) افزایش عرضه وجوه موجود در اقتصاد، به دنبال سرمایه‌گذاری‌های افراد ثروتمند

۴) افزایش عرضه اعتبار از طریق اعمال فشار به وسیله نابرابری برای توزیع مجدد از طریق دسترسی آسان به اعتبار.

استدلال فوق به اشکال مختلف توسط میلانویچ^۱ (۲۰۰۹)، فیتوسی و ساراسنو^۲ (۲۰۱۰)، راجان (۲۰۱۰) و کمهوف و رانسیر (۲۰۱۰) ارائه شده است. به عنوان مثال، فیتوسی و ساراسنو (۲۰۱۰)، این فرضیه (دیدگاه دوم) را با جزئیات بیشتری بررسی نمودند و متوجه شدند که افزایش در نابرابری‌ها بود که تقاضای کل را کاهش داد و سیاست پولی را وادار کرد تا با حفظ سطح پایین نرخ بهره واکنش نشان دهد که این موضوع خود موجب شد بدهی خصوصی فراتر از سطوح پایدار افزایش پیدا کند. از طرف دیگر، جست‌وجوی سرمایه‌گذاری با بازده بالا توسط کسانی که از افزایش نابرابری سود می‌برند، منجر به ظهور حباب‌ها شد. ثروت خالص بیش از حد ارزش‌گذاری شده و قیمت‌های بالای دارایی‌ها، این تصور نادرست را ایجاد کرد که سطوح بالای بدهی پایدار است. درحالی‌که بحران زمانی که حباب‌ها از بین رفت و ثروت خالص به سطح عادی بازگشت، خود را نشان داد.

از سوی دیگر، نابرابری درآمد ممکن است منجر به یک بحران بانکی بدون رونق اعتباری شود. این حالت از چندین مسیر ممکن است اتفاق بیفتد. به عنوان مثال، مقررات‌زدایی مالی نه تنها ممکن است با افزایش اعتبار بیش از حد، باعث ایجاد بحران‌های مالی شود بلکه ممکن است حتی زمانی که رشد اعتبار پایدار است، منجر به وقوع بحران شود. اما نتایج مطالعه بوردو و مایسنر^۳ (۲۰۱۲) نشان داد که بین نابرابری درآمد و رونق اعتباری رابطه معنی‌داری وجود ندارد. محققین در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که رونق اعتبار، احتمال وقوع بحران بانکی را افزایش می‌دهد. اما در این بین، دلایلی که نشان دهد نابرابری درآمدی منجر به رونق اعتبار شده و آن هم به نوبه خود، احتمال وقوع بحران بانکی را تشدید کرده، پیدا نکردند.

1. Milanovic, B.

2. Fitoussi, J. P. & Saraceno, F.

3. Bordo, M. D. & Meissner, C. M

استوکهامر^۱ (۲۰۱۲) نیز، طبق نظریه پساکینزی دو کانال اضافی را شناسایی نمود که از طریق آن‌ها نابرابری به بحران‌ها کمک کرده است: اول، افزایش نابرابری منجر به کاهش تقاضای کل می‌شود زیرا افراد فقیر تمایل زیادی به مصرف داشته و با افزایش نابرابری، میزان تقاضای آنها کاهش می‌یابد. دوم، مقررات زدایی مالی بین‌المللی منجر به کسری حساب جاری بزرگ‌تر و طولانی‌تری شده که زمینه‌ساز وقوع بحران‌های مالی شده است.

از طرف دیگر، رفتارهای سرمایه‌گذاری سوداگرانه ثروتمندان در یک اقتصاد نابرابر، ممکن است ارتباط مستقیم بین نابرابری و بحران‌های بانکی را توضیح دهد. هر چه نابرابری درآمدی افزایش یابد، افراد ثروتمند تمایل دارند وام و اعتبار بیشتری به افراد کم‌درآمد اعطا کنند و از طریق بازپرداخت اصل و فرع این وام‌ها، بر ثروت خود بیفزایند. در همین حال، فقرا با وجود افزایش نابرابری و با افزایش بدهی خانوارهای خود، سطح مصرف خود را حفظ می‌کنند. در نتیجه، نسبت بدهی به درآمد بالا در میان فقرا، احتمال وقوع بحران مالی را افزایش می‌دهد (Kumhof, et al., 2015). این موضوع توسط ویسمن^۲ (۲۰۱۳) نیز مورد تأیید قرار گرفت. وی که در مطالعه خود به دنبال یافتن عوامل تعیین‌کننده وقوع بحران بزرگ سال ۲۰۰۸-۲۰۰۷ بود، به این نتیجه رسید که بحران ابتدا مصرف را محدود کرده و پتانسیل سرمایه‌گذاری سودآور را کاهش داده و افراد ثروتمند را تشویق نموده تا بازارهای مالی را با سیل اعتبار، ایجاد ابزارهای جدید و دامن زدن به سفته‌بازی ایجاد نمایند. همچنین با پدیدار شدن اثرات بیرونی مصرف، افراد وادار شدند تا راه‌هایی برای حفظ رفاه و موقعیت اجتماعی نسبی خود بیابند که می‌توان به گرفتن وام از بانک‌ها و مؤسسات مالی اشاره کرد. از طرف دیگر، حمایت از ایدئولوژی کاهش نرخ مالیات برای رفاه ثروتمندان و فقرا، شرایط را برای وقوع بحران فراهم کرد.

سایر مطالعاتی که درخصوص تأثیرگذاری نابرابری درآمد بر بحران بانکی انجام شدند می‌توان به ایکا ویلو^۳ (۲۰۰۸)، آتکینسون و مورلی^۴ (۲۰۱۱) و روی و کیم^۵ (۲۰۱۲) اشاره کرد که هر یک از آن‌ها نتایج متفاوتی را به همراه داشته است، به طوری که ایکا ویلو (۲۰۰۸)

-
1. Stockhammer, E.
 2. Wisman, J. D.
 3. Iacoviello, M.
 4. Atkinson, A. B. & Morelli, S.
 5. Roy, S., & Kemme, D. M.

به این نتیجه رسیدند که افزایش بلندمدت بدهی خانوارها با نابرابری درآمد بالاتر توضیح داده می‌شود. آتکینسون و مورلی (۲۰۱۱) در شناسایی ارتباط معنی‌دار بین افزایش نابرابری درآمد قبل و حین وقوع بحران بانکی ناتوان بودند. با این وجود زمینه‌ساز مطالعات بعدی در این زمینه شدند. اما روی و کیم (۲۰۱۲) دریافتند که افزایش نابرابری درآمد به وقوع بحران‌های مالی جهانی کمک می‌کند. در حالت کلی می‌توان گفت نابرابری درآمدی می‌تواند به‌طور سیستماتیک با وقوع بحران‌های بانکی مرتبط باشد و افزایش آن باعث کاهش مصرف کل و کاهش فعالیت‌های اقتصادی می‌شود و در نهایت پراکندگی درآمدی می‌تواند تأثیر مستقیمی بر انتخاب‌های مصرف و پس‌انداز داشته باشد.

بعد از انتخاب هر کدام از دیدگاه‌های فوق برای پژوهش، اکنون این سؤال مطرح می‌شود که چه متغیرهایی می‌تواند با نابرابری درآمدی و بحران بانکی در ارتباط باشد؟ در این بین، دوره‌های مکرر بی‌ثباتی مالی در بسیاری از اقتصادهای پیشرفته و نوظهور از دهه ۱۹۸۰، به پرسش‌هایی در مورد نقش امور مالی در جوامع امروزی منجر شده است. در طول دهه‌های گذشته که با افزایش نابرابری درآمدی نیز همراه بوده، ادبیاتی پدیدار شده است که تأثیر تأمین مالی بر نابرابری درآمد را مورد بازنگری قرار می‌دهد.^۱ یکی از ابعادی که در این ادبیات مورد توجه قرار گرفته است، بحران‌های بانکی است. با این که رابطه بین توسعه مالی و نابرابری هنوز مورد بحث است اما توسعه مالی بیش از حد می‌تواند با فراوانی بحران‌های بانکی در ارتباط باشد که به نوبه خود بر نابرابری نیز تأثیر می‌گذارد.^۲ توسعه مالی می‌تواند دسترسی به اعتبار را برای خانوارهای کم‌درآمد آسان‌تر کند. اما شواهد روبه‌رشد نشان می‌دهد که تأمین مالی بیشتر به نفع درآمدهای بالاست و نوسانات اقتصاد کلان را تشدید می‌کند.^۳

در کنار متغیر توسعه مالی، متغیرهای دیگری نظیر جهانی شدن، مخارج عمومی و همچنین نهادها و عوامل سیاسی، به عنوان عوامل تعیین‌کننده نابرابری درآمدی، به دفعات در

۱. برای بررسی بیشتر رابطه بین نابرابری، اهرم مالی و بحران‌های مالی، به بازلیبر و هریکورت (۲۰۱۷) رجوع کنید.

۲. همان‌طور که توسط لویزا و همکاران (۲۰۱۸) بحث شد، آزادسازی مالی با گسترش اعتبار و ریسک‌پذیری بیش از حد همراه است که باعث شکنندگی اقتصادی و احتمال وقوع بحران می‌شود.

۳. برای مطالعه بیشتر به فیلان (۲۰۱۶) و دی‌هان و استورم (۲۰۱۷) رجوع کنید.

ادبیات موضوع مورد استفاده قرار گرفتند. به عنوان مثال، جاموته و همکاران^۱ (۲۰۱۳) نشان دادند که در حالی که جهانی شدن تجارت (باز بودن تجارت) با کاهش نابرابری همراه است اما جهانی شدن مالی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (باز بودن مالی)، نابرابری را افزایش می‌دهد.

۳. پیشینه پژوهش

پنا^۲ (۲۰۱۷)، با به‌کارگیری مدل پانل لاجیت میانگین جمعیت و استفاده از داده‌های دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۶۱ برای ۳۶ کشور اتحادیه اروپا و OECD، موضوع نابرابری درآمد، تثبیت مالی و بحران‌های مالی را مورد بررسی قرار داد. این محقق به لحاظ نظری انتظار داشت که بحران‌های بانکی در این دوره، قبل از نابرابری درآمدی پیش آمده‌اند. در ادامه، با بررسی و تجزیه و تحلیل اقدامات سیاستی و مدنظر قرار دادن این موضوع که سطوح بالاتر کسری مالی به‌طور کلی با بحران‌های مالی مرتبط است، به این نتیجه رسید که فقط کشورهای با سطوح بالای نابرابری، باید مازاد بودجه را افزایش دهند تا بتوانند از وقوع بحران در امان باشند.

ری و کیم^۳ (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای با عنوان «آیا نابرابری درآمد منجر به بحران‌های بانکی در کشورهای در حال توسعه می‌شود؟» موضوع بحران‌های بانکی و نابرابری درآمد را مورد بررسی قرار دادند. برای تحقق این هدف، محققین از داده‌های سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۰ برای ۶۸ کشور استفاده کردند. نتایج برآورد مدل پانل لاجیت با اثرات ثابت نشان داد که کشورهای در حال توسعه^۴ با نابرابری بالا، تمایل دارند سطح بالاتری از اعتبار داخلی داشته باشند و رونق اعتبار داخلی نیز، احتمال بحران‌های بانکی را افزایش می‌دهند. در نتیجه، در این کشورها با افزایش سطوح نابرابری درآمد، احتمال وقوع بحران‌های بانکی به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد.

1. Jaumotte, F., et al.

2. Peña, G.

3. Rhee, D. E. & Kim, H.

4. Developing Countries

بلیتینی و همکاران^۱ (۲۰۱۹)، در مطالعه خود به موضوع نابرابری درآمدی و بحران بانکی پرداختند. بدین منظور، از داده‌های ۳۳ کشور پیشرفته^۲ طی دوره زمانی ۲۰۱۱-۱۹۷۰ استفاده شد. در این مطالعه، ۲۰ دوره بحران بانکی با مدل‌سازی لاجیت چند متغیره^۳ بررسی شد. نتایج نشا دهنده رابطه مثبت و معنی‌دار بین ضریب جینی و احتمال بروز بحران بانکی بوده است. پنا (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای، به بررسی این موضوع که «چگونه نابرابری درآمد و تثبیت مالی بر بحران‌های بانکی اثر می‌گذارند؟» در قالب یک دیدگاه پسا کینزی پرداخت. وی با به کارگیری مدل پانل لاجیت و استفاده از داده‌های ۳۶ کشور توسعه یافته در سال‌های ۱۹۶۱-۲۰۱۱، تعامل بین کسری بودجه عمومی و نابرابری درآمد در بحران‌های بانکی را بررسی کرد. نتایج تحقیق نشان داد که کشورهای دارای سطوح بالای نابرابری درآمدی ممکن است مازاد بودجه را افزایش دهند تا از بروز بحران جلوگیری کنند یا سطح نابرابری را کاهش داده تا کسری‌های مالی آتی را (بدون تأثیرگذاری بر وقوع بحران‌های مالی) کاهش دهند. در حالی که در اقتصادهای دارای سطوح پایین نابرابری درآمدی، به نظر می‌رسد تثبیت مالی^۴ هیچ اثر اقتصادی بر بحران بانکی ندارد.

