

- ◀ ارزیابی اثر یکسان سازی نرخ ارز بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی (پدیده عبور نرخ ارز) در ایران
آزاده علیخانی، سید کمیل طیبی، سعید دائی کریمزاده
۹-۴۴

- ◀ بررسی مکانیسم انتقال قیمت مسکن بین کلان شهرهای ایران
روزبه بالونژادنوری، امیرعلی فرهنگ، فرشاد امیدجیوان
۴۵-۸۴

- ◀ بررسی ارتباط میان بازده سهام سبز و نااطمینانی‌های سیاستی: مطالعه موردی ایالات متحده آمریکا
امیررضا محمدی، محمود هوشمند، فرزانه احمدیان یزدی، سمیه میقانی
۸۵-۱۲۸

- ◀ تحلیل اقتصادی تغییر روش معدن کار از سطحی به زیرزمینی سنگ ساختمانی (مطالعه موردی: معدن ...
مجید نوریان بیدگلی، ابراهیم مهدوی
۱۲۹-۱۶۵

- ◀ نقش طرح تجارت برق نظیر به نظیر در افزایش تولید برق انرژی‌های تجدیدپذیر (مطالعه کاربردی در ...
هدی زبیری، محمد حسینی
۱۶۷-۲۰۱

- ◀ اثر تسویه بدهی دولت بر پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی و متغیرهای کلان اقتصادی در یک ...
محمد حسین مردی، علی سوری، هما اصفهانیان
۲۰۳-۲۴۳

راهنمای نگارش و ارسال مقاله

۱- محتوای شکلی مقاله

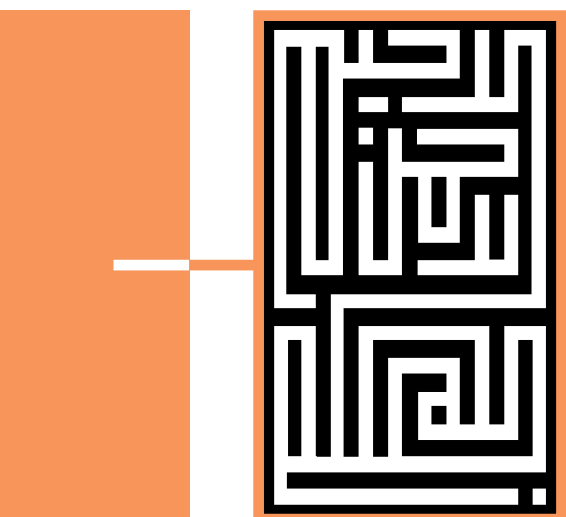
- مقاله‌های ارسالی نباید بیش از ۲۰ صفحه A۴ باشد.
- مقاله تایپ شده با قلم B Mitra ۱۳ برنامه Word ۲۰۱۰ و مطابق با معیارهای مندرج در این راهنما ارسال شود.

۲- ساختار علمی مقاله

- ساختار مقاله به صورت زیر تنظیم شود:
- مقدمه: شامل تعریف موضوع طرح مسأله و بیان اهداف.
- بررسی پیشینه: موضوع و چارچوب نظری و طرح پرسش‌ها/ یا فرضیات تحقیق.
- روش‌شناسی تحقیق: روش تحقیق متغیرهای مورد بررسی و فنون گردآوری و تحلیل داده‌ها.
- ارائه یافته‌ها، تجزیه و تحلیل و تفسیر آن‌ها.
- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری.
- یادداشت‌ها و پیوست‌ها (در صورت لزوم).
- فهرست منابع فارسی و انگلیسی به روش APA.
- خلاصه‌ای از سوابق و علایق آموزشی و پژوهشی نویسنده/ نام دانشگاه یا مؤسسه وابسته/ نشانی الکترونیکی.
- چکیده انگلیسی همراه با کلیدواژه‌ها در پایان مقاله.

۲- شیوه ارجاع و استناد

- ارجاع در متن مقاله
- پس از مطلب اقتباس شده، مستقیم یا غیرمستقیم: (نام خانوادگی صاحب اثر، سال انتشار: شماره صفحه یا صفحات).
- در صورتی که اثر مورد استفاده به زبان فارسی ترجمه شده باشد، تاریخ انتشار اثر ترجمه شده و در غیر این صورت تاریخ انتشار متن به زبان اصلی ذکر شود.
- ارجاع در پایان مقاله (کتابنامه)
- فهرست منابع مورد استفاده در پایان مقاله به ترتیب الفبایی حرف اول نام خانوادگی نویسنده یا صاحب اثر به شرح زیر تنظیم گردد.



بسمه تعالی
گواهی رتبه علمی



جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
معاونت پژوهش و فناوری
کمیسیون نشریات علمی

نشریه

مطالعات اقتصادی کاربردی ایران

با صاحب امتیازی دانشگاه بوعلی سینا بر اساس آیین نامه
نشریات علمی مصوب ۱۳۹۸/۰۲/۰۹ در ارزیابی سال
۱۳۹۹، موفق به کسب رتبه الف شده است.

پی تردید تلاش دست اندرکاران آن نشریه سهم بسزایی در
گسترش مرزهای دانش و ارتقای کیفی و کمی جایگاه علمی
کشور خواهد داشت.

محسن شریفی
مدیر کل دفتر سیاستگذاری و برنامه ریزی
امور پژوهشی و دبیر کمیسیون نشریات
علمی

رتبه علمی

الف

بررسی صحت گواهی در :
JOURNALS.MSRT.IR



مدیریت پژوهش و فناوری ایران
سامانه یکپارچه مدیریت
اطلاعات پژوهشی و فناوری
MAPFA.MSRT.IR

فصلنامه علمی

مطالعات اقتصادی کاربردی ایران

نشریه گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و علوم اجتماعی دانشگاه بوعلی سینا

با همکاری انجمن علمی اقتصاد توسعه منطقه‌ای

آغاز انتشار: آذرماه ۱۳۹۶

شاپای چاپی: ۲۵۳۰-۲۳۲۲

شاپای الکترونیکی: ۴۷۲X-۲۳۲۲

شماره مجوز ارشاد: ۲۲۷۸۷

نشریه دارای درجه علمی از کمیسیون بررسی اعتبار نشریات علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری براساس رأی

جلسه مورخ ۱۳۹۰/۱۲/۲۴ به شماره ۲/۲۷۱۰۱۶ به فصلنامه علمی پژوهشی است.

ناشر: دانشگاه بوعلی سینا



© حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان آن است. ۱۴۴۰. ناشر این مقاله، دانشگاه بوعلی سینا است.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

نشانی پایگاه نشریه: <https://aes.basu.ac.ir/>

فصلنامه علمی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران	
شماره ۵۶، سال ۱۴، خرداد ۱۳۹۴	
۹-۲۲	ارزش افزوده بخش خدمات: سنجش توانایی رقابتی بخش خدمات ایران در مقایسه با کشورهای منتخب
۲۵-۸۲	بررسی تأثیرات تغییرات قیمت نفت بر رشد اقتصادی ایران: یک مدل دینامیک
۸۵-۱۲۸	تأثیرات تغییرات قیمت نفت بر رشد اقتصادی ایران: یک مدل دینامیک
۱۲۹-۱۹۵	تحلیل اقتصادی تغییرات قیمت نفت بر رشد اقتصادی ایران: یک مدل دینامیک
۱۹۷-۲۰۱	تأثیرات تغییرات قیمت نفت بر رشد اقتصادی ایران: یک مدل دینامیک
۲۰۲-۲۲۳	تأثیرات تغییرات قیمت نفت بر رشد اقتصادی ایران: یک مدل دینامیک

فصلنامه علمی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران

سال ۱۴، شماره ۵۶، ۱۴۰۴

شاپای چاپی: ۲۵۳۰-۲۳۲۲
شاپای الکترونیکی: ۴۷۲۲-۲۳۲۲
صاحب امتیاز: دانشگاه بوعلی سینا
با همکاری: انجمن علمی اقتصاد توسعه منطقه ای
مدیر مسئول: سعید عیسی زاده
سر دبیر: محمد حسن فطرس
مدیر اجرایی: اسماعیل ترکمنی
مدیر داخلی و کارشناس: خلیل الله بیگ محمدی
ویراستار انگلیسی: آذر سرمدی جو
طراح لوگو: حمیدرضا چتربحر

هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا)

محسن بهمنی اسکویی (استاد گروه اقتصاد دانشگاه ویسکانسین آمریکا)
محمد هاشم پسران (استاد گروه اقتصاد دانشگاه کمبریج انگلستان)
محمد رضا فرزنانگان (استاد گروه اقتصاد دانشگاه فیلپس ماربورگ آلمان)
امیر کیا (استاد گروه اقتصاد دانشگاه یوتای آمریکا)
اسفندیار معصومی (استاد گروه اقتصاد کالج اموری، آمریکا)
عبدالکریم ذولکفلی (استاد گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه ملی مالزی)
سید عزیز آرمن (استاد گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران)
مصیب پهلوانی (دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده اقتصادی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران)
سعید راسخی (استاد گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه مازندران، مازندران، ایران)
محمد علیزاده (دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران)
سعید عیسی زاده (دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران)
علی حسین صمدی (دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران)
محمد حسن فطرس (استاد گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران)
محمد قربانی (استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران)
محمد رضا لطفعلی پور (استاد گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران)
محمد علی متفکر آزاد (استاد گروه توسعه اقتصادی، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران)
نادر مهرگان (استاد گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران)
محمود هوشمند (استاد گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران)

پست الکترونیکی نشریه: Email: aesi@basu.ac.ir

وبسایت: <https://aes.basu.ac.ir/>

آدرس نشریه: همدان، چهارباغ شهید احمدی روشن، دانشگاه بوعلی سینا، ساختمان مرکزی، معاونت پژوهشی، دفتر نشریات علمی دانشگاه.
تلفن: ۰۸۱-۳۱۴۰۱۴۵۵

- ارزیابی اثر یکسان سازی نرخ ارز بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی (پدیده عبور نرخ ارز) در ایران
آزاده علیخانی، سید کامیل طیبی، سعید دائی کریمزاده
۹-۴۴
- بررسی مکانیسم انتقال قیمت مسکن بین کلان شهرهای ایران
روزبه بالونژاد نوری، امیرعلی فرهنگ، فرشاد امیدجیوان
۴۵-۸۴
- بررسی ارتباط میان بازده سهام سبز و نااطمینانی‌های سیاستی: مطالعه موردی ایالات متحده آمریکا
امیررضا محمدی، محمود هوشمند، فرزانه احمدیان یزدی، سمیه میقانی
۸۵-۱۲۸
- تحلیل اقتصادی تغییر روش معدن کار از سطحی به زیرزمینی سنگ ساختمانی (مطالعه موردی: معدن سنگ ساختمانی دهبید)
مجید نوریان بیدگلی، ابراهیم مهدوی
۱۲۹-۱۶۵
- نقش طرح تجارت برق نظیر به نظیر در افزایش تولید برق انرژی‌های تجدیدپذیر (مطالعه کاربردی در راستای کاهش ناترازی برق)
هدی زبیری، محمد حسنی
۱۶۷-۲۰۱
- اثر تسویه بدهی دولت بر پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی و متغیرهای کلان اقتصادی در یک مدل DSGE
محمد حسین مردی، علی سوری، هما اصفهانیان
۲۰۳-۲۴۳

مرضیه اسفندیاری	استادیار دانشگاه سیستان و بلوچستان
محسن ابراهیمی	دانشیار دانشگاه بوعلی سینا
اسماعیل ترکمنی	دکتری اقتصاد دانشگاه بوعلی سینا
یونس تیموری	استادیار برنامه و بودجه
سید احسان حسینی دوست	استادیار دانشگاه بوعلی سینا
سمیه رزاقی	استادیار دانشگاه بوعلی سینا
هانیه صداقت	دکتری اقتصاد دانشگاه رازی
شهرلا صمدی پور	دکتری اقتصاد دانشگاه بوعلی سینا
سید فخرالدین فخرحسینی	استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن
حمید کردیچه	دانشیار دانشگاه الزهرا
سمیرا متقی	دانشیار دانشگاه علامه طباطبائی
یونس نادمی	استادیار دانشگاه آیت الله بروجردی

**Applied Economics Studies, Iran (AESI)**P. ISSN:2322-2530 & E. ISSN: 2322-472X - Journal Homepage: <https://aes.basu.ac.ir/>

Scientific Journal of Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran. Owner & Publisher: Bu-Ali Sina University.

© Copyright © 2026 The Authors. Published by Bu-Ali Sina University.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Bu-Ali Sina University

Evaluating the Effect of Exchange Rate Unification on the Import Price Index of Capital Goods (Exchange Rate Pass-Through Approach) in Iran

Azadeh Alikhani¹ , Seyed Komeil Tayebi² , Saeed Daei-Karimzadeh³ 

Type of Article: Research

 <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30824.3783>

Received: 2025/04/18; Revised: 2025/07/01; Accepted: 2025/08/06

Pp: 9-44

Abstract

Exchange rate reforms in developing countries have often aim to floating the exchange rate to unify official and parallel foreign exchange markets. The present study has examined the dynamic effects associated with such reforms, focusing on the exchange rate unification policy and its impact on the import price index of capital goods during the years 1978–2022. For this purpose, the variables affecting the import price index have been first identified using the Time-Varying Parameters Dynamic Model Averaging (TVP_DMA) framework. Then, the Time-Varying Parameter Vector Autoregression (TVP-VAR) model has been used to analyze how the import price index is affected by the exchange rate unification shock. According to the empirical findings, the variables of economic growth, the exchange market pressure index, the import dependency ratio, trade tariffs, and the exchange rate unification index are among the most influential factors affecting the import price index of capital goods in Iran. The import price index of capital goods has exhibited varying responses to shocks arising from exchange rate unification policies, depending on the prevailing economic conditions of the country. The magnitude of this impact has fluctuated across different periods; specifically, heightened economic instability has increased the sensitivity of the capital goods price index to changes in the exchange rate unification index. This effect became more pronounced during the 2010s, particularly at the beginning and end of the decade, when the national economy was heavily influenced by external factors and exceptional circumstances. As pressures on various economic sectors intensified during this era, the response of the import price index of capital goods to the gap between official and informal exchange rates became significantly more severe than in other periods. Consequently, these conditions led to a situation where shocks from exchange rate unification policies resulted in a sharp surge in the import price index of capital goods.

Keywords: Exchange Rate, Unification, Capital Import Price, Exchange Rate Pass-through, Dynamic Models.

JEL Classification: C13, C22, E65.

1. Ph.D. Student of Economics, Department of Economics, Faculty of Islamic Governance, Isf.c, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

2. Professor, Department of International Economics, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Isfahan University, Isfahan, Iran (Corresponding Author). **Email:** sk.tayebi@ase.ui.ac.ir

3. Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Islamic Governance, Isf.c, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

1. Introduction

In many developing countries, due to pressures arising from high inflation rates and structural limitations in the supply of foreign currency, foreign exchange, and given the constraints in foreign exchange supply, central banks and monetary authorities often intervene by controlling trade flows and capital flows. In such conditions, central banks usually determine the exchange rate and issue administrative directives to allocate foreign currency to specific groups. These directives lead to official exchange rate announcements that are typically higher than market rates, prompting attempts at exchange rate unification to bridge the gap between official and market rates. In recent years, exchange rate unification has been one of the main economic policy issues in Iran. Therefore, the central question is: What is the impact of exchange rate unification policies on Iran's economy?

This study, in its primary stage, investigates the effects of exchange rate unification (elimination of the multiple exchange rate system) on the price index of imported capital goods, considering both economic behavior and administrative interventions. In the next stage, using the Time-Varying Parameter Dynamic Model Averaging (TVP-DMA) approach, the most important variables influencing changes in the price index of imported capital goods are examined. Finally, the impact of exchange rate unification in the framework of the Time-Varying Parameter Vector Autoregression (TVP-VAR) model, along with time-varying coefficients, will be analyzed.

2. Materials and Methods

The framework used to assess the response of the capital goods import price index to exchange rate unification shocks incorporates several key variables.
 $mp = f(ginf.es.emp.idr.top.ct.eg.eru.reer.inf.bop.ir.bd)$ Equation (1)

To analyze the effect of exchange rate unification on the imported capital goods price index during the 1978–2022 period, we first apply the TVP-DMA model to identify the key variables influencing the index. Subsequently, the TVP-VAR model is used to evaluate the impulse responses of the capital goods price index to shocks in the exchange rate unification index.

To calculate the capital goods price index, we use the ratio of capital goods import volume to the total import volume.

$$mp_i = MP_{total} \times \omega_i \quad \text{Equation (2)}$$

$$\omega_i = \frac{volume_i}{volume_{total}} \quad \text{Equation (3)}$$

In Equation (2), mp_i cap denotes the capital goods import price index mp_{total} the over import price index and ω_i cap the volume weight of capital goods imports in total imports defined as the ratio of the value of capital goods imports (in USD) to the total imports volume (in metric tons). This method is used when separate price data for capital goods is unavailable and general import price index is used to derive a relative estimate (IMF2009). The sanctions variable (es) is constructed as a dummy variable, equal to 1 during periods of intensified sanctions (2011-2013 and 2018-2022) and 0 otherwise.

The exchange market pressure index (emp) is calculated based on the theoretical framework of Pontines and Siregar (2019). It is defined as a weighted composite of

changes in the nominal exchange rate, international reserves, and interest rate (bank deposit rate), and is expressed as

$$EMP = \frac{1}{\delta_e} \frac{\Delta_e}{et} - \frac{1}{\delta_r} \frac{\Delta_{rmt}}{rmt} + \frac{1}{\delta_i} \frac{\Delta_i}{it} \quad \text{Equation (4)}$$

Where:

et: Change in nominal exchange rate

rmt: Ratio of international reserves (excluding gold) to the monetary base (USD)

it: Change in nominal interest rate

$\delta_e, \delta_r, \delta_i$ The weights are standardized by the standard deviations of each Component.

3. Data

Table 2 presents the results of identifying the most influential factors on the Import Price Index of Capital Goods within the framework of the Time-Varying Parameter Dynamic Model Averaging (TVP-DMA). The table reports the mean and standard deviation of the posterior inclusion probabilities of regression coefficients in the TVP-DMA model, ordered by the importance of each variable. In estimating the aforementioned model, the intercept, the first and second lags of the Import Price Index of Capital Goods, the global inflation rate, and the economic sanctions variable were included as fixed regressors across all model combinations, i.e., across the entire set of models considered in the TVP-DMA framework. Consequently, the mean posterior inclusion probabilities for these variables were calculated as one.

4. Discussion

Figure (2) shows that one of the most important variables in explaining changes in the price index of imported capital goods is the economic growth variable. The next influential variable is the pressure variable in the foreign exchange market, followed by the inflation variable, which is also dependent on imported goods prices.

From a commercial perspective, the exchange rate unification index and the real exchange rate play an important role in explaining the behavior of the price index of imported capital goods.

Suppressing the official exchange rate and creating distortions in the natural functioning of the foreign exchange market through administrative interventions cause fluctuations in the price index of imported capital goods and uncertainty in economic decision-making. This uncertainty can intensify pressure in

5. Conclusion

The import price index of capital goods has exhibited heterogeneous responses to shocks arising from the exchange rate unification policy, depending on the prevailing economic conditions in the country. The magnitude of these responses has varied across periods, and the evidence suggests that heightened economic instability has increased the sensitivity of the import price index of capital goods to changes in the exchange rate unification index. This phenomenon has been particularly pronounced during the 2010s, especially in the early and late years of the decade, when the domestic economy was exposed to external pressures and specific adverse economic conditions. During these periods, pressures across various economic sectors intensified, leading to a substantially stronger response of the import price index of capital goods to the gap between the official and unofficial exchange

rates compared to other periods. As a result, shocks associated with the exchange rate unification policy led to a significant increase in the import price index of capital goods. Moreover, during these periods, the effects of the shocks exhibited greater persistence, such that their impact remained in the import price index of capital goods for a longer duration. Nevertheless, an examination of the long-run behavior of the index indicates that the effects of these shocks gradually weakened and eventually converged toward zero. This pattern implies that although shocks stemming from the exchange rate unification policy played a significant role in raising capital goods prices in the short and medium term, their magnitude diminished over time and was gradually neutralized. Overall, the findings suggest that the response of the import price index of capital goods to exchange rate unification shocks has been subject to considerable variation due to the complex and volatile economic environment. In periods of heightened economic instability such as the early and late years of the 2010s, these responses have been both stronger and more persistent. Such results underscore the importance of accounting for macroeconomic conditions and the degree of uncertainty when designing and implementing exchange rate policies.

Acknowledgments

The authors express their sincere appreciation to the anonymous reviewers for their constructive comments, which significantly enhanced the depth and clarity of the manuscript.

Author Contributions

This article is derived from the doctoral dissertation of Azadeh Alikhani under the supervision of Professor Seyed Komail Tayebi. The other authors contributed as research collaborators.

Conflict of Interest

The authors declare no conflicts of interest and affirm compliance with academic publishing standards.



فصلنامه علمی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
 چاپی: ۲۵۲۰-۲۳۲۲؛ چاپی الکترونیکی: ۴۷۲۸-۲۳۲۲ - وبسایت نشریه: <https://aes.basu.ac.ir>
 نشریه گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
 حق انتشار این مستند، متعلق به نویسنده(گان) آن است. ۱۴۰۴ - ناشر این مقاله، دانشگاه بوعلی سینا است.
 این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
 آدرس زیر مجاز است.
 Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



ارزیابی اثر یکسان سازی نرخ ارز بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی (پدیده عبور نرخ ارز) در ایران

آزاده علیخانی^۱، سید کمیل طیبی^۲، سعید دائی کریم‌زاده^۳

نوع مقاله: پژوهشی

شناسه دیجیتال: <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30824.3783>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۹، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۴/۱۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۸

صص: ۴۴-۹

چکیده

اصلاحات نرخ ارز در کشورهای درحال توسعه غالباً با هدف شناور کردن نرخ ارز به منظور یکپارچه‌سازی بازارهای رسمی و موازی ارز خارجی انجام شده‌اند. مطالعه حاضر اثرات پویای مرتبط با چنین اصلاحاتی را با تمرکز بر سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز و نحوه اثرگذاری آن بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۵۷ با استفاده از الگوهای پویا مورد ارزیابی قرار داده است. بدین منظور، ابتدا در چارچوب الگوی میانگین‌گیری مدل پویا با ضرایب متغیر طی زمان (TVP-DMA) متغیرهای اثرگذار بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی شناسایی شده، سپس اثرات تکانه یکسان‌سازی نرخ ارز بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی با استفاده از الگوی خودرگرسیون برداری با ضرایب متغیر در زمان (TVP-VAR) بررسی شده است. براساس نتایج به دست آمده، متغیرهای رشد اقتصادی، شاخص فشار بازار ارز، نسبت وابستگی به واردات، تعرفه تجاری و شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز ازجمله مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در ایران هستند. شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای به تکانه‌های ناشی از سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز واکنش‌های متفاوتی را با توجه به شرایط حاکم بر اقتصاد کشور، تجربه کرده است. شدت این اثرپذیری در دوره‌های مختلف متفاوت بوده و افزایش بی‌ثباتی‌های اقتصادی موجب افزایش حساسیت شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای به تغییرات شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز شده است. این اثر به‌ویژه در دهه ۱۳۹۰، به‌خصوص در اوایل و اواخر این دهه، زمانی که اقتصاد کشور تحت تأثیر عوامل بیرونی و شرایط خاص قرار داشته، نمود بیشتری پیدا کرده است. فشارهای وارده بر بخش‌های مختلف اقتصادی در این دوران افزایش یافته و در نتیجه، واکنش شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی به شکاف میان نرخ رسمی و غیررسمی ارز بسیار شدیدتر از سایر دوره‌ها بوده است. این شرایط به‌گونه‌ای پیش‌رفته است که تکانه‌های وارد شده از سوی سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز، منجر به افزایش شدید در شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی شده است.

کلیدواژگان: یکسان‌سازی، نرخ ارز، شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی، پدیده عبور نرخ ارز، الگوهای پویا.

طبقه‌بندی JEL: C13, C22, E65.

۱. دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، گروه اقتصاد، دانشکده حکمرانی اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

Email: azadeh.alikhani@iau.ac.ir

۲. استاد گروه اقتصاد بین‌الملل، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول).

Email: sk.tayebi@ase.ui.ac.ir

۳. دانشیار گروه علوم اقتصادی، دانشکده حکمرانی اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

Email: saeedkarimzade@iau.ac.ir

ارجاع به مقاله: علیخانی، آزاده؛ طیبی، سید کمیل؛ و دائی کریم‌زاده، سعید، (۱۴۰۴). «ارزیابی اثر یکسان‌سازی نرخ ارز بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی (پدیده عبور نرخ ارز) در ایران». مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۵۶(۵۶): ۴۴-۹. <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30824.3783>

صفحه اصلی مقاله در سامانه نشریه: https://aes.basu.ac.ir/article_6183.html?lang=fa

۱. مقدمه

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، به دلیل فشارهای ناشی از تقاضای بالا برای ارز خارجی و محدودیت‌های ساختاری در عرضه آن، دولت‌ها اغلب به اعمال کنترل‌هایی بر جریان‌های تجاری و سرمایه‌ای روی می‌آورند. در چنین شرایطی، بانک‌های مرکزی معمولاً اقدام به تثبیت نرخ ارز می‌کنند و دستورالعمل‌هایی برای تخصیص ارز به گروه‌های خاص صادر می‌نمایند (آکینبوبولا و همکاران^۱، ۲۰۱۸). این مداخلات، هرچند با هدف مدیریت منابع ارزی صورت می‌گیرد، اما اغلب منجر به پیدایش نرخ‌های چندگانه ارز و شکل‌گیری بازارهای غیررسمی یا موازی می‌شود که نرخ‌های آن‌ها به مراتب بالاتر از نرخ رسمی است. این وضعیت، به‌ویژه در تأمین ارز برای واردات کالاهای سرمایه‌ای، پیامدهای اقتصادی گسترده‌ای دارد، زیرا تجهیزات و ماشین‌آلات سرمایه‌ای نقش اساسی در رشد تولید، بهره‌وری و نوسازی زیرساخت‌های صنعتی دارند (تراواگلینی^۲، ۲۰۱۲).

با توجه به این چالش‌ها، سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز به‌عنوان راهکاری جهت حذف شکاف میان نرخ‌های رسمی و غیررسمی، به یکی از مهم‌ترین محورهای اصلاحات اقتصادی در کشورهای در حال توسعه تبدیل شده است. با این حال، چنین سیاستی، به‌ویژه در اقتصادهایی هم‌چون ایران، می‌تواند آثار پیچیده‌ای بر بخش‌های مختلف اقتصاد بر جای بگذارد. از جمله مهم‌ترین این بخش‌ها، شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی است که مستقیماً با هزینه‌های سرمایه‌گذاری، قیمت تمام‌شده تولید و در نهایت تورم در ارتباط قرار دارد (استواو و همکاران^۳، ۲۰۲۱). از این منظر، درک نحوه تأثیرگذاری سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی، ضرورتی انکارناپذیر برای سیاست‌گذاران اقتصادی محسوب می‌شود.

بر همین اساس، پژوهش حاضر درصدد پاسخ به این پرسش کلیدی است که در صورت اجرای سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز در ایران، واکنش شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی چگونه خواهد بود؟ این پرسش نه تنها از منظر آکادمیک بلکه از جنبه‌های کاربردی نیز حائز اهمیت است؛ چراکه کالاهای سرمایه‌ای کلنالی کلیدی برای انتقال تکنانه‌های ارزی به دیگر متغیرهای کلان اقتصادی محسوب می‌شوند. هرگونه تغییر در شاخص قیمت این کالاهای، می‌تواند بر نرخ تورم، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، رشد اقتصادی و حتی توزیع درآمد اثرگذار باشد (مونتیل و راینهارت^۴، ۱۹۹۹).

برای تحلیل دقیق‌تر این موضوع، این پژوهش دو مرحله اساسی را در بررسی اثرات تکنانه وارده از سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز (پدیده عبور نرخ ارز) بر رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در نظر می‌گیرد. در مرحله نخست، از الگوی میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMA) استفاده می‌شود تا مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر تغییرات رفتاری شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی شناسایی گردند. در مرحله بعد، به بررسی واکنش شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در برابر تکنانه‌های ناشی از سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز در چارچوب مدل خودرگرسیون برداری با ضرایب متغیر در زمان (TVP-VAR) پرداخته خواهد شد. تحلیل داده‌های برآمده از این روش‌ها این امکان را می‌دهد که نحوه و میزان واکنش این شاخص را در شرایط مختلف

1. Akinbobola *et al.*

2. Travaglini

3. Estevão *et al.*

4. Montiel & Reinhart

اقتصادی کشور مورد ارزیابی قرار گیرد. در نهایت، نتایج این پژوهش به سیاست‌گذاران و مسئولان اقتصادی کشور درک عمیق‌تری از پیامدهای اجرای سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز می‌دهد و به آن‌ها کمک می‌کند تا با اتخاذ راهکارهای مؤثر و به‌کارگیری اصلاحات لازم، ضمن مدیریت نوسانات ناشی از این سیاست، بسترهای لازم برای بهبود ثبات و تعادل اقتصادی در کشور را فراهم آورند.

ساختار سایر بخش‌های مقاله به این ترتیب تنظیم شده است: در بخش دوم، مبانی نظری پژوهش با تمرکز بر جنبه‌های گوناگون سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز بررسی می‌شود؛ بخش سوم به تشریح الگوی مورد استفاده در پژوهش اختصاص دارد؛ بخش چهارم یافته‌های اصلی پژوهش را به‌طور مختصر ارائه می‌کند و در بخش پایانی، نتیجه‌گیری همراه با پیشنهادهای سیاستی مطرح می‌شود.

۲. مروری بر ادبیات موضوع

۲-۱. عوامل تعیین‌کننده بازار موازی برای نرخ ارز

در تئوری، بازارهای موازی برای نرخ ارز خارجی از طریق سه رویکرد متداول یعنی مدل‌های تجارت واقعی، مدل‌های تعادل پرتفوی و رویکرد پولی توضیح و تحلیل شده‌اند. مدل‌های تجارت واقعی ظهور نرخ ارز موازی را به محدودیت‌های نرخ ارز و مداخلات گسترده دولت در تجارت نسبت می‌دهند. به‌عنوان مثال، کنترل نرخ ارز به‌منظور جلوگیری از کاهش ذخایر ارزی ممکن است منجر به تقاضای مازاد برای ارز خارجی شود که به‌نوبه خود بازار سیاه ارز خارجی را ایجاد می‌کند (نوواک^۱، ۱۹۸۴). علاوه بر این، مداخله دولت در تجارت از طریق تعرفه‌ها و سهمیه‌ها، قاچاق را تحریک می‌کند و ظهور بازار موازی برای ارز خارجی را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد؛ بنابراین، بر اساس این رویکرد، شکاف بین نرخ ارز رسمی و بازار موازی ارز به دلیل عدم تعادل در بازار ارز، یعنی عدم تطابق بین عرضه و تقاضای ارز خارجی، ایجاد می‌شود.

رویکرد دوم یعنی تعادل پرتفوی توسط دی ماسدو^۲ (۱۹۸۷) و دورنبوش و همکاران^۳ (۱۹۸۳) توسعه داده شد. این رویکرد بر نقش ارز خارجی به‌عنوان یک دارایی در ترکیب پرتفوی تأکید دارد؛ بنابراین، از دست دادن اعتماد به ارز داخلی به دلیل تورم، مالیات و نرخ بهره واقعی پایین، تقاضا برای ارز خارجی را به‌عنوان یک ابزار پوشش ریسک، ذخیره ارزش و وسیله‌ای برای خرید و احتکار واردات تحریک می‌کند (آگنور^۴، ۱۹۹۲). بدین لحاظ تغییر در ترکیب پرتفوی بین ارزهای خارجی و داخلی، اندازه بازار موازی برای نرخ ارز را تعیین می‌کند. گفتنی است که بسیاری از مطالعات نقش پرتفوی در ظهور شکاف بین نرخ ارز رسمی و بازار موازی ارز را تأیید کرده‌اند (به‌عنوان مثال: دیجفه^۵، ۱۹۹۴ و آرون و البداوی^۶، ۱۹۹۲). در نهایت، رویکرد پولی بر نقش رشد بالای عرضه پول در ظهور بازار موازی برای ارز خارجی تأکید دارد؛ به عبارت دیگر، مازاد عرضه پول منجر به تورم و افزایش تقاضا

1. Nowak

2. De Macedo

3. Dornbusch

4. Agenor

5. Degefe

6. Aron & Elbadawi

برای ارز خارجی در بازار موازی می‌شود (بلجر^۱، ۱۹۷۸). مازاد عرضه پول، تقاضای اضافی برای کالاها و خدمات ایجاد می‌کند که این موضوع فشارهای تورمی را به وجود می‌آورد و نرخ ارز داخلی را تضعیف می‌کند؛ بنابراین، انتظار یک کاهش (افزایش) در نرخ‌های موازی موجب کاهش (افزایش) تقاضا برای ارز داخلی می‌شود و عرضه اضافی (تقاضای اضافی) ایجاد کرده و باعث می‌شود که نرخ‌های بازار موازی بیشتر تضعیف (تقویت) شوند (سیدیکی^۲، ۲۰۰۰). بر اساس رویکرد پولی، افزایش نرخ‌های بهره نیز عرضه پول اضافی را تحریک می‌کند و در نتیجه فشارهای تورمی و شکاف بین نرخ ارز رسمی و نرخ بازار موازی را افزایش می‌دهد.

۳-۲. رویکردهای مرتبط با نحوه اجرای سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز

دو رویکرد در خصوص سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز وجود دارد: رویکرد کاهش یک‌باره و ناگهانی و رویکرد تدریجی. رویکرد نخست مبتنی بر یک کاهش ارزش شدید و یک‌باره ارز داخلی است و رویکرد دوم بر کاهش تدریجی و قابل‌اعتماد ارزش ارز داخلی استوار است. کاهش ارزش شدید ارز داخلی چالش‌های متعددی را به همراه دارد: کاهش شدید و ناگهانی ارزش ارز داخلی باعث اختلال در تجارت می‌شود، زیرا صادرات ناگهان ارزان‌تر و واردات ناگهان گران‌تر می‌شود. علاوه بر این، کاهش شدید ارزش ارز داخلی، ارزش بدهی‌های خارجی را افزایش می‌دهد و مشکلاتی را در بازپرداخت بدهی‌های خارجی ایجاد می‌کند. اگر «عدم تطابق ارزی^۳» وجود داشته باشد، یعنی اگر بانک‌های داخلی به‌شدت دارای بدهی‌های ارزی باشند، یک کاهش شدید و ناگهانی ارزش پول داخلی می‌تواند به یک بحران بانکی منجر شود. این امر می‌تواند باعث محدودیت اعتباری و در نتیجه کاهش سرمایه‌گذاری و تولید شود. در نهایت، افزایش قیمت واردات، به‌ویژه قیمت واردات مواد غذایی و تورم ناشی از آن می‌تواند به تنش‌های اجتماعی منجر شود. با این حال، یک مزیت کلیدی برای کاهش شدید ارزش ارز داخلی این است که انتظارات کاهش بیشتر ارزش پول داخلی در دوره‌های بعد به‌ندرت شکل می‌گیرد (کاتسلی^۴، ۱۹۸۸).

از سوی دیگر، مزیت رویکرد کاهش تدریجی ارزش ارز داخلی این است که اقتصاد فقط باید با تغییرات افزایشی در قیمت‌های نسبی کنار بیاید. این امر به‌ویژه در شرایطی که کشور دارای سطح بالایی از بدهی خارجی است یا زمانی که برای مصرف داخلی خود به واردات متکی است، می‌تواند مفید واقع شود؛ زمانی که کشور بدهی‌های خارجی بالایی داشته باشد. با این حال، یکی از معایب این رویکرد تدریجی، دشواری در مدیریت انتظارات کاهش ارزش پول داخلی است؛ زیرا از یک‌سو، انگیزه‌ها برای احتکار ارز خارجی می‌تواند باعث ایجاد بازار سیاه برای ارزهای خارجی شود و فشار بر بانک مرکزی را برای حفظ ارزش پول داخلی وارد سازد یا ارزش پول داخلی را زودتر از موعد برنامه‌ریزی‌شده کاهش دهد. از سوی دیگر، خروج سرمایه‌های ارزی مبتنی بر فعالیت‌های سفته‌بازی می‌تواند به یک مارپیچ از دوره‌های مکرر کاهش خودکار ارزش پول داخلی یا بدتر از آن به

1. Blejer

2. Siddiki

3. Currency mismatch

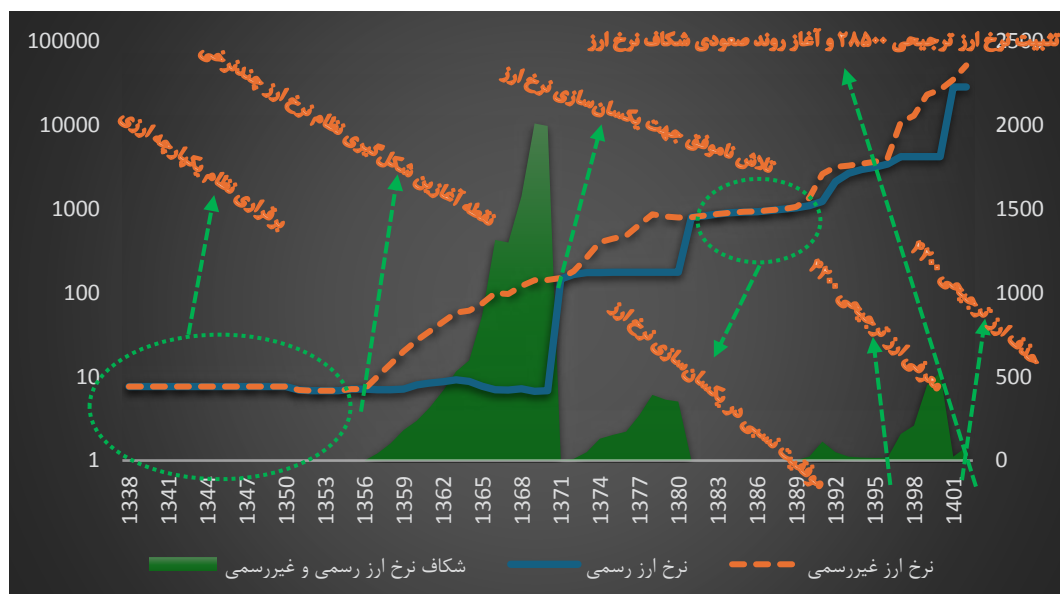
4. Katseli

یک بحران ارزی منجر شود. به همین دلیل، مهار و مدیریت انتظارات، هنگام انتخاب یک رویکرد تدریجی برای کاهش ارزش ارز داخلی، یک ضرورت کلیدی محسوب می‌شود (مکنزی^۱، ۱۹۶۹).

بررسی تاریخچه سیاست یکسان سازی نرخ ارز در ایران (شکل ۱) نشان می‌دهد که این سیاست در چندین مقطع تاریخی دنبال شده و نتایج متفاوتی را برای اقتصاد کشور به همراه داشته است. تا پیش از سال ۱۳۵۶ ه.ش، شکافی میان نرخ ارز رسمی و غیررسمی وجود نداشت و نظام ارزی کشور عملاً یکپارچه بود. اما با تحولات سیاسی و اقتصادی سال ۱۳۵۷ ه.ش، نظام چندنرخ ارز در کشور شکل گرفت و این وضعیت تا اوایل دهه ۱۳۷۰ ه.ش ادامه یافت، به گونه‌ای که شکاف میان نرخ رسمی و غیررسمی به صورت فزاینده افزایش یافت، در اوایل دهه ۱۳۷۰ ه.ش، اولین تلاش برای یکسان سازی نرخ ارز انجام شد. هدف از این سیاست، ایجاد تعادل در بازار ارز و پاسخ گویی به نیازهای وارداتی از طریق نرخ رسمی بود. اما با توجه به افزایش تقاضا برای ارز پس از جنگ و کاهش منابع ارزی بانک مرکزی، این سیاست با موانع جدی روبه‌رو شد. نبود زیرساخت‌های لازم، کاهش درآمدهای نفتی و عدم شکل‌گیری یک بازار ارزی منسجم، در نهایت موجب شد این تلاش به نتیجه نرسد و بازار هم‌چنان با نرخ‌های متنوع ارز مواجه باشد. دومین تجربه اجرای سیاست یکسان سازی در اوایل دهه ۱۳۸۰ ه.ش. با موفقیت نسبی همراه بود. این بار بانک مرکزی با برنامه‌ریزی بهتر و برخورداری از منابع ارزی کافی، توانست ثبات بیشتری را در بازار ایجاد کند. اجرای این سیاست با همراهی انضباط مالی دولت باعث شد بازار ارز تا اوایل دهه ۱۳۹۰ ه.ش. با نوسانات محدود اداره شود. اما در دهه ۱۳۹۰ ه.ش، فشارهای ناشی از تحریم‌های بین‌المللی، کاهش صادرات نفت و دشواری در انتقال منابع ارزی، ثبات نسبی ایجادشده را از بین برد و شکاف میان نرخ ارز رسمی و غیررسمی مجدداً افزایش یافت (ورتابیان، ۱۳۹۲).

در واکنش به جهش‌های ارزی اواخر سال ۱۳۹۶ ه.ش. و افزایش قیمت‌ها در سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ ه.ش، دولت سیاست تخصیص ارز ترجیحی ۴۲۰۰ تومانی را برای واردات کالاهای اساسی اجرا کرد. هدف از این سیاست، حمایت از اقشار آسیب‌پذیر و کنترل قیمت کالاهای ضروری بود. هرچند این اقدام در ابتدا با نیت کاهش تورم و حفظ رفاه عمومی انجام شد، اما در عمل موجب افزایش شکاف میان نرخ‌های ارز و گسترش رانت و ناکارایی در نظام ارزی کشور شد. این وضعیت در نهایت منجر به حذف ارز ترجیحی در اردیبهشت ۱۴۰۱ ه.ش. شد. با وجود این، دولت با تعیین نرخ ۲۸۵۰۰ تومانی برای واردات، عملاً نظام چندنرخ جدیدی را شکل داد که نه تنها به کاهش شکاف کمک نکرد، بلکه آن را تشدید نمود (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۴۰۳).

¹. McKenzie



شکل ۱: تجارب اتخاذ سیاست یکسان سازی نرخ ارز در ایران طی دوره ۱۴۰۲-۱۳۳۸ (منبع: محاسبات پژوهش بر اساس داده های بانک مرکزی).

Fig. 1: Experiences in adopting an exchange rate unification policy in Iran during the period 1338-1402 (Source: Research calculations based on Central Bank data).

۲-۴. عوامل موثر بر شاخص قیمت کالاهای وارداتی: اثر پدیده عبور نرخ ارز

پدیده عبور نرخ ارز (انتقال نرخ ارز) یکی از سازوکارهای کلیدی در انتقال تورم خارجی به ساختار قیمت‌های داخلی کشورهاست و از جایگاه مهمی در سیاست‌گذاری اقتصادی برخوردار است. شدت و سرعت این انتقال به عوامل مختلفی از جمله درجه باز بودن تجاری، رژیم ارزی، انتظارات تورمی، ساختار بازار وارداتی و... بستگی دارد. مطالعاتی مانند: استیل و کینگ^۱ (۲۰۰۴)، قوش و راجان^۲ (۲۰۰۹) و جیمبورین^۳ (۲۰۱۳) نشان داده‌اند که اثرات نرخ ارز بر شاخص‌های قیمتی، در کشورها و دوره‌های مختلف تفاوت معناداری دارد.

در این میان، سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز که با هم‌گرایی نرخ رسمی و نرخ بازار آزاد همراه است، معمولاً موجب افزایش سطح نرخ ارز و در نتیجه افزایش هزینه واردات می‌شود (اوزیلی^۴، ۲۰۲۴). هرچه وابستگی به واردات بیشتر باشد، شدت اثر تغییرات نرخ ارز نیز افزایش می‌یابد، به‌ویژه در دوره‌هایی که ارزش پول ملی تضعیف می‌شود (برون-آگور و همکاران^۵، ۲۰۱۷).

تحریم‌های اقتصادی از طریق محدودسازی دسترسی به بازارهای بین‌المللی و افزایش هزینه‌های مالی، لجستیکی و کاهش گزینه‌های تأمین مالی، فشار مضاعفی بر قیمت کالاهای وارداتی وارد می‌کنند (ایتسوخوکی و ریباکووا^۶، ۲۰۲۴). به همین ترتیب، افزایش تولید ناخالص داخلی نیز ممکن است از یک‌سو با افزایش تقاضا به

¹. Steel & King

². Ghosh & Rajan

³. Jimborean

⁴. Ozili

⁵. Brun-Aguerre *et al.*

⁶. Itskhoki & Ribakova

بالا رفتن قیمت‌ها منجر شود و از سوی دیگر با ارتقاء تولید داخلی، فشار بر قیمت کالاهای وارداتی را کاهش دهد (قوش، ۲۰۱۳).

کسری بودجه دولت و استقراض برای جبران آن، در صورت افزایش پایه پولی، نرخ ارز را بالا برده و اثر تورمی آن بر کالاهای وارداتی محسوس می‌شود (مونتیل و هینکل، ۱۹۹۹).

هم‌چنین، تورم جهانی و داخلی، به‌ویژه در اقتصادهای وابسته به واردات، موجب افزایش قیمت کالاهای وارداتی می‌گردد (ها و همکاران^۱، ۲۰۲۰؛ صندوق بین‌المللی پول، ۲۰۲۳).

شاخص فشار بازار ارز که با تحلیل نوسانات ارزی و تغییرات نرخ ارز محاسبه می‌شود، نیز یکی دیگر از عوامل اثرگذار است؛ نوسانات شدید نرخ ارز معمولاً به تضعیف پول ملی و افزایش هزینه واردات می‌انجامد (پونتینس و سیرگار^۲، ۲۰۱۹). تعرفه‌های تجاری نیز به‌عنوان یکی از ابزارهای کلیدی در اعمال سیاست‌های تجاری، تأثیرات قابل‌توجهی بر هزینه‌های واردات و در نهایت بر قیمت کالاهای وارداتی دارند. در واقع، تعرفه‌های تجاری با افزایش مستقیم هزینه واردات، می‌توانند موجب افزایش قیمت و کاهش رفاه مصرف‌کننده شوند (بوئر و ریث^۳، ۲۰۲۴).

تراز تجاری منفی باعث افزایش تقاضا برای ارز خارجی و در نتیجه تضعیف پول ملی و رشد شاخص قیمت واردات می‌شود (بلنک جهانی، ۲۰۲۳). هم‌چنین نرخ ارز مؤثر حقیقی که سطح تورم داخلی و خارجی را لحاظ می‌کند، نشان‌دهنده رقابت‌پذیری اقتصاد و یکی از عوامل کلیدی در تعیین قیمت کالاهای وارداتی است (رید^۴، ۲۰۱۶). در نهایت، ذخایر بین‌المللی با فراهم کردن امکان مداخله در بازار ارز، نقش مهمی در تثبیت نرخ ارز و کنترل هزینه‌های واردات دارند. کشورهایی با ذخایر ارزی بالا می‌توانند از طریق عرضه ارز، مانع افت شدید ارزش پول ملی شده و اثر نوسانات ارزی بر قیمت کالاهای وارداتی را کاهش دهند. این سازوکار به‌ویژه برای اقتصادهای در حال توسعه که با تورم وارداتی مواجه‌اند، اهمیت زیادی دارد (آیزنمن و همکاران^۵، ۲۰۱۵).

۳. پیشینه پژوهش

ادبیات مربوط به انتقال اثرات سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز تحت پدیده عبور نرخ ارز به دو قلمرو خرد و کلان تقسیم می‌شود. پژوهش‌های مربوط به قلمرو خرد تأثیر نرخ ارز بر قیمت‌های خاص واردات در صنایع داخلی را بررسی می‌کنند، در حالی که مطالعات کلان به تأثیر آن بر شاخص می‌پردازند و به دو گروه انتقال به قیمت‌های کل واردات و قیمت‌های مصرف‌کننده قابل تفکیک هستند. این پژوهش‌ها به سؤالاتی چون میزان انتقال، دلایل ناقص بودن آن و تفاوت انتقال به قیمت‌های داخلی و وارداتی پاسخ می‌دهند. در ادامه، خلاصه‌ای از یافته‌های مرتبط با این موضوع به تفکیک مطالعات داخلی و مطالعات خارجی ارائه می‌شود.

1. Ha et al.

2. Pontines & Siregar

3. Boer & Rieth

4. Reed

5. Aizenman et al.

۳-۱. مطالعات داخلی

«طیبی» و «زمانی» (۱۴۰۳) در چارچوب الگوی خودرگرسیون برداری به بررسی تعیین‌کننده‌های نرخ ارز واقعی در ایران و چگونگی انحراف از آن و همچنین نحوه اثرگذاری سیاست‌های ارزی مانند یکسان‌سازی نرخ ارز در تعدیل انحراف از نرخ تعادلی در فاصله زمانی ۱۳۷۴-۱۳۹۹ ه‍.ش. پرداخته‌اند. نتایج تجربی حاصل از این پژوهش، حاکی از واکنش معنی‌دار انحراف نرخ ارز به اتخاذ سیاست ارزی از طریق یکسان‌سازی نرخ ارز یا بهبود کیفیت نهاده‌ها در طول دوره زمانی مورد اشاره بوده است. در مجموع، یک سیاست ارزی مطلوب ناشی از یکسان‌سازی نرخ ارز موجب میرایی انحراف نرخ ارز واقعی می‌شود و به متعادل‌سازی آن کمک می‌کند.

«صادقی» و همکاران (۱۴۰۲) به تحلیل و بررسی اثرات عبور نرخ ارز با تأکید بر محیط تورمی اقتصادی ایران در چارچوب الگوی رویکرد آستانه‌ای (STAR) در بازه زمانی ۱۳۹۸-۱۳۸۰ ه‍.ش. پرداخته‌اند. بر اساس نتایج این پژوهش متغیرهای تولید ناخالص داخلی و حجم پول رابطه مثبت و متغیرهای نرخ سود اسمی، نرخ ارز و درجه مداخله بانک مرکزی رابطه منفی با شاخص قیمت در ایران دارند. همچنین، در رژیم نرخ ارز پایین، افزایش نرخ ارز باعث کاهش و در رژیم بالای نرخ ارز باعث افزایش شاخص قیمت می‌شود. ممکن است بین نرخ ارز و تورم یک رابطه علت و معلولی وجود داشته باشد؛ یعنی با افزایش نرخ ارز و قیمت کالاهای وارداتی تورم ایجادشده و این تورم باعث افزایش دوباره در نرخ ارز شود. از طرفی ضریب رشد نرخ ارز در تابع واکنش برآورد شده بیش از انحرافات آن از تعادل است که بیانگر این است که مداخلات بانک مرکزی در ایران بیشتر جهت کنترل رشد نرخ ارز بوده است. درواقع، بانک مرکزی با این سیاست به دنبال کنترل افزایش قیمت‌ها بوده است.

«عزتی شورگلی» و «خداویسی» (۱۴۰۰) اثرات نرخ ارز را بر قیمت‌های داخلی ایران در بازه زمانی ۱۳۹۷-۱۳۶۹ ه‍.ش. و در چارچوب یک الگوی خود رگرسیون برداری ساختاری عامل افزوده با نوسانات تصادفی و پارامترهای متغیر طی زمان (TVP-SFAVAR-SV) مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج برآورد درجه عبور نرخ ارز در مطالعه انجام‌شده بیانگر آن است که ضریب درجه عبور نرخ ارز طی دوره مورد بررسی ثابت نبوده و در این دوره تغییر کرده است. همچنین، تجزیه واریانس تاریخی درجه عبور نرخ ارز با حضور عوامل مؤثر نیز نشان داد که تقریباً اکثر نوسانات درجه عبور نرخ ارز توسط تورم و سپس نوسانات نرخ ارز و شکاف تولید قابل تفسیر و توضیح است.

«اسکندری‌پور» و «اسفندیاری» (۱۳۹۸) با استفاده از مدل EGARCH و رویکرد چرخشی مارکف به بررسی درجه عبور نرخ ارز بر قیمت واردات در شرایط نااطمینانی محیطی با تأکید بر تغییرات رژیمی در ایران طی دوره زمانی ۱۳۵۲-۱۳۹۵ ه‍.ش. پرداخته‌اند. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که رابطه بین قیمت واردات با متغیرهای بنیادین آن از الگوی دو رژیمی پیروی می‌کند به‌طوری که متغیرهای نرخ ارز، تولید ناخالص داخلی، درجه باز بودن تجاری و قیمت تولید کالاهای وارداتی در خارج تأثیر مثبت و معناداری بر قیمت کالاهای وارداتی دارد. همچنین درجه عبور نرخ ارز با لحاظ نااطمینانی‌های محیطی در هر دو رژیم بیش از واحد است. نااطمینانی‌های محیطی جزء ثلثت درجه گذر نرخ ارز بر قیمت واردات را افزایش می‌دهند و علاوه بر آن شیب عبور نرخ ارز بر قیمت واردات نیز متأثر از نااطمینانی‌های محیطی است. در این بین نقش نااطمینانی از تولید

ناخالص داخلی در افزایش شیب عبور نرخ ارز مثبت و نسبت به اثرات نااطمینانی نرخ ارز و درآمدهای نفتی بسیار بزرگ است.

۳-۲. مطالعات خارجی

«اویه تائو» و همکاران^۱ (۲۰۲۴) به بررسی ظرفیت‌های نرخ‌های ارز موازی در حرکت تجارت بین‌المللی در نیجریه پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تغییرات پویای کوتاه‌مدت کل صادرات (کل واردات) به‌طور منفی (مثبت) و قابل توجهی تحت تأثیر نرخ ارز موازی قرار می‌گیرد. به‌طور کلی، کاهش ارزش نرخ ارز موازی برای صادرات، به‌ویژه صادرات غیرنفتی، مضر است. علاوه بر این، کاهش ارزش نرخ ارز موازی واردات را تشویق می‌کند و در تأثیرگذاری بر واردات غیرنفتی بسیار پایدار است. بر اساس این نتایج، توصیه می‌شود که دولت یک بازار (پنجره) واحد برای ارز خارجی فعال کند. همچنین، مقامات باید اطمینان حاصل کنند که واردات محصولات غیرنفتی مانند خودروهای لوکس توسط مقامات دولتی متوقف شود.

«اوزیلی»^۲ (۲۰۲۴) به بررسی یکپارچه‌سازی اخیر نرخ ارز در نیجریه پرداخته و مزایا و پیامدهای آن را بررسی می‌کند. بر اساس یافته‌های این پژوهش، عوامل متعددی منجر به یکپارچه‌سازی نرخ ارز در نیجریه شده است، از جمله آریترایز قیمت نرخ ارز و اختلالات بازاری که ایجاد کرده است. انتظار می‌رود یکپارچه‌سازی نرخ ارز مزایای بالقوه‌ای به همراه داشته باشد، از جمله کاهش مداخلات دولتی در بازار ارز خارجی، بهبود کشف قیمت، افزایش عرضه ارز خارجی، واردات بالاتر سرمایه، کاهش کسری بودجه، افزایش اعتماد سرمایه‌گذاران، بهبود رتبه اعتباری دولتی، افزایش شفافیت در بازار ارز خارجی، بهبود محیط کسب‌وکار و افزایش رقابت. همچنین، اثرات منفی در کوتاه‌مدت انتظار می‌رود، اما این اثرات در میان‌مدت تا بلندمدت کاهش خواهد یافت.

«اونیید» و همکاران^۳ (۲۰۲۴) به بررسی رابطه پیچیده یکپارچه‌سازی نرخ ارز در نیجریه و پیامدهای آن برای ثبات اقتصادی این کشور پرداخته‌اند. بر اساس یافته‌های این پژوهش، یکسان‌سازی نرخ ارز که به معنای انتقال از سیستم‌های چندگانه نرخ ارز به یک نرخ واحد است، پتانسیل تغییر دینامیک‌های اقتصادی را دارد و می‌تواند بر اعتماد سرمایه‌گذاران، تراز تجاری و ثبات کلان اقتصادی تأثیر بگذارد. این مطالعه نشان می‌دهد که تغییراتی در دوره‌های قبل و بعد از یکسان‌سازی نرخ ارز وجود دارد که می‌تواند تأثیرات اقتصادی داشته مانند اثرگذاری بر ثبات بازار ارز، گسترش تجارت بین‌الملل و افزایش اعتماد سرمایه‌گذاران داشته باشد و منجر به به افزایش نرخ رشد اقتصادی شود. در نهایت این مطالعه به تجدید استراتژی‌های مدیریت نرخ ارز، رویکردهای ارتباطی با سرمایه‌گذاران، تاکتیک‌های تنوع صادرات، برنامه‌ریزی تاب‌آوری مالی و تکنیک‌های مدیریت ریسک برای کسب‌وکارها توصیه می‌کند.

«شفراو» و «سیتوتاو»^۴ (۲۰۲۳) در چارچوب الگوی خودرگرسیون برداری ساختاری (SVAR) به بررسی تأثیر انتقال نرخ ارز بر قیمت‌های داخلی در اتیوپی بین سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۷۵ م. پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه بیانگر

1. Oyetayo *et al.*

2. Ozili

3. Oniyide *et al.*

4. Sheferaw & Sitotaw

آن است که یک واحد تغییر در نرخ ارز مؤثر اسمی باعث کاهش ۰.۰۵۹ درصد در قیمت‌های مصرف‌کننده پس از ۱ سال می‌شود که نشان می‌دهد میزان عبور نرخ ارز به تورم داخلی در اتیوپی قابل توجه است، اما این موضوع ناقص و موقتی است.

به‌طور کلی، مطالعات پیشین اگرچه از رویکردها و روش‌های متنوعی برای بررسی اثرات نرخ ارز و سیاست‌های یکسان‌سازی آن بر متغیرهای اقتصادی بهره گرفته‌اند، اما تمرکز عمده آن‌ها معطوف به متغیرهای کلان اقتصادی بوده و نسبت به بررسی تأثیرات خاص این سیاست‌ها بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی کم‌توجهی شده است. این در حالی است که کالاهای سرمایه‌ای، به‌واسطه نقشی که در فرآیند تولید و رشد اقتصادی ایفا می‌کنند، از اهمیت بالایی برخوردارند. بسیاری از این مطالعات نیز فاقد تحلیل‌های پویای مبتنی بر زمان بوده‌اند و از مدل‌هایی استفاده کرده‌اند که توانایی انعکاس تغییرات ساختاری و نوسانات زمانی را ندارند.

در این میان، نوآوری اصلی پژوهش حاضر در به‌کارگیری الگوی خودرگرسیون برداری با ضرایب متغیر در زمان (TVP-VAR) نهفته است؛ الگویی که امکان بررسی نحوه تغییر و تحول اثرات سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی را در طول زمان فراهم می‌آورد. این مدل، با لحاظ پویایی‌ها و ناهمگنی‌های زمانی، توانایی تبیین دقیق‌تر اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت را دارد و به‌طور مؤثری شکاف موجود در ادبیات تجربی را پوشش می‌دهد. از این منظر، پژوهش حاضر ضمن ارائه تحلیلی عمیق‌تر از سازوکار انتقال نرخ ارز به قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی، زمینه را برای بازنگری در نگاه سیاست‌گذاران به نقش این دسته از کالاها در فرآیند رشد و توسعه اقتصادی فراهم می‌آورد.

۴. الگوی پژوهش

در این مقاله، به‌منظور تحلیل واکنش شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی به تکان‌های حاصل از سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز، متغیرهایی انتخاب شده‌اند که بر اساس مبانی نظری و شواهد تجربی دارای تأثیرات قابل توجه بر این شاخص هستند. انتخاب این متغیرها با اتکاء به پیشینه مطالعاتی معتبر و استدلال‌ات نظری مطرح‌شده در بخش‌های پیشین انجام شده است. در چارچوب این تحلیل، با توجه به ادبیات پژوهشی موجود، شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی به‌عنوان متغیری وابسته، تابعی از متغیرهای تأثیرگذار معرفی شده در رابطه زیر در نظر گرفته شده است:

رابطه (۱)

$$mpi = f(ginf.es.emp.idr.top.ct.eg.eru.reer.inf.bop.ir.bd)$$

در جدول (۲) توضیحات مرتبط با هر یک از متغیرهای به‌کار رفته در مدل و نحوه محاسبه آن‌ها ارائه شده است. در مطالعه حاضر جهت تشریح اثرات سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در بازه زمانی (۱۳۵۷-۱۴۰۱) ابتدا با به‌کارگیری الگوی میانگین‌گیری مدل پویا با پارامترهای متغیر در طول زمان (TVP_DMA) مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر رفتار این متغیر شناسایی می‌شود و در مرحله بعد اثرات تکانه

وارد از ناحیه شاخص یکسان سازی نرخ ارز بر رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در چارچوب الگوی خودرگرسیون برداری با ضرایب متغیر در زمان (TVP_VAR) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول ۲: متغیرهای به کار رفته در مدل
 Tab. 2: Variables used in the model

نام متغیر	علامت اختصاری	نحوه محاسبه	منبع استخراج داده‌ها
شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی	mpi	نسبت ارزش کالاهای سرمایه‌ای وارداتی (برحسب دلار) به حجم کل کالاهای وارداتی (برحسب تن) ضرب در شاخص کل قیمت کالاهای واردات	https://tsdview.cis.cbi.ir/single-data
نرخ تورم جهانی	ginf	...	https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators
تحریم‌های اقتصادی	es	متغیر مجازی (۰ و ۱)	...
شاخص فشار بازار ارز	emp	...	https://tsdview.cis.cbi.ir/single-data
شاخص نسبت وابستگی به واردات	idr	نسبت واردات به تولید ناخالص داخلی	https://tsdview.cis.cbi.ir/single-data
شاخص باز بودن تجاری	top	مجموع صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی	https://tsdview.cis.cbi.ir/single-data
تعرفه تجاری	ct	نسبت مجموع مالیات بر واردات به مجموع واردات	https://tsdview.cis.cbi.ir/single-data
رشد اقتصادی	eg	رشد تولید ناخالص داخلی	https://tsdview.cis.cbi.ir/single-data
شاخص یکسان سازی نرخ ارز	eru	نسبت نرخ ارز غیررسمی به رسمی	https://tsdview.cis.cbi.ir/single-data
نرخ ارز مؤثر حقیقی	reer	...	https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators
نرخ تورم داخلی	inf	تغییرات شاخص کل قیمت مصرف کننده	https://tsdview.cis.cbi.ir/single-data
تراز تجاری	bop	استاندارد شماره (۴) بانک مرکزی	https://tsdview.cis.cbi.ir/single-data
شاخص تغییرات ذخایر بین المللی	ir	...	https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators
کسری بودجه دولت	bd	تراز درآمد-مخارج	https://tsdview.cis.cbi.ir/single-data

(منبع: یافته‌های پژوهش).

برای محاسبه شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی، از نسبت حجم واردات این گروه به کل حجم واردات استفاده شده است. در این روش، شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای به صورت زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۲)

$$mp_i = MP_{total} \times \omega_i$$

رابطه (۳)

$$\omega_i = \frac{volume_i}{volume_{total}}$$

در رابطه (۲) mp_i برابر است با شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی، MP_{total} شاخص کل قیمت کالاهای وارداتی و ω_i وزن حجمی گروه کالاهای سرمایه‌ای وارداتی نسبت به کل واردات است که برابر است با نسبت ارزش کالاهای سرمایه‌ای وارداتی (برحسب دلار) به حجم کل کالاهای وارداتی (برحسب تن). در این رابطه، شاخص کل قیمت واردات به عنوان مبنا در نظر گرفته شده و با استفاده از سهم حجمی کالاهای سرمایه‌ای، شاخص قیمت این گروه استخراج شده است. این روش زمانی به کار می‌رود که اطلاعات جداگانه قیمتی برای کالاهای سرمایه‌ای در دسترس نباشد و شاخص کل برای برآورد نسبی به کار گرفته شود (صندوق بین‌المللی پول، ۲۰۰۹).

لازم به ذکر است محوریت در تعیین مقادیر متغیر تحریم، سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۹۰ ه.ش. و هم‌چنین ۱۴۰۱-۱۳۹۷ ه.ش. بوده است که در این سال‌ها با تشدید تحریم‌های اقتصادی وضع شده علیه کشور، مقادیر متغیر مجازی تحریم (ES) برابر یک و برای بقیه سال‌ها ارزش صفر در نظر گرفته شده است.

متغیر شاخص فشار بازار ارز در این مطالعه، با استناد به چارچوب نظری ارائه شده توسط «پوتینس» و «سیرگار» (۲۰۱۹) محاسبه شده است. این شاخص به صورت یک ترکیب وزنی از تغییرات نرخ ارز، ذخایر بین‌المللی و نرخ بهره (نرخ سود بانکی) طراحی شده و معادله آن به شکل زیر بیان می‌شود:

رابطه (۴)

$$EMP = \frac{1}{\delta_e} \frac{\Delta e}{et} - \frac{1}{\delta_r} \frac{\Delta rmt}{rmt} + \frac{1}{\delta_i} \frac{\Delta i}{it}$$

اجزای این معادله شامل موارد زیر است:

et نشان‌دهنده نرخ ارز اسمی در زمان t

rmt بیانگر نسبت ذخایر بین‌المللی (به جز طلا) بر پایه پولی برحسب دلار آمریکا

it معرف نرخ بهره اسمی در زمان t است.

δ_e ، δ_r و δ_i نیز به ترتیب بیانگر انحراف معیار نرخ ارز، ذخایر به پایه پولی و نرخ بهره می‌باشند.

در محاسبه شاخص فشار بازار ارز از نرخ سود سپرده‌های بانکی به عنوان نمایه‌ای برای نرخ بهره استفاده شده است. در خصوص نحوه وزن‌دهی متغیرها نیز روش انتخاب شده مبتنی بر معکوس انحراف معیار آن‌هاست. این روش به منظور کاهش تأثیر متغیرهایی با نوسان‌های بالا و جلوگیری از سلطه یک متغیر پرنوسان بر ساختار شاخص اتخاذ شده است. در این رویکرد، انحراف معیار به عنوان معیاری برای نوسان‌پذیری در نظر گرفته شده و

وزن‌دهی متغیرها بر اساس وارون آن انجام می‌شود؛ به‌طوری‌که متغیرهایی با نوسان کمتر، وزن بیشتری در ساخت شاخص می‌گیرند. این رویکرد موجب نوعی نرمال‌سازی داده‌ها شده و به شکل‌گیری شاخصی منسجم‌تر و نمایانگرتر از وضعیت واقعی بازار ارز کمک می‌کند.

به‌طور کلی، شاخص فشار بازار ارز به عنوان ابزاری کمی، فشار یا تنش وارده بر بازار ارز را از طریق تغییرات نرخ ارز، ذخایر ارزی و نرخ بهره اندازه‌گیری می‌کند. این شاخص نشان‌دهنده شدت و جهت فشارهای اقتصادی و مالی در بازار ارز است که می‌تواند ناشی از عوامل داخلی یا خارجی باشد. به عبارتی، شاخص فشار بازار کمک می‌کند تا درک دقیق‌تری از شرایط بازار ارز و ریسک‌های احتمالی مرتبط با نوسان‌های ارزی به دست آید. در نتیجه، استفاده از این سازوکار وزن‌دهی منجر به تعدیل تأثیرات ناشی از تکانه‌های گذرا و نوسان‌های غیرعادی شده و دقت تحلیل‌های مبتنی بر شاخص فشار بازار ارز را افزایش می‌دهد. این رویکرد به‌طور گسترده‌ای در ادبیات تجربی برای محاسبه شاخص‌های ترکیبی در بازار ارز به کار گرفته شده است (پونتینس و سیرگار، ۲۰۱۹).