الهرادی و لروی^۵ (۲۰۲۲)، در مطالعه‌ای تحت عنوان «آیا بحران‌های بانکی بر خانوارهای ثروتمند، متوسط و فقیر اثرگذار است؟» پیامدهای توزیعی بحران‌های بانکی را برای ۱۳۲ کشور طی دوره ۲۰۱۷-۱۹۷۰ بررسی کردند. نتایج مدل GMM و مدل‌سازی با متغیرهای ابزاری نشان داد که بحران‌های بانکی به طور سیستماتیک سهم درآمد خانوارهای ثروتمند را کاهش داده و بر درآمد خانوارهای طبقه متوسط تأثیر مثبت می‌گذارد. همچنین نتایج حاکی از افزایش نابرابری درآمد در دوره‌های قبل از وقوع بحران بانکی بوده است.

کریمی و همکاران (۱۳۹۹)، به بررسی اثرات کوتاه مدت و بلندمدت نابرابری درآمد بر بحران بانکی در ایران پرداختند. بدین منظور از داده‌های بازه زمانی ۱۳۵۹-۱۳۹۸ ایران و مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی کراندار استفاده شد. نتیجه کار این محققین نشان‌دهنده نبود رابطه مثبت و معنی‌دار بین نابرابری درآمد و اعطای تسهیلات، افزایش

-
1. Belletini, G., et al.
 2. Advanced Countries
 3. Multivariate Logit
 4. Fiscal Consolidation
 5. El Herradi, M. & Leroy, A.

بدهی‌های بانکی و در نهایت بحران بانکی در کوتاه‌مدت بود اما در بلندمدت مشخص شد که این ارتباط به شکل مثبت و معنی‌دار برقرار است.

ابراهیمی کلاریجانی (۱۳۹۹)، در پژوهشی تحت عنوان «اثر نابرابری درآمدی بر وقوع بحران‌های بانکی» به بررسی ارتباط بین نابرابری درآمد و بحران بانکی پرداخت. در این مطالعه، از داده‌های فصلی ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۶ اقتصاد ایران و مدل‌های مارکوف سویچینگ^۱، پروبیت^۲ و حداقل مربعات معمولی^۳ استفاده شد. نتایج حاصل از برآورد نشان داد که احتمال وقوع بحران در نظام بانکی با افزایش نابرابری درآمدی، افزایش می‌یابد.

کریمی (۱۴۰۱)، در مطالعه خود به بررسی اثر نابرابری درآمدی بر بحران بانکی ۹ کشور در حال توسعه نفتی با استفاده از مدل ARDL پرداخت. نتایج مدل‌سازی برای دوره زمانی ۲۰۱۸-۲۰۰۰ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تمامی متغیرها در سطح ۵٪ بوده است، به طوری که ضریب جینی تأثیر مثبتی بر رشد اعتبار داشته و از این طریق منجر به بحران بانکی در کشورهای مورد مطالعه شده است. همانند ضریب جینی، سرمایه‌گذاری نیز بر رشد اعتبار تأثیر مثبت داشته و موجب افزایش احتمال وقوع بحران بانکی می‌شود.

عبدی سیدکلایی و همکاران (۱۴۰۱)، در تحقیقی با عنوان «اثرات نابرابری درآمدی بر احتمال وقوع تنش‌های بانکی» از الگوی چرخشی مارکوف و مدل پروبیت استفاده کردند. نتایج برآورد مدل برای دوره زمانی ۱۳۷۸-۱۳۹۹ نشان داد که نظام بانکی در اقتصاد ایران، در برخی از دوره‌ها در شرایط تنش بالایی قرار داشته است. در نهایت، با برآورد الگوی پروبیت مشخص شد که با نابرابر شدن توزیع درآمد در اقتصاد ایران، احتمال وقوع تنش در بخش بانکی افزایش می‌یابد.

بر این اساس در مطالعه حاضر، نخست برخلاف مطالعات خارجی به ویژه مطالعه الهادی و لروی (۲۰۲۲) که کشورهایی را وارد نمونه تحقیق کرده که تجربه بحران بانکی ندارند، بحران بانکی کشورهای مورد مطالعه براساس شاخص فشار بازار پول مشخص شده؛ لذا همه آن‌ها بحران بانکی را در طی دوره مورد مطالعه تجربه کرده‌اند. در نظر گرفتن این مورد، منجر به کسب نتایج دقیق‌تر می‌شود. همچنین اغلب مطالعات قبلی انجام شده در خصوص

-
1. Markov Switching
 2. Probit
 3. Ordinary Least Square (OLS)

رابطه نابرابری درآمد و بحران بانکی، بر شاخص جینی که یک معیار ترکیبی از نابرابری درآمد است، تکیه داشتند؛ درحالی که یکی از مزیت‌های مطالعه حاضر، فراتر رفتن از شاخص جینی و بررسی اثرات توزیعی بحران‌های بانکی با تمرکز بر بخش‌های مختلف از توزیع درآمدی است. این کار برای آشکار کردن اثرات متفاوتی است که ممکن است بحران بانکی بر خانواده‌های ثروتمند، طبقه متوسط و فقیر ایجاد کند.

۴. روش‌شناسی تحقیق

هدف اصلی مطالعه حاضر، بررسی تأثیر بحران بانکی بر توزیع درآمد طبقات مختلف درآمدی (ثروتمند، متوسط و فقیر)، برای ۶۰ کشور منتخب دنیا است. بدین منظور مدل اقتصادی تحقیق به پیروی از مطالعه الهردی و لروی^۱ (۲۰۲۲)، به شکل رابطه (۱) است:

$$y_{p,i,t} = \beta BCrisis_{i,t} + \sum_{j=1}^l \lambda_j y_{i,t-j} + kx_{i,t-1} + \alpha_i + \mu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

که در آن، $y_{p,i,t}$ بیانگر سهم درآمد شش صدک مختلف شامل Top1% (صدک یک درصد برتر)، Top10% (صدک ده درصد برتر)، Top20% (صدک بیست درصد برتر)، Middle-class (صدک ۲۱ تا ۷۹)، Bottom20% (صدک بیست درصد پایین) و Bottom10% (صدک ده درصد پایین) در کشور i در زمان t ، $BCrisis_{i,t}$ متغیر مجازی بحران بانکی (در صورتی که کشور i در سال t با بحران بانکی مواجه شده باشد عدد ۱ و در غیر این صورت عدد ۰ را به خود می‌گیرد)، $y_{i,t-j}$ نشان‌دهنده متغیر وابسته توزیع درآمد (شش صدک مختلف) با ۲ وقفه جهت نشان دادن پویایی مدل و در نهایت $x_{i,t-1}$ برداری از متغیرهای کنترلی بوده که شامل تولید ناخالص داخلی و مجذور آن، توسعه مالی، باز بودن تجاری، باز بودن مالی، نسبت مخارج عمومی دولت به GDP و حاکمیت سیاسی است. اثرات ثابت مکانی و زمانی و جمله خطا به ترتیب با α_i ، μ_t و $\varepsilon_{i,t}$ نشان داده شده است. β ، λ و k نیز ضرایب مدل هستند. در ادامه، تعریف عملیاتی هر یک از متغیرهای فوق ارائه شده است:

1. El Herradi, M. & Leroy, A.

توزیع درآمد ($y_{p,i,t}$): این متغیر نشان‌دهنده توزیع درآمد قبل از اخذ مالیات است^۱ که برای نشان دادن سه طبقه ثروتمند، متوسط و فقیر، بدین صورت به کار رفته است: برای نشان دادن طبقه ثروتمند از صدک‌های ۱٪، ۱۰٪ و ۲۰٪ بالای درآمد، طبقه متوسط از صدک‌های ۲۱٪ تا ۷۹٪ و در نهایت طبقه فقیر، از صدک‌های ۲۰٪ و ۱۰٪ پایین توزیع درآمدی استفاده شده است. داده‌های این متغیر از پایگاه داده نابرابری جهانی^۲ (۲۰۲۳) اخذ شده است. بحران بانکی ($BCrisis_{i,t}$): تاکنون دو روش برای شناسایی تاریخ وقوع بحران‌های بانکی در ادبیات موضوع مطرح شده است. روش اول مبتنی بر مطالعه رویدادهای بحرانی است که وقایعی نظیر تعطیلی بانک‌ها، ادغام، هجوم گسترده بانکی، مسدود شدن دارایی‌های بانک و یا افزایش هزینه‌های نجات بانک را ملاک شناسایی تاریخ بحران بانکی قرار می‌دهد. این رویکرد به مطالعه رویدادی^۳ معروف است. در روش دوم که یک روش کمی است؛ براساس شاخص فشار بازار پول^۴ (MMPI) محاسبه شده، زمان وقوع بحران بانکی مشخص می‌شود. در رویکرد شاخص فشار بازار پول، افزایش شدید در نرخ بهره کوتاه‌مدت، افزایش در حجم ذخایر بانک مرکزی یا ترکیبی از این دو، مدنظر بوده و با عبور شاخص از یک سطح آستانه معین، تاریخ بحران تعیین می‌شود. در همین راستا، پایگاه داده لیون و والنسیا (۲۰۲۰) براساس رویکرد مطالعه رویدادی، ۱۵۱ بحران‌های بانکی را برای کشورهای مختلف شناسایی کرده است. با توجه به این که برخی از کشورها از جمله ایران، در این لیست حضور ندارد لذا جهت مدل‌سازی دقیق‌تر و بهتر، از شاخص فشار بازار پول جهت تاریخ‌گذاری بحران‌های بانکی استفاده شده است. داده‌های مربوط به این متغیر از مطالعه اکبر موسوی و همکاران (۱۴۰۰) اخذ شده است.

تولید ناخالص داخلی (GDP^5): بیانگر ارزش پولی یا بازاری همه کالاها یا خدمات نهایی تولید شده در مرزهای یک کشور در یک دوره زمانی خاص (اغلب سالانه) است. مقادیر متغیر مذکور برحسب دلار و سال پایه ۲۰۱۵ است. از این متغیر و مجذور آن برای نشان‌دادن

۱. مفهوم درآمد قبل از مالیات مبتنی بر مفهوم درآمد ملی است: تولید ناخالص داخلی - مصرف سرمایه ثابت + خالص درآمد از خارج.

2. World Inequality Database (WID)

3. Event Study

4. Money Market Pressure Index

5. Gross Domestic Product

اثرات منحنی کوزنتس^۱ استفاده می‌شود. داده‌های این متغیر از پایگاه داده شاخص‌های توسعه جهانی (WDI^۲) بانک جهانی (۲۰۲۳) استخراج شده است.

توسعه مالی (FD^۳): در مطالعه حاضر، برای نشان دادن این متغیر از نسبت اعتبارات خصوصی داخلی به تولید ناخالص داخلی استفاده شده است. داده‌های مربوط به این متغیر از پایگاه داده شاخص‌های توسعه جهانی (۲۰۲۳)، گردآوری شده است.

باز بودن تجاری (Tra. Openness): عبارت است از مجموع صادرات و واردات تقسیم بر تولید ناخالص داخلی. انتظار بر این است که جهانی شدن تجارت با کاهش نابرابری همراه باشد. داده‌های مربوطه از پایگاه داده WDI (۲۰۲۳) اخذ و سپس توسط نویسندگان، مقدار متغیر مذکور محاسبه شده است.

باز بودن مالی (Fin. Openness): برای نشان دادن وضعیت تحرک سرمایه یک کشور از شاخص نرمال شده KAOPEN استفاده شده است. انتظار بر این است که جهانی شدن مالی و به‌ویژه سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI^۴) نابرابری را افزایش دهد. این شاخص برای اولین بار توسط چین و ایتو^۵ (۲۰۰۶) ارائه شده و مقدار نرمال شده آن، بین ۰ و ۱ قرار دارد. داده‌های این متغیر، از پایگاه داده چین و ایتو (۲۰۲۳) اخذ شده است.