در این مطالعه، برای سنجش سطح محدودیت تعرفه‌ای، از نسبت مالیات گمرکی بر واردات به مجموع ارزش واردات استفاده شده است. این شاخص نمایانگر میانگین مؤثر تعرفه‌های گمرکی اعمال‌شده بر کالاهای وارداتی کشور در یک دوره زمانی معین است. در رابطه با شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز نیز شایسته ذکر است در ادبیات اقتصادی، سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز به‌عنوان راهکاری برای کاهش شکاف بین نرخ رسمی و نرخ ارز بازار موازی (نرخ غیررسمی) مطرح است. این سیاست از طریق تعدیل نرخ رسمی و هم‌گرایی آن به نرخ تعادلی بازار اجرا می‌شود؛ بنابراین، در این پژوهش نسبت نرخ ارز غیررسمی به نرخ رسمی به‌عنوان یک نمایه برای سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز در نظر گرفته شده است و اعمال تکانه به این متغیر، معادل اجرای این سیاست تفسیر شده است. انتخاب این شاخص مبتنی بر این واقعیت است که مکانیزم اجرایی سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز مبتنی بر کاهش شکاف میان نرخ‌های رسمی و غیررسمی یا به‌عبارت‌دیگر، کاهش حاشیه ارزی است. از این‌رو، تغییرات در این نسبت می‌تواند بازتابی از شدت و جهت اجرای سیاست یکسان‌سازی باشد. در واقع، یکسان‌سازی نرخ ارز در ادبیات اقتصادی به فرآیند کاهش شکاف بین نرخ‌های مختلف ارز در بازار اشاره دارد که در نهایت به یک نرخ واحد منجر می‌شود. نسبت نرخ ارز غیررسمی به رسمی نیز دقیقاً همین مفهوم را منعکس می‌کند، زیرا میزان واگرایی یا هم‌گرایی بین این دو نرخ را نشان می‌دهد.

هم‌چنین، شایان‌ذکر است تخمین نتایج الگوی میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMA) در محیط نرم‌افزار R و تخمین نتایج الگوی خودرگرسیون برداری با ضرایب متغیر در زمان (TVP-VAR) در محیط نرم‌افزار متلب انجام شده است.

۴-۱. روش برآورد الگو: الگوی میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMA)

در این بخش توضیحاتی کلی در خصوص الگوی میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMA) بر اساس مطالعه «لی» و «جیانگ»^۱ (۲۰۲۲) ارائه می‌شود.^۲ در بسیاری از مواقع محققان با وضعیتی مواجه‌اند که مدل شامل تعداد زیادی از عوامل رگرسیونی است و اگرچه می‌توان بر اساس اطلاعات پیشین قضاوت کرد که برخی از متغیرها ممکن است مرتبط باشند، اما متغیرهای خاص مشخص نیستند؛ بنابراین، در فرآیند مدل‌سازی و تحلیل، لازم است مدلی ایجاد شود که شامل تمام عناصر ممکن باشد. در این حالت، مدل ممکن است شامل متغیرهای غیرمرتبط باشد که به دقت پیش‌بینی آسیب می‌زنند و عملکرد مدل را کاهش می‌دهند. در عین حال، در بسیاری از مواقع، مدل‌های متعددی توصیف مناسبی از توزیع داده‌های مشاهداتی تولید شده ارائه می‌دهند. در این موارد، انتخاب یک مدل بهتر بر اساس معیارهایی مانند انطباق با مجموعه داده‌های مشاهداتی، قدرت پیش‌بینی و یا احتمالات خطا امری ضروری است. پس از آن، نیازمند استنباط و نتیجه‌گیری نسبت به انتخاب یکی از مدل‌ها به عنوان مدل بهینه هستیم؛ در چنین شرایطی انتخاب یک مدل خاص می‌تواند باعث تصمیم‌گیری‌های پرخطر و بیش از حد مطمئن شود، زیرا عدم قطعیت‌های موجود در مدل‌ها را نادیده می‌گیرد و به توزیع‌های بسیار خاصی متکی است؛ بنابراین، مطلوب است که این عدم قطعیت را با انتخاب یا ترکیب مناسب چندین مدل مدل‌سازی کنیم و میانگین‌گیری مدل یک روش رایج و مؤثر است. میانگین‌گیری مدل، همان‌طور که از نامش پیداست، به میانگین‌گیری تخمین‌ها یا پیش‌بینی‌ها از مدل‌های مختلف با وزن خاصی اشاره دارد. درواقع، روش میانگین‌گیری مدل چندین مدل را ترکیب می‌کند و به راحتی هیچ مدلی را حذف نمی‌کند، بنابراین احتمال از دست دادن اطلاعات منحصر به فردی که توسط سایر مدل‌ها یا متغیرها منعکس شده است، کاهش می‌یابد.

به‌طور کلی، روش‌های سنتی میانگین‌گیری مدل می‌توانند تخمین‌های ساده‌ای ارائه دهند، اما با مشکل عدم فراهم‌سازی امکان تغییر متغیرهای پیش‌بینی‌کننده و ضرایب آن‌ها در طول زمان روبرو هستند. علاوه بر این، «کوپ» و «کوربیلیس»^۳ (۲۰۱۲) نشان دادند که اگر تعداد متغیرهای پیش‌بینی‌کننده در مدل زیاد باشد، نتایج پیش‌بینی ضعیفی به دست می‌آید. رویکرد میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMA) به متغیرهای پیش‌بینی‌کننده (متغیرهای توضیحی) و ضرایب آن‌ها اجازه می‌دهد تا در طول زمان تغییر کنند و تا حدود زیادی مشکل ضرایب ثابت در روش‌های سنتی را حل می‌کند؛ بنابراین، این روش اغلب در مطالعات تجربی اقتصاد کلان استفاده می‌شود.

با توجه به مزایای ارائه شده در خصوص رویکرد میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMA) در این پژوهش نیز جهت شناسایی مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی از این الگو استفاده شده است.

1. Li & Jiang

2. در این بخش، با هدف ارائه یک دید کلی از مدل مورد مطالعه، از پرداختن به جزئیات ریاضیاتی پیچیده مدل خودداری شده است. خوانندگان علاقه‌مند برای مطالعه عمیق‌تر روابط ریاضی حاکم بر مدل، می‌توانند به مقاله (لی و جیانگ، ۲۰۲۲) مراجعه نمایند.

3. Koop & Korobilis

۴-۲. روش برآورد الگوی خودرگرسیون برداری با ضرایب متغیر در زمان (TVP-VAR)

یک مدل خودرگرسیون برداری (VAR) یک ابزار اساسی در تحلیل‌های اقتصادسنجی است که دارای کاربردهای گسترده‌ای می‌باشد. یکی از انواع آن، مدل خودرگرسیون برداری (VAR) با ضرایب متغیر در زمان (TVP-VAR) با نوسان تصادفی است که توسط «پرمیسری»^۱ (۲۰۰۵) پیشنهاد شده و به‌طور گسترده‌ای، به‌ویژه در تحلیل مسائل اقتصاد کلان، استفاده می‌شود. مدل خودرگرسیون برداری با ضرایب متغیر در زمان (TVP-VAR) به ما این امکان را می‌دهد که به‌صورت انعطاف‌پذیر و قدرتمند ماهیت متغیر در زمان ساختار اقتصادی را در فرآیند تخمین مدل لحاظ نماییم. در این مدل، همه پارامترهای مشخصه مدل خودرگرسیون برداری (VAR) فرض می‌شود که از فرآیند گام تصادفی مرتبه اول پیروی می‌کنند و به این ترتیب امکان تغییرات موقت و دائمی در پارامترها فراهم می‌نماید.

نمایش ساختاری مدل خودبازگشتی برداری (VAR) برای یک سری زمانی چندمتغیره با ضرایب و خطاهای نوآوری‌های ساختاری متغیر با زمان به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

رابطه (۵)

$$\beta_t Y_t = d_t + C_{1,t} Y_{t-1} + \dots + C_{p,t} Y_{t-p} + \sum_t V_t$$

در این معادله Y_t یک بردار شامل ۷ متغیر درون‌زا (شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی، شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز، شاخص فشار بازار ارز، شاخص نسبت وابستگی به واردات، شاخص باز بودن تجاری، تعرفه تجاری و رشد اقتصادی) است. d_t یک بردار ثابت متغیر در زمان (عرض از مبدأ، نرخ تورم جهانی، تحریم‌های اقتصادی) است. $C_{i,t}$ یک ماتریس 7×7 از ضرایب متغیر در زمان برای وقفه متغیرهای درون‌زای مدل است. β_t ماتریسی از ضرایب متغیرهای درون‌زای مدل در دوره t است. ماتریس β_t یک ماتریس پایین مثلثی است که عناصر روی قطر اصلی آن برابر با یک هستند. در حالی که ماتریس خطای استاندارد $\sum_t t$ که با گذشت زمان تغییر می‌کند، یک ماتریس قطری است. V_t یک بردار نوآوری‌های ساختاری $\sum_t t$ است که فرض می‌شود از توزیع نرمال استاندارد چندمتغیره پیروی می‌کند (داحم و همکاران^۲، ۲۰۱۷).

۵. نتایج تجربی برآورد الگو

در این بخش ابتدا در چارچوب الگوی میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMA) عوامل مؤثر بر رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس آن مهم‌ترین متغیرهایی که در تبیین رفتار این متغیر از اهمیت بیشتری برخوردار است، اولویت‌بندی می‌شود. در مرحله بعد اثرات تکانه سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در چارچوب الگوی خودرگرسیون برداری با ضرایب متغیر در زمان (TVP-VAR) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

1. Primiceri

2. Dahem et al.

۵-۱. شناسایی متغیرهای تعیین کننده رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در چارچوب الگوی میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMA)

در جدول (۳) نتایج شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در چارچوب الگوی میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMA) آورده شده است. در جدول مذکور میانگین و انحراف معیار احتمالات ضرایب رگرسیون در الگوی (TVP-DMA) به ترتیب میزان اهمیت هر یک از متغیرها ارائه شده است. در تخمین الگوی فوق متغیرهای عرض از مبدأ، وقفه‌های اول و دوم شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی، نرخ تورم جهانی و متغیر تحریم‌های اقتصادی به عنوان متغیر ثابت در تمام ترکیب‌های مختلف متغیرهای پژوهش و به بیان دیگر مجموعه مدل‌های مختلف بررسی شده در الگوی (TVP-DMA) لحاظ شده و به همین دلیل مقدار میانگین احتمالات ضرایب مربوط به متغیرهای مذکور برابر یک محاسبه شده است.

همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود یکی از مهم‌ترین متغیرها در تبیین تغییرات رفتاری شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی متغیر رشد اقتصادی است که با توجه به ماهیت رشد اقتصادی در کشور که تا حدود زیادی مبتنی بر رشد درآمدهای نفتی است به نظر می‌رسد با تغییرات رشد اقتصادی سیاست‌های ارزی در ارتباط با واردات کالاهای سرمایه‌ای دستخوش تغییرات قابل ملاحظه‌ای گردیده است. متغیر بعدی اثرگذار بر رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی متغیر فشار بازار ارز بوده است. در جایگاه سوم متغیر نسبت وابستگی به واردات قرار دارد که به نظر می‌رسد هرچه نسبت این شاخص بیشتر باشد تغییر و تحولات متغیرهای کلان اقتصادی از جمله نرخ رشد اقتصادی و فشار بازار ارز اثرات بیشتری را بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی بر جای خواهد گذاشت. همچنین، متغیرهای تعرفه تجاری، شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز و نرخ ارز مؤثر حقیقی در جایگاه‌های بعدی از نظر میزان اولویت در توضیح رفتار شاخص قیمت کالاهای وارداتی سرمایه‌ای قرار دارند. در نهایت کمترین میزان اولویت متغیرهای مورد بررسی در تبیین رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی مرتبط با متغیر کسری بودجه بوده است که در خصوص این متغیر می‌توان گفت تشدید کسری بودجه اثرات خود را در قالب تأثیرگذاری بر سایر متغیرهای به کار رفته در مدل از جمله متغیر فشار بازار ارز، تعرفه تجاری و شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز بر تغییرات رفتاری شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی برجای گذاشته است.

جدول ۳: میانگین و انحراف معیار احتمال ضرایب به ترتیب میزان اهمیت در الگوی (TVP-DMA)-شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی

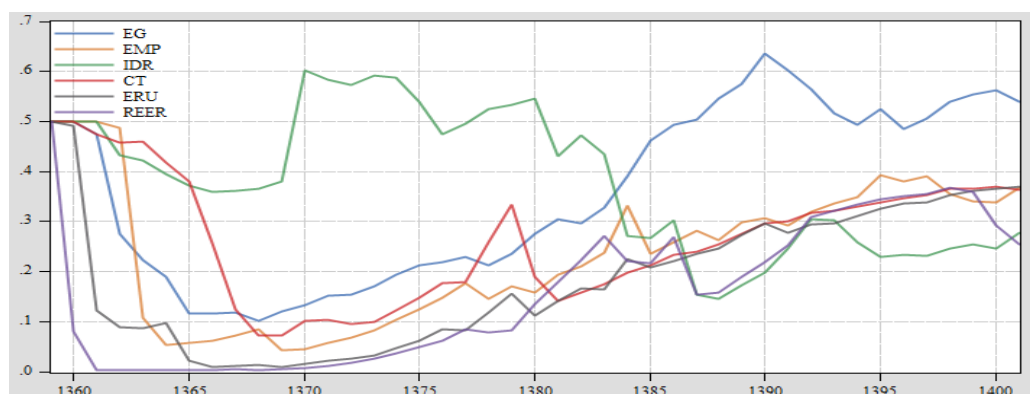
Tab. 3: Mean and standard deviation of probability coefficients in order of importance in the (TVP-DMA) model-Imported Capital Goods Price Index (Source: Research Findings)

متغیرها	رتبه	علامت اختصاری	$E[P(\theta_t)]$	$SD[P(\theta_t)]$
عرض از مبدأ	...	Intercept	۱.۰۰	۰.۰۰
وقفه اول شاخص قیمت کالاهای وارداتی	...	Lag(mpi,1)	۱.۰۰	۰.۰۰
وقفه دوم شاخص قیمت کالاهای وارداتی	...	Lag(mpi,2)	۱.۰۰	۰.۰۰
نرخ تورم جهانی	...	ginf	۱.۰۰	۰.۰۰

۰.۰۰	۱.۰۰	es	...	تحریم‌های اقتصادی
۰.۱۱	۰.۴۸	eg	۱	رشد اقتصادی
۰.۰۷	۰.۳۰	emp	۲	شاخص فشار بازار ارز
۰.۱۱	۰.۲۹	idr	۳	شاخص نسبت وابستگی به واردات
۰.۰۷	۰.۳۳	ct	۴	تعرفه تجاری
۰.۰۸	۰.۲۶	eru	۵	شاخص یکسان سازی نرخ ارز
۰.۰۸	۰.۲۶	reer	۵	نرخ ارز مؤثر حقیقی
۰.۰۹	۰.۲۵	inf	۶	نرخ تورم داخلی
۰.۱۵	۰.۲۳	top	۷	شاخص باز بودن تجاری
۰.۱۳	۰.۱۸	ir	۸	شاخص تغییرات ذخایر بین‌المللی
۰.۰۵	۰.۱۲	bop	۹	تراز تجاری
۰.۱۵	۰.۰۹	bd	۱۰	کسری بودجه دولت

(منبع: یافته‌های پژوهش).

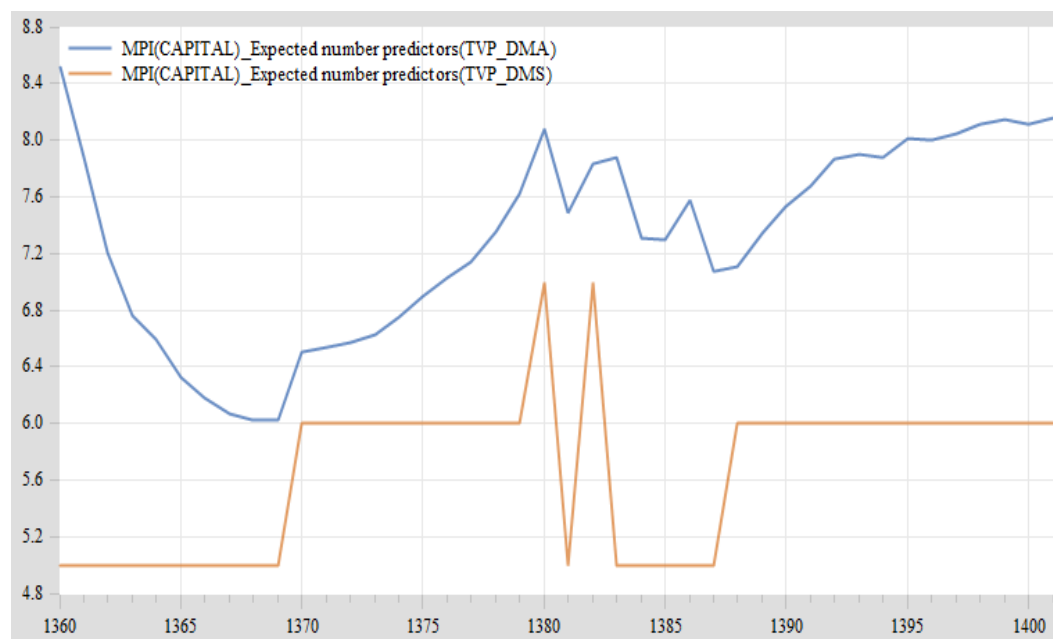
در شکل (۲) احتمالات حضور ۶ متغیر اصلی توضیح‌دهنده رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی ارائه شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است میزان اهمیت متغیرها در دوره‌های مختلف متفاوت بوده به‌طوری که تا اواسط دهه ۱۳۸۰ ه‍.ش. متغیر وابستگی به واردات نسبت به سایر متغیرها نقش پررنگ‌تری در توضیح تغییرات رفتاری شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی داشته است اما تقریباً از اواسط دهه ۱۳۸۰ ه‍.ش. میزان اهمیت متغیرها با تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای همراه بوده است به‌گونه‌ای که پس از این دوره متغیر رشد اقتصادی از میزان اهمیت بیشتری در تبیین رفتار شاخص مذکور برخوردار بوده است. همچنین در دهه ۱۳۹۰ ه‍.ش. متغیر شاخص فشار بازار ارز در توضیح رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی اهمیت بیشتری یافته است که این امر به دلیل تغییر و تحولات نظام ارزی کشور به‌ویژه در اوایل و اواخر دهه ۱۳۹۰ ه‍.ش. بوده است. در عین حال متغیرهای تعرفه تجاری، شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز و نرخ ارز مؤثر حقیقی از جمله متغیرهای دیگر تعیین‌کننده در رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی بوده است.



شکل ۲: احتمالات پسین حضور مهم‌ترین متغیرهای توضیح‌دهنده رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی (منبع: یافته‌های پژوهش).

Fig. 2: Posterior probabilities of the presence of the most important variables explaining the behavior of the imported capital goods price index (Source: Research Findings).

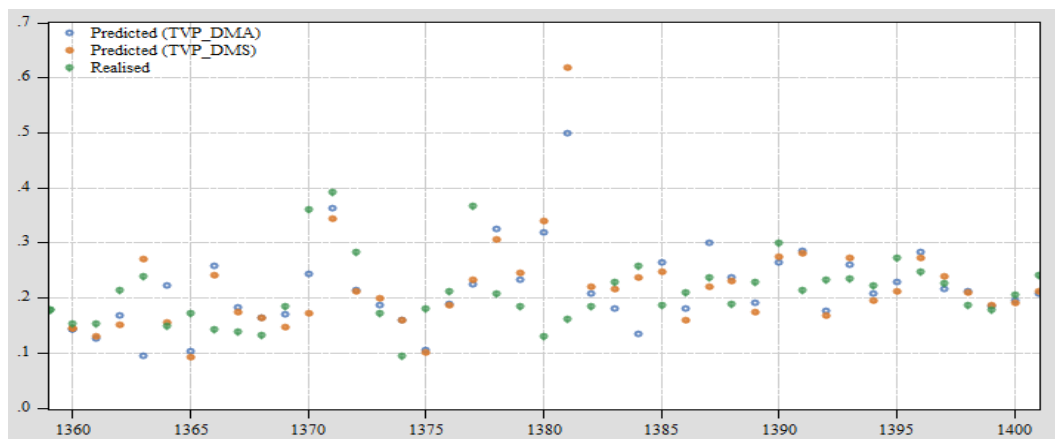
در شکل (۳) میانگین متغیرهای به کار رفته در فرآیند شناسایی عوامل مؤثر بر رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در چارچوب الگوهای میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMA) و انتخاب مدل پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMS) طی دوره (۱۳۵۹-۱۴۰۱) ارائه شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است تعداد متغیرهای به کار رفته جهت شناخت از رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در دوره‌های مختلف متفاوت بوده و این امر خود گویای پویایی شرایط حاکم بر اقتصاد کشور بوده است که در دوره‌های مختلف عوامل متفاوتی در بروز تغییر و تحولات رخ داده در رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی نقش ایفا نموده‌اند. برخلاف الگوی میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMA) که در آن در دهه ۱۳۹۰ ه.ش. تعداد متغیرهای به کار رفته در مدل روند افزایش داشته است اما در الگوی انتخاب مدل پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMS) در سراسر دهه ۱۳۹۰ ه.ش. تعداد متغیرهای به کار رفته در این الگو جهت تبیین رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی بدون تغییر بوده است.



شکل ۳: میانگین متغیرهای به کار رفته در شناسایی عوامل مؤثر بر رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی (منبع: یافته‌های پژوهش).

Fig. 3: Average of variables used in identifying factors affecting the behavior of the imported capital goods price index (Source: Research Findings).

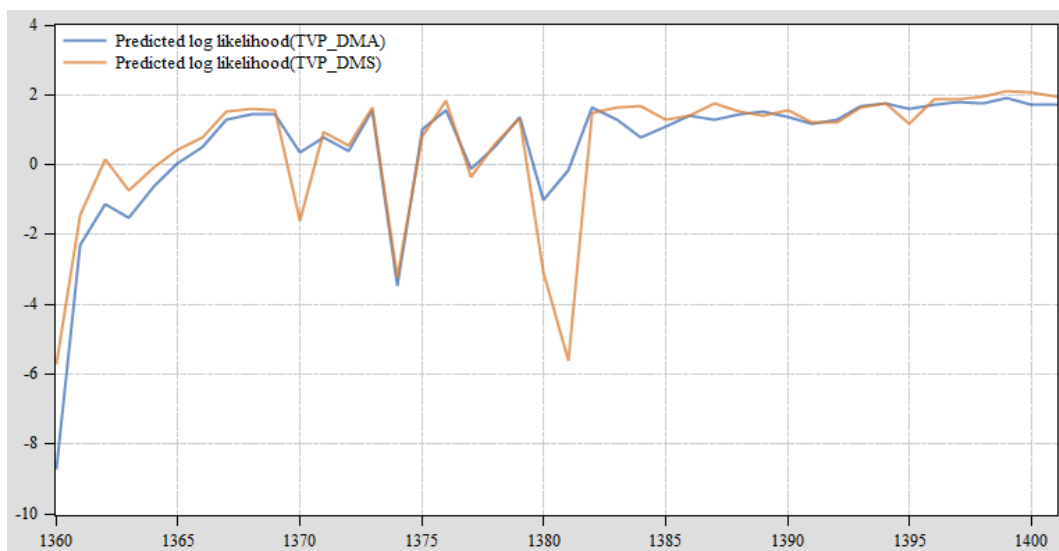
در شکل (۴) عملکرد الگوهای میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMA) و انتخاب مدل پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMS) در پیش‌بینی روند حرکتی شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی ارائه شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود در دوره‌هایی که اقتصاد کشور با برخی بی‌ثباتی‌ها مواجه بوده است، الگوی میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMA) انطباق بیشتری با رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی داشته است.



شکل ۴: مقدار واقعی و پیش‌بینی شده شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در الگوهای میانگین‌گیری پویا و انتخاب مدل پویا (منبع: یافته‌های پژوهش).

Fig. 4: Actual and predicted value of the imported capital goods price index in dynamic averaging and dynamic model selection models (Source: Research Findings).

در شکل (۵) لگاریتم احتمالات پیش‌بینی الگوهای میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMA) و انتخاب مدل پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMS) در ارتباط با پیش‌بینی روند حرکتی متغیر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی ارائه شده است. با توجه به شکل درمجموع عملکرد الگوهای میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMA) و انتخاب مدل پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP-DMS) در پیش‌بینی رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی تا حدود زیادی یکسان بوده اما با این حال در برخی دوره‌ها تفاوت‌هایی در میزان دقت الگوهای مذکور قابل مشاهده است.



شکل ۵: لگاریتم احتمالات پیش‌بینی شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در الگوهای میانگین‌گیری پویا و انتخاب پویا (منبع: یافته‌های پژوهش).

Fig. 5: Logarithm of the probability of forecasting the price index of imported capital goods in dynamic averaging and dynamic selection models (Source: Research Findings).

۵-۲. تحلیل سازوکار اثرگذاری شاخص یکسان سازی نرخ ارز (پدیده عبور نرخ ارز) بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در چارچوب الگوی خودرگرسیون برداری با ضرایب متغیر در زمان (TVP_VAR)

تمرکز این بخش تبیین پدیده عبور نرخ ارز از طریق تحلیل سازوکار اثرگذاری شاخص یکسان سازی نرخ ارز بر رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی است. بدین منظور، در توابع ضربه-واکنش آنی متغیرها، واکنش شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت. متغیرهای به کار رفته در این بخش شامل وقفه اول و دوم شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی، نرخ تورم جهانی و تحریم‌های اقتصادی (به عنوان متغیرهای برونزا)، شاخص باز بودن تجاری، شاخص نسبت وابستگی به واردات، شاخص فشار بازار ارز، تعرفه تجاری، رشد اقتصادی و شاخص یکسان سازی نرخ ارز می‌باشد. شایسته ذکر است در شکل‌های سه بعدی ارائه شده در این بخش، محور عمودی بیانگر پاسخ متغیر مربوطه به تکانه وارده است؛ محور افقی نشان دهنده دوره‌هایی است که تکانه چارچوب وارده بر رفتار متغیر مورد نظر اثرگذار است (میزان ماندگاری اثرات تکانه وارده) و محور عرضی نیز بازه مورد بررسی در این پژوهش را نشان می‌دهد.

در ابتدا، برای فهم بهتر اثرات سیاست یکسان سازی نرخ ارز بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی، نیاز است تا به بررسی دقیق نحوه اثرگذاری و اثرپذیری فشارهای بازار ارز از این سیاست بپردازیم. شاخص تغییرات فشار بازار ارز نشان دهنده شرایط ناپایداری است که باعث می‌شود نرخ ارز در بازار غیررسمی از نرخ ارز رسمی فاصله بگیرد. این فاصله معمولاً زمانی افزایش می‌یابد که سیاست‌گذار ارزی نتواند با استفاده از ابزارهای نظارتی و مدیریتی خود نرخ ارز رسمی را با واقعیت‌های بازار و تقاضای ارز منطبق سازد.

در شکل (۶)، واکنش شاخص یکسان سازی نرخ ارز به تکانه فشار بازار ارز نمایش داده شده است. این واکنش نشان می‌دهد که در مواجهه با تکانه‌های ناگهانی در بازار ارز، نرخ ارز غیررسمی سریع‌تر از نرخ رسمی تعدیل می‌شود و در نتیجه شکاف بین این دو نرخ افزایش می‌یابد. این پدیده را می‌توان با تکیه بر نظریه «پویایی‌های نرخ ارز چندگانه» تبیین کرد؛ مطابق مطالعاتی مانند «راینهارت» و «روگاف»^۱ (۲۰۰۴) و نیز «ایزه» و «لوی-یه یاتی»^۲ (۲۰۰۳)، در رژیم‌های دارای نرخ ارز چندگانه، نرخ‌های غیررسمی معمولاً سریع‌تر و انعطاف پذیرتر از نرخ رسمی به تکانه‌ها پاسخ می‌دهند.

افزایش شکاف میان نرخ رسمی و غیررسمی، هزینه‌های اجرای سیاست یکسان سازی نرخ ارز را افزایش می‌دهد، چرا که برای هم‌راستا کردن نرخ رسمی با نرخ بازار، دولت ناچار به افزایش قابل توجه نرخ رسمی خواهد بود. با این حال، در شرایطی که ابزارهای نظارتی دولت ناکارآمد باشند، این افزایش می‌تواند منجر به پیامدهای نامطلوبی مانند تورم وارداتی، کاهش قدرت خرید خانوار و تشدید بی‌ثباتی در متغیرهای کلان اقتصادی شود (استوا و همکاران^۳، ۲۰۲۱؛ بلیو و فوجی^۴، ۲۰۰۴).

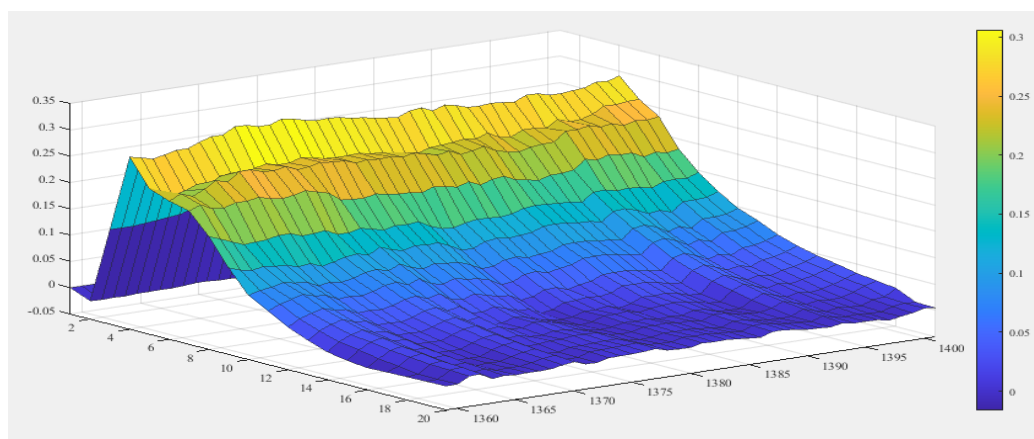
1. Reinhart and Rogoff

2. Ize and Levy-Yeyati

3. Estevão *et al.*

4. Bailliu and Fujii

هم‌چنین، بر اساس چارچوب نظری فشار بازار ارز هنگامی که نرخ ارز رسمی به‌طور مصنوعی پایین نگه داشته شود، تقاضای مازاد برای ارز شکل می‌گیرد و موجب افزایش قابل توجه تقاضا در بازارهای غیررسمی می‌شود (گیرتون و راپر^۱، ۱۹۷۷). در چنین شرایطی، اگر مداخله مؤثری از سوی سیاست‌گذار انجام نشود، نرخ ارز در بازار غیررسمی به‌طور فزاینده‌ای افزایش خواهد یافت و شکاف بین دو نرخ عمیق‌تر خواهد شد. این فشارها در نهایت، سیاست‌گذار ارزی را به سمت یکسان‌سازی نرخ ارز سوق می‌دهد تا با افزایش نرخ رسمی، آن را به نرخ بازار آزاد نزدیک کرده و از تعمیق ناهنجاری‌های ارزی جلوگیری کند.



شکل ۶: پاسخ متغیر شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز به تکانه وارده از ناحیه تغییرات فشار بازار ارز (منبع: یافته‌های پژوهش).

Fig. 6: Response of the exchange rate unification index variable to the shock from changes in foreign exchange market pressure (Source: Research Findings).

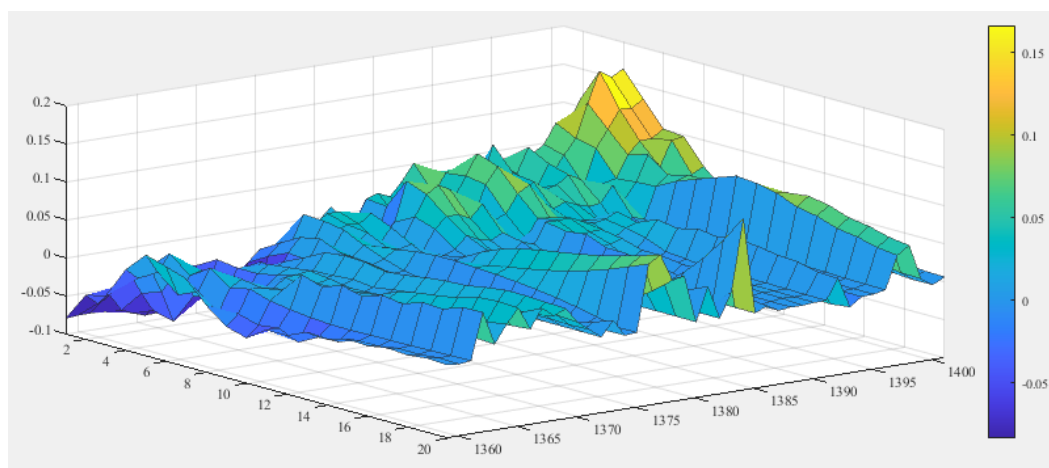
در شکل (۷)، واکنش شاخص تغییرات فشار بازار ارز به تکانه‌های وارده از ناحیه شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز نشان داده شده است. این واکنش بیانگر آن است که هرچه فاصله میان نرخ ارز رسمی و نرخ غیررسمی در بازار افزایش یابد، فشارهای وارد بر بازار ارز نیز تشدید می‌شود. این یافته با چارچوب نظری «فشار بازار ارز» سازگار است؛ بر اساس این چارچوب که توسط «گیرتون» و «راپر» (۱۹۷۷) معرفی شد، هرگونه ناپایداری ناشی از شکاف نرخ‌های ارزی می‌تواند فشار مضاعفی بر ذخایر ارزی و نرخ ارز وارد کند.

تجربه ایران در سال‌های پایانی دهه ۱۳۹۰ ه.ش، شاهد اوج‌گیری چنین شکافی بود که منجر به افزایش بی‌سابقه فشارهای بازار ارز شد. این پدیده هم‌چنین با یافته‌های ایزه و لوی-یه‌باتی (۲۰۰۳) هم‌راستا است که تأکید می‌کنند در اقتصادهایی با نرخ ارز چندگانه، افزایش شکاف نرخ‌ها منجر به تشدید فشار بر بازار رسمی و رشد تقاضا در بازار غیررسمی می‌شود. در این دوره، مداخلات سیاست‌گذار ارزی از طریق تعیین نرخ‌های دستوری بدون توجه به مکانیزم‌های بازار، موجب تضعیف سازوکار تعادلی در بازار ارز شد. چنان‌که استوا و همکاران (۲۰۲۱) نیز هشدار داده‌اند، سیاست‌های یکسان‌سازی نرخ ارز بدون اصلاحات ساختاری و تنظیمات نهادی، می‌تواند به بی‌ثباتی گسترده‌تری در بازار ارز بی‌انجامد. در نتیجه، این نوع سیاست‌گذاری نه تنها به کاهش شکاف ارزی منجر

¹. Girton and Roper

نشده، بلکه ساختار بازار را به گونه‌ای دچار اختلال کرد که چرخه‌ای معیوب از فشارهای مستمر بر نرخ ارز شکل گرفت. این فشارها به سایر بخش‌های اقتصاد نیز سرایت کرده و پدیده‌ای مشابه «اثر سرریز نرخ ارز»^۱ را به وجود آورد که در ادبیات اقتصادی نیز مورد تأکید قرار گرفته است (راینهارت و روگاف، ۲۰۰۴).

به‌طور خلاصه، سیاست‌های ارزی دستوری، بدون توجه به پویایی‌های واقعی بازار، نه‌تنها در مهار ناپایداری نرخ ارز ناکام ماندند، بلکه با تعمیق شکاف نرخ رسمی و غیررسمی، توازن کلی بازار ارز را مختل و آثار منفی گسترده‌ای بر کل اقتصاد وارد کردند.



شکل ۷: پاسخ متغیر شاخص تغییرات فشار بازار ارز به تکانه وارده از ناحیه شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز (منبع: یافته‌های پژوهش).

Fig. 7: Response of the exchange rate market pressure index to the impulse from the exchange rate unification index (Source: Research Findings).

اکنون که واکنش متغیرهای فشار بازار ارز و شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز مشخص گردید، می‌توان به بررسی سازوکار اثرگذاری شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز (پدیده عبور نرخ ارز) بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی پرداخت. در این بخش، نخست از طریق تأثیر مستقیم شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی این موضوع مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ سپس اثرات غیرمستقیم آن از کانال شاخص فشار بازار ارز بررسی می‌شود.

در شکل (۸)، پاسخ متغیر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی به تکانه وارده از ناحیه شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز ارائه شده است. همان‌طور که در شکل نشان داده شده است، شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای به تکانه‌های ناشی از سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز واکنش‌های متفاوتی را، با توجه به شرایط حاکم بر اقتصاد کشور، تجربه کرده است. شدت این اثرپذیری در دوره‌های مختلف متفاوت بوده و به نظر می‌رسد که افزایش بی‌ثباتی‌های اقتصادی موجب افزایش حساسیت شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای به تغییرات شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز شده است. این یافته مطابق با ادبیات عبور نرخ ارز به قیمت واردات است؛ مطالعات سازمان

¹. The Exchange rate spillover effects

همکاری و توسعه اقتصادی نشان داده‌اند که در دوره‌های نوسانات شدید نرخ ارز، نرخ عبور به واردات افزایش می‌یابد (گلدبرگ و نتتر^۱، ۲۰۰۳؛ سازمان همکاری و توسعه اقتصادی^۲، ۲۰۱۱).

این اثر به‌ویژه در دهه ۱۳۹۰ ه‍.ش، به‌خصوص در اوایل و اواخر این دهه، زمانی که اقتصاد کشور تحت تأثیر عوامل بیرونی و شرایط خاص قرار داشته، نمود بیشتری پیدا کرده است. فشارهای وارده بر بخش‌های مختلف اقتصادی در این دوران افزایش یافته و در نتیجه، واکنش شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی به شکاف میان نرخ رسمی و غیررسمی ارز بسیار شدیدتر از سایر دوره‌ها بوده است. این شرایط به‌گونه‌ای پیش رفته است که تکانه‌های واردشده از سوی سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز، منجر به افزایش شدید در شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی شده است.

علاوه بر این، در سال‌های مذکور، اثرات تکانه‌ها نیز ماندگاری بیشتری داشته‌اند، به‌طوری که تأثیر تکانه‌ها به مدت طولانی‌تر در شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای باقی مانده است؛ این موضوع در مطالعه «لافرانس» و «شمبری»^۳ (۲۰۰۰) ذکر شده است که نشان می‌دهد کالاهای سرمایه‌ای به دلیل فرآیندهای قیمت‌گذاری با تأخیر، پاسخ پایداری به تکانه نرخ ارز دارند. اما نکته مهم این است که در بلندمدت، اثرات این تکانه‌ها بر رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی کاهش یافته و به سمت صفر هم‌گرا شده‌اند. این روند با اطلاعات پژوهش بانک فدرال رزرو آمریکا (۲۰۰۵) و بررسی‌های بانک تسویه بین‌المللی (۲۰۱۶) مؤید موقتی بودن اثرات تکانه‌های ارزی در بلندمدت است.

این روند نشان می‌دهد که اگرچه تکانه‌های واردشده ناشی از سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز در کوتاه‌مدت و میان‌مدت تأثیر قابل‌توجهی بر افزایش قیمت کالاهای سرمایه‌ای داشته‌اند، اما با گذشت زمان، این اثرات از بین رفته و به تدریج خنثی شده‌اند.

در این بررسی، مشخص است که واکنش شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای به تکانه‌های ناشی از سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز به دلیل شرایط پیچیده و متغیر اقتصادی در کشور، دچار تغییرات قابل‌توجهی شده است. در واقع، در دوره‌هایی که بی‌ثباتی‌های اقتصادی به اوج خود رسیده، نظیر سال‌های ابتدایی و انتهایی دهه ۱۳۹۰ ه‍.ش، این واکنش‌ها قوی‌تر و ماندگارتر بوده‌اند. در این شرایط، افزایش شکاف میان نرخ ارز رسمی و غیررسمی فشارهای اضافی بر بازار ارز وارد کرده و در نتیجه، این فشارها به‌صورت غیرمستقیم بر افزایش قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی تأثیر گذاشته‌اند. در چنین دوره‌هایی، به‌ویژه زمانی که سیاست‌های ارزی نتوانسته‌اند به‌طور مؤثری فاصله نرخ رسمی و غیررسمی را کاهش دهند، حساسیت بازار به تغییرات نرخ ارز و به تبع آن، اثرگذاری این سیاست‌ها بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی افزایش یافته است. این امر نشان‌دهنده اهمیت پدیده عبور نرخ ارز است که در شرایط بی‌ثباتی اقتصادی، با شدت بیشتری بروز می‌کند و منجر به افزایش تورم در قیمت کالاهای سرمایه‌ای می‌شود. این پدیده تأثیرات قابل‌توجهی بر تولید و توسعه زیرساخت‌ها دارد، زیرا کالاهای سرمایه‌ای معمولاً در تولید، ساخت و توسعه صنایع به کار می‌روند.

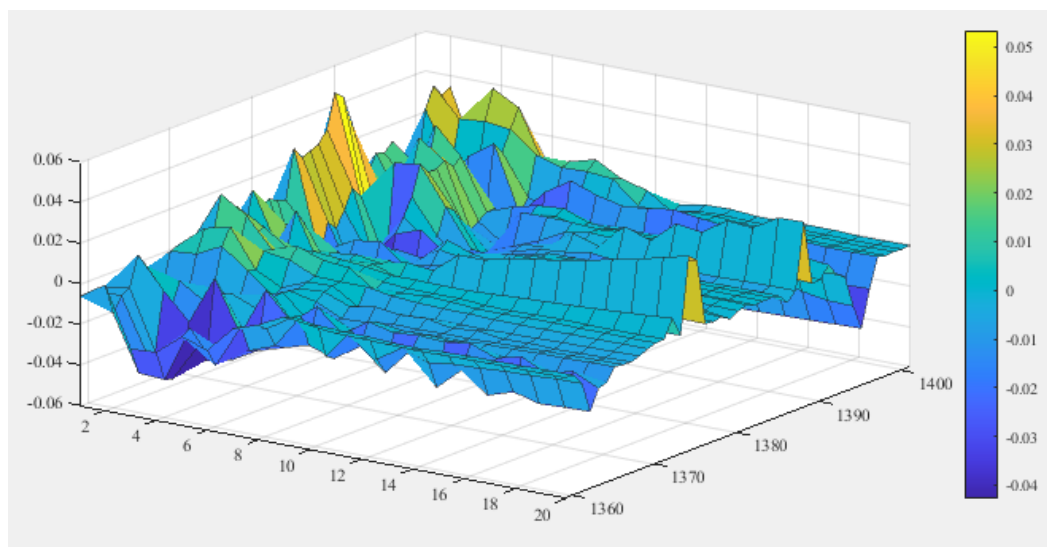
¹. Goldberg and Knetter

². OECD

³. Lafrance and Schembri

همچنین، اثرات تکانه‌های ناشی از شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز در این دوره‌های بی‌ثبات اقتصادی نه تنها سریع‌تر و شدیدتر نمایان می‌شود، بلکه مدت‌زمان طولانی‌تری نیز در بازار باقی می‌ماند. این ماندگاری اثرات به این معناست که تکانه‌های واردشده موجب افزایش مستمر قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی شده و کاهش هزینه‌ها و ثبات قیمت‌ها در بازار به آسانی امکان‌پذیر نبوده است. در نتیجه، بسیاری از شرکت‌ها و تولیدکنندگان در این دوران با افزایش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و خرید تجهیزات وارداتی مواجه شدند که این امر باعث کاهش سرمایه‌گذاری‌های جدید و در نتیجه کاهش بهره‌وری و تولید در کشور شد. با این حال، در بلندمدت، این اثرات کاهش‌یافته و به تدریج به سمت صفر میل می‌کنند. این روند کاهش، نشان‌دهنده این است که تکانه‌های اولیه ناشی از سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز، اگرچه در ابتدا تأثیرات بزرگی بر قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی داشته‌اند، اما این تأثیرات با گذشت زمان کمرنگ‌شده و اقتصاد به تدریج به تعادل جدیدی دست یافته است؛ به عبارت دیگر، با رفع فشارهای ناشی از شکاف نرخ ارز، به مرور، بازار قادر به جذب و تعدیل این تکانه‌ها شده و اثرات اولیه از میان رفته است.

این کاهش تدریجی اثرات نشان می‌دهد که هرچند در کوتاه‌مدت و میان‌مدت، تکانه‌های ارزی موجب بی‌ثباتی و افزایش هزینه‌ها می‌شوند، اما در بلندمدت، بازار می‌تواند خود را با شرایط جدید تطبیق دهد و از شدت آثار منفی آن بکاهد. این امر اهمیت مدیریت صحیح و کارآمد سیاست‌های ارزی و یکسان‌سازی نرخ ارز را برای جلوگیری از بروز تکانه‌های شدید و طولانی‌مدت در اقتصاد برجسته می‌کند.



شکل ۸: پاسخ متغیر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی به تکانه وارده از ناحیه شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز (منبع: یافته‌های پژوهش).

Fig. 8: Response of the imported capital goods price index variable to the shock from the exchange rate unification index (Source: Research Findings).

تکانه‌های ناشی از سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز، علاوه بر اثرگذاری مستقیم بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی، از طریق ایجاد تغییر در رفتار سایر متغیرهای کلان اقتصادی نیز می‌توانند به شکل زنجیره‌ای

اثرات خود را گسترش دهند. به بیان دیگر، این تکانه‌ها از مسیرهایی مانند نرخ تورم، نرخ بهره و نرخ ارز بازار آزاد بر متغیرهای واقعی اقتصاد اثر گذاشته و در نهایت باعث نوسان بیشتر در قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی می‌شوند (آبستفلد و روگوف^۱، ۱۹۹۶). در این بخش، تمرکز بر آن است که نحوه انتقال این تکانه از طریق تغییرات شاخص فشار بازار ارز بررسی شود. شاخص فشار بازار ارز که نمایانگر نوسان‌ها و بی‌ثباتی‌های بازار ارز است، در مواجهه با یکسان سازی نرخ ارز به‌ویژه در صورت افزایش یا کاهش ناگهانی نرخ رسمی، دچار نوسان‌های شدید می‌شود. این نوسان‌ها، با اثرگذاری بر انتظارات و تصمیم‌گیری فعالان اقتصادی، می‌تواند تقاضا برای ارز را تغییر داده و نهایتاً به افزایش قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی منجر شوند (کالو و راینهارت^۲، ۲۰۰۲).

در شکل (۹)، مشاهده می‌شود که شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی به تکانه وارده از ناحیه شاخص فشار بازار ارز واکنش نشان داده است. به‌طور مشخص، این تکانه در ابتدا موجب افزایش شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی شده، اما با گذشت زمان، اثرات آن کاهش یافته و تعدیل شده است. این تغییرات نشان می‌دهد که اثرگذاری شاخص فشار بازار ارز بر قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در کوتاه‌مدت و بلندمدت تفاوت‌های قابل‌توجهی دارد (کالو و راینهارت^۲، ۲۰۰۲). در کوتاه‌مدت، افزایش شاخص فشار بازار ارز منجر به افزایش شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی می‌شود. این افزایش، تحت تأثیر فشارهای تورمی و انتظارات تورمی ناشی از بی‌ثباتی ارزی اتفاق می‌افتد (آبستفلد و روگوف^۱، ۱۹۹۶). اما در بلندمدت، واکنش شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای به تکانه‌های اولیه کاهش می‌یابد و حتی در برخی موارد اثر منفی نیز بر جای می‌گذارد. این رفتار ممکن است ناشی از تعدیل‌های بازار، بهبود انتظارات یا اجرای سیاست‌های تثبیتی باشد (باراتیری و همکاران^۳، ۲۰۲۰).

همچنین، در دوره‌هایی که بازار ارز تحت فشار بیشتری قرار گرفته، دوام و شدت اثر تکانه‌های فشار بازار ارز نیز بیشتر شده است. به‌ویژه در زمان‌هایی که شکاف میان نرخ‌های ارز رسمی و غیررسمی تشدید یافته یا سیاست‌های ارزی از اثربخشی کمتری برخوردار بوده‌اند، تأثیرات این تکانه‌ها با شدت و پایداری بیشتری بر قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی ادامه یافته‌اند (استوا و همکاران^۴، ۲۰۲۱). این مسئله نشان می‌دهد که ثبات اقتصاد کلان نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش شدت و ماندگاری اثرات تکانه‌های ارزی ایفا می‌کند.

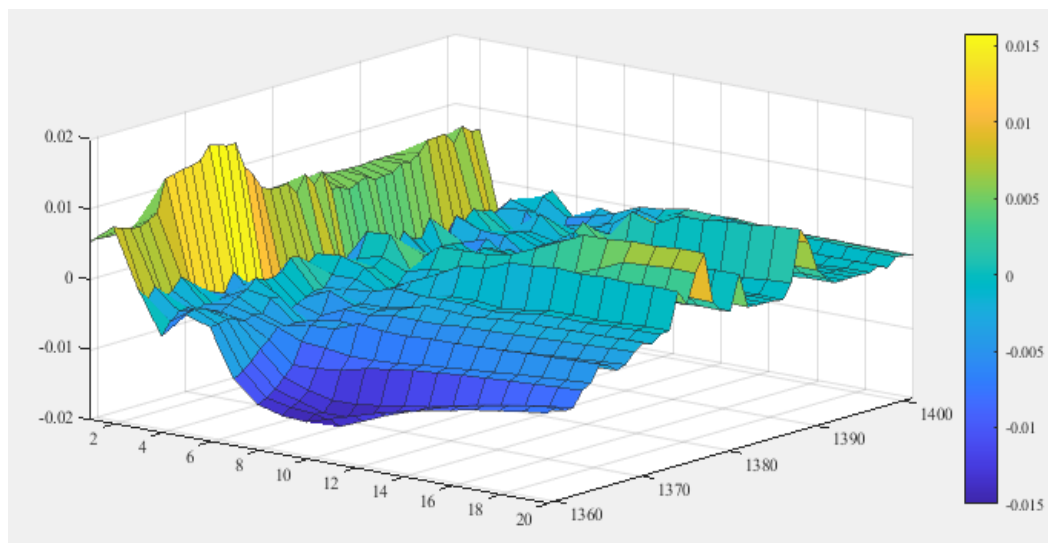
در نتیجه، می‌توان چنین استنباط کرد که تکانه‌های وارده از شاخص فشار بازار ارز در ابتدا اثر افزایشی بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی دارند، اما به تدریج، در اثر سازوکارهای تعدیلی بازار و سیاست‌های اقتصادی، این اثرات تضعیف و حتی منفی می‌شوند. این الگو بیانگر توانایی نسبی اقتصاد در انطباق با تکانه‌های ارزی و بازگشت به تعادل است (فریدمن و شوارتز^۴، ۱۹۸۲).

1. Obstfeld and Rogoff

2. Calvo and Reinhart

3. Barattieri

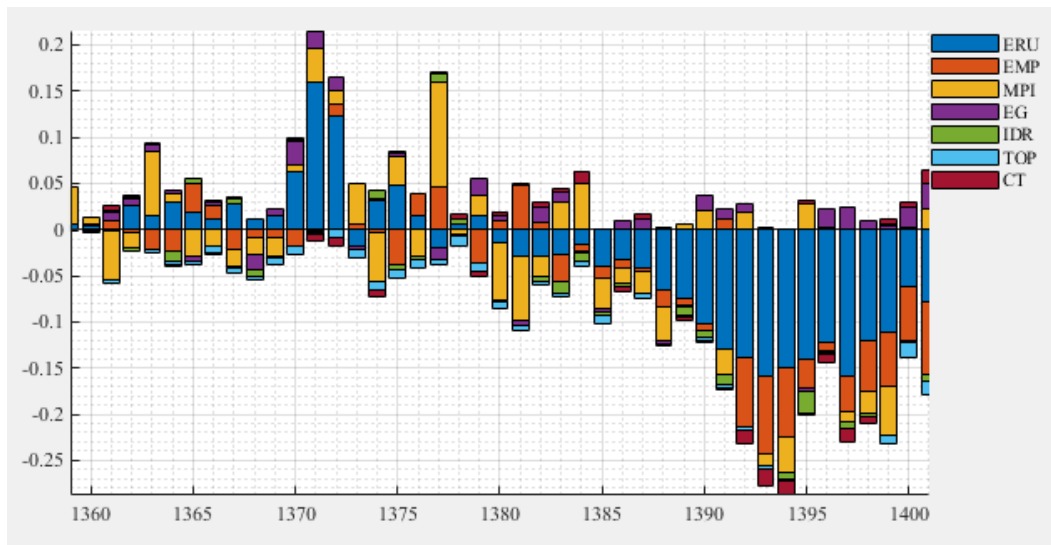
4. Friedman and Schwartz



شکل ۹: پاسخ متغیر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی به تکانه وارده از ناحیه شاخص فشار بازار ارز (منبع: یافته‌های پژوهش).

Fig. 9: Response of the imported capital goods price index variable to the shock from the foreign exchange market pressure index (Source: Research Findings).

در شکل (۱۰)، تجزیه واریانس تاریخی نوسانات شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی به روشنی نقش عوامل کلیدی را که بر این شاخص اثر گذاشته‌اند، نشان می‌دهد. مطابق با این تحلیل، تغییرات در شکاف بین نرخ‌های رسمی و غیررسمی ارز و فشارهای ناشی از عوامل درونی و بیرونی، اصلی‌ترین نیروهای تأثیرگذار بر رفتار شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در سال‌های اخیر بوده‌اند. این تغییرات عمدتاً به دلیل وجود سیستم چند نرخ ارز و مداخلات مستقیم مقامات ارزی برای کنترل نرخ‌های رسمی به وجود آمده است. به عبارتی، سیاست‌های سرکوب نرخ ارز رسمی و ایجاد انحراف در مسیر طبیعی بازار ارز از طریق مداخلات دستوری، اثرات نامطلوبی بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی داشته و بی‌ثباتی در قیمت این کالاها را تشدید کرده است. این وضعیت بیانگر آن است که سیاست‌های چند نرخ نه تنها بازار ارز را از تعادل خارج کرده بلکه به ناپایداری و افزایش هزینه‌های واردات کالاهای سرمایه‌ای نیز دامن زده است. این بی‌ثباتی‌ها به‌ویژه در دوره‌هایی که عوامل خارجی مانند تحریم‌ها یا تغییرات اقتصادی جهانی شدت داشته‌اند، برجسته‌تر شده است. به دلیل این مداخلات و سیاست‌های چند نرخ، شکاف میان نرخ‌های ارز رسمی و بازار آزاد افزایش یافته و درنهایت به افزایش فشارهای تورمی و بی‌ثباتی در بخش واردات منجر شده است. بر این اساس، این تحلیل ضرورت تغییر رویکرد در سیاست‌های ارزی را آشکار می‌سازد. ایجاد ثبات در بازار ارز و تعدیل سیاست‌های کنترلی، از طریق هم‌گرا کردن نرخ‌های رسمی و غیررسمی و ایجاد شفافیت بیشتر، می‌تواند به تعادل و کاهش نوسانات در شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی کمک کند و اثرات مخرب سیاست‌های کنونی را کاهش دهد. به‌طور کلی، حرکت به‌سوی سیاست‌های ارزی مبتنی بر تعادل و شفافیت می‌تواند نقش مهمی در کاهش اثرات منفی و بهبود پایداری اقتصادی داشته باشد.



شکل ۱۰: تجزیه واریانس تاریخی شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی (منبع: یافته‌های پژوهش).

Fig. 10: Historical variance analysis of the imported capital goods price index (Source: Research Findings).

۶. نتیجه‌گیری

در شرایطی که اقتصاد ایران طی دهه‌های گذشته همواره با چندگانگی نرخ ارز و نوسان‌های شدید آن مواجه بوده، بررسی آثار سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز بر شاخص‌های قیمتی به ویژه شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی به دلیل نقش کلیدی این کالاها در رشد سرمایه‌گذاری و تولید، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. در این پژوهش، به بررسی آثار و پیامدهای سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز از مسیر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی پرداخته شده است. در گام نخست، با استفاده از الگوی میانگین‌گیری پویا با ضرایب متغیر در طول زمان (TVP_DMA)، مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر تغییرات شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی شناسایی شد. بر این اساس، متغیرهایی هم‌چون رشد اقتصادی، شاخص فشار بازار ارز، نسبت وابستگی به واردات، تعرفه تجاری، شاخص یکسان‌سازی نرخ ارز و نرخ ارز مؤثر حقیقی به‌عنوان عوامل کلیدی تأثیرگذار بر رفتار این شاخص شناخته شدند. سپس، با تمرکز ویژه بر سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز، اثرات تکانه ناشی از این سیاست بر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی در قالب الگوی خودرگرسیون پویا با ضرایب متغیر در زمان (TVP_VAR) بررسی شد. نتایج این مرحله نشان می‌دهد که شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی، بسته به شرایط اقتصادی حاکم بر کشور، به تکانه‌های مرتبط با سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز واکنش‌های متفاوتی داشته است. این نتیجه با یافته‌های عزتی شورگلی و خداویسی (۱۴۰۰) و صادقی و همکاران (۱۴۰۲) هم‌راستا است که در مطالعه خود نشان دادند درجه عبور نرخ ارز در طول زمان ثابت نیست و به شرایط متغیر اقتصادی و نوع مداخلات مقام سیاست‌گذار بستگی دارد. پویایی مشاهده‌شده در این تحقیق نیز مؤید این دیدگاه است که واکنش قیمت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی به سیاست‌های ارزی، بسته به زمان و شرایط کلان اقتصادی، متفاوت است.

همچنین، شدت این واکنش‌ها در دوره‌های زمانی مختلف متغیر بوده و به‌نظر می‌رسد که افزایش بی‌ثباتی‌های اقتصادی به حساسیت بالاتر شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌ای در مقابل تغییرات نرخ ارز منجر شده

است؛ این تأثیر به‌ویژه در دهه ۱۳۹۰ ه‍.ش، به‌خصوص در سال‌های آغازین و پایانی این دهه که اقتصاد کشور تحت تأثیر عوامل خارجی و شرایط خاصی قرار داشت، برجسته‌تر بوده است. این نتیجه با یافته‌های اسکندری‌پور و اسفندیاری (۱۳۹۸) هم‌خوانی دارد که نشان دادند نااطمینانی‌های اقتصادی، مانند نااطمینانی در تولید ناخالص داخلی، می‌تواند شدت عبور نرخ ارز را افزایش دهد.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که نظام چند نرخ ارز، به‌عنوان یکی از عوامل اصلی بی‌ثباتی در بازار ارز، موجب گسترش و انتقال آثار منفی به سایر بخش‌های اقتصاد شده است. افزایش شکاف میان نرخ‌های رسمی و غیررسمی نه تنها بی‌ثباتی را در بازار ارز تشدید می‌کند، بلکه موجب بروز عدم تعادل‌های گسترده در اقتصاد ملی می‌شود. از این رو، برای جلوگیری از این ناپایداری‌ها، سیاست‌گذار باید گام‌های مؤثری در جهت کاهش این شکاف بردارد و اقدامات اصلاحی را به‌منظور یکپارچه‌سازی نرخ‌های ارزی فراهم آورد.

در این میان، لازم است توجه شود که سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز و هم‌گرایی به سمت نرخ واحد، به‌ویژه در کوتاه‌مدت، بدون چالش نخواهد بود. این سیاست ممکن است به افزایش شاخص‌های قیمتی، به‌ویژه در قیمت کالاهای وارداتی، منجر شود و موجب بروز تکانه‌های قیمتی در سطح گسترده‌تری گردد. این تغییرات در قیمت کالاهای و خدمات، پیامد اجتناب‌ناپذیر تعدیل نرخ‌های ارز هستند. با این حال، تحلیل‌های دقیق نشان می‌دهند که این تکانه‌های قیمتی پس از مدتی به‌تدریج تخلیه می‌شوند و اثرات ملنگار نخواهند داشت؛ درواقع، اجرای سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز در طول زمان، اقتصاد را به یک وضعیت تعادلی جدید هدایت می‌کند که در آن متغیرهای قیمتی به‌تدریج با شرایط تازه سازگار شده و در نهایت به ثبات در قیمت‌ها منجر می‌شود. این نتیجه با یافته‌های پژوهش طیبی و زمانی (۱۴۰۳) مطابقت دارد که تأکید کرده‌اند سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز می‌تواند موجب بازگشت نرخ ارز به سطح تعادلی و کاهش نوسان‌های ناشی از شکاف بین نرخ رسمی و غیررسمی شود.

سیاسگزاری

نویسندگان مایلند از داوران ناشناس مجله به خاطر نظرات ارزشمند و سهمشان در بهبود و عمق بخشیدن به مقاله، قدردانی کنند.

درصد مشارکت نویسندگان

این مقاله مستخرج از رساله نویسنده اول به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم بوده است؛ بر همین اساس گردآوری مطالب توسط نویسنده اول و نگارش آن تحت نظارت نویسندگان دوم و سوم بوده است.

تعارض و منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که ضمن رعایت اخلاق نشر در ارجاع‌دهی، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

کتابنامه

- اسکندری پور، زهره؛ و اسفندیاری، مرضیه، (۱۳۹۸). «بررسی درجه عبور نرخ ارز بر قیمت واردات در شرایط نااطمینانی محیطی: با تأکید بر تغییرات رژیم». *اقتصاد پولی مالی*، ۲۶(۱۸): ۲۹۲-۲۶۷.
<https://doi.org/10.22067/pm.v26i17.72743>
- صادقی، مجید؛ توتونچی، جلیل؛ ابطحی، سید یحیی؛ و طباطبائی نسب، زهره، (۱۴۰۲). «تحلیل اثرات عبور نرخ ارز با تأکید بر محیط تورمی اقتصاد ایران و رفتار مداخله‌ای بانک مرکزی». *دوفصلنامه علمی مطالعات و سیاست‌های اقتصادی*، ۱۰(۲): ۲۷۳-۲۹۶.
<https://doi.org/10.22096/esp.2024.532659.1538>
- طیبی، سید کمیل؛ و زمانی، زهرا، (۱۴۰۳). «سیاست ارزی در متعادل‌سازی انحراف نرخ ارز در ایران». *تحلیل‌ها و اندیشه‌های اقتصادی*، ۱۱(۱): ۷۳-۱۱۰.
<https://doi.org/10.22034/eaai.2024.715202>
- عزتی شورگلی، احمد؛ و خداویسی، حسن، (۱۴۰۰). «برآوردی از درجه عبور نرخ ارز به قیمت‌های داخلی در اقتصاد ایران: کاربردی از مدل‌های پارامتر متغیر». *پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، ۲۱(۱): ۶۲-۲۹.
<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17356768.1400.21.1.2.0>
- ورتابیان کاشانی، هادی، (۱۳۹۲). «تحلیل منشأ نوسانات نرخ ارز طی سال‌های (۱۳۸۹-۱۳۹۱)». *سیاست‌های مالی و اقتصادی*، ۴(۱): ۱۳۱-۱۵۳.
<http://qjfeip.ir/article-1-65-en.html>

References

- Agénor, P. R., (1990). "Parallel currency markets in developing countries: theory, evidence, and policy implications. Evidence, and Policy Implications (December 1990)". *IMF Working Paper*, (90/114). <https://doi.org/10.5089/9781451943221.001>
- Aizenman, J., Cheung, Y. W. & Ito, H., (2015). "International reserves before and after the global crisis: Is there no end to hoarding?". *Journal of International Money and Finance*, 52: 102-126. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2014.11.015>
- Aron, J. & Elbadawi, I. A., (1992). "Parallel markets, the foreign exchange auction, and exchange rate unification in Zambia". *World Bank Policy Research Working*, Paper No. 909: 1-122).
<https://documents.worldbank.org/curated/en/247631468781166139/pdf/multi0page.pdf>
- Bailliu, J. & Fujii, E., (2004). "Exchange Rate Pass-Through and the Inflation Environment in Industrialized Countries: An Empirical Investigation". *Bank of Canada Working*, Paper No. 2004-21. <https://doi.org/10.2139/ssrn.560762>
- Barattieri, A., Cacciatore, M. & Ghironi, F., (2020). "Protectionism and the Business Cycle". *Journal of International Economics*, 124: 103308. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2020.103417>
- BIS., (2016). "Exchange Rate Pass-Through: What has changed since the crisis?". *BIS Working*, Paper No. 583.
- Blejer, M., (1978). "Black Market Exchange Rate Expectations and the Domestic Demand for Money: Some Empirical Results". *Journal of Monetary Economics*, 4(4): 767-774. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(78\)90028-4](https://doi.org/10.1016/0304-3932(78)90028-4)

- Boer, L. & Rieth, M., (2024). "The Macroeconomic Consequences of Import Tariffs and Trade Policy Uncertainty". *IMF working*, paper No. 2024-013: 1-76, International Monetary Fund. <https://doi.org/10.5089/9798400265143.001>
- Brun-Aguerre, R., Fuertes, A. M. & Greenwood-Nimmo, M., (2017). "Heads I win; tails you lose: asymmetry in exchange rate pass-through into import prices". *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, 180(2): 587-612. <https://doi.org/10.1111/rssa.12213>
- Brun-Aguerre, R., Fuertes, A.-M. & Phylaktis, K., (2012). "Country and time variation in import pass-through: macro versus micro factors". *J. Int. Mon. Finan.*, 31: 818–844. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2012.01.009>
- Calvo, G. A. & Reinhart, C. M., (2002). "Fear of Floating". *The Quarterly Journal of Economics*, 117(2): 379–408. <https://doi.org/10.1162/003355302753650292>
- Dahem, A., Skander, S. & Siala Guermazi, F., (2017). *Time Varying VAR Analysis for Disaggregated Exchange Rate Pass-through in Tunisia* (MPRA Paper No. 79759, pp. 1–23). University Library of Munich
- De Macedo, J. B., (1984). "Currency inconvertibility, portfolio balance and relative prices". In: *Dynamic Modelling and Control of National Economies 1983* (pp. 401-408). Pergamon. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-030557-8.50062-X>
- Degefa, D., (2001). *The parallel foreign exchange market and macroeconomic performance in Ethiopia* (AERC Research Paper No. 107, pp. 1–51). African Economic Research Consortium. <https://aercafrica.org/old-website/wp-content/uploads/2018/07/RP107.pdf>
- Dornbusch, R., Dantas, D. V., Pechman, C., de Rezende Rocha, R. & Simões, D. (1983). "The black market for dollars in Brazil". *The Quarterly Journal of Economics*, 98(1): 25-40. <https://doi.org/10.2307/1885565>
- Elbadawi, I., (1992). "Macroeconomic Management and the Black Market for Foreign Exchange in Sudan". *Policy Research*, Working Paper, No. 859. World Bank, Washington, D.C. USA.
- Estevão, M., Geiger, M., Carey, K. & Nguyen, H., (2021). *What countries need to consider when dual exchange rates are a problem*. The World Bank. <https://blogs.worldbank.org/voices/what-countries-need-consider-when-dual-exchange-rates-are-problem>.
- Federal Reserve, (2005). *Exchange Rate Pass-Through to U.S. Import Prices* (IFDP 833).
- Friedman, M. & Schwartz, A. J., (1982). *Monetary Trends in the United States and the United Kingdom*. University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226264257.001.0001>
- Ghosh, A., (2013). "Exchange rate pass through, macro fundamentals and regime choice in Latin America". *Journal of Macroeconomics*, 35: 163-171. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2012.09.001>
- Ghosh, A. & Rajan, R., (2009). "What is the extent of exchange rate pass-through in Singapore? Has it changed over time?". *Journal of the Asia Pacific Economy*, vol. 14: 61-72. <https://doi.org/10.1080/13547860802661561>
- Girton, L. & Roper, D., (1977). "A monetary model of exchange market pressure applied to the postwar Canadian experience". *American Economic Review*, 67(4): 537–548.