مخارج عمومی (EXP/GDP): عبارت است از نسبت هزینه‌های دولت به تولید ناخالص داخلی. داده‌های این متغیر نیز از پایگاه داده WDI (۲۰۲۳) جمع‌آوری شده است.

حاکمیت سیاسی (Political): این متغیر نشان‌دهنده وضعیت حاکمیت دولت بوده و مقادیر ۱۰+ (حالت به‌شدت دموکراتیک) و ۱۰- (حالت به‌شدت خودکامه) و مقادیر مابین این دو طیف حدی را شامل می‌شود. داده‌های این متغیر از پایگاه داده مارشال^۶ (۲۰۲۰) استخراج شده است.^۷

1. Kuznets Curve
2. World Development Indicators
3. Financial Development
4. Foreign Direct Investment
5. Chinn, M. D. & Ito, H.
6. Marshall, M. G.

۷. نشان دادن نوع حاکمیت سیاسی کشورها پروژه‌ای بوده (Polity5 Index) که توسط موتی مارشال در حال تهیه شدن است. این محقق کشورها را به لحاظ حاکمیت سیاسی دسته‌بندی کرده و هر دفعه آمار آن را به‌روزرسانی می‌کند. برای مطالعه بیشتر به نشانی اینترنتی زیر رجوع کنید: (Accessed, April 2023), <https://www.systemicpeace.org/inscrdata.html>

مطالعه حاضر به لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی و از نظر تجزیه و تحلیل، از نوع تحقیقات تحلیلی است. نمونه آماری پژوهش حاضر، ۶۰ کشور منتخب جهان است که داده‌های آن‌ها در دسترس بوده و براساس گروه‌بندی بانک جهانی^۱ (۲۰۲۳)، در چهار گروه با درآمد پایین، با درآمد متوسط پایین، با درآمد متوسط بالا و با درآمد بالا جای گرفتند.^۲ داده‌های تحقیق به صورت سالانه بوده و مربوط به دوره زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۰ است. به منظور جمع‌بندی و خلاصه‌سازی داده‌ها از نرم‌افزار Excel 2019 و جهت برآورد مدل تحقیق از نرم‌افزار EViews 13 استفاده شده است.

در مطالعه حاضر جهت برآورد مدل تحقیق از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM^۳) استفاده می‌شود. این روش برای مدل‌های پویا^۴ به کار می‌رود. در مدل پویا متغیر وابسته به صورت وقفه‌دار در سمت راست مدل ظاهر می‌شود و زمانی که این حالت در مدل‌های پانل ایجاد شود، به طوری که اگر در مدل اثرات تصادفی متغیر وابسته وقفه‌دار به سمت راست معادله اضافه شود، مدل تخمین حالت پانل پویا خواهد بود. شکل کلی این مدل‌ها به صورت رابطه (۲) است:

$$Y_{it} = \alpha_i + Y_{it-1} + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + \varepsilon_i + u_{it} \quad (2)$$

با قرار گرفتن متغیر وابسته در کنار متغیرهای توضیحی، مشکلاتی پدید می‌آید که از جمله این مشکلات، وجود رابطه همبستگی بین متغیر وابسته و جزء خطای مدل است که باعث می‌شود روش حداقل مربعات معمولی (OLS) به دلیل وجود تورش و ناسازگاری، دیگر کاربرد نداشته باشد. بنابراین نیاز به یک تخمین‌زن دیگری است. در همین راستا، می‌توان از روش 2SLS^۵ استفاده کرد. برای به کار بردن این روش نیاز است به جای متغیر وابسته، متغیر

۱. برای مطالعه بیشتر در خصوص گروه‌بندی کشورها، به نشانی اینترنتی زیر رجوع کنید:

The World Bank, Available:

<https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups>, (Accessed, April 2023).

۲. اسامی کشورها به تفکیک گروه، در پیوست آمده است.

3. Generalized Method of Moments (GMM)

4. Dynamic Model

5. Two-Stage Least Squares (2SLS)

ابزاری^۱ مناسبی قرار گیرد تا مشکل درون‌زایی حل شود. یافتن متغیر ابزاری مناسب که شرایط یک متغیر ابزاری خوب را دارا باشد، نیز دشوار است و مشکلاتی نظیر رقم زدن واریانس‌های بزرگ برای ضرایب تخمینی و عدم رفع مشکل همبستگی بین متغیرهای توضیحی و هم‌خطی در مدل را دارد. برای حل مشکلات مذکور، روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) توسط آرانو و باند^۲ (۱۹۹۱) معرفی شد (حقیقت و اکبر موسوی، ۱۳۹۷).

۵. یافته‌های تجربی تحقیق

در این بخش، نتایج تحقیق ارائه می‌شود. ابتدا آزمون ریشه واحد برای بررسی ایستایی متغیرها انجام شده و مرتبه ایستایی آن‌ها تعیین می‌شود. سپس مدل تحقیق (رابطه ۱) با استفاده از مدل‌سازی گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) تخمین زده شده و نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

۵-۱. بررسی ایستایی متغیرها

در داده‌های پانل همانند داده‌های سری زمانی، از آزمون‌های مختلفی جهت بررسی وجود ریشه واحد استفاده می‌شود. آزمون‌های ریشه واحد داده‌های پانلی به دلیل ساختار داده‌ها، متفاوت بوده و به صورت آزمون ریشه واحد مشترک و آزمون ریشه واحد مقطعی هستند. در آزمون ریشه واحد مشترک، از آزمون‌هایی نظیر لوین، لین و چویی (LLC)، برایتونگ و هادری استفاده می‌شود که دارای فرض وجود یک ریشه واحد بین همه مقاطع هستند. در آزمون‌های ریشه واحد مقطعی نیز ریشه واحد بین مقاطع متفاوت بوده و در این حالت، از آزمون‌های ایم، پسران و شین (IPS)، فیشر-دیکی فولر تعمیم‌یافته (ADF-F) و فیشر-فیلیس پرون (PP-F)، استفاده می‌شود.

با توجه به این که در تحقیق حاضر، مدل پانل به کار گرفته شده از نوع پانل نامتوازن بوده و هر مقطع می‌تواند پارامتر خود را گرسون خاص خود را داشته باشد و همچنین محدود بودن تعداد مقاطع (N) و دوره زمانی (T)، از آزمون ایم، پسران و شین برای بررسی مانایی متغیرها

1. Instrumental Variable (IV)

2. Arellano, M. & Bond, S.

استفاده شده است. در جدول ۱، نتایج آزمون ایستایی متغیرهای تحقیق برای ۶۰ کشور منتخب جهان، ارائه شده است.

جدول ۱. آزمون ریشه‌واحد IPS برای متغیرهای تحقیق

تفاضل مرتبه اول		سطح		متغیرها
با عرض از مبدأ و روند	با عرض از مبدأ	با عرض از مبدأ و روند	با عرض از مبدأ	
		-۴/۵۰۴*** (۰/۰۰۰)	-۶/۳۲۹*** (۰/۰۰۰)	یک درصد برتر (Top1%)
		-۲/۷۵۵*** (۰/۰۰۲)	-۳/۹۹۲*** (۰/۰۰۰)	ده درصد برتر (Top10%)
		-۲/۵۳۵*** (۰/۰۰۵)	-۳/۸۳۸*** (۰/۰۰۰)	بیست درصد برتر (Top20%)
		-۲/۳۹۷*** (۰/۰۰۸)	-۳/۶۳۷*** (۰/۰۰۰)	طبقه متوسط (Middleclass)
		-۱/۲۲۶* (۰/۱۱۰)	-۳/۴۲۹*** (۰/۰۰۰)	بیست درصد پایین (Bottom20%)
-۶/۴۳۴*** (۰/۰۰۰)	-۱۱/۸۳۴*** (۰/۰۰۰)	۰/۵۵۲ (۰/۷۰۹)	-۱/۰۸۶ (۰/۱۳۸)	ده درصد پایین (Bottom10%)
-۷/۵۲۶*** (۰/۰۰۰)	-۱۲/۹۴۲*** (۰/۰۰۰)	۰/۳۴۰ (۰/۶۳۳)	-۱/۰۷۳ (۰/۱۴۱)	مخارج عمومی (Exp/gdp)
-۵/۷۷۵*** (۰/۰۰۰)	-۱۱/۲۶۱*** (۰/۰۰۰)	-۱/۳۸۶ (۰/۰۸۲)	۳/۱۱۶ (۰/۹۹۹)	توسعه مالی (FD)
-۷/۷۴۶*** (۰/۰۰۰)	-۱۳/۷۹۴*** (۰/۰۰۰)	-۰/۰۷۵ (۰/۴۶۹)	۰/۵۷۸ (۰/۷۱۸)	بازبودن تجاری (Tra.openness)
-۲/۶۷۴*** (۰/۰۰۳)	-۸/۲۴۸*** (۰/۰۰۰)	-۱/۰۹۵ (۰/۱۳۶)	۲/۵۲۳ (۰/۹۹۴)	تولید ناخالص داخلی (GDP)
-۲/۸۰۸*** (۰/۰۰۲)	-۷/۸۴۸*** (۰/۰۰۰)	-۱/۰۱۳ (۰/۱۵۵)	۳/۳۱۳ (۰/۹۹۹)	مجذور تولید ناخالص داخلی (GDP ²)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

* سطح معنی‌داری ۱۰٪، ** سطح معنی‌داری ۵٪ و *** سطح معنی‌داری ۱٪
مقادیر داخل پرانتز، نشان‌دهنده ارزش احتمال آماره آزمون است.

بر اساس جدول ۱، آماره آزمون برای متغیرهای یک درصد برتر، ده درصد برتر، بیست درصد برتر و طبقه متوسط، به دو شکل با عرض از مبدأ و با عرض از مبدأ و روند، در حالت سطح معنی دار است. بنابراین فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد را می‌توان رد کرد. در این حالت، متغیرهای مذکور در حالت سطح ایستا بوده و نیاز به یک مرتبه تفاضل‌گیری نیست. متغیرهای ده درصد پایین، نسبت مخارج عمومی به GDP، توسعه مالی، باز بودن تجاری، تولید ناخالص داخلی و مجذور آن، برخلاف متغیرهای قبلی در حالت سطح نامانا هستند. به عبارت دیگر، آماره آزمون برای متغیرهای مذکور معنی دار نبوده و لذا فرضیه صفر را نمی‌توان رد کرد. بنابراین با یک مرتبه تفاضل‌گیری از این متغیرها، در هر دو حالت با عرض از مبدأ و با عرض از مبدأ و روند، ایستا می‌شوند.

۵-۲. نتایج برآورد مدل

در این قسمت، مدل تحقیق با استفاده از مدل‌سازی گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) تخمین زده شده و نتایج آن در جدول ۲ گزارش شده است. طبق این جدول، وقفه اول متغیر وابسته در هر ۶ مدل، در سطح یک درصد معنی دار بوده و علامت مورد انتظاری نیز دارد. این موضوع نشان‌دهنده ارتباط مستقیم بین سهم درآمد در دوره t با سهم درآمد در دوره $t-1$ است. به عبارت دیگر، سهم درآمد افراد در صدک‌های مختلف، همبستگی مثبت و مستقیمی با سهم سال گذشته دارد. به این صورت که در دوره پیش از بحران، اگر سهم درآمدها کاهش یا افزایش یابد، در دوره بحران نیز همین روال تکرار خواهد شد. اما نتایج وقفه دوم متغیر وابسته، بیانگر ارتباط معکوس بین سهم درآمد در سال t با سهم درآمد دو سال قبل از آن ($t-2$) است.

وقوع بحران بانکی با اثرات قابل توجه و در عین حال متمایز شده در سراسر توزیع درآمد همراه است. در مدل ۱، ۲، ۳ و ۶ این متغیر ارتباط معکوس با نابرابری درآمد دارد به طوری که در صورت وقوع بحران بانکی، سهم درآمدی در صدک یک درصد برتر، ۱۰ درصد برتر، ۲۰ درصد برتر و ۱۰ درصد پایین کاهش می‌یابد. طبق جدول ۲، بیشترین آسیب بحران بانکی بر صدک ۱۰ درصد برتر درآمدی است، چراکه وقوع بحران بانکی، با کاهش سهم ۰/۴۲۶ واحدی در درآمد این افراد همراه است. کاهش در سهم ۲۰ درصد برتر نیز برابر با ۰/۲۴۹ واحد است.