- Goldberg, L. S. & Knetter, M. M., (2003). "Exchange rate pass-through into import prices: A macro or micro phenomenon?". *Review of Economics and Statistics*, 85(4): 848–860.
- Ha, J., Stocker, M. M. & Yilmazkuday, H., (2020). "Inflation and exchange rate pass-through". *Journal of International Money and Finance*, 105: 102187. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2020.102187>
- International Monetary Fund., (2009). *Export and Import Price Index Manual – Theory and Practice*. Washington, DC: IMF.
- International Monetary Fund., (2023). *World Economic Outlook*. Countering the Cost-of-Living Crisis. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/10/world-economic-outlook-october-2023>
- Itsukhoki, O. & Ribakova, E., (2024). "The economics of sanctions: From theory into practice". *Brookings Papers on Economic Activity*, 425: 425–470. <https://doi.org/10.1353/eca.2024.a964374>
- Ize, A. & Levy-Yeyati, E. (2003). *Financial dollarization*. *Journal of International Economics*, 59(2): 323–347. [https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(02\)00017-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1996(02)00017-X)
- Jimborean, R., (2013). "The exchange rate pass-through in the new EU member states". *Economic Systems*, 37: 302-329. <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2012.08.006>
- Katseli, L., (1988). "On the Effectiveness of Discrete Devaluation in Balance of Payments Adjustment". In: *Misalignment of Exchange Rates: Effects on Trade and Industry* (pp. 195-214). University of Chicago Press.
- Koop, G. & Korobilis, D., (2012). "Forecasting Inflation Using Dynamic Model Averaging". *International Economic Review*, 53: 867-886. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2354.2012.00704.x>
- Lafrance, R. & Schembri, L., (2000). *Exchange rate uncertainty, investment and productivity*. Bank of Canada Review.
- Li, J. & Jiang, Y., (2022). "Recent Advances of Dynamic Model Averaging Theory and Its Application in Econometrics: *Journal of Financial Risk Management*, 11(4): 740-756. <https://doi.org/10.4236/jfrm.2022.114036>
- McKenzie, G., (1969). "International Monetary Reform and the "Crawling Peg" Reply". *Federal Reserve Bank of St. Louis Review* (July): 26-31. <https://doi.org/10.20955/r.51.15-23.jae>
- Montiel, P. J. & Hinkle, L. E., (1999). *Exchange rate misalignment: Concepts and measurement for developing countries* (pp. 219-263). World Bank Research Publication, Oxford: Oxford University Press.
- Montiel, P. J. & Reinhart, C. M. (1999). "The dynamics of capital movements to emerging economies during the 1990s". In: S. Griffith-Jones, M. French-Davis, & J. A. Ocampo (Eds.), *Capital Flows and Financial Crises* (pp. 3–28). Palgrave Macmillan.
- Nowak, M. (1984). "Quantitative Controls and Unofficial Market in Foreign Exchange, A Theoretical Framework". *IMF Staff Papers*, 31(2): 404-431. <https://doi.org/10.2307/3866798>
- Obstfeld, M. & Rogoff, K., (1996). *Foundations of International Macroeconomics*. MIT Press.
- OECD., (2011). "To What Extent Do Exchange Rates and Their Volatility Affect Trade?". *Trade Policy*, Working Paper No. 119.

- Oniyide, O. S., Ifionu, E. P. & Omojefe, G. O., (2024). "Unification of foreign exchange markets and economic growth". *International Journal on Economics, Finance and Sustainable Development (IJEFS)*, 6(1): 1-15. <https://doi.org/10.31149/ijefsd.v6i1.5194>
- Oyetayo, O. J., Olaifa, F. G. & Olubiyi, E. A., (2024). "Analysis of Trade Effects of Parallel Exchange Rate in Nigeria". *Asian Journal of Economics, Business and Accounting*, 24(6): 4-25. <https://doi.org/10.9734/ajeba/2024/v24i61339>
- Ozili, P. K., (2024). "Exchange rate unification in Nigeria: Benefits and implications". In: *Recent Developments in Financial Management and Economics* (pp. 115-123). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2683-1.ch007>
- Pontines, V. & Siregar, R. Y., (2019). "Fundamental pitfalls of exchange market pressure-based approaches to identification of currency crises". *International Review of Economics & Finance*, 17(3): 345–365. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2006.10.001>
- Primiceri, G., (2005). "Time varying structural vector auto regressions and monetary policy." *The Review of Economic Studies*, 72(3): 821-852. <https://doi.org/10.1111/j.1467-937X.2005.00353.x>
- Reed, K., (2016). "Impact of the strengthening dollar on U.S. import prices in 2015". *Beyond the Numbers: Global Economy*, 5 (12): 1–9. U.S. Bureau of Labor Statistics. <https://www.bls.gov/opub/btn/volume-5/impact-of-the-strengthening-dollar-on-us-import-prices-in-2015.htm>
- Reinhart, C. M. & Rogoff, K. S., (2004). "The Modern History of Exchange Rate Arrangements: A Reinterpretation". *Quarterly Journal of Economics*, 119(1):1–48. <https://doi.org/10.1162/003355304772839515>
- Sheferaw, H. E. & Sitotaw, K. W., (2023). "Empirical investigation of exchange rate transmission into general inflation level in Ethiopia–SVAR approach". *Cogent Business & Management*, 10(2): 2243662. <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2243662>
- Siddiki, J., (2000), "Black market exchange rates in India: an empirical Analysis". *Empirical Economics*, 25(2): 297-313. <https://doi.org/10.1007/s001810000020>
- Steel, D. & King, A., (2004). "Exchange rate pass-through: The role of regime changes". *International Review of Applied Economics*, 18: 301-322. <https://doi.org/10.1080/0269217042000227114>
- Travaglini, G., (2012). "Imported capital goods and economic performance in developing countries: Evidence from sub-Saharan Africa". *Applied Economics Letters*, 19(7): 663–667. <https://doi.org/10.1080/13504851.2011.591727>
- World Bank., (2023). *The Parallel Exchange Rate Problem*. The World Bank's Approach to Helping People in Developing Countries. <https://blogs.worldbank.org/en/voices/parallel-exchange-rate-problem-world-banks-approach-helping-people-developing-countries>.

**Applied Economics Studies, Iran (AESI)**P. ISSN:2322-2530 & E. ISSN: 2322-472X - Journal Homepage: <https://aes.basu.ac.ir/>

Scientific Journal of Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran. Owner & Publisher: Bu-Ali Sina University.

© Copyright © 2026 The Authors. Published by Bu-Ali Sina University.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Investigating the Mechanism of Housing Price Transmission Among Iranian Metropolises

Roozbeh Balounejad Nouri¹ , Amir Ali Farhang² , Farshad Omid Jiyvan³ 

Type of Article: Research

 <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30988.3794>

Received: 2025/05/16; Revised: 2025/07/02; Accepted: 2024/07/15

Pp: 45-84

Abstract

This study examines the dynamics of housing price transmission among major Iranian metropolitan areas from September 2011 to August 2024. Using a Time-Varying Parameter Vector Autoregressive (TVP-VAR) model and network-based indicators, including the Total Connectedness Index (TCI), Net Total Directional Connectedness (NTDC), and Pairwise Connectedness Index (PCI), it analyzes as the structure, intensity, and direction of price transmission across regional markets. Findings reveal a persistent core-periphery structure, with provinces such as Tehran, Alborz, Isfahan, and Fars acting as primary transmitters of price shocks, while Zahedan, Ilam, Bojnurd, and Zanzan remain chronic receivers. The TCI indicates heightened market connectedness during the 2018–2020 economic turmoil, followed by a decline as macroeconomic volatility subsided. The PCI suggests that bilateral linkages weaken during instability, polarizing the price transmission network. This study emphasizes the need for spatially-aware, network-informed housing policies. Uniform strategies ignoring regional transmission roles may exacerbate inequality and instability. Recommendations include developing a spatial policy map guided by TCI and NTDC and creating a national real-time housing price monitoring system. Additionally, stabilization efforts should focus on shock-transmitting regions, with financial intermediaries established in peripheral provinces.

Keywords: Housing Price Transmission, TVP-VAR Model, Network Analysis, Spatial Policy, Price Spillover.

JEL Classification: R31, C32, R58, G15.

1. Associate Professor, Department of Economics, Economic Affairs Research Institute, Tehran, Iran.

2. Associate Professor, Department of Economics, Payame Noor University, Tehran, Iran (Corresponding Author).

Email: s_farhang@pnu.ac.ir

3. M.A. in Economics, Department of Economics, Faculty of Social Sciences, Zanzan University, Zanzan, Iran.

Citations: Balounejad Nouri, R., Farhang, A. & Omid Jiyvan, F., (2026). "Investigating the Mechanism of Housing Price Transmission Among Iranian Metropolises". *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 14(56): 45-84. <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30988.3794>

Homepage of this Article: https://aes.basu.ac.ir/article_6153.html?lang=en

1. Introduction

Housing price fluctuations, driven by macroeconomic variables, policy shifts, and migration trends, significantly impact urban markets. In Iran, these fluctuations are amplified by structural inflation, currency instability, and sanctions ([Ghaederahmati & Zargham-Fard, 2021](#)). Major cities like Tehran, Isfahan, Mashhad, and Shiraz, with distinct supply-demand frameworks and socio-economic roles, influence broader market trends. This study investigates whether price shocks in core cities like Tehran propagate to other metropolitan areas, forming wave-like or hierarchical transmission patterns. Addressing this question is crucial for regional planning and targeted policymaking. While international studies have modeled such spillovers using spatial econometrics and network theory ([Zhang et al., 2020 a](#); [Liu et al., 2023](#)), Iranian research has largely focused on static price convergence. By leveraging the TVP-VAR model, this study dynamically maps the flow of housing price shocks and highlights the role of regional structures.

2. Materials and Methods

This study employs a Time-Varying Parameter Vector Autoregressive (TVP-VAR) model to capture time-varying relationships between variables. Monthly housing price data for 28 provincial capitals were collected from September 2011 to August 2024. From these data, the Total Connectedness Index (TCI), Net Total Directional Connectedness (NTDC), and Pairwise Connectedness Index (PCI) were computed to analyze system-wide and bilateral connectedness. TCI measures overall synchronization among regional markets. It showed a notable increase during the 2018–2020 macroeconomic crisis, indicating stronger inter-market co-movements under economic shocks ([Diebold & Yilmaz, 2009](#)). NTDC identifies net transmitters and receivers, with Tehran, Alborz, Fars, and Isfahan acting as consistent price shock originators, while Zahedan, Bojnurd, Ilam, and Zanzan frequently absorbed these shocks without reciprocation. The PCI revealed sharp polarization in bilateral transmission relationships during instability periods, weakening mutual interactions among cities. This suggests that crises diminish symmetric price influences and amplify unidirectional dependencies ([Chen et al., 2024](#)).

2. Data

The dataset comprises monthly average housing prices from 28 Iranian provincial capitals. Provinces with incomplete data (e.g., Shahrekord, Yasuj, Birjand) were excluded. Statistical diagnostics, including skewness, kurtosis, and stationarity tests, confirmed the data's suitability for dynamic modeling ([Mohammadi et al., 2023](#)). Tehran exhibited the

highest average price growth and volatility, while provinces like Yazd showed lower averages but extreme fluctuations. Several provinces, including Zanjan and Zahedan, displayed non-normal distributions and high kurtosis, indicating susceptibility to abrupt price movements. The Elliott-Rothenberg-Stock (ERS) test confirmed the stationarity of all series. Significant autocorrelation in Q and Q² tests indicated persistent temporal dependence, validating the use of dynamic modeling frameworks like TVP-VAR (Antonakakis *et al.*, 2021).

4. Discussion

The findings highlight entrenched spatial inequality in Iran's housing market. The core-periphery framework, where central cities exert dominant influence over peripheries, remains resilient across economic cycles. Spatial position, market depth, and institutional quality collectively shape transmission roles (Ghaederahmati & Zargham-Fard, 2020). Economic instability, whether from sanctions, inflation, or pandemics, exacerbates these imbalances. The erosion of bilateral price relations during crises underscores market fragmentation. Some intermediate provinces (e.g., Bushehr, Hamedan) oscillated between acting as transmitters or receivers, highlighting their contingent role as conduits. These insights reveal the limitations of homogeneous housing policies. A one-size-fits-all approach neglects transmission roles and could amplify disparities. Instead, policy tools must account for local market dynamics, price leadership roles, and systemic vulnerabilities (Tajrishi & Vesal, 2021).

5. Conclusion

This study concludes that Iran's housing market exhibits a persistent core-periphery structure, with price transmissions flowing from economically dominant provinces to less connected regions. The TVP-VAR model, enhanced by TCI, NTDC, and PCI metrics, effectively captured evolving interdependencies across space and time (Liu *et al.*, 2023). Spatially-aware, network-sensitive policies are essential to mitigate market instability and regional inequality. Recommended measures include :

- Develop territorial housing policy maps using connectedness indices .
- Implement a real-time national housing price database .
- Target volatility control in transmitter provinces .
- Establish financial intermediaries in receiver regions.

These measures could buffer peripheries from systemic shocks and promote equitable market participation. Future research should integrate migration flows, investment behavior, and urban planning policies to further elucidate price transmission dynamics.

Acknowledgments

The authors would like to thank the respected reviewers for their valuable comments and suggestions, which significantly improved the quality of the manuscript.

Author Contributions

Methodology and data analysis (45%) were carried out by the first author, conceptualization and writing of theoretical foundations (30%) were carried out by the second author, and writing of the introduction and empirical literature (25%) was carried out by the third author.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.



فصلنامه علمی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
 چاپی: ۲۵۲۰-۲۳۲۲؛ چاپی الکترونیکی: ۴۷۲۸-۲۳۲۲ - وبسایت نشریه: <https://aes.basu.ac.ir>
 نشریه گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
 حق انتشار این مستند، متعلق به نویسنده(گان) آن است. ۱۴۰۴ - ناشر این مقاله، دانشگاه بوعلی سینا است.
 این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
 آدرس زیر مجاز است.
 Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



بررسی مکانیسم انتقال قیمت مسکن بین کلان شهرهای ایران

روزبه بالونژادنوری^۱، امیرعلی فرهنگ^۲، فرشاد امیدجیوان^۳

نوع مقاله: پژوهشی

شناسه دیجیتال: <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30988.3794>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۶، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۴/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۴

صص: ۸۴-۴۵

چکیده

مطالعه و تحلیل رابطه اتصال و سرریز قیمت‌ها در بخش مسکن به عنوان یکی از موضوعات چندبُعدی و پیچیده در حوزه اقتصاد و برنامه‌ریزی شهری همواره مورد بررسی پژوهشگران و کارشناسان بوده است. این مسئله نه تنها از عوامل اقتصادی، اجتماعی و سیاسی تأثیر می‌پذیرد، بلکه به عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی در ارزیابی بازارهای مالی و بخش مسکن نقش به‌سزایی ایفا می‌کند. مطالعه حاضر با بهره‌گیری از رویکرد اتصال و چارچوب مدل سازی TVP-VAR و سه شاخص اتصال کل (TCI)، شاخص اتصال کل جهت‌دار (NTDC) و شاخص اتصال زوجی (PCI) به تحلیل پویای سازوکار انتقال قیمت مسکن میان استان‌های کشور ایران در بازه زمانی شهریور ۱۳۹۰ تا مرداد ۱۴۰۳ ه.ش. می‌پردازد. یافته‌ها نشان می‌دهند که ساختار بازار مسکن ایران دارای ویژگی‌های مرکز-پیرامون پایدار بوده و استان‌هایی مانند: تهران، اصفهان، فارس و البرز نقش انتقال‌دهنده اصلی تکانه‌های قیمتی را ایفا کرده‌اند. در مقابل، استان‌هایی نظیر: زاهدان، ایلام، بجنورد و زنجان به‌طور مزمین در موقعیت دریافت‌کننده قرار داشته‌اند. تحلیل شاخص TCI نشان می‌دهد که در دوره‌های زمانی ۱۳۹۷-۱۳۹۹ ه.ش.، هم‌بستگی ساختاری میان بازارهای منطقه‌ای افزایش یافته و پس از فروکش کردن نوسانات، تمایل به گسست و استقلال عملکردی افزایش یافته است. علاوه بر این، نتایج شاخص PCI نشان می‌دهد که در شرایط بی‌ثباتی، روابط دوجانبه میان استان‌ها تضعیف شده و ساختار شبکه قیمتی به شدت قطبی و یک‌طرفه شده است. در مجموع، یافته‌ها تأکید دارند که سیاست‌گذاری در بازار مسکن نیازمند رویکرد فضا محور و شبکه محور است و اتخاذ سیاست‌های یکسان بدون ملاحظه جایگاه انتقالی استان‌ها می‌تواند موجب تشدید نابرابری و بی‌ثباتی منطقه‌ای شود. تدوین نقشه سیاست‌گذاری فضا محور بر اساس TCI و NTDC به جای سیاست‌های یکنواخت، ایجاد سامانه ملی قیمت‌گذاری لحظه‌ای مسکن، اصلاح نظام بودجه‌بندی مسکن استانی، تمرکز سیاست مهار نوسانات در استان‌های انتقال‌دهنده، ایجاد نهادهای واسطه‌گری مالی رسمی در استان‌های گیرنده، تقویت آمایش فضایی در سیاست مسکن و مدیریت جریان سرمایه مهاجر از مرکز به پیرامون از پیشنهادهاى تحقیق حاضر می‌باشد.

کلیدواژگان: سرایت قیمتی، اتصال بازار مسکن، مدل TVP-VAR، تحلیل شبکه.

طبقه‌بندی JEL: R31, C32, R58, G15.

۱. دانشیار گروه اقتصاد، پژوهشکده امور اقتصادی، تهران، ایران.

Email: r.balounejad@earec.ac.ir

۲. دانشیار، گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

Email: s_farhang@pnu.ac.ir

۳. کارشناسی ارشد اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

Email: farshadomid1400@gmail.com

ارجاع به مقاله: بالونژادنوری، روزبه؛ فرهنگ، امیرعلی؛ و امیدجیوان، فرشاد. (۱۴۰۴). «بررسی مکانیسم انتقال قیمت مسکن بین کلان شهرهای ایران». مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۵۶(۸۴): ۴۵-۸۴. <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30988.3794>
 صفحه اصلی مقاله در سامانه نشریه: https://aes.basu.ac.ir/article_6153.html

۱. مقدمه

یکی از خصوصیات برجسته ادبیات اخیر در حوزه بازار مسکن، تأکید بر قیمت‌های مسکن در سطح منطقه‌ای است (تسای^۱، ۲۰۲۵). نوسانات قیمت‌های نسبی مسکن در سطح منطقه‌ای می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر فعالیت‌های اقتصادی آن ناحیه، از جمله تغییر در تصمیمات سرمایه‌گذاری، الگوی مهاجرت و سیاست‌های توسعه منطقه‌ای داشته باشد (آلادانگادی^۲، ۲۰۱۷). در ایران نیز، نوسانات شدید قیمت مسکن در کلان‌شهرها همواره یکی از چالش‌های اصلی اقتصادی بوده است (بالونژاد نوری و فرهنگ، ۱۴۰۱؛ جعفرپور، ۱۴۰۰). عواملی نظیر تحریم‌ها، بی‌ثباتی نرخ ارز، تورم ساختاری، و نوسانات سیاست‌های پولی، بازار مسکن کشور را به شدت متأثر ساخته و ضرورت تحلیل رفتار درون منطقه‌ای و بین منطقه‌ای قیمت مسکن را افزایش داده است (قائدرحمتی و رضایی، ۱۴۰۳؛ دیاس و دوارته^۳، ۲۰۱۹). با وجود مطالعات متعدد پیرامون روندهای قیمتی در بازار مسکن ایران، مسأله‌چگونگی انتقال قیمت مسکن بین کلان‌شهرها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این در حالی است که بررسی دقیق مکانیسم‌های انتقال قیمت می‌تواند تصویری روشن از میزان یکپارچگی بازارهای منطقه‌ای و تأثیرات متقابل اقتصادی بین شهرها ارائه دهد (یون^۴، ۲۰۲۴ a؛ محمدی و همکاران، ۱۴۰۲). به بیان دیگر، پرسش اساسی این پژوهش آن است که: آیا شوک‌های قیمتی بازار مسکن در کلان‌شهری مانند تهران، به صورت موجی به دیگر کلان‌شهرهای کشور منتقل می‌شود؟ و این انتقال از چه الگوی زمانی و مکانی تبعیت می‌کند؟ این مسأله از آن جهت مهم است که بازار مسکن ایران از تنوع‌های مکانی قابل توجهی برخوردار است (الوندی‌زاده و همکاران، ۱۴۰۲؛ بالونژاد نوری و همکاران، ۱۴۰۴). کلان‌شهرهایی نظیر تهران، مشهد، اصفهان و شیراز نه تنها تفاوت‌های ساختاری در تقاضا و عرضه دارند، بلکه به دلیل جایگاه اقتصادی-اجتماعی خود، می‌توانند بر یکدیگر تأثیرگذار باشند و نوسانات می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی از جمله رشد جمعیت، مهاجرت، تغییرات اقتصادی و اجتماعی، و همچنین سیاست‌های دولتی باشد (فرد، ۱۳۹۶؛ رجایی و همکاران، ۱۴۰۳؛ ناظمی و رفیعان، ۱۳۹۹). در نتیجه، مطالعه الگوی سرریز^۵ قیمت‌ها میان این شهرها، می‌تواند درک جدیدی از پویایی فضایی بازار مسکن ارائه دهد و در طراحی سیاست‌های متمرکز یا منطقه‌محور، راهگشا باشد.

در ادبیات بین‌المللی، مفهوم انتقال قیمتی در بازار مسکن، به صورت فضایی و زمانی مدل‌سازی شده و اثرات موجی^۶ و سرریز بین منطقه‌ای بررسی شده‌اند (گریگوریوا و لی^۷، ۲۰۱۹؛ سیپولینی و پارلا^۸، ۲۰۲۰). اما در ایران، این جنبه از بازار مسکن کمتر کاویده شده و همین موضوع، شکاف مهمی در ادبیات داخلی ایجاد کرده است. بنابراین، پژوهش حاضر در تلاش است تا با بهره‌گیری از روش‌های تجربی و اقتصادسنجی، الگوی انتقال قیمت مسکن بین کلان‌شهرهای ایران را شناسایی کرده و عوامل مؤثر بر شدت و جهت این انتقال‌ها را تحلیل کند.

¹ Tsai² Aladangady³ Dias & Duarte⁴ Yoon⁵ Spillover⁶ Ripple Effect⁷ Grigoryeva & Lee⁸ Cipollini & Parla

مکانیسم‌های انتقال قیمت مسکن به معنای فرآیندهایی است که در آن قیمت مسکن در یک منطقه به قیمت مسکن در منطقه دیگر منتقل می‌شود (یانگ و همکاران^۱، ۲۰۲۱). پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که بحران‌های اقتصادی و سیاست‌های مسکن تأثیر قابل توجهی بر نوسانات قیمت در مناطق مختلف دارند و اهمیت پویایی‌های منطقه‌ای را در بازارهای مسکن برجسته می‌کند (پارک و جانگ^۲، ۲۰۲۴). به عنوان مثال، یک مطالعه در مورد بازار مسکن بریتانیا نشان می‌دهد که قیمت‌های مسکن در منطقه جنوب شرقی بیرونی بیشترین تأثیر را بر تعاملات منطقه‌ای دارند، به‌ویژه زمانی که بازارها به هم متصل هستند (ژانگ و همکاران^۳، ۲۰۲۰ a). علاوه بر این، پژوهش‌های پیشین در مدل‌سازی پویایی بازار مسکن، اغلب بر انتشار فضایی تغییرات قیمت از یک مرکز اصلی در شبکه‌های جغرافیایی منطقه‌ای یا ملی تمرکز داشته‌اند و نشان می‌دهند که شوک‌های قیمتی با تأخیر سه‌ماهه از مرکز اصلی به سایر مناطق شهری منتقل می‌شوند و در مناطق دورتر تأخیر بیشتری دارند، که تأییدکننده وجود مفهوم اثر موجی درون کلان‌شهری است (گریگوریوا و لی^۴، ۲۰۱۹). افزون بر آن، پژوهشی دیگر با بهره‌گیری از داده‌های قیمت مسکن و حجم معاملات، پویایی‌های محلی بازار را تحلیل کرده و بر تأثیر شوک‌های منفی تقاضای مسکن از ۱۰ پایتخت منطقه‌ای ایتالیا و سرریز آن به بازارهای همسایه تمرکز دارد (سیپولینی و پارلا^۵، ۲۰۲۰). همچنین، مطالعات بین‌المللی نیز گرچه مفهوم سرریز را بررسی کرده‌اند، اما پژوهش‌هایی مانند (سیپولینی و پارلا، ۲۰۲۰) نشان می‌دهند که انتقال قیمت بین شهرها، همواره یکنواخت یا صرفاً تابع فاصله جغرافیایی نیست؛ بلکه ساختار بازار محلی، قوانین منطقه‌ای، و رفتار فعالان اقتصادی نیز بر آن اثرگذار است. بنابراین، بررسی هم‌بستگی بین قیمت مسکن در تهران و سایر کلان‌شهرها می‌تواند، نشان دهد که آیا افزایش قیمت در یک شهر به‌طور مستقیم بر قیمت در شهرهای دیگر تأثیر می‌گذارد یا خیر.

در چارچوب ادبیات مورد اشاره، پژوهش حاضر تلاش می‌کند تا با تلفیق روش‌های اقتصادسنجی پویا و تحلیل ساختارهای شبکه‌ای، تصویری دقیق‌تر از فرآیند انتقال قیمت در بازار مسکن ایران ارائه دهد. برخلاف مطالعات پیشین که اغلب به هم‌گرایی یا وابستگی فضایی میان مناطق بسنده کرده‌اند، این پژوهش با بهره‌گیری از مدل TVP-VAR و شاخص‌های NPDC و NTDC به شناسایی شدت، جهت و پویایی روابط انتقالی میان بازارهای استانی در طول زمان می‌پردازد. همچنین، بررسی رفتار شبکه در بازه‌های زمانی پیش و پس از تکانه‌های کلان اقتصادی، امکان تحلیل تغییرات ساختاری در نظام قیمتی مسکن را فراهم می‌سازد. بدین ترتیب، نوآوری پژوهش حاضر نه تنها در استفاده از ابزار اقتصادسنجی، بلکه در رهیافت مفهومی آن به «شبکه انتقال قیمت» و فهم روابط سلسله‌مراتبی در فضای جغرافیایی بازار مسکن است.

با توجه به بیان مسأله فوق، نتایج این تحقیق می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای سیاست‌گذاری‌های مؤثر در حوزه مسکن و شهرسازی مورد استفاده قرار گیرد. برای این منظور ساختار مقاله به‌صورت زیر سازمان یافته است، بخش دوم به مبانی نظری و پیشینه تحقیق می‌پردازد. بخش‌های سوم و چهارم به روش تحقیق و تخمین و تحلیل مدل می‌پردازند و در نهایت نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی در بخش پنجم ارائه می‌شود.

¹ Yang *et al.*

² Park & Jung

³ Zhang *et al.*

⁴ Grigoryeva & Ley

⁵ Cipollini & Parla

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱. عوامل تعیین کننده قیمت مسکن و نقش بحران های مالی

مسکن به عنوان یکی از نیازهای اساسی انسان ها، نه تنها در زندگی روزمره بلکه در اقتصاد کلان نیز دارای اهمیت ویژه ای است. قیمت مسکن به عنوان یک موضوع حیاتی در اقتصاد کلان و بازارهای مالی، تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد که می توان آن ها را به دو دسته کلی اقتصادی و غیر اقتصادی تقسیم کرد (کلشچوا^۱، ۲۰۲۱؛ آرنریک و همکاران^۲، ۲۰۲۴؛ مین و وایتهد^۳، ۲۰۲۰). در ادامه، عوامل مؤثر بر قیمت مسکن و تأثیر بحران های مالی بر این مقوله تحلیل خواهد شد.

عوامل اقتصادی به عنوان یکی از مهم ترین مؤلفه ها در تعیین قیمت مسکن شناخته می شوند. این عوامل شامل عوامل اقتصادی یکی از مؤلفه های اساسی در تعیین قیمت مسکن محسوب می شوند؛ زیرا این عوامل، از جمله نرخ بهره و سطح درآمد خانوار، به طور غیرمستقیم و از طریق تأثیرگذاری بر سازوکار عرضه و تقاضا، موجب تغییر در قیمت مسکن می گردند. به بیان دیگر، این متغیرها به عنوان عناصر شکل دهنده به عرضه و تقاضا، نقش واسطه ای در انتقال اثرات خود به بازار مسکن ایفا می کنند. نرخ بهره به عنوان یک عامل کلیدی، تأثیر به سزایی بر قیمت مسکن دارد. افزایش نرخ بهره معمولاً به کاهش تمایل افراد برای خرید مسکن منجر می شود، زیرا هزینه های مرتبط با وام گیری بیشتر می شود. به عنوان نمونه، پژوهش های انجام شده نشان می دهد که یک افزایش ۱ درصدی در نرخ بهره می تواند به کاهش ۱۰ درصدی در تقاضا برای مسکن منجر شود. این امر نشانه ای از ارتباط مستقیم بین نرخ بهره و قیمت مسکن است (استالکر^۴، ۲۰۲۴). علاوه بر آن، درآمد خانوار نیز تأثیر فراوانی بر قیمت مسکن دارد. با افزایش درآمد، تمایل به خرید مسکن افزایش یافته و در نتیجه، قیمت ها نیز رشد می کنند. بر اساس یک مطالعه، هر ۱۰۰۰ دلار افزایش در درآمد خانوار می تواند به افزایش ۵ درصدی در قیمت مسکن منجر گردد (اسمیت و جانسون^۵، ۲۰۱۹). این ارتباط، اهمیت درآمد خانوار را در تعیین قیمت مسکن به خوبی نشان می دهد. همچنین، قانون عرضه و تقاضا یکی از اصول کلیدی اقتصاد است که در بازار مسکن نیز صادق است. زمانی که تقاضا برای مسکن از عرضه بیشتر باشد، قیمت ها افزایش می یابند و در شرایط معکوس، قیمت ها کاهش می یابند. در دوران رکود اقتصادی که ساخت و ساز کاهش می یابد، معمولاً شاهد افزایش قیمت مسکن هستیم (گائو و همکاران^۶، ۲۰۲۰).

عوامل غیر اقتصادی نیز تأثیر چشم گیری بر قیمت مسکن دارند. سیاست های دولتی، تحولات اجتماعی و فرهنگی، و ویژگی های جغرافیایی از جمله این عوامل هستند. سیاست های دولتی می توانند نقش مهمی در بازار مسکن ایفا کنند. برای نمونه، برنامه های دولتی که بر تأمین مسکن ارزان متمرکزند، ممکن است به کاهش هزینه خرید مسکن منجر شوند (لی و همکاران^۷، ۲۰۲۲). افزون بر آن، شرایط جغرافیایی نیز بر قیمت مسکن

¹ Kleshcheva

² Arnerić *et al.*

³ Meen & Whitehead

⁴ Stahlecker

⁵ Smith & Johnson

⁶ Gao *et al.*

⁷ Li *et al.*

تأثیرگذار است. مناطقی که به خدمات عمومی و امکانات اجتماعی دسترسی بهتری دارند، معمولاً با قیمت‌های بالاتری مواجه می‌شوند (یانگ و همکاران، ۲۰۲۲).

همچنین، بحران‌های مالی تأثیرات گسترده‌ای بر بازار مسکن دارند و می‌توانند سبب کاهش قیمت و تقاضا شوند (آنیلو و همکاران^۱، ۲۰۱۷؛ فرهنگ، ۱۴۰۱). در جریان بحران‌های مالی، مانند بحران مالی جهانی ۲۰۰۸ م، شاهد افت قابل توجهی در قیمت مسکن در کشورهای مختلف بودیم. برای مثال، گزارشی از بانک جهانی در سال ۲۰۱۰ م. نشان می‌دهد که قیمت مسکن در ایالات متحده به واسطه این بحران حدود ۳۰ درصد کاهش پیدا کرد. این افت قیمت اغلب به دلیل کاهش تقاضا و افزایش نرخ بیکاری ناشی از بحران اقتصادی است. علاوه بر این، بحران‌های مالی می‌توانند رفتار خریداران مسکن را نیز تحت تأثیر قرار دهند. در چنین شرایطی، به دلیل افزایش عدم اطمینان در خصوص آینده اقتصادی، بسیاری از خریداران بالقوه ترجیح می‌دهند از ورود به بازار مسکن خودداری کنند. این رفتار منجر به کاهش تقاضا و در نتیجه افت قیمت‌ها می‌شود. بررسی‌ها نشان داده‌اند که این عدم اطمینان اقتصادی می‌تواند آثار بلندمدتی بر رفتار خرید افراد داشته باشد و موجب کاهش فعالیت در بازار مسکن شود (مسلی و همکاران^۲، ۲۰۲۰؛ نووی-مارکس^۳، ۲۰۰۹). اما، مهم‌ترین مسئله‌ای که در این پژوهش به آن پرداخته می‌شود، این است که چگونه قیمت مسکن در یک منطقه مثل کلان‌شهر تهران به قیمت مسکن در منطقه دیگر منتقل می‌شود. در ادامه مکانیسم‌های انتقال آن و نظریاتی که در این باره بیان شده‌اند، بحث می‌شود.

۲-۲. اتصال قیمت در بازار مسکن

بررسی اتصال و سرریز قیمت مسکن به‌عنوان یک موضوع پیچیده و چندوجهی در علم اقتصاد و برنامه‌ریزی شهری، همواره مورد توجه محققان و کارشناسان قرار داشته است. این موضوع نه‌تنها تحت تأثیر عوامل اقتصادی، اجتماعی و سیاسی قرار دارد، بلکه به‌عنوان یک شاخص کلیدی در تحلیل بازارهای مالی و مسکن نیز شناخته می‌شود. در ادامه، به بررسی نظریات و تحقیقات پیشین در زمینه اتصال و سرریز قیمت مسکن پرداخته می‌شود.

اتصال قیمت مسکن به معنای ارتباط و هم‌پستگی قیمت‌های مسکن در مناطق مختلف است. این مفهوم به ویژه در بازارهای مسکن شهری اهمیت دارد، جایی که قیمت‌ها تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله تقاضا، عرضه و سیاست‌های دولتی قرار می‌گیرند (بلژی^۴، ۲۰۱۸؛ لیو و همکاران^۵، ۲۰۲۳). در این راستا، تحقیقات نشان داده‌اند که قیمت‌های مسکن در مناطق مختلف ممکن است به یکدیگر وابسته باشند و تغییرات در یک منطقه می‌تواند بر قیمت‌های مناطق دیگر تأثیر بگذارد (خو و ژانگ^۶، ۲۰۲۳؛ یون، ۲۰۲۴ b).

¹ Agnello *et al.*

² Mesly *et al.*

³ Novy-Marx

⁴ Belej

⁵ Liu *et al.*

⁶ Xu & Zhang

می‌توان گفت، قیمت مسکن به‌شدت تحت تأثیر تعادل میان عرضه (مانند زمین، مصالح ساختمانی و محدودیت‌های ساخت) و تقاضا (شامل نیازهای مسکونی، سرمایه‌گذاری و سوداگری) قرار دارد. تغییر در هر یک از این عوامل می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر قیمت‌ها در بازارهای مرتبط بگذارد (کای و همکاران^۱، ۲۰۲۳؛ سان خوان^۲، ۲۰۲۳). علاوه بر این، انتظارات تورمی نیز نقش مهمی ایفا می‌کنند. در شرایطی که تورم عمومی در اقتصاد افزایش یابد، سرمایه‌گذاران به مسکن به‌عنوان یک دارایی امن نگاه می‌کنند و این امر می‌تواند منجر به افزایش قیمت مسکن شود. این پدیده به‌ویژه در اقتصادهایی با نرخ تورم بالا مشهود است (کاسیح و سوگیهارتی^۳، ۲۰۲۴؛ ملنیچنکو و همکاران^۴، ۲۰۲۲). اثر ثروت^۵ نیز از دیگر عوامل مؤثر در این زمینه است. اثر ثروت یکی از مکانیسم‌های مهم در انتقال و اتصال قیمت مسکن بین مناطق و کلان‌شهرها محسوب می‌شود. افزایش قیمت مسکن موجب افزایش ارزش دارایی مالکان و در نتیجه افزایش احساس ثروتمند شدن آن‌ها می‌شود. این احساس افزایشی در ثروت، موجب تحریک تقاضای مصرفی و سرمایه‌گذاری در سایر بخش‌های اقتصادی، به‌ویژه بازار مسکن در سایر مناطق، می‌گردد. به این ترتیب، رشد قیمت مسکن در یک منطقه از طریق اثر ثروت، توانایی انتقال شوک‌های قیمتی به بازارهای مسکن مناطق دیگر را دارد و موجب تقویت همبستگی و اتصال قیمت‌ها می‌شود. این مکانیسم، علاوه بر اثر مستقیم بر تقاضا، می‌تواند انتظارات مثبت بازار را نیز تقویت کرده و روند انتقال قیمت‌ها را تسریع نماید. در نهایت، اثر ثروت به‌عنوان یک کانال کلیدی در توضیح چگونگی گسترش نوسانات قیمتی بین بازارهای مختلف مسکن، نقش به‌سزایی ایفا می‌کند (فونگ و چنگ^۶، ۲۰۲۱؛ دای^۷، ۲۰۱۹). به‌علاوه، سیاست‌های پولی و مالی نیز تأثیر زیادی بر بازار مسکن دارند (چن و همکاران^۸، ۲۰۲۴؛ هور^۹، ۲۰۲۴). کاهش نرخ بهره می‌تواند به افزایش وام‌گیری برای خرید مسکن منجر شود و در نتیجه تقاضا را تحریک کند (لی و پارک^{۱۰}، ۲۰۲۲). هم‌چنین، سیاست‌های یارانه‌ای دولتی، مانند برنامه‌های مسکن مهر، می‌توانند قیمت مسکن را در مناطق خاص به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار دهند (تجربشی و وصال، ۱۳۹۹).

مبنای نظری اتصال و سرریز قیمت مسکن ریشه در وابستگی‌های متقابل بین مناطق مختلف کلان‌شهرها و مناطق تحت تأثیر شرایط اقتصادی و احساسات مصرف‌کننده دارد (پوتپان^{۱۱}، ۱۹۹۶؛ مالپزی^{۱۲}، ۱۹۹۶؛ کیم و سنو^{۱۳}، ۲۰۲۱). ارتباط متقابل بازارهای مسکن یک پدیده کاملاً مستند است. مناطق مختلف نقش‌های متفاوتی در این میان ایفا می‌کنند؛ برخی به‌عنوان منبع اصلی شوک‌های قیمتی و برخی دیگر به‌عنوان دریافت‌کننده این شوک‌ها عمل می‌کنند (سپنی و همکاران^{۱۴}، ۲۰۲۵). این روند در کشورهای بسیاری مانند انگلستان، ایالات

¹ Cai *et al.*

² San Juan

³ Kasih & Sugiharti

⁴ Melnychenko *et al.*

⁵ Wealth Effect

⁶ Fung & Cheng

⁷ Dai

⁸ Chen *et al.*

⁹ Hur

¹⁰ Lee & Park

¹¹ Potepan

¹² Malpezzi

¹³ Kim & Seo

¹⁴ Cepni *et al.*

متحد، جمهوری چک و چین مشاهده می‌شود، تحقیقات نشان می‌دهد که بازارهای مسکن به‌طور فزاینده‌ای به هم متصل هستند و مناطق خاصی به‌عنوان فرستنده یا گیرنده قابل توجه شوک‌های قیمتی عمل می‌کنند. این ارتباط متقابل توسط عوامل جغرافیایی و اجتماعی و اقتصادی و همچنین رویدادهای اقتصادی خارجی شکل می‌گیرد. عواملی چون ویژگی‌های منطقه‌ای و رویدادهای اقتصادی، در کنار اصول اساسی بازار، بر تحرکات این بازارها تأثیرگذارند و باعث می‌شوند که شوک‌های قیمتی به‌صورت متقابل بین مناطق منتقل شوند (آنتوناکاکیس و همکاران^۱، ۲۰۱۹). در پژوهش دیگر، ارتباط بازار مسکن در چین، پویا و حساس به تحولاتی خاص زمان است. شوک‌های سمت عرضه اغلب منجر به شوک‌های سمت تقاضا می‌شود و نشان‌دهنده تعامل پیچیده بین بخش‌های مختلف بازار است (نونگ^۲، ۲۰۲۴).

۳-۲. اثر سرریز انبوه

اثر سرریز انبوه^۳ به پدیده‌ای اشاره دارد که در آن تغییرات اقتصادی، اجتماعی یا رفتاری در یک منطقه، بخش یا بازار بر سایر مناطق، بخش‌ها یا بازارها تأثیر می‌گذارد (مویر و کیم-مالپاس^۴، ۲۰۲۰). این اثر به‌ویژه در سیستم‌های به هم پیوسته، مانند بازارهای مسکن، بازارهای مالی و اقتصادهای منطقه‌ای، مرتبط است (صندوق بین‌المللی پول، ۲۰۲۳؛ بانک جهانی^۵، ۲۰۲۳). در زمینه بازارهای مسکن، اثر سرریز انبوه توصیف می‌کند که چگونه تغییرات قیمت، تغییرات تقاضا یا تأثیرات سیاستی در یک منطقه می‌تواند به مناطق هم‌جوار یا مرتبط اقتصادی منتقل شود (دفوسکو و همکاران^۶، ۲۰۱۸؛ گونزالس-پامپیلون^۷، ۲۰۲۲؛ کیم^۸، ۲۰۲۵).

سرریزهای بین شهری در میان بازارهای مسکن معمولاً با مدل‌های خودرگرسیون فضایی کلاسیک مدل‌سازی می‌شوند (گونگ و همکاران^۹، ۲۰۲۰). اقتصادسنجی فضایی و تحلیل شبکه به‌عنوان ابزارهای کمی و روش‌های مدل‌سازی، برای تحلیل و نمایش آثار سرریز فضایی به کار می‌روند. به‌عنوان مثال، اقتصادسنجی فضایی بر اهمیت نزدیکی جغرافیایی و وابستگی‌های فضایی در توضیح پدیده‌های اقتصادی تأکید می‌کند (آنزِلین^{۱۰}، ۲۰۲۰). طبق این چارچوب، مناطقی که از نظر جغرافیایی نزدیک یا اقتصادی به هم مرتبط هستند، بیشتر احتمال دارد که اثرات سرریز را به دلیل زیرساخت‌های مشترک، تحرک نیروی کار و پیوندهای تجاری تجربه کنند (کو و کانگ^{۱۱}، ۲۰۲۳؛ کیم و سئو^{۱۲}، ۲۰۲۱).

نظریه شبکه این موضوع را با مدل‌سازی مناطق یا بازارها به‌عنوان گره‌هایی در یک شبکه گسترش می‌دهد، جایی که اتصالات (لبه‌ها) نمایانگر تعاملات اقتصادی یا اجتماعی هستند. در این زمینه، اثرات سرریز زمانی رخ

¹ Antonakakis *et al.*

² Nong

³ Mass spill-over effect

⁴ Muir & Keim-Malpass

⁵ World Bank

⁶ DeFusco *et al.*

⁷ González-Pampillón

⁸ Kim

⁹ Gong *et al.*

¹⁰ Anselin

¹¹ Ko & Kang

¹² Kim & Seo

می‌دهد که شوک‌ها یا تغییرات در یک گره بر گره‌های متصل تأثیر بگذارد (جکسون^۱، ۲۰۲۱). به‌عنوان مثال، افزایش قیمت مسکن در یک شهر بزرگ می‌تواند از طریق افزایش تقاضا از سوی مسافران یا سرمایه‌گذاران به شهرهای نزدیک سرریز شود (یو و همکاران^۲، ۲۰۲۳؛ جون^۳، ۲۰۲۲). مطالعات تجربی اخیر به بررسی اثر سرریز انبوه در بازارهای مسکن پرداخته‌اند و شواهد قابل توجهی در این زمینه ارائه داده‌اند. این پژوهش‌ها نشان می‌دهند که تغییرات قیمت مسکن در یک منطقه به‌طور قابل توجهی بر قیمت‌ها در مناطق هم‌جوار تأثیر می‌گذارد (هالی و همکاران، ۲۰۱۹). یافته‌های آن‌ها نقش نزدیکی جغرافیایی و پیوندهای اقتصادی در انتقال شوک‌های قیمتی را برجسته می‌کند. به‌طور مشابه، لی و همکاران (۲۰۲۱)، از تحلیل شبکه برای مطالعه سرریز قیمت مسکن در شهرهای چین استفاده کردند و دریافتند که شهرهایی که دارای پیوندهای اقتصادی قوی هستند، مانند شهرهایی که با راه‌آهن پرسرعت یا بازارهای کار مشترک مرتبط هستند، اثرات سرریز قوی‌تری را نشان می‌دهند.

۴-۲. نظریه اثر موجی

اثر موجی^۴ در قیمت‌های مسکن به این معناست که تغییرات قیمت در یک منطقه جغرافیایی می‌تواند با فاصله زمانی به سایر مناطق انتقال یابد و بر قیمت‌ها تأثیر بگذارد. این پدیده به‌ویژه در شرایطی که یک منطقه به‌عنوان پیشرو در تغییرات قیمت عمل می‌کند، مشهود است (مین^۵، ۱۹۹۹). به‌عنوان نمونه، افزایش قیمت مسکن در کلان‌شهر تهران می‌تواند به‌واسطه نقش مرکزی و اثرگذاری اقتصادی‌اش، موجب افزایش تقاضا و قیمت در سایر شهرها و مناطق کشور شود، به‌ویژه در مناطقی که از نظر اقتصادی یا مهاجرتی به تهران وابسته‌اند. ادبیات گسترده‌ای وجود دارد که به بررسی «اثر امواج» بر قیمت مسکن در بریتانیا و ایالات متحده می‌پردازد (گلیزر و گیورکو^۶، ۲۰۲۱؛ پریس و اسپرینگز^۷، ۲۰۲۲؛ مین^۵، ۲۰۲۱). این مطالعات ابتدا با نظریه‌پردازی و تحلیل تجربی در انگلستان آغاز شدند. اثر موج‌دار به این پدیده اشاره دارد که افزایش قیمت مسکن در منطقه جنوب‌شرقی انگلستان معمولاً با تأخیر زمانی باعث افزایش قیمت در مناطق شمال‌غربی انگلستان می‌شود. این پدیده نشان‌دهنده نوعی ارتباط و وابستگی در بازار مسکن است که در آن تحولات قیمت در یک منطقه می‌تواند به تدریج به سایر مناطق سرایت کند (مین^۵، ۱۹۹۹). ادبیات اثر موجی بر مفهوم قانون قیمت واحد (LOOP) تکیه دارد (وانگ و همکاران^۸، ۲۰۲۴)، که پیشنهاد می‌کند کالای همگنی که در دو بازار مختلف به فروش می‌رسد، پس از تلفیق هزینه‌های مبادله و حمل‌ونقل، باید به قیمت یکسان بفروشد. اساساً، قیمت واحد از آربیتراژ قیمت کالاها بین بازارها برای ایجاد هم‌گرایی قیمت‌ها در بازارهای منطقه‌ای استفاده می‌کند (گاباثر و همکاران^۹، a

¹ Jackson

² Yu *et al.*

³ Jun

⁴ ripple effect

⁵ Meen

⁶ Glaeser & Gyourko

⁷ Pryce & Sprigings

⁸ Wang *et al.*

⁹ Gabauer *et al.*

۲۰۲۴). یعنی مثلاً اگر بتوان کالا را با هزینه نسبتاً کم بین بازارها حمل کرد، پس از انتقال کالا از بازار ارزان به بازار گران، می‌توان آن را در بازار ارزان خرید و در بازار گران به فروش رساند.

مطالعات مختلفی در این زمینه انجام شده که تلاش دارند تا این رابطه را با استفاده از داده‌های تجربی و روش‌های تحلیلی بررسی کنند و توضیح دهند چگونه این انتقال قیمت‌ها اتفاق می‌افتد و چه عواملی در این فرآیند نقش دارند. در ایالات متحده، نوسانات بازار مسکن بر قیمت‌های مصرف‌کننده محلی تأثیر می‌گذارد و نشان می‌دهد که اثر موجی فراتر از بازارهای مسکن برای تأثیرگذاری بر شرایط اقتصادی گسترده‌تر است (چوی و جو، ۲۰۲۴). همچنین، مطالعه‌ای که در بازار مسکن جمهوری چک صورت گرفته، وجود اثر موجی را با بهره‌گیری از آزمون‌های علیت گرنجر تأیید کرده‌اند (اسلانی و ایمر، ۲۰۲۴). افزون بر این، پژوهش دیگر نشان می‌دهد، اثر موجی به بحران‌های اقتصادی و سیاست‌های مسکن نیز ارتباط دارد و می‌تواند موجب افزایش یا کاهش قطبی‌شدن قیمت‌ها در مناطق مختلف شود. به‌عنوان مثال، در دوره‌های بحران، سیاست‌های مرتبط با گسترش نقدینگی نشان داده‌اند که می‌توانند نوسانات شدید قیمت را در شهرهای منطقه‌ای افزایش دهند و در نتیجه بر پویایی اثر موجی تأثیرات قابل‌توجهی بگذارند (پارک و یونگ، ۲۰۲۴).

ادبیات جدید بازار مسکن نشان می‌دهد که پویایی‌های قیمتی در این بازار، صرفاً حاصل انتقال بین‌مکانی قیمت‌ها^۴ نیست، بلکه عوامل درونی بازار مانند ساختار عرضه و تقاضا، سیاست‌های اقتصادی، نقش نهادهای مالی و ویژگی‌های نهادی-کالبدی شهرها در شکل‌گیری و گسترش این نوسانات نقش مهمی ایفا می‌کنند (پارک و جانگ، ۲۰۲۴).

انعطاف‌پذیری عرضه مسکن، از جمله زمان‌بر بودن ساخت‌وساز، محدودیت‌های زمین شهری، و هزینه‌های تولید، از عوامل تعیین‌کننده شدت نوسانات قیمتی است. در کلان‌شهرهایی که عرضه به دلایل نهادی یا فیزیکی محدود است، واکنش بازار به شوک‌های قیمتی شدیدتر است (کیم و لی، ۲۰۲۱). چنین تفاوت‌هایی میان شهرها می‌تواند در مسیر و شدت انتقال قیمت‌ها مؤثر باشد. همچنین، تقاضای مصرفی (ناشی از مهاجرت، رشد خانوار و نیاز سکونتی) و تقاضای سرمایه‌ای (ناشی از انتظارات سود یا حفظ ارزش سرمایه) در تعامل با یکدیگر نیز، ساختار تقاضای بازار مسکن را شکل می‌دهند. نقش پررنگ سرمایه‌گذاران و سفته‌بازان در برخی کلان‌شهرها مانند تهران می‌تواند به گسترش بیشتر نوسانات کمک کند و آن‌ها را به سایر شهرها منتقل نماید (چن و همکاران، ۲۰۲۳؛ یون، ۲۰۲۴ a). علاوه بر آن، تغییرات در نرخ بهره، سیاست‌های حمایتی در وام‌دهی، یا مقررات مربوط به مالیات بر املاک، اثرات مستقیم و غیرمستقیمی بر رفتار خریداران و سازندگان دارند. به‌طور مثال، سیاست‌های انبساطی در دوره‌های رکود می‌تواند موجب افزایش سریع تقاضا و افزایش قیمت‌ها شود که این اثر می‌تواند به‌صورت ناهمگون در شهرها بروز یابد (ژانگ و شو، ۲۰۲۲؛ دیاس و دوارته، ۲۰۱۹). افزون بر آن، پیشرفت در ابزارهای مالی مرتبط با مسکن (مانند صندوق‌های سرمایه‌گذاری املاک یا اوراق رهنی) در سال‌های اخیر، اتصال

¹ Choi & Jo

² Slaný & Emmer

³ Park & Jung

⁴ spillover effects

⁵ Kim & Lee

⁶ Chen *et al.*

⁷ Zhang & Xu

بیشتری بین بازارهای مسکن و سایر بازارهای مالی ایجاد کرده است. شهرهایی با دسترسی بیشتر به منابع مالی یا ابزارهای تأمین مالی نوین، معمولاً در برابر شوک‌های بیرونی حساس‌تر هستند (پارک و جانگ، ۲۰۲۴). در نهایت، ساختار کالبدی شهر (تراکم، قابلیت توسعه‌پذیری، کیفیت زیرساخت‌ها) و شاخص‌های حکمرانی شهری (شفافیت معاملات، قوانین زمین، کیفیت داده‌های بازار) از عوامل زمینه‌ای تعیین‌کننده تفاوت رفتار بازارهای شهری در برابر شوک‌ها هستند (محمدی و همکاران، ۱۴۰۱).

۲-۵. پیشینه پژوهش

۲-۵-۱. مطالعات داخلی

«توسلی» و «خیابانی» (۱۴۰۲)، پویایی رفتار قیمت مسکن در بازارهای منطقه‌ای و انتشار فضایی - زمانی قیمت مسکن در مناطق ایران را مورد بررسی قرار داده‌اند، برای این منظور الگوی انتشار فضایی-زمانی در چارچوب یک سیستم پویای تصحیح خطای برداری طی بازه زمانی ۱۳۹۹:۴-۱۳۷۲:۱ استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد، منطقه تهران به‌عنوان مرکز تحولات اقتصادی و بالتبع محل تمرکز درآمدهای نفتی کشور به‌عنوان منطقه مسلط در کشور عمل می‌کند و نقش کلیدی را در انتشار تکانه‌های قیمتی مسکن بر همسایگان و سایر مناطق ایفا می‌کند. هم‌چنین، مناطق با لینک‌های مالی قوی‌تر به منطقه تهران، در بلندمدت بیشترین اثرپذیری را از شوک‌های واردشده به این منطقه را دارند.

«حکمت» و همکاران (۱۴۰۱)، در مقاله‌ای با استفاده از اقتصادسنجی فضایی و با کمک مدل خود رگرسیون فضایی اثر ثابت پویا، به تحلیل قیمت مسکن بین نواحی ۲۲ گانه شهر تهران پرداخته‌اند. نتایج حاکی از یک نوع وابستگی فضایی نرخ رشد قیمت مسکن بین نواحی شهر تهران بوده است. هم‌چنین، نتایج وجود یک هم‌بستگی فضایی نرخ رشد قیمت مسکن در بین نواحی ۲۲ گانه را تأیید می‌کند. در واقع تغییرات نرخ رشد قیمت مسکن در یک ناحیه از نرخ رشد قیمت مسکن نواحی هم جوار خود اثر مثبتی می‌پذیرد. افزون بر آن، هم‌بستگی فضایی نرخ رشد قیمت مسکن در نواحی جنوب شهر با نواحی شمال شهر تهران متفاوت است.

«علی‌مرادی افشار» و «غلامی‌حیدریانی» (۱۴۰۱)، در پژوهشی هم‌گرایی قیمت مسکن از روش‌های اقتصادسنجی فضایی و داده‌های پانل پویا در بین شهرهای ایران را مورد مطالعه قرار می‌دهند. برای این منظور قیمت مسکن ۳۱ شهر ایران از سال ۱۳۷۹-۱۳۹۷ ه.ش. مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مطالعه مبتنی بر این نظریه است که به واسطه مهاجرت، تبدیل دارایی و آربیتراژ فضایی، شوک‌های قیمت مسکن در یک منطقه می‌تواند اثر موجی بر دیگر مناطق داشته باشد. نتایج نشان می‌دهد، هم‌گرایی قیمت مسکن بین شهرهای ایران وجود دارد. هم‌چنین آثار فضایی در هم‌گرایی قیمت مسکن شهرها تأثیرگذار است و نتیجه فرضیه اثر موجی را در هم‌گرایی قیمت مسکن مناطق تأیید می‌کند.

«میرزائی» و همکاران (۱۴۰۰)، در پژوهشی، به بررسی شبکه قیمت مسکن بین مناطق ۲۲ گانه شهر تهران با کمک مدل VAR و طی دوره زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۱ ه.ش. در قالب ۴ بلوک شهری و نیز براساس تحلیل تجزیه واریانس خطای پیش‌بینی به‌دست‌آمده از مدل VAR برای کل دوره مدنظر به‌صورت پویا پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، مناطق ۲، ۵، ۱۴ و ۱۰ قوی‌ترین ارسال‌کننده‌های شوک قیمتی بین مناطق

۲۲ گانه‌اند و مناطق ۱، ۸، ۱۱ و ۱۸ بزرگ‌ترین دریافت‌کننده‌های شوک قیمت مسکن محسوب می‌شوند و نیز، قوی‌ترین شبکه مسکن مربوط به بلوک شامل مناطق ۴، ۵، ۸، ۱۳، ۲۰ و ۲۱ است. همچنین، شوک قیمتی مسکن در سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۷ ه.ش. بیشترین اثر را بر قیمت همان منطقه در دوره بعدی آن داشته است؛ همچنین، افزایش قیمت مسکن در سال‌های ۱۳۹۹-۱۴۰۰ ه.ش. تأثیر چشم‌گیری بر شبکه مسکن مناطق نداشته است.

«خلیلی عراقی» و همکاران (۱۳۹۲)، در یک مطالعه‌ای از چارچوب مدل وقفه فضایی (SAR) و با استفاده از داده‌های ترکیبی استان‌های اصلی کشور برای دوره (۱۳۷۰-۱۳۸۹) تغییرات قیمت مسکن در ایران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده بیانگر این است که اثر انتشار فضایی قیمت مسکن بین استان‌های مختلف کشور عاملی بسیار مهم در توضیح رفتار قیمت مسکن است و به‌طور متوسط افزایش ۱۰ درصدی قیمت مسکن در سایر استان‌ها قیمت مسکن در استان موردنظر را به میزان ۶ درصد افزایش می‌دهد.

۲-۵-۲. مطالعات خارجی

یون^۱ (۲۰۲۴ a)، در پژوهشی، اثرات سرریز بین منطقه‌ای در بازار مسکن کره جنوبی را با تمرکز بر بازار فروش آپارتمان سئول و شش کلان شهر منطقه‌ای و اثرات موج‌دار بین شاخص‌های قیمت فروش ماهانه آپارتمان از سال ۱۹۸۶:۱ تا ۲۰۲۳:۱۲ با استفاده از تکنیک شبکه اتصال پارامتر متغیر با زمان، تکنیک تجزیه درجه دوم، و تکنیک آزمون علیت گرنجر مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد، در بازه زمانی کوتاه‌مدت؛ منطقه سئول (کل، گانگنام، گانگیوک) تأثیر زیادی بر بازار آپارتمان در سراسر کشور کره جنوبی دارد. همچنین، در مقیاس زمانی بلندمدت، یک رابطه علی دو طرفه بین منطقه سئول و بازارهای آپارتمان در کلان شهرهای محلی وجود دارد.

گابائر و همکاران (۲۰۲۴ b)، ارتباط پویای شوک‌های تصادفی به قیمت‌های مسکن در بین ۵۰ ایالت ایالات متحده و ناحیه کلمبیا را برای دوره ۱۹۷۶:۱ تا ۲۰۱۹:۱۱ با استفاده از یک مدل خودرگرسیو برداری (VAR) استاندارد و همچنین سه مدل VAR با اثرات کاهش-مدل‌های Lasso, Elastic Net و Ridge VAR مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که تأثیرات واقعی بر روی بازده مسکن به‌طور منطقه‌ای از ایالت‌های جنوبی به سایر مناطق منتقل می‌شود. به‌ویژه، شمال شرق به‌عنوان یک نقطه دریافت‌کننده این شوک‌ها عمل می‌کند. همچنین، منطقه غرب این تأثیرات را از جنوب دریافت کرده و سپس آن‌ها را به میدوست و شمال شرق منتقل می‌سازد.

«چودری» و همکاران^۲ (۲۰۲۳)، به بررسی ارتباط و اتصال انتقالی بین قیمت‌های مسکن ایالات متحده از داده‌های ماهانه برای دوره ۲۰۰۰:۱ تا ۲۰۲۳:۱ و نمونه داده ۲۰ منطقه متروپولیتن (MSA) با استفاده از یک مدل ارتباطی کوانتایل می‌پردازند. نتایج تحقیق حاکی از آن است که تمام مناطق متروپولیتن رفتار یکسانی در

¹ Yoon

² Chowdhury et al.

قیمت‌های مسکن ندارند. همچنین، در دامنه‌های مختلف قیمت (کوانتایل‌ها)، برخی مناطق به طور قابل توجهی در انتقال قیمت‌ها نقش دارند.

«آنتوناکاکیس» و همکاران^۱ (۲۰۲۱)، در مطالعه‌ای، به بررسی رابطه پیشرو-عقب‌مانده بین قیمت‌های مسکن و حجم فروش در چهار بازار مسکن منطقه‌ای ایالات متحده، یعنی میانه غرب، شمال شرق، جنوب و غرب در بازه زمانی از سال ۱۹۸۹:۱ تا ۲۰۱۹:۳ پرداختند. نتایج پژوهش با استفاده از رویکرد TVP-VAR نشان می‌دهد، همه چهار منطقه می‌توانند شوک‌هایی را در بازار مسکن در رابطه با قیمت‌ها و حجم‌ها منتقل یا دریافت کنند. همچنین، در دوره‌های اقتصادی پرتنش، شوک‌های حجم فروش هستند که تحولات بازار مسکن ایالات متحده را هدایت می‌کنند، و افزون بر آن، پتانسیل برای تنوع مؤثر پرتفوی وجود دارد.

لیو و همکاران^۲ (۲۰۲۱)، در پژوهشی به بررسی سرریزهای قیمت مسکن بین شهری در چین از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۹ م. با کمک مدل GAS پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تأثیرات فضایی قیمت‌های مسکن در چین در دوره زمانی مورد مطالعه؛ تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد، از جمله حدس فضایی و زیرساخت‌های حمل‌ونقل. همچنین، رشد واقعی GDP و عرضه اعتبار تأثیر کمی بر پویایی این تأثیرات دارند.

ژانگ و همکاران^۳ (۲۰۲۰ a)، طی پژوهشی، وابستگی متقابل منطقه‌ای در بازار مسکن بریتانیا با استفاده از شاخص‌های قیمت مسکن را برای دوره زمانی ۱۹۷۳:۴ تا ۲۰۱۸:۴ مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در این تحقیق، از یک رویکرد شبکه‌ای مبتنی بر هم‌بستگی جزئی برای تحلیل وابستگی قیمت مسکن در ۱۳ منطقه بریتانیا و از تحلیل حداقل درخت پوشا (MST) استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که منطقه بیرونی جنوب شرقی قوی‌ترین وابستگی را به بازار مسکن بریتانیا دارد، در حالی که ایرلند شمالی کمترین یکپارچگی را دارد. بازار مسکن بریتانیا دوره‌هایی از ارتباط بالاوپایین را تجربه کرده و بالاترین ارتباط قبل از اوایل دهه ۱۹۹۰ م. و پس از بحران مالی ۲۰۰۸ م. بوده است. همچنین، این منطقه محل اصلی تورم قیمت مسکن است و بازار در آن به‌شدت به هم متصل است، در حالی که لندن و شمال غرب در زمان‌های ارتباط کمتر، نقش مرکزی را ایفا می‌کنند.

ژانگ و همکاران (۲۰۲۰ b)، با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری فضایی (VAR) و پاسخ‌های تکانه مکانی-زمانی تعمیم‌یافته، انتشار قیمت خانه شهری در شرق چین را تحلیل کردند. نتایج نشان می‌دهد که مقدار مشخصی از انتشار مکانی و زمانی شهرهای هم‌جوار در محدوده مورد مطالعه وجود دارد. زمانی که شهر مرکزی تراکم شهری، شانگهای و شهر فرعی، هانگژو به‌عنوان شهرهای مرکز انتشار قیمت در نظر گرفته می‌شوند، بیش از نیمی از شهرهای اطراف به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر تغییرات قیمت مسکن در شهر مرکز انتشار قرار می‌گیرند.

مطالعات داخلی نشان می‌دهند که تهران به‌عنوان مرکز اقتصادی تأثیر قابل توجهی بر قیمت مسکن در مناطق هم‌جوار و نواحی مختلف دارد. وابستگی فضایی و هم‌گرایی قیمت مسکن در نواحی تهران و شهرهای ایران تأیید شده و تأثیر شوک‌های قیمتی در یک منطقه بر دیگر مناطق نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

¹ Antonakakis et al.

² Lu et al.

³ Zhang et al.

هم‌چنین، اثرات انتشار فضایی قیمت مسکن بین استان‌ها به‌عنوان عاملی مهم در رفتار قیمت‌ها شناسایی شده است. علاوه بر این، پژوهش‌های خارجی نیز نشان می‌دهند که بازار مسکن در مناطق مختلف به‌شدت تحت تأثیر سرریزهای قیمتی و شوک‌های تصادفی قرار دارد، به‌طوری که سؤال در کره جنوبی و ایالت‌های جنوبی در ایالات متحده به‌عنوان نقاط کلیدی شناسایی شده‌اند. هم‌چنین، رفتارهای متفاوت قیمت مسکن در مناطق مختلف ایالات متحده و تأثیرات فضایی در چین و بریتانیا مورد بررسی قرار گرفته است. آن‌چه که در این پژوهش به آن پرداخته می‌شود، بررسی مکانیسم انتقال قیمت مسکن بین کلان‌شهرهای کشور ایران با استفاده از روش‌های پیشرفته اقتصادسنجی است که به لحاظ روش شناختی، نسبت به سایر مطالعات انجام شده، متفاوت است.

برخلاف اغلب مطالعات داخلی که اغلب به بررسی هم‌گرایی قیمت یا اثرات سرریز فضایی به‌صورت ایستا پرداخته‌اند، این پژوهش با بهره‌گیری از مدل بردار خودرگرسیون با پارامترهای متغیر در زمان (TVP-VAR) و شاخص‌های ساختار شبکه‌ای مانند TCI، NPDC و NTDC به تحلیل پویای روابط قیمتی در بازار مسکن کشور می‌پردازد. تمرکز اصلی پژوهش نه‌تنها متکی بر توصیف انتشار قیمت، بلکه مبتنی بر شناخت الگوی انتقال، شدت و جهت آن و هم‌چنین شناسایی تغییرات ساختاری در سلسله‌مراتب قیمتی طی دوره‌های مختلف است. این رویکرد امکان ترسیم نقشه‌ای از مسیرهای واقعی انتقال قیمت بین استان‌ها را فراهم می‌سازد و تصویری از پویایی‌های سیستمی و مرکز-پیرامون در شبکه بازار مسکن ارائه می‌دهد، که در مطالعات پیشین کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

با توجه به رخدادهای کلان اقتصادی و سیاسی طی دوره مورد مطالعه، به‌ویژه خروج آمریکا از برجام در سال ۱۳۹۷ ه‍.ش. و بازگشت تحریم‌ها، تحلیل ساختار انتقال قیمت در این پژوهش در دو بازه زمانی متمایز انجام شده است: دوره پیش از تکانه ارزی (۱۳۹۰-۱۳۹۶) و دوره پس از آن (۱۳۹۷-۱۴۰۳). این تفکیک، امکان شناسایی تغییرات ساختاری در شبکه انتقال قیمتی و بررسی پویای روابط فضایی میان استان‌ها را فراهم می‌سازد، هرچند مدل TVP-VAR در کل دوره اجرا شده و از طریق الگوریتم کالمن، تغییرات پارامترها در طول زمان برآورد شده‌اند.

بر این اساس در پژوهش حاضر، به‌منظور بررسی اتصال و سرریز قیمت مسکن میان استان‌های کشور از داده‌های ماهیانه میانگین قیمت مسکن در بازه زمانی شهریور سال ۱۳۹۰ ه‍.ش. (آگوست ۲۰۱۱) الی مرداد ۱۴۰۳ ه‍.ش. (ژوئن ۲۰۲۴) بر اساس حداکثر اطلاعات موجود استفاده شده است. در این میان، از ۳۱ مرکز استان، داده‌های مربوط به سه مرکز استان شامل شهرکرد، یاسوج و بیرجند بواسطه تعداد داده‌های موجود در نظر گرفته شده است.

در سال‌های اخیر، تحلیل اتصال (connectedness) میان متغیرهای کلان و مالی به یکی از رویکردهای کلیدی در مطالعات اقتصاد کلان، بازارهای مالی و ریسک سیستمی تبدیل شده است. این مفهوم بر آن است تا چگونگی سرایت نوسانات، تکانه‌ها و اطلاعات میان اجزای مختلف یک سیستم اقتصادی یا مالی را به‌صورت

نظام‌مند بررسی کند. شناخت این الگوهای وابستگی به‌ویژه در دوره‌های بحران، برای تصمیم‌گیری‌های سیاست‌گذاران، سرمایه‌گذاران و ناظران بازار اهمیت بالایی دارد.