جدول ۲. نتایج تخمین مدل

متغیرها	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ۴	مدل ۵	مدل ۶
	Top1%	Top10%	Top20%	Mid-Class	Bot20%	Bot10%
وقفه ۱	۰/۶۲۸*** (۰/۰۰۱)	۰/۷۲۳*** (۰/۰۰۲)	۰/۷۷۵*** (۰/۰۰۳)	۰/۷۶۸*** (۰/۰۰۳)	۰/۷۷۶*** (۰/۰۰۲)	۰/۸۲۲*** (۰/۰۰۲)
وقفه ۲	-۰/۰۰۶*** (۰/۰۰۱)	-۰/۰۳۸*** (۰/۰۰۰۹)	-۰/۰۸۰*** (۰/۰۰۱)	-۰/۶۵۷*** (۰/۰۰۱)	-۰/۰۴۷*** (۰/۰۰۰۴)	-۰/۰۱۳*** (۰/۰۰۰۲)
بحران بانکی	-۰/۰۳۱*** (۰/۰۰۹)	-۰/۴۲۶*** (۰/۰۲۰)	-۰/۲۴۹*** (۰/۰۱۴)	۰/۳۱۹*** (۰/۰۱۱)	۰/۰۱۳*** (۰/۰۰۰۲)	-۰/۰۰۱*** (۰/۰۰۰۳)
مخارج عمومی	۰/۵۰۰*** (۰/۲۱۲)	-۱/۳۵۴** (۰/۷۱۳)	-۲/۱۱۴*** (۰/۵۹۵)	-۰/۳۰۰ (۰/۶۱۲)	۰/۳۳۴*** (۰/۰۰۰۷)	۰/۰۲۸*** (۰/۰۰۰۵)
توسعه مالی	۰/۰۰۷*** (۰/۰۰۰۳)	۰/۰۱۶*** (۰/۰۰۱)	۰/۰۱۲*** (۰/۰۰۰۶)	-۰/۰۱۱*** (۰/۰۰۰۶)	-۰/۰۰۲*** (۰/۰۰۰۰۱)	- (۰/۰۰۰۰۳)
بازبودن تجاری	-۰/۹۸۴*** (۰/۰۰۷۱)	-۱/۱۷۹*** (۰/۱۷۸)	-۰/۵۹۷*** (۰/۰۸۲)	۰/۴۷۳*** (۰/۱۰۳)	۰/۰۲۶*** (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰۳*** (۰/۰۰۰۰۹)
بازبودن مالی	۰/۴۰۲*** (۰/۰۱۳)	۰/۸۳۲*** (۰/۰۱۵)	۱/۰۴۳*** (۰/۰۳۵)	-۰/۵۹۳*** (۰/۰۲۸)	-۰/۰۲۹*** (۰/۰۰۰۰۷)	۰/۰۱۳*** (۰/۰۰۰۰۲)
حاکمیت سیاسی	-۰/۰۵۲*** (۰/۰۰۱)	-۰/۰۰۴ (۰/۰۰۰۳)	۰/۰۰۷*** (۰/۰۰۰۲)	-۰/۰۳۱*** (۰/۰۰۱)	۰/۰۰۹*** (۰/۰۰۰۰۸)	۰/۰۰۱*** (۰/۰۰۰۰۳)
تولید ناخالص داخلی	-۰/۰۷۸*** (۰/۰۱۷)	-۰/۰۷۸*** (۰/۰۲۷)	-۰/۱۸۳*** (۰/۰۱۵)	۰/۰۸۱*** (۰/۰۱۱)	-۰/۰۰۲*** (۰/۰۰۰۰۸)	-۰/۰۰۱*** (۰/۰۰۰۰۵)
مجذور تولید ناخالص داخلی	۰/۰۰۱*** (۰/۰۰۰۰۳)	۰/۰۰۲*** (۰/۰۰۰۰۲)	۰/۰۰۲*** (۰/۰۰۰۰۲)	-۰/۰۰۱*** (۰/۰۰۰۰۲)	۰/۰۰۰۰۴*** (۰/۰۰۰۰۰۱)	۰/۰۰۰۰۱* (۰/۰۰۰۰۰۱)
تعداد مشاهدات	۱۲۸۵	۱۲۸۵	۱۲۸۵	۱۲۸۵	۱۲۸۵	۱۲۸۵
تعداد کشورها	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰
آزمون سارجنت	۵۰/۹۲۸ (۰/۵۵۵)	۵۷/۸۳۶ (۰/۲۶۸)	۵۲/۱۳۴ (۰/۴۲۹)	۴۸/۱۹۶ (۰/۶۲۴)	۵۳/۸۹۵ (۰/۴۷۸)	۵۲/۷۷۵ (۰/۲۹۴)
آزمون آرلانو باند	AR (1) -۲/۰۷۲** (۰/۰۳۸)	-۳/۰۶۷*** (۰/۰۰۲)	-۳/۳۴۳*** (۰/۰۰۰۰۸)	-۳/۳۹۳*** (۰/۰۰۰۰۷)	-۲/۰۳۸** (۰/۰۴۱)	-۲/۷۷۵*** (۰/۰۰۰۰۵)
	AR (2) ۰/۲۵۷ (۰/۷۹۶)	۰/۶۰۲ (۰/۵۴۶)	۰/۸۱۶ (۰/۴۱۴)	۰/۸۰۳ (۰/۴۲۱)	۰/۰۷۹ (۰/۹۳۷)	۰/۱۱۶ (۰/۹۰۷)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

* سطح معنی داری ۱۰٪، ** سطح معنی داری ۵٪ و *** سطح معنی داری ۱٪
مقادیر داخل پرانتز، نشان‌دهنده انحراف معیار ضرایب تخمینی است.

کمترین تأثیر از بحران بانکی در صدک‌های بالا، مربوط به صدک یک درصد برتر افراد بوده که برابر ۰/۰۳۱ است. به‌طور معمول، افرادی که در دهک‌های بالای درآمدی قرار دارند اغلب با جابجایی سرمایه قبل از بحران و بررسی بدهی‌های خود، از این بحران‌ها فرار می‌کنند. از طرفی، با توجه به این که این گروه بیشترین درآمد را در جامعه دارند، لذا چه بسا تغییر ۰/۰۳۱ در سهم درآمد آن‌ها حتی بیشتر از بقیه صدک‌های درآمدی باشد اما آنچه که اهمیت دارد این است که سهم درآمد این افراد نیز با وقوع بحران بانکی کمتر می‌شود. براساس نتیجه مدل ۴ و ۵، تأثیر بحران بانکی بر سهم درآمد صدک‌ها معکوس می‌شود. به‌طوری که بحران بانکی سهم درآمد افراد طبقه متوسط (صدک‌های ۲۱ تا ۷۹) و همچنین ۲۰ درصد پایین افراد را به ترتیب برابر با ۰/۳۱۹ و ۰/۰۱۳ واحد افزایش می‌دهد که در این بین، افزایش در طبقه متوسط بسیار بیشتر است. در نهایت، پایین‌ترین گروه درآمدی (صدک‌های ۱۰ درصد پایین) نیز همانند صدک‌های بالا، رابطه منفی بین بحران‌های بانکی و سهم درآمدی را نشان می‌دهد. اما کاهش در سهم درآمد پایین‌ترین گروه درآمدی (صدک ۱۰ درصد پایین) ناشی از بحران بانکی بسیار کمتر از زیان‌هایی است که درآمدهای بالا تجربه می‌کنند. بنابراین براساس نتایج به‌دست آمده، اثرات منفی بحران‌های بانکی در انتهای سمت راست توزیع درآمد قوی‌تر است. در نتیجه، وقوع بحران باعث کاهش نابرابری درآمدی شده است.

متغیر مخارج عمومی نیز در کلیه مدل‌ها دارای ضرایب معنی‌دار در سطوح ۱ درصد و ۵ درصد بوده و دارای دو علامت متفاوت است. در مدل ۱، ۵ و ۶ ارتباط بین مخارج عمومی و سهم درآمدی صدک‌های مورد بررسی مستقیم است، به‌طوری که با افزایش یک واحد در مخارج دولت، سهم درآمد صدک‌های مربوطه به ترتیب ۰/۵، ۰/۳۳۴ و ۰/۰۲۸ واحد افزایش می‌یابد. این متغیر در سه مدل باقی‌مانده دارای ارتباطی معکوس با سهم درآمد است. به این شکل که یک واحد افزایش در مخارج عمومی، سهم درآمدی در صدک‌های ۱۰ درصد برتر، ۲۰ درصد برتر و صدک متوسط را کاهش می‌دهد؛ هرچند که ضریب صدک طبقه متوسط معنی‌دار نیست. این موضوع نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از مخارج دولت به دنبال وقوع بحران بانکی، صرف صدک‌های پایین‌تر برای بهبود وضعیت زندگی آن‌ها بعد از بحران و نیز صدک ۱ درصد برتر می‌شود. صدک‌های برتر به‌طور طبیعی، صاحب دارایی و ثروت بوده و برای طبقات پایین‌تر جامعه اشتغال فراهم می‌کنند. لذا دولت‌ها سعی می‌کنند

بیشتر مخارج خود را صرف صدک‌های ۱ درصد برتر و دو صدک ۲۰ و ۱۰ درصد پایین‌تر کنند. لذا افزایش این متغیر نیز تاحدودی می‌تواند نابرابری درآمدی را بهبود ببخشد.

در مدل ۱، ۲ و ۳ متغیر توسعه مالی دارای ضرایب معنی‌دار در سطح یک درصد است. ارتباط بین توسعه مالی و سهم درآمد در این سه مدل یک ارتباط مستقیم بوده، به طوری که در صورت افزایش یک واحد در توسعه مالی، سهم درآمد صدک‌های ثروتمند به ترتیب ۰/۰۱۱، ۰/۰۱۲ و ۰/۰۰۵ واحد افزایش می‌یابد. توسعه مالی در سه مدل ۴، ۵ و ۶ نیز دارای ضرایب معنی‌دار در سطح یک درصد بوده اما برخلاف سه مدل قبلی، ارتباط معکوسی با سهم درآمدی دارد. افزایش یک واحد در این متغیر، ۰/۰۰۳، ۰/۰۰۴ و ۰/۰۰۷ واحد سهم درآمد صدک‌های طبقه متوسط، ۱۰ درصد پایین و ۲۰ درصد پایین را کاهش می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، کاهش سهم درآمد در این صدک‌ها بسیار ناچیز است.

ارتباط بین توسعه مالی و نابرابری درآمد، در مطالعات تجربی بسیاری بررسی شده اما اثر خالص آن بر توزیع درآمد هنوز مورد بحث است. توسعه مالی که در مطالعه حاضر، از نسبت اعتبارات خصوصی داخلی به تولید ناخالص داخلی برای نشان دادن آن استفاده شد، می‌تواند دسترسی خانوارهای کم‌درآمد به اعتبار را آسان‌تر کند اما شواهد روبه‌رشد نشان می‌دهد که تأمین مالی بیشتر به نفع درآمدهای بالاست و نوسانات اقتصاد کلان را تشدید می‌کند. با گسترش بازارهای مالی مختلف، این ثروتمندان هستند که دارای سرمایه بوده و آن را در بازارهای مختلف به کار گرفته و سرمایه خود را چند برابر می‌کنند. با افزایش سهم درآمد ثروتمندان و کاهش سهم صدک‌های پایین‌تر، نابرابری و شکاف درآمدی بیشتر می‌شود.

ششمین متغیر در جدول ۲، باز بودن تجاری است. ضرایب این متغیر در سطح یک درصد معنی‌دار است. این متغیر نیز همانند متغیرهای قبلی، برای سه مدل ۱، ۲ و ۳ دارای ارتباطی معکوس با سهم درآمد است. به این صورت که با افزایش یک واحد در باز بودن تجاری، سهم درآمد صدک‌های مربوطه به ترتیب ۰/۹۸۴، ۱/۱۷۹ و ۰/۵۹۷ واحد کاهش می‌یابد. این کاهش برای صدک ۱۰ درصد برتر بسیار چشمگیرتر است. در مدل‌های ۴، ۵ و ۶ متغیر باز بودن تجاری دارای علامت مثبتی است. این موضوع نشان‌دهنده ارتباط مستقیم بین باز بودن تجاری و سهم درآمدی در مدل‌های مذکور است. به طوری که، افزایش یک واحد در باز بودن تجاری به اندازه ۰/۴۷۳، ۰/۰۲۶ و ۰/۰۰۳ واحد سهم درآمدها را افزایش می‌دهد. این

متغیر نیز با تأثیر گذاری معکوس خود برای صدک‌های ثروتمند و تأثیر مستقیم برای صدک‌های پایین‌تر، می‌تواند نابرابری را کاهش دهد.