باید توجه داشت که روش‌های تحلیل اتصال نسبت به سایر روش‌های تحلیل ریسک و پویایی بازار چندین برتری کلیدی دارند. این روش‌ها قادرند به‌جای تمرکز صرف بر شاخص‌های ایستا مانند بازدهی یا واریانس دارایی‌ها، وابستگی‌های پویا و چندلایه میان نهادها و دارایی‌ها را مدل‌سازی کنند. برخلاف روش‌های سنتی که اغلب به تحلیل هم‌بستگی یا رگرسیون ساده محدود می‌شوند، روش‌های اتصال مانند TVP-VAR قادرند روابط غیرخطی، ناهمسانی در نوسانات و تغییرات زمانی در ارتباطات مالی را به‌طور دقیق‌تری بررسی کنند (بالچیلار^۱، ۲۰۲۱). هم‌چنین، روش‌های اتصال می‌توانند سرایت تکانه‌ها را در بازه‌های زمانی مختلف تحلیل کنند (آنتوناکاکیس، ۲۰۲۳).

نقطه عطف در توسعه‌ی رویکرد اتصال، مطالعه‌ی ابتدایی «دیبولد» و «ایلماز»^۲ (۲۰۰۹) بود که پس از بحران -های مالی جهانی انجام شد و به نوعی چارچوبی بر اساس تجزیه واریانس خطای پیش‌بینی^۳ در مدل VAR پیشنهاد داد. این روش ابتدا در قالب تحلیل ایستا معرفی شد؛ اما به‌زودی در نسخه‌های بعدی یعنی دیبولد و ایلماز (۲۰۱۲ و ۲۰۱۴) به تحلیل‌های زمان‌مند و جهت‌دار ضرایب گسترش یافت. برای دستیابی به این هدف، آن‌ها از روش پنجره‌ی غلطان^۴ جهت استخراج ماتریس‌های زمانی و محاسبه‌ی شاخص‌های مختلف اتصال استفاده کردند.

اگرچه استفاده از پنجره‌ی غلطان روشی به‌طور نسبی ساده برای استخراج پویا ضرایب از مدل‌های VAR بود، اما این روش با چندین محدودیت جدی مواجه است؛ از جمله حساسیت بالا به طول پنجره انتخاب‌شده، ناپایداری نتایج و ناتوانی در ثبت تغییرات ناگهانی ساختاری در روابط بین متغیرها که در مطالعات مختلف به آن‌ها پرداخته شده است. در واکنش به این محدودیت‌ها، موج جدیدی از مطالعات با بهره‌گیری از مدل‌های پارامتر متغیر در زمان (TVP) به‌ویژه مدل TVP-VAR توسعه یافتند. این مدل که ابتدا توسط «پرمیچری»^۵ (۲۰۰۵) معرفی شده بود، به‌سرعت در چارچوب تحلیل اتصال نیز جای خود را باز کرد (آنتوناکاکیس و همکاران^۶، ۲۰۲۰).

مدل TVP-VAR با استفاده از روش‌های بیزی و فیلتر کالمن، توانایی تخمین هم‌زمان ضرایب ساختاری و ماتریس واریانس شوک‌ها را به‌صورت پویا داراست و در نتیجه، چارچوبی دقیق و منعطف برای محاسبه شاخص‌های اتصال در طول زمان فراهم می‌آورد. برخلاف روش پنجره غلطان، این مدل قادر است تغییرات ناگهانی یا تدریجی در ساختار وابستگی را به‌صورت درون‌زا بدون نیاز به انتخاب دلخواه طول پنجره یا تکرار تخمین‌ها شناسایی کند.

امروزه تلفیق شاخص‌های اتصال با مدل TVP-VAR به یکی از استانداردهای نوین در تحلیل‌های سرایت مالی، ریسک سیستماتیک و هم‌حرکتی متغیرهای کلان تبدیل شده است. در پژوهش حاضر نیز به پیروی از این

¹ Balcilar

² Diebold & Yilmaz

³ forecast error variance decomposition

⁴ rolling window VAR

⁵ Primiceri

⁶ Antonakakis et al., 2020

جریان روش شناختی، از چارچوب اتصال مبتنی بر تجزیه واریانس استفاده شده و به جای روش های ایستا یا نیمه پویا، تخمین پویا با استفاده از مدل TVP-VAR پیاده سازی شده است تا تصویری شفاف و دقیق از ساختار در حال تغییر اتصال بین متغیرهای مورد بررسی ارائه شود. برای توضیح رویکرد تخمین TVP-VAR در یک حالت کلی خواهیم داشت:

$$z_t = B_t z_{t-1} + u_t u_t \sim N(0, \Sigma_t) \quad (1)$$

$$\text{vec}(B_t) = \text{vec}(B_{t-1}) + v_t v_t \sim N(0, R_t) \quad (2)$$

که در آن z_t و z_{t-1} و u_t بردارهای $k \times 1$ بعدی و با جز خطا متناظر هستند. B_t و Σ_t شاخص $k \times k$ بعدی منعکس کننده ضرایب VAR و ماتریس واریانس-کواریانس متغیر طی زمان هستند. همچنین $\text{vec}(B_t)$ و v_t به عنوان بردارهای $k^2 \times 1$ بعدی و R_t به عنوان ماتریس $k^2 \times k^2$ بعدی تعریف می شوند. مفهوم تجزیه واریانس خطای پیش بینی تعمیم یافته¹ (GFEVD) توسط کوپ و همکاران² (۱۹۹۶) مطرح شد و پسران و شین³ (۱۹۹۸) قضیه تجزیه ولد⁴ را طبق آن مطرح کردند. از این رو معادله فوق به روش مذکور به فرآیند TVP-VMA تبدیل خواهد شد:

$$z_t = \sum_{i=1}^p B_{it} z_{t-i} + u_t = \sum_{j=0}^{\infty} A_{jt} u_{t-j} \quad (3)$$

GFEVD مقیاس بندی شده $\tilde{\psi}_{ij,t}^g$ ، GFEVD مقیاس بندی نشده $\psi_{ij,t}^g$ را بر اساس روش زیر استاندارد سازی می کند. $\tilde{\psi}_{ij,t}^g$ تاثیر متغیر j بر i را بر اساس اشتراک واریانس خطای پیش بینی که به عنوان اتصال جهت دار زوجی j بر i شناخته می شود؛ نشان می دهد.

$$\psi_{ij,t}^g(H) = \frac{\sum_{i=1}^{-1} \sum_{t=1}^{H-1} (t_i' A_t \Sigma_t l_j)^2}{\sum_{j=1}^k \sum_{t=1}^{H-1} (l_i A_t \Sigma_t A_t' l_i)} \tilde{\psi}_{ij,t}^g(H) = \frac{\psi_{ij,t}^g(H)}{\sum_{j=1}^k \phi_{ij,t}^g(H)} \quad (4)$$

در معادله فوق، $\sum_{i,j=1}^k \tilde{\psi}_{ij,t}^g(H) = 1$ و $\sum_{i,j=1}^k \psi_{ij,t}^g(H) = k$ ، برای افق پیش بینی l_i و l_j برای بردار انتخابی واحد در موقعیت l ام استفاده می شود. در واقع محور اصلی محاسبه انواع معیارها در رویکرد اتصال رابطه فوق بوده و برای محاسبه اتصال جهت دار کل به متغیر یا از سایر متغیرها بر متغیر مورد نظر، مورد استفاده قرار می گیرد. در این وضعیت ابتدا حالتی را در نظر بگیرید که متغیر i تکانه خود را به همه j دیگر دیگر منتقل می کند، که به آن «اتصال جهت دار کل به سایر متغیرها»⁵ گفته می شود و به صورت زیر تعریف می شود:

$$C_{i \rightarrow j,t}^g(H) = \sum_{j=1, i \neq j}^k \tilde{\psi}_{ji,t}^g(H) \quad (5)$$

سپس اثر کلی متغیر i از سایر j متغیر، «اتصال جهت دار کل از سایر متغیرها»⁶ گفته می شود و به طریق زیر به دست خواهد آمد:

$$C_{i \leftarrow j,t}^g(H) = \sum_{j=1, i \neq j}^k \tilde{\psi}_{ij,t}^g(H) \quad (6)$$

¹ Generalized Forecast Error Variance Decomposition

² Koop *et al.*, (1996)

³ Pesaran & Shin (1998)

⁴ Wold Decomposition Theorem

⁵ Total Directional Connectedness TO others

⁶ Total Directional Connectedness FROM others

با تفريق اتصال جهت دار كل وارد شده به متغيرهاى ديگر از اتصال جهت دار كل دريافت شده از ساير متغيرها، اتصال جهت دار كل خالص يا NET^1 را به دست مى آوريم كه به عنوان متغير موثر تفسير مى شود. اتصال جهتي كل خالص را مى توان به صورت زير نشان داد:

$$NET_{it}(K) = TO_{it}(K) - FROM_{it}(K) \quad (7)$$

اين رابطه بدين گونه تفسير مى شود كه اگر $TO_{it}(K) > FROM_{it}(K)$ يعنى متغير موردنظر انتقال دهنده تكانه است و اثر خالص مثبت است و اگر $TO_{it}(K) < FROM_{it}(K)$ ميزان اين اثر خالص منفي باشد؛ يعنى متغير موردنظر دريافت كننده تكانه از سيستم متغيرها بوده است. به بيان ديگر اگر اين معيار مثبت باشد، متغير مربوطه به صورت خالص بر شبكه اثرگذار بوده و يا ارسال كننده تكانه به شبكه يا ساير متغيرها است. در مقابل اگر اين معيار منفي باشد، آن گاه متغير i به صورت خالص از شبكه اثرپذير يا دريافت كننده تكانه ها مى باشد. در رويكرد حاضر، شاخص اتصال كل TCI^2 به هم پيوستگي و اتصال متغيرها را نشان مى دهد و به صورت زير قابل محاسبه است:

$$C_t^g(H) = \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^k \tilde{\psi}_{ij,t}^g(H)}{\sum_{i,j=1}^k \tilde{\Psi}_{ij,t}^g(H)} = \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^k \tilde{\Psi}_{ij,t}^g(H)}{k} \quad (8)$$

مشكل اصلى اين اندازه گيري اين است كه تفسير آن چه واقعاً به هم پيوستگي بالا را تشكيل مى دهد ذهنى است. چتزيانتوني و همكاران³ (۲۰۲۱) بر اساس شببيه سازى هاى مونت كارلو نشان داده است كه واريانس سهام با خود هميشه مساوى و بزرگ تر از واريانس متقاطع سهام است، به اين معنى كه TCI بين $[\frac{k-1}{k}, 1]$ قرار دارد و نه بين $[0, 1]$. در اين معيار توسط كاتزيانتونيو و همكاران (۲۰۲۱) تعديل شده است و مقدار آن بين صفر و يك (يا معادل درصدى آن) خواهد آمد.

$$C_t^g(H) \& = \left(\frac{k}{k-1}\right) \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^k \tilde{\psi}_{ij,t}^g(H)}{k} = \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^k \tilde{\psi}_{ij,t}^g(H)}{k-1} \quad 0 \leq C_t^g(H) \leq 1 \quad (9)$$

تمامى معيارهاى گفته شده تا كنون اتصالات مجموع متغيرهاى شبكه را بررسى مى كند اما $(NPDC)^4$ روابط دو طرفه ميان جفت متغيرها را بررسى مى كند كه از رابطه زير محاسبه مى شود:

$$NPDC_{ijt}(K) = \psi_{ji,t}(K) - \psi_{ij,t}(K) \quad (10)$$

به بيان ديگر خالص اتصال جفتى جهت دار يا $(NPDC_{ijt}(K))$ بيانگر آن است كه آيا متغير i ، محرک متغير j است يا بالعكس (ديبولد و ييلماز، ۲۰۰۹). اگر $NPDC_{ijt}(K) > 0$ يا $NPDC_{ijt}(K) < 0$ بدین معنى است كه تأثير متغير j بر متغير i بيشتر (كمتر) از اثرگذارى متغير i بر متغير j است (ديبولد و ييلماز، ۲۰۰۹).

گابائر (۲۰۲۱) نشان داده است كه TCI را مى توان به شاخص اتصال زوجى $(PCI)^5$ به صورت زير تجزيه كرد:

¹ Net Total Directional Connectedness

² Total Connectedness Index

³ Chatziantoniou *et al.*

⁴ Net Pairwise Directional Connectedness

⁵ Pairwise Connectedness Index

$$PCI_{ij,t}(K) = 2 \left(\frac{\tilde{\psi}_{ij,t}^g(K) + \tilde{\psi}_{ji,t}^g(K)}{\tilde{\psi}_{ii,t}^g(K) + \tilde{\psi}_{ij,t}^g(K) + \tilde{\psi}_{ji,t}^g(K) + \tilde{\psi}_{jj,t}^g(K)} \right) \quad (11)$$

این شاخص بین [۰,۱] قرار دارد که نشان دهنده میزان به هم پیوستگی دو طرفه در بین متغیر i و j است که توسط TCI پوشانده شده است.

۴. یافته‌های پژوهش

برای تحلیل ویژگی‌های آماری رشد قیمت مسکن در استان‌های مختلف ایران، شاخص‌هایی نظیر میانگین، واریانس، چولگی، کشیدگی، آزمون جاک-برا، آزمون ریشه واحد ERS و آزمون خودهمبستگی با استفاده از آماره‌های Q و Q^2 مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

داده‌های جدول ۱ نشان می‌دهند که میانگین رشد قیمت در تمامی استان‌ها مثبت و از نظر آماری در سطح ۱ درصد معنادار است (با علامت *** مشخص شده). این موضوع نشان دهنده روند صعودی پایدار در رشد قیمت مسکن طی دوره مورد بررسی در اکثر استان‌ها است. بالاترین میانگین رشد در استان تهران (۲۹.۷۱) و پایین‌ترین مقدار در یزد (۱۳.۰۳) مشاهده می‌شود، که بیانگر ناهمگونی قابل توجه در شدت افزایش قیمت‌ها در سطح کشور است.

واریانس رشد قیمت نیز در میان استان‌ها از تنوع بالایی برخوردار است؛ استان‌هایی مانند یزد (۶۷۰۱.۶۸)، زنجان (۲۳۴۵.۷۸) و خرم‌آباد (۱۹۰۹.۳) دارای بالاترین میزان نوسانات رشد قیمت هستند. از نظر چولگی، در برخی استان‌ها مانند زاهدان و زنجان توزیع رشد قیمت دارای چولگی منفی شدید است، که نشان دهنده احتمال بیشتر کاهش‌های بزرگ در رشد قیمت در این مناطق است. در مقابل، استان‌هایی مانند سمنان (۰.۷۰۱) و سمنان (۰.۷) چولگی مثبت دارند، یعنی رشدهای بالا در برخی دوره‌ها محتمل‌تر است. در خصوص کشیدگی، وجود مقادیر بالا برای استان‌هایی چون زنجان (۱۰.۳۷)، زاهدان (۴.۵۸) و کرمان (۳.۹۸) حاکی از وجود توزیع‌هایی با دم‌های ضخیم‌تر از توزیع نرمال است که نشان دهنده وقوع رشدهای افراطی مثبت یا منفی در برخی دوره‌هاست. آزمون جاک-برا (JB) در بیشتر استان‌ها معنادار است که فرض نرمال بودن رشد قیمت را رد می‌کند؛ به‌ویژه در استان‌هایی با چولگی یا کشیدگی بالا مانند زنجان، زاهدان و کرمان.

نتایج آزمون ERS منفی در استان‌ها در سطح معناداری قابل قبول است، که نشان می‌دهد نرخ رشد قیمت در استان‌ها ایستا بوده و فاقد ریشه واحد هستند. در نهایت، مقادیر معنادار آماره‌های Q و Q^2 در تمامی استان‌ها نشان دهنده وجود خودهمبستگی قوی در رشد قیمت مسکن است. این یافته بیانگر آن است که تغییرات رشد قیمت در دوره‌های مختلف به‌طور معناداری به مقادیر گذشته خود وابسته بوده‌اند، و مدل‌سازی پویای آن‌ها ضروری است.

جدول ۱. توصیف آماری متغیرهای پژوهش

Tab. 1: Descriptive Statistics of the Research Variables

میانگین	واریانس	چولگی	کشیدگی	جاک-برا	ERS	Q(۲۰)	Q2(۲۰)
۲۵.۲۳۹***	۴۲۰.۱۸۸	۰.۴۴۹***	-۰.۳۸۹	۶.۱۸۸***	-۴.۸۶۶	۴۳۴.۶۳۴***	۲۳۶.۱۲۶***
۲۶.۵۷۴***	۳۸۹.۵۲	۰.۳۳۲*	-۱.۱۷۸***	۱۱.۸۰۳***	-۳.۲۱۳	۷۲۹.۰۳۰***	۲۹۵.۵۶۱***
۲۴.۱۰۵***	۱۱۹۶.۸۹۳	-۰.۴۴۲***	۲.۳۹۹***	۴۲.۲۰۷***	-۷.۹۸	۳۵۹.۴۰۱***	۹۹.۴۵۹***

***۲۴۴.۲۰۵	***۵۳۶.۵۵۶	۵.۴۱۲-	۱.۷۳۷	۰.۲۲۵-	۰.۲۳۴	۴۴۵.۸۲۶	***۲۶۶.۵۰	Isfahan
***۲۷۷.۲۸۲	***۴۶۵.۱۹۸	۴.۴۹۷-	۰.۰۱۱	۰.۰۰۸	۰.۰۲	۴۳۴.۱۱۳	***۲۷.۱۶۸	Ahvaz
***۴۱۰.۰۶۸	***۴۱۸.۱۳۴	۶.۹۶-	۱.۵۵۴	۰.۴۷۴-	۰.۰۶۲	۴۰۷.۴۳۲	***۲۵.۷۵۸	Ilam
***۴۰۷.۸۷۴	***۷۶۵.۸۰۶	۴.۰۶۲-	۴.۵۰۸	***۰.۷۵۷-	۰.۱۷۷	۵۳۶.۳۴۵	***۲۳.۸۲۹	Bojnourd
***۵۲۲.۲۰۹	***۷۵۵.۹۸۹	۳.۶۱۵-	***۶.۱۵۱	***۰.۷۵۷-	۰.۳۰۸	۴۸۹.۶۴۷	***۲۷.۲۴۸	Bandar.Abbas
***۲۰۵.۷۰۳	***۴۳۱.۶۴۰	۷.۴۵۵-	***۵.۳۷۲	***۰.۷۵۵	۰.۲۵۶-	۶۲۶.۷۰۲	***۲۷.۱۵۹	Bushehr
***۴۳۷.۴۲۰	***۵۹۰.۷۵۶	۶.۶۴۲-	***۸.۴۰۹	۰.۱۵۴	***۰.۵۶۵	۴۰۶.۴۹۱	***۲۸.۱۵۲	Tabriz
***۴۶۲.۴۲۴	***۶۱۱.۸۷۱	۸.۷۶۹-	***۹.۸۵۲	***۱.۰۴۳-	***۰.۳۳۱	۵۳۴.۰۳۸	***۲۹.۷۱۱	Tehran
***۳۰.۸۰۷	***۷۳۸.۳۳	۱۱.۱۲۱-	***۳۴.۷۳۱	***۲.۳۱۲	۰.۰۹	۱۹۰.۹۲۹۹	***۲۰.۸۹۲	Khorramabad
***۶۴.۳۹۸	***۱۹۸.۹۰۷	۱۱.۱۹۶-	***۱۶۴.۷۱۳	***۴.۵۸۵	***۱۰.۵۹-	۱۶۹۵.۸۷	***۱۷.۰۰۹	Zahedan
***۵۳.۲۶۱	***۲۶۷.۹۸۸	۹.۱۴۷-	***۷۶۷.۳۱۰	***۱۰.۳۶۷	***۱۶۸۳-	۲۳۴۵.۸۷۱	***۲۱.۱۶۲	Zanjan
***۴۰۲.۸۱۵	***۵۲۰.۸۷۵	۴.۰۹۵-	۴.۴۶۷	۰.۲۵۱-	***۰.۳۹۶	۴۱۵.۹۶۶	***۲۳.۰۳۱	Sari
***۲۱۴.۵۵۵	***۳۱۳.۷۷۶	۶.۷۵۶-	***۱۲۶۷۱	۰.۰۱۵	***۰.۷۰۰	۵۹۴.۰۵۳	***۲۳.۵۲۲	Semnan
***۲۰۶.۲۵۹	***۴۷۷.۱۳۱	۵.۱۹۳-	***۱۳.۷۹۴	۰.۴۱۵	***۰.۷۰۱	۷۴۰.۱۶۱	***۲۴.۱۱۴	Sanandaj
***۴۷۱.۲۳۰	***۶۶۵.۵۱۶	۵.۶۷۶-	***۵.۸۲۲	***۰.۷۶۷-	۰.۲۸	۴۹۹.۵۵۱	***۲۷.۸۳۵	Shiraz
***۳۲۷.۸۱۳	***۶۸۸.۸۷۰	۶.۰۰۹-	۱.۵۰۱	۰.۳۳۶-	۰.۱۷۳-	۴۱۹.۴۴۴	***۲۵.۹۹۳	Qazvin
***۴۱۶.۲۸۲	***۷۱۵.۴۹۱	۶.۱۲-	***۵.۱۱۶	***۰.۸۴۷-	۰.۱۳۷	۵۷۸.۲۹۳	***۲۷.۹۱۷	Qom
***۴۹۶.۰۳۸	***۶۶۳.۱۲۶	۳.۹۶۳-	***۵.۰۶۰	۰.۵۲۷-	***۰.۳۵۶	۵۸۷.۴۶۱	***۲۵.۲۷۲	Kermanshah
***۴۴۹.۴۸۷	***۸۳۲.۰۴۲	۳.۸۵۲-	***۹.۷۱۸	***۱.۱۱۶-	۰.۲۵۵	۴۰۶.۲۳۴	***۲۷.۶۰۰	Karaj
***۸۲.۸۸۹	***۱۹۶.۷۱۴	۸.۱۳۹-	***۱۰.۵۶۹۳	***۳.۹۸۴	***۰.۳۵۳-	۱۰۲۰.۷۲۸	***۱۹.۱۲۶	Kerman
***۳۵۹.۲۲۳	***۴۲۹.۸۱۵	۵.۴-	***۷.۳۱۵	۰.۲۳۲	***۰.۵۱۹	۵۳۱.۰۷	***۲۶.۷۴۹	Gorgan
***۳۶۳.۷۸۵	***۵۴۸.۰۹۶	۶.۱۸۳-	***۵.۳۴۷	***۰.۷۵۳-	۰.۲۵۵	۴۲۵.۹۴۲	***۲۵.۵۰۷	Mashhad
***۳۷۱.۳۰۷	***۷۳۲.۵۸۳	۵.۳۰۷-	***۴.۷۲۰	۰.۴۳۷-	***۰.۳۶۷	۶۱۶.۲۴۸	***۲۶.۹۴۲	Hamedan
***۲۰۹.۰۴۰	***۳۱۰.۲۱۵	۹.۴۳۲-	***۲۰.۲۹۶	***۱۶۹۵	۰.۲۵۹	۶۷۰.۱۶۷۹	***۱۳.۰۲۸	Yazd

منبع: یافته‌های پژوهش

- ERS آزمون ریشه واحد البوت و همکاران^۱ (۱۹۹۶)

- Q و Q2 آزمون غیرخطی فیشر و گالاگر (۲۰۱۲)

- *, ** و *** به ترتیب نشان‌دهنده سطح معناداری ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪

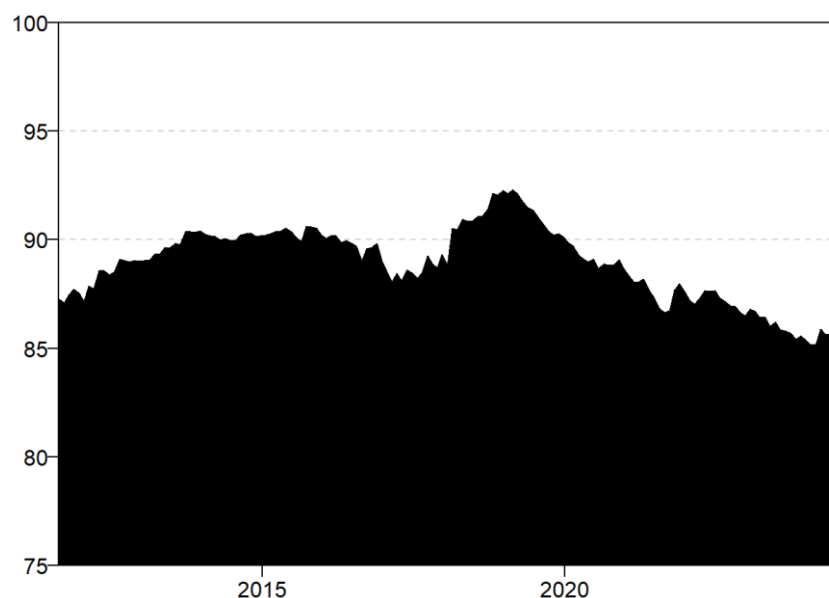
شاخص TCI، به عنوان معیاری برای ارزیابی اتصال و همگرایی رشد قیمت مسکن میان استان‌های ایران، طی دوره شهریور ۱۳۹۰ الی مرداد ۱۴۰۳ ه.ش. (۲۰۱۲-۲۰۲۴) نوسانات ساختاری معناداری را تجربه کرده است. تحلیل این شاخص، در پیوند با رخدادهای کلان اقتصادی، امکان تبیین پویایی اتصال فضایی بازارهای مسکن را در سطوح منطقه‌ای فراهم می‌سازد.

در نیمه نخست دوره، از سال ۲۰۱۲ تا اواخر ۲۰۱۶ م. (۱۳۹۰ الی ۱۳۹۳)، شاخص TCI در یک مسیر صعودی تدریجی قرار داشت. این روند احتمالاً متأثر از کاهش انتظارات تورمی ناشی از آغاز مذاکرات هسته‌ای و تقویت نسبی ثبات اقتصادی بود. در این بازه، گرچه بازار مسکن در رکود نسبی قرار داشت، اما رفتار قیمتی استان‌ها هم‌راستا و همگن بوده و به افزایش تدریجی هم‌حرکتی میان آن‌ها منجر شد.

¹ Eliot et al.

در نقطه عطف شاخص TCI، یعنی سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰ م. (۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹)، افزایش قابل توجهی در هم‌حرکتی بازارهای مسکن استانی مشاهده می‌شود. این جهش اغلب هم‌زمان با بازگشت تحریم‌های یک‌جانبه آمریکا، جهش نرخ ارز و افزایش انتظارات تورمی رخ داد که سبب واکنش هم‌جهت و هم‌زمان اغلب استان‌ها به تکانه‌های بیرونی شد. با این حال، باید تأکید کرد که این هم‌حرکتی به معنای «اتصال ساختاری» یا «سرریز قیمتی» بین استان‌ها نیست، بلکه ناشی از واکنش مشترک استان‌ها به شرایط کلان اقتصادی مشابه بوده است؛ بدون این که لزوماً انتقال قیمتی بین آن‌ها صورت گرفته باشد. در واقع، هم‌جهتی ثبت شده در شاخص TCI در مقایسه با اثرات سرریز فضایی، بیشتر منعکس‌کننده هم‌زمانی واکنشی به تکانه‌های بیرونی^۱ است.

با این حال از اوایل سال ۲۰۲۰ م.، شاخص TCI وارد فاز نزولی و پایدار شده است. این کاهش می‌تواند ناشی از ترکیب چند عامل ساختاری و چرخه‌ای باشد. نخست، اثرگذاری نامتقارن بحران COVID-19 بر عرضه و تقاضای مسکن در مناطق مختلف که هم‌زمانی رفتارهای قیمتی را تضعیف کرد؛ دوم، فرسایش توان خرید خانوارها در نتیجه کاهش درآمد واقعی و تثبیت اسمی قیمت‌ها در برخی نواحی. در کنار این عوامل، می‌توان به تشدید ناهمگونی در سیاست‌های محلی و مداخلات شهرداری‌ها و نهادهای منطقه‌ای در حوزه زمین و ساخت‌وساز نیز اشاره کرد. هرچند این نوع سیاست‌ها در گذشته نیز وجود داشته‌اند (به‌طور نمونه تمرکز بیشتر شهرداری‌ها بر تأمین منابع مالی خود از محل فروش تراکم و یا اجرای پروژه‌های کلان در شهرها)، با این حال نتایج نشان می‌دهند که از ۲۰۲۰ م. به بعد، شدت و تنوع آن‌ها افزایش یافته است. این تغییرات موجب واگرایی بیشتر عملکرد بازارهای محلی شده و به تثبیت شاخص TCI در سطوح پایین‌تر نسبت به دوره قبل انجامیده‌اند.



نمودار ۱: شاخص اتصال کل (TCI).

Graph. 1: Total Connectivity Index (TCI)

¹ Synchronous Response to External Shocks

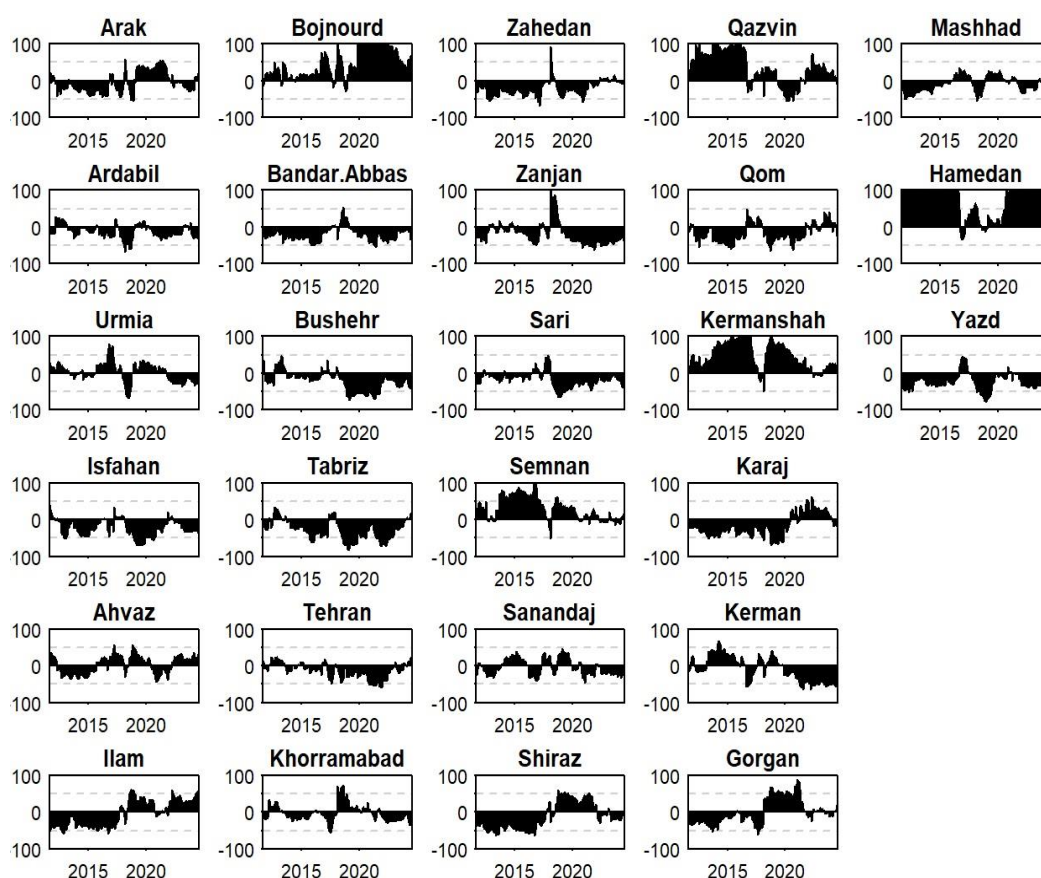
بررسی پویایی قیمت مسکن در سطح استانی مستلزم تحلیل روابط شبکه‌ای بین بازارها و شناخت جهت‌گیری خالص انتقالات قیمتی است. در این راستا، شاخص خالص اتصال جهت دار^۱ (NTDC) به‌عنوان سنجه‌ای از جایگاه خالص هر بازار در سیستم انتقال بین‌منطقه‌ای شوک‌های قیمتی به‌کار گرفته می‌شود. این شاخص، تفاوت بین مجموع اثرات انتقال‌یافته به دیگر مناطق و اثرات دریافتی از آن‌ها را در هر مقطع زمانی نشان می‌دهد و بر مبنای تفکیک دقیق مؤلفه‌های پیش‌بینی خطای گسسته‌شده (GFEVD) استخراج می‌گردد. نتایج حاصل از ترسیم سری زمانی NTDC در نمودار ۲ برای بازار مسکن استان‌های ایران طی دوره ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۴م، بیانگر وجود یک ساختار سلسله‌مراتبی، چرخه‌ای و غیریکپارچه در شبکه انتقالات قیمتی کشور است. بر اساس این نتایج، تنها تعداد محدودی از بررسی شاخص NTDC نشان می‌دهد که استان‌هایی مانند البرز و فارس در بخش قابل‌توجهی از دوره مورد مطالعه، مقادیر مثبت و نسبتاً پایدار ثبت کرده‌اند و در نقش فرستنده خالص تکانه‌های قیمتی ظاهر شده‌اند. در مورد استان تهران، مقادیر شاخص در بیشتر دوره مثبت و پایدار بوده است و نقش انتقالی آن به‌وضوح مشاهده می‌شود. با این حال، استان اصفهان رفتاری نوسانی‌تر داشته و در برخی مقاطع وارد ناحیه منفی شده است. این مسئله نشان می‌دهد که نقش انتقالی استان‌ها، به‌ویژه در مورد اصفهان، می‌تواند در طول زمان دچار تغییر ساختاری شده و بسته به شرایط اقتصادی و فضایی متفاوت باشد. با وجود این نوسانات، مرکزیت اقتصادی، تمرکز تقاضا و عمق بازار در این استان‌ها همچنان آن‌ها را به بازیگران اصلی در پویایی فضای قیمت مسکن تبدیل کرده است.

در مقابل، بخش قابل‌توجهی از استان‌ها مانند زاهدان، زنجان، ایلام، بجنورد و یاسوج، در اغلب مقاطع زمانی دارای مقادیر منفی در شاخص NTDC بوده و در نقش گیرنده خالص اطلاعات و تکانه‌های قیمتی ظاهر شده‌اند. این الگو تا حد زیادی با ویژگی‌های ساختاری این بازارها هم‌راستاست. استان‌های یادشده از نظر اندازه بازار، حجم معاملات، دسترسی به بازارهای ثانویه و میزان جذب سرمایه در بخش املاک، تفاوت معناداری با استان‌های بزرگ‌تری نظیر تهران، البرز یا اصفهان دارند. در واقع، پایین بودن عمق بازار، نقدشوندگی محدود و نبود بازیگران بزرگ در بخش سرمایه‌گذاری در این استان‌ها موجب شده تا آن‌ها در شبکه انتقال قیمت به‌جای اثرگذاری بیشتر واکنش‌پذیر باشند. به علاوه، ضعف در زیرساخت‌های مالی، اطلاعاتی و نهادی نیز نقش‌آفرینی آن‌ها را در فرآیند شکل‌گیری قیمت‌ها در سطح ملی محدود می‌کند. به همین دلیل، این استان‌ها اغلب تحت تأثیر سیگنال‌های قیمتی از بازارهای بزرگ‌تر قرار می‌گیرند؛ بدون آن‌که بتوانند بر آن‌ها اثر معناداری بگذارند.

افزون بر این، در برخی استان‌ها از جمله خوزستان (اهواز)، بوشهر، همدان، کرمانشاه و قزوین، شاخص NTDC طی دوره مورد بررسی دچار تغییرات ساختاری معناداری شده است؛ به‌گونه‌ای که این بازارها در مقطعی، به‌ویژه بین سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰م، از وضعیت گیرنده به نقش ارسال‌کننده خالص تکانه‌های قیمتی تغییر موقعیت داده‌اند. این چرخش رفتاری را می‌توان ناشی از ترکیبی از ویژگی‌های اقتصادی، جغرافیایی و نهادی این استان‌ها دانست. به‌ویژه خوزستان و بوشهر با توجه به تمرکز بالای فعالیت‌های صنعتی، انرژی‌محور و بندری، حضور جریان‌های نقدینگی متراکم و حساسیت مستقیم به نوسانات ارزی و تحریم‌های خارجی، در شرایط بی‌ثباتی کلان، به کانون‌های موقتی جذب سرمایه ملکی و انتقال فشارهای قیمتی بدل شده‌اند. در مقابل،

¹ Net Total Directional Connectedness

استان‌هایی نظیر همدان، کرمانشاه، قزوین و تا حدودی بجنورد، با داشتن بازارهایی با اندازه متوسط، نقش ارتباطی میان مناطق مرکزی و مرزی و همچنین مواجهه با جریان‌های متناوب سرمایه و مهاجرت از استان‌های هم‌جوار، در برخی دوره‌ها رفتاری نوسانی در انتقال تکانه‌های قیمتی داشته‌اند. این استان‌ها نه در موقعیت فرستنده دائمی و نه گیرنده پایدار قرار دارند؛ بلکه جایگاهی میانجی و انعطاف‌پذیر در شبکه قیمتی کشور ایفا کرده‌اند که واکنش آن‌ها به تحولات بیرونی، متناسب با شدت تکانه‌ها و سیاست‌های منطقه‌ای متغیر بوده است. نکته قابل‌توجه آن است که پس از سال ۲۰۲۱ م، در بسیاری از استان‌ها تمایل به هم‌گرایی مقادیر شاخص NTDC به حوالی صفر مشاهده می‌شود. این روند می‌تواند حاکی از کاهش ساختار سلسله‌مراتبی گذشته و گرایش به تقارن نسبی در نقش بازارها در فرآیند انتقال تکانه‌های قیمتی باشد. اگرچه دلایل دقیق این تحول نیازمند بررسی عمیق‌تری است، اما به‌صورت تحلیلی می‌توان عواملی مانند افزایش نسبی استقلال تصمیم‌گیری‌های محلی، تفاوت در سیاست‌های منطقه‌ای حوزه زمین و شهرسازی و همچنین رشد تحرک سرمایه‌های خرد در مقیاس درون‌استانی را از جمله متغیرهای مؤثر احتمالی دانست. شواهدی نظیر تنوع رویکردها در اجرای برنامه‌های ملی مسکن، تفاوت در روند صدور مجوزها و افزایش مشارکت بازارهای فرعی در جذب تقاضای ملکی، می‌تواند از این تبیین پشتیبانی کند؛ هرچند این موارد نیازمند تحلیل داده‌محور (در صورت وجود) در مطالعات آتی است.



نمودار ۲. شاخص خالص اتصال جهت دار (NTDC)

Graph. 2: Net Directed Connectivity Index (NTDC)

برای بررسی سازوکارهای انتقال تکانه‌های قیمتی در بازار مسکن ایران میان استان‌ها از چارچوب تحلیلی خالص اتصال جهت‌دار زوجی^۱ (NPDC) بهره گرفته شده است. این شاخص، بر پایه تجزیه واریانس پیش‌بینی خطا در مدل‌های VAR با ضرایب متغیر در زمان (TVP-VAR)، به صورت شبکه‌ای جهت‌دار و وزن‌دار بازنمایی شده و امکان شناسایی جهت و شدت خالص وابستگی‌های فضایی دویه‌دو میان استان‌ها را فراهم می‌سازد. در پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیرات ساختاری تکانه‌های اقتصاد کلان به‌ویژه جهش نرخ ارز پس از خروج آمریکا از برجام در سال ۱۳۹۶ ه.ش. (۲۰۱۸)، بررسی شاخص NPDC در سه بازه زمانی شامل کل دوره ۱۳۹۰-۱۴۰۳ ه.ش. (۲۰۱۲-۲۰۲۴)، پیش از بروز تکانه ۱۳۹۰-۱۳۹۶ ه.ش. (۲۰۱۲-۲۰۱۸) و پس از بروز جهش نرخ ارز ۱۳۹۶-۱۴۰۳ ه.ش. (۲۰۱۸-۲۰۲۴) تقسیم‌بندی شده است.

تحلیل ساختار شبکه در کل دوره (مورد «الف» در نمودار ۳) نشان می‌دهد که روابط میان بازارهای استانی از الگوی نیمه‌متمرکز، نامتقارن و پایدار از نظر سلسله‌مراتب انتقالی پیروی می‌کند. استان تهران با توجه به جایگاه مرکزی و اندازه بالای گره، نقشی ساختاری در نظام قیمتی کشور دارد؛ هرچند نمودار یال‌های خروجی مستقیمی از آن نشان نمی‌دهد، اما مرکز ثقل پویایی شبکه باقی می‌ماند. در مقابل، استان همدان با وجود دایره کوچک‌تر، دارای بیشترین تعداد یال‌های خروجی مستقیم است که بیانگر نقش انتقالی فعال در ارتباطات قیمتی طی دوره مورد بررسی است. با این حال، این نقش را باید به‌عنوان فرستنده منطقه‌ای یا مقطعی تفسیر کرد و نه جایگاهی هم‌تراز با مرکزیت اقتصادی تهران. استان‌هایی نظیر قم، قزوین، کرمان و کرمانشاه اغلب در جایگاه گیرنده ظاهر شده‌اند که این وضعیت، نشان‌دهنده وابستگی غیرممتقارن و سلسله‌مراتبی میان بازارهاست.

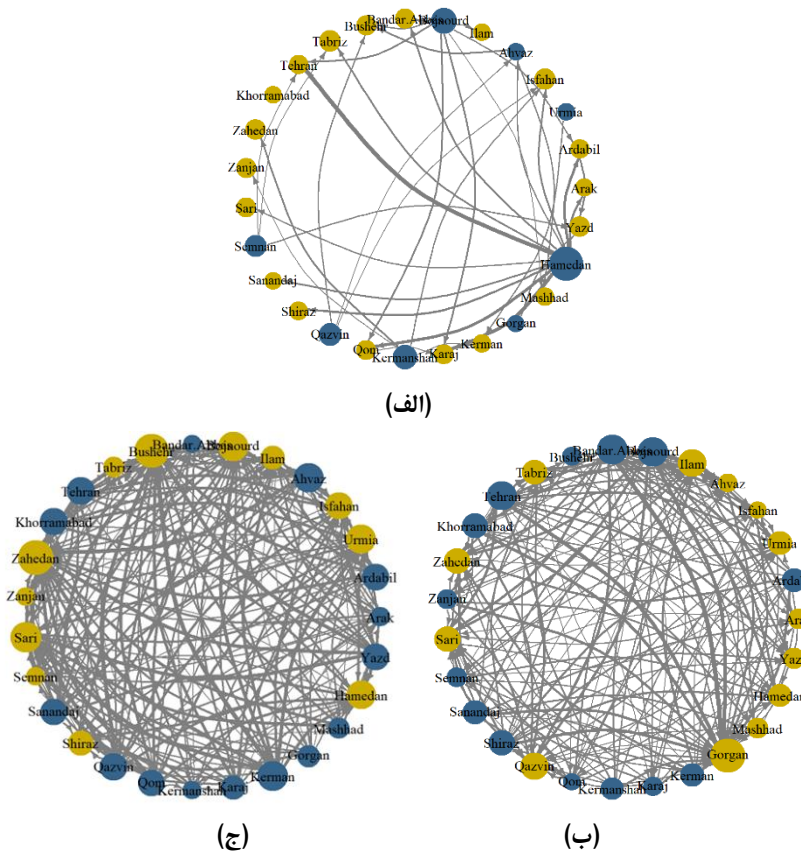
در بازه پیش از تکانه ارزی (مورد «ب» در نمودار ۳)، شبکه NPDC واجد ساختاری متقارن، نسبتاً متراکم و فاقد تمرکز انتقالی مشخص است. ارتباطات میان استان‌ها دوسویه، با وزن‌های مشابه، و بدون وجود یک استان محوری است. این ساختار با ویژگی‌های اقتصاد کلان دوره نظیر ثبات نسبی نرخ ارز، کنترل تورم، و نبود اختلال‌های سیستمی هم‌راستا بوده و نشان‌دهنده آن است که پویایی‌های قیمتی در این مقطع اغلب منشأ محلی داشته و فاقد مکانیسم‌های انتشار فرمانطقه‌ای پایدار بوده‌اند. در این شرایط، تکانه‌های محلی در همان ناحیه محصور می‌مانند و انتقال سیستماتیک بین‌استانی مشاهده نمی‌شود. به بیان دیگر، بازارهای مسکن در این مقطع دارای استقلال عملکردی بالایی نسبت به یکدیگر بوده‌اند و روابط فضایی میان آن‌ها واجد ویژگی‌های کلاسیک بازارهای منطقه‌ای مستقل است.

در دوره پس از خروج آمریکا از برجام و جهش نرخ ارز (مورد «ج» در نمودار ۳)، شبکه NPDC دچار تغییر ساختاری ریشه‌ای شده و به الگوی قطبی، جهت‌دار و مرکزگرا تبدیل شده است. استان‌هایی نظیر همدان، یزد، مشهد و تهران به مراکز اصلی انتقال تکانه‌های قیمتی بدل شده‌اند. این گره‌ها نه تنها درون‌زایی قیمتی دارند، بلکه نقش محرک سیستماتیک در شکل‌دهی به رفتار بازارهای دیگر ایفا می‌کنند.

در مقابل، بسیاری از استان‌ها در موقعیت دریافت‌کننده خالص قرار گرفته‌اند و رفتار آن‌ها به‌وضوح تابع نوسانات گره‌های مرکزی است. شدت این قطبیت به‌ویژه در سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۱ ه.ش. افزایش یافته و قابل

¹ Net Pairwise Directional Connectedness

تطبیق با رفتار سرمایه‌گذاران در پاسخ به نااطمینانی گسترده اقتصادی، تشدید مهاجرت سرمایه‌ای، و انتقال منابع از بازارهای مالی به مسکن در مناطق پیرامونی است.



نمودار ۳. شاخص اتصال زوجی جهت‌دار (NPDC)^۱
 Graph. 3: Nonlinear Pairwise Directed Connectivity (NPDC) Index

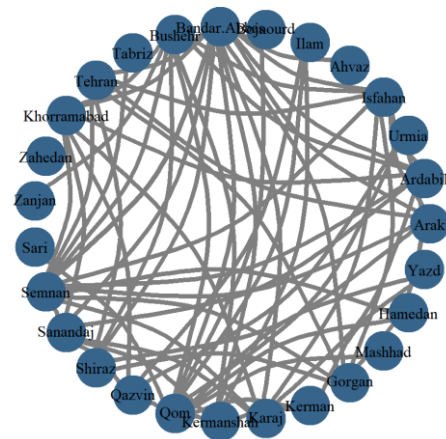
تحلیل ساختار هم‌بستگی دوجانبه میان استان‌های ایران بر پایه شاخص PCI در نمودار ۴ نشان می‌دهد که روابط قیمتی میان بازارهای مسکن در گذر زمان تحت تأثیر تحولات کلان اقتصاد ایران دچار نوسانات ساختاری قابل توجهی شده است. در دوره بلندمدت (۲۰۱۲ تا ۲۰۲۴) (مورد «الف» نمودار ۴)، شبکه ارتباطات از یک سوی دارای تراکم قابل توجهی بوده اما فاقد تمرکز یا خوشه‌بندی مشخص می‌باشد. استان‌هایی مانند تهران، اصفهان و مشهد به دلیل مقیاس اقتصادی و موقعیت مکانی در شبکه نسبتاً پراکنده‌تر ظاهر شدند؛ با این حال به‌طور هم‌زمان استان‌های کوچک‌تری هم‌چون سمنان، ایلام و بوشهر نیز در زمره گره‌های نسبتاً فعال قرار گرفتند. این وضعیت حاکی از نوعی هم‌بستگی گسترده ولی پراکنده است که تحت تأثیر عوامل عمومی مانند نرخ تورم، سیاست‌های کلان اعتباری و انتظارات ملی ایجاد شده است.

^۱ در این نمودار اندازه دایره‌ها و خطوط نشان‌دهنده اندازه اثر و رنگ آبی نشان‌دهنده ارسال‌کننده تکانه و رنگ زرد نشان‌دهنده دریافت‌کننده تکانه است.

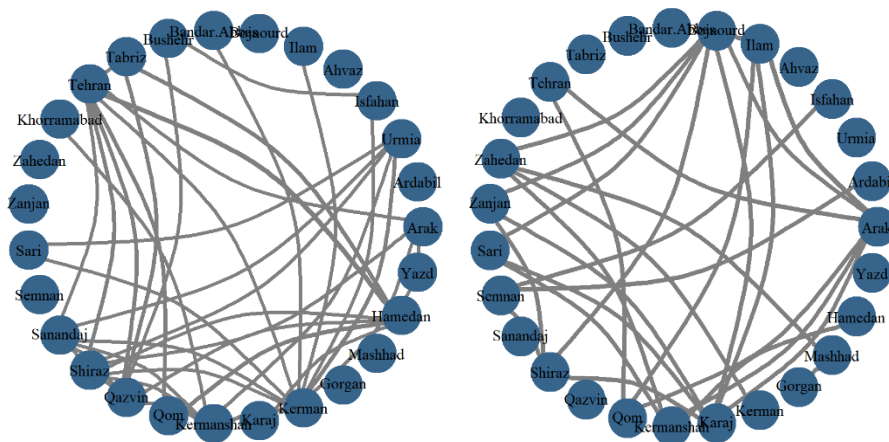
در بازه زمانی پیش از تکانه ارزی (۲۰۱۲-۲۰۱۸) (مورد «ب» نمودار ۴)، الگوی ارتباطات شبکه‌ای همچنان متراکم، اما متعادل باقی ماند. اتصال بین استان‌ها به‌طور یکنواخت توزیع‌شده و تفاوت معناداری میان گره‌های اصلی و فرعی وجود ندارد. کلان‌شهرهایی نظیر تهران، تبریز و کرج پیوندهایی پررنگ‌تر از میانگین داشتند اما استان‌هایی نظیر یزد، همدان و بندرعباس نیز در جایگاه‌های میانی شبکه ظاهر شدند. این هم‌سطحی ساختار شبکه‌ای را می‌توان بازتاب ثبات اقتصاد کلان، نبود نوسانات شدید و وابستگی هم‌زمان بازارهای منطقه‌ای به متغیرهای مشترک کلان دانست. به عبارت دیگر، در این دوره، پیوند قیمتی میان استان‌ها بیشتر بازتابگر اشتراک در محرک‌های بنیادی بود تا واکنش‌های مختص منطقه‌ای.

اما پس از وقوع تکانه ارزی و افزایش نااطمینانی اقتصادی (۲۰۱۸-۲۰۲۴) (مورد «ج» نمودار ۴)، شبکه PCI دچار دگرگونی نسبی و کاهش انسجام شده است. به این صورت که شدت بسیاری از پیوندها کاهش یافته و برخی استان‌ها از شبکه هم‌بستگی به‌طور تقریبی حذف‌شده و تنها تعداد معدودی از استان‌ها مانند مشهد، یزد، ارومیه و گرگان روابط پررنگ‌تری با استان‌های هم‌جوار حفظ کردند. در مقابل، مناطقی مانند زنجان، ایلام، قزوین و سمنان دچار گسست ارتباطی شدند. این تغییرات را می‌توان ناشی از تغییر جهت جریان سرمایه، ناهمگونی واکنش بازارها به تکانه‌های کلان و تشدید رفتارهای ناهمگام منطقه‌ای در نتیجه کاهش اعتماد به سیاست‌های هماهنگ دانست.

الگوی فوق مؤید آن است که بازار مسکن ایران، برخلاف تصور رایج مبنی بر رفتار همگن و سیستماتیک، در برابر تکانه‌های بیرونی ساختار بسیار حساس و قابل دگرگونی دارد. پایداری هم‌بستگی‌های میان استان‌ها تنها در بستر ثبات اقتصاد کلان و همچنین نبود تکانه‌های گسترده قابل تداوم است. در چنین شرایطی، ارتباطات میان بازارها اغلب دوسویه، با وزن‌های مشابه و فاقد تمرکز انتقالی هستند که به نوعی بیانگر استقلال عملکردی و ساختار غیرمتمرکز شبکه است. در مقابل، بروز تکانه‌های ناگهانی، مانند جهش ارزی یا خروج از توافقات بین‌المللی، موجب تضعیف ساختار متقارن محلی و جایگزینی آن با الگوی مرکزگرایی جهت‌دار می‌شود؛ الگویی که در آن انتقال قیمت از سوی تعداد محدودی بازار غالب به سایر استان‌ها انجام می‌گیرد. بنابراین، تکانه‌ها نه تنها موجب کاهش پیوندهای متعادل منطقه‌ای می‌شوند، بلکه ساختار شبکه را به نظامی نابرابر اما به شدت متصل و متمرکز تبدیل می‌کنند. در این بستر، هرگونه سیاست‌گذاری سراسری باید با تحلیل دقیق از نقش فضایی استان‌ها در شبکه انتقال قیمتی همراه باشد.



(الف)



(ج)

(ب)

نمودار ۴. شاخص اتصال جهت‌دار زوجی (PCI)

Graph. 4: Pairwise Directed Connectivity Index (PCI)

۵. نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر با بهره‌گیری از چارچوب مدل‌سازی پارامتر متغیر در زمان (TVP-VAR) و استخراج سه لایه شاخص اتصال (TCI) برای انسجام سیستم، NTDC برای نقش خالص انتقال، و PCI برای شدت پیوندهای دوجانبه، تصویری دقیق از ساختار فضایی و پویایی انتقال قیمت مسکن در سطح استان‌های کشور طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۳ ه‍.ش. ترسیم کرد. تحلیل‌های انجام‌شده، چه در سطح میانگین‌های زمانی و چه در بازه‌های بحرانی مشخص، حاکی از رفتار شدیداً وابسته به شوک‌های کلان، مرکزگرایی پایدار، و شکنندگی ارتباطات منطقه‌ای هستند.

در بازه زمانی ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ ه‍.ش، شاخص TCI با ثبت میانگین مقادیر بالاتر از ۰.۷، به‌طور معناداری افزایش یافته است. این جهش، هم‌راستا با شوک‌های تحریم‌های ثانویه، فروپاشی انتظارات برجامی، جهش ارزی و همه‌گیری کرونا بوده است. در چنین شرایطی، بازارهای استانی، فارغ از تفاوت‌های نهادی و فضایی، واکنشی هماهنگ به شوک‌های بیرونی نشان دادند؛ پدیده‌ای که می‌توان آن را «سینکرونی شهری» در رفتار قیمتی

نامید. در واقع، سرمایه‌گذاران و خانوارها در سطح ملی، واکنشی یکپارچه به نااطمینانی نشان دادند که خود را در هم‌حرکتی قیمتی گسترده بروز داد. مشابه چنین رفتاری در بازار کره جنوبی نیز طی بحران مالی ۲۰۱۵ م. مشاهده شده است (لی و لی، ۲۰۱۹). با این حال از سال ۱۴۰۰ ه.ش. به بعد، شاخص TCI وارد فاز نزولی شد (به زیر ۰.۴)، که نشانه‌ای از افت هم‌بستگی قیمتی بین استان‌هاست. این روند می‌تواند بیانگر افزایش استقلال عملکردی بازارهای استانی باشد، یا به‌طور بدبینانه، نمایانگر بروز گسست نهادی و شکاف سیاستی میان مناطق مختلف کشور تلقی شود. به عبارت دیگر، بازگشت به ساختار کم‌ارتباط پس از بحران، الزاماً مطلوب نیست؛ زیرا ممکن است به معنی ضعف جریان اطلاعات و تشدید نابرابری قیمتی باشد.

شاخص NTDC نشان داد که ساختار بازار مسکن ایران مبتنی بر یک نظم سلسله‌مراتبی پایدار است. چهار استان تهران، البرز، فارس و اصفهان در بیش از ۸۵٪ مقاطع زمانی مورد بررسی، مقادیر مثبت خالص ثبت کرده‌اند و به‌طور مداوم در جایگاه ارسال‌کنندهٔ تکانه‌های قیمتی قرار گرفته‌اند. این نقش انتقالی پایدار را می‌توان با سه مؤلفه تبیین کرد: (۱) تمرکز سرمایه‌گذاری ساختمانی و ملکی، (۲) حضور بازارهای ثانویه و واسطه‌ای قوی، و (۳) دسترسی اولویت‌دار به اعتبارات بانکی.

در مقابل، استان‌هایی نظیر زاهدان، زنجان، ایلام و بجنورد، با ثبت مقادیر منفی پایدار، عملاً در نقش بازارهای منفعل ظاهر شده‌اند. این نقش‌پذیری مداوم، نشان‌دهنده وابستگی قیمت در این مناطق به تکانه‌های مناطق مرکزی و نبود قدرت درون‌زای قیمتی است. چنین نتایجی با یافته‌های داخلی علی‌مرادی افشار و غلامی‌حیدرآبادی (۱۴۰۱) هم‌راستا است، که تأکید دارند پدیده «انتقال تکانه از تهران» به‌عنوان مرکز قیمتی، ساختاری تثبیت‌شده دارد. در بازه‌ی ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ ه.ش.، برخی استان‌های میانی مانند بوشهر، همدان و کرمانشاه تغییر نقش داده و به‌صورت موقتی در موقعیت انتقالی قرار گرفتند. این چرخش ساختاری احتمالاً ناشی از مهاجرت سرمایه‌ای در پاسخ به شوک‌های ارزی و تمایل سرمایه‌گذاران به فرار از مراکز پرتراکم بوده است.

شاخص PCI که نمایانگر شدت و تقارن روابط دوطرفه بین استان‌هاست، نشان داد که در دوره‌های ثبات (۲۰۱۶-۲۰۱۲) ساختار شبکه نسبتاً متقارن و بدون تمرکز بوده است؛ اما در دوره بحران، بسیاری از پیوندها تضعیف یا حذف شده‌اند. استان‌هایی مانند همدان، یزد و مشهد، با حفظ روابط دوجانبه فعال، توانستند بخشی از ساختار ارتباطی را حفظ کنند؛ در حالی که استان‌هایی نظیر قزوین، ایلام، زنجان و کرمان عملاً از شبکه فعال قیمتی حذف شده‌اند. این گسست ساختاری پیامد نابرابری نهادی، نبود سامانه‌های اطلاعاتی شفاف، و ضعف نقدشوندگی بازارهای پیرامونی است. عدم اتصال متقابل، موجب تأخیر در انتشار اطلاعات و بی‌ثباتی قیمتی می‌شود؛ امری که سیاست‌گذاری یکپارچه را ناکارآمد می‌کند. به بیان دیگر، در نبود PCI قوی، تکانه‌ها یک‌طرفه، رادیکال و غیرقابل مدیریت می‌شوند.

بر اساس نتایج پیشنهادهای سیاستی عبارتند از:

۱. در سطح ملی (حاکمیتی):

❖ تدوین نقشه سیاست‌گذاری فضا‌محور بر اساس TCI و NTDC به‌جای سیاست‌های یکنواخت، لازم

است هر استان بر اساس جایگاه خود در شبکه انتقال، بسته سیاستی خاص خود را داشته باشد.

❖ ایجاد سامانه ملی قیمت‌گذاری لحظه‌ای مسکن (مشابه MLS در آمریکا): افزایش شفافیت اطلاعات در استان‌های پیرامونی موجب بازیابی PCI خواهد شد.

❖ اصلاح نظام بودجه‌بندی مسکن استانی: شاخص‌های اتصال باید در تخصیص یارانه‌ها و تسهیلات نقش کلیدی ایفا کنند، نه صرفاً متغیرهای جمعیتی یا سیاسی.

۲. در سطح منطقه‌ای (عملیاتی):

❖ تمرکز سیاست مهار نوسانات در استان‌های انتقال‌دهنده: ابزارهایی نظیر تنظیم انتظارات تورمی، تسهیلات ساخت‌وساز و مالیات بر معاملات پریسک باید به‌طور خاص برای تهران، اصفهان و البرز طراحی شود.

❖ ایجاد نهادهای واسطه‌گری مالی رسمی در استان‌های گیرنده: بانک زمین منطقه‌ای، نهاد قیمت‌گذاری مسکن و صندوق تضمین معاملات می‌تواند قدرت داخلی قیمتی ایجاد کند.

۳. در سطح نهادی (زیرساختی):

❖ تقویت آمایش فضایی در سیاست مسکن: جایگاه انتقالی استان‌ها باید در سندهای توسعه شهری، طرح جامع مسکن و بودجه‌های پنج‌ساله بازتاب یابد.

❖ مدیریت جریان سرمایه مهاجر از مرکز به پیرامون: سیاست‌هایی مانند تعیین سقف مالکیت، مالیات بر سود سرمایه در مناطق مرکزی و تشویق سرمایه‌گذاری در مناطق نیمه‌فعال قابل اجراست.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از داوران محترم بابت ارائه دیدگاه‌ها و پیشنهادهایی که موجب ارتقای کیفیت مقاله شد، قدردانی می‌کنند.

درصد مشارکت نویسندگان

روش‌شناسی و تحلیل داده‌ها (۴۵ درصد) توسط نویسنده اول، مفهوم‌پردازی و نگارش مبانی نظری (۳۰ درصد) توسط نویسنده دوم و نگارش مقدمه، ادبیات تجربی (۲۵ درصد) توسط نویسنده سوم انجام شده است.

تعارض و منافع

نویسندگان مقاله اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تعارض منافع در انجام این پژوهش وجود ندارد.