باز بودن مالی از دیگر متغیرهایی است که در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و دارای علامت موافق با تئوری است. برای بیان این متغیر، از شاخص نرمال شده چن و ایتو (۲۰۰۶)، استفاده شده که وضعیت تحرک سرمایه یک کشور را نشان می‌دهد. علامت مثبت این متغیر نشان‌دهنده ارتباط مستقیم بین باز بودن مالی و متغیر وابسته سهم درآمد در مدل ۱، ۲ و ۳ است. به این معنی که، اگر باز بودن مالی یک واحد افزایش یابد، به اندازه ۰/۴۰۲، ۰/۸۳۲ و ۱/۰۴۳ واحد سهم درآمد طبقه ثروتمند افزایش خواهد یافت. در مقابل، برای مدل‌های ۴ تا ۶، باز بودن مالی دارای ارتباطی معکوس با سهم درآمدی است. به این صورت که، یک واحد افزایش در باز بودن مالی بیشتر به طبقه متوسط آسیب می‌زند. به‌طور طبیعی قشر ثروتمند دارایی‌های مالی و سرمایه‌گذاری زیادی در کشورهای خارجی دارند و اغلب این افراد از وضعیت باز بودن مالی منتفع می‌شوند. با افزایش سهم درآمد صدک‌های بالاتر و کاهش سهم صدک‌های پایین‌تر، نابرابری درآمد افزایش می‌یابد. بنابراین، جهانی شدن از طریق تجارت (باز بودن تجاری) با کاهش نابرابری و جهانی شدن مالی (باز بودن مالی) و به‌ویژه سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، با افزایش نابرابری همراه است.

ضریب حاکمیت سیاسی در مدل‌های ۱، ۲ و ۴ منفی و در سطح یک درصد (به جز برای مدل ۲) معنی‌دار است. این موضوع بیانگر ارتباط معکوس نوع حاکمیت سیاسی با سهم درآمدی صدک‌های مورد بررسی است. در مدل‌های ۳، ۵ و ۶ نیز حاکمیت سیاسی دارای علامت مثبت بوده و معنی‌دار است. متغیر حاکمیت سیاسی که به‌صورت یک طیف عددی از ۱۰- به معنی به‌شدت خودکامه تا ۱۰+ به معنی به‌شدت دموکراتیک است، نشان می‌دهد که بهبود محیط نهادی یک کشور، یعنی تحکیم دموکراتیک، بیشتر به نفع طبقات ضعیف‌تر است.

متغیر تولید ناخالص داخلی و مجذور آن برای نشان دادن اثر منحنی کوزنتس وارد مدل شدند. منطقی که پشت منحنی U معکوس مشهور بوده، این است که رشد سرانه ابتدا نابرابری بالاتری به‌وجود می‌آورد اما بعدها باعث برابری بیشتری در درآمدها می‌شود. اما در زمان وقوع بحران شرایط به گونه دیگری است، چراکه یکی از مشکلاتی که به دنبال وقوع بحران‌های بانکی رخ می‌دهد، کاهش در تولید است (لیون و والنسیا، ۲۰۱۳). تغییرات در

تولید به دنبال بحران باعث می‌شود که صدک‌های بالای درآمدی سهم بیشتری از درآمد خود را از دست بدهند که در این بین، سهم صدک ۲۰ درصد برتر بیشتر از دو صدک ثروتمند دیگر است. اما همان‌طور که پیش‌تر نیز گفته شد، صدک‌های بالاتر، سریع‌تر خود را با بحران وفق داده و مدیریت بیشتری بر دارایی‌ها و بدهی‌های خود دارند. در نتیجه، ضرر کمتری می‌بینند. با وقوع بحران، سهم دو صدک ۲۰ درصد و ۱۰ درصد پایین‌ترین افراد نیز به واسطه تغییرات تولید کاهش می‌یابد. این قبیل افراد به دلیل از دست دادن شغل خود به خاطر بحران، کاهش در درآمد را تجربه می‌کنند اما چون سهم چندانی در تولید ناخالص داخلی کشورها ندارند، لذا این کاهش بسیار ناچیز است. در این بین، تنها سهم طبقه متوسط از درآمد بیشتر می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که وقوع بحران بانکی، با تغییر سهم درآمدی افراد، تنها به نفع طبقه متوسط (صدک‌های ۲۱ تا ۷۹) تمام می‌شود. اما چون کاهش در درآمد افراد ثروتمند بیشتر است، لذا تغییرات در تولید به دنبال وقوع بحران بانکی، منجر به برابری درآمدها خواهد شد.

نتایج تحقیق حاضر با مطالعه الهادی و لروی (۲۰۲۲)، یونسی و بچتینی^۱ (۲۰۲۰)، دالیا و دی سانتیس^۲ (۲۰۱۹)، دیشاپریا^۳ (۲۰۱۷)، بیتن^۴ (۲۰۱۶)، لیم و مک‌نلیس^۵ (۲۰۱۴)، آستریو و همکاران^۶ (۲۰۱۴)، آگنلو و سوسا^۷ (۲۰۱۲)، ریونی و لی^۸ (۲۰۰۳)، برچفیلد و کرپاز^۹ (۱۹۹۸)، نوبهار و همکاران (۱۴۰۲)، تقی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۱)، جعفری و همکاران (۱۴۰۰)، داودی و سبزی خوشنامی (۱۴۰۰)، رمضان‌پور و صداقت کالمرزی (۱۴۰۰)، فراهتی و سلیمی (۱۴۰۰)، احمدی و همکاران (۱۳۹۸)، نورمحمدی و همکاران (۱۳۹۹)، اشرفی و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد.

در قسمت پایین جدول ۲، نتایج دو آزمون آرلانو-باند و آزمون سارجنت آمده است. این دو آزمون به ترتیب، صحت نتایج حاصل از تخمین (نبود خودهمبستگی) و معتبر بودن

1. Younsi, M. & Bechtini, M
2. D'Elia, E. & De Santis, R.
3. Deyshappriya, N. P.
4. Baeten, L.
5. Lim, G. C. & McNelis, P. D.
6. Asteriou, D., et al.
7. Agnello, L. & Sousa, R. M.
8. Reuveny, R. & Li, Q.
9. Birchfield, V. & Crepez, M. M.

ابزارهای مورد استفاده در تخمین به روش GMM را نشان می‌دهند. اگر جملات اخلاص به صورت جمله اخلاص خالص (iid) باشند، انتظار بر این است که آماره مرتبه اول آزمون آرلانو-باند منفی و معنی‌دار بوده و آماره مرتبه دوم بی‌معنی باشد (حقیقت و اکبر موسوی، ۱۳۹۷). همچنین در صورتی که مقدار ارزش احتمال آزمون سارجنت بزرگ‌تر از ۰/۰۵ باشد، فرضیه صفر آن مبنی بر مناسب بودن متغیر ابزاری انتخاب شده رد نمی‌شود. در نتیجه ابزار انتخاب شده برای تخمین معتبر است.

طبق نتایج آزمون‌های فوق، مقدار ارزش احتمال آزمون سارجنت برای هر ۶ مدل، بزرگتر از ۰/۰۵ است. در نتیجه فرضیه صفر این آزمون پذیرفته می‌شود. به عبارت دیگر، ابزارهای مورد استفاده در مدل‌ها معتبر بوده‌اند. مقدار ارزش احتمال مرتبه اول آزمون آرلانو-بوند (AR(1)) برای تمامی مدل‌ها، کمتر از ۰/۰۵ بوده (معنی‌دار) و آماره مرتبه دوم (AR(2)) این آزمون نیز، برای هر ۶ مدل بی‌معنی بوده است. بنابراین با توجه به نتایج دو آزمون فوق، خوبی برازش مدل تأیید می‌شود.

۶. بحث و نتیجه‌گیری

در دهه‌های اخیر بحران‌های مالی متعددی به وقوع پیوسته است. از جمله این بحران‌ها می‌توان به بحران بدهی آمریکای لاتین در اوایل دهه ۱۹۸۰، بحران تکیلای مکزیکی در سال ۱۹۹۴، بحران کشورهای جنوب شرق آسیا در سال ۱۹۹۷ و بحران بزرگ مالی جهانی در سال ۲۰۰۷-۲۰۰۸ اشاره نمود. بحران‌های بانکی به واسطه پیامدهایی که در اقتصاد از خود به جای می‌گذارند، منجر به تغییراتی در توزیع درآمد افراد نیز می‌شوند. در این بین، علت وقوع بحران‌ها متفاوت بوده و انتظار می‌رود هر مسیر علی‌متفاوت، برای افراد پیامدهای متفاوتی داشته باشد. اگر بحران با رکود اقتصادی عمومی همراه باشد (البته همواره این‌طور نیست)، فقر افزایش یافته و نابرابری ایجاد می‌شود. اما به دنبال تغییرات کوتاه‌مدت جهت رفع اثرات بحران، نابرابری بهبود می‌یابد، چراکه گروه‌های با درآمد بالاتر به‌طور موقت، کاهش در درآمد را تجربه می‌کنند. به هر حال، بسیاری از دلایلی که منجر به بحران‌های عمده یا مکرر بخش مالی می‌شوند، به‌طور منطقی با جوامع نابرابرتری در ارتباط هستند.

در همین راستا، مطالعه حاضر به بررسی تأثیر بحران‌های بانکی بر توزیع درآمد طبقات ثروتمند، متوسط و فقیر، طی دوره زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۰ برای ۶۰ کشور منتخب جهان که

داده‌های آن‌ها در دسترس بود، پرداخت. بدین منظور، ۶ مدل مختلف تخمین زده شد که متغیر وابسته هر کدام از آن‌ها، سهم درآمد صدک‌های مختلف درآمدی بوده است.^۱ نتایج تخمین مدل تحقیق به روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) نشان داد که بحران بانکی بر سهم صدک‌های ۱، ۱۰ و ۲۰ درصد بالای درآمد، تأثیر منفی دارد. به عبارت دیگر، وقوع بحران بانکی سهم درآمدی این افراد را از کل درآمد جامعه کاهش می‌دهد. در این بین، کاهش در سهم در آمد ۱۰ درصد برتر (۴۲۶/۰-)، بیشتر از دو صدک ۱ و ۲۰ درصد برتر بوده است. همچنین بحران بانکی سهم درآمد افراد طبقه متوسط (صدک‌های ۲۱ تا ۷۹) و ۲۰ درصد پایین افراد (طبقه فقیر) را افزایش می‌دهد که در این بین، افزایش در طبقه متوسط بسیار بیشتر است. در نهایت، در پایین‌ترین گروه درآمدی (صدک‌های ۱۰ درصد پایین) نیز، رابطه بحران‌های بانکی و سهم درآمدی منفی است. با وجود این که افراد صدک مذکور نیز همانند صدک‌های برتر درآمدی، کاهش در درآمد را تجربه می‌کنند اما کاهش در سهم درآمد آن‌ها بسیار کمتر از زیان‌هایی است که صدک‌های درآمدی بالا تجربه می‌کنند. در کل می‌توان نتیجه گرفت که وقوع بحران بانکی با کاهش سهم درآمدی طبقات ثروتمند و نیز افزایش در سهم درآمد طبقات متوسط و ۲۰ درصد پایین، منجر به کاهش نابرابری در درآمد شده است.

علاوه بر متغیر بحران بانکی که متغیر اصلی تحقیق حاضر است، متغیرهای نسبت مخارج عمومی به GDP، توسعه مالی، باز بودن تجاری، باز بودن مالی، حاکمیت سیاسی، تولید ناخالص داخلی و مجذور آن به عنوان متغیرهای کنترلی، در مدل حضور داشته‌اند. نتایج برآورد مدل نشان داد که متغیرهای توسعه مالی و باز بودن مالی، با افزایش سهم درآمد طبقات ثروتمند و کاهش سهم طبقات متوسط و فقیر، نابرابری درآمدی را افزایش داده‌اند. متغیرهای مخارج عمومی به GDP، باز بودن تجاری و تولید ناخالص داخلی و مجذور آن نیز، منجر به کاهش نابرابری درآمد شده‌اند.

در مطالعه حاضر، با بررسی اثرات بحران‌های بانکی به تفکیک طبقات مختلف درآمدی، طبقات منتفع و متضرر از بحران بانکی شناسایی شدند. با توجه به ادبیات موضوع و نتایج

۱. صدک ۱/ برتر (مدل ۱)، صدک ۱۰/ برتر (مدل ۲)، صدک ۲۰/ برتر (مدل ۳)، صدک ۲۱ تا ۷۹ (مدل ۴)، صدک ۲۰/ پایین (مدل ۵) و صدک ۱۰/ پایین (مدل ۶).