کتابنامه

- بالونزادنوری، روزبه؛ یونسی، علی؛ و فرهنگ، امیرعلی، (۱۴۰۴). «رابطه نامتقارن قیمت مسکن و تقاضای پول در ایران (رهیافت کوانتایل بر کوانتایل)». *نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۱۲(۲): ۷۵-۹۸.
<https://doi.org/10.22034/eco.2025.61047.3294>
- بالونزادنوری، روزبه؛ و فرهنگ، امیرعلی، (۱۴۰۱). «بررسی همگرایی قیمت مسکن در مراکز استان‌های ایران: رویکرد همگرایی نسبی». *بررسی مسائل اقتصاد ایران*، ۹(۱): ۲۷-۵۱.
<https://doi.org/10.30465/ce.2022.39479.1734>

- تجربشی، سید؛ و وصال، محمد، (۱۳۹۹). «برون‌زایی پروژه‌های مسکن عمومی: مطالعه موردی پروژه مسکن مهر در ایران». *انجمن تحقیقات اقتصادی*، ۲۰: ۱۵۰۵.
https://erf.org.eg/app/uploads/2021/11/1637564468_953_1131304_1505.pdf
- توسلی، سلاله؛ و خیابانی، ناصر، (۱۴۰۲). «انتشار فضایی-زمانی قیمت مسکن در مناطق ایران». *برنامه ریزی و بودجه*، ۲۸(۳): ۳-۴۲.
<http://eprij.ir/article-1-2224-fa.html>
- جعفرپور، کامران، قلعه تیموری، (۱۴۰۰). «تحلیل بازار مسکن و نوسانات قیمتی در ۲۲ منطقه تهران: ارزیابی بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸». *مطالعات تصویر در معماری*، ۳(۲): ۸-۲۵.
<https://doi.org/10.48619/ais.v3i2.643>
- حکمت، بهرام؛ فرهنگ، شکوفه؛ و اکبری، نعمت‌الله، (۱۴۰۱). «تحلیل وابستگی فضایی قیمت مسکن بین نواحی ۲۲ گانه شهر تهران». *پژوهش‌های اقتصاد و توسعه منطقه‌ای*، ۲۸(۲۲): ۱۱۰-۱۳۰.
<https://doi.org/10.22067/erd.2022.72814.1073>
- خلیلی عراقی، سید منصور؛ کمیجانی، اکبر؛ مهرآراء، محسن؛ و عظیمی، سید رضا، (۱۳۹۲). «اثر انتشار فضایی تغییرات قیمت مسکن در ایران با استفاده از مدل وقفه فضایی و داده‌های ترکیبی». *سیاست‌های اقتصادی*، ۲۱(۶۷): ۲۵-۴۸.
<http://qjerp.ir/article-1-627-fa.html>
- رجایی، سید عباس؛ متقی، افشین؛ الهی سحر، حسین؛ و بهادری، بهناز، (۱۴۰۳). «عوامل مؤثر بر قیمت مسکن در کلان‌شهر تهران». *مجله بین‌المللی بازارها و تحلیل مسکن*، ۱۷(۶): ۱۳۶۸-۱۳۹۱.
<https://doi.org/10.1108/IJHMA-10-2023-0135>
- علی‌مردادی‌افشار، پروین؛ و غلامی‌حیدرانی، لیلا، (۱۴۰۱). «بررسی هم‌گرایی قیمت مسکن در شهرهای ایران (رویکرد پانل پویای فضایی)». *مسکن و محیط روستا*، ۴۱(۱۸۰): ۴۳-۵۶.
<http://dx.doi.org/DOI:%2010.22034/41.180.43>
- فرد، هانیه رضویوند، (۱۳۹۶). «شهرنشینی و چالش‌های اسکان غیررسمی: مطالعه موردی کلان‌شهر تهران». *مجله خانه‌های باز بین‌المللی*، ۴۳(۲): ۸۲-۷۷.
<https://doi.org/10.1108/OHI-02-2018-B0011>
- فرهنگ، امیرعلی، (۱۴۰۱). «اثرات ساختار مالی بر امید به زندگی (رهیافت Cup-FM)». *توسعه و سرمایه*، ۷(۱): ۱۲۱-۱۳۴.
<https://doi.org/10.22103/jdc.2022.19233.1221>
- قائدرحمتی، صفر؛ و رضایی، ابراهیم، (۱۴۰۳). «ترکیه، خانه دوم ایرانیان: انگیزه‌های رانشی و کششی در بازار مسکن ترکیه». *مجله تحقیقات املاک و مستغلات اروپا*، ۱۷(۱): ۱۲۳-۱۳۶.
<https://doi.org/10.1108/JERER-06-2023-0019>
- محمدی، ن.؛ مسگری، م. س.؛ و کلاین-پاست، الف، (۱۴۰۱). «مدل تجربی مبتنی بر عامل برای جداسازی سکونت، مطالعه موردی: تهران». *آرشیو بین‌المللی فتوگرامتری، سنجش از دور و علوم اطلاعات مکانی*، ۴۸: ۷۱-۷۸.
<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W2-2022-71-2023>
- میرزائی، حجت‌الله؛ رزبان، نرگس؛ محمدی، تیمور؛ و مروت، حبیب‌الله، (۱۴۰۰). «بررسی انتشار شوک‌های قیمت مسکن بین مناطق شهر تهران با کمک رویکرد شبکه‌ای». *اقتصاد شهری*، ۶(۱): ۱۲۷-۱۴۴.
<https://doi.org/10.22108/ue.2023.137878.1261>

- ناظمی، بهروز؛ و رفیعیان، محسن، (۱۳۹۹). «پیش‌بینی قیمت مسکن در ایران با استفاده از مدل GMDH». *مجله بین‌المللی بازاریابی و تحلیل مسکن*، ۱۴(۳): ۵۵۵-۵۶۸.
<https://doi.org/10.1108/IJHMA-05-2020-0067>

- الوندی‌زاده، اسداله؛ امینی‌فرد، عباس؛ زارع، هاشم؛ و ابراهیمی، مهرزاد، (۱۴۰۲). «بررسی عوامل اثرگذار بر قیمت تمام‌شده مسکن در کلان‌شهرهای ایران با تاکید بر متغیرهای اعتباری». *فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۱۳(۵۰): ۱-۱۶.
<https://doi.org/10.30495/jzpm.2021.27585.3866>

References

- Agnello, L., Castro, V. & Sousa, R. M., (2017). "Systemic financial crises and the housing market cycle". *Applied Economics Letters*, 25(10): 724-729.
<https://doi.org/10.1080/13504851.2017.1361001>
- Aladangady, A., (2017). "Housing wealth and consumption: Evidence from geographically linked microdata". *American Economic Review*, 107(11): 3415-3446.
<https://doi.org/10.1257/aer.20150491>
- Alimoradi Afshar, P. & Gholami Hedariany, L., (2023). "Investigating the convergence of housing prices in Iranian cities (spatial dynamic panel approach)". *Housing and Rural Environment*, 41(180): 43-56.
<http://dx.doi.org/DOI:%2010.22034/41.180.43> (In Persian).
- Alvandizadeh, A. et al., (2023). "Investigating the factors affecting the final price of housing in Iran's metropolises with an emphasis on credit variables". *Regional Planning Quarterly*, 13(50): 1-16. <https://doi.org/10.30495/jzpm.2021.27585.3866> (In Persian).
- Anselin, L., (2020). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-94-015-7799-1>
- Antonakakis, N., (2023). "Measuring dynamic connectedness across markets and time horizons: A frequency-domain approach". *Journal of Financial Stability*, 65: 101043. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2023.101043>
- Antonakakis, N., Chatziantoniou, I. & Gabauer, D., (2019). "A Regional Decomposition of US Housing Prices and Volume: Market Dynamics and Economic Diversification Opportunities". *Working Papers in Economics & Finance 2019-06*. Portsmouth Business School.
https://repec.port.ac.uk/EconFinance/PBSEconFin_2019_06.pdf
- Antonakakis, N., Chatziantoniou, I. & Gabauer, D., (2020). "Refined measures of dynamic connectedness based on TVP-VAR". *Energy Economics*, 90: 104870.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104870>
- Antonakakis, N., Chatziantoniou, I. & Gabauer, D., (2021). "A regional decomposition of US housing prices and volume: market dynamics and Portfolio diversification". *The Annals of Regional Science*, 66: 279-307.
<https://doi.org/10.1007/s00168-020-01021-2>
- Arnerić, J., Kikerec, M. & Skoko, B., (2024). "Trends and drivers of housing affordability in the EU: Insights from panel data analysis". *Croatian Review of Economic, Business and Social Statistics*, 10(2): 49-62. <https://doi.org/10.62366/crebss.2024.2.004>
- Balcilar, M. (2021). "Dynamic connectedness and spillovers in financial markets: A time-varying parameter VAR approach". *Journal of Economic Dynamics and Control*, 131: 104211. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2021.104211>

- Balounejad nouri, R., Younessi, A. and Farhang, A. A., (2025). "Asymmetric Relationship Between Housing Prices and Money Demand in Iran (Quantile-on-Quantile Approach)". *Applied Theories of Economics*, 12(2): 75-98. <https://doi.org/10.22034/eoj.2025.61047.3294> (In Persian).
- Balounejad, N. R. & Farhang, A. A., (2022). "Investigating the convergence of housing prices in provincial centers of Iran: Relative convergence approach". *Journal of Iranian Economic Issues*, Institute for Humanities and Cultural Studies (IHCS), 9 (1): 23–47. <https://doi.org/10.30465/ce.2022.39479.1734> (In Persian).
- Belej, M., (2018). "Synergistic Network Connectivity among Urban Areas Based on Non-Linear Model of Housing Prices Dynamics". *Real Estate Management and Valuation*, 26 (4): 22-34. <https://doi.org/10.2478/remav-2018-0033>
- Cai, W., Chen, S. & Wang, Y., (2023). "Analysis On the Influencing Factors of Housing Price in China". *BGP Business & Management*, 39: 58-64. <https://doi.org/10.54691/bcpbm.v39i.4011>
- Cepni, O., Marfatia, H. A. & Gupta, R., (2025). "The time-varying impact of uncertainty shocks on the co-movement of regional housing prices of the United Kingdom". *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1): 1-22. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04494-8>
- Chatziantoniou, I., Gabauer, D. & Antonakakis, N., (2021). "Dynamic connectedness in financial markets: A TVP-VAR approach with Bayesian estimation". *Journal of Financial Econometrics*, 19(3): 345–367. <https://doi.org/10.1093/jjfinec/nbz012>
- Chen, S.-S., Lin, T.-Y. & Wang, J.-K. (2024). "Monetary policy and housing market cycles". *Macroeconomic Dynamics*, 28(8): 1682–1714. <https://doi.org/10.1017/S1365100523000615>
- Chen, Y., Wang, L. & Zhang, H., (2023). "Spatial spillovers and housing market integration in China". *Urban Studies*, 60(4): 789–805. <https://doi.org/10.1177/00420980221134567>
- CHOI, C. Y. & Jo, S. (2024). "How Do Housing Markets Affect Local Consumer Prices?: Evidence from US Cities". *Journal of Money, Credit and Banking*. <https://doi.org/10.1111/jmcb.13214>
- Chowdhury, S. R., Gupta, K. & Tzeremes, P., (2023). "US housing prices and the transmission mechanism of connectedness". *Finance Research Letters*, 58: 104636. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104636>
- Cipollini, A. & Parla, F., (2020). "Housing Market Shocks in Italy: a GVAR approach". *Journal of Housing Economics*, 101707. <https://doi.org/10.1016/j.jhe.2020.10170>
- Dai, Z., (2019). "Housing price and upgrading of consumption structure of urban residents in China". *Modern Economy*, 10(01): 156-174. doi: 10.4236/me.2019.101011.
- DeFusco, A., Ding, W., Ferreira, F. & Gyourko, J., (2018). "The role of price spillovers in the American housing boom". *Journal of Urban Economics*, 108: 72-84. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2018.10.001>
- Dias, D. A. & Duarte, J. B., (2019). "Monetary policy, housing rents, and inflation dynamics". *Journal of Applied Econometrics*, 34(5): 673-687. <https://doi.org/10.17016/IFDP.2019.1248>

- Diebold, F. X. & Yilmaz, K., (2009). "Measuring financial asset return and volatility spillovers, with application to global equity markets". *Economic Journal*, 119(534): 158–171. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2008.02208.x>
- Diebold, F. X. & Yilmaz, K., (2012). "Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers". *International Journal of Forecasting*, 28(1): 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2011.02.006>
- Diebold, F. X. & Yilmaz, K., (2014). "On the network topology of variance decompositions: Measuring the connectedness of financial firms". *Journal of Econometrics*, 182(1): 119–134. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2014.04.012>
- Elliott, G., Rothenberg, T. J. & Stock, J. H., (1996). "Efficient tests for an autoregressive unit root". *Econometrica*, 64(4): 813–836. <https://doi.org/10.2307/2171846>
- Fard, H. R. (2018). "Urbanization and informal settlement challenges: Case study Tehran metropolitan city". *Open House International*, 43(2): 77-82. <https://doi.org/10.1108/OHI-02-2018-B0011> (In Persian).
- Farhang, A., (2022). "The Effects of Financial Structure on Life Expectancy (Cup-FM Approach)". *Journal of Development and Capital*, 7(1): 121-134. <https://doi.org/10.22103/jdc.2022.19233.1221> (In Persian).
- Fisher, D. M. & Gallagher, C. M., (2012). "New tests for neglected nonlinearity in time series models". *Journal of Time Series Analysis*, 33(4): 466–478. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9892.2012.00798.x>
- Fung, M. K. & Cheng, A. C., (2021). "The Wealth Effects of Housing and Stock Markets on Consumption: Evidence across Nations Including China and Hong Kong". In *Modeling Economic Growth in Contemporary Hong Kong* (pp. 1-9). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-83909-936-620211003>
- Gabauer, D., Chatziantoniou, I. & Antonakakis, N., (2024 a). "Interconnectedness in the US housing market: A time–frequency perspective". *Journal of Economic Behavior & Organization*. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2024.105576>
- Gao, Z., Sockin, M. & Xiong, W. (2020). "Economic consequences of housing speculation". *The Review of Financial Studies*, 33(11): 5248-5287. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhaa030>
- Ghaedrahmati, S. & Rezaei, E., (2024). "Turkey, the second home for Iranians: push and pull motivations in Turkish housing market". *Journal of European Real Estate Research*, 17(1): 123-136. <https://doi.org/10.1108/JERER-06-2023-0019> (In Persian).
- Ghaedrahmati, S. & Zarghamfard, M., (2021). "Housing policy and demographic changes: the case of Iran". *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 14(1): 1-13. <https://doi.org/10.1108/IJHMA-06-2019-0064> (In Persian).
- Glaeser, E. L. & Gyourko, J., (2021). "Housing Market Dynamics and the Future of Housing Affordability". *Journal of Economic Literature*, 59(1): 49-98.
- Gong, Y., Haan, J. & Boelhouwer, P., (2020). "Cross-city spillovers in Chinese housing markets: From a city network perspective". *Papers in Regional Science*. [doi:10.1111/pirs.12512](https://doi.org/10.1111/pirs.12512)
- González-Pampillón, N., (2022). "Spillover effects from new housing supply". *Regional Science and Urban Economics*, 92: 103759. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2021.103759>

- Grigoryeva, I. & Ley, D., (2019). "The price ripple effect in the Vancouver housing market". *Urban Geography*, 40(8): 1168–1190.
<https://doi.org/10.1080/02723638.2019.1567202>
- Hekmat, B., Farahmand, Sh. & Akbari, N., (2023). "Spatial analysis of housing prices in 22 urban districts of Tehran". *Journal of Economy and Regional Development*, 28(22): 110-130. <https://doi.org/10.22067/erd.2022.72814.1073> (In Persian).
- Hur, S.-K., (2024). "Assessing Policy Effects on the Interacting Housing, Chonse, and Wolse Markets". *Journal of Korean Economic Development*, 30(3): 27-62.
[10.20464/kdea.2024.30.3.2](https://doi.org/10.20464/kdea.2024.30.3.2)
- Jackson, M. O., (2021). *Social and Economic Networks*. Princeton University Press.
- Jafarpour, K. G., (2022). "Analyzing housing market and price fluctuation among 22 regions in Tehran: An assessment between 2015 and 2018". *AIS-Architecture Image Studies*, 3(2): 8-25. <https://doi.org/10.48619/ais.v3i2.643> (In Persian).
- Jun, H. J., (2022). "Spillover effects in neighborhood housing value change: A spatial analysis". *Housing Studies*, 37(8): 1303-1330.
<https://doi.org/10.1080/02673037.2020.1842338>
- Kasih, E. W. & Sugiharti, T., (2024). "Cross-Country Analysis of Inflation Experiences and Homeownership: A Qualitative Review". *Studia Ekonomika*, 22(2): 44–52. <https://doi.org/10.70142/studiaekonomika.v22i2.233>
- Khalili Eraghi, M., Komijani, A., Mehrara, M. & Azimi, R., (2013). "The effect of spatial diffusion of housing price changes in Iran using a spatial lag model and panel data". *Journal of Economic Research and Policies*, 21(67): 25-48. <http://qjerp.ir/article-1-627-fa.html> (In Persian).
- Kim, H., (2025). "Place-based policy and spillovers in the housing market". *Economics Letters*, 248: 112242. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2025.112242>
- Kim, J. & Lee, S., (2021). "Housing supply elasticity and regional price dynamics: Evidence from panel data". *Regional Studies*, 55(8): 1382–1396.
<https://doi.org/10.1080/00343404.2021.1893133>
- Kim, L. & Seo, W., (2021). "Micro-Analysis of Price Spillover Effect among Regional Housing Submarkets in Korea: Evidence from the Seoul Metropolitan Area". *Land*, 10(8): 879. <https://doi.org/10.3390/land10080879>
- Kleshcheva, O., (2021). "Determinants of housing affordability in the region". *In E3S Web of Conferences*, 274: 05005, EDP Sciences.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127405005>
- Ko, H. U. & Kang, S. H., (2023). "Analysis on the Spillover Effect in the Korean Housing Market: With Quantile Spillover Index". *Housing Finance Research*, 7(1): 131-152. DOI:10.52344/hfr.2023.7.1.131
- Koop, G., Pesaran, M. H. & Potter, S. M., (1996). "Impulse response analysis in nonlinear multivariate models". *Journal of Econometrics*, 74(1): 119–147.
[https://doi.org/10.1016/0304-4076\(95\)01753-4](https://doi.org/10.1016/0304-4076(95)01753-4)
- Lee, C. & Park, J., (2022). "The Time-Varying Effect of Interest Rates on Housing Prices". *Land*, 11(12): 2296. <https://doi.org/10.3390/land11122296>
- Lee, H.-S. & Lee, W., (2019). "Cross-regional connectedness in the Korean housing market". *Journal of Housing Economics*, 46: 101654.
<https://doi.org/10.1016/j.jhe.2019.101654>

- Li, N., Li, R. Y. M. & Nuttapong, J., (2022). "Factors affect the housing prices in China: a systematic review of papers indexed in Chinese Science Citation Database". *Property Management*, 40(5): 780-796. <https://doi.org/10.1108/PM-11-2020-0078>
- Liu, G., Huang, Y. & Albitar, K., (2023). "The impact of urban housing prices on labour mobility: evidence from cities in China". *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 36(2): <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2106284>
- Lu, Y., Li, J. & Yang, H., (2021). "Time-varying inter-urban housing price spillovers in China: Causes and consequences". *Journal of Asian Economics*, 77: 101396. DOI: [10.1016/j.asieco.2021.101396](https://doi.org/10.1016/j.asieco.2021.101396)
- Malpezzi, S., (1996). "Housing prices, externalities, and regulation in US metropolitan areas". *Journal of Housing Research*, 209-241. <https://ssrn.com/abstract=9173>
- Meen, G., (1999). "Regional house prices and the ripple effect: A new interpretation". *Housing Studies*, 14(6): 733-753. <https://doi.org/10.1080/02673039982524>
- Meen, G., (2021). *Modelling Spatial Housing Markets: Theory, Analysis and Policy*. Springer. <https://books.google.rw/books?id=Sjr2BwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Meen, G. & Whitehead, C., (2020). *Understanding affordability: The economics of housing markets*. Policy Press. <https://bristoluniversitypress.co.uk/understanding-affordability#>
- Melnychenko, O., Osadcha, T., Kovalyov, A. & Matskul, V., (2022). "Dependence of housing real estate prices on inflation as one of the most important factors: Poland's case". *Real Estate Management and Valuation*, 30: 25-41. DOI: [10.2478/remav-2022-0027](https://doi.org/10.2478/remav-2022-0027)
- Mesly, O., Shanafelt, D. W., Huck, N. & Racicot, F. É., (2020). "From wheel of fortune to wheel of misfortune: Financial crises, cycles, and consumer predation". *Journal of Consumer Affairs*, 54(4): 1195-1212. <https://doi.org/10.1111/joca.12326>
- Mirzaei, H., Razban, N., Mohamadi, T. & Morovat, H., (2021). "Analyzing the Spread of Housing Price Shocks across Tehran City's Regions Using Network Approach". *Urban Economics*, 6(1): 127-144. <https://doi.org/10.22108/ue.2023.137878.1261>. (In Persian).
- Mohammadi, N., Mesgari, M. S. & Klein-Paste, A., (2023). "An Empirical Agent-Based Model for Residential Segregation, Case Study: Tehran". *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48: 71-78. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W2-2022-71-2023> (In Persian).
- Muir, K. J. & Keim-Malpass, J., (2020). "Analyzing the concept of spillover effects for expanded inclusion in health economics research". *Journal of comparative effectiveness research*, 9(11): 755-766. <https://doi.org/10.2217/cer-2020-0051>

- Nazemi, B. & Rafiean, M., (2021). "Forecasting house prices in Iran using GMDH". *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 14(3): 555-568.
<https://doi.org/10.1108/IJHMA-05-2020-0067> (In Persian).
- Nong, H., (2024). "Integration and risk transmission across supply, demand, and prices in China's housing market". *Economic Change and Restructuring*, 57(3): 126.
<https://doi.org/10.1007/s10644-024-09713-x>
- Novy-Marx, R. (2009). "Hot and Cold Markets". *Journal of Real Estate Economics*, 37(1): 1-22. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6229.2009.00232.x>
- Original via Consensus: <https://consensus.app/papers/interconnectedness-us-housing-market-timefrequency-perspective/gabauer/>
- Gabauer, D., Gupta, R., Marfatia, H. A. & Miller, S. M., (2024 b). "Estimating US housing price network connectedness: Evidence from dynamic Elastic Net, Lasso, and ridge vector autoregressive models". *International Review of Economics & Finance*, 89: 349-362. DOI: [10.1016/j.iref.2023.10.013](https://doi.org/10.1016/j.iref.2023.10.013)
- Park, J. & Yung, S., (2024). "Economic crises and the ripple effect in regional housing markets". *Regional Science and Urban Economics*, 104: 103987.
<https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2023.103987>
- Park, S. & Jung, J., (2024). "Regional Polarization of Housing Price: Influence of Economic Crises and Housing Policies". *Bu'dongsan Jeongchaeg Yeon'gu - Han'gug Bu'dongsan Jeongchaeg Haghoe*, 25(3): 40-55.
<https://doi.org/10.54091/krepa.2024.25.3.40>
- Pesaran, M. H. & Shin, Y., (1998). "Generalized impulse response analysis in linear multivariate models". *Economics Letters*, 58(1): 17-29. [https://doi.org/10.1016/S0165-1765\(97\)00214-0](https://doi.org/10.1016/S0165-1765(97)00214-0)
- Potepan, M. J., (1996). "Explaining intermetropolitan variation in housing prices, rents and land prices". *Real Estate Economics*, 24(2): 219-245.
<https://doi.org/10.1111/1540-6229.00688>
- Primiceri, G. E., (2005). "Time varying structural vector autoregressions and monetary policy". *Review of Economic Studies*, 72(3): 821-852.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-937X.2005.00353.x>
- Pryce, G. & Sprigings, N., (2022). "Housing Markets and the Economy: The Role of Spillover Effects in the UK". *Urban Studies Journal*, 59(3): 456-472.
DOI: [10.1080/00343404.2014.883599](https://doi.org/10.1080/00343404.2014.883599)
- Rajaei, S. A., Mottaghi, A., Elhaei Sahar, H. & Bahadori, B., (2024). "Factors affecting the housing prices in the metropolis of Tehran". *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 17(6): 1368-1391. <https://doi.org/10.1108/IJHMA-10-2023-0135> (In Persian).
- Slaný, M. & Emmer, F., (2024). "Evidence of the ripple effect across the Czech housing market". *International Journal of Economic Sciences*, 13(2): 104-115.
- Smith, R. & Johnson, B., (2019). "Income and Housing Prices: A Cross-Sectional Analysis". *Journal of Housing Economics*, 28(1): 15-30.
- Stahlecker, S., (2024). "Do housing prices decrease when interest rates go up? Housing prices and interest rates: understanding the positive correlation across five countries". *Highlights in Business, Economics and Management*, 35: 332-342.
<https://doi.org/10.54097/kr380295>

- Tajrishy, S. & Vesal, M., (2021). "The Externality of Public Housing Projects: The Case of the Mehr Housing Project in Iran". *Economic Research Forum*, 20: 1505. https://erf.org.eg/app/uploads/2021/11/1637564468_953_1131304_1505.pdf (In Persian).
- Tavassoli, S. & Khiabani, N., (2023). "Spatio-Temporal Diffusion of Housing Prices in Iran". *Planning and Budgeting*, 28(3): 3-42. <http://epj.ir/article-1-2224-fa.html> (In Persian).
- Tsai, I. C., (2025). "The post-COVID-19 flattening phenomenon of regional housing prices in the UK". *Urban Studies*, 62(14): <https://doi.org/10.1177/00420980251327998>
- Wang, R., Gu, Q., Lu, S., Tian, J., Yin, Z., Yin, L. & Zheng, W., (2024). "FI-NPI: exploring optimal control in parallel platform systems". *Electronics*, 13(7): 1168. <https://doi.org/10.3390/electronics13071168>
- World Bank., (2010). "Global Financial Stability Report: Crisis and Risk". Washington, DC: World Bank.
- World Bank., (2023). "Global Economic Prospects: Interconnected Systems and Economic Stability". *World Bank Report*.
- Xu, X. & Zhang, Y., (2023). "NETWORK ANALYSIS OF HOUSING PRICE COMOVEMENTS OF A HUNDRED CHINESE CITIES". *National Institute Economic Review*, 264: 110–128. <https://doi.org/10.1017/nie.2021.34>
- Yang, L., Zhang, S., Guan, M., Cao, J. & Zhang, B., (2022). "An Assessment of the Accessibility of Multiple Public Service Facilities and Its Correlation with Housing Prices Using an Improved 2SFCA Method—A Case Study of Jinan City, China". *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(7): 414. <https://doi.org/10.3390/ijgi11070414>
- Yang, Z. H. A. O. & Ran, W. E. I., (2021). "RESEARCH ON SPATIAL SPILLOVER EFFECTS AND REGIONAL DIFFERENCES OF URBAN HOUSING PRICE IN CHINA". *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, 55(2): 211-228. <https://doi.org/10.24818/18423264/55.2.21.13>
- Yoon, S., (2024 a). "Does a house price spillover effect exist in the apartment market? Evidence from Korea". *International Real Estate Review*, 27(1): 91–118. Original via Consensus: <https://consensus.app/papers/does-house-price-spillover-effect-exist-apartment/yoon/>
- Yoon, S. M., (2024 b). "An Analysis of Inter-regional Spillovers in Housing Price Movements". *Housing Finance Research*, 8(2): 71-103. <https://doi.org/10.52344/hfr.2024.8.2.71>
- Yu, Q., Hui, E. C. M. & Shen, J., (2023). "Do local governments capitalise on the spillover effect in the housing market? Quasi-experimental evidence from house purchase restrictions in China". *Land Use Policy*, 133: 106851. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106851>
- Zhang, D., Ji, Q., Zhao, W.-L. & Horsewood, N. J., (2020 a). "Regional housing price dependency in the UK: A dynamic network approach". *Urban Studies*, 58(5): 1014-1031. <https://doi.org/10.1177/0042098020943489>
- Zhang, L., Li, T., Ma, C. & Wen, H. (2020 b). "Measuring the Spatial and Temporal Diffusion of Urban House Prices in East China". *Journal of Urban Planning and Development*, 146(2): 04020017. doi:10.1061/(asce)up.1943-5444.0000572

- Zhang, Y. & Xu, X., (2022). “Monetary policy and housing price dynamics: Evidence from East China”. *Journal of Housing Economics*, 57: 101854.
<https://doi.org/10.1016/j.jhe.2022.101854>

**Applied Economics Studies, Iran (AESI)**P. ISSN:2322-2530 & E. ISSN: 2322-472X - Journal Homepage: <https://aes.basu.ac.ir/>

Scientific Journal of Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran. Owner & Publisher: Bu-Ali Sina University.

© Copyright © 2026 The Authors. Published by Bu-Ali Sina University.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Bu-Ali Sina University

Investigating the Connectedness Between Green Stock Returns and Policy Uncertainties: The Case Study of the United States of America

Amirreza Mohammadi¹ , Mahmood Hooshmand² ,
Farzaneh Ahmadian-Yazdi³ , Somayeh Meyghani⁴ 

Type of Article: Research

 <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30804.3780>

Received: 2025/04/13; Revised: 2025/05/24; Accepted: 2025/07/02

Pp: 85-128

Abstract

Transition to renewable energies is one of the most heated topics among policymakers and authors. Green financing is considered one of the primary tools for achieving this goal. The data show that the stock market, as one of the main ways of green financing and a primary indicator of the performance of companies in the renewable energy sector, has been significantly affected by policy uncertainties. Thus, this study aims to investigate the connectedness between policy uncertainties and the return of green stocks by employing the contemporaneous and lagged R^2 decomposed connectedness approach. This novel approach fills the gap in the previous studies by decomposing connectedness measures into contemporaneous and lagged components. Previous studies primarily focused on the impact of economic policy uncertainty on green stock returns. Thus, to contribute to the existing literature, this study employs uncertainty indicators in monetary, fiscal, and trade policies, representing key aspects of economic policy uncertainty. In addition, we use the newly introduced climate policy uncertainty index. The outcome of this study indicates that the uncertainty in fiscal policy is the main transmitter of shocks to the return of green stock, followed by monetary policy uncertainty. Moreover, fiscal policy uncertainty can affect green stock returns indirectly by transmitting shocks to other variables in the network. Furthermore, the return of the green stock is the primary receiver of shocks in the network. The results of this research help in providing efficient policies to support green finance in countries like Iran that have access to renewable resources.

Keywords: Green Stock, Green Financing, Uncertainty, Spillover.**JEL Classification:** C50, E60, G18.

1. Master in Economics, Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

2. Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran (Corresponding Author). **Email:** m-hoshmand@um.ac.ir

3. Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

4. PhD in Economics, Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Citations: Mohammadi, A., Hooshmand, M., Ahmadian-Yazdi, F. & Meyghani, S., (2026). "Investigating the Connectedness Between Green Stock Returns and Policy Uncertainties: The Case Study of the United States of America". *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 14(56): 85-128. <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30804.3780>

Homepage of this Article: https://aes.basu.ac.ir/article_6140.html?lang=en

1. Introduction

The global transition to renewable energy has become a serious concern for policymakers worldwide. Moreover, Extreme events such as climate change have increased these concerns ([Wang et al., 2023](#)). In this context, green finance plays a crucial role in facilitating the energy transition ([Shah et al., 2024](#)). As defined by the United Nations Environment Programme (2020), green finance involves channeling financial flows from public, private, and non-profit sectors toward sustainable development priorities. However, uncertainty significantly impacts green finance tools such as bonds and stock market ([Zhao, 2020](#); [Bouri et al., 2022](#); [Syed et al., 2022](#)). This study aims to investigate the relationship between various policy uncertainties, specifically monetary, fiscal, trade, and climate policy uncertainty, and the performance of green stocks in the United States, a major emitter of greenhouse gases. This research employs a novel contemporaneous and lagged R2 decomposed connectedness approach, which is introduced by [Bali et al. \(2023\)](#), and uses monthly data from June 2007 to June 2024. The central research question is: Which types of policy uncertainty have the greatest and least net effects on green stock returns? This research offers several novel contributions. Firstly, it decomposes the economic policy uncertainty into its constituent monetary, fiscal, and trade components, providing more precise and useful insights than previous studies that treated it as a single aggregate measure (e.g., [Wang et al., 2023](#)). Secondly, the novel econometric approach allows us to examine both the contemporaneous and lagged effects of these uncertainties, recognizing that macroeconomic policies have both immediate and delayed impacts. This distinction is crucial for developing effective and timely policy interventions to safeguard green finance from destabilizing shocks.

2. Materials and Methods

Since the impact of the variables varies over time, it is better to use time-varying methods. This research employs the newly introduced the contemporaneous and lagged R2 decomposed connectedness approach, which allows us to decompose the results into lagged and contemporaneous components. Other time-varying econometric approaches only show overall or contemporaneous effects. While macroeconomic variables have both contemporaneous and lagged impacts, it is crucial to choose a method that considers both components.

3. Data

This study utilizes the WilderHill Clean Energy Index to measure the performance of companies active in the renewable energy sector within the United States stock market. The U.S. is selected as the case study because it is one of the largest producers of greenhouse gases and a leading country in the field of green financial markets. Given that green assets are a recent development, a detailed study requires reliable data with a sufficient number of observations, making the U.S. an ideal choice. The green stock index used in this research has been widely employed in numerous studies as a proxy for green stock performance ([Hanif et al., 2023](#); [Pham et al., 2024](#)). Data for this index was obtained from Google Finance. To represent government policy uncertainty, this study uses the indices introduced by [Baker et al. \(2016\)](#). Specifically, the indicators for fiscal policy uncertainty, monetary policy uncertainty, and trade policy uncertainty, which are sub-indices of the main economic policy uncertainty index, are utilized. Data for these uncertainty metrics

are published monthly on the policyuncertainty.com website. Additionally, the Climate Policy Uncertainty index, recently introduced by [Gavriilidis \(2021\)](#), is incorporated into the model. Data for this index are also available monthly from the same website. The data frequency for this research is monthly, and the period extends from June 2007 to June 2024. This period is particularly significant as it covers major events such as the 2008 financial crisis, the United States' withdrawal from the Paris Agreement, the U.S.-China trade war, the COVID-19 pandemic, and the Russia-Ukraine war. The choice of the U.S. is further justified by its status as one of the largest markets for renewable energy ([IEA, 2024](#)) and the availability of the maximum number of observations for green stocks, which are crucial for a robust analysis of this nascent field.

4. Discussion

Overall, the results indicate that the total connectedness among the variables in the network is 43.66%. A decomposition of the results shows that contemporaneous connectedness among the variables is 21.91%, while lagged connectedness is 21.75%. The proximity of the contemporaneous and lagged connectedness values suggests the significant impact of the variables on each other in both the short and long term. An analysis of the net connectedness (the difference between "TO" and "FROM" spillovers) reveals that for all variables, except for monetary policy uncertainty, the lagged spillover effects are greater than the contemporaneous effects. This finding indicates that the spillover impact of each variable on the others intensifies over time more than its immediate impact. Furthermore, the spillover analysis shows that green stock returns are the main net receiver of shocks in the network, while fiscal policy uncertainty plays the primary role in transmitting shocks to the other variables. The analysis of contemporaneous connectedness shows that, consistent with the aggregate effects, fiscal policy uncertainty plays the primary role in transmitting shocks to the other variables in the network, and green stocks are the main receiver of shocks. Furthermore, trade policy uncertainty exhibits the weakest spillover effects within the network. The analysis of lagged connectedness provides new evidence. According to these findings, fiscal policy uncertainty remains the primary transmitter of shocks to other variables in the network, and green stocks are the main receiver of shocks. However, the results indicate that the shock transmission from fiscal policy is stronger in lagged components than in its contemporaneous effects. Likewise, green stocks receive greater shocks in the lagged case compared to the contemporaneous one. Furthermore, trade policy uncertainty continues to exhibit the weakest spillover effects in the network. However, while this variable is a shock transmitter in the contemporaneous case, it becomes a shock receiver in the lagged case. The results also show that monetary policy uncertainty switches from being a shock receiver in the contemporaneous analysis to a shock transmitter in the lagged analysis. Finally, the magnitude of shocks received by environmental policy uncertainty is greater in the lagged case than in the contemporaneous one.

5. Conclusion

As indicated in the results, fiscal policy uncertainty is the primary transmitter of shocks to green stock returns. Therefore, controlling this type of uncertainty is crucial. Adopting medium-term fiscal rules (such as budget deficit rules), alongside the presence of independent laws and councils that oversee fiscal discipline, can be one way to reduce

uncertainty ([IMF, 2024](#)). Additionally, implementing counter-cyclical fiscal policies can lead to a reduction in uncertainty in the short term, although this may be followed by increased risk and uncertainty in the long term ([Croce et al., 2012](#)). Given that monetary policy uncertainty transmits the largest shock to green stock returns after fiscal policy uncertainty, implementing appropriate policies to reduce this type of uncertainty is also highly important. Studies show that forward-looking policies (forward guidance) and transparent communication of the central bank's future policies can lead to a decrease in monetary policy uncertainty (Jitmaneeroj *et al.*, 2019; Jiang and Huang, 2023). In addition to transparency, setting a target inflation rate and adhering to the policies necessary to achieve this target can also have a significant impact on reducing uncertainty ([Jitmaneeroj et al., 2019](#)). In other studies, the central bank's adherence to a specific rule has been cited as a way to control uncertainty, although deviation from the established rule can lead to a sharp increase in uncertainty ([Pooter et al., 2021](#)). In the context of environmental policy, transparency in economic policies can be a way to reduce uncertainty, which in turn accelerates the transition to clean energy ([Yasmeen & Shah, 2024](#)). Also, supporting green technology and innovation helps companies in this sector to have greater resilience against sudden changes in environmental policies ([Ge & Zhang, 2025](#)). Furthermore, joining and adhering to trade agreements can be an effective way to reduce trade policy uncertainty.

Acknowledgments

The authors would like to appreciate the Editor-in- chief and the Reviewers for their time and comments that helped improve the paper.

Author Contributions

Amirreza Mohammadi: Drafted the initial version of the manuscript, estimated the model, and carried out revisions. Dr. Mahmood Hooshmand: Managed the study, supervised the correctness of the estimations, and prepared the final version of the manuscript. Dr. Farzaneh Ahmadian-Yazdi: Collected the data, contributed to model estimation, and contributed to drafting and revising the manuscript. Somayeh Meyghani: Contributed to drafting and revising the manuscript.

Conflict of Interest

The authors of the article states that there is no conflict of interest in publishing the presented article.



فصلنامه علمی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
 شاپای چاپی: ۲۵۲۰-۲۳۲۲؛ شاپای الکترونیکی: ۴۷۲۸-۲۳۲۲ - وبسایت نشریه: <https://aes.basu.ac.ir>
 نشریه گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
 حق انتشار این مستند، متعلق به نویسنده(گان) آن است. ۱۴۰۴ - ناشر این مقاله، دانشگاه بوعلی سینا است.
 این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
 Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).



بررسی ارتباط میان بازده سهام سبز و نااطمینانی‌های سیاستی: مطالعه موردی ایالات متحده آمریکا

امیررضا محمدی^۱، محمود هوشمند^۲، فرزانه احمدیان یزدی^۳، سمیه میقانی^۴

نوع مقاله: پژوهشی

شناسه دیجیتال: <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30804.3780>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۴، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۱

صص: ۸۵-۱۲۸

چکیده

تأمین مالی سبز یکی از مهم‌ترین ابزارها به‌منظور تسهیل فرآیند گذار از سوخت‌های فسیلی به انرژی‌های سبز است؛ با این‌وجود، بازار سهام به‌عنوان یکی از راه‌های تأمین مالی سبز و هم‌چنین نمایی از عملکرد شرکت‌های فعال در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر، تحت تأثیر نااطمینانی‌های مختلف سیاستی است. با توجه به اهمیت این موضوع، مطالعه حال حاضر با استفاده از الگوی خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در زمان به بررسی ارتباط هم‌زمان و با وقفه بین نااطمینانی‌های سیاستی و بازده سهام سبز در اقتصاد آمریکا پرداخته است. درواقع، این الگو با تجزیه نتایج به دو بخش هم‌زمان و با وقفه، خلأ روش‌های پیشین را برطرف می‌کند؛ هم‌چنین، برخلاف مطالعات گذشته که تنها به بررسی اثرات نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی پرداختند، این مطالعه از چهار نماگر نااطمینانی در سیاست‌های پولی، مالی، تجاری و زیست‌محیطی استفاده می‌کند. نتایج حاصل از برآورد الگو نشان می‌دهد نااطمینانی در سیاست‌های مالی اصلی‌ترین انتقال‌دهنده شوک به بازده سهام سبز می‌باشد. این متغیر علاوه بر اثرگذاری مستقیم بر روی بازده سهام سبز، به‌صورت غیرمستقیم نیز از طریق انتقال شوک به سایر متغیرهای شبکه بر بازده سهام سبز اثرگذار است. پس از آن نااطمینانی در سیاست‌های پولی بیشترین اثرگذاری را بر بازده سهام سبز دارد؛ هم‌چنین، بازده سهام سبز اصلی‌ترین دریافت‌کننده شوک در شبکه است.

کلیدواژگان: سهام سبز، تأمین مالی سبز، نااطمینانی، انرژی‌های تجدیدپذیر.

طبقه‌بندی JEL: C50, E60, G18.

۱. کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

Email: amiir99m@gmail.com

۲. استاد گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران (نویسنده مسئول).

Email: m-hoshmand@um.ac.ir

۳. استادیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

Email: f.ahmadian@um.ac.ir

۴. دکتری علوم اقتصادی، مدرس گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

Email: s.meyghani@mail.um.ac.ir

ارجاع به مقاله: محمدی، امیررضا؛ هوشمند، محمود؛ احمدیان یزدی، فرزانه؛ و میقانی، سمیه، (۱۴۰۴). «بررسی ارتباط میان بازده سهام سبز و نااطمینانی‌های سیاستی: مطالعه موردی ایالات متحده آمریکا». مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۱۴(۵۶): ۸۵-۱۲۸. <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30804.3780>

صفحه اصلی مقاله در سامانه نشریه: https://aes.basu.ac.ir/article_6140.html?lang=fa

۱. مقدمه

گذار به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های سیاست‌گذاران در سرتاسر دنیا تبدیل شده است. تغییرات اقلیمی و پیامدهای آن در سال‌های اخیر مانند افزایش سطح دریاها، رویدادهای مخرب آب‌وهوایی و تغییرات الگوی آب و هوا (ولنگ و همکاران^۱، ۲۰۲۳) این دغدغه را دو چندان کرده است. این موضوع به خصوص برای کشورهای دارنده منابع طبیعی تجدیدناپذیر نظیر نفت و گاز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا بر اساس معاهدات مختلفی نظیر توافق‌نامه زیست محیطی پاریس (۲۰۱۵) کشورها و به خصوص کشورهای تولیدکننده سوخت‌های فسیلی ملزم به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شده‌اند.

در واقع به جز الزاماتی که از سوی سازمان‌های بین‌المللی در حوزه‌های زیست محیطی اجرایی شده و کشورها را ملزم به رعایت چارچوب‌های آن‌ها کرده است، رویدادهایی مانند بحران کوید ۱۹ و جنگ روسیه - اوکراین و تأثیر معنی‌دار آن‌ها بر بازارهای انرژی باعث شده تا سیاست‌های حوزه انرژی نیز تحت تأثیر قرار بگیرد (نگوین و همکاران^۲، ۲۰۲۴). در این میان تأمین مالی سبز^۳ نقشی اساسی در گذار به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. طبق اطلاعات برنامه محیط زیست سازمان ملل^۴ (۲۰۲۰)، تأمین مالی سبز به افزایش سطح جریانات مالی (از سوی بانک، اعتبارات خرد، بیمه و سرمایه‌گذاری) از بخش دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی، با هدف اختصاص این نقدینگی به بخش‌هایی با اولویت توسعه پایدار^۵ است. تأمین مالی سبز، از سویی منجر به مدیریت بهتر ریسک‌های سرمایه‌گذاران و جذب بازدهی بهتر می‌شود و از سوی دیگر کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی را به دنبال دارد.

همچنین، تأمین مالی سبز از سوی اتحادیه اروپا با عنوان تأمین مالی سرمایه‌گذاری خصوصی با هدف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و سایر اثرات مخرب زیست‌محیطی برای رسیدن به یک اقتصاد پایدار^۶ و سازگار با محیط زیست تعریف شده است. طبق گزارش اتحادیه اروپا^۷، تأمین مالی سبز برای رسیدن به اهداف زیست‌محیطی این منطقه تا سال ۲۰۳۰ م. که کاهش گازهای گلخانه‌ای تا ۵۵ درصد است نقشی اساسی دارد. بازار سهام و اوراق به‌عنوان اصلی‌ترین راه‌های تأمین مالی سبز به شمار می‌آیند. نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد استفاده از این ابزارها می‌تواند منجر به افزایش سرمایه‌گذاری در انرژی‌های پاک و افزایش کیفیت محیط زیست، به‌طور خاص در کشورهایی با درآمد متوسط و درآمد بالا شود (شاه و همکاران^۸، ۲۰۲۴). به‌طور کلی، اوراق سبز^۹ و سهام سبز^{۱۰} به آن دسته از اوراق یا سهام اطلاق می‌شود که با اهداف زیست‌محیطی و ارتقای انرژی‌های تجدیدپذیر منتشر می‌شود و یا استانداردهای زیست‌محیطی، اجتماعی و حکمرانی را دارا است (OECD, 2023)؛ اتحادیه اروپا). بر اساس گزارش‌های گروه بورس اوراق بهادار لندن^{۱۱} (۲۰۲۴)، از زمان ورود بحث تأمین مالی سبز به

¹ Wang *et al.*

² Nguyen *et al.*

³ Green Finance

⁴ United Nations Environment Programme

⁵ Sustainable Development

⁶ Sustainable Economy

⁷ Europe Union

⁸ Shah *et al.*

⁹ Green Bonds

¹⁰ Green Stocks

¹¹ London Stock Exchange Group

بازارهای مالی، اقتصاد سبز به دومین بخش پر بازده تبدیل شده است. علاوه بر این، ارزش بازار آن در دنیا در نیمه اول سال ۲۰۲۴ م. به ۷.۲ تریلیون دلار رسیده است. با این حال، نااطمینانی های^۱ مختلف در سرتاسر دنیا، این بازارها را به شدت تحت تأثیر قرار داده است و باعث شده تا مطالعات مختلفی پیرامون این موضوع شکل بگیرد (جیا همکاران^۲، ۲۰۲۴؛ هو و بورجیجین^۳، ۲۰۲۴؛ الشماری و همکاران^۴، ۲۰۲۴) و نتایج حاصل از آن برای کشورهای در حال توسعه نیز پیشنهاد گردد (بوتسکا و همکاران^۵، ۲۰۲۴).

اوراق و سهام سبز به عنوان راه های اصلی تأمین مالی غیردولتی شرکت های فعال در حوزه محیط زیست و انرژی های تجدیدپذیر، به طور معناداری تحت تأثیر نااطمینانی قرار دارند. وقوع مکرر رویدادهای مختلف و افزایش سطح نااطمینانی، کشورها را در معرض شوک های منفی و رکود اقتصادی قرار داده است که بی ثباتی در نظام مالی را به دنبال دارد (گو و لیو^۶، ۲۰۲۲؛ وی و همکاران^۷، ۲۰۲۲). افزایش سطح نااطمینانی در سیاست های اقتصادی ریسک های موجود در بازار را افزایش داده و باعث ایجاد محدودیت های شدید در تأمین مالی و نوسانات بازار می شود که اوراق سبز را نیز تحت تأثیر قرار می دهد (احمدیان یزدی و همکاران^۸، ۲۰۲۵a؛ سید و همکاران^۹، ۲۰۲۲ و ابوترابی و همکاران^{۱۰}، ۲۰۲۱). به طریق مشابه، عواقب ناشی از شدت گرفتن سایر نااطمینانی ها از طریق افزایش نوسانات در بازار و ایجاد محدودیت برای شرکت ها، به طور معناداری عملکرد و بازده سهام سبز را تحت تأثیر قرار می دهد (ژائو^{۱۱}، ۲۰۲۰؛ اوروم و همکاران^{۱۲}، ۲۰۲۱؛ بوری و همکاران^{۱۳}، ۲۰۲۲).

با توجه به اهمیت بالای تأمین مالی سبز برای گذار به انرژی های تجدیدپذیر و توسعه پایدار و همچنین تأثیر نااطمینانی ها بر تأمین مالی سبز، هدف از آن جام این پژوهش این است تا ارتباط میان نااطمینانی سیاست های پولی، مالی، تجاری، زیست محیطی، و سهام سبز را در ایالات متحده (به عنوان یک از اصلی ترین کشورهای انتشاردهنده گازهای گلخانه ای) مورد مطالعه قرار دهد. بدین منظور، از رویکرد الگوی خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در زمان باوقفه و لحظه ای^{۱۴} که توسط «بالی» و همکاران (۲۰۲۳) معرفی شده بهره گرفته شده است. به علاوه، در این مطالعه سعی شده است که از بیشترین داده های منتشر شده با حداکثر تواتر استفاده شود و بنابراین داده های ماهانه برای دوره زمانی ژوئن ۲۰۰۷ تا ژوئن ۲۰۲۴ م. مورد استفاده قرار گرفته اند. بنابراین، با توجه به هدف مورد نظر، پرسشی که در این مطالعه به دنبال پاسخ به آن هستیم، این است که بازدهی سرمایه گذاری در سهام سبز در بازار بورس تحت تأثیر کدام نوع از نااطمینانی ها قرار دارد و شدت آن چقدر است.

¹ Uncertainty

² Jia *et al.*

³ Hu and Borjigin

⁴ Alshammari *et al.*

⁵ Bouteska *et al.*

⁶ Gu and Liu

⁷ Wei *et al.*

⁸ Ahmadian-Yazdi *et al.*

⁹ Syed *et al.*

¹⁰ Aboutorabi *et al.*

¹¹ Zhao

¹² Urom *et al.*

¹³ Bouri *et al.*

¹⁴ Contemporaneous and lagged R² decomposed connectedness approach

با توجه به پتانسیل بالای ایران در زمینه انرژی‌های پاک و نیاز جدی به سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، بازار سهام سبز می‌تواند نقشی اساسی در تأمین مالی و حمایت از اهداف توسعه پایدار ایفا کند (باقی و همکاران، ۲۰۲۴). بند ۱ ماده ۷ دستورالعمل اجرایی افشای اطلاعات شرکت‌های ثبت‌شده نزد سازمان بورس و اوراق بهادار (مصوب مورخ ۱۳۸۶/۰۵/۰۳ و اصلاحیه‌های بعدی هیأت مدیره سازمان بورس و اوراق بهادار) نیز شرکت‌های فعال در بازار بورس و فرابورس ایران را به انتشار گزارشات مرتبط با عملکرد زیست‌محیطی خود ملزم می‌کند که بیانگر وجود زیرساخت‌های ابتدایی در قانون برای تشکیل بازار سهام سبز است. بنابراین، مطالعه تجربه کشورهای موفق در زمینه بازار سهام و تأمین مالی سبز می‌تواند سیاست‌گذار را در راستای مقابله با چالش‌های پیش رو و تسهیل فرایند تأمین مالی سبز یاری دهد.

این مطالعه از چند جنبه نسبت به مطالعات پیشین نوآوری دارد. نخست این که مطالعات پیشین غالباً تنها بر اثر نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی بر تأمین مالی سبز تمرکز داشتند. بنابراین اثر نماگرهای مختلف سیاست‌های اقتصادی مانند نااطمینانی در سیاست‌های پولی، مالی و تجاری نادیده گرفته شده است. بررسی اثر سیاست‌های اقتصادی دولت به‌تنهایی کافی نیست و حتی می‌تواند گمراه‌کننده باشد چرا که این سیاست‌ها خود از بخش‌های مالی، پولی و تجاری تشکیل می‌شوند. بنابراین، نیاز است تا برای مؤثر بودن مطالعه، این اثرات به تفکیک بررسی شوند. به‌عنوان مثال، در مطالعات پیشین مانند مطالعه «وانگ» و همکاران^۱ (۲۰۲۳) و وانگ و همکاران (۲۰۲۴) اثر نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی بر روی بازدهی دارایی‌های سبز مورد بررسی قرار گرفته است. با این حال، در این مطالعات نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی به‌عنوان اثر تجمیعی سیاست‌های پولی، مالی و تجاری عنوان شده است و اثرات آن تفکیک نشده است. بنابراین، این مطالعات نتیجه روشنی به سیاست‌گذار ارائه نمی‌دهد و سیاست‌گذار متوجه نمی‌شود باید در کدام بخش از سیاست‌های خود تغییر ایجاد کند. از سوی دیگر، در مطالعات پیشین تنها اثرات هم‌زمان نااطمینانی‌ها بر سهام سبز دیده شده است. در حالی که در این مطالعه اثر با وقفه نیز بررسی می‌شود. در واقع، سیاست‌های اقتصاد کلان یک اثر لحظه‌ای و یک اثر با وقفه بر اقتصاد یک کشور دارند و بررسی اثر هم‌زمان یا تجمیعی آن به‌تنهایی کافی نیست و می‌تواند سیاست‌گذار را گمراه کند. این بررسی به سیاست‌گذار کمک می‌کند تا متناسب با نوع نااطمینانی و زمان اثرگذاری آن، سیاست‌های مؤثرتری را برای حفاظت از تأمین مالی سبز اعمال کند. در صورتی که سیاست‌ها بدون توجه به زمان اثرگذاری شوک‌ها اعمال شود، می‌تواند اثرات مخربی داشته باشد. بنابراین، بررسی تفکیک شده اثرات هم‌زمان و باوقفه اهمیت بسیار زیادی دارد. از آنجایی که اقتصاد ایران نیز با نااطمینانی‌های قابل توجهی طی دو دهه اخیر روبه‌رو است و از طرفی تأمین مالی سبز در ایران می‌تواند موتور محرکه‌ای برای انرژی‌های تجدیدپذیر در سال‌های آینده باشد، این مطالعه می‌تواند برای سیاست‌گذاران ایرانی نیز مفید باشد تا مسیر هموارتری را برای تأمین مالی سبز شکل دهند. همچنین سرمایه‌گذاران و مدیران پرتفو با در نظر گرفتن ریسک‌های ناشی از نااطمینانی‌های سیاستی مختلف می‌توانند ریسک‌های سبد دارایی خود را به درستی مدیریت کنند.

در بخش دوم مطالعه به مبانی نظری موجود در مورد اثرگذاری متقابل سهام سبز نااطمینانی‌ها بر روی دیگر پرداخته شده است. در قسمت سوم مروری بر مهم‌ترین مطالعاتی که به موضوع مورد بحث توجه کرده‌اند، صورت

¹ Wang et al.

گرفته است. در قسمت چهارم به توصیف متغیرها و الگوی مورد استفاده در تحقیق و در قسمت پنجم به نتایج حاصل از برآورد الگو پرداخته شده است.

۲. مبانی نظری

با توجه به این که الگوی مورد استفاده در تحقیق اثرگذاری متقابل متغیرها بر یکدیگر را بررسی می کند، در این قسمت به بررسی اثرگذاری ناطمینانی های سیاستی بر سهام سبز، اثرگذاری سهام سبز بر ناطمینانی های سیاستی، و اثرگذاری ناطمینانی های سیاستی بر یکدیگر پرداخته شده است.

۲-۱. اثر ناطمینانی های سیاستی بر سهام سبز

ناطمینانی های سیاستی^۱ به عدم قطعیت در سیاست های آتی دولت و چارچوب قانون گذاری گفته می شود که افزایش ریسک های اقتصادی را به دنبال دارد. افزایش سطح این متغیر باعث می شود تا مشاغل و افراد به دلیل ناطمینانی در بازار هزینه ها و سرمایه گذاری های خود را به تأخیر بیندازند (الشاغب و الغرابالی^۲، ۲۰۱۹). همچنین تعدیل مکرر و مبهم سیاست ها، افزایش سطح ناطمینانی را به دنبال دارد (لیو و ژانگ^۳، ۲۰۲۰) که در نهایت منجر به کاهش سرمایه گذاری می شود (بیکر و همکاران^۴، ۲۰۱۶).

به طور کلی بازارهای مختلف به شکل معنی داری تحت تأثیر ناطمینانی در سیاست های اقتصادی هستند و متغیرهای اقتصاد کلان می تواند منجر به انتقال ریسک بیشتر به بازارها شود. بنابراین، می توان استدلال کرد که شرکت های فعال در حوزه تجدیدپذیر نیز تحت تأثیر ریسک های ناشی از ناطمینانی قرار می گیرند (دوگان و همکاران^۵، ۲۰۲۳ و احمدیان یزدی و همکاران^۶، ۲۰۲۵). همچنین افزایش ناطمینانی سیاست های اقتصادی منجر به تضعیف وضعیت اقتصاد می شود. در نتیجه این امر، علاوه بر تضعیف فعالیت شرکت های مرتبط با انرژی های پاک، دولت ها ممکن است یارانه های مرتبط با این بخش را که مربوط به سیاست های مالی دولت است را کاهش دهند که منجر به ایجاد چالش های جدید برای شرکت های فعال در این حوزه می شود. همچنین رویدادهایی مانند پاندمی کرونا از طریق مشابه بر فعالیت شرکت هایی با هدف ارتقاء انرژی های تجدیدپذیر تأثیر منفی دارد (خان و سو^۷، ۲۰۲۲). علاوه بر این، سیاست های مالی دولت که شامل وضع انواع مالیات ها و یارانه ها می شود می تواند گسترش انرژی های سبز را تحت تأثیر قرار دهد (یان و همکاران^۷، ۲۰۲۳). بنابراین ناطمینانی در این سیاست ها بر سرمایه گذاری در انرژی های پاک اثرگذار است. علاوه بر این، دولت می تواند از ابزارهای خود در زمینه سیاست های مالی مانند مالیات های زیست محیطی برای تشویق سرمایه گذاری در انرژی های سبز استفاده کند (یان و همکاران، ۲۰۲۳).

¹ Policy Uncertainty

² Al-Thaqeb and Algharabali

³ Liu and Zhang

⁴ Baker *et al.*

⁵ Doğan *et al.*

⁶ Khan and Su

⁷ Yan *et al.*

از سوی دیگر، عدم قطعیت پیرامون متغیرهای اقتصادی مانند نرخ بهره، تورم و شرایط کلی پولی حاکم بر اقتصاد می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر تصمیمات و چشم‌انداز عملیاتی شرکت‌های فعال در حوزه انرژی تأثیرگذار باشد. در محیطی با سطوح بالای نااطمینانی، شرکت‌های انرژی ممکن است با چالش‌های مختلفی در زمینه تأمین مالی، طراحی و اجرای پروژه‌هایی با اهداف سازگاری بیشتر با محیط زیست مواجه شوند. نااطمینانی سیاست‌های پولی می‌تواند به افزایش نوسانات در بازارهای مالی دامن بزند که پیچیدگی‌های بیشتری را برای شرکت‌های فعال در حوزه انرژی برای رسیدن به اهداف زیست محیطی ایجاد می‌کند (آباکا و همکاران^۱، ۲۰۲۴). بنابراین، نااطمینانی سیاست‌های اقتصادی و نگرانی‌های مرتبط با آن می‌تواند سرمایه‌گذاری سبز را با چالش جدی مواجه کند. در نقطه مقابل، پیش‌بینی‌پذیر بودن و اجرای سیاست‌های بهینه می‌تواند سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر را تسهیل کند که به پذیرش آن کمک می‌کند (قمرزمان^۲، ۲۰۲۴).

به‌طور کلی، تجارت و به دنبال آن سیاست‌های تجاری نیز می‌تواند انرژی‌های تجدیدپذیر را از چند طریق تحت تأثیر قرار دهد. نخست این که دسترسی بیشتر به کالا و خدمات از طریق تجارت، نیازمند صرف انرژی بیشتر برای تولید و جابه‌جایی این کالاها است که بخشی از آن توسط انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین می‌شود (جلی و یوسف^۳، ۲۰۱۵ و احمدیان یزدی و مهدوی عادل^۴، ۲۰۱۵). دوم این که بهبود وضعیت تجارت منجر به بهبود وضعیت تکنولوژی و صرفه‌جویی در مقیاس می‌شود که فشار را از شرکت‌های فعال در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر کم می‌کند و شرکت‌ها را نیز تشویق می‌کند تا وارد بازارهای جدیدی شوند (سازمان ملل^۵، ۲۰۱۳). سوم، از آنجایی که تجارت وسیله اصلی برای انتقال تکنولوژی‌های پاک به شمار می‌آید، می‌تواند در گذار بخش انرژی به انرژی‌های پاک کمک کند (جلی و یوسف^۶، ۲۰۱۵).

همچنین، نااطمینانی در سیاست‌های زیست محیطی توسط «گاوریلیدیس»^۴ در سال ۲۰۲۱ م. معرفی شده و به‌طور گسترده در مطالعات مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است. این شاخص از روش‌شناسی «بیکر» و همکاران (۲۰۱۶) پیروی می‌کند. تغییرات آب‌وهوایی در سال‌های اخیر، باعث شده تا سیاست‌گذاران سیاست‌های نوینی برای مقابله با آن وضع کنند. افزایش سرعت این تغییرات باعث می‌شود که سیاست‌های دولت‌ها در حوزه محیط زیست و انرژی تحت تأثیر قرار بگیرد که این مسئله تأثیر مستقیمی بر بازار انرژی و فعالیت شرکت‌های موجود در این حوزه، علی‌الخصوص انرژی‌های پاک دارد (رن و همکاران^۵، ۲۰۲۳). در واقع نااطمینانی در سیاست‌های زیست محیطی نیز همانند نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی باعث می‌شود تا سرمایه‌گذاران تصمیمات خود را به تأخیر بیندازند تا از قاطعیت دولت برای تعهد به اهداف زیست محیطی مطمئن شوند. این نوع از نااطمینانی بر کلمات کلیدی مانند محیط زیست، کربن دی اکسید، ریسک‌های زیست محیطی، گرمایش جهانی، گازهای گلخانه‌ای، و سایر کلیدواژه‌هایی که سیاست‌های زیست محیطی را دستخوش تغییر می‌کند تمرکز دارد.

¹ Abakah *et al.*

² Qamruzzaman

³ Jebli and Youssef

⁴ Gavrilidis

⁵ Ren *et al.*

۲-۲. اثر بازدهی سهام سبز بر نااطمینانی های سیاستی

نااطمینانی ها می توانند تحت تأثیر تغییرات قیمت در بازار سهام قرار بگیرند. تصمیمات استراتژیک در حوزه تأمین مالی سبز می تواند در نهایت به کاهش فشار مالی و بهبود محیط اقتصادی بیانجامد (فاکسون^۱، ۲۰۱۱). علاوه بر این، بهبود وضعیت شرکت های فعال در حوزه تکنولوژی هایی با انتشار کربن پایین تر، می تواند به سرمایه گذاری سبز بیشتر و ایجاد فرصت های بیشتر در زمینه توسعه پایدار منجر شود (جونیکه^۲، ۲۰۱۲) که این امر می تواند از طریق تسهیل تأمین مالی سبز صورت بگیرد (تولیور و همکاران^۳، ۲۰۲۰). سرمایه گذاری در انرژی های تجدیدپذیر، می تواند به طور مستقیم و غیر مستقیم بر بهبود وضعیت اقتصادی اثرگذار باشد (دل آنا^۴، ۲۰۲۱). بنابراین سیاست های دولت نیز با این امر تحت تأثیر قرار می گیرد.

همان طور که پیش تر گفته شد، بازار سهام یکی از اصلی ترین های سرمایه گذاری و تأمین مالی شرکت های فعال در حوزه انرژی های تجدیدپذیر به شمار می آید. در سال های اخیر، رشد بخش های فعال در حوزه انرژی های تجدیدپذیر بسیار مهم بوده است. به طوری که دولت ها سعی در حمایت از شرکت های فعال در این حوزه از طریق تغییر در سیاست های مالی خود مانند وضع مشوق های مالیاتی بوده اند (شهباز و همکاران^۵، ۲۰۲۰). بنابراین تغییرات وضعیت شرکت های فعال در این حوزه، می تواند سیاست های مالی دولت را دستخوش تغییر کند و بر نااطمینانی در سیاست های مالی اثرگذار باشد. وضعیت شرکت ها نیز در نهایت خود را در قیمت آن ها در بازار سهام نشان می دهد. از سوی دیگر، علاوه بر این، بهبود وضعیت شرکت های فعال در زمینه انرژی ها تجدیدپذیر می تواند منجر به بهبود وضعیت اشتغال شود (بلاژیچک^۶، ۲۰۱۴؛ فراگوس^۷، ۲۰۱۸). نرخ بهره به عنوان مهم ترین ابزار سیاست های پولی دولت در کنترل تورم و یا حمایت از بازار کار و شرکت های فعال شناخته می شود. بنابراین تغییرات وضعیت این شرکت ها می تواند سیاست های پولی دولت را نیز تحت تأثیر قرار دهد. همچنین، رشد اقتصادی نیز می تواند تحت تأثیر میزان تولید و یا مصرف انرژی های تجدیدپذیر قرار بگیرد (بلاژیچک، ۲۰۱۴؛ شهباز و همکاران، ۲۰۲۰؛ سیدی و عمری^۸، ۲۰۲۰). این امر نیز از طریق بهبود وضعیت شرکت های فعال در این حوزه ممکن است که در نهایت عملکرد خود را در بازار سهام نشان می دهند. در واقع بهبود وضعیت شرکت ها و شرایط اقتصادی خود می تواند در نهایت به کاهش نااطمینانی منجر شود.

سیاست های زیست محیطی و به دنبال آن نااطمینانی در سیاست های زیست محیطی دولت نیز تحت تأثیر وضعیت شرکت های فعال در حوزه انرژی های تجدیدپذیر قرار دارد. مطالعات مختلف نشان می دهد افزایش سرمایه گذاری، تولید و یا مصرف انرژی های تجدیدپذیر می تواند در نهایت منجر به کاهش آلاینده های زیست محیطی شود (چن و همکاران^۹، ۲۰۱۹؛ چنگ و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۹؛ خضری و همکاران^{۱۱}، ۲۰۲۲؛ اردوغان

¹ Foxon

² Jänicke

³ Tolliver

⁴ Dell'Anna

⁵ Shahbaz et al.

⁶ Blazejczak

⁷ Fragkos

⁸ Saidi and Omri

⁹ Chen et al.

¹⁰ Cheng et al.

¹¹ Khezri et al.

و همکاران^۱، ۲۰۲۳). این امر از طریق جای‌گزینی تولید انرژی‌های پاک با آلاینده‌های کمتر در مقابل با سوخت‌های فسیلی صورت می‌گیرد. از آنجایی که مهم‌ترین عامل تعیین سیاست‌های زیست‌محیطی دولت وضعیت اقلیمی است، بنابراین بهتر و یا بدتر شدن وضع شرکت‌های فعال در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر از طریق تحت‌تأثیر قرار دادن میزان تولید انرژی‌های پاک در نهایت می‌تواند بر سیاست‌های زیست‌محیطی دولت اثرگذار باشد.

تجارت و به دنبال آن سیاست‌های تجاری دولت نیز می‌تواند تحت‌تأثیر وضعیت شرکت‌های فعال در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر قرار بگیرد. نخست این که افزایش میزان تولید و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در نهایت می‌تواند به تولید بیشتر کالا و خدمات منجر شود. این کالاها در نهایت به افزایش صادرات منجر می‌شوند (جیلی و یوسف، ۲۰۱۵). در واقع، هر نوع مصرف انرژی در نهایت به دلیل تولید بیشتر کالا می‌تواند به افزایش تجارت منجر شود (امری^۲، ۲۰۱۹). دوم، با استناد به گزارش‌های بخش انرژی سازمان ملل متحد، در برخی از مناطق جهان مازاد تولید و در برخی مناطق دیگر کمبود تولید انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارد. این امر باعث ایجاد مبادلات تجاری بین‌المللی در کالاهای انرژی تجدیدپذیر شده است. به‌عنوان مثال، در برخی از مناطق جهان، زیست توده موجود برای پاسخ‌گویی به تقاضای رو به رشد برای انرژی زیستی کافی نیست. در حالی که سایر مناطق بیش از حد زیست توده تولید می‌کنند. این وضعیت باعث ایجاد سوخت‌های زیست توده مایع و غیر جامد در تجارت بین‌المللی شده است. مثال دیگر پروژه برق Lesothohilands است که ۶ گیگاوات نیروی بادی و ۴ گیگاوات برق آبی را تولید می‌کند که عمده‌تاً برای صادرات به آفریقای جنوبی است. این معادل تقریباً یک چهارم کل عرضه انرژی فعلی آفریقای جنوبی است. سوم، افزایش تولید انرژی تجدیدپذیر تأثیر قابل توجهی بر تجارت بین‌المللی مواد معدنی یا فلزات خاکی کمیاب دارد که مواد اولیه بسیاری از کالاهای تولیدی، من جمله کالاهای تولیدشده توسط انرژی‌های تجدیدپذیر هستند (جیلی و یوسف، ۲۰۱۵). بنابراین، با تغییر تجارت در اثر تغییر وضعیت شرکت‌های فعال در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر، سیاست‌های تجاری دولت نیز دستخوش تغییر می‌شوند.

به‌طور کلی، توسعه بازارهای مالی در رشد و توسعه اقتصادی نقشی مؤثر دارد (هو و چنگ^۳، ۲۰۱۰). همچنین توسعه بازارهای مالی از طریق ایجاد محیطی امن برای سرمایه‌گذاری می‌تواند بر سطح قیمت‌ها در اقتصاد، انباشت سرمایه، نوآوری‌های تکنولوژیک و رشد اقتصادی اثرگذار باشد (مونتس و تیرتو^۴، ۲۰۱۲؛ روسو و یلمازکودی^۵، ۲۰۰۹). بنابراین وضعیت بازار سهام و قیمت‌های آن بر متغیرهای مهم اقتصادی اثر گذار است و برای سیاست‌گذار اهمیت بالایی دارد. از نگاهی دیگر، قیمت‌های بازار خود‌نمایی از عرضه و تقاضا و فعالیت‌های اقتصادی هستند (استاک و واتسون^۶، ۲۰۰۳؛ راپاچ و وبر^۷، ۲۰۰۴) و به‌عنوان یک راهنما برای سیاست‌گذاری‌های

¹ Erdogan et al.

² Amri

³ Hou and Cheng

⁴ Montes and Tiberto

⁵ Rousseau and Yilmazkuday

⁶ Stock and Watson

⁷ Rapach and Weber

دولت شناخته می‌شوند. بنابراین تغییرات قیمت‌ها می‌تواند سیاست‌های دولت و نااطمینانی‌های سیاستی را تحت تأثیر قرار دهد (رن و همکاران^۱، ۲۰۲۳).

۳-۲. اثر نااطمینانی‌های سیاستی بر یکدیگر

نااطمینانی‌های سیاستی می‌توانند به‌طور معناداری بر روی یکدیگر اثر بگذرانند. نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی به معنی عدم قطعیت و غیر قابل پیش‌بینی بودن سیاست‌های دولت در مورد مقابله با تغییرات آب‌وهوایی و گذار به سمت اقتصادی با سطح کربن پایین‌تر است (گاوریلیدیس، ۲۰۲۱). بنابراین این شاخص وابستگی بسیار بالایی با تغییرات زیست‌محیطی دارد. از سوی دیگر، تغییرات زیست‌محیطی می‌توانند اثر قابل توجهی بر متغیرهای اقتصادی مانند رشد تولید ناخالص داخلی داشته باشند. همچنین این تغییرات می‌تواند آسیب قابل توجهی به زیرساخت‌های اقتصادی بزند و بر وضعیت دارایی‌ها اثرگذار باشد (موکنی و همکاران^۲، ۲۰۲۴). بنابراین نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی می‌تواند بر نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی اثرگذار باشد. از سوی دیگر، سیاست‌های اقتصادی تا حد بسیار زیادی در یک سبک سنگین کردن^۳ میان اهداف اقتصادی مانند کنترل نرخ بیکاری و نرخ رشد اقتصادی با اهداف بلندمدت زیست‌محیطی مانند مقابله با تغییرات اقلیمی تعیین می‌شود (دکانیو و همکاران^۴، ۲۰۲۲). بنابراین افزایش سطح نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی می‌تواند باعث شود تا دولت تمرکز خود را به مقابله با بحران‌های اقتصادی فعلی اختصاص دهد و اهداف و سیاست‌های زیست‌محیطی را به آینده منتقل کند که این مسئله نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

نماگرهای نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی نیز خود وابستگی بالایی با یکدیگر دارند. به‌عنوان مثال، نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی به‌طور کلی می‌تواند نرخ ارز حقیقی را تحت تأثیر قرار دهد (بچمن و چوداج^۵، ۲۰۱۷) که این مسئله خود منجر به تغییر در وضعیت تجاری در سطح بین‌الملل خواهد شد (وی^۶، ۲۰۱۹). بنابراین سیاست‌های تجاری و به تبع آن نااطمینانی در سیاست‌های تجاری تحت تأثیر سایر سیاست‌های اقتصادی و نااطمینانی‌های حاصل از آن قرار می‌گیرند. از سوی دیگر، متغیرهای مربوط به تجارت و ریسک‌های ناشی از تغییرات وضعیت تجاری یک کشور می‌تواند سیاست‌گذار را وادار به تغییر در سیاست‌های اقتصادی خود کند. علاوه بر این، افزایش سطح نااطمینانی در سیاست‌های تجاری می‌تواند سطح سرمایه‌گذاری در کشور را کاهش دهد (کالدرا و همکاران^۷، ۲۰۲۰) که واکنش سیاست‌گذار پولی و مالی را به دنبال دارد. موارد ذکر شده خود منجر به افزایش سطح نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی می‌شود.

¹ Ren *et al.*

² Mokni *et al.*

³ Trade-off

⁴ DeCanio *et al.*

⁵ Bechmann and Czudaj

⁶ Wei

⁷ Caldara *et al.*

۴-۲. مبانی نظری محاسبات نااطمینانی‌های مورد استفاده در مطالعه

شاخص نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی از روش جست‌وجوی کلمات کلیدی در مجلات معتبر اندازه‌گیری می‌شود و نااطمینانی در سیاست‌های پولی، مالی و تجاری نماگرهایی از این شاخص هستند. نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی توسط بیکر و همکاران در سال ۲۰۱۶ م. معرفی شد و در ادامه مطالعات مختلفی به عواقب ناشی از افزایش سطوح این دسته از نااطمینانی‌ها پرداختند. به‌طور کلی، نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی از کلیدواژه‌های بسیاری مانند مقررات مالی، سیاست‌های تجاری، برنامه‌های استحقاقی، بدهی خارجی، سلامت و سایر کلمات کلیدی که می‌تواند سیاست‌های اقتصادی دولت را دستخوش تغییر کند تأثیر می‌پذیرد. نااطمینانی در سیاست‌های مالی، بر کلیدواژه‌هایی مانند مالیات، مخارج دولت، بودجه، بدهی ملی و سایر کلمات کلیدی اثرگذار بر سیاست‌های مالی دولت تمرکز دارد. همچنین نااطمینانی در سیاست‌های پولی بر کلیدواژه‌هایی مانند عرضه پول، نرخ بهره، بانک مرکزی، و سایر کلمات کلیدی مرتبط، و نااطمینانی در سیاست‌های تجاری بر کلیدواژه‌هایی مانند واردات، تجارت، تعرفه‌های وارداتی، و سایر متغیرهای مرتبط با سیاست‌های تجاری دولت تمرکز دارد.

۳. پیشینه پژوهش

بررسی پیشینه تحقیق نشان می‌دهد در بسیاری از مطالعات، متغیرهای نااطمینانی و بازده سهام سبز درون‌زا در نظر گرفته‌شده و اثر متقابل آن‌ها با یکدیگر بررسی شده است. با این حال، بیشتر مطالعات تنها به بررسی اثر نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی بر بازده سهام سبز اکتفا کردند و بررسی و مقایسه اثر تفکیک‌شده نماگرهای نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی، مانند نااطمینانی در سیاست‌های پولی، مالی و تجاری انجام نشده است. علاوه بر این، مطالعات موجود تنها به بررسی اثر تجمیعی پرداخته‌اند و شدت اثر هم‌زمان و باوقفه را از یکدیگر تفکیک نکردند. استفاده از تکنیک الگوی خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در زمان لحظه‌ای و با وقفه که توسط **بالی و همکاران (۲۰۲۳)** ارائه شده است به ما این اجازه را می‌دهد تا اثرات متقابل هم‌زمان و باوقفه متغیرها را از یکدیگر تفکیک کنیم که شکاف موجود در ادبیات تحقیق را پر می‌کند.

۳-۱. مطالعات خارجی

«فم» و «نوین»^۱ (۲۰۲۲) با استفاده از الگوی پویای «مارکوف»^۲ و روش خودرگرسیون برداری با ضرایب متغیر در زمان^۳ و برای بازه زمانی اکتبر ۲۰۱۴ تا نوامبر ۲۰۲۰ م. و با داده‌های هفتگی ارتباط میان اوراق سبز و نااطمینانی را بررسی کرده‌اند. در این مطالعه در کنار شاخص مرتبط با اوراق سبز از یک شاخص نااطمینانی و دو شاخص ریسک استفاده شده است که با توجه به روش تحقیق، متغیرها درون‌زا در نظر گرفته شده‌اند. در سطوح نااطمینانی پایین، اوراق سبز با نااطمینانی ارتباط ضعیفی دارد و می‌تواند در این دوره برای مقابله با آثار نااطمینانی استفاده شود. اگرچه استفاده از اوراق سبز برای متنوع‌سازی سبد دارایی‌ها، مزایای کمتری در سطح نااطمینانی

¹ Pham and Nguyen

² Markov switching dynamic regression

³ Time-Varying Parameter Vector Autoregressions (TVP-VAR) connectedness network

بالا تر دارد. در این مطالعه، تنها اثر نااطمینانی در سیاست های اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته و اثر نماگرهای آن به تفکیک بیان نشده است. همچنین، مطالعه فوق تنها اثرات تجمیعی را بررسی کرده و اثرات همزمان و با وقفه را به تفکیک ارائه نمی دهد.

«ساکونتالا» و همکاران^۱ (۲۰۲۲) در مطالعه ای رابطه سهام سبز با سیاست های پولی، نااطمینانی جهانی و آسیب های زیست محیطی را با استفاده از الگوی خودرگرسیون برداری با وقفه توزیعی^۲ برای دوره زمانی جولای ۲۰۰۹ تا دسامبر ۲۰۲۰ میلادی و با داده های فصلی در کشور اندونزی بررسی کردند. نتیجه این تحقیق نشان می دهد میان متغیرهای ذکر شده در کوتاه مدت و بلندمدت ارتباط وجود دارد. همچنین، نتایج نشان می دهند میان سیاست های پولی و بازار سهام سبز ارتباط دو طرفه برقرار است و هردوی این متغیرها بر یکدیگر اثرگذار می باشند. اگرچه این مطالعه بررسی وجود ارتباط متغیرها در کوتاه مدت و بلندمدت را نشان می دهد، با این حال، تغییرات ارتباط میان متغیرها در طی زمان در این مطالعه بررسی نمی شود. همچنین، ضعف مطالعات پیشین در تفکیک اثرات نااطمینانی به نماگرهای مختلف در این مطالعه وجود دارد.

«لین» و «سو»^۳ (۲۰۲۳) در مقاله ای با عنوان نااطمینانی و بازار اوراق سبز که با داده های روزانه در بازه زمانی اکتبر ۲۰۱۴ تا سپتامبر ۲۰۲۰ م. و با استفاده از الگوی کوانتایل متقاطع^۴ نشان می دهند که سه شاخص نااطمینانی مالی، نااطمینانی در سیاست های اقتصادی و نااطمینانی در بازار نفت، محرک های مهمی برای نوسانات و بازده اوراق سبز هستند. همچنین، نتایج تحقیق آن ها مشخص می کند که نااطمینانی مالی اثرگذارترین عامل بر بازار اوراق سبز در ایالات متحده است. این مطالعه نیز اثرات نااطمینانی در سیاست های اقتصادی را به نماگرهای آن تفکیک نمی کند و ارتباط میان متغیرها در طی زمان در این مطالعه بررسی نمی شود.

در مطالعه دیگری تلاش شده تا در راستای گسترش ادبیات تحقیق اثرات کوتاه مدت و بلندمدت متغیرها از یکدیگر تفکیک شود. وانگ و همکاران (۲۰۲۳) اثر شوک های نفتی و نااطمینانی در سیاست های اقتصادی بر تأمین مالی سبز را با داده های ماهانه برای دوره زمانی ژانویه ۲۰۱۰ تا مارچ ۲۰۲۲ م. و با استفاده از الگوی خودرگرسیون برداری با وقفه توزیعی چندکی^۵ بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان می دهد در بلندمدت و در اکثر چندک ها، قیمت نفت خام تأثیر قابل توجه مثبت و نااطمینانی در سیاست های اقتصادی تأثیر قابل توجه منفی بر شاخص اوراق سبز در چین دارد. اگرچه با توجه به روش تحقیق در این مطالعه سعی شده تا ارتباط بلندمدت و کوتاه مدت متغیرها تفکیک شود، با این وجود، تغییرات این ارتباط در طی زمان بررسی نشده و تفکیک نااطمینانی در سیاست های اقتصادی به نماگرهای آن مورد بررسی قرار نگرفته است.

در کنار بررسی اثر متغیرهای مختلف، گروهی از مطالعات در سال های اخیر تأثیر رویدادهای مختلف بر دارایی های سبز را مورد بررسی قرار دادند.

¹ Sakuntala *et al.*

² Autoregressive Distributed Lag (ARDL)

³ Lin and Su

⁴ cross-quantilogram

⁵ Quantile ARDL

«وی» و همکاران^۱ (۲۰۲۳) با بررسی داده‌های روزانه برای بازه زمانی سپتامبر ۲۰۱۱ الی سپتامبر ۲۰۲۱ م. در ایالات متحده و با استفاده از الگوی رگرسیون چندکی مبتنی بر تبدیل موجک^۲ نشان دادند که شوک‌های نفتی در بیشتر چندک‌ها اثر مثبت بر بازار اوراق سبز دارد. اگرچه تغییرات قیمت نفت از طرف عرضه نقش اصلی را می‌کند. همچنین تغییرات بلندمدت تأثیر بیشتری نسبت به تغییرات کوتاه‌مدت بر ارتباط بین بازار نفت و اوراق سبز دارند. با این وجود، تحقیق آن‌ها رابطه‌ای میان بازار اوراق سبز و نفت در طی بحران پاندمی کرونا مشاهده نکرد.

«حنیف» و همکاران^۳ (۲۰۲۳) با داده‌های روزانه در سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۲۱ م. و با استفاده از الگوی پیوستگی و ارتباط موجک^۴ وابستگی بین شوک‌های نفتی و سهام سبز را بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد رابطه بین سهام سبز و بازار نفت در میان‌مدت و بلندمدت وابستگی بیشتری دارد. همچنین برخلاف مطالعه وی و همکاران (۲۰۲۳)، این تحقیق نشان می‌دهد سرریز^۵ آثار ریسک به بازار سهام در طی بحران‌هایی مانند رکود بزرگ، سقوط قیمت نفت و پاندمی کرونا بیشتر است.

«ژلنگ» و همکاران^۶ (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای با داده‌های روزانه در بازه زمانی نوامبر ۲۰۱۰ تا ژانویه ۲۰۲۳ م. و با استفاده از رویکرد «دیبولد» و «یلماز»^۷ و تکنیک «بارونیک» و «کرهلیک»^۸ اثر پاندمی کرونا و جنگ روسیه - اوکراین را بر شاخص‌های بازار سهام و اوراق سبز بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که آثار سرریز جنگ روسیه - اوکراین بر بازارهای سبز ناچیز است در حالی که پاندمی کرونا اثر قابل توجهی داشته است. نتایج این مطالعه نیز از نتایج حنیف و همکاران (۲۰۲۳) پیروی کرده و بر خلاف نتیجه مطالعه وی و همکاران (۲۰۲۳) است.

«دوگان» و همکاران^۹ (۲۰۲۳) با استفاده از سه الگوی آزمون نلپارامتری علیت گرنجری در چندک‌ها^{۱۰}، تخمین انسجام چندکی^{۱۱} و کوانتایل متقاطع و با داده‌های روزانه از ماه هشتم ۲۰۱۴ تا ماه دوم ۲۰۲۱ م. نشان دادند که سرریز نوسانات از بازار نفت به اوراق سبز در زمان بحران افزایش پیدا می‌کند. همچنین نتیجه تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد نااطمینانی سیاست‌های اقتصادی تأثیر متفاوتی در بازارها دارد و از اوراق سبز می‌توان به‌عنوان پناهگاهی^{۱۲} در دوران نااطمینانی استفاده کرد. اگرچه این مطالعه دوره‌های بحران را نیز مورد بررسی قرار می‌دهد، با این حال هم‌چنان اثر تفکیک‌شده نماگرهای نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی را بررسی نمی‌کند.

¹ Wei *et al.*

² wavelet-based quantile approaches

³ Hanif *et al.*

⁴ wavelet coherence and frequency connectedness techniques

⁵ spillover

⁶ Zhang *et al.*

⁷ Diebold and Yilmaz

⁸ Barunik and Krehlik

⁹ Doğan *et al.*

¹⁰ The nonparametric test of Granger-causality-in-quantiles

¹¹ The quantile coherency estimation method

¹² Hedge

وانگ و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای با داده‌های سالانه در بازه زمانی ۱۹۸۵ تا ۲۰۲۰ م. و با استفاده از الگوی خودرگرسیون برداری با وقفه توزیعی چندی نشان دادند که نااطمینانی مالی و ریسک ژئوپلیتیک اثر منفی بر سرمایه‌گذاری سبز دارند. در نقطه مقابل نوسانات قیمت نفت اثر مثبت بر سرمایه‌گذاری سبز دارد.

در برخی از مطالعات جدیدتر، نااطمینانی سیاست‌های اقلیمی نیز به تحلیل‌های مرتبط با اثر نااطمینانی بر دارایی‌های سبز اضافه شده است. «رن» و همکاران^۱ (۲۰۲۳) استفاده از آزمون گرنجر با ضرایب متغیر در زمان^۲ در بازه زمانی ۲۰۱۱ الی ۲۰۲۱ م. و با داده‌های ماهانه اثر نااطمینانی سیاست‌های اقلیمی بر بازار سنتی انرژی و بازار انرژی سبز را بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد زمانی که رویدادهای مهم اقلیمی و یا تغییرات جدی در سیاست‌های اقتصادی رخ دهد، رابطه علی بین نااطمینانی سیاست‌های اقلیمی و بازارهای انرژی قوی‌تر می‌شود. در این مطالعه اثر تغییرات قیمت در شاخص‌های مرتبط با تأمین مالی سبز مانند اوراق و سهام سبز بر نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی بررسی شده است و نتایج نشان می‌دهد رابطه علی از سوی بازار سهام سبز به نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی وجود دارد. این مطالعه، تنها ارتباط میان متغیرها در طی زمان را بررسی می‌کند و تصویری از انتقال شوک میان متغیرها در کوتاه‌مدت و بلندمدت ارائه نمی‌شود. همچنین، در این مطالعه نیز تنها به بررسی اثر نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی اکتفا شده است.

مطالعه «ییمینگ» و همکاران^۳ (۲۰۲۴) با استفاده از الگوی خودرگرسیون ناهم‌سان واریانس شرطی^۴ در بازه زمانی مارچ ۲۰۱۷ تا ژوئن ۲۰۲۲ م. و با داده‌های روزانه برای کشورهای E7 نشان دادند که مالی شدن قیمت نفت^۵ منجر به افزایش نوسانات در بازار سهام شده که این مسئله باعث انتشار بیشتر اوراق سبز شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد پاندمی کرونا یک جهش در انتشار اوراق سبز را به دنبال داشته است.

«فم» و همکاران^۶ (۲۰۲۴) با هدف بررسی اثر نااطمینانی سیاست‌های اقلیمی بر سرریز بازده میان دارایی‌های سبز آزمایشی را با الگوی ارتباط متغیرها در چندک‌ها^۷ برای داده‌های روزانه در بازه زمانی ژانویه ۲۰۱۱ تا آگوست ۲۰۲۲ م. اجرا کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد ارتباط میان دارایی‌ها سبز در سطوح بالاتر نااطمینانی سیاست‌های اقلیمی کاهش می‌یابد.

وانگ و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای با عنوان ارتباط پویای بین سرریز تأمین مالی سبز و نااطمینانی‌های سیاستی با استفاده از الگوی خودرگرسیون برداری چندی^۸ برای بازه زمانی ژانویه ۲۰۱۳ تا دسامبر ۲۰۲۲ م. با داده‌های ماهانه نشان دادند نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی نسبت به نااطمینانی در سیاست‌های اقلیمی تأثیر بیشتری بر نماگرهای تأمین مالی سبز در بازار سهام و اوراق دارد. در این مطالعه از رویکرد اتصال پویای^۹ دایبولد و ویلماز نیز استفاده شده است که اثرات متقابل متغیرها بر یکدیگر را بررسی کرده و آن‌ها را درون‌زا در نظر می‌گیرد. این مطالعه، یکی از نزدیک‌ترین مطالعات به پژوهش فعلی می‌باشد که ارتباط متغیرها در طی زمان را

¹ Ren *et al.*

² Time-varying Granger test

³ Yiming *et al.*

⁴ ARCH-LM

⁵ Financialization of oil price

⁶ Pham *et al.*

⁷ Quantile connectedness

⁸ QVAR

⁹ Connectedness approach

بررسی می‌کند. با این وجود، این مطالعه نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی را به نماگرهای آن (نااطمینانی در سیاست‌های پولی، مالی و تجاری) تقسیم نمی‌کند. همچنین، پژوهش وانگ و همکاران (۲۰۲۴) تنها اثرات جمعیتی متغیرها بر یکدیگر را مورد بررسی قرار می‌دهد و نتایج را به تفکیک اثرات هم‌زمان و باوقفه ارائه نمی‌دهد.

۲-۳. مطالعات داخلی

موضوع پژوهش حاضر، بحثی جدید در میان محققان به شمار می‌آید و در مطالعات داخلی موضوع مشابهی مبنی بر تأثیر انواع نااطمینانی بر سهام انرژی‌های تجدیدپذیر کار نشده است. با این حال می‌توان برخی از مطالعات مرتبط با نااطمینانی، انرژی و بازار سهام را مورد بررسی قرار داد.

«یزدانی» و «پیرپور» (۱۳۹۶) با داده‌های ماهانه در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ ه.ش. و با استفاده از روش خودرگرسیون اثر نوسان‌های نرخ ارز بر تامین مالی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران را بررسی می‌کنند. آن‌ها همچنین اثر این متغیر بر جریان ورودی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را با استفاده از روش داده‌های تابلویی و داده‌های ماهانه در بازه زمانی ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۴ ه.ش. بررسی می‌کنند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد متغیرهای ارزش دارایی‌های شرکت، شاخص قیمت سهام، شاخص آزادی اقتصادی، نرخ تورم و نوسان‌های نرخ ارز به‌عنوان تعیین‌کننده‌های تأمین مالی شرکت‌ها شناخته شدند. الگوی FDI در این مطالعه تابعی از متغیرهای رشد ارزش افزوده بخش، شاخص بهره‌وری سرمایه، نرخ تورم، شاخص آزادی اقتصادی و نوسان‌های نرخ ارز است که بر اساس نتایج، ضرایب این متغیرها، معنادار و علامت آن‌ها موافق با انتظارات نظری است. افزایش نوسان‌های نرخ ارز نیز به دلیل ایجاد ریسک‌های مختلف باعث کاهش جذب منابع مالی داخلی و خارجی می‌شود.

«امینیان» و همکاران (۱۳۹۷) با داده‌های ماهانه در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۶ ه.ش. و با استفاده از الگوی پنل کوانتایل^۱ نشان می‌دهد شوک‌های نفتی در دوران رکود شدید، رکود و عادی تأثیر منفی و معناداری بر بازده سهام صنایع دارد. با این حال، در شرایط رونق و پروتوتق تأثیر این شوک‌های نفتی معنادار نمی‌باشد. همچنین نااطمینانی سیاست‌های اقتصادی برای دوره رکود شدید تأثیر معناداری بر بازده سهام صنایع ندارد. اما نااطمینانی سیاست‌های اقتصادی برای دوره رکود، عادی، رونق و پروتوتق تأثیر منفی و معناداری بر بازده سهام صنایع دارد.

«میرشفیعی» و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه خود با عنوان نااطمینانی بازار سهام و تحلیل شوک سیاست پولی بر آن با داده‌های فصلی در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ ه.ش. و با استفاده از الگوی خودرگرسیون برداری ساختاری^۲ نشان می‌دهد که سیاست پولی اثری معنادار و مثبت بر نااطمینانی بازار سهام دارد. همچنین نااطمینانی اثر مثبت و معناداری بر سیاست پولی از طریق تغییرات حجم پول دارد.

«فراغت» و همکاران (۱۴۰۰) با داده‌های پنجاه شرکت برتر پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران و با استفاده از روش داده‌های تابلویی^۳ در بازه زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ ه.ش. نشان می‌دهد ضرایب نرخ بهره، نرخ رشد

¹ Quintile Panel

² Structural vector autoregression

³ Panel data

شاخص کل قیمت بازار و نرخ رشد اقتصادی معنی دار و علامت ضرایب آن ها موافق با انتظارات نظری است. همچنین ضریب نوسانات نرخ ارز در الگوی هزینه تأمین مالی مورد مطالعه، مثبت است که نشان دهنده اثر مستقیم این متغیر بر هزینه تأمین مالی است. افزایش نوسانات نرخ ارز باعث افزایش هزینه تأمین مالی شرکت های مورد بررسی و کاهش سرمایه گذاری در شرکت های مورد مطالعه می شود. با توجه به ادبیات نظری و نتایج به دست آمده در این مطالعه اثرات منفی و مثبت نرخ تورم بر تأمین مالی شرکت های مورد بررسی یکدیگر را خنثی و بی اثر می کنند زیرا ضریب متغیر نرخ تورم در الگوی برآورد شده از نظر آماری بی معنی است.

«روحانی راد» (۱۴۰۱) با استفاده از الگوی حداقل مربعات جزئی^۱ در مطالعه ای از نوع توصیفی روش پیمایشی با جامعه آماری ۱۹۸ نفر از کارکنان شرکت های خصوصی شیراز نشان می دهد که تأمین مالی سبز تأثیر مثبت و معناداری بر موفقیت مالی شرکت های خصوصی دارد.

«قادر مقدم» و همکاران (۱۴۰۱) با بررسی داده های سالانه در بازه زمانی ۱۳۶۰-۱۳۹۹ ه.ش. و با استفاده از الگوی گارچ^۲ نشان می دهد که ناطمینانی ناشی از تورم باعث کاهش معنی دار، اما اندک مصرف نفت و گاز می شود. همچنین در بلندمدت اثر ناطمینانی کاهش یافته و به سمت صفر میل می کند.

«دشتکی» و همکاران (۱۴۰۱) با نمونه ای مشتمل بر ۱۲۹ شرکت پذیرفته در بورس اوراق بهادار طی بازه زمانی ده ساله ۱۳۹۱-۱۴۰۰ ه.ش. و با استفاده از الگوی گارچ و رگرسیون چندگانه نشان می دهد که تغییرات ناطمینانی در سیاست های اقتصادی بر هزینه بدهی شرکت ها تأثیر منفی و معنادار دارد، در حالی که نوسانات ناطمینانی آن منجر به افزایش هزینه بدهی می شود.

با مرور مطالعات پیشین می توان گفت که اگرچه در برخی از این مطالعات از روش هایی استفاده شده است که ارتباط دوطرفه میان متغیرها را بررسی می کند، با این حال، تمرکز بر اثر ناطمینانی بر روی دارایی های سبز به صورت کلی بوده است. در حالی که در این تحقیق تمرکز اصلی بر اثر ناطمینانی سیاستی بر روی بازده سهام سبز است. در واقع، بررسی پیشینه تحقیق نشان می دهد با وجود این که اوراق سبز در بسیاری از مطالعات مورد استفاده قرار گرفته، توجه کمتری به بازار سهام شده است. همچنین، مطالعات فوق به دلیل محدودیت های موجود در روش مورد استفاده در برآورد نتایج، تنها اثرات تجمعی را مورد بررسی قرار می دهد. در حالی که سیاست های اقتصاد کلان علاوه بر تأثیرات کوتاه مدت، اثرات بلندمدت نیز دارند که تفکیک این دو اثر در مطالعات حاضر لحاظ نشده است. در این پژوهش، با استفاده از الگوی خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در زمان لحظه ای و با وقفه، ارتباط هم زمان و با وقفه متغیرها با یکدیگر را به تفکیک بررسی می کند. بدین ترتیب، این مطالعه خلأ ذکر شده موجود در پیشینه تحقیق را پوشش می دهد.

¹ Partial Least Squares

² GARCH

۴. تصریح الگو و معرفی متغیرهای تحقیق

۴-۱. بررسی داده‌ها

این مطالعه از شاخص انرژی سبز وایلد هیل^۱ استفاده می‌کند که به‌طور خاص عملکرد شرکت‌های فعال در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر در بازار سهام ایالات متحده را اندازه‌گیری می‌کند. این کشور یکی از بزرگترین تولیدکنندگان گازهای گلخانه‌ای است. همچنین کشور پیش‌تاز در زمینه بازارهای مالی سبز می‌باشد. با توجه به این که بحث دارایی‌های سبز بحث جدیدی است و مطالعه دقیق در این مورد نیاز به داده‌های معتبر با تعداد مناسب دارد، این کشور به‌عنوان قلمرو مکانی مورد مطالعه انتخاب شده است. همچنین، شاخص سهام سبز مورد استفاده در این پژوهش، در بسیاری از مطالعات به‌عنوان نمایی از عملکرد سهام سبز مورد استفاده قرار گرفته است (حنیف و همکاران، ۲۰۲۳؛ فم و همکاران، ۲۰۲۴). داده‌های مرتبط با این نماد از بخش مالی گوگل تهیه شده است. برای نشان دادن نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی دولت، از شاخص‌های معرفی شده توسط بیکر و همکاران (۲۰۱۶) استفاده می‌شود. در این یادداشت، نماگرهای نااطمینانی در سیاست‌های مالی، نااطمینانی در سیاست‌های پولی و نااطمینانی در سیاست‌های تجاری مورد استفاده قرار گرفته است که زیرگروه‌هایی از نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی دولت هستند.

داده‌های نااطمینانی به‌صورت ماهانه در وبسایت policyuncertainty منتشر می‌شود. علاوه بر این، شاخص نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی که به تازگی توسط گاوریلیدیس (۲۰۲۱) معرفی شده در مدل به کار گرفته شده است. داده‌های این شاخص نیز به‌صورت ماهانه از وبسایت policyuncertainty قابل دریافت است. به‌طور کلی، تواتر داده‌های این پژوهش به‌صورت ماهانه و بازه زمانی آن از ژوئن ۲۰۰۷ تا ژوئن ۲۰۲۴ م. می‌باشد. علاوه بر این، کشور مورد مطالعه ایالات متحده است که یکی از بزرگترین بازارها برای انرژی‌های تجدیدپذیر را دارد (IEA, 2024). از سوی دیگر، از آنجایی که بحث سهام سبز بسیار جدید است، داده‌های بسیار کمی در مورد آن موجود می‌باشد. بنابراین، نیاز است تا کشوری مورد مطالعه قرار بگیرد که حداقل تعداد مشاهدات در آن وجود داشته باشد. بازه زمانی پژوهش، رویدادهای بسیار مهمی مانند بحران مالی سال ۲۰۰۸ م، خروج ایالات متحده از توافق پاریس، جنگ تجاری چین و آمریکا، کووید ۱۹ و جنگ روسیه و اوکراین را شامل می‌شود.

جدول ۱ آمار توصیفی و آزمون پایایی متغیرها را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول مشخص است، بیش‌ترین میانگین مربوط به نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی و کم‌ترین میانگین مربوط به بازده سهام سبز است. همچنین، بیش‌ترین واریانس مربوط به نااطمینانی در سیاست‌های تجاری و کم‌ترین واریانس مربوط به بازده سهام سبز است. بیش‌ترین و کم‌ترین چولگی نیز به ترتیب به متغیرهای نااطمینانی در سیاست‌های تجاری و نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی مربوط می‌شود. بیش‌ترین و کم‌ترین کشیدگی نیز نتایجی مانند چولگی دارد. در این بین، تنها نااطمینانی در سیاست‌های تجاری توزیع لپتوکورتیک^۲ دارد. علاوه بر این، توزیع تمام داده‌ها نرمال می‌باشد و هر سه آزمون مانایی بیانگر پایا بودن متغیرها در سطح ۱ درصد است.

¹ WilderHill Clean Energy Index

² Leptokurtic

جدول ۱: آمار توصیفی و آزمون پایایی

Tab. 1: Descriptive statistics and unit root tests

	WH	MPU	FPU	TPU	CPU
Mean	-0.322	91.405***	126.717***	140.692***	143.015***
Variance	80.514	3148.941	5480.726	56785.127	4572.158
Skewness	-0.110	1.215***	1.597***	3.882***	0.979***
Ex.Kurtosis	1.130***	1.610***	2.658***	19.766***	0.686*
JB	11.324***	72.567***	147.535***	3851.990***	36.752***
ERS	-3.803***	-2.810***	-2.705***	-2.515***	-2.630***
ADF	-10.470***	-5.118***	-4.954***	-3.290**	-3.873***
Ph-P	-10.470***	-7.440***	-4.954***	-5.722***	-5.725***

نکته: ***, **, * نشان دهنده معنی داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و ۱۰ درصد می باشند. برای چولگی از آزمون آگوستینو^۱ (۱۹۷۰)، برای کشیدگی از آزمون آنسکومب و گلین^۲ (۱۹۸۳)، برای نرمال بودن از آزمون ژارگ و برا^۳ (۱۹۸۰)، برای مانایی از سه آزمون البوت و همکاران^۴ (۱۹۹۶)، دیکي فولر تعمیم یافته و فیلپس پرون استفاده شده است که به ترتیب با نمادهای ERS، ADF و Ph-P نشان داده می شوند.

منبع: یافته های تحقیق

جدول ۲ همبستگی میان متغیرها را نشان می دهد. بیش ترین میزان همبستگی مربوط به متغیرهای ناطمینانی در سیاست های مالی و ناطمینانی در سیاست های پولی است. پس از آن، ناطمینانی در سیاست های تجاری و ناطمینانی در سیاست های زیست محیطی بیش ترین همبستگی با یکدیگر را دارند. همچنین، کم ترین همبستگی مربوط به متغیرهای ناطمینانی در سیاست های پولی و بازده سهام سبز است. علاوه بر این، هیچ گونه همبستگی میان بازده سهام سبز با ناطمینانی در سیاست های مالی، ناطمینانی در سیاست های تجاری و ناطمینانی در سیاست های زیست محیطی مشاهده نشد. همچنین، هیچ همبستگی معنی داری میان ناطمینانی سیاست های پولی و ناطمینانی سیاست های تجاری وجود ندارد.

جدول ۲: همبستگی میان متغیرها

Tab. 2: Correlation between variables

kendall	WH	MPU	FPU	TPU	CPU
WH	1.000***	-0.093**	0.009	0.090	0.044
MPU	-0.093**	1.000***	0.312***	0.071	0.256***
FPU	0.009	0.312***	1.000***	0.151***	0.217***
TPU	0.090	0.071	0.151***	1.000***	0.259***
CPU	0.044	0.256***	0.217***	0.259***	1.000***

منبع: یافته های تحقیق

¹ D'Agostino

² Anscombe and Glynn

³ Jarque and Bera

⁴ Elliott et al

جدول ۳ نتایج آزمون‌های هنان کوئین و آکائیک برای تعیین وقفه بهینه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول مشخص است، وقفه بهینه برابر با ۲ می‌باشد.

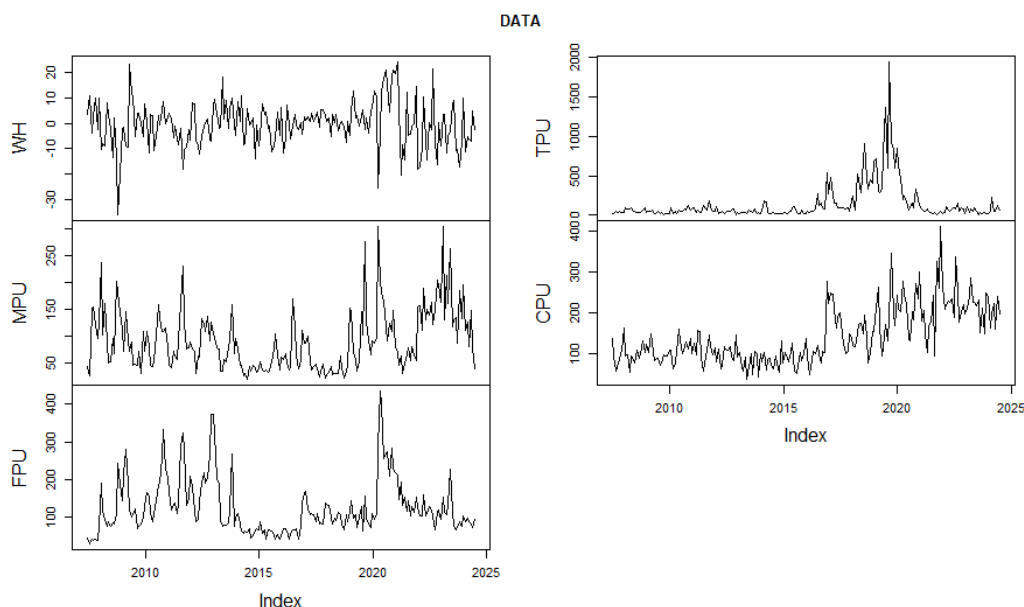
جدول ۳: خروجی نتایج آزمون‌ها برای تعیین وقفه بهینه

Tab. 3: Results of the lag order selection criteria

Lag	AIC	HQIC
0	54.065	54.0982
1	51.1892	51.3887
2	50.8378*	51.2036*
3	50.9728	51.5048
4	51.0465	51.7448

منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار ۱ داده‌های مورد استفاده در پژوهش را به تصویر می‌کشد. داده‌ها نشان می‌دهد بازده سهام سبز در زمان بحران مالی در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ م. نوسانات بسیار زیادی را تجربه کرده است. همچنین، این نوسانات در رویدادهایی مانند کووید ۱۹ و جنگ روسیه و اوکراین شدت گرفته است. علاوه بر این، تمامی متغیرهای نااطمینانی به جز نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی بیش‌ترین سطح خود را در زمان کووید ۱۹ تجربه می‌کنند. بیش‌ترین میزان نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی مربوط به بازه‌زمانی مرتبط با جنگ روسیه و اوکراین است. همچنین، جنگ روسیه و اوکراین باعث ایجاد یک شوک در نااطمینانی در سیاست‌های پولی شده است. شدت شوک‌های وارد شده از سوی نااطمینانی‌ها در دو رویداد همه‌گیری و جنگ روسیه و اوکراین، نشان از اهمیت بالای این رویدادها دارد.



نمودار ۱: داده‌های مورد استفاده (منبع: یافته‌های تحقیق).

Graph. 1: Data trends

۴-۲. تصریح الگو

با توجه به این که ضرایب متغیرها در طول زمان متغیر هستند و ارتباط متقابل آن‌ها با یکدیگر در اثر شرایط مختلف تغییر می‌کند، باید از الگوهای ارتباط پویا استفاده کرد. در این بین، رویکرد **بالی و همکاران (۲۰۲۳)** با بررسی هم‌زمان و با وقفه ارتباط متغیرها با یکدیگر خلأ موجود در روش‌های پیشین (مانند TVP-VAR و انواع آن، Quantile frequency connectedness approach و Generalized connectedness approach) را که تنها بر ارتباط پویای هم‌زمان بین متغیرها تمرکز داشتند، برطرف می‌کند. بنابراین در این پژوهش از رویکرد الگوی خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در زمان باوقفه و هم‌زمان استفاده شده است.

این رویکرد با معرفی یک مدل VAR(p) شروع می‌شود که اثرات هم‌زمان را بررسی می‌کند.

$$y_t = \sum_{i=0}^p B_i y_{t-i} + u_t \quad u_t \sim N(0, \Sigma) \quad (1)$$

در معادله فوق، y_t ، y_{t-1} و u_t بردارهای $K \times 1$ بعدی در زمان t هستند. B_i و Σ ماتریس‌های $K \times K$ بعدی هستند در زمانی که $\text{diag}(B_0) = 0$ است، بنابراین متغیر سمت چپ از متغیرهای سمت راست برداشته می‌شوند.

به‌طور جای‌گزین، مدل معرفی‌شده را می‌توان به‌صورت $y_{k,t} = b_k x_t + u_{k,t}$ شرح داد که در آن $x_t = [y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-i}, \dots, y_{t-p}]$ یک بردار $K(p+1) \times 1$ بعدی و b_k یک بردار $1 \times K(p+1)$ بعدی می‌باشد که درایه k ام آن صفر است.

به‌طور کلی، در صورتی که متغیرهای سمت راست معادله با یکدیگر هم‌بستگی نداشته باشند، مجموع مشارکت‌های R^2 که با رگرسیون دو متغیره محاسبه می‌شود، با R^2 رگرسیون چندمتغیره برابر خواهد شد. بنابراین لازم است تا تبدیلی صورت بگیرد تا سری $x_{k,t}$ را به یک سری متعام تبدیل کند. این‌را می‌توان از طریق تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۱ به دست آورد، که در آن تعداد عوامل پنهان^۲ با تعداد متغیرهای سمت راست مطابقت دارد. بنابراین R^2 تجزیه‌شده برای یک رگرسیون چندمتغیره را می‌توان به‌صورت زیر محاسبه کرد:

$$R_{xx} = V \Lambda V' = C C' \quad (2)$$

$$C = V \Lambda^{1/2} V' \quad (3)$$

$$R^{2,d} = C^2 (C^{-1} R_{yx})^2 \quad (4)$$

که در معادلات فوق، $\Lambda = \text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_{K(p+1)-1})$ و R_{xx} نشان‌دهنده بردار ویژه^۳، مقدار ویژه^۴، و ماتریس هم‌بستگی پیرسون^۵ است. همچنین R_{yx} و $R^{2,d}$ به ترتیب بردارهای $[K(p+1) \times 1]$ بعدی پیرسون و مشارکت R^2 را نشان می‌دهد. برای توضیح بیشتر، R_{xx} به ضرایب هم‌بستگی پیرسون میان متغیرهای سمت راست معادله و R_{yx} به ضرایب هم‌بستگی پیرسون میان متغیرهای سمت راست و چپ معادله اشاره دارد.

¹ principal component analysis

² latent factors

³ eigenvector

⁴ eigenvalue

⁵ Pearson correlation matrices

نخستین $K - 1$ مقادیر $R^{2,d}$ میزان مشارکت همزمان R^2 را نشان می‌دهند در حالی که سایرین اثرات با وقفه را بررسی می‌کنند. متعاقباً، $R^{2,d}$ با رگرسیون چندمتغیره R^2 برابر است. در مرحله بعد، تمام مشارکتهای $R^{2,d}$ برای به دست آمدن ماتریس تجزیه شده آن جمع می‌شود $[R_0^{2,d}; \dots; R_1^{2,d}; \dots; R_p^{2,d}]$. $R_0^{2,d}$ می‌تواند به عنوان سرریزهای همزمان ($R_C^{2,d}$) معرفی شود در حالی که مجموع مقادیر باوقفه $(R_L^{2,d} = R_1^{2,d} + \dots + R_i^{2,d} + \dots + R_p^{2,d})$ ، سرریزهای باوقفه را نمایش می‌دهند.

با توجه به رویکرد دایبولد و ییلماز (۲۰۱۲) و دایبولد و ییلماز (۲۰۱۴)، $(R_C^{2,d})$ و $(R_L^{2,d})$ جای‌گزین ماتریس تجزیه واریانس خطای پیش‌بینی تعمیم‌یافته شده است.^۱ این نشان می‌دهد شاخص ارتباط کل^۲ برابر است با:

$$TCI = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K R_k^2 \quad (5)$$

روش بالی و همکاران این اجازه را می‌دهد تا ارتباط همزمان و با وقفه بررسی شوند.

$$TCI = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K R_k^2 \quad (6)$$

$$= \left(\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^K R_{C,k,j}^{2,d} \right) + \left(\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^K R_{L,k,j}^{2,d} \right) \quad (7)$$

$$= TCI^C + TCI^L \quad (8)$$

که در معادلات فوق TCI^C ارتباط همزمان و TCI^L ارتباط با وقفه است.

در نهایت مفهوم فوق را می‌توان برای اثرگذاری و اثرپذیری متغیرها و خالص ارتباط میان آن‌ها اعمال کرد.

$$TO_j = \sum_{k=1}^K R_{C,k,j}^{2,d} + \sum_{k=1}^K R_{L,k,j}^{2,d} \quad (9)$$

$$= TO_j^C + TO_j^L \quad (10)$$

$$FROM_j = \sum_{k=1}^K R_{C,j,k}^{2,d} + \sum_{k=1}^K R_{L,j,k}^{2,d} \quad (11)$$

$$= FROM_j^C + FROM_j^L \quad (12)$$

$$NET_j^C = TO_j^C - FROM_j^C \quad (13)$$

$$NET_j^L = TO_j^L - FROM_j^L \quad (14)$$

$$NET_j = NET_j^C + NET_j^L \quad (15)$$

در معادلات فوق، ارتباط کل جهت‌دار TO_j (TO_j^C/TO_j^L) نشان می‌دهد که چه میزان از تغییرات واریانس (همزمان و با وقفه) متغیرهای سمت چپ معادله توسط سری j توضیح داده می‌شوند. همچنین ارتباط کل جهت‌دار $FROM_j$ ($FROM_j^C/FROM_j^L$) نشان می‌دهد که متغیرهای سمت راست به چه میزان تغییرات کلی (همزمان و با وقفه) واریانس در سری j را توضیح می‌دهند. در صورتی که $NET_j > 0$ ($NET_j < 0$) باشد،

¹ Generalized Forecast Error Variance Decomposition

² TCI

سری J یک انتقال دهنده (دریافت کننده) شوک در نظر گرفته می شود. بدین ترتیب می توان ارتباط (در حالت کلی، هم زمان، با وقفه) متغیرها با یکدیگر را تفسیر کرد.

۱. برآورد الگو و نتایج

نتایج مربوط به ارتباط کل میان متغیرها (جمع اثرات هم زمان و باوقفه) در جدول ۴ ارائه شده است. هم چنین، نتایج ارتباط هم زمان در جدول ۵ و نتایج با وقفه در جدول ۶ نمایش داده شده است. به طور کلی، نتایج نشان می دهد که ارتباط میان متغیرها در شبکه ۴۳۶۶ درصد است. تفکیک نتایج نشان می دهد که ارتباط هم زمان میان متغیرها ۲۱.۹۱ درصد و ارتباط باوقفه ۲۱.۷۵ درصد می باشد. نزدیک بودن ارتباط هم زمان و باوقفه میان متغیرها نشان از اهمیت بالای اثرگذاری متغیرها بر یکدیگر در کوتاه مدت و بلندمدت دارد.

بررسی ارتباط خالص (تفاضل میان TO و FROM) میان متغیرها نشان می دهد که اثرات سرریز باوقفه برای تمام متغیرها به جز نااطمینانی در سیاست های پولی بیشتر از اثرات هم زمان آن است. این مسئله نشان می دهد که اثرات سرریز هر متغیر بر سایر متغیرها در گذشت زمان بیشتر از اثرات هم زمان آن است. هم چنین، بررسی اثرات سرریز نشان می دهد که بازده سهام سبز اصلی ترین دریافت کننده شوک در شبکه است و نااطمینانی در سیاست های مالی اصلی نقش را در انتقال شوک به سایر متغیرها ایفا می کند.

بررسی اثرپذیری (FROM) بازده سهام سبز از سایر متغیرهای موجود در شبکه نشان می دهد که نااطمینانی در سیاست های مالی دولت بیش ترین اثرگذاری بر بازده سهام سبز را دارد. پس از آن، بیش ترین تأثیرپذیری بازده سهام سبز از نااطمینانی در سیاست های پولی و نااطمینانی در سیاست های تجاری است. علاوه بر این، بازده سهام سبز کم ترین اثرپذیری را از نااطمینانی در سیاست های زیست محیطی دارد.

نتیجه مطالعه وانگ و همکاران (۲۰۲۴) نیز نشان می دهد نااطمینانی در سیاست های پولی و نااطمینانی در سیاست های اقتصادی (که نماگرهای ذکر شده بخشی از آن هستند) ارتباط قوی تری با سهام سبز نسبت به نااطمینانی در سیاست های زیست محیطی دارد. با این وجود، الگوی استفاده شده در مطالعه وانگ و همکاران (۲۰۲۴) تنها اثرات تجمعی را ارائه می دهد و آن را در دو حالت اثرات هم زمان و با وقفه بررسی نمی کند.

بررسی اثرگذاری (TO) بازده سهام سبز در شبکه نشان می دهد که به طور کلی، بازده سهام سبز بیش ترین اثرگذاری را بر نااطمینانی در سیاست های پولی دارد. پس از آن، بیش ترین اثرگذاری سهام سبز بر روی نااطمینانی در سیاست های زیست محیطی است. هم چنین، بازده سهام سبز کم ترین اثرگذاری را بر نااطمینانی در سیاست های تجاری دارد.

در میان ارتباط نااطمینانی ها با یکدیگر، نااطمینانی در سیاست های پولی بیش ترین اثرگذاری را بر نااطمینانی در سیاست های مالی دارد. علاوه بر این، کم ترین اثرگذاری این متغیر بر روی نااطمینانی در سیاست های زیست محیطی است. هم چنین، بیش ترین تأثیرپذیری متغیر مورد بحث از نااطمینانی در سیاست های مالی می باشد و کم ترین اثرپذیری را از نااطمینانی در سیاست های زیست محیطی دارد.

پس از آن، نااطمینانی در سیاست های مالی بیش ترین اثرگذاری را ابتدا بر روی خودش دارد که مربوط به اثرات باوقفه آن است و پس از آن بیش ترین اثرگذاری این متغیر بر روی نااطمینانی در سیاست های پولی

می‌باشد. علاوه بر این، کم‌ترین اثرگذاری متغیر مورد بحث بر روی نااطمینانی در سیاست‌های تجاری است. هم‌چنین، این متغیر بیشترین اثرپذیری را از خودش و کم‌ترین اثرپذیری را از نااطمینانی در سیاست‌های تجاری دارد.

همانند متغیر پیشین، نااطمینانی در سیاست‌های تجاری بیشترین اثرگذاری را بر روی خودش دارد که مربوط به اثرات با وقفه است و کم‌ترین اثرگذاری آن بر روی نااطمینانی در سیاست‌های زیست محیطی بوده است. هم‌چنین، بیشترین اثرپذیری این متغیر از خودش و کم‌ترین اثرپذیری آن از نااطمینانی در سیاست‌های زیست محیطی می‌باشد.

«گاباثر» و «گوپتا»^۱ (۲۰۱۸) نیز در مطالعه خود به بررسی ارتباط میان نماگرهای نااطمینانی سیاستی با یکدیگر پرداختند که به جز بخش نااطمینانی در سیاست‌های پولی، در مورد سایر متغیرهایی که تاکنون بحث شد، نتایجی مشابه با پژوهش حاضر دارد. علاوه بر این، نتایج نشان می‌دهد نااطمینانی در سیاست‌های زیست محیطی به عنوان دریافت کننده اصلی شوک در شبکه در میان نااطمینانی‌ها، بیشترین اثرگذاری را بر روی نااطمینانی در سیاست‌های مالی دارد و کم‌ترین اثرگذاری آن بر روی نااطمینانی در سیاست‌های پولی است. هم‌چنین، این متغیر بیشترین اثرپذیری را از نااطمینانی در سیاست‌های مالی و کم‌ترین اثرپذیری را از نااطمینانی در سیاست‌های پولی دارد. در مطالعه ذکر شده، از الگوی TVP-VAR استفاده شده است. در این الگو نتایج تنها در قالب اثر تجمعی متغیرها بر روی یکدیگر نشان داده می‌شود و ارتباط متغیرها به یکدیگر به دو بخش اثرات هم‌زمان و با وقفه تفکیک نمی‌شود.

جدول ۴: ارتباط کل میان متغیرها

Tab. 4: Total connectedness

	WH	MPU	FPU	TPU	CPU	FROM
WH	5.33	9.49	11.53	7.34	6.65	35.00
MPU	9.36	17.97	26.03	10.44	5.40	51.24
FPU	4.78	25.35	27.79	11.09	11.38	52.60
TPU	4.35	13.71	11.76	22.15	10.14	39.97
CPU	6.72	7.97	14.63	10.18	9.13	39.50
TO	25.22	56.53	63.95	39.04	33.57	218.31
Inc.Own	30.55	74.50	91.74	61.19	42.69	cTCI/TCI
NET	-9.78	5.29	11.35	-0.93	-5.93	54.58/43.66
NPT	1.00	3.00	4.00	2.00	0.00	

منبع: یافته‌های تحقیق

در ادامه، اثرات تجمعی به دو بخش اثرات هم‌زمان و باوقفه تقسیم می‌شود که تاکنون در مطالعات مختلف که از الگوهای ارتباط پویا مشابه استفاده کرده‌اند مورد بررسی قرار نگرفته است.

¹ Gabauer and Gupta, 2018

بررسی ارتباط همزمان نشان می‌دهد همانند اثرات تجمیعی، ناطمینانی در سیاست‌های مالی اصلی‌ترین نقش را در انتقال شوک به سایر متغیرهای شبکه دارد و سهام سبز اصلی‌ترین دریافت‌کننده شوک است. علاوه بر این، ناطمینانی در سیاست‌های تجاری کم‌ترین آثار سرریز در شبکه را دارد.

بررسی اثرپذیری (FROM) بازده سهام سبز از سایر متغیرهای موجود در شبکه نشان می‌دهد که ناطمینانی در سیاست‌های پولی دولت بیش‌ترین اثرگذاری بر بازده سهام سبز را دارد. پس از آن، بیش‌ترین اثرگذاری ناطمینانی‌ها بر بازده سهام سبز مربوط به ناطمینانی در سیاست‌های مالی و ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی است. علاوه بر این، بازده سهام سبز کم‌ترین اثرپذیری را از ناطمینانی در سیاست‌های تجاری دارد. بررسی اثرگذاری بازده سهام سبز (TO) در شبکه نشان می‌دهد که به‌طور کلی، بازده سهام سبز بیش‌ترین اثرگذاری را بر ناطمینانی در سیاست‌های پولی دارد. پس از آن، بیش‌ترین اثرگذاری سهام سبز بر روی ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی است. همچنین، بازده سهام سبز کم‌ترین اثرگذاری را بر ناطمینانی در سیاست‌های تجاری دارد.

در میان ارتباط ناطمینانی‌ها با یکدیگر، ناطمینانی در سیاست‌های پولی بیش‌ترین اثرگذاری را بر ناطمینانی در سیاست‌های مالی دارد. علاوه بر این، کم‌ترین اثرگذاری این متغیر بر روی ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی است. همچنین، متغیر مورد بحث بیش‌ترین اثرپذیری را از ناطمینانی در سیاست‌های مالی و کم‌ترین اثرپذیری را از ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی دارد.

پس از آن، ناطمینانی در سیاست‌های مالی بیش‌ترین اثرگذاری را بر ناطمینانی در سیاست‌های پولی دارد و کم‌ترین اثرگذاری آن بر روی ناطمینانی در سیاست‌های تجاری است. همچنین، این متغیر بیش‌ترین اثرپذیری را از ناطمینانی در سیاست‌های پولی و کم‌ترین اثرپذیری را از ناطمینانی در سیاست‌های تجاری دارد.

همانند متغیر پیشین، ناطمینانی در سیاست‌های تجاری بیش‌ترین اثرگذاری را بر روی ناطمینانی در سیاست‌های پولی دارد و کم‌ترین اثرگذاری آن بر روی ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی بوده است. همچنین، بیش‌ترین اثرپذیری این متغیر از ناطمینانی در سیاست‌های پولی و کم‌ترین اثرپذیری آن از ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی است.

علاوه بر این، نتایج نشان می‌دهد ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی به‌عنوان دریافت‌کننده اصلی شوک در شبکه در میان ناطمینانی‌ها، بیش‌ترین اثرگذاری را بر روی ناطمینانی در سیاست‌های مالی دارد و کم‌ترین اثرگذاری آن بر روی ناطمینانی در سیاست‌های پولی است. همچنین، این متغیر بیش‌ترین اثرپذیری را از ناطمینانی در سیاست‌های مالی و کم‌ترین اثرپذیری را از ناطمینانی در سیاست‌های پولی دارد.

جدول ۵: ارتباط همزمان میان متغیرها

Tab. 3: Contemporaneous connectedness

	WH	MPU	FPU	TPU	CPU	FROM
WH	0.00	4.98	2.69	1.99	2.60	12.26
MPU	3.92	0.00	17.67	6.74	3.34	31.68

FPU	1.98	15.65	0.00	5.37	6.20	29.20
TPU	1.56	6.51	5.79	0.00	4.57	18.43
CPU	2.50	3.31	7.51	4.70	0.00	18.01
TO	9.97	30.44	33.66	18.79	16.71	109.57
Inc.Own	9.97	30.44	33.66	18.79	16.71	cTCI/TCI
NET	2.29	-1.23	4.46	0.36	-1.30	27.39/21.91
NPT	0.00	1.00	4.00	3.00	2.00	

منبع: یافته‌های تحقیق

بررسی ارتباط باوقفه شواهد جدیدی را ارائه می‌دهد. نتایج ارتباط باوقفه میان متغیرهای الگو در جدول ۶ ارائه شده است. بر اساس این نتایج، نااطمینانی در سیاست‌های مالی اصلی‌ترین نقش را در انتقال شوک به سایر متغیرهای شبکه دارد و سهام سبز اصلی‌ترین دریافت‌کننده شوک است. با این وجود، نتایج نشان می‌دهد انتقال شوک سیاست‌های مالی در اثرات باوقفه بیشتر از اثرات هم‌زمان آن است و سهام سبز نیز شوک بیشتری را در حالت باوقفه نسبت به حالت هم‌زمان دریافت می‌کند.

علاوه بر این، نااطمینانی در سیاست‌های تجاری کم‌ترین آثار سرریز در شبکه را دارد. در حالی که این متغیر در حالت هم‌زمان انتقال‌دهنده شوک است، در حالت باوقفه به دریافت‌کننده شوک تبدیل می‌شود. همچنین، نتایج نشان می‌دهد نااطمینانی در سیاست‌های پولی نیز از دریافت‌کننده شوک در حالت هم‌زمان به انتقال‌دهنده شوک در حالت باوقفه تبدیل می‌شود. در آخر، میزان دریافت شوک نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی در حالت باوقفه بیشتر از حالت هم‌زمان است.

بررسی اثرپذیری (FROM) بازده سهام سبز از سایر متغیرهای موجود در شبکه نشان می‌دهد که نااطمینانی در سیاست‌های مالی دولت بیش‌ترین اثرگذاری بر بازده سهام سبز را دارد. این در حالی است که در حالت هم‌زمان، نااطمینانی در سیاست‌های پولی بیش‌ترین اثرگذاری بر بازده سهام سبز را دارد. پس از آن، بیش‌ترین اثرگذاری نااطمینانی‌ها بر بازده سهام سبز مربوط به نااطمینانی در سیاست‌های تجاری و نااطمینانی در سیاست‌های پولی است.

علاوه بر این، بازده سهام سبز کم‌ترین اثرپذیری را از نااطمینانی در سیاست‌های تجاری دارد. بررسی اثرگذاری بازده سهام سبز (TO) در شبکه نشان می‌دهد که به‌طور کلی، بازده سهام سبز بیش‌ترین اثرگذاری را بر نااطمینانی در سیاست‌های پولی دارد. پس از آن، بیش‌ترین اثرگذاری سهام سبز بر روی نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی است. همچنین، بازده سهام سبز کم‌ترین اثرگذاری را بر نااطمینانی در سیاست‌های تجاری دارد. میزان این اثرگذاری بازده سهام سبز بر روی تمام متغیرهای مذکور در حالت باوقفه بیشتر از حالت هم‌زمان است.

در میان ارتباط نااطمینانی‌ها با یکدیگر، نااطمینانی در سیاست‌های پولی بیش‌ترین اثرگذاری را ابتدا بر روی خودش و پس از آن بر نااطمینانی در سیاست‌های مالی دارد. علاوه بر این، کم‌ترین اثرگذاری این متغیر

بر روی ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی است. اثرگذاری این متغیر بر روی ناطمینانی در سیاست‌های مالی در حالت هم‌زمان بیشتر از باوقفه است و اثرگذاری آن بر روی ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی در حالت باوقفه بیشتر از هم‌زمان است. همچنین، بیش‌ترین تأثیرپذیری متغیر مورد بحث ابتدا از خودش و سپس از ناطمینانی در سیاست‌های مالی است و کم‌ترین اثرپذیری را از ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی دارد. اثرپذیری این متغیر از ناطمینانی در سیاست‌های مالی و ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی در حالت هم‌زمان بیشتر از باوقفه است.

پس از آن، ناطمینانی در سیاست‌های مالی بیش‌ترین اثرگذاری را ابتدا بر خودش و سپس بر ناطمینانی بر سیاست‌های پولی دارد که این اثرگذاری در حالت هم‌زمان بیشتر از باوقفه است و کم‌ترین اثرگذاری آن بر روی ناطمینانی در سیاست‌های تجاری است که این اثرگذاری در حالت باوقفه بیشتر از هم‌زمان است. همچنین، بیش‌ترین اثرپذیری این متغیر ابتدا از خودش و سپس از ناطمینانی در سیاست‌های پولی و کم‌ترین اثرپذیری آن از ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی است که این اثرپذیری برای تمام متغیرهای مذکور در حالت هم‌زمان بیشتر از باوقفه است.

نااطمینانی در سیاست‌های تجاری بیش‌ترین اثرگذاری را ابتدا بر روی خودش و سپس بر روی ناطمینانی در سیاست‌های مالی دارد که در حالت باوقفه بیشتر از هم‌زمان است و کم‌ترین اثرگذاری آن بر روی ناطمینانی در سیاست‌های پولی بوده است که در حالت هم‌زمان بیشتر از باوقفه می‌باشد. همچنین، بیش‌ترین اثرپذیری این متغیر ابتدا از خودش و سپس از ناطمینانی در سیاست‌های پولی و کم‌ترین اثرپذیری آن از ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی می‌باشد. این اثرپذیری برای تمام متغیرهای مذکور در حالت باوقفه بیشتر از هم‌زمان است.

علاوه بر این، نتایج نشان می‌دهد ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی به‌عنوان دریافت‌کننده اصلی شوک در شبکه در میان ناطمینانی‌ها، بیش‌ترین اثرگذاری را ابتدا بر روی خودش و سپس بر روی ناطمینانی در سیاست‌های تجاری دارد و کم‌ترین اثرگذاری آن بر روی ناطمینانی در سیاست‌های پولی می‌باشد. این اثرگذاری برای تمام متغیرهای مذکور در حالت باوقفه بیشتر از هم‌زمان است همچنین، بیش‌ترین اثرپذیری این متغیر پس از خودش از ناطمینانی در سیاست‌های مالی است که در حالت باوقفه کمتر از هم‌زمان است و کم‌ترین اثرپذیری را از ناطمینانی در سیاست‌های پولی دارد که در حالت باوقفه بیشتر از هم‌زمان است.

جدول ۶: ارتباط با وقفه میان متغیرها

Tab. 6: Lagged connectedness

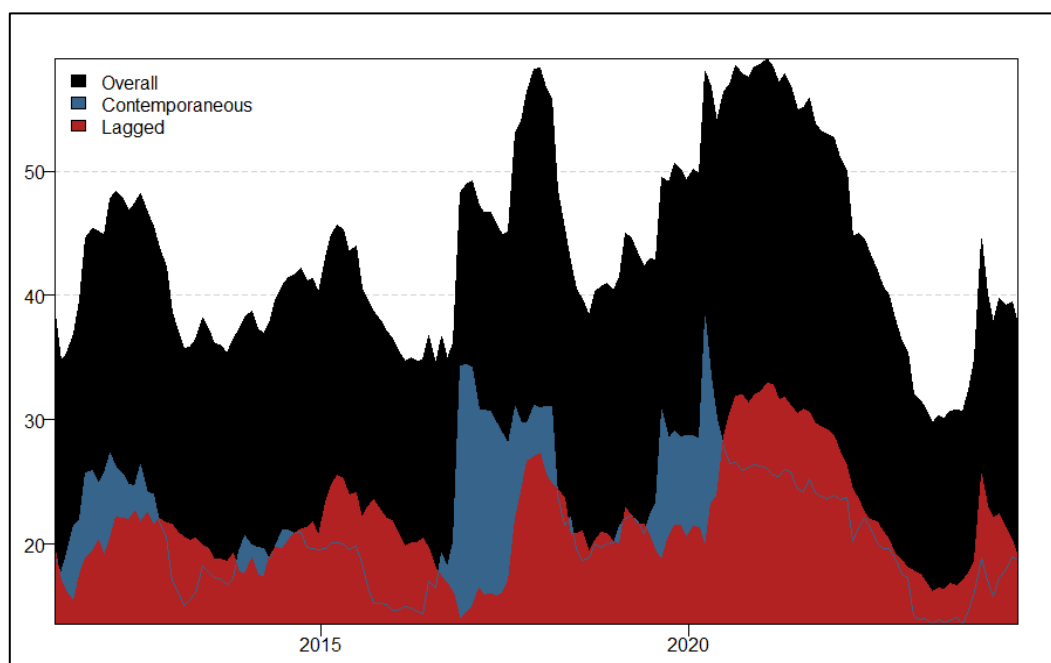
	WH	MPU	FPU	TPU	CPU	FROM
WH	5.33	4.51	8.84	5.35	4.05	22.74
MPU	5.44	17.97	8.36	3.70	2.06	19.56
FPU	2.80	9.70	27.79	5.72	5.18	23.41
TPU	2.79	7.20	5.97	22.15	5.57	21.55
CPU	4.22	4.66	7.12	5.48	9.13	21.49
TO	15.25	26.08	30.29	20.26	16.86	108.74

Inc.Own	20.58	44.06	58.08	42.40	25.98	cTCI/TCI
NET	-7.49	6.52	6.89	-1.29	-4.63	27.19/21.75
NPT	2.00	3.00	3.00	1.00	1.00	

منبع: یافته‌های تحقیق

از آنجایی که بررسی میانگین ارتباط میان متغیرها به تنهایی کافی نیست و می‌تواند تغییرات آن طی زمان را نادیده بگیرد، در این مطالعه به بررسی ارتباط پویای میان متغیرها در طی زمان نیز می‌پردازیم. نمودار ۲ نشان می‌دهد ارتباط میان متغیرها با یکدیگر در بازه زمانی بحران مالی (سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹) و جنگ تجاری چین و آمریکا (۲۰۱۸) به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته است. همچنین، ارتباط میان متغیرها در بازه زمانی کووید ۱۹ (۲۰۲۰) شروع به افزایش کرده و در زمان جنگ روسیه و اوکراین (۲۰۲۲) به اوج خود رسیده است. این مسئله نشان می‌دهد ریسک‌های موجود در بازار به دلیل نااطمینانی‌های ایجادشده توسط رویدادهای مذکور افزایش قابل توجهی داشته است.

در سال ۲۰۲۴ م، ارتباط میان متغیرها به پایین‌ترین سطح تاریخی خود رسیده است. این مسئله نشان می‌دهد زمان مذکور بهترین دوره برای اعمال سیاست‌های اصلاحی است. چرا که در این بازه زمانی ارتباط میان نااطمینانی‌ها و سهام سبز در کم‌ترین میزان خود قرار دارد. همچنین، به دلیل ریسک‌های پایین‌تر بازار در بازه زمانی مذکور، این دوره بهترین موقعیت برای متنوع‌سازی سبددارایی‌ها برای کاهش ریسک به شمار می‌رود.



نمودار ۲: ارتباط پویای کل میان متغیرها (منبع: یافته‌های تحقیق).

Graph. 2: Total dynamic connectedness

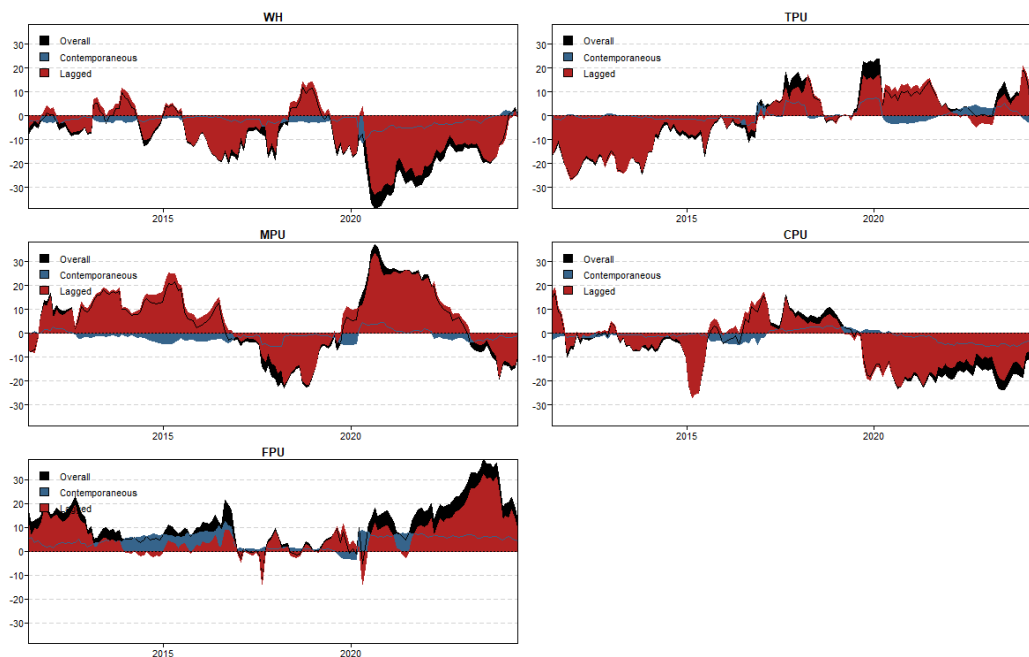
در ادامه، نمودار ۳ ارتباط خالص میان هر متغیر با سایر متغیرهای موجود در شبکه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار مشخص است، بازده سهام سبز تقریباً در تمام بازه زمانی پژوهش به‌عنوان دریافت‌کننده شوک عمل

کرده است. میزان دریافت شوک بازده سهام سبز از سایر متغیرها از سال ۲۰۲۰ م. افزایش یافته و به اوج خود رسیده است. این مسئله می‌تواند به دلیل افزایش ریسک‌های موجود در اقتصاد و بازار به دلیل پاندمی کرونا و جنگ روسیه و اوکراین باشد. علاوه بر این، تقریباً در تمام بازه زمانی ارتباط باوقفه بازده سهام سبز با سایر متغیرها از ارتباط هم‌زمان میان آن‌ها بیشتر بوده است.

در میان نااطمینانی‌ها، نااطمینانی در سیاست‌های پولی در بیشتر بازه زمانی پژوهش نقش انتقال‌دهنده شوک به سایر متغیرها را داشته است که این نقش در بازه زمانی مربوط به همه‌گیری و جنگ روسیه و اوکراین پررنگ‌تر شده است. علاوه بر این، در تمامی دوره‌ها ارتباط باوقفه این متغیر با سایر متغیرها بیشتر از ارتباط هم‌زمان آن بوده است. در بین سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ م. و در انتهای بازه زمانی پژوهش، نااطمینانی در سیاست‌های پولی به دریافت‌کننده شوک تبدیل شده است که می‌تواند به دلیل اثرپذیری بالای سیاست‌های فدرال رزرو در بازه زمانی مذکور (۲۰۱۷ و ۲۰۱۸) از ریسک‌های بین‌المللی مانند خروج انگلستان از برگزیت^۱ و جنگ تجاری با چین باشد. همچنین، نااطمینانی در سیاست‌های مالی تقریباً در تمام دوره‌های پژوهش ارسال‌کننده شوک بوده است. نااطمینانی در سیاست‌های تجاری تا پیش از سال ۲۰۱۷ م. به‌عنوان دریافت‌کننده شوک از سایر متغیرها عمل کرده است. با این حال، پس از سال ۲۰۱۷ م. و با روی کار آمدن ترامپ و افزایش تنش‌های تجاری، به منتقل‌کننده شوک تبدیل شده است.

نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی نیز در بیشتر بازه‌های زمانی پژوهش، به جز سال‌های ۲۰۱۷ الی ۲۰۲۰ م. که مربوط به خروج آمریکا از قرارداد زیست‌محیطی پاریس است، به‌عنوان دریافت‌کننده شوک عمل کرده است. این نقش پس از سال ۲۰۲۰ م. به دلیل وقوع همه‌گیری و جنگ روسیه و اوکراین بیشتر شده است. چراکه افزایش ریسک در اقتصاد موجب شده تا سیاست‌های اقتصادی اهمیت بیشتری نسبت به سیاست‌های زیست‌محیطی برای دولت داشته باشند. بنابراین، نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی به‌شدت تحت تأثیر سایر متغیرها قرار گرفته است.

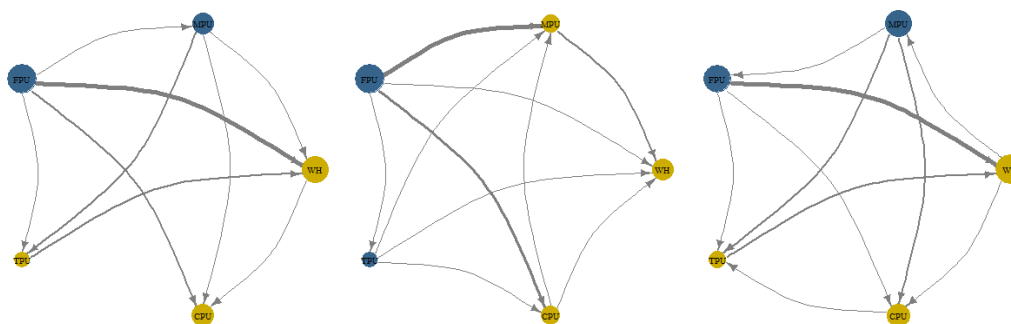
¹ Brexit



نمودار ۳: ارتباط پویای خالص میان هر متغیر با سایر متغیرها (منبع: یافته‌های تحقیق).

Graph. 3: Total net dynamic connectedness

نمودار ۴ شبکه ارتباطی میان متغیرها را در سه حالت تجمیعی، هم‌زمان و باوقفه نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار مشخص است، در حالت تجمیعی نااطمینانی در سیاست‌های مالی نقش اصلی را در انتقال شوک به سهام سبز دارد. با این وجود، نااطمینانی در سیاست‌های مالی در حالت هم‌زمان به‌طور مستقیم انتقال‌دهنده شوک بر سهام سبز نمی‌باشد. در حالت هم‌زمان، نااطمینانی در سیاست‌های پولی انتقال‌دهنده اصلی شوک به بازده سهام سبز است و نااطمینانی در سیاست‌های مالی با انتقال قوی شوک به نااطمینانی در سیاست‌های پولی و نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی بر روی سهام سبز اثرگذار است. همچنین، نااطمینانی در سیاست‌های مالی در حالت باوقفه انتقال‌دهنده اصلی شوک به بازده سهام سبز است.