به دست آمده از این تحقیق، می‌توان گفت که در زمان وقوع بحران بانکی، افراد ثروتمند جامعه به واسطه داشتن دارایی‌های متعدد، از بحران آسیب می‌بینند و قشر کم‌درآمد نیز به واسطه از دست دادن شغل، از اثرات نامطلوب بحران بی‌نصیب نمی‌مانند. لذا برای مدیریت اثرات سوء بحران بانکی، دولت‌ها می‌توانند از صدک‌های پایین درآمدی به شکل ارائه یارانه و بسته‌های حمایتی، تسهیل اشتغال و اعطای وام با بهره کم حمایت کنند. همچنین از صدک‌های بالای درآمدی نیز مالیات‌هایی نظیر مالیات بر عایدی سرمایه اخذ کنند تا در نهایت، با کاهش سهم درآمدی صدک‌های ثروتمند و افزایش سهم صدک‌های پایین‌تر، توزیع درآمد بهبود یافته و نابرابری درآمدی کمتر شود. همچنین می‌توان با رصد مداوم شاخص‌های پیشرو بحران نظیر تورم، نسبت اعتبار به GDP، نسبت نقدینگی و ... و اتخاذ سیاست‌های مناسب در قبال آن‌ها، از وقوع بحران بانکی و به دنبال آن، نابرابری در توزیع درآمد جلوگیری کرد.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

ORCID

Zahra Sheikhalizadeh		http://orcid.org/0009-0008-7424-6536
Jafar Haghghat		http://orcid.org/0000-0002-5470-5220
Zahra Karimi Takanlou		http://orcid.org/0000-0001-9606-2756
Seyed Saleh Akbar Mousavi		http://orcid.org/0000-0001-6935-6054

منابع

ابراهیمی کلاریجانی، کوثر. (۱۳۹۹). بررسی اثر نابرابری درآمدی بر وقوع بحران‌های بانکی در ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه آموزش عالی غیردولتی ادیب مازندران، مازندران. احمدی شادمهری، محمدطاهر، قائد، ابراهیم و مرادی، مژگان. (۱۳۹۸). عوامل مؤثر بر نابرابری توزیع درآمد در ایران با تأکید بر نقش مهاجرت و شهرنشینی. دو فصلنامه مطالعات جمعیتی، (۱)۵، ۱۲۷-۱۴۷. https://jips.nipr.ac.ir/article_108264.html?lang=fa

- اشرفی، سکینه، بهبودی، داود و دژپسند، فرهاد. (۱۳۹۷). بررسی رابطه غیرخطی نابرابری درآمدی و رشد اقتصادی: مطالعه موردی ایران. *فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۵(۳)، ۲۱-۴۲.
https://ecoj.tabrizu.ac.ir/article_7746.html?lang=fa
- اکبر موسوی، سیدصالح، سلمانی، بهزاد. (۱۴۰۱). شناسایی عوامل مؤثر بر زیان‌های بحران بانکی، پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۷(۹۲)، ۹-۴۳.
<https://doi.org/10.22054/ijer.2022.63191.1032>
- اکبر موسوی، سیدصالح، سلمانی، بهزاد. (۱۴۰۰). تاریخ‌های بحران بانکی و زیان‌های تولید پس از بحران، پژوهشنامه اقتصادی، ۸۲(۲۱)، ۱۲۱-۱۶۱.
<https://doi.org/10.22054/joer.2022.65183.1023>
- تقی‌نژاد عمران، وحید، میلا علمی، زهرا و رمضان‌پور، مبین. (۱۴۰۱). تأثیر متغیر سیاسی در رابطه میان حق‌الضرب و نابرابری درآمدی کشورهای منتخب (OECD, D8). *فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی*، ۱۶(۵۸)، ۸۵-۱۰۱.
<https://doi.org/10.30495/eco.2022.1954261.2637>
- جعفری، مهدی، عمادی، سیدجواد و رمضان‌پور، اسماعیل. (۱۴۰۰). بررسی تأثیر همزمان سیاست پولی و مالی بر نابرابری درآمدی در ایران. *فصلنامه اقتصاد کاربردی*، ۱۱(۳۶)، ۳۹-۵۱.
<https://sanad.iau.ir/Journal/jae/Article/804021>
- حقیقت، جعفر و اکبر موسوی، سیدصالح. (۱۳۹۷). *اقتصادسنجی کاربردی پیشرفته همراه با نرم‌افزارهای JMulti، EViews10 و Stata15.1*. انتشارات نورعلم، تهران.
- داودی، پرویز و سبزی خوشنامی، حسن. (۱۴۰۰). اثر آستانه‌ای توسعه مالی بر نابرابری درآمد در ایران؛ مقایسه بخش بانکی و بازار سهام. *پژوهش‌نامه اقتصادی*، ۲۱(۸۳)، ۱۴۷-۱۶۳.
<https://doi.org/10.22054/joer.2022.64956.1022>
- رمضان‌پور، اسماعیل، صداقت کالمرزی، هانیه. (۱۴۰۰). اثر ترکیب مخارج دولت بر رژیم‌های نابرابری توزیع درآمد در ایران. *فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۸(۳)، ۲۴۳-۲۶۶.
<https://doi.org/10.22034/ecoj.2021.45362.2855>
- عبدی سیدکلایی، محمد، زورکی، شهریار و ابراهیمی کلاریجانی، کوثر. (۱۴۰۱). بررسی اثر نابرابری درآمدی بر احتمال وقوع تنش‌های بانکی در ایران. *مجله برنامه‌ریزی و بودجه*، ۲۷(۲)، ۱۵۳-۱۷۳.
<https://doi.org/10.52547/jpbud.27.2.153>
- فراحتی، محبوبه و سلیمی، لیلا. (۱۴۰۰). آزمون تجربی فرضیه منحنی کوزنتس مالی برای ایران. *فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی*، ۱۶(۵۷)، ۶۷-۸۵.
<https://doi.org/10.30495/eco.2022.1947144.2605>

- کریمی، محمدشریف، حیدریان، مریم و چشم آغیل، مسعود. (۱۳۹۹). بررسی اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت نابرابری درآمد بر بحران بانکی در ایران؛ رویکرد ARDL. *پژوهش‌های اقتصاد پولی-مالی*، ۲۷(۲۰)، ۴۷-۷۷. <https://doi.org/10.22067/mfe.2020.39556>
- کریمی، هژین. (۱۴۰۱). *اثر نابرابری درآمدی بر بحران بانکی برای ۹ کشور در حال توسعه نفتی*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی، کرمانشاه.
- نوبهار، الهام، پناهی، حسین و مهری، زهرا. (۱۴۰۲). بررسی رابطه بین نابرابری درآمد، شهرنشینی و رشد اقتصادی در استان‌های ایران. *مجله برنامه‌ریزی و بودجه*، ۲۸(۱)، ۹۷-۱۲۲. <https://doi.org/10.61186/jpbud.28.1.97>
- نورمحمدی، خسرو، عرب‌مازار، عباس، مهرگان، نادر و پرتویی، بامداد. (۱۳۹۹). تحلیل اثرگذاری مخارج دولت بر نابرابری درآمدی در استان‌های کشور (روش GMM). *فصلنامه اقتصاد مالی*، ۱۴(۵۳)، ۱-۱۹. <https://sanad.iau.ir/Journal/ecj/Article/1062705>

References

- Abdi Seyyedkolae, M., Zaroki, S., & Ebrahimi Kelarjani, K. (2022). The effect of income inequality on the probability of banking tensions in Iran. *JPBUD*, 27(2), 153-173. [In Persian] <https://doi.org/10.52547/jpbud.27.2.153>
- Agnello, L., & Sousa, R. M. (2012). How do banking crises impact on income inequality?. *Applied Economics Letters*, 19(15), 1425-1429. <https://doi.org/10.1080/13504851.2011.631885>
- Ahmadi Shadmehri, M., Ghaed, E., & Moradi, M. (2019). The influencing factors of income inequality in Iran with emphasis on the role of migration and urbanization. *Iranian Population Studies*, 5(1), 127-147. [In Persian] https://jips.nipr.ac.ir/article_108264.html?lang=fa
- Akbar Mousavi, S. S., & Salmani, B. (2022). The Determinants of Banking Crisis Losses. *Iranian Journal of Economic Research*, 27(92), 9-43. [In Persian] <https://doi.org/10.22054/ijer.2022.63191.1032>
- Akbar Mousavi, S. S., & Salmani, B. (2021). Banking Crisis Dates and Output Losses Following Crises. *Economics Research*, 21(82), 129-161. [In Persian] <https://doi.org/10.22054/joer.2022.65183.1023>
- Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *The Review of Economic Studies*, 58(2), 277-297. <https://doi.org/10.2307/2297968>
- Ashrafi, S., Behbudi, D., & Dejpasand, F. (2018). Study of non-linear relationship between income inequality and economic growth: A case of Iran. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 5(3), 21-42. [In Persian] https://eco.j.tabrizu.ac.ir/article_7746.html?lang=fa

- Asteriou, D., Dimelis, S., & Moudatsou, A. (2014). Globalization and income inequality: A panel data econometric approach for the EU27 countries. *Economic Modelling*, 36, 592-599. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.09.051>
- Atkinson, A. B., & Morelli, S. (2011). Economic crises and inequality. *UNDP-HDRO occasional papers*, (2011/6), 1-70. <https://hdr.undp.org/content/economic-crises-and-inequality>
- Baeten, L. (2016). The effects of financial crises on income inequality: evidence in the long run of history. *Erasmus School of Economics*. <https://thesis.eur.nl/pub/34780/Baeten-L.-434598.pdf>
- Baldacci, E., De Mello, L., & Inchauste, G. (2004). Financial crises, poverty, and income distribution. In *Macroeconomic Policies and Poverty Reduction* (269-307). Routledge. <https://api.taylorfrancis.com/content/chapters/oa-edit/download?identifierName=doi&identifierValue=10.4324/9780203005804-15&type=chapterpdf>
- Bazillier, R., & Hericourt, J. (2017). The circular relationship between inequality, leverage, and financial crises. *Journal of Economic Surveys*, 31(2), 463-496. <https://doi.org/10.1111/joes.12150>
- Bellettini, G., Delbono, F., Karlström, P., & Pastorello, S. (2019). Income inequality and banking crises: Testing the Bellee level hypothesis directly. *Journal of macroeconomics*, 62, 103054. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2018.08.007>
- Birchfield, V., & Crepaz, M. M. (1998). The impact of constitutional structures and collective and competitive veto points on income inequality in industrialized democracies. *European Journal of Political Research*, 34(2), 175-200. <https://doi.org/10.1111/1475-6765.00404>
- Blair, M. M. (2010). Financial innovation and the distribution of wealth and income. *Vanderbilt Law and Economics Research Paper*, (10-22), 10-32. <https://ssrn.com/abstract=1656451>
- Bordo, M. D., & Meissner, C. M. (2012). Does inequality lead to a financial crisis?. *Journal of International Money and Finance*, 31(8), 2147-2161. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2012.05.006>
- Brown, M. (2013). The transmission of banking crises to households: lessons from the 2008-2011 crises in the ECA region. *World Bank Policy Research Working Paper*, (6528). <https://doi.org/10.1596/1813-9450-6528>
- Calvo, S. G. (2013). Financial Crises, Social Impact, and Risk Management: Lessons and Challenges. *School of International and Public Affairs*, Columbia University, 1-44. https://www.researchgate.net/publication/303484837_Financial_Crises_Social_Impact_and_Risk_Management_Lessons_and_Challenges
- Chinn, M. D., & Ito, H. (2006). What matters for financial development? Capital controls, institutions, and interactions. *Journal of Development Economics*, 81(1), 163-192. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2005.05.010>

- Chinn, M. D., & Ito, H. (2023). The Chinn-Ito Index, A de jure measure of financial openness, Update 2021, Available: http://web.pdx.edu/~ito/Chinn-Ito_website.htm, (Accessed, November 2023).
- Claessens, S., & Perotti, E. (2007). Finance and inequality: Channels and evidence. *Journal of Comparative Economics*, 35(4), 748-773. <https://doi.org/10.1016/j.jce.2007.07.002>
- Davoudi, P., & Sabzi Khoshnami, H. (2021). Nonlinear effect of financial development on income inequality in Iran; Comparison of banking sector and stock market. *Economics Research*, 21(83), 147-163. [In Persian] <https://doi.org/10.22054/joer.2022.64956.1022>
- De Haan, J., & Sturm, J. E. (2017). Finance and income inequality: A review and new evidence. *European Journal of Political Economy*, 50, 171-195. <https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2017.04.007>
- D'Elia, E., & De Santis, R. (2019). Growth divergence and income inequality in OECD countries: the role of trade and financial openness. *LEQS Paper*, (148). <http://aei.pitt.edu/102415/1/LEQSPaper148.pdf>
- Deyshappriya, N. P. (2017). Impact of macroeconomic factors on income inequality and income distribution in Asian countries, 1-16. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/234271/adbi-wp696.pdf>
- Ebrahimi Kilarjani, K. (2020). Investigating the effect of income inequality on the occurrence of banking crises in Iran. Ma thesis, *Adib Institute of Mazandaran*, Mazandaran. [In Persian] <https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/c668827bc29c5f229e70d14d9d28e1c5>
- El Herradi, M., & Leroy, A. (2022). The rich, poor, and middle class: Banking crises and income distribution. *Journal of International Money and Finance*, 127, 102695. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2022.102695>
- Farahati, M., Salimi, L. (2022). An empirical test of the financial kuznets curve hypothesis for Iran, *Journal of Economic Modelling*, 16(57), 67-85. [In Persian] <https://doi.org/10.30495/eco.2022.1947144.2605>
- Ferreira, F. H., Prenzushi, G., & Ravallion, M. (1999). *Protecting the poor from macroeconomic shocks (2160)*. World Bank Publications. <https://ssrn.com/abstract=620622>
- Fitoussi, J. P., & Saraceno, F. (2010). Europe: How deep is a crisis? Policy responses and structural factors behind diverging performances. *Journal of Globalization and Development*, 1(1), 1-16. <http://www.ofce.sciences-po.fr/pdf/dtravail/WP2009-31.pdf>
- Frankenberg, E., Thomas, D., & Beegle, K. (1999). *The real costs of Indonesia's economic crisis: Preliminary findings from the Indonesia Family Life Surveys (No. 99-04)*. <https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/drafts/2008/DRU2064.pdf>
- Haghighat, J. & Akbar Mousavi, S. S. (2017). Advanced applied econometrics with JMulTi, EViews 10 and Stata 15.1 softwares, Nooreelm, Tehran. [In Persian] <https://www.adinehbook.com/gp/product/6001692815>

- Honohan, P. (2005). *Banking sector crises and inequality* (Vol. 3659). World Bank Publications. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-3659>
- Iacoviello, M. (2008). Household debt and income inequality, 1963–2003. *Journal of Money, Credit and Banking*, 40(5), 929-965. <https://www.jstor.org/stable/25096287>
- Jafari, M., Emadi, J., & Ramazanour, E. (2021). Investigating the simultaneous effect of monetary and fiscal policy on income inequality in Iran. *Journal of Applied Economics*, 11(36), 39-51. [In Persian] <https://sanad.iau.ir/Journal/jae/Article/804021>
- Jaumotte, F., Lall, S., & Papageorgiou, C. (2013). Rising income inequality: technology, or trade and financial globalization?. *IMF Economic Review*, 61(2), 271-309. <https://www.jstor.org/stable/43302166>
- Karimi, H. (2022). The effect of income inequality on banking crisis for nine oil developing countries. Ma thesis, *University of Kermanshah*, Kermanshah. [In Persian] <https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/609a30978590c4ea8ff4d8845baf9c7b>
- Karimi, M. S., Heidarian, M., & Cheshmaghil, M. (2021). Short-term and long-run effects of income inequality on banking crisis in Iran; ARDL approach. *Monetary & Financial Economics*, 27(20), 47-77. [In Persian] <https://doi.org/10.22067/mfe.2020.39556>
- Knutsen, S., & Sjøgren, H. (2009). Institutional clash and financial fragility. An evolutionary model of banking crises. *MPRA paper*, (13133), 1-31. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/id/eprint/13133>
- Kumhof, M., & Rancière, R. (2010). Inequality, leverage, and crisis (IMF Working Paper 10/268). *Washington, DC: International Monetary Fund*, 1-37. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2010/wp10268.pdf>
- Kumhof, M., Rancière, R., & Winant, P. (2015). Inequality, leverage, and crises. *American Economic Review*, 105(3), 1217-1245. <https://doi.org/10.1257/aer.20110683>
- Laeven, L., & Valencia, F. (2013). Systemic banking crises database. *IMF Economic Review*, 61(2), 225-270. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2012/wp12163.pdf>
- Laeven, L., & Valencia, F. (2020). Systemic banking crises database II. *IMF Economic Review*, 68, 307-361. <http://link.springer.com/10.1057/s41308-020-00107-3>
- Lainà, P., Nyholm, J., & Sarlin, P. (2015). Leading indicators of systemic banking crises: Finland in a panel of EU countries. *Review of Financial Economics*, 24, 18-35. <https://doi.org/10.1016/j.rfe.2014.12.002>
- Lim, G. C., & McNelis, P. D. (2014). *Income inequality, trade and financial openness. Conference on: Macroeconomic Challenges Facing Low-Income Countries*, 1-31. <https://www.imf.org/external/np/seminars/eng/2014/lic/pdf/Lim.pdf>
- Loayza, N., Ouazad, A., & Ranciere, R. (2018). Financial development, growth, and crisis: is there a trade-off?. In *Handbook of Finance and Development*, 289–311. Edward Elgar Publishing. <https://www.nber.org/papers/w24474>

- Marshall, M. G., & Gurr, T. R. (2020). Polity5: Political regime characteristics and transitions, 1800-2018. *Center for Systemic Peace*.
<https://www.systemicpeace.org/inscrdata.html>
- Milanovich, B. (2009) Two Views on the Cause of the Global Crisis – Part I, *Yale Global Online*. <http://yaleglobal.yale.edu/content/two-views-global-crisis>
- Nobahar, E., Panahi, H., & Mehri, Z. (2023). Investigating the relationship between income inequality, urbanization, and economic growth in provinces of Iran. *JPBUD*, 28(1), 97-122. [In Persian]
<https://doi.org/10.61186/jpbud.28.1.97>
- Noor Mohammadi, K., Arab Mazar, A., Mehregan, N., & Partoyi, B. (2020). An analysis of government expenditures influences on income inequality in provinces of Iran (GMM method). *Journal of Financial Economics*, 14(53), 1-19. [In Persian]
<https://sanad.iau.ir/Journal/ecj/Article/1062705>
- Peña, G. (2017). Income inequality, fiscal consolidation and banking crises. In *XXIV Encuentro de Economía Pública* (p. 58). Universidad de Castilla-La Mancha. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6121526.pdf>
- Peña, G. (2021). How do income inequality and fiscal consolidation impact on banking crises? A post-Keynesian views. *Review of Economic Analysis*, 13(1), 89-114. <https://doi.org/10.15353/rea.v13i1.1712>
- Phelan, G. (2016). Financial intermediation, leverage, and macroeconomic instability. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 8(4), 199-224. <https://doi.org/10.1257/mac.20140233>
- Rajan, R. (2010). Fault lines. Princeton University Press. *Princeton, NJ*.
<https://press.princeton.edu/books/paperback/9780691152639/fault-lines>
- Ramazanpoor, E., & Sedaghat Kalmarzi, H. (2021). The effect of combined government expenditure on income inequality regimes in Iran. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 8(3), 243-266. [In Persian] <https://doi.org/10.22034/ecoj.2021.45362.2855>
- Reuveny, R., & Li, Q. (2003). Economic openness, democracy, and income inequality: An empirical analysis. *Comparative Political Studies*, 36(5), 575-601. <https://doi.org/10.1177/001041400303600500>
- Rhee, D. E., & Kim, H. (2018). Does income inequality lead to banking crises in developing countries? Empirical evidence from cross-country panel data. *Economic Systems*, 42(2), 206-218.
<https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2017.08.007>
- Roy, S., & Kemme, D. M. (2012). Causes of banking crises: Deregulation, credit booms and asset bubbles, then and now. *International Review of Economics & Finance*, 24, 270-294.
<https://doi.org/10.1016/j.iref.2012.04.001>
- Stockhammer, E. (2012). Rising inequality as a root cause of the present crisis. *Political Economy Research Institute*, 282, 1-31.
<https://www.academia.edu/download/81658584/WP282.pdf>
- Taghinejad Imran, V., Mila Elmi, Z., & Ramzanpour, M. (2023). The effect of the political variable on the relationship between the monetary seigniorage and the income inequality of the selected countries (OECD,

- D8). *Journal of Economic Modeling*, 16(58), 85-101. [In Persian]
<https://doi.org/10.30495/eo.2022.1954261.2637>
- The World Bank, Available:
<https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups>, (Accessed, March 2023).
- The World Bank, World Development Indicators, Available:
<https://databank.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG/1f4a498/Popular-Indicators>, (Accessed, April 2023).
- The World Bank, World Inequality Database, Available:
<https://www.wid.world/data>, (Accessed, April 2023).
- Wisman, J. D. (2013). Wage stagnation, rising inequality and the financial crisis of 2008. *Cambridge Journal of Economics*, 37(4), 921-945.
<https://www.jstor.org/stable/23601735>
- Younsi, M., & Bechtini, M. (2020). Economic growth, financial development, and income inequality in BRICS countries: does Kuznets' inverted U-shaped curve exist?. *Journal of the Knowledge Economy*, 11, 721-742.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s13132-018-0569-2>

استناد به این مقاله: شیخعلی زاده، زهرا، حقیقت، جعفر، کریمی تکانلو، زهرا و اکبر موسوی، سید صالح (۱۴۰۲).
تأثیر بحران بانکی بر توزیع درآمد طبقات مختلف درآمدی. *پژوهش‌های اقتصادی ایران*. ۲۸(۹۷). ۲۳۹-۲۷۸.



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

جدول ۳. اسامی کشورها

اسامی کشورها	بازه زمانی	سال بحرانی	اسامی کشورها	بازه زمانی	سال بحرانی
انگولا ^۲	۲۰۲۰-۲۰۱۵	۲۰۱۶	قبرس ^۴	۲۰۲۰-۲۰۰۱	۲۰۱۲
آفریقای جنوبی ^۳	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۰۱	قرقیزستان ^۲	۲۰۲۰-۱۹۹۷	۲۰۱۴
اردن ^۳	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۱۹۹۰	کامرون ^۲	۲۰۱۸-۱۹۹۰	۲۰۱۶
ارمنستان ^۳	۲۰۲۰-۲۰۰۸	۲۰۰۸	کره جنوبی ^۴	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۱۹۹۷
اروگوئه ^۴	۲۰۱۵-۱۹۹۰	۲۰۰۲	کرواسی ^۴	۲۰۲۰-۱۹۹۶	۲۰۰۵
اسپانیا ^۴	۲۰۲۰-۲۰۰۲	۲۰۱۲	کلمبیا ^۳	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۱۹۹۸
اسلوونی ^۴	۲۰۲۰-۲۰۰۴	۲۰۱۲	کنیا ^۴	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۱۹۹۲
اوکراین ^۲	۲۰۲۰-۲۰۰۸	۲۰۰۸	کونگو ^۲	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۱۹۹۸
ایتالیا ^۴	۲۰۲۰-۲۰۰۱	۲۰۱۱	گابن ^۳	۲۰۱۹-۱۹۹۰	۲۰۰۶
ایران ^۲	۲۰۱۶-۱۹۹۰	۲۰۰۸	گوآتمالا ^۳	۲۰۲۰-۱۹۹۹	۱۹۹۹
بلاروس ^۳	۲۰۲۰-۲۰۰۷	۲۰۱۰	لبنان ^۲	۲۰۱۷-۲۰۰۵	۲۰۱۷
بلژیک ^۴	۲۰۲۰-۲۰۰۱	۲۰۱۱	لهستان ^۴	۲۰۲۰-۱۹۹۵	۲۰۰۸
بلغارستان ^۳	۲۰۲۰-۱۹۹۴	۱۹۹۶	لیتوانی ^۴	۲۰۲۰-۲۰۱۰	۲۰۱۵
بورکینافاسو ^۱	۲۰۱۹-۱۹۹۰	۲۰۱۴	ماداگاسکار ^۱	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۱۹۹۵
پاراگوئه ^۳	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۱۹۹۲	مالزی ^۳	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۱۹۹۷
پاکستان ^۲	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۱۹	مالی ^۱	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۱۴
پرتغال ^۴	۲۰۲۰-۲۰۰۱	۲۰۱۰	مجارستان ^۴	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۱۹۹۰
توگو ^۱	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۱۲	مصر ^۲	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۱۷
چاد ^۱	۲۰۲۰-۲۰۰۷	۲۰۱۶	مقدونیه ^۳	۲۰۲۰-۲۰۱۲	۲۰۱۲
دانمارک ^۴	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۰۸	مکزیک ^۳	۲۰۲۰-۱۹۹۴	۱۹۹۴
دومینیک ^۳	۲۰۲۰-۲۰۰۳	۲۰۰۳	موریس ^۳	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۰۲
رواندا ^۱	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۱۹۹۹	موزامبیک ^۱	۲۰۲۰-۱۹۹۱	۲۰۱۶
روسیه ^۳	۲۰۲۰-۲۰۰۱	۲۰۰۸	مولداوی ^۳	۲۰۲۰-۲۰۱۰	۲۰۱۵
رومانی ^۴	۲۰۲۰-۱۹۹۳	۱۹۹۹	نیجر ^۱	۲۰۲۰-۱۹۹۵	۲۰۱۴
ژاپن ^۴	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۱۹۹۰	نیکاراگوئه ^۲	۲۰۲۰-۱۹۹۹	۱۹۹۹
ساحل عاج ^۲	۲۰۱۷-۲۰۰۸	۲۰۱۶	هائیتی ^۲	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۰۲
سريلانكا ^۱	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۰۵	هلند ^۴	۲۰۲۰-۲۰۰۱	۲۰۰۷
سنگال ^۲	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۰۸	هند ^۲	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۱۹۹۲
سوئد ^۴	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۰۸	ویتنام ^۲	۲۰۲۰-۱۹۹۵	۲۰۱۰
فرانسه ^۴	۲۰۲۰-۲۰۰۱	۲۰۱۱	یونان ^۴	۲۰۲۰-۲۰۰۱	۲۰۱۵

۱. کشورهای با درآمد پایین ۲. کشورهای با درآمد متوسط پایین ۳. کشورهای با درآمد متوسط بالا ۴. کشورهای با

درآمد بالا

* تقسیم‌بندی کشورها براساس بانک جهانی (۲۰۲۳) هستند.