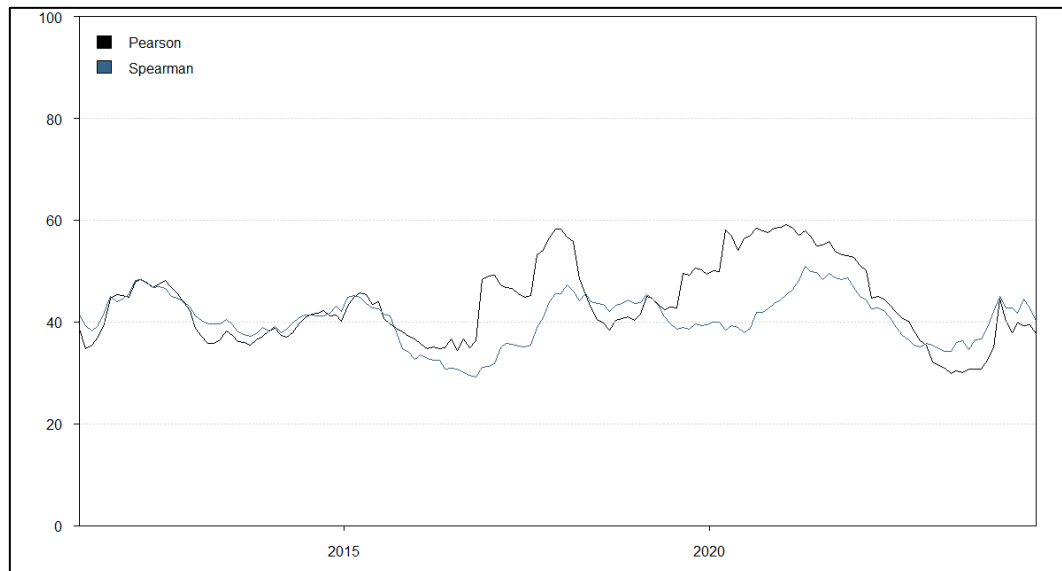


نمودار ۴: شبکه ارتباطی متغیرها با یکدیگر (منبع: یافته‌های تحقیق)*.

Graph. 4: Connectedness network

* توضیحات: نمودار به ترتیب از سمت چپ به راست به ترتیب ارتباط خالص متغیرها با یکدیگر را در سه حالت کل (جمع هم‌زمان و باوقفه)، هم‌زمان و باوقفه نشان می‌دهد. دایره‌های آبی رنگ به معنی انتقال‌دهنده خالص شوک به شبکه و دایره‌های زرد رنگ به معنی دریافت‌کننده خالص شوک از شبکه است. هرچه اندازه دایره‌ها و خطوط انتقال بیشتر باشد، شوک منتقل و یا دریافت‌شده بیشتر است.

در نهایت، به بررسی استحکام مدل بر اساس ارتباط پویای میان متغیرها می‌پردازیم. در این بخش، ضرایب همبستگی پیرسون را با ضرایب همبستگی اسپیرمن جایگزین می‌کنیم که حساسیت کمتری نسبت به انحراف‌های ناخواسته در داده‌ها دارد. سپس دوباره تخمین می‌زنیم تا نتایج را با یکدیگر مقایسه کنیم. از آنجایی که نتایج کمی تا حد بسیار زیادی به یکدیگر نزدیک هستند، نتیجه می‌گیریم نتایج برآورد شده معتبر است.



نمودار ۵: بررسی استحکام مدل (ارتباط پویای متغیرها بر اساس ضرایب پیرسون و اسپیرمن)، (منبع: یافته‌های تحقیق).

Graph. 5: Robustness test

نتیجه‌گیری

گذار به سمت انرژی‌های پاک یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های کشورهای دنیا در قرن ۲۱ به شمار می‌رود. رویدادهای زیست‌محیطی مختلف و تغییرات اقلیمی این دغدغه را دوچندان کرده است. در این میان، تأمین مالی سبز که به تأمین مالی از طریق بازار سهام و یا اوراق در راستای اهداف زیست‌محیطی گفته می‌شود، یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار برای تسریع دوران گذار است. با این حال، افزایش سطوح نااطمینانی در سال‌های اخیر به‌طور معنی‌داری تأمین مالی سبز و بازار سهام را تحت تأثیر قرار داده است. با توجه به این موضوع، هدف اصلی این پژوهش بررسی ارتباط پویای هم‌زمان و باوقفه میان نااطمینانی‌های سیاستی و بازده سهام سبز به‌عنوان نمایی از تأمین مالی سبز و عملکرد شرکت‌های فعال در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر است.

به‌منظور تحقق هدف فوق، از متغیرهای نااطمینانی در سیاست‌های پولی، نااطمینانی در سیاست‌های مالی و نااطمینانی در سیاست‌های تجاری استفاده شده است که نمایی از نااطمینانی در سیاست‌های اقتصادی می‌باشند. همچنین، از شاخص به تازگی معرفی‌شده نااطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی برای بررسی اثر سیاست‌های زیست‌محیطی دولت استفاده شده است. علاوه بر این، بازده شاخص انرژی‌های پاک وایلدِر هیل به‌عنوان نمایی از سهام سبز مورد استفاده قرار گرفته است. برای برآورد الگوی ارتباط پویا، از الگوی خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در زمان باوقفه و لحظه‌ای استفاده‌شده که توسط بالی و همکاران

معرفی شده است. همچنین، بازه زمانی پژوهش از ژوئن ۲۰۰۷ تا ژوئن ۲۰۲۴ م. و کشور مورد مطالعه ایالات متحده است.

بر اساس نتایج حاصل از برآورد الگو، به‌طور کلی (جمع اثرات هم‌زمان و با وقفه)، ناطمینانی در سیاست‌های مالی بیشترین شوک را به بازده سهام سبز منتقل می‌کند. پس از آن، ناطمینانی در سیاست‌های پولی و ناطمینانی در سیاست‌های تجاری به ترتیب اثرگذارترین متغیرها بر بازده سهام سبز دارند. علاوه‌بر این، ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی کم‌ترین شوک را در میان نماگرهای ناطمینانی به بازده سهام سبز منتقل می‌کند. همچنین، بازده سهام سبز تحت تأثیر نوسانات خود در طی زمان قرار دارد. در حالت هم‌زمان، بازده سهام سبز بیشترین اثرپذیری را از ناطمینانی در سیاست‌های پولی دارد. این در حالی است که در حالت باوقفه ناطمینانی در سیاست‌های مالی اصلی‌ترین مسئول انتقال شوک به بازده سهام سبز است. همچنین، کم‌اثرترین متغیر بر بازده سهام سبز در حالت هم‌زمان ناطمینانی در سیاست‌های تجاری و در حالت با وقفه ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی است. علاوه‌بر این، انتقال شوک از سوی تمام متغیرها به بازده سهام سبز در حالت با وقفه بیشتر از حالت هم‌زمان است و ناطمینانی در سیاست‌های پولی تنها متغیری است که بیشتر شوک خود را در حالت هم‌زمان انتقال می‌دهد.

از آنجایی که ناطمینانی‌ها خود بر یکدیگر اثر دارند و سهام سبز نیز خود بر ناطمینانی‌ها اثرگذار است، این مسئله می‌تواند انتقال شوک به‌صورت غیر مستقیم به بازده سهام سبز را تقویت کند. بنابراین، بررسی اثرات سایر متغیرها بر یکدیگر نیز اهمیت پیدا می‌کند. به‌طور کلی، ناطمینانی در سیاست‌های مالی اصلی‌ترین نقش را در انتقال شوک به سایر متغیرهای موجود در شبکه دارد. پس از آن، اصلی‌ترین انتقال‌دهنده شوک ناطمینانی در سیاست‌های پولی است. ناطمینانی در سیاست‌های تجاری کم‌ترین مشارکت را در شبکه دارد و ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی اصلی‌ترین دریافت‌کننده شوک در میان نماگرهای ناطمینانی است. علاوه‌بر این، بازده سهام سبز بیشترین دریافت‌کننده شوک در کل شبکه است. بازده سهام سبز بیشترین شوک از شبکه را در حالت هم‌زمان دریافت می‌کند. ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی نیز وضعیتی مشابه با بازده سهام سبز دارد. ناطمینانی در سیاست‌های پولی در حلقه هم‌زمان دریافت‌کننده شوک از شبکه و در حلقه باوقفه انتقال‌دهنده شوک می‌باشد. ناطمینانی در سیاست‌های تجاری در حالت هم‌زمان انتقال‌دهنده شوک و در حالت باوقفه دریافت‌کننده شوک است. همچنین، ناطمینانی در سیاست‌های مالی در حالت باوقفه شوک بیشتری را نسبت به حالت هم‌زمان به سایر متغیرهای شبکه منتقل می‌کند.

نتیجه ارتباط متقابل متغیرها با یکدیگر نشان می‌دهد در حالی که در حلقه کلی (جمع هم‌زمان و باوقفه) و حالت باوقفه ناطمینانی در سیاست‌های مالی انتقال‌دهنده اصلی شوک به سهام سبز است، در حالت هم‌زمان این کار را از طریق انتقال معنی‌دار شوک به ناطمینانی در سیاست‌های پولی و ناطمینانی در سیاست‌های زیست‌محیطی انجام می‌دهد. در واقع، ناطمینانی در سیاست‌های مالی هم به‌طور مستقیم و هم به‌طور غیر مستقیم از طریق اثرگذاری بر روی سایر ناطمینانی‌ها موجب انتقال شوک به بازده سهام سبز می‌شود.

علاوه‌بر این، نتایج ارتباط پویا نشان می‌دهد در بازه‌های زمانی مرتبط با رویدادهای بحران مالی، خروج ایالات متحده از توافق زیست‌محیطی پاریس، جنگ تجاری چین و ایالات متحده، کووید ۱۹ و جنگ روسیه و اوکراین

ارتباط کل میان متغیرها به‌طور قابل توجهی افزایش پیدا کرده است. این ارتباط در بازه زمانی مربوط به همه‌گیری و جنگ روسیه و اوکراین در اوج خود قرار دارد که نشان از ریسک بسیار بالای اقتصاد و بازار در این دوره دارد. با این وجود، این ارتباط در یک‌سال گذشته کاهش پیدا کرده است که می‌تواند ناشی از کاهش ریسک‌های موجود به دلیل بهبود اقتصاد جهانی در دوران پس از کرونا و تخلیه شوک‌های مربوط به جنگ روسیه و اوکراین باشد. در این پژوهش، هدف بررسی اثر انواع نااطمینانی‌های سیاستی بر بازده سرمایه‌گذاری در سهام سبز بوده است که می‌تواند این را بیان کند که کدام نااطمینانی اثر بیشتر و کدام یک اثر کمتری بر بازدهی سهام سبز دارد. این نتایج، سیاست‌گذار و سرمایه‌گذاران را برای سیاست‌گذاری و یا سرمایه‌گذاری در این حوزه یاری می‌کند. در ادامه، به‌طور کلی و مختصر به راه‌کارهایی که در مطالعات پیشین بررسی شده و نشان داده شده که می‌تواند نتیجه بخش باشد اشاره می‌شود. این راه‌کارها از نهادهای معتبر مانند صندوق بین‌المللی پول و مقالات منتشر شده در منابع معتبر استخراج شده است.

همان‌طور که در نتایج عنوان شد، نااطمینانی در سیاست‌های مالی اصلی‌ترین انتقال‌دهنده شوک به بازده سهام سبز می‌باشد. بنابراین کنترل نوع از نااطمینانی اهمیت بسیاری دارد. اتخاذ قوانین مالی میان‌مدت (مانند سقف کسری بودجه) در کنار وجود قوانین و شوراها مستقل ناظر بر انضباط سیاست‌های مالی می‌تواند یکی از راه‌های کاهش نااطمینانی باشد (صندوق بین‌المللی پول^۱، ۲۰۲۴). همچنین، اجرای سیاست‌های مالی ضد چرخه‌ای می‌تواند در کوتاه‌مدت منجر به کاهش نااطمینانی شود. اگر چه در بلندمدت افزایش ریسک و نااطمینانی را به دنبال دارد (کروس و همکاران^۲، ۲۰۱۲).

با توجه به این‌که نااطمینانی در سیاست‌های پولی پس از نااطمینانی در سیاست‌های مالی بیشترین شوک را به بازده سهام سبز منتقل می‌کند، اعمال سیاست‌های مناسب در راستای کاهش این نوع از نااطمینانی نیز اهمیت بالایی پیدا می‌کند. مطالعات نشان می‌دهد سیاست‌های آینده‌نگر^۳ و اعلام شفاف سیاست‌های بانک مرکزی در آینده می‌تواند منجر به کاهش نااطمینانی در سیاست‌های پولی شود (جیت مانیروج و همکاران^۴، ۲۰۱۹؛ جیانگ و هوانگ^۵، ۲۰۲۳). علاوه‌بر شفافیت، تعیین نرخ تورم هدف و پایبند بودن به سیاست‌های لازم برای رسیدن به این نرخ هدف نیز می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کاهش نااطمینانی داشته باشد (جیت مانیروج و همکاران، ۲۰۱۹). در مطالعات دیگر نیز پایبند بودن بانک مرکزی به یک قاعده مشخص به‌عنوان یکی از راه‌های کنترل نااطمینانی عنوان شده است اگرچه انحراف از قاعده تعیین‌شده می‌تواند منجر به افزایش شدید نااطمینانی شود (پوتر و همکاران^۶، ۲۰۲۱).

در زمینه سیاست‌های زیست‌محیطی، شفافیت در سیاست‌های اقتصادی می‌تواند یکی از راه‌های کاهش نااطمینانی باشد که گذار به سمت انرژی‌های پاک را تسریع می‌کند (یاسمین و شاه^۷، ۲۰۲۴). همچنین، حمایت از

¹ IMF

² Croce *et al.*

³ Forward policies

⁴ Jitmaneeeroj *et al.*

⁵ Jiang and Huang

⁶ Pooter *et al.*

⁷ Yasmeen and Shah

فناوری و نوآوری‌های سبز کمک می‌کند تا شرکت‌های فعال در این حوزه مقاومت بیشتری در برابر تغییرات ناگهانی سیاست‌های زیست‌محیطی داشته باشند (گی و ژانگ^۱، ۲۰۲۵). علاوه بر این، پیوستن به پیمان‌های تجاری و پایبند بودن به آن‌ها می‌تواند راه مؤثری برای کاهش ناطمینانی در سیاست‌های تجاری باشد. در نهایت، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد بازدهی سهام سبز تحت تأثیر انواع ناطمینانی‌های سیاستی می‌باشد. از آنجایی که کشورها با ساختارهای سیاسی و اقتصادی متفاوتی مواجه هستند، ممکن است که این نوع اثرگذاری متفاوت باشد. مسئله‌ای که حائز اهمیت می‌باشد، این است که پذیرش اثرگذاری ناطمینانی‌های مختلف مانند ناطمینانی در سیاست‌های پولی، مالی، تجاری و زیست محیطی در کلیه کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان از سردبیر و داوران محترم بابت وقت و نظراتشان که به بهبود مقاله کمک کردند، قدردانی می‌کنند.

درصد مشارکت نویسندگان

امیررضا محمدی: نگارش نسخه اولیه مقاله، برآورد مدل و انجام اصلاحات؛ دکتر محمود هوشمند: مدیریت مقاله، نظارت بر انجام صحیح تخمین‌ها و نگارش نسخه نهایی مقاله؛ دکتر فرزانه احمدیان: جمع‌آوری داده، مشارکت در برآورد مدل و مشارکت در نگارش نسخه اولیه و اصلاح‌شده مقاله؛ مشارکت در نگارش نسخه اولیه و اصلاح‌شده مقاله.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله اعلام می‌دارند که در انتشار مقاله ارائه‌شده تضاد منافی وجود ندارد.

کتابنامه

- احمدیان یزدی، فرزانه؛ و مهدوی عادل، محمدحسین، (۱۳۹۴). «بررسی ارتباط میان فراوانی منابع طبیعی و سرمایه انسانی در کشورهای عضو اوپک». *اقتصاد و توسعه منطقه‌ای*، (۲۲(۹): ۱۳۰-۹۵.
<https://doi.org/10.22067/erd.v22i9.36204>
- امینیان، طاهره؛ صراف، فاطمه؛ امام وردی، قدرت اله، و باغانی، علی، (۱۳۹۷). «اثرات نامتقارن شوک‌های قیمت نفت و ناطمینانی سیاست‌های اقتصادی بر بازده سهام صنایع در شرایط مختلف بازار». *نشریه بورس/اوراق بهادار*، ۴۳: ۲۲-۵.
<https://doi.org/10.22034/jse.2018.11133>
- باقی، ابراهیم؛ حاجیه، زهره؛ و تهرانی، رضا، (۱۴۰۳). «بررسی پتانسیل توسعه بازار سهام سبز در بازار سرمایه ایران. در راستای تحقق برنامه هفتم توسعه». *دانش سرمایه‌گذاری*، ۵۷: ۳۳۱-۳۵۰.
<https://doi.org/10.30495/jik.2024.77694.4550>

¹ Ge and Zhang

- دشتکی، رقیه؛ قربانی، بهزاد؛ و رباحی درچه، فرشید، (۱۴۰۱). «تأثیر نااطمینانی سیاست های اقتصادی بر هزینه تأمین مالی با تأکید بر ارتباطات سیاسی». *اقتصاد کاربردی*، ۴۳: ۸۵-۱۰۰.
<https://doi.org/10.30495/jae.2022.70435.1445>
- روحانی راد، شایان، (۱۴۰۱). «بررسی نقش تأمین مالی سبز بر موفقیت مالی شرکت های خصوصی با نقش میانجی سرمایه گذاری سبز». *فصلنامه تحلیل بازار سرمایه*، ۲: ۱۷۷-۱۵۱.
https://journals.iau.ir/article_694768.html
- فراغت، فریبرز؛ اوحدی، فریدون؛ خدام، محمود؛ احمدزاده، حمید؛ و صیقلی، محسن، (۱۴۰۰). «بررسی تأثیر نااطمینانی نرخ ارز و متغیرهای کلان اقتصادی بر هزینه تأمین مالی شرکت های پذیرفته شده در بورس». *بررسی های بازرگانی*، ۱۱۰: ۲۷-۴۲.
<https://doi.org/10.22034/bs.2021.247036>
- قادری مقدم، رضا؛ باصری، بیژن؛ فلیحی، نعمت؛ و عباسی، غلامرضا، (۱۴۰۱). «ارزیابی اثرگذاری نااطمینانی ناشی از تورم و رشد اقتصادی بر مصرف نفت و گاز در ایران». *اقتصاد مالی*، ۵۹: ۷۴-۴۷.
<https://doi.org/10.30495/fed.2022.1958925.2702>
- میرشفیعی، امیر؛ شهرستانی، حمید؛ معمارنژاد، عباس؛ و غفاری، فرهاد، (۱۳۹۹). «نااطمینانی بازار سهام و تحلیل شوک سیاست پولی بر آن». *پژوهش ها و سیاست های اقتصادی*، ۹۵: ۳۷۵-۳۳۹.
<http://dx.doi.org/10.52547/qjerp.28.95.343>
- یزدانی، مهدی؛ و پیرپور، حامد، (۱۳۹۶). «ارزیابی اثر نااطمینانی نرخ ارز بر تامین مالی بنگاه ها و سرمایه گذاری مستقیم خارجی در ایران». *پژوهشنامه اقتصادی*، ۶۷: ۶۵-۳۵.
<https://doi.org/10.22054/joer.2018.8563>

References

- Aboutorabi, M.A., Ahmadian-Yazdi, F. & Parkam, S., (2021). "Financial Development and Natural Resources Rents-Human Capital Nexus: A New Approach". In: Muhammad Shahbaz, Alaa Soliman and Subhan Ullah (Eds.), *Economic Growth and Financial Development*, Chapter 3, 33-55, Springer Nature Publication. https://doi.org/10.1007/978-3-030-79003-5_3
- Ahmadian-Yazdi, F. & Mahdavi Adeli, M. H., (2015). "The relationship between resource abundance and human capital for OPEC countries". *Journal of economics and regional development*, 22(9): 95-130. <https://doi.org/10.22067/erd.v22i9.36204> [In Persian].
- Ahmadian-Yazdi, F., Mensi, W., AlYahyaee, K.H., Ramsheh, M. & Al-Kharusi, S., (2025a). "Connectedness between gold, copper, fossil fuels, and major stock markets: Implications for portfolio hedging". *Resources Policy*, 109: 105728. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2025.105728>
- Ahmadian-Yazdi, F., Mensi, W., Namazizadeh, E. & Chenarani, H., (2025b). "Asymmetric connectedness between currency and stock markets and the portfolio analysis implications: evidence from BRICS economies". *Journal of Chinese Economic and Business Studies*, 1-40. <https://doi.org/10.1080/14765284.2025.2601973>
- Ahmed, M., Hafeez, M., Kaium, M. A., Ullah, S. & Ahmad, H., (2023). "Do environmental technology and banking sector development matter for green growth?

Evidence from top-polluted economies”. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6): 14760-14769. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23153-y>

- Al-Thaqeb, S. A. & Algharabali, B. G., (2019). “Economic policy uncertainty: A literature review”. *The Journal of Economic Asymmetries*, 20: e00133. <https://doi.org/10.1016/j.jeca.2019.e00133>

- Amri, F., (2019). “Renewable and non-renewable energy and trade into developed and developing countries”. *Quality & Quantity*, 53(1): 377-387. <https://doi.org/10.1007/s11135-018-0758-x>

- Aminian, T., Emamverdi, G. & Baghani, A., (2018). “Asymmetric effects of oil price shocks and economic policies uncertainty on industry stock returns”. *Securities Exchange Quarterly*, 11(43): 5-22. <https://doi.org/10.22034/jse.2018.11133> [In Persian].

- Alshammari, S., Andriosopoulos, K., Kaabia, O., Mohamed, K. S. & Urom, C., (2024). “The interplay among corporate bonds, geopolitical risks, equity market, and economic uncertainties”. *International Review of Financial Analysis*, 95: 103350. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103350>

- Abakah, E. J. A., Tiwari, A. K., Abdullah, M., Ji, Q. & Sulong, Z., (2024). “Monetary policy uncertainty and ESG performance across energy firms”. *Energy Economics*, 107699. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107699>

- Agrawal, R., Agrawal, S., Samadhiya, A., Kumar, A., Luthra, S. & Jain, V., (2024). “Adoption of green finance and green innovation for achieving circularity: An exploratory review and future directions”. *Geoscience frontiers*, 15(4): 101669. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101669>

- Anscombe, F. J. & Glynn, W. J., (1983). “Distribution of the kurtosis statistic b_2 for normal samples”. *Biometrika*, 70(1): 227–234. <https://doi.org/10.1093/biomet/70.1.227>

- Blazejczak, J., Braun, F. G., Edler, D. & Schill, W. P., (2014). “Economic effects of renewable energy expansion: A model-based analysis for Germany”. *Renewable and sustainable energy reviews*, 40: 1070-1080. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.134>

- Baker, S. R., Bloom, N. & Davis, S. J., (2016). “Measuring economic policy uncertainty”. *The quarterly journal of economics*, 131(4): 1593-1636. <https://doi.org/10.1093/qje/qjw024>

- Baghi, E., Hajiha, Z. & Tehrani, R., (2024). “Investigating the development potential of the green stock market in Iran's stock market (in line with the realization of the seventh development plan)”. *Journal of Investment Knowledge*, 15(57): 331–350. <https://doi.org/10.30495/jik.2024.77694.4550> [In Persian].

- Beckmann, J. & Czudaj, R., (2017). “Exchange rate expectations and economic policy uncertainty”. *European journal of political economy*, 47: 148-162. <https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2016.06.003>

- Bouri, E., Iqbal, N. & Klein, T., (2022). “Climate policy uncertainty and the price dynamics of green and brown energy stocks”. *Finance Research Letters*, 47: 102740. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.102740>

- Balli, F., Balli, H. O., Dang, T. H. N. & Gabauer, D., (2023). “Contemporaneous and lagged R2 decomposed connectedness approach: New evidence from the energy futures market”. *Finance Research Letters*, 57: 104168. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104168>

- Bouteska, A., Bhuiyan, F., Sharif, T. & Abedin, M. Z., (2024). “Contagion between investor sentiment and green bonds in China during the global uncertainties”. *International Review of Economics & Finance*, 93: 469-484. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.03.045>

- Croce, M. M., Nguyen, T. T. & Schmid, L., (2012). "The market price of fiscal uncertainty". *Journal of Monetary Economics*, 59(5): 401-416. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2012.04.004>
- Chen, Y., Wang, Z. & Zhong, Z., (2019). "CO2 emissions, economic growth, renewable and non-renewable energy production and foreign trade in China". *Renewable energy*, 131: 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.047>
- Cheng, C., Ren, X., Wang, Z. & Yan, C., (2019). "Heterogeneous impacts of renewable energy and environmental patents on CO2 emission-Evidence from the BRIICS". *Science of the total environment*, 668: 1328-1338. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.063>
- Caldara, D., Iacoviello, M., Molligo, P., Prestipino, A. & Raffo, A., (2020). "The economic effects of trade policy uncertainty". *Journal of Monetary Economics*, 109: 38-59. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2019.11.002>
- Cicchiello, A. F., Gatto, A. & Salerno, D., (2023). "At the nexus of circular economy, equity crowdfunding and renewable energy sources: Are enterprises from green countries more performant?". *Journal of Cleaner Production*, 410: 136932. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136932>
- D'Agostino, R. B., (1970). "Transformation to normality of the null distribution of g1". *Biometrika*, 679-681. <https://doi.org/10.2307/2334794>
- Dashtaki, R., Ghorbani, B. & Riahi Darcheh, F., (2022). "The effect of economic policy uncertainty on the cost of financing with an emphasis on political connections". *Journal of Applied Economics*, 9(2): 85-100. <https://doi.org/10.30495/jae.2022.70435.1445> [In Persian].
- Dell'Anna, F., (2021). "Green jobs and energy efficiency as strategies for economic growth and the reduction of environmental impacts". *Energy Policy*, 149: 112031. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112031>
- De Pooter, M., Favara, G., Modugno, M. & Wu, J., (2021). "Reprint: Monetary policy uncertainty and monetary policy surprises". *Journal of International Money and Finance*, 114: 102401. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2021.102401>
- DeCanio, S. J., Manski, C. F. & Sanstad, A. H., (2022). "Minimax-regret climate policy with deep uncertainty in climate modeling and intergenerational discounting". *Ecological Economics*, 201: 107552. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107552>
- De Haas, R. & Popov, A., (2023). "Finance and green growth". *The Economic Journal*, 133(650): 637-668. <https://doi.org/10.1093/ej/ueae109>
- Du, J., Shen, Z., Song, M. & Vardanyan, M., (2023). "The role of green financing in facilitating renewable energy transition in China: Perspectives from energy governance, environmental regulation, and market reforms". *Energy Economics*, 120: 106595. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106595>
- Gabauer, D. & Gupta, R., (2018). "On the transmission mechanism of country-specific and international economic uncertainty spillovers: Evidence from a TVP-VAR connectedness decomposition approach". *Economics Letters*, 171: 63-71. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.07.007>
- Ghaderi Moghadam, R., Baseri, B., Falihi, N. & Abbasi, G., (2022). "The role of inflation uncertainty on gas and oil consumption". *Financial Economics*, 16(59): 73-94. <https://doi.org/10.30495/fed.2022.1958925.2702> [In Persian].

- Diebold, F. X. & Yilmaz, K., (2012). "Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers". *International Journal of forecasting*, 28(1): 57-66. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2011.02.006>
- Diebold, F. X. & Yilmaz, K., (2014). "On the network topology of variance decompositions: Measuring the connectedness of financial firms". *Journal of econometrics*, 182(1): 119-134. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2014.04.012>
- Doğan, B., Trabelsi, N., Tiwari, A. K. & Ghosh, S., (2023). "Dynamic dependence and causality between crude oil, green bonds, commodities, geopolitical risks, and policy uncertainty". *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 89: 36-62. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2023.02.006>
- Elliott, G., Rothenberg, T. J. & Stock, J. H., (1992). *Efficient tests for an autoregressive unit root*. Technical Working Paper No. 130 NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH 1050 Massachusetts Avenue Cambridge, MA 02138. <https://doi.org/10.3386/t0130>
- Erdogan, S., Pata, U. K. & Solarin, S. A., (2023). "Towards carbon-neutral world: The effect of renewable energy investments and technologies in G7 countries". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 186: 113683. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113683>
- Faraghat, F., Ohadi, F., Khoddam, M. & Ahmadzadeh, H., (2021). "An Investigation the Effect of Exchange Rate Volatility and Macroeconomic Variables on the Financing Cost of Companies Listed in the Tehran Stock Exchange". *Business Reviews*, 19(110): 27-42. <https://doi.org/10.22034/bs.2021.247036> [In Persian].
- Fisher, T. J. & Gallagher, C. M., (2012). "New weighted portmanteau statistics for time series goodness of fit testing". *Journal of the American Statistical Association*, 107(498): 777-787. <https://doi.org/10.1080/01621459.2012.688465>
- Foxon, T. J., (2011). "A coevolutionary framework for analysing a transition to a sustainable low carbon economy". *Ecological economics*, 70(12): 2258-2267. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.07.014>
- Fragkos, P. & Paroussos, L., (2018). "Employment creation in EU related to renewables expansion". *Applied Energy*, 230: 935-945. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.09.032>
- Gavriilidis, K., (2021). *Measuring climate policy uncertainty*. Available at SSRN 3847388. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3847388>
- Gu, R. & Liu, S., (2022). "Nonlinear analysis of economic policy uncertainty: Based on the data in China, the US and the global". *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 593: 126897. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2022.126897>
- Ge, H. & Zhang, X., (2025). "From uncertainty to sustainability: How climate policy uncertainty shapes corporate ESG?". *International Review of Economics & Finance*, 98: 104011. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.104011>
- Hou, H. & Cheng, S. Y., (2010). "The roles of stock market in the finance-growth nexus: time series cointegration and causality evidence from Taiwan". *Applied Financial Economics*, 20(12): 975-981. <https://doi.org/10.1080/09603101003724331>
- Hanif, W., Teplova, T., Rodina, V., Alomari, M. & Mensi, W., (2023). "Volatility spillovers and frequency dependence between oil price shocks and green stock markets". *Resources Policy*, 85: 103860. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103860>
- Hu, Z. & Borjigin, S., (2024). "The amplifying role of geopolitical Risks, economic policy Uncertainty, and climate risks on Energy-Stock market volatility spillover across

economic cycles”. *The North American Journal of Economics and Finance*, 71: 102114.
<https://doi.org/10.1016/j.najef.2024.102114>

- International Energy Agency, 2024.
- International Monetary Fund, 2024.
- Jarque, C. M. & Bera, A. K., (1980). “Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals”. *Economics letters*, 6(3): 255-259.
[https://doi.org/10.1016/0165-1765\(80\)90024-5](https://doi.org/10.1016/0165-1765(80)90024-5)
- Jänicke, M., (2012). “Dynamic governance of clean-energy markets: how technical innovation could accelerate climate policies”. *Journal of Cleaner Production*, 22(1): 50-59. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.09.006>
- Jebli, M. B. & Youssef, S. B., (2015). “Output, renewable and non-renewable energy consumption and international trade: Evidence from a panel of 69 countries”. *Renewable energy*, 83: 799-808. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.04.061>
- Jitmaneeroj, B., Lamla, M. J. & Wood, A., (2019). “The implications of central bank transparency for uncertainty and disagreement”. *Journal of International Money and Finance*, 90: 222-240. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2018.10.002>
- Jiang, M. & Huang, Y., (2023). “Is forward guidance an effective policy: A time-varying analysis”. *Finance Research Letters*, 58: 104486.
<https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104486>
- Jia, S., Guo, N. & Jin, J., (2024). “Climate policy uncertainty risk and sovereign bond volatility”. *Journal of Cleaner Production*, 434: 140145.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140145>
- Khan, S. A. R., Yu, Z., Belhadi, A. & Mardani, A., (2020). “Investigating the effects of renewable energy on international trade and environmental quality”. *Journal of Environmental management*, 272: 111089. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111089>
- Khezri, M., Heshmati, A. & Khodaei, M., (2022). “Environmental implications of economic complexity and its role in determining how renewable energies affect CO2 emissions”. *Applied Energy*, 306: 117948. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117948>
- Khan, K. & Su, C. W., (2022). “Does policy uncertainty threaten renewable energy? Evidence from G7 countries”. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(23): 34813-34829. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16713-1>
- Liu, G. & Zhang, C., (2020). “Economic policy uncertainty and firms' investment and financing decisions in China”. *China Economic Review*, 63: 101279.
<https://doi.org/10.1016/j.chieco.2019.02.007>
- Lee, C. C., Tang, H. & Li, D., (2022). “The roles of oil shocks and geopolitical uncertainties on China's green bond returns”. *Economic Analysis and Policy*, 74: 494-505.
<https://doi.org/10.1016/j.eap.2022.03.008>
- Lin, B. & Su, T., (2023). “Uncertainties and green bond markets: Evidence from tail dependence”. *International Journal of Finance & Economics*, 28(4): 4458-4475.
<https://doi.org/10.1002/ijfe.2659>
- London Stock Exchange Group, 2024.
- Lu, X., Huang, N., Mo, J. & Ye, Z., (2023). “Dynamics of the return and volatility connectedness among green finance markets during the COVID-19 pandemic”. *Energy Economics*, 125: 106860. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106860>

- Mirshafiee A, Shahrestani H, Ghafari F, Memarnejad A., (2020). "Stock Market Uncertainty and the Analysis of Monetary Policy shock". *Qjerp*, 28 (95): 343-380. <http://dx.doi.org/10.52547/qjerp.28.95.343>
- Montes, G. C. & Tiberto, B. P., (2012). "Macroeconomic environment, country risk and stock market performance: Evidence for Brazil". *Economic modelling*, 29(5): 1666-1678. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.05.027>
- Mokni, K., Zaier, L. H., Youssef, M. & Jabeur, S. B., (2024). "Quantile connectedness between the climate policy and economic uncertainty: Evidence from the G7 countries". *Journal of Environmental Management*, 351: 119826. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119826>
- Nguyen, H. H., Van Nguyen, P. & Ngo, V. M., (2024). "Energy security and the shift to renewable resources: The case of Russia-Ukraine war". *The Extractive Industries and Society*, 17: 101442. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2024.101442>
- Organisation for Economic Co-operation and Development, 2023.
- Prasad, A., Bakhshi, P. & Seetharaman, A., (2022). "The impact of the US macroeconomic variables on the CBOE VIX Index". *Journal of Risk and Financial Management*, 15(3): 126. <https://doi.org/10.3390/jrfm15030126>
- Pham, L. & Nguyen, C. P., (2022). "How do stock, oil, and economic policy uncertainty influence the green bond market?". *Finance Research Letters*, 45: 102128. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102128>
- Pham, S. D., Nguyen, T. T. & Do, H. X., (2024). "Impact of climate policy uncertainty on return spillover among green assets and portfolio implications". *Energy Economics*, 134: 107631. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107631>
- Qamruzzaman, M., (2024). "Clarifying the nexus between trade policy uncertainty, economic policy uncertainty, FDI and renewable energy demand". *International Journal of Energy Economics and Policy*, 14(2): 367-382. <https://doi.org/10.32479/ijeeep.15470>
- Qing, L., Abbas, J., Najam, H. & Ma, X., (2024). "Investment in renewable energy and green financing and their role in achieving carbon-neutrality and economic sustainability: Insights from Asian region". *Renewable Energy*, 221: 119830. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119830>
- Rapach, D. E. & Weber, C. E., (2004). "Financial variables and the simulated out-of-sample forecastability of US output growth since 1985: an encompassing approach". *Economic Inquiry*, 42(4): 717-738. <https://doi.org/10.1093/ei/cbh092>
- Rousseau, P. L. & Yilmazkuday, H., (2009). "Inflation, financial development, and growth: A trilateral analysis". *Economic Systems*, 33(4): 310-324. <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2009.06.002>
- Rouhani Rad, S., (2022). "Examining the role of green financing on the financial success of private companies with the mediation role of green investment". *Journal of Capital Market Analysis*, 2(2): 9-22. https://journals.iau.ir/article_694768.html?lang=en [In Persian].
- Ren, X., Li, J., He, F. & Lucey, B., (2023). "Impact of climate policy uncertainty on traditional energy and green markets: Evidence from time-varying granger tests". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 173: 113058. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.113058>

- Stock, J. H. & Watson, M. W., (2003). "Forecasting output and inflation: The role of asset prices". *Journal of economic literature*, 41(3): 788-829. <https://doi.org/10.1257/002205103322436197>
- Saidi, K. & Omri, A., (2020). "The impact of renewable energy on carbon emissions and economic growth in 15 major renewable energy-consuming countries". *Environmental research*, 186: 109567. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109567>
- Shahbaz, M., Raghutla, C., Chittedi, K. R., Jiao, Z. & Vo, X. V., (2020). "The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from the renewable energy country attractive index". *Energy*, 207: 118162. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118162>
- Sharma, G. D., Sarker, T., Rao, A., Talan, G. & Jain, M., (2022). "Revisiting conventional and green finance spillover in post-COVID world: Evidence from robust econometric models". *Global Finance Journal*, 51: 100691. <https://doi.org/10.1016/j.gfj.2021.100691>
- Syed, A. A., Ahmed, F., Kamal, M. A., Ullah, A. & Ramos-Requena, J. P., (2022). "Is there an asymmetric relationship between economic policy uncertainty, cryptocurrencies, and global green bonds? Evidence from the United States of America". *Mathematics*, 10(5): 720. <https://doi.org/10.3390/math10050720>
- Sakuntala, D., Majid, M. S. A., Aliasuddin, A. & Suriani, S., (2022). "Causality between Green Stock Market with Monetary Policy, Global Uncertainty, and Environmental Damage in Indonesia". *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(6): 215-223. <https://doi.org/10.32479/ijeeep.13348>
- Safi, A., Haseeb, M., Islam, M. & Umar, M., (2023). "Can sustainable resource management overcome geopolitical risk?". *Resources Policy*, 87: 104270. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104270>
- Sharif, A., Brahim, M., Dogan, E. & Tzeremes, P., (2023). "Analysis of the spillover effects between green economy, clean and dirty cryptocurrencies". *Energy Economics*, 120: 106594. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106594>
- Sinha, A., Ghosh, V., Hussain, N., Nguyen, D. K. & Das, N., (2023). "Green financing of renewable energy generation: Capturing the role of exogenous moderation for ensuring sustainable development". *Energy economics*, 126: 107021. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107021>
- Shah, S. S., Murodova, G. & Khan, A., (2024). "Achieving zero emission targets: The influence of green bonds on clean energy investment and environmental quality". *Journal of Environmental Management*, 364: 121485. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121485>
- Tolliver, C., Keeley, A. R. & Managi, S., (2020). "Policy targets behind green bonds for renewable energy: do climate commitments matter?". *Technological Forecasting and Social Change*, 157: 120051. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120051>
- United Nations Environment Programme, 2020.
- United Nations, 2013.
- Urom, C., Mzoughi, H., Abid, I. & Brahim, M., (2021). "Green markets integration in different time scales: A regional analysis". *Energy Economics*, 98: 105254. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105254>

- Wei, Y., (2019). “Oil price shocks, economic policy uncertainty and China’s trade: A quantitative structural analysis”. *The North American Journal of Economics and Finance*, 48: 20-31. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2018.08.016>
- Wei, P., Qi, Y., Ren, X. & Duan, K., (2022). “Does economic policy uncertainty affect green bond markets? Evidence from wavelet-based quantile analysis”. *Emerging Markets Finance and Trade*, 58(15): 4375-4388. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2022.2069487>
- Wang, K. H., Su, C. W., Umar, M. & Lobont, O. R., (2023). “Oil price shocks, economic policy uncertainty, and green finance: a case of China”. *Technological and Economic Development of Economy*, 29(2): 500-517. <https://doi.org/10.3846/tede.2022.17999>
- Wang, F., Ma, W., Mirza, N. & Altuntaş, M., (2023). “Green financing, financial uncertainty, geopolitical risk, and oil prices volatility”. *Resources Policy*, 83: 103716. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103716>
- Wei, P., Qi, Y., Ren, X. & Gozgor, G., (2023). “The role of the COVID-19 pandemic in time-frequency connectedness between oil market shocks and green bond markets: Evidence from the wavelet-based quantile approaches”. *Energy Economics*, 121: 106657. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106657>
- Wang, J., Mishra, S., Sharif, A. & Chen, H., (2024). “Dynamic spillover connectedness among green finance and policy uncertainty: Evidence from QVAR network approach”. *Energy Economics*, 131: 107330. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107330>
- Yazdani, M. & Pirpour, H., (2018). “The effect of exchange rate uncertainty on firms financing and foreign direct investment in Iran”. *Journal of Economic Research (Tahghighat-E-Eghtesadi)*, 17(67): 35–65. <https://doi.org/10.22054/joer.2018.8563> [In Persian].
- Yan, H., Qamruzzaman, M. & Kor, S., (2023). “Nexus between green investment, fiscal policy, environmental tax, energy price, natural resources, and clean energy—a step towards sustainable development by fostering clean energy inclusion”. *Sustainability*, 15(18): 13591. <https://doi.org/10.3390/su151813591>
- Yasmeen, R. & Shah, W. U. H., (2024). “Energy uncertainty, geopolitical conflict, and militarization matters for renewable and non-renewable energy development: perspectives from G7 economies”. *Energy*, 306: 132480. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132480>
- Yiming, W., Xun, L., Umair, M. & Aizhan, A., (2024). “COVID-19 and the transformation of emerging economies: Financialization, green bonds, and stock market volatility”. *Resources Policy*, 92: 104963. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104963>
- Zhao, X., (2020). “Do the stock returns of clean energy corporations respond to oil price shocks and policy uncertainty?”. *Journal of economic structures*, 9(1): 53. <https://doi.org/10.1186/s40008-020-00229-x>
- Zhang, Z., Hao, L., Linghu, Y. & Yi, H., (2023). “Research on the energy poverty reduction effects of green finance in the context of economic policy uncertainty”. *Journal of Cleaner Production*, 410: 137287. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137287>
- Zhang, W., He, X. & Hamori, S., (2023). “The impact of the COVID-19 pandemic and Russia-Ukraine war on multiscale spillovers in green finance markets: Evidence from lower and higher order moments”. *International Review of Financial Analysis*, 89: 102735. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2023.102735>

**Applied Economics Studies, Iran (AESI)**P. ISSN:2322-2530 & E. ISSN: 2322-472X - Journal Homepage: <https://aes.basu.ac.ir/>

Scientific Journal of Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran. Owner & Publisher: Bu-Ali Sina University.

© Copyright © 2026 The Authors. Published by Bu-Ali Sina University.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Bu-Ali Sina University

Economic Analysis of Switching Mining Method from Surface to Underground for Building Stone (Case Study: Dehbid Stone Mine)

Majid Noorian-Bidgoli¹ , Ebrahim Mahdavi²

Type of Article: Research

 <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30819.3784>

Received: 2025/04/19; Revised: 2025/07/22; Accepted: 2025/07/22

Pp: 129-165

Abstract

The underground extraction of building stone, in addition to reducing the environmental issues associated with surface mining, makes mining more cost-effective. Therefore, this study focuses on the economic analysis of changing the mining method for building stone from surface quarry mining to underground room and pillar mining. For this purpose, using data from the Dehbid marble mine, an economic feasibility study of the method change was carried out by determining the investment and operational costs and the revenue generated in both extraction methods. The results indicate that, considering a discount rate of 25%, the net present value (NPV) of the underground mining method is higher than that of the surface mining method, with values of 101,000,000,000,000 Rial and 52,741,000,000,000 Rial, respectively. Furthermore, the internal rate of return (IRR) for underground mining is also higher than for surface mining, with rates of 57.158% and 43.92%, respectively. In both cases, the IRR exceeds the minimum required rate of return, which is 25%. Therefore, based on these indicators, underground mining is more economical in this mine. On the other hand, a comparison of the payback period shows that, for the quarry extraction method, the payback period in normal and circular modes is 4 and 6 years, respectively, whereas for the room and pillar mining method, the payback period is the same for both modes and equals 3 years. Thus, considering the time value of money, underground stone extraction using the room and pillar method in this mine can be more economical.

Keywords: Economic Analysis, Cost, Income, Building Stone Mine, Mining, Room and Pillar Method.

JEL Classification: Q01, O13, L72, D2.

1. Associate Professor, Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering, University of Kashan, Kashan, Iran (Corresponding Author). **Email:** noriyan@kashanu.ac.ir

2. M.Sc. Graduate in Mining Engineering, Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering, University of Kashan, Kashan, Iran.

Citations: Noorian-Bidgoli, M. & Mahdavi, E., (2026). "Economic Analysis of Switching Mining Method from Surface to Underground for Building Stone (Case Study: Dehbid Stone Mine)". *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 14(56): 129-165. <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30819.3784>

Homepage of this Article: https://aes.basu.ac.ir/article_6196.html?lang=en

1. Introduction

In Iran, building and decorative stone mines account for a significant share of the country's mineral production, and therefore, they require technical growth and development to improve mining conditions. High production costs, excessive wastes left in nature, and the use of outdated and unsuitable machinery are some of the major drawbacks of traditional building stone mining methods like quarry. The room and pillar is one of the oldest underground mining methods that can be used for the extraction of building stones.

In general, the advantages of underground mining methods for stone extraction compared to surface mining include no need for waste removal before and during extraction, elimination of waste dumps, reduction in the rate and amount of development before extraction, no need for stabilizing slopes, preservation of the area's topography and vegetation, and increased work efficiency by utilizing the temperature conditions in the underground, especially in summer and winter.

Since underground mining methods have not yet been used in building stone mines in Iran, this study is the first to investigate the feasibility of underground mining for building stones in Iran. In fact, the main goal of this research is to assess the feasibility of switching the mining method from quarry to the room and pillar mining method. For this purpose, data and conditions from one of the mines in the Dehbid stone complex, one of the active and well-known marble regions in Iran, were used. The feasibility study of underground mining using the room and pillar method in this mine, compared to the quarry mining method, was carried out in both technical and economic aspects. This article focuses on the economic analysis of switching the mining method from quarry to room and pillar.

2. Materials and Methods

Dehbid marble is widely regarded as one of the highest-quality and most renowned marbles globally, particularly distinguished by its exceptional color and texture. This stone is extracted from several mines, with the present study being conducted at the Angorak marble mine. The mine is situated in Khorrambid city (historically known as Dehbid), in the northern region of Fars province, located in the southern part of Iran.

In order to conduct an economic evaluation of any mining project, it is crucial to first determine the associated costs and then assess the feasibility of the proposed methods. In this study, a comprehensive analysis of the investment, operational, and ongoing costs for the Dehbid marble mine, utilizing both quarry and room and pillar mining methods, is presented. The economic feasibility of these two methods is subsequently assessed using the COMFAR software. Ultimately, the most economically viable extraction method is identified based on key economic indicators. It is important to note that all cost estimates were derived from field research and operational prices for 2023, based on data from the nearest active mines in the region under study. As per the mining license, the marble reserve of the specified mine is estimated at 1,160,000 tons. Consequently, the annual production capacity is determined to be 80,000 tons, with the mine's operational lifespan projected to be 15 years.

In this research, fundamental economic indicators, specifically the net present value (NPV) of total investment and the internal rate of return (IRR), were employed to evaluate the economic feasibility of the Dehbid mine using both quarry and room and pillar mining methods. To achieve this, detailed tables for the economic analysis of the two mining methods were first compiled and organized. Subsequently, the total investment and

operational costs, along with their respective subcomponents, were calculated. The economic computations and their corresponding analysis were then performed.

3. Discussion

The net present value (NPV) is a crucial financial metric used in investment project analysis, enabling analysts to evaluate the profitability of a project by comparing the present value of expected revenues to the initial costs. The findings of this study indicate that the room-and-pillar method generates a higher NPV, suggesting that investing in this method is more economically advantageous than the quarry method. Specifically, with the 25% discount rate applied in this study, the elevated NPV reflects the potential for greater future returns in relation to the present costs of the project.

The internal rate of return (IRR) is the rate at which the NPV equals zero and reflects the profitability of a project. With the room and pillar mining method, operational costs are lower due to the absence of tailings removal, and higher-quality stone blocks are extracted more efficiently, leading to increased sales revenue. As a result, the IRR for the room-and-pillar method is expected to surpass that of the quarry method. In the case of the studied mine, the room-and-pillar method proves more effective in attracting financial resources and generating higher returns. A higher IRR typically indicates greater short-term profitability and lower investment risk, with reduced operational costs and higher sales revenue driving the increase in IRR.

In general, the shorter payback period for the room and pillar method, when compared to the quarry method, can be attributed to several factors. These include lower operational costs resulting from the use of simpler and fewer pieces of equipment in underground mining, higher productivity and more targeted extraction of high-quality stones, and faster revenue generation due to the quicker sale of the extracted stones. Additionally, the time value of money is more effectively compensated in projects with a shorter payback period, further enhancing the financial feasibility of the room-and-pillar method.

4. Conclusion

While surface mining of building stone utilizing the quarry method remains a prevalent practice, the room and pillar mining method offers a compelling underground alternative for stone extraction. Considering that underground mining for building stones has yet to be implemented in Iran, this study endeavors to evaluate the feasibility of applying the room and pillar method for underground stone mining, specifically at the Dehbid marble mine. The findings are summarized as follows:

- At a discount rate of 25%, the net present value (NPV) for the underground mining method (101,000,000,000,000 Rial) exceeds that of the surface mining method (52,741,000,000,000 Rial). Consequently, based on this economic metric, underground mining of building stone proves to be more financially viable.
- The internal rate of return (IRR) for both surface and underground mining methods exceeds the minimum required rate of return (25%). However, the IRR for underground mining (57.158%) surpasses that of surface mining (43.92%). This suggests that, from a financial perspective, underground mining is the more advantageous method.
- Sensitivity analysis conducted during the economic evaluation phase indicates that, for the quarry method, sales revenue exerts the most significant impact on the IRR,

while an increase in fixed assets has the least influence. In contrast, for the room-and-pillar method, sales revenue and operational costs are the primary factors affecting the IRR, with sales revenue having the greatest impact.

- A comparison of the payback periods reveals that, under the quarry method, the payback period is 4 years in a normal scenario and 6 years in a circulating scenario. Conversely, the payback period for the room-and-pillar method is consistent in both scenarios, at 3 years. Thus, factoring in the time value of money, underground mining via the room-and-pillar method proves to be the more cost-effective approach.

Therefore, based on the analysis of nearly all economic indicators, it is evident that the adoption of the room-and-pillar mining method over the quarry method in the Dehbid marble mine is both economically viable and justifiable.

Acknowledgments

The authors would like to express their gratitude to the editor and anonymous reviewers for providing comments, correcting deficiencies, and improving the article.

Observation Contribution

The author declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest while observing publication ethics in referencing.



فصلنامه علمی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
 شاپای چاپی: ۲۵۲۰-۲۳۲۲؛ شاپای الکترونیکی: ۴۷۲۸-۲۳۲۲ - وبسایت نشریه: <https://aes.basu.ac.ir>
 نشریه گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
 حق انتشار این مستند، متعلق به نویسنده(گان) آن است. ۱۴۰۴ - ناشر این مقاله، دانشگاه بوعلی سینا است.
 این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
 Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).



تحلیل اقتصادی تغییر روش معدن کار از سطحی به زیرزمینی سنگ ساختمانی (مطالعه موردی: معدن سنگ ساختمانی دهبید)

مجید نوریان بیدگلی^۱، ابراهیم مهدوی^۲

نوع مقاله: پژوهشی

شناسه دیجیتال: <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30819.3784>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۳۰، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۰۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۶

صص: ۱۶۵-۱۲۹

چکیده

استخراج سنگ ساختمانی به روش زیرزمینی، علاوه بر کاهش مشکلات زیست محیطی موجود در روش سطحی، باعث اقتصادی تر شدن معدن کاری می شود؛ لذا در این پژوهش، به تحلیل اقتصادی تغییر روش معدن کار سنگ ساختمانی، از روش استخراج سطحی کواری به روش استخراج زیرزمینی اتاق و پایه، پرداخته شده است. بدین منظور، با استفاده از اطلاعات معدن سنگ مرمریت دهبید، امکان سنجی اقتصادی تغییر روش با تعیین هزینه های سرمایه گذاری و عملیاتی و میزان درآمد به دست آمده در هر دو روش استخراج مذکور، انجام شده است. نتایج نشان می دهد که با در نظر گرفتن نرخ تنزیل ۲۵٪، ارزش خالص فعلی (NPV) به دست آمده در روش معدن کار زیرزمینی بیشتر از معدن کار سطحی بوده و به ترتیب برابر با ۱۰۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال و ۵۲,۷۴۱,۰۰۰,۰۰۰ ریال است. هم چنین نرخ بازگشت داخلی (IRR) به دست آمده برای روش معدن کار زیرزمینی نیز بیشتر از معدن کار سطحی بوده و به ترتیب برابر با ۱۵۸/۵۷٪ و ۴۳/۹۲٪ است. در این حالت برای هر دو روش معدن کار، نرخ بازگشت داخلی از حداقل نرخ جذب کننده، یعنی ۲۵٪، بیشتر است؛ لذا براساس این شاخص ها، معدن کاری زیرزمینی در این معدن اقتصادی تر است. از طرفی، مقایسه بین دوره بازگشت سرمایه نشان می دهد که در روش استخراج کواری، طول این دوره در حالت عادی و در گردش به ترتیب برابر با ۴ و ۶ سال، ولی در روش استخراج اتاق و پایه در دو حالت مذکور با هم یکسان و برابر با ۳ سال می باشد؛ لذا با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول، استخراج زیرزمینی سنگ در معدن مذکور به روش استخراج اتاق و پایه می تواند اقتصادی تر باشد.

کلیدواژگان: تحلیل اقتصادی، هزینه، درآمد، معدن سنگ ساختمانی، معدن کاری.

طبقه بندی JEL: Q01, O13, L72, D2.

۱. دانشیار گروه مهندسی معدن، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران (نویسنده مسئول).

Email: norijan@kashanu.ac.ir

۲. کارشناسی ارشد استخراج مواد معدنی، گروه مهندسی معدن، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

Email: ebrahimmahdavi123456@gmail.com

ارجاع به مقاله: نوریان بیدگلی، مجید؛ و مهدوی، ابراهیم، (۱۴۰۴). «تحلیل اقتصادی تغییر روش معدن کار از سطحی به زیرزمینی سنگ ساختمانی (مطالعه موردی: معدن سنگ ساختمانی دهبید)». مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۱۴(۵۶): ۱۶۵-۱۲۹. <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30819.3784>

صفحه اصلی مقاله در سامانه نشریه: https://aes.basu.ac.ir/article_6196.html?lang=fa

۱. مقدمه

در ایران، معادن سنگ ساختمانی یا تزئینی و نما سهم عمده‌ای از تولیدات معدنی کشور را به خود اختصاص داده‌اند، لذا نیازمند رشد و توسعه فنی در راستای افزایش بهبود شرایط معدن‌کاری هستند. قرارگرفتن ایران جزء کشورهای پیش‌روی تولیدکننده سنگ ساختمانی در جهان، مؤید اهمیت ویژه صنعت سنگ و لزوم توجه بیشتر به آن است.

هزینه تولید بالا، تولید ضایعات و باطله بسیار زیاد رهاشده در طبیعت و استفاده از دستگاه‌های نامناسب و فرسوده، از جمله معایب عمده استخراج سنگ ساختمانی به روش‌های سنتی است. این عوامل باعث کاهش کارایی و افت کیفیت محصول نهایی می‌شود (ایجدیمو و سودیرهولم^۱، ۲۰۱۱؛ کارفالیو^۲، ۲۰۱۷). بنابراین، برای رسیدن به توسعه پایدار در معادن، باید به‌سوی معدن‌کار نوین و پیشرفته گام برداشت و از تکنیک‌ها و دستگاه‌های با بهره‌وری بالا استفاده نمود (عصر و همکاران^۳، ۲۰۱۹). امروزه با توجه به برتری نسبی اقتصادی-زیست‌محیطی معدن‌کار زیرزمینی نسبت به سطحی، روش‌های معدن‌کار زیرزمینی برای استخراج سنگ‌های ساختمانی، مورد توجه قرار گرفته‌اند (نیلسون^۴، ۱۹۸۲؛ قربانی و همکاران^۵، ۲۰۲۳).

از متداول‌ترین روش‌های معدن‌کار سنگ ساختمانی، استخراج به روش کواری است (هاموند^۶، ۱۹۸۸). این روش، جزء روش‌های معدن‌کار سطحی بوده که در آن کلیه عملیات واحد تولید بر روی پله‌های معدنی (با شیب ۹۰ درجه) واقع در سطح یا نزدیک به سطح زمین انجام می‌گیرد. در این روش، اغلب از روش چال موازی و یا سیم برش فولادی یا الماسه برای تولید بلوک‌های سنگی بزرگ مقیاس استفاده می‌شود. ضمن این‌که در این روش، امکان استفاده از ماشین سنگ‌بر (هاواژ)، با مکانیزم برش سنگ توسط تیغه یا اره نیز وجود دارد (محمدی و همکاران^۷، ۲۰۱۸).

از معضلات عمده معدن‌کاری سنگ ساختمانی به روش استخراج کواری، باطله‌برداری و تولید حجم زیاد ضایعات سنگی همراه با استخراج معدن است. هم‌سپنین با افزایش عمق معدن‌کار در طول عمر معدن، ضمن اینکه شرایط اجرای روش از لحاظ فنی مشکل شده و در برخی از موارد حتی غیرممکن می‌گردد، باعث می‌شود به دلیل افزایش حجم باطله‌برداری، معدن‌کار از حالت اقتصادی خارج شود. این موضوع در مناطق کوهستانی و مواردی که حجم زیادی از کانسار در عمق زمین واقع شده، حادث‌تر است. از لحاظ معضلات زیست‌محیطی نیز، آلودگی‌های تولید شده حین استخراج که باعث ایجاد گرد و غبار و سر و صدای زیاد می‌شود، باعث شده است که معدن‌کار سنگ ساختمانی به روش‌های سطحی غیرمطلوب و در اغلب موارد غیرممکن گردد (لانجر^۸، ۲۰۰۱).

در حال حاضر، اغلب کشورهای عضو اتحادیه اروپا از جمله ایتالیا، پرچمدار صنعت سنگ با تولید سنگ‌های ساختمانی بسیار باکیفیت و زیبا، در عمق کوه‌های سراسر پوشیده از درختان بدون مشکلات زیست‌محیطی، به

¹ Ejdemo and Söderholm

² Carvalho

³ Asr et al.

⁴ Nilsson

⁵ Ghorbani et al.

⁶ Hammond

⁷ Mohammadi et al.

⁸ Langer

روش استخراج زیرزمینی هستند. لذا با انتخاب روش های معدن کار زیرزمینی برای استخراج سنگ های ساختمانی، می توان تا حد زیادی، این اثرات مخرب را کاهش داد. همچنین این روش ها، تحت شرایط خاص، می تواند جایگزین مناسبی برای ادامه روش های استخراج سطحی سنگ های ساختمانی باشد (فوجیل و همکاران^۹، ۲۰۱۷؛ ماراس و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۸). از طرف دیگر، مهم ترین عامل مؤثر برای توجیه یک روش استخراج در یک معدن، قیمت تمام شده هر تن سنگ است. این موضوع، بستگی به نحوه معدن کاری و کل هزینه های سرمایه گذاری، جاری و عملیاتی استخراج دارد. معمولاً معادن سنگ ساختمانی که حجم باطله بردای و عمق زیادی دارند، با گسترش ابعاد و عمق معدن کار، دچار محدودیت می شوند (هاموند، ۱۹۸۸). در این حالت، استخراج بسیار پرهزینه و توجیه ناپذیر خواهد شد. لذا دلایل اقتصادی می تواند یکی از مهم ترین عوامل مؤثر در تغییر روش استخراج سنگ ساختمانی از سطحی به زیرزمینی، برای تولید بلوک های سنگی با کم ترین هزینه، باشد (فون و تریسفتیش^{۱۱}، ۲۰۱۲؛ ویسوکینسکی و همکاران^{۱۲}، ۲۰۱۴).

سوابق به دست آمده در دیگر کشورهای دنیا نظیر؛ آمریکا (ایاناتشونی^{۱۳}، ۱۹۹۹؛ استرهویزن و همکاران^{۱۴}، ۲۰۱۱)، اسپانیا (العمده-گونزالو و همکاران^{۱۵}، ۲۰۱۳)، اسلواکی (ریبار و همکاران^{۱۶}، ۲۰۱۷)، اسلونی (کورتینیک^{۱۷}، ۲۰۰۹؛ کورتینیک، ۲۰۱۲؛ کورتینیک، ۲۰۱۵)، انگلستان (میلار و همکاران^{۱۸}، ۲۰۱۲)، ایتالیا (کرافیرو و همکاران^{۱۹}، ۱۹۹۷؛ بیلینزا و همکاران^{۲۰}، ۲۰۰۰؛ فورنارو و لوفیرا^{۲۱}، ۲۰۰۴؛ برونو شیروبینی^{۲۲}، ۲۰۰۵؛ بونیتو و همکاران^{۲۳}، ۲۰۰۸؛ فیرو و همکاران^{۲۴}، ۲۰۰۹؛ فیرو و همکاران، ۲۰۱۰؛ کاریدو و همکاران^{۲۵}، ۲۰۱۰؛ هوماک و همکاران^{۲۶}، ۲۰۱۲؛ مارکیتی و همکاران^{۲۷}، ۲۰۱۲؛ بورشیلینیا و همکاران^{۲۸}، ۲۰۱۳؛ فیرو و همکاران، ۲۰۱۳؛ اوگیری و اوریتیس^{۲۹}، ۲۰۱۵؛ کاردو و همکاران^{۳۰}، ۲۰۱۶؛ بونیتو و همکاران، ۲۰۲۱؛ جروسو و همکاران^{۳۱}، ۲۰۲۱؛ بیوندی و همکاران^{۳۲}، ۲۰۲۲)، بلژیک (دیفلیشاور و همکاران^{۳۳}، ۲۰۰۶؛ فان دن ایکهاوت و همکاران^{۳۴}، ۲۰۲۱).

⁹ Fugiel *et al.*

¹⁰ Marras *et al.*

¹¹ Vaughn and Tripceovich

¹² Wysokiński *et al.*

¹³ Iannacchione

¹⁴ Esterhuizen *et al.*

¹⁵ Alcalde-Gonzalo *et al.*

¹⁶ Rybár *et al.*

¹⁷ Kortnik

¹⁸ Millar *et al.*

¹⁹ Cravero *et al.*

²⁰ Pelizza *et al.*

²¹ Fornaro and Lovera

²² Bruno and Cherubini

²³ Bonetto *et al.*

²⁴ Ferrero *et al.*

²⁵ Careddu *et al.*

²⁶ He Mc *et al.*

²⁷ Marchetti *et al.*

²⁸ Borchellinia *et al.*

²⁹ Oggeri and Oreste

³⁰ Cardu *et al.*

³¹ Grosso *et al.*

³² Biondi *et al.*

³³ Devleeschouwer *et al.*

³⁴ Van Den Eeckhaut *et al.*

(۲۰۰۷)، پرتغال (اوغیری و همکاران، ۲۰۰۱؛ مارتینز و همکاران^{۳۵}، ۲۰۱۷)، ترکیه (اکسوی و اونارجان^{۳۶}، ۲۰۰۶؛ کون^{۳۷}، ۲۰۱۴)، تونس (جید و همکاران^{۳۸}، ۲۰۱۵)، چین (تان و همکاران^{۳۹}، ۲۰۱۹)، روسیه (یانوفسکیا و همکاران^{۴۰}، ۲۰۱۵)، ژاپن (دینتوی و همکاران^{۴۱}، ۲۰۱۷؛ سیکی و همکاران^{۴۲}، ۲۰۱۹)، فرانسه (کوت و همکاران^{۴۳}، ۲۰۰۵؛ دیفوس و همکاران^{۴۴}، ۲۰۱۰؛ فارغیر و همکاران^{۴۵}، ۲۰۱۷)، کره شمالی (یانگ و همکاران^{۴۶}، ۲۰۱۲)، هند (کومار و همکاران^{۴۷}، ۲۰۱۶)، هنگ کنگ (چان و همکاران^{۴۸}، ۲۰۱۷)، و یونان (کراسولیس و همکاران^{۴۹}، ۱۹۹۹؛ بیناردوس و همکاران^{۵۰}، ۲۰۰۱) نشان‌دهنده امکان‌پذیر بودن استفاده از معدن کار زیرزمینی سنگ ساختمانی در اکثر موارد بوده است. در اغلب این معادن، از گذشته تا حال، معدن کار زیرزمینی سنگ ساختمانی به روش استخراج اتاق و پایه انجام می‌شود (سیلفرتانت^{۵۱}، ۲۰۰۸). در این نوع معادن، تبدیل روش معدن کار سنگ ساختمانی از سطحی به زیرزمینی و یا انتخاب مستقیم معدن کار زیرزمینی سنگ ساختمانی، علاوه بر کاهش و یا حذف کامل مشکلات زیست‌محیطی منطقه، باعث توسعه پایدار منطقه نیز شده است (ساهو و همکاران^{۵۲}، ۲۰۱۵). لذا می‌توان نتیجه گرفت که استخراج سنگ ساختمانی به روش‌های زیرزمینی مزیت‌های قابل توجهی دارد.

به‌طورکلی، مزیت‌های استخراج سنگ ساختمانی به روش‌های معدن‌کاری زیرزمینی نسبت به معدن‌کاری سطحی عبارتند از:

- عدم نیاز به روباره و باطله‌برداری قبل و حین استخراج
- حذف انباشتگاه باطله و ضایعات سنگ
- کاهش نرخ و میزان آماده‌سازی قبل از استخراج
- عدم نیاز به کنترل و پایداری دیواره پله‌های استخراجی
- کاهش آلودگی‌های آب و هوایی و صوتی منطقه
- حفظ توپوگرافی و پوشش گیاهی منطقه
- افزایش راندمان کار با استفاده از شرایط دمایی در زیرزمین (خنکی هوا در تابستان و گرمای زمین در زمستان)
- افزایش ایمنی فضای کار به دلیل مقاومت بالای مواد

³⁵ Martins *et al.*

³⁶ Aksoy and Onargan

³⁷ Kun

³⁸ Gaied *et al.*

³⁹ Tan *et al.*

⁴⁰ Yanovskaya and Garshin

⁴¹ Dintwe *et al.*

⁴² Seiki *et al.*

⁴³ Cote *et al.*

⁴⁴ Devos *et al.*

⁴⁵ Fargier *et al.*

⁴⁶ Yang *et al.*

⁴⁷ Kumar *et al.*

⁴⁸ Chan *et al.*

⁴⁹ Crassoulis *et al.*

⁵⁰ Benardos *et al.*

⁵¹ Silvertant

⁵² Sahu *et al.*

- کم شدن هزینه بازکردن اولیه معدن از نظر زمان و فضای اشغال شده در سطح زمین (بدون نیاز به زمان باطله بردای و ایجاد انباشتگاه)

روش استخراج اتاق و پایه، یکی از قدیمی ترین روش های استخراج زیرزمینی است که از گذشته در اروپا برای استخراج سنگ های ساختمانی استفاده شده است (سیلفرانت، ۲۰۰۸). این روش را که به آن روش استخراج کارگاه باز نیز گفته می شود، اصولاً جزء روش های بدون نگهداری مصنوعی یا با نگهداری طبیعی است (هوسترولید و بولوک^{۵۳}، ۲۰۰۱). در حال حاضر، این روش معدن کار جزء پرکاربردترین روش استخراج سنگ ساختمانی به روش زیرزمینی است (شکل ۱).



شکل ۱: معدن سنگ ساختمانی زیرزمینی دانبی امریکا

Fig. 1: Danby underground building stone mine.

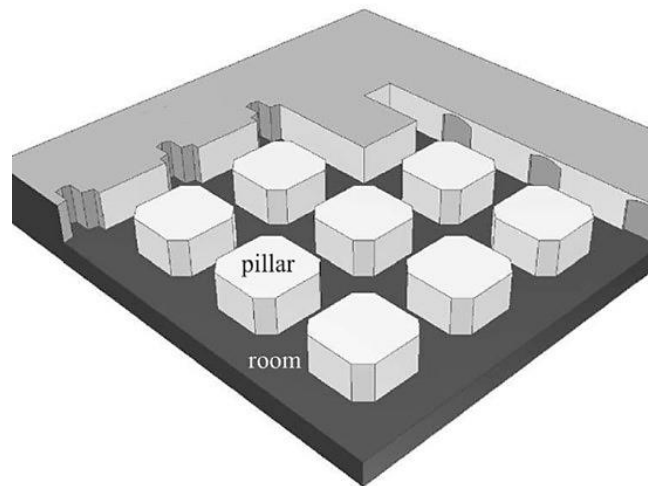
مراحل معدن کاری در روش اتاق و پایه به این صورت است که در ابتدا اتاق هایی با فواصل منظم و متوالی در راستای طول پهنه استخراجی، ایجاد می شود. در این مرحله با ایجاد این اتاق ها، بخش قابل توجهی از کانسار استخراج و بخش دیگر به صورت پایه های نواری طویل در کارگاه استخراج جانمایی می شود. در مرحله بعد، اتاق های موازی دیگری در راستای عرض پهنه کارگاه استخراج و به فواصل منظم و متوالی، با هدف استخراج بخشی از پایه های نواری مرحله قبل، ایجاد می شود (شکل ۲). لذا طی این دو مرحله، استخراج ماده معدنی انجام می شود و بخشی از ماده معدنی به صورت پایه های زنجیری، به عنوان سیستم نگهداری طبیعی، در کارگاه استخراج جانمایی می شود (هارتمن و موتمانسکی^{۵۴}، ۲۰۰۲).