مأخذ: اکبر موسوی و سلمانی (۱۴۰۰)

فهرست

پویایی جداسازی مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی در ایران: شواهد جدید از رویکرد تحلیل عاملی در سطوح سه‌گانه انرژی ۶
سعید راسخی و سارا قنبرتبار

کاستی‌های معمای زندانی در تبیین پیدایش نهادها؛ همراه با مقدمه‌ای بر مدل جایگزین ۴۴
فرشاد مومنی و رضا شهره

مبانی، نقدها و دلالت‌های قضیه کوز: یک ارزیابی مجدد ۸۴
علی نصیری اقدم

سنجش ردپای بوم‌شناختی به منظور پیش‌بینی کاربری زمین در رویکرد داده-ستانده پویا ۱۱۷
سیمین عزیزمحمدی و فاطمه بزازان

سرریز تلاطمات بین نرخ ارز، تورم و نقدینگی در اقتصاد ایران: رویکرد TVP-VAR-BK ۱۵۲
سهیل رودری، سیدهادی عربی و ساناز رحیمی کاه‌کشی

پیشنهاددهی همزمان در بازارهای رقابتی برق و بورس انرژی برای یک نیروگاه حرارتی براساس ارزش فعلی خالص سود ۱۹۱
مهرنوش حاجی، مقصود امیری و محمدتقی تقوی‌فرد

تأثیر بحران بانکی بر توزیع درآمد طبقات مختلف درآمدی ۲۳۹
زهرا شیخعلی‌زاده، جعفر حقیقت، زهرا کریمی تکانلو و سیدصالح اکبر موسوی

زمینه های تمرکز فصلنامه:

الف- محورهای اصلی

- اقتصاد پولی و بانکی
- اقتصاد مالی
- اقتصاد شهری، منطقه‌ای و حمل و نقل
- اقتصاد توسعه و برنامه ریزی

ب- رویکردها

- رویکردهای چند رشته‌ای و بین رشته‌ای در تحلیل مسائل اقتصادی
- اقتصاد رفتاری و آزمایشگاهی
- اقتصاد سنجی
- داده-ستانده
- مدل‌های برنامه ریزی، تصمیم‌گیری، تئوری بازی و مدل‌های عامل محور
- نهادگرایی

ضوابط کلی پذیرش مقاله در فصلنامه:

الف- محتوای مقاله

۱. همراستایی با زمینه‌های تمرکز فصلنامه
۲. دارا بودن جنبه علمی و پژوهشی
۳. عدم ارسال و چاپ در سایر نشریات و کنفرانس‌های داخلی و خارجی

ب- چهارچوب نگارش

۱. ارسال مقاله تایپ شده (حداکثر ۳۰ صفحه در قالب فایل word) از طریق سامانه الکترونیکی به نشانی ijer.atu.ac.ir
۲. ارسال چکیده فارسی و انگلیسی به همراه واژگان کلیدی و طبقه‌بندی JEL. (حدود ۱۵۰ کلمه)
۳. در صفحات ابتدایی مقاله، عنوان و چکیده انگلیسی و کلمات کلیدی ارائه شود. چکیده انگلیسی ترجمه کامل و صحیح چکیده فارسی باشد. تاریخ‌های مورد اشاره در چکیده انگلیسی باید به میلادی تبدیل شوند. کلمات کلیدی عیناً ترجمه کلمات کلیدی فارسی (به ترتیب از A تا Z) و حرف اول کلمات با حرف بزرگ باشد.
۴. ارجاع درون‌متنی و منبع‌نویسی براساس روش APA
۵. ترجمه لاتین منابع فارسی، طبق فرمت استاندارد منابع لاتین، در انتهای منابع آورده شود و در ادامه منبع [In Persian] افزوده شود.
۶. نام کامل نویسنده یا نویسندگان در صفحه اول و عنوان علمی یا شغلی و آدرس الکترونیکی به صورت پانویس

۷. درج اعداد در جداول و نمودارها به فارسی و در فرمول‌ها به انگلیسی
۸. رعایت استاندارد A4 با لحاظ نمودن حاشیه از بالا، پایین، چپ و راست به ترتیب ۵/۳، ۴/۵، ۴/۵ و ۴/۵ سانتیمتر و فاصله 0.9 Multiple بین خطوط و رعایت اندازه فونت‌ها در قالب جدول زیر:

چهارچوب فونت‌های مورد استفاده در تدوین مقاله

نوع فونت	اندازه	موضوع
B Zar	15Bold	عنوان مقاله فارسی
B compset	10نازک	اسامی نویسندگان فارسی
B Zar	11نازک	متن چکیده فارسی
B lotus	14Bold	تیترهای داخل متن
B lotus	12Bold	کلیدواژه
B Zar	13نازک	متن
B compset	10 Bold	سرصفحه
B Zar	10 نازک	پانویس فارسی
Times NewRoman	10 نازک	پانویس لاتین
B lotus	11 نازک	عناوین جداول، نمودارها و شکل‌ها
B Zar	12 نازک	منابع فارسی
Times NewRoman	11 نازک	منابع لاتین
چکیده‌های انگلیسی		
Times NewRoman	11Bold	تیتر Abstract
Times NewRoman	14Bold	عنوان مقاله انگلیسی
Times NewRoman	12نازک	اسامی نویسندگان انگلیسی
Times NewRoman	11نازک	متن چکیده انگلیسی

۹. برای دریافت نسخه کامل راهنمای نگارش به آدرس زیر مراجعه فرمایید:
<http://ijer.atu.ac.ir/Journal/authors.note>

مشاوران علمی این شماره فصلنامه

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| ◆ دکتر ابوالفضل شاه آبادی | ◆ دکتر سیروس امیدوار |
| ◆ دکتر قهرمان عبدلی | ◆ دکتر علی اصغر بانویی |
| ◆ دکتر محمد قاسمی ششده | ◆ دکتر عاطفه تکلیف |
| ◆ دکتر تیمور محمدی | ◆ دکتر اسفندیار جهانگرد |
| ◆ دکتر حبیب مروت | ◆ دکتر کیومرث حیدری |
| ◆ دکتر پریسا مهاجری | ◆ دکتر یدالله دادگر |
| ◆ دکتر محسن مهر آرا | ◆ دکتر رضا زمانی |
| | ◆ دکتر عباس شاکری |

سایر همکاران

ویراستار علمی (فارسی): دکتر تیمور محمدی

ویراستار انگلیسی: پرویز رسولی

ویراستار ادبی: جواد گیانلو

صفحه آرا: جواد گیانلو

نشانی: تهران - خیابان شهید بهشتی - نبش احمد قصیر - پژوهشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی

کد پستی: ۱۵۱۳۶۱۵۴۱۱

تلفن: ۸۸۷۰۳۲۶۱ و ۲- ۸۸۷۲۵۴۰۰

دورنگار: ۸۸۷۰۳۲۶۳

آدرس وبسایت: ijer.atu.ac.ir پست الکترونیکی: ijer@atu.ac.ir

فصلنامه علمی پژوهش‌های اقتصادی ایران

دانشگاه علامه طباطبائی - پژوهشکده اقتصاد
سال بیست‌وهشتم - شماره ۹۷ - زمستان ۱۴۰۲
صاحب امتیاز: دانشگاه علامه طباطبائی
مدیر مسئول: دکتر تیمور محمدی
سردبیر: دکتر علی اصغر بانویی
دبیر تخصصی: دکتر رضا طالبلو
کارشناس: سمیه اقلامی

هیأت تحریریه

کریم اسلمولوئیان	حسین عباسی نژاد
استاد اقتصاد؛ دانشگاه شیراز	استاد اقتصاد؛ دانشگاه تهران
علی اصغر بانویی	قهرمان عبدلی
استاد اقتصاد؛ دانشگاه علامه طباطبائی	استاد اقتصاد؛ دانشگاه تهران
محمد بخشوده	عبدالرسول قاسمی
استاد اقتصاد؛ دانشگاه شیراز	دانشیار اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی
جاوید بهرامی	غلامرضا کشاورز حداد
دانشیار اقتصاد؛ دانشگاه علامه طباطبائی	دانشیار اقتصاد؛ دانشگاه صنعتی شریف
اسفندیار جهانگرد	تیمور محمدی
دانشیار اقتصاد؛ دانشگاه علامه طباطبائی	استاد اقتصاد؛ دانشگاه علامه طباطبائی
یدا. . . دادگر	سعید مشیری
استاد اقتصاد؛ دانشگاه شهید بهشتی	استاد اقتصاد؛ دانشگاه ساسکاچوان
محسن رنانی	ابوالقاسم مهدوی
استاد اقتصاد؛ دانشگاه اصفهان	دانشیار اقتصاد؛ دانشگاه تهران
عباس شاکری	عباس ولدخانی
استاد اقتصاد؛ دانشگاه علامه طباطبائی	استاد اقتصاد؛ دانشگاه سوین برن استرالیا

به موجب قانون مطبوعات، پروانه انتشار نشریه فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران به زبان فارسی و انگلیسی به شماره ۱۲۴/۳۵۴۸ مورخ ۱۳۸۰/۴/۹ از سوی وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی ثبت و صادر شده است. تمام حقوق برای دانشگاه علامه طباطبائی پژوهشکده اقتصاد محفوظ است. درج مطالب در این نشریه لزوماً منعکس کننده دیدگاه پژوهشکده و دانشگاه نیست. بدیهی است مسئولیت صحت مطالب هر مقاله برعهده نویسنده است.

این نشریه به استناد نامه مورخ ۱۳۸۸/۱۰/۸ مرکز اطلاع‌رسانی منطقه‌ای علوم و فناوری در پایگاه کتابخانه منطقه‌ای علوم و فناوری به نشانی www.srlst.com و همچنین در پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی به نشانی www.sid.ir، بانک اطلاعات نشریات کشور به نشانی www.magiran.com، پرتال جامع علوم انسانی به نشانی www.ensani.ir، پایگاه مجلات تخصصی نور به نشانی www.noormags.ir، سایت www.civilica.com و نیز در سایت نشریات دانشگاه علامه طباطبائی به نشانی ijer.atu.ac.ir نمایه می‌شود. ارسال مقالات صرفاً از طریق سایت دانشگاه علامه طباطبائی امکان‌پذیر است. این نشریه دارای ضریب IF از پایگاه استنادی جهان اسلام (ISC) است. لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی

ISSN 1726-0728

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علامه طباطبائی
پژوهشکده اقتصاد

پژوهش‌های اقتصادی ایران

فصلنامه علمی - پژوهشکده اقتصاد
دانشگاه علامه طباطبائی

سال بیست‌وهشتم - شماره نود و هفتم
زمستان ۱۴۰۲

این نشریه براساس تأییدیه شماره ۳/۲۹۱۰/۴۸۸ به تاریخ ۱۳۸۱/۴/۱۸ کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور حایز شرایط دریافت درجه علمی - پژوهشی شناخته شد.