معمولاً ارزیابی اقتصادی طرح های مهندسی با محاسبه هزینه های اجرای پروژه و درآمدهای حاصله از آن و با استفاده از شاخص های اقتصادی نظیر؛ ارزش خالص فعلی (NPV) و نرخ بازگشت داخلی (IRR) انجام می شود. به عنوان مثال، تبدیل درآمد و هزینه های طرح به نرخ ارزش فعلی یا استفاده از نرخ تنزیل با توجه به شرایط

⁵³ Hustrulid and Bullock

⁵⁴ Hartman and Mutmanský

اقتصادی کشور، از جمله روش‌های پرکاربرد برای ارزیابی اقتصادی طرح‌های صنعتی و انتخاب گزینه برتر است (خداپرست و قزلباش، ۱۳۹۵).



شکل ۲: نمایی شماتیک از روش استخراج اتاق و پایه

Fig. 2: Schematic view of room and pillar mining method

به دلیل این که تاکنون از روش‌های استخراج زیرزمینی در معادن سنگ ساختمانی ایران استفاده نشده است، لذا در این تحقیق، برای اولین بار، به بررسی امکان‌پذیر بودن معدن‌کار زیرزمینی سنگ ساختمانی در ایران، پرداخته شده است. در واقع امکان‌سنجی تغییر روش معدن‌کاری از روش استخراج کواری به روش استخراج اتاق و پایه از اهداف اصلی این تحقیق است. به این منظور، از اطلاعات و شرایط موجود در یکی از معادن مجتمع سنگ دهبید، به عنوان یکی از مناطق فعال و معروف سنگ مرمریت در ایران، استفاده شده است. مطالعه امکان-سنجی معدن‌کاری زیرزمینی به روش اتاق و پایه در این معدن در مقایسه با روش استخراج کواری در دو بخش فنی و اقتصادی انجام شده که در این مقاله، به تحلیل اقتصادی تغییر روش استخراج از کواری به اتاق و پایه پرداخته شده است.

۲. معدن سنگ مرمریت دهبید

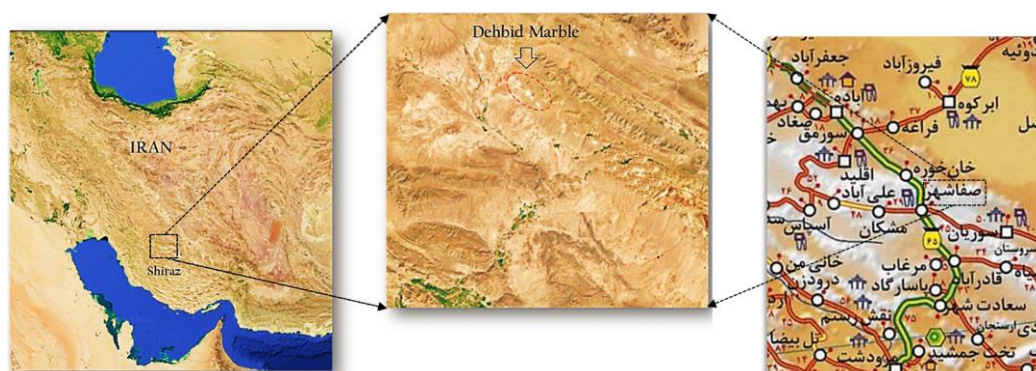
سنگ دهبید، یکی از مرغوب‌ترین و شناخته‌شده‌ترین سنگ مرمریت (از نظر رنگ و جنس) در ایران و جهان است. این سنگ، از معادن مختلفی نظیر، چاه‌مرغی، شایان، انگورک، ثمین، چهرک، دیپلمات، کوه سفید، آشفته و حسن‌آباد، در رنگ‌های کرم روشن، کرم، کرم گل‌دار و بژ، استخراج می‌گردد. این تحقیق، در معدن سنگ انگورک انجام شده است.

معدن سنگ مرمریت مذکور، در شهرستان خرم‌بید (دهبید قدیم)، در شمال استان فارس و در فاصله حدود ۱۰ کیلومتری شهر صفاشهر، واقع است. صفاشهر در فاصله ۱۷۰ کیلومتری شمال شیراز قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۲۳۲۴ متر است. صفاشهر، بلندترین شهرستان فارس و پنجمین شهر مرتفع ایران است و آن را

بام فارس می‌نامند. این شهرستان، از شمال به استان یزد (شهرستان ابرکوه)، از جنوب به شهرستان پاسارگاد، از شرق به شهرستان بوانات و از غرب به شهرستان اقلید محصور می‌شود. مجتمع سنگ دهبید، در فاصله حدود ۱۷۵ کیلومتری شمال شرقی شیراز و در ارتفاع متوسط ۲۵۰۰ متر از سطح دریا، در مسیر جاده آسفالت شیراز-آباد قرار گرفته است (شکل ۳).

معدن سنگ انگورک، از مجموعه معدن سنگ دهبید در ناحیه استحفاظی پاسگاه نیروی انتظامی دهبید و در حوزه سرپرستی سازمان صنایع و معدن استان فارس قرار دارد. آب مورد نیاز این معدن، از چشمه‌هایی که در مجاورت معدن قرار دارند، تأمین می‌شود. از این چشمه‌ها می‌توان آب صنعتی برای بهره‌برداری و استخراج سنگ با سیم‌برش را تأمین نمود. نیروی انسانی ساده مورد نیاز این معدن، اکثراً از روستاهای اطراف و نیروی ماهر، از نقاط دورتر تأمین می‌شود.

کانسار مورد مطالعه، شامل یک توده سنگ آهکی کریستالیزه است که با نام تجاری مرمریت استخوانی شناخته می‌شود. این کانسار را می‌توان از مجموعه مرمریت دولومیت‌های زون سندج-سیرجان دانست. طبقات مرمر دولومیتی در یک دگرگونی ولکانیکی باریک میان لایه‌ای همراه با شیست سبز آمفیبولیت، لاوهای اولترابازیک و محصولات پیروکالستیکی مربوط به ولکانیزم بازیک در یک مجموعه افولیتی قرار گرفته‌اند. ارزنده‌ترین ذخایر مرمریت ایران، از نظر میزان ذخیره و کیفیت، در این زون واقع شده‌اند.



شکل ۳: موقعیت جغرافیایی معدن سنگ مرمریت دهبید

Fig. 3: Geographical location of the Dehbid marble stone mine.

طراحی و انتخاب روش استخراج در این معدن، همانند دیگر معادن سنگ ساختمانی ایران، ب صورت سطحی و روش پلکانی (تحت عنوان روش استخراج کواری) انجام شده است. در این گونه معادن، با وجود توپوگرافی زیاد، معدن کار شامل احداث راه دسترسی به ذخیره و بازگشایی آن با باطله‌برداری و آماده‌سازی و نهایتاً احداث پله‌های استخراجی است.

۳. تحلیل اقتصادی تبدیل روش استخراج سطحی به زیرزمینی

به‌منظور بررسی اقتصادی هر طرح معدنی، نیازمند تعیین هزینه‌ها و سپس امکان‌سنجی انجام آن است. لذا در این بخش، به بررسی کلیه هزینه‌های سرمایه‌گذاری، عملیاتی و جاری معدن سنگ دهبید، توسط روش‌های استخراج

کواری و اتاق و پایه، پرداخته شده است. سپس امکان‌سنجی اقتصادی این دو روش با نرم افزار COMFAR انجام شده است. در نهایت با توجه به معیارهای اقتصادی نظیر ارزش خالص فعلی، روش استخراج برتر تعیین شده است. لازم به ذکر است که کلیه برآورد هزینه‌ها به صورت تحقیقات میدانی و قیمت عملیاتی سال ۱۴۰۲ هـ.ش.، از نزدیکترین معادن در حال استخراج منطقه مورد مطالعه، انجام شده است. تمامی قیمت‌ها و هزینه‌ها که در محاسبات این تحقیق استفاده شده‌اند، از منابع معتبر و قابل اعتماد به دست آمده‌اند. این داده‌ها از گزارش‌های مالی رسمی و مطالعات بازار مرتبط با صنعت معدن کار و سنگ‌های ساختمانی در منطقه مورد مطالعه، جمع‌آوری شده‌اند. به طور خاص، قیمت‌ها از فروشندگان معتبر داخلی و نهادهای اقتصادی فعال در این صنعت استخراج شده‌اند. برای اطمینان از دقت و صحت این داده‌ها، از چندین منبع مختلف استفاده شده تا امکان مقایسه و تطبیق داده‌ها با اطلاعات واقعی بازار فراهم شود. این فرآیند موجب شده است تا داده‌ها از نظر دقت و اعتبار قابل اعتماد باشند. علاوه بر این، برای هر یک از مقادیر مورد استفاده (از جمله هزینه‌های استخراج، حمل‌ونقل و فروش)، نرخ‌های نوسانات بازار در نظر گرفته شده است تا از احتمال اشتباه یا انحرافات بازار جلوگیری شود. لذا، تمامی داده‌ها بر اساس شاخص‌های واقعی بازار و استانداردهای صنعتی انتخاب شده‌اند تا اطمینان حاصل شود که محاسبات منعطف و معتبر باقی می‌مانند. همچنین در طول عمر معدن، میزان افزایش هزینه‌های عملیاتی و متغیر معدن، سالانه ۱۰ درصد فرض شده است. در طول دوره بهره‌برداری نیز، ضریب افزایش قیمت فروش سالانه ۱۰ درصد در نظر گرفته شده است.

۳-۱. تحلیل اقتصادی استخراج معدن به روش سطحی

بر اساس پروانه بهره‌برداری، اطلاعات زمانی مراحل معدن‌کاری معدن به روش استخراج کواری در جدول ۱ آورده شده است. میزان ذخیره مرمیت معدن، بر اساس طرح بهره‌برداری شماره ۲۲۷۷۶، صادر شده از طرف سازمان صنعت، معدن و تجارت، ۱۱۶۰۰۰۰ تن است. بر این اساس، ظرفیت تولید معین سالانه ۸۰۰۰۰ تن بوده و عمر معدن (مدت بهره‌برداری) ۱۵ ساله در نظر گرفته شده است. در استخراج به روش کواری فرض شده است که بهره‌برداری بلافاصله بعد از مرحله آماده‌سازی شروع خواهد شد.

جدول ۱: اطلاعات زمانی مراحل معدن‌کاری معدن به روش استخراج کواری

Tab. 1: Time information of mining stages with quarry

روش استخراج	مراحل معدن‌کاری		عمر معدن	
	آماده‌سازی	بهره‌برداری	شروع	پایان
کواری	۱ سال	۱۴ سال	۱۴۰۲/۰۱/۰۱	۱۴۱۶/۰۱/۰۱

هم‌چنین در جدول ۲ نیز، مشخصات کلی تولید استخراج معدن به روش استخراج کواری آورده شده است. در این تحقیق، استهلاک به روش خطی نزولی و مالیات طبق تعرفه سازمان صنعت، معدن و تجارت، بر اساس مالیات بر درآمد و حقوق دولتی، محاسبه شده است. با توجه به وضعیت توپوگرافی منطقه، باید در دوره

آماده‌سازی و بهره‌برداری حجم زیادی باطله‌برداری، در محدوده ۱۰ هزار متری معدن، انجام شود. به دلیل حجم باطله زیاد در روش استخراج کواری، تعداد سه عدد کارگاه استخراج برای باطله‌برداری به صورت برشی-انفجاری در مدت زمان معین در نظر گرفته شده است.

جدول ۲: مشخصات کلی تولید استخراج معدن به روش کواری

Tab. 2: General characteristics of quarry mining production

پارامتر	واحد	مقدار (توضیحات)
محصول	-	سنگ مرمریت تزئینی
مقدار کل ذخیره	تن	۱۰۱۶۰۰۰۰
میزان تولید سالیانه (تن)	تن	تولید با ۷۰٪ ظرفیت: ۵۶۰۰۰ تولید با ۸۵٪ ظرفیت: ۶۸۰۰۰ تولید با ظرفیت کامل: ۸۰۰۰۰
قیمت متوسط فروش	ریال / تن	۳۵۰۰۰۰۰۰
حقوق دولتی	ریال	۰/۵ درصد فروش
نرخ مالیات	درصد	۲۵

در جدول ۳ میزان باطله و سنگ و هزینه لازم برای باطله‌برداری معدن مذکور آورده شده است. همچنین هزینه‌های باطله‌برداری و استخراج سنگ، همراه با مشخصات فنی روش استخراج در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به اطلاعات این جداول، هزینه کل باطله‌برداری در روش استخراج کواری، در صورت واگذاری به پیمانکار، با احتساب ۱۰۷۴۲۰۰۰ تن باطله و هزینه باطله‌برداری ۴۰۵۰۰۰۰۰ ریال بر تن، مبلغ ۷۸۴۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال خواهد بود.

جدول ۳: میزان باطله و سنگ قابل استخراج در معدن کاری کواری

Tab. 3: The amount of waste and ore in quarry mining

نوع ماده	مقدار (تن)
باطله	۱۰۷۴۲۰۰۰
سنگ قابل استخراج	۱۰۱۶۰۰۰۰

جدول ۴: اطلاعات کلی نحوه استخراج معدن به روش کواری

Tab. 4: General information of quarry mining

پارامتر	واحد	مقدار
مساحت کارگاه استخراج (۹۶×۱۱۲)	مترمربع	۱۰۷۵۲
ارتفاع باطله	متر	۶۰
ارتفاع سنگ استخراجی	متر	۴۰
وزن مخصوص سنگ	تن / مترمکعب	۲/۶۹
هزینه باطله‌برداری و استخراج	ریال / تن	۴۰۵۰۰۰۰۰

۳-۱-۱. هزینه‌های سرمایه‌گذاری روش استخراج کواری

هزینه‌های سرمایه‌گذاری شامل؛ هزینه‌های ساخت تأسیسات و ساختمان‌های مورد نیاز برای راه‌اندازی معدن سنگ به روش استخراج کواری (جدول ۵) و هزینه‌های خرید ماشین‌های مورد نیاز (جدول ۶) برای این منظور است. علاوه بر این، هزینه آماده‌سازی اولیه نیز وجود دارد که در جدول ۷، به همراه مجموع هزینه‌های سرمایه‌گذاری آورده شده است.

جدول ۵: هزینه‌های ساختمان‌ها و تأسیسات مورد نیاز روش استخراج کواری

Tab. 5: Costs of buildings and facilities required for quarry mining

شرح تأسیسات	مشخصات	واحد	ارزش واحد (ریال)	ارزش کل (ریال)
ساختمان‌های اداری، مسکونی و خدماتی با تجهیزات	۵۰۰	مترمربع	۱۰.۰۰۰.۰۰۰	۵۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
تعمیرگاه و جایگاه سرویس ماشین‌های سبک و سنگین	۱۵۰	مترمربع	۶۰.۰۰۰.۰۰۰	۹.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
انبار وسایل و لوازم	۱۰۰	مترمربع	۸۰.۰۰۰.۰۰۰	۸.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
مخزن سوخت	۳×۲۰۰۰	لیتر	۴۰.۰۰۰	۲.۴۰۰.۰۰۰.۰۰۰
مخزن آب	۲×۲۰۰۰	لیتر	۴۰.۰۰۰	۱۶۰۰.۰۰۰.۰۰۰
جمع کل هزینه‌ها (ریال)				۷۱.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰

جدول ۶: هزینه‌های ماشین‌های مورد نیاز روش استخراج کواری

Tab. 6: Costs of machinery required for quarry mining

نام دستگاه	مشخصات دستگاه	تعداد	ارزش کل (ریال)
لودر	KOMATSUWA600	۳	۶۰۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
بیل مکانیکی	KOMATSUW-PC-400	۳	۴۵۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
بلدوزر	KOMATSU155	۲	۱۶۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
کامیون	KOMATSU HD465-5	۴	۴۲۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
ژنراتور	VOLVOPENTA-M12	۲	۱۲۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
کمپرسور	CUMMINS700	۲	۲۰۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
دستگاه سیم‌برش الماسه	HP60	۶	۱۸۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
دستگاه حفاری راسل	DTH90	۱۲	۱۵۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
کامیون حمل آب	BENZ	۱	۴۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
وانت	مزدا	۱	۵۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
جمع کل هزینه‌ها (ریال)			۱.۷۴۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰

جدول ۷: کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری استخراج معدن به روش کواری

Tab. 7: The total investment costs of quarry mining

شرح	هزینه (ریال)	نحوه مستهلک کردن دارایی
سال	استهلاک	
آماده‌سازی اولیه	۵۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰	۱۵٪
کارهای عمرانی و ساخت‌وساز	۷۱.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰	۱۵٪

تأمین ماشین‌ها و تجهیزات	۱.۷۴۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰	۱۵	%۳۰
جمع کل هزینه‌ها (ریال)	۱.۸۶۱.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰		

۳-۱-۲. هزینه‌های عملیاتی روش استخراج کواری

هزینه‌های عملیاتی یا جاری معدن کار به روش استخراج کواری، شامل دو بخش؛ هزینه‌های نیروی انسانی مورد نیاز در هر شیفت کاری (جدول ۸) و یا سالیانه (جدول ۹)، همچنین هزینه‌های ابزارها و لوازم مصرفی (جدول ۱۰) است. بر این اساس، کل هزینه‌های عملیاتی سالیانه روش استخراج کواری در جدول ۱۱، ارائه شده است.

جدول ۸: هزینه‌های نیروی انسانی مورد نیاز روش استخراج کواری

Tab. 8: Labor costs required for quarry mining

شرح	تعداد	دستمزد ماهیانه هر نفر (ریال)	کل دستمزد سالیانه (ریال)
سرپرست معدن	۱	۲۵۰.۰۰۰.۰۰۰	۳.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
مهندس معدن	۲	۲۵۰.۰۰۰.۰۰۰	۶.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
تکنسین مکانیک	۲	۱۸۰.۰۰۰.۰۰۰	۴.۳۲۰.۰۰۰.۰۰۰
مسئول تدارکات	۱	۱۴۰.۰۰۰.۰۰۰	۱.۶۸۰.۰۰۰.۰۰۰
تکنسین برق	۲	۱۵۰.۰۰۰.۰۰۰	۳.۶۰۰.۰۰۰.۰۰۰
اپراتور دستگاه برش	۴	۱۲۰.۰۰۰.۰۰۰	۵.۷۶۰.۰۰۰.۰۰۰
کارگر حفار	۴	۱۲۰.۰۰۰.۰۰۰	۵.۷۶۰.۰۰۰.۰۰۰
کارگر ماهر	۴	۱۰۰.۰۰۰.۰۰۰	۴.۸۰۰.۰۰۰.۰۰۰
کارگر ساده	۴	۹۵.۰۰۰.۰۰۰	۴.۵۶۰.۰۰۰.۰۰۰
راننده دامتراک	۴	۱۶۰.۰۰۰.۰۰۰	۷.۶۸۰.۰۰۰.۰۰۰
راننده لودر	۳	۲۲۰.۰۰۰.۰۰۰	۷.۹۲۰.۰۰۰.۰۰۰
راننده بولدوزر	۲	۲۰۰.۰۰۰.۰۰۰	۴.۸۰۰.۰۰۰.۰۰۰
راننده بیل	۳	۱۸۰.۰۰۰.۰۰۰	۶.۴۸۰.۰۰۰.۰۰۰
سرویس کار و مکانیک	۲	۱۵۰.۰۰۰.۰۰۰	۳.۶۰۰.۰۰۰.۰۰۰
کارمند اداری و خدماتی	۳	۱۲۰.۰۰۰.۰۰۰	۴.۳۲۰.۰۰۰.۰۰۰
آشپز	۲	۱۵۰.۰۰۰.۰۰۰	۳.۶۰۰.۰۰۰.۰۰۰
انباردار و نگهبان	۲	۱۱۰.۰۰۰.۰۰۰	۲.۶۴۰.۰۰۰.۰۰۰
جمع	۴۵	۶.۷۱۰.۰۰۰.۰۰۰	۸۰.۵۲۰.۰۰۰.۰۰۰

جدول ۹: هزینه‌های سالیانه حقوق و دستمزد روش استخراج کواری

Tab. 9: Annual salary costs for quarry mining

پارامتر	مقدار (ریال)
کل دستمزد سالیانه در سه شیفت کاری	۲۴۱.۵۶۰.۰۰۰.۰۰۰
حق بیمه سهم کارفرما (۲۳ درصد)	۵۵.۵۵۸.۸۰۰.۰۰۰
پاداش سالیانه (معادل یک ماه حقوق)	۶.۷۱۰.۰۰۰.۰۰۰

حقوق سالیانه مسئول فنی معدن	۳,۶۰۰,۰۰۰,۰۰۰
هزینه سالیانه دانش فنی	۵۷۱,۲۰۰,۰۰۰
جمع کل هزینه‌ها	۳,۰۸۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰

جدول ۱۰: هزینه‌های سالیانه ابزارها، لوازم و مواد مصرفی روش استخراج کواری

Tab. 10: Annual costs of quarry mining tools and consumables

نوع ابزارآلات	مشخصات	تعداد یا مقدار	ارزش واحد (ریال)	ارزش کل (ریال)
سیم‌برش الماسه	نرم‌بر	۵۰۰ متر	۱۱,۰۰۰,۰۰۰	۵,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰
چکش حفاری	۱۴ کیلویی	۲ عدد	۲۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰
کابل	مسی سه‌فاز	۶۵۰ متر	۳,۵۰۰,۰۰۰	۲,۲۷۵,۰۰۰,۰۰۰
کپ ۱۴ الماسه	سرکپ	۳۰ عدد	۲۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۷,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰
کوپلینگ	-----	۴۵ عدد	۱۰,۰۰۰,۰۰۰	۴۵۰,۰۰۰,۰۰۰
شلنگ هوای فشرده	۳/۴ اینچ و ۲ اینچ	۷۰۰ متر	۵۰۰,۰۰۰	۳۵۰,۰۰۰,۰۰۰
نعل و پارس	از جنس فولاد	۷۰ سری	۱,۵۰۰,۰۰۰	۱۰۵,۰۰۰,۰۰۰
لباس کار	پرسنل	۴۵ دست	۱,۵۰۰,۰۰۰	۶۷,۵۰۰,۰۰۰
بنزین	وانت مزدا	۳۵۰ لیتر	۳۰,۰۰۰	۱۰,۵۰۰,۰۰۰
گازوئیل	ماشین‌های سنگین	۹۵۰ لیتر	۳,۵۰۰	۳,۳۲۵,۰۰۰,۰۰۰
روغن موتور	۱۱۰۰۰ ایرانول	۱۶,۰۰۰ لیتر	۱,۲۵۰,۰۰۰	۲۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
روغن هیدرولیک	ماشین‌ها	۴۵۰ لیتر	۱,۶۰۰,۰۰۰	۷,۲۰۰,۰۰۰,۰۰۰
غذای کارکنان	یک وعده	۴۵۰۰	۱۰,۰۰۰,۰۰۰	۴۵۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
کابل و روشنایی	محوطه	۵۰۰ متر	۴۵۰,۰۰۰	۲۲۵,۰۰۰,۰۰۰
باروت	۷۵ گرم بر تن	۱۳,۰۰۰ کیلوگرم	۷,۰۰۰,۰۰۰	۹۱۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
چاشنی	۰/۲ گرم بر تن	۳۴۰۰ عدد	۲,۰۰۰,۰۰۰	۶۸۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
جمع کل هزینه‌ها (ریال)			۱۴۹,۴۰۳,۰۰۰,۰۰۰	

جدول ۱۱: کل هزینه‌های عملیاتی استخراج معدن به روش کواری

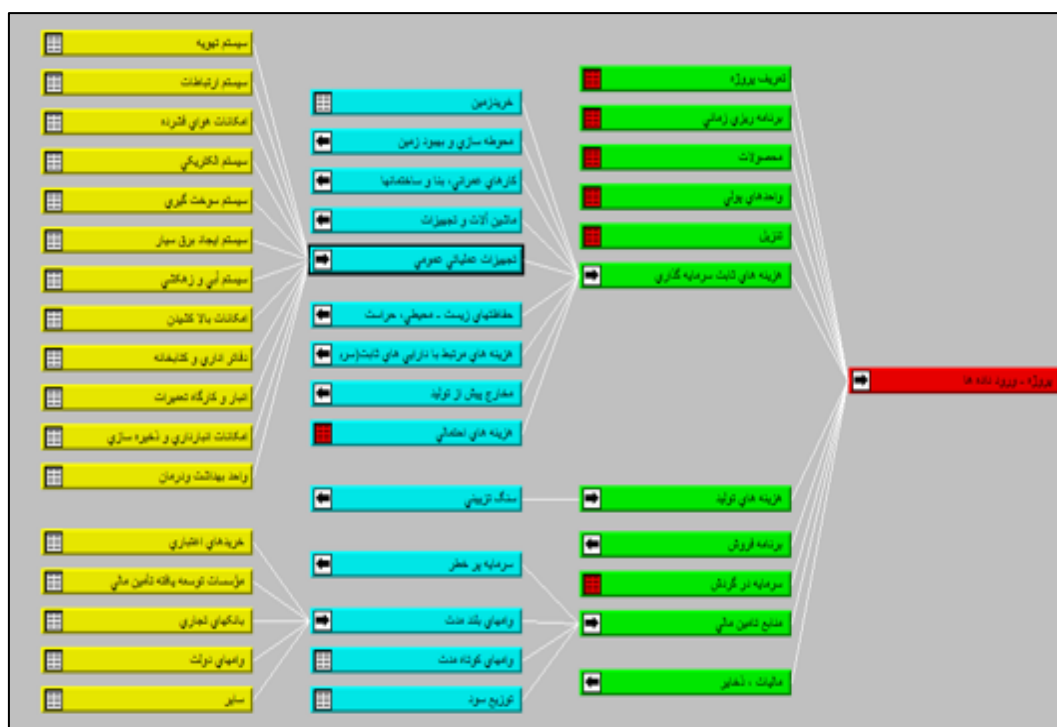
Tab. 11: The total operating costs of quarry mining

شرح	هزینه (ریال)
تأمین مواد مصرفی	۱۴۹,۴۰۳,۰۰۰,۰۰۰
سرمایه در گردش (۲۵٪ هزینه‌های جاری)	۲۰۸,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
حقوق دولتی	۱۳۶,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
نیروی انسانی	۳۰۸,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
هزینه‌های متفرقه و پیش‌بینی نشده (۱۰٪ هزینه‌های لوازم مصرفی، نیروی انسانی و تعمیر و نگهداری ماشین‌ها و تأسیسات)	۶۳,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
تعمیر نگهداری ماشین‌ها و تأسیسات (۱۰٪ هزینه‌های ماشین‌ها و ۵٪ تأسیسات)	۱۷۴,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
جمع کل هزینه‌ها	۱,۰۳۸,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰

۳-۱-۳. تحلیل اقتصادی و نتایج

نرم افزار کامفار (COMFAR) توسط سازمان توسعه صنعتی ملل متحد برای تحلیل و تدوین گزارش امکان-سنجی طرح های اقتصادی، طراحی و انتشار یافته است (سلیمی فر و همکاران، ۱۳۹۲). این نرم افزار، قادر به محاسبه و تحلیل شاخص های مالی انواع پروژه ها و طرح های سرمایه گذاری، در کلیه حوزه های صنعت، معدن و تجارت، است. همچنین ابزاری تخصصی برای مطالعات اقتصادی در مرحله امکان سنجی پروژه های صنعتی است. سادگی کاربری، نظام مند بودن، تنوع جداول و نمودارهای خروجی و ساختار جامع، از جمله قابلیت های این نرم افزار است. از دیگر مزایای کاربردی این برنامه، قابلیت تحلیل حساسیت پروژه ها نسبت به تغییرات پارامترهای ورودی مسئله است. بدین ترتیب که پس از محاسبه شاخص های اقتصادی برای سناریوی اصلی پروژه که بر اساس محتمل ترین حالت قابل پیش بینی برای هر یک از آیت های موجود در هزینه ها و درآمدهای پروژه پایه ریزی شده است، این امکان وجود دارد که تأثیر تغییرات تکی و یا همزمان ترکیبی از اجزای پروژه را بر روی نتایج، تحلیل و بررسی نمود. بر این اساس، می توان چندین سناریوی ممکن را که بر مبنای افزایش-کاهش هزینه ها و درآمدهای بخش های مختلف پروژه تعریف می شوند، طراحی کرد و نتایج مربوط به هر یک را در کنار سناریوی اصلی مشاهده نمود.

در این تحقیق، از نسخه COMFAR V3.0 برای کلیه تحلیل اقتصادی استفاده شده است. بدین منظور، بعد از تهیه و تنظیم جداول مربوط به تحلیل اقتصادی روش استخراج کواری، کل هزینه های سرمایه گذاری و عملیاتی و زیر مجموعه های آنها به نرم افزار وارد شده است (شکل ۴).



شکل ۴: ورود اطلاعات به نرم افزار COMFAR

Fig. 4: Input data into COMFAR software

بعد از ورود اطلاعات اولیه از دوره زمانی مراحل استخراج معدن به روش کواری به نرم افزار COMFAR، محاسبات انجام می شود. در شکل های ۵ و ۶ به ترتیب خلاصه ای از کلیه هزینه های عملیاتی و سرمایه گذاری ارائه شده است. هم چنین میزان سرمایه در گردش، بهای تمام شده محصول، سود خالص، درآمد و غیره محاسبه شده است. در این مرحله، دو شاخص مهم اقتصادی، ارزش خالص فعلی (NPV) کل سرمایه و نرخ بازگشت داخلی (IRR) سرمایه گذاری، برای بررسی اقتصادی یا عدم اقتصادی بودن استخراج معدن به روش استخراج کواری تعیین شده است.

درآمد و هزینه های عملیاتی			
سال اول 1403	سال مرجع 1408	سال آخر 1416	
3,157,000,000,000.00	5,084,380,070,000.00	10,898,820,223,839.03	درآمد فروش
1,416,143,300,000.00	1,118,568,930,083.00	2,397,751,841,739.59	هزینه های تولید (کنارخانه)
0.00	0.00	0.00	هزینه های سرباز اناری
1,416,143,300,000.00	1,118,568,930,083.00	2,397,751,841,739.59	هزینه های عملیاتی
85,460,000,000.00	85,460,000,000.00	85,460,000,000.00	استهلاک
299,200,000,000.00	240,932,296,000.00	516,459,773,673.21	هزینه های تأمین مالی
1,800,803,300,000.00	1,444,961,226,083.00	2,999,671,615,412.80	کل هزینه های تولید
0.00	0.00	0.00	هزینه های بازاریابی
1,800,803,300,000.00	1,444,961,226,083.00	2,999,671,615,412.80	بهای تمام شده محصولات
0.00	0.00	0.00	بهره سپرده های کوتاه مدت
1,356,196,700,000.00	3,639,418,843,917.00	7,899,148,608,426.23	سود ناخالص عملیاتی
0.00	0.00	0.00	درآمد غیر مترقبه
0.00	0.00	0.00	زیان غیر مترقبه
0.00	0.00	0.00	تغییر استهلاک
1,356,196,700,000.00	3,639,418,843,917.00	7,899,148,608,426.23	سود ناخالص
0.00	0.00	0.00	تغییر سرمایه گذاری
1,356,196,700,000.00	3,639,418,843,917.00	7,899,148,608,426.23	سود ممتول میافوت
339,049,175,000.00	909,854,710,979.25	1,974,787,152,106.56	عروفات بر درآمد (ترکت)
1,017,147,525,000.00	2,729,564,132,937.75	5,924,361,456,319.67	سود خالص
نسبتها			
در 25.00%	52,741,591,078,657.75		خالص ارزش فعلی کل سرمایه
43.92%			نرخ بازده داخلی سرمایه گذاری (IRR)
43.92%			IRR تبدیل شده سرمایه گذاری
در 25.00%	41,676,978,707,045.02		خالص ارزش فعلی کل حقوق صاحبان سهام
39.65%			نرخ بازده داخلی حقوق صاحبان سرمایه (IRRE)
39.65%			IRR تبدیل شده حقوق صاحبان سرمایه
12/1413			خالص ارزش فعلی محاسبه میشود برای

شکل ۵: درآمد و هزینه های عملیاتی استخراج معدن به روش کواری در نرم افزار COMFAR

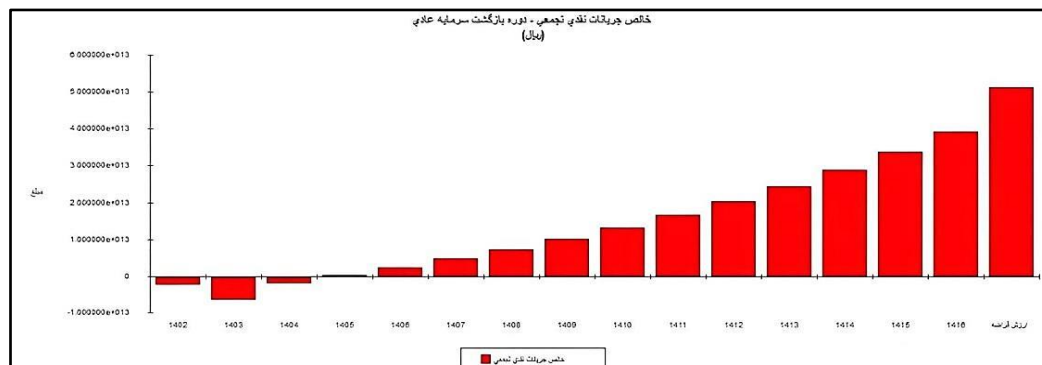
Fig. 5: Income and operating costs of quarry mining in COMFAR software

هزینه های سرمایه گذاری			
کل فاز ساخت	کل فاز تولید	کل سرمایه گذاری	
1,874,000,000,000.00	1,938,666,346,731.86	3,812,666,346,731.86	کل هزینه های ثابت سرمایه گذاری
50,000,000,000.00	0.00	50,000,000,000.00	کل مخارج پیش از تولید
50,000,000,000.00	0.00	50,000,000,000.00	مخارج پیش از تولید (خالص از بهره)
0.00	0.00	0.00	بهره
149,403,000,000.00	9,240,357,102,997.65	9,389,760,102,997.65	افزایش در سرمایه در گردش خالص
2,073,403,000,000.00	11,179,023,449,729.51	13,252,426,449,729.51	کل هزینه های سرمایه گذاری
منابع تأمین مالی			
کل فاز ساخت	کل فاز تولید	کل جریانات نقدی ورودی	
2,073,403,000,000.00	0.00	2,073,403,000,000.00	کل حقوق صاحبان سهام
0.00	0.00	0.00	خارجی
2,073,403,000,000.00	0.00	2,073,403,000,000.00	داخلی
0.00	0.00	0.00	کل وامهای بلند مدت
0.00	0.00	0.00	خارجی
0.00	0.00	0.00	داخلی

شکل ۶: هزینه های سرمایه گذاری استخراج معدن به روش کواری در نرم افزار COMFAR

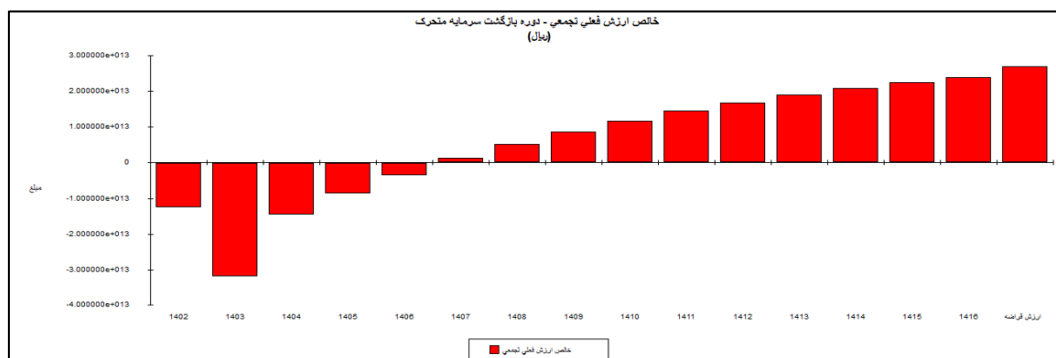
Fig. 6: Investment costs of quarry mining in COMFAR software

در شکل ۷، نمودار دوره بازگشت سرمایه عادی در استخراج معدن به روش استخراج کواری ارائه شده است. همان طور که مشخص است، در سال چهارم (۱۴۰۵)، کل میزان سرمایه عادی معدن مذکور به طور کامل برگشته است.



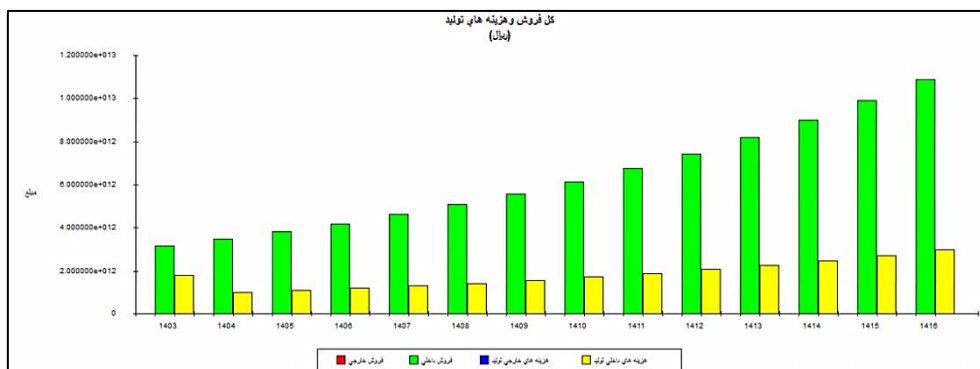
شکل ۷: نمودار دوره بازگشت سرمایه عادی استخراج معدن به روش کواری
 Fig. 7: Diagram of normal payback period for quarry mining

در شکل ۸ نیز، نمودار دوره بازگشت سرمایه در گردش در روش استخراج کواری ارائه شده است. بر اساس این نمودار، در سال ششم (۱۴۰۷)، کل سرمایه در گردش معدن مذکور به طور کامل برگشته است. با توجه به بازگشت سرمایه در گردش بعد از ۶ سال، این روش از لحاظ توجیه پذیری قابل قبول نیست.



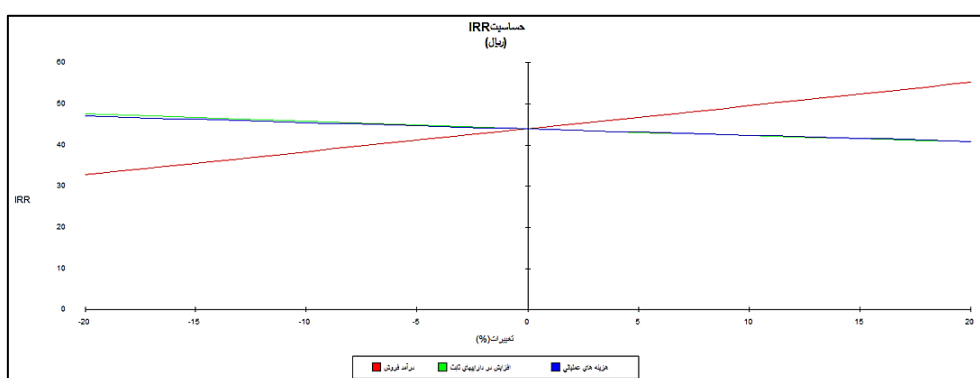
شکل ۸: نمودار دوره بازگشت سرمایه در گردش استخراج معدن به روش کواری
 Fig. 8: Diagram of dynamic payback period for quarry mining

همچنین نمودار کل هزینه ها و درآمد فروش در شکل ۹ ارائه شده است. بر اساس این نمودار، در تمام سال های اجرای در معدن، مقدار هزینه ها کمتر از درآمد فروش است. تحلیل حساسیت انجام شده (شکل ۱۰) نیز نشان می دهد که درآمد فروش و افزایش دارایی های ثابت، به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر روی نرخ بازگشت داخلی (IRR) دارد.



شکل ۹: نمودار کل فروش و هزینه‌های تولید (ریال) استخراج معدن به روش کواری

Fig. 9: Diagram of total sales and production costs for quarry mining



شکل ۱۰: نمودار تحلیل حساسیت نرخ بازگشت داخلی (IRR) استخراج معدن به روش کواری

Fig. 10: Diagram of sensitivity analysis of internal rate of return (IRR) for quarry mining

نتایج نهایی به‌دست آمده از تحلیل اقتصادی انجام شده به کمک نرم‌افزار COMFAR، در جدول ۱۲ ارائه شده است. با در نظر گرفتن نرخ تنزیل ۲۵٪، ارزش خالص فعلی کل سرمایه برابر ۵۲.۷۴۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال شده که نشان‌دهنده توجیه‌پذیری روش از لحاظ اقتصادی است. همچنین نرخ بازده داخلی (IRR)، برابر با ۴۳/۹۲٪ تعیین شده که بزرگتر از حداقل نرخ جذب‌کننده، یعنی ۲۵٪، است.

جدول ۱۲: شاخص‌های اقتصادی استخراج معدن به روش کواری

Tab. 12: Economic indicators of quarry mining

مقدار	شرح
۴۳/۹۲	نرخ بازده داخلی کل (IRR) (درصد)
۵۲.۷۴۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	ارزش خالص فعلی کل سرمایه (NPV) (ریال)
۴	دوره بازگشت سرمایه عادی (سال)
۶	دوره بازگشت سرمایه در گردش (سال)

در استخراج معدن به روش استخراج کواری، دوره بازگشت سرمایه در حالت عادی تقریباً ۴ سال و در حالت در گردش، با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول، بیش از ۶ سال به دست آمده است. این میزان دوره بازگشت در حالت در گردش، بیانگر عدم جذابیت روش استخراج مذکور است.

۳-۲. تحلیل اقتصادی استخراج معدن به روش زیرزمینی

بر اساس پروانه بهره‌برداری، اطلاعات دوره زمانی مراحل استخراج معدن به روش استخراج زیرزمینی اتاق و پایه در جدول ۱۳ آورده شده است. بر اساس پروانه صادر شده از طرف سازمان صنعت، معدن و تجارت، ظرفیت تولید معین سالانه ۸۰.۰۰۰ تن بوده و در این روش عمر معدن ۱۲ ساله در نظر گرفته شده است. بر این اساس مراحل معدن کاری در این روش، شامل یک سال آماده‌سازی و یازده سال بهره‌برداری است. زمان بهره‌برداری با توجه به میزان جانمایی پایه‌ها، به دست آمده است. در این مرحله نیز مشابه استخراج به روش کواری، فرض شده است که در ابتدا مرحله آماده‌سازی و بعد از پایان آن، بلافاصله مرحله بهره‌برداری شروع خواهد شد.

جدول ۱۳: اطلاعات زمانی مراحل استخراج معدن به روش اتاق و پایه

Tab. 13: Time information of room and pillar mining stages

روش استخراج	مراحل معدن کاری		عمر معدن	
	آماده‌سازی	بهره‌برداری	شروع	پایان
زیرزمینی (اتاق و پایه)	۱ سال	۱۱ سال	۱۴۰۲/۱/۱	۱۴۱۴/۱/۱

در جدول ۱۴ نیز، مشخصات کلی تولید معدن به روش اتاق و پایه آورده شده است. لازم به ذکر است که پایه‌ها در روش استخراج اتاق و پایه، مربعی شکل و منظم فرض شده است. همچنین طراحی کارگاه استخراج (ابعاد اتاق و پایه)، بر اساس تحلیل و محاسبه‌های فنی تعیین شده است. تحلیل فنی بر اساس محاسبه‌های ژئومکانیکی و به کمک روش عددی انجام شده، که در مقاله دیگری توسط نویسندگان ارائه شده است.

جدول ۱۴: مشخصات کلی تولید استخراج معدن به روش اتاق و پایه

Tab. 14: General characteristics of room and pillar mining production

موضوع	واحد	مقدار (توضیحات)
محصول	-	سنگ مرمریت تزئینی
مقدار کل ذخیره	تن	۱.۱۶۰.۰۰۰
میزان تولید سالانه (با ظرفیت کامل)	تن	۸۰.۰۰۰
ابعاد کارگاه استخراجی	متر	۹۶×۱۱۲×۴۰
ابعاد پایه‌ها (مربعی)	متر	۱۶×۱۶
ضریب بازیابی	درصد	۷۱/۵
قیمت متوسط فروش	ریال / تن	۳۵.۰۰۰.۰۰۰
حقوق دولتی	ریال	۰/۵ درصد فروش
نرخ مالیات	درصد	۲۵

۳-۲-۱. هزینه‌های سرمایه‌گذاری روش استخراج اتاق و پایه

مشابه با استخراج معدن به روش کواری، در استخراج معدن به روش اتاق و پایه نیز، هزینه‌های سرمایه‌گذاری شامل؛ هزینه‌های ساخت تأسیسات و ساختمان‌های مورد نیاز برای راه‌اندازی معدن (جدول ۱۵) و هزینه‌های خرید ماشین‌های مورد نیاز (جدول ۱۶) برای این منظور است. لازم به ذکر است که در جدول ۱۵، سیستم نگهداری تونل دسترسی به کارگاه استخراج روش استخراج اتاق و پایه به‌عنوان بازکننده اصلی معدن، یک لایه شاتکریت (بتن پاشیدنی) به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر با بتنی با ۳۰۰ کیلوگرم سیمان در هر مترمکعب، در نظر گرفته شده است.

جدول ۱۵: هزینه‌های ساختمان‌ها و تأسیسات مورد نیاز روش استخراج اتاق و پایه

Tab. 15: Costs of buildings and facilities required for room and pillar mining

شرح تأسیسات	مشخصات	واحد	ارزش واحد (ریال)	ارزش کل (ریال)
ساختمان‌های اداری، مسکونی و خدماتی با تجهیزات	۵۰۰	مترمربع	۱۰۰.۰۰۰.۰۰۰	۵۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
تعمیرگاه و جایگاه سرویس ماشین‌های سبک و سنگین	۱۵۰	مترمربع	۶۰.۰۰۰.۰۰۰	۹.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
سیستم نگهداری تونل دسترسی	۲۰۰	مترمربع	۷.۵۰۰.۰۰۰	۱.۵۰۰.۰۰۰.۰۰۰
انبار وسایل و لوازم	۱۰۰	مترمربع	۸۰.۰۰۰.۰۰۰	۸۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
مخزن سوخت	۳×۲۰۰۰۰	لیتر	۴۰.۰۰۰	۲.۴۰۰.۰۰۰.۰۰۰
مخزن آب	۲×۲۰۰۰۰	لیتر	۴۰.۰۰۰	۱.۶۰۰.۰۰۰.۰۰۰
جمع کل هزینه‌ها				۷۲.۵۰۰.۰۰۰.۰۰۰

جدول ۱۶: هزینه‌های ماشین‌آلات مورد نیاز روش استخراج اتاق و پایه

Tab. 16: Costs of machinery required for room and pillar mining

نام دستگاه	مشخصات	تعداد	ارزش کل (ریال)
لودر	KOMATSUWA600	۱	۲۰۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
دستگاه اره زنجیری (ماشین‌هاواژ)	MOD.70 sup-h	۲	۸۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
لودر تونلی (LHD)	Atlas Copco ST3.5	۱	۲۲۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
بیل مکانیکی	KOMATSUW-PC-400	۱	۱۵۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
ژنراتور برق	VOLVOPENTA-M12	۲	۱۲.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
کمپرسور	CUMMINS700	۱	۱۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
موتور جوشکاری	دینام جوش	۱	۲۰۰.۰۰۰.۰۰۰
وانت	مзда	۱	۵.۵۰۰.۰۰۰.۰۰۰
پمپ آب	موتوژن	۱	۴۵۰.۰۰۰.۰۰۰
پمپ پاکت	موتوژن	۱	۳۰۰.۰۰۰.۰۰۰
فن تهویه	-	۱۰	۱.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
جمع کل هزینه‌ها (ریال)			۶۷۹.۱۷۵.۰۰۰.۰۰۰

در جدول ۱۷ نیز، کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری استخراج زیرزمینی معدن به روش اتاق و پایه، مشابه به محاسبه‌های انجام‌شده در معدن کاری کواری (ارائه شده در بخش ۱-۱-۳)، آورده شده است.

جدول ۱۷: کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری استخراج معدن به روش اتاق و پایه

Tab. 17: The total investment costs of room and pillar mining

شرح	هزینه (ریال)	سال	نحوه مستهلک کردن دارایی
بازکردن و آماده‌سازی	۵۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰	۱۲	۱۰٪
کارهای عمرانی و ساخت‌وساز	۷۲.۵۰۰.۰۰۰.۰۰۰	۱۲	۱۰٪
تأمین ماشین‌ها و تجهیزات	۶۷۹.۱۷۵.۰۰۰.۰۰۰	۱۲	۳۰٪
جمع کل هزینه‌ها (ریال)	۸۰۲.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰		

۲-۲-۳: هزینه‌های عملیاتی روش استخراج اتاق و پایه

هزینه‌های عملیاتی یا جاری معدن کاری به روش استخراج اتاق و پایه نیز مشابه با معدن کاری کواری (توضیح داده‌شده در بخش ۲-۱-۳)، شامل دو بخش؛ هزینه‌های نیروی انسانی مورد نیاز در هر شیفت کاری (جدول ۱۸) و یا سالیانه (جدول ۱۹)، همچنین هزینه‌های ابزارها و لوازم مصرفی (جدول ۲۰) است.

جدول ۱۸: هزینه‌های نیروی انسانی مورد نیاز روش استخراج اتاق و پایه

Tab. 18: Labor costs required for room and pillar mining

شرح	تعداد	دستمزد ماهیانه هر نفر (ریال)	کل دستمزد سالیانه (ریال)
سرپرست معدن	۱	۲۵۰.۰۰۰.۰۰۰	۳.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
مهندس معدن	۲	۲۵۰.۰۰۰.۰۰۰	۶.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰
تکنسین مکانیک	۲	۱۸۰.۰۰۰.۰۰۰	۴.۳۲۰.۰۰۰.۰۰۰
مسئول تدارکات	۱	۱۴۰.۰۰۰.۰۰۰	۱.۶۸۰.۰۰۰.۰۰۰
سرپرست معدن	۱	۱۷۰.۰۰۰.۰۰۰	۲.۰۴۰.۰۰۰.۰۰۰
تکنسین برق	۱	۱۳۰.۰۰۰.۰۰۰	۱.۵۶۰.۰۰۰.۰۰۰
اپراتور دستگاه برش	۲	۱۲۰.۰۰۰.۰۰۰	۲.۸۸۰.۰۰۰.۰۰۰
کارگر حفار	۲	۱۲۰.۰۰۰.۰۰۰	۲.۸۸۰.۰۰۰.۰۰۰
کارگر ماهر	۲	۱۰۰.۰۰۰.۰۰۰	۲.۴۰۰.۰۰۰.۰۰۰
کارگر ساده	۴	۹۵.۰۰۰.۰۰۰	۴.۵۶۰.۰۰۰.۰۰۰
راننده لودر	۲	۲۲۰.۰۰۰.۰۰۰	۵.۲۸۰.۰۰۰.۰۰۰
سرویس کار و مکانیک	۲	۱۵۰.۰۰۰.۰۰۰	۳.۶۰۰.۰۰۰.۰۰۰
کارمند اداری و خدماتی	۲	۱۰۰.۰۰۰.۰۰۰	۲.۴۰۰.۰۰۰.۰۰۰
مهندس معدن	۱	۱۶۰.۰۰۰.۰۰۰	۱.۹۲۰.۰۰۰.۰۰۰
آشپز	۲	۱۵۰.۰۰۰.۰۰۰	۳.۶۰۰.۰۰۰.۰۰۰
انباردار و نگهبان	۲	۱۱۰.۰۰۰.۰۰۰	۲.۶۴۰.۰۰۰.۰۰۰

جمع	۲۹	۴.۳۲۰.۰۰۰.۰۰۰	۵۰.۷۶۰.۰۰۰.۰۰۰
-----	----	---------------	----------------

جدول ۱۹: هزینه‌های سالیانه حقوق و دستمزد روش استخراج اتاق و پایه

Tab. 19: Annual salary costs for room and pillar mining

پارامتر	مقدار (ریال)
کل دستمزد سالیانه در دو شیفت کاری	۱۰۱.۵۲۰.۰۰۰.۰۰۰
حق بیمه سهم کارفرما (۲۳ درصد)	۲۳.۳۴۹.۶۰۰.۰۰۰
پاداش سالیانه (معادل یک ماه حقوق)	۴.۳۲۰.۰۰۰.۰۰۰
حقوق سالیانه مسئول فنی معدن	۳۶۰۰.۰۰۰.۰۰۰
هزینه سالیانه دانش فنی	۳۰.۲۱۰.۴۰۰.۰۰۰
جمع کل هزینه‌ها	۱۶۳.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰

جدول ۲۰: هزینه‌های سالیانه ابزارها، لوازم و مواد مصرفی روش استخراج اتاق و پایه

Tab. 20: Annual costs of room and pillar mining tools and consumables

شرح	مشخصات	تعداد یا مقدار	ارزش واحد (ریال)	ارزش کل (ریال)
چکش حفاری	۱۴ کیلویی	۲ عدد	۲۵۰.۰۰۰.۰۰۰	۵۰۰.۰۰۰.۰۰۰
کابل	مسی سه فاز	۳۰۰ متر	۳.۵۰۰.۰۰۰	۱.۰۵۰.۰۰۰.۰۰۰
شلنگ هوای فشرده	3/4 اینچ	۲۰۰ متر	۵۰۰.۰۰۰	۱۰۰.۰۰۰.۰۰۰
نعل و پارس	از جنس فولاد	۲۰ عدد	۱۵۰.۰۰۰.۰۰۰	۳۰۰.۰۰۰.۰۰۰
لباس کار	برای پرسنل	۲۵ دست	۱.۵۰۰.۰۰۰	۳۷.۵۰۰.۰۰۰
بنزین	وانت	۳۵۰ لیتر	۳۰.۰۰۰	۱۰.۵۰۰.۰۰۰
گازوئیل	ماشین‌های سنگین	۳۰۰.۰۰۰ لیتر	۳.۵۰۰	۱.۰۵۰.۰۰۰.۰۰۰
روغن موتور	۱۱۰۰۰ ایرانول	۲۰۰۰ لیتر	۱.۲۵۰.۰۰۰	۲.۵۰۰.۰۰۰.۰۰۰
روغن هیدرولیک	ماشین‌ها	۳۰۰ لیتر	۱.۶۰۰.۰۰۰	۴۸۰.۰۰۰.۰۰۰
غذای کارکنان	یک وعده	۲۹ عدد	۱.۰۰۰.۰۰۰	۲۹.۰۰۰.۰۰۰
الماس ۸ گوشه	دستگاه اره زنجیری	۲۷۰	۱.۵۰۰.۰۰۰	۴۰۵.۰۰۰.۰۰۰
کابل و روشنایی	کارگاه استخراجی	۴۰۰ متر	۳۵۰.۰۰۰	۱۴۰.۰۰۰.۰۰۰
جمع کل هزینه‌ها (ریال)				۶۶۰۲.۰۰۰.۰۰۰

لازم به ذکر است با توجه به این که تجربه معدن کاری زیرزمینی سنگ ساختمانی هنوز در ایران وجود ندارد، لذا هزینه‌ای نیز تحت عنوان دانش فنی به مجموع هزینه‌های سالیانه حقوق و دستمزد معدن کاری به روش اتاق و پایه (جدول ۱۹)، اضافه شده است. در ادامه، مجموع کل هزینه‌های عملیاتی استخراج معدن به روش زیرزمینی در جدول ۲۱، آورده شده است.

جدول ۲۱: کل هزینه‌های عملیاتی استخراج معدن به روش اتاق و پایه

Tab. 21: The total operating costs of room and pillar mining

شرح	هزینه (ریال)
تأمین مواد مصرفی	۶۶۰۲.۰۰۰.۰۰۰

Fig. 11: Investment costs of room and pillar mining in COMFAR software

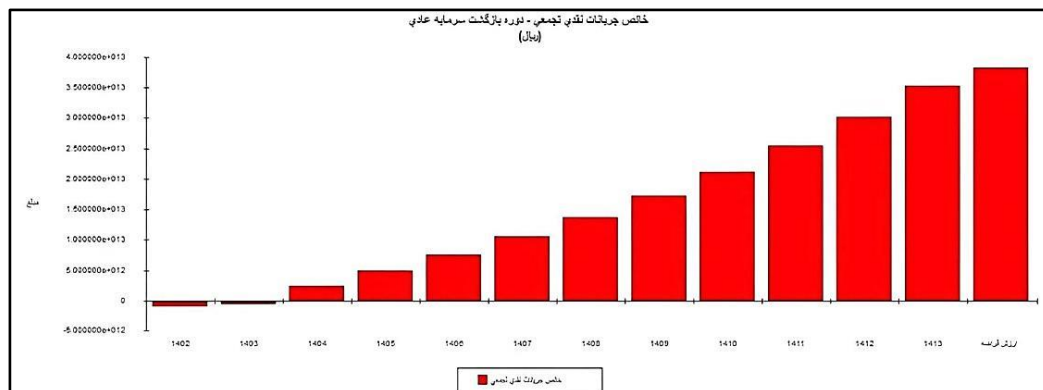
درآمد و هزینه های عملیاتی	سال اول 1403	سال مرجع 1408	سال آخر 1413
درآمد فروش	3,003,000,000,000.00	4,836,361,530,000.00	7,789,008,607,680.31
هزینه های تولید (کاردانه)	515,280,700,000.00	420,780,282,939.50	677,670,853,476.89
هزینه های سربار جاری	0.00	0.00	0.00
هزینه های عملیاتی	515,280,700,000.00	420,780,282,939.50	677,670,853,476.89
استهک	32,528,125,000.00	32,528,125,000.00	32,528,125,000.00
هزینه های تامین مالی	268,400,000,000.00	216,130,442,000.00	348,080,238,145.42
کل هزینه های تولید	816,208,825,000.00	669,438,849,939.50	1,058,279,216,622.32
هزینه های بازاریابی	0.00	0.00	0.00
بهای تمام شده محصولات	816,208,825,000.00	669,438,849,939.50	1,058,279,216,622.32
بهره سیرده های کوتاه مدت	0.00	0.00	0.00
سود ناخالص عملیاتی	2,186,791,175,000.00	4,166,922,680,060.50	6,730,729,391,057.99
درآمد غیر مترقبه	0.00	0.00	0.00
زین غیر مترقبه	0.00	0.00	0.00
تغییر استهک	0.00	0.00	0.00
سود ناخالص	2,186,791,175,000.00	4,166,922,680,060.50	6,730,729,391,057.99
تغییر سرمایه گذاری	0.00	0.00	0.00
سود مشمول مالیات	2,186,791,175,000.00	4,166,922,680,060.50	6,730,729,391,057.99
مالیات بر درآمد (شوک)	546,697,793,750.00	1,041,730,670,015.13	1,682,682,347,764.50
سود خالص	1,640,093,381,250.00	3,125,192,010,045.38	5,048,047,043,293.49

خالص ارزش فعلی کل سرمایه	در 25.00%	100,931,188,992,351.06
نرخ بازده داخلی سرمایه گذاری (IRR)	158.57%	
IRR تعدیل شده سرمایه گذاری	158.56%	
خالص ارزش فعلی کل حقوق صاحبان سهام	در 25.00%	91,818,651,717,500.41
نرخ بازده داخلی حقوق صاحبان سرمایه (IRRE)	140.30%	
IRR تعدیل شده حقوق صاحبان سرمایه	140.30%	
خالص ارزش فعلی معادله می شود برای	12/1413	

شکل ۱۲: هزینه های سرمایه گذاری استخراج معدن به روش اتاق و پایه در نرم افزار COMFAR

Fig. 12: Investment costs of room and pillar mining in COMFAR software

در شکل ۱۳، نمودار دوره بازگشت سرمایه عادی در استخراج معدن به روش اتاق و پایه ارائه شده است. همان طور که مشخص است، در سال سوم (۱۴۰۴)، کل میزان سرمایه عادی روش استخراج به طور کامل برگشته است.

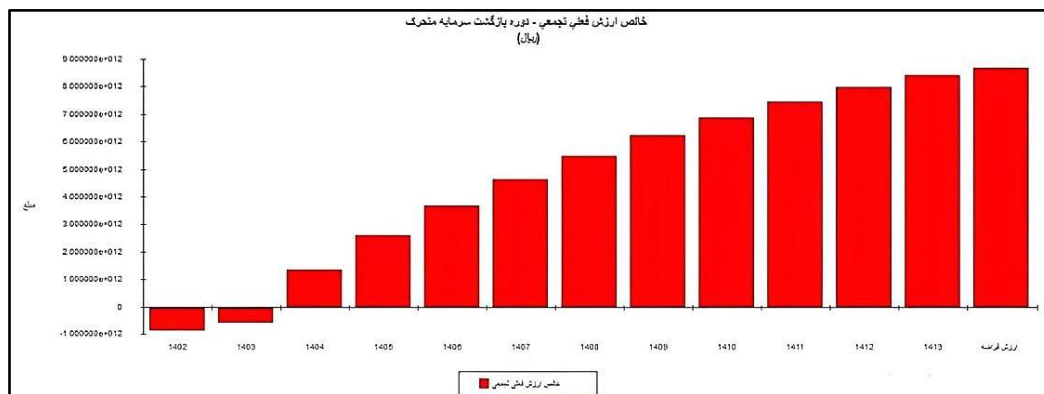


شکل ۱۳: نمودار دوره بازگشت سرمایه عادی استخراج معدن به روش اتاق و پایه

Fig. 13: Diagram of normal payback period for room and pillar mining

در شکل ۱۴ نیز، نمودار دوره بازگشت سرمایه در گردش در استخراج زیرزمینی معدن به روش اتاق و پایه ارائه شده است. بر اساس این نمودار، در سال سوم (۱۴۰۴)، کل سرمایه در گردش روش مذکور به طور کامل

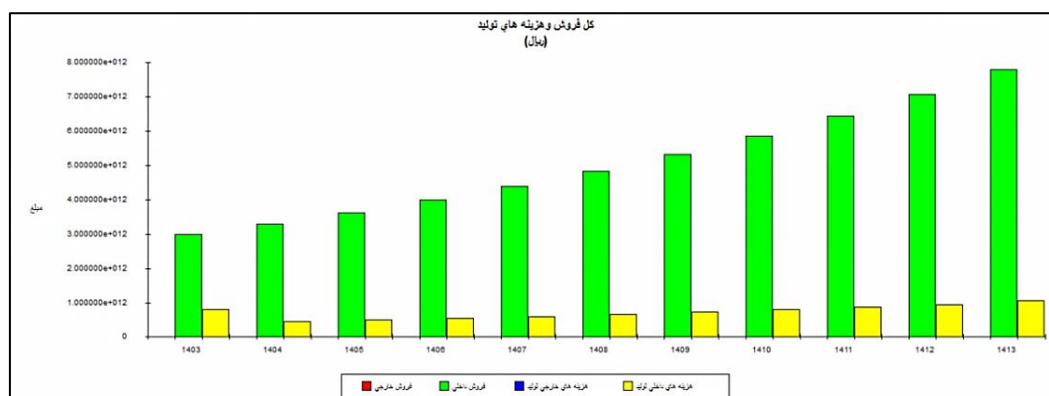
برگشته است. با توجه به بازگشت سرمایه در گردش بعد از ۳ سال، روش مذکور از لحاظ توجیه پذیری و قابل قبول است.



شکل ۱۴: نمودار دوره بازگشت سرمایه در گردش استخراج معدن به روش اتاق و پایه

Fig. 14: Diagram of dynamic payback period for room and pillar mining

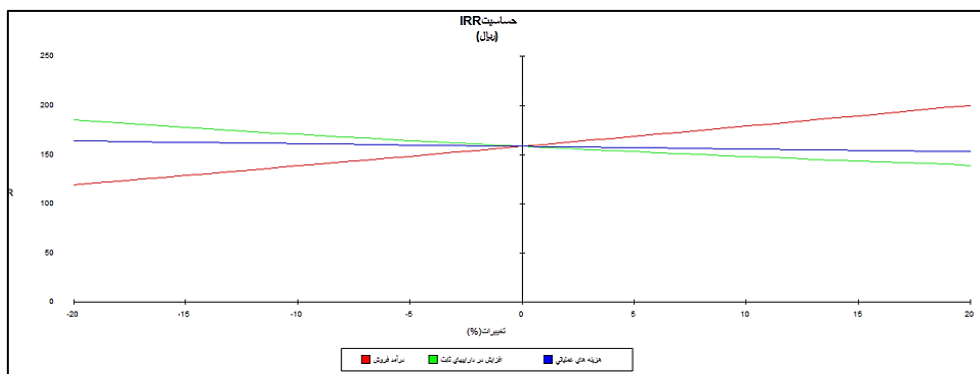
همچنین، نمودار کل هزینه ها و درآمد فروش نیز در شکل ۱۵ ارائه شده است. بر اساس این نمودار، در تمام سال های اجرای روش استخراج زیرزمینی، مقدار هزینه ها کمتر از درآمد فروش است.



شکل ۱۵: نمودار کل فروش و هزینه های تولید (ریال) استخراج معدن به روش اتاق و پایه

Fig. 15: Diagram of total sales and production costs for room and pillar mining

در ادامه این بخش، تحلیل حساسیت انجام شده نشان می دهد که درآمد فروش و هزینه های عملیاتی، به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر روی نرخ بازگشت داخلی (IRR) دارد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶: نمودار تحلیل حساسیت نرخ بازگشت داخلی (IRR) استخراج معدن به روش اتاق و پایه

Fig. 16: Diagram of sensitivity analysis of internal rate of return (IRR) for room and pillar mining

در جدول ۲۲، نتایج نهایی به دست آمده از تحلیل اقتصادی انجام شده ارائه شده است. با در نظر گرفتن نرخ تنزیل ۲۵٪، ارزش خالص فعلی کل سرمایه برابر ۱۰۱.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰ ریال شده که نشان دهنده توجیه پذیر بودن روش استخراج اتاق و پایه از لحاظ اقتصادی است. همچنین نرخ بازده داخلی این روش (IRR)، برابر با ۱۵۸/۵۷٪ تعیین شده که بزرگتر از حداقل نرخ جذب کننده (۲۵٪) است.

جدول ۲۲: شاخص های اقتصادی استخراج معدن به روش اتاق و پایه

Tab. 22: Economic indicators of room and pillar mining

مقدار	شرح
۱۵۸/۵۷	نرخ بازده داخلی کل (IRR) (درصد)
۱۰۱.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰	ارزش خالص فعلی کل سرمایه (NPV) (ریال)
۳	دوره بازگشت سرمایه عادی (سال)
۳	دوره بازگشت سرمایه در گردش (سال)

در استخراج معدن به روش زیرزمینی اتاق و پایه، دوره بازگشت سرمایه در حالت عادی تقریباً ۳ سال و در حالت در گردش نیز ۳ سال به دست آمده است. بنابراین، با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول، این میزان دوره بازگشت در حالت در گردش، بیانگر جذابیت روش مذکور است.

۳-۳. بحث و تحلیل

کلیه پارامترهای اقتصادی دو روش معدن کاری کواری و اتاق و پایه بررسی شده در این تحقیق، در جدول ۲۳ خلاصه شده است. مقایسه این پارامترها نشان می دهد که تقریباً در تمام شاخص های اقتصادی، در معدن سنگ مورد مطالعه در این تحقیق، روش استخراج زیرزمینی اتاق و پایه نسبت به روش استخراج سطحی کواری، توجیه پذیر و قابل قبول است. در این خصوص نتایج نشان می دهد که، مقدار ارزش خالص فعلی (NPV) در روش استخراج اتاق و پایه بیشتر از روش استخراج کواری است. این نشان دهنده آن است که استفاده از روش

استخراج اتاق و پایه به لحاظ اقتصادی بیشتر به صرفه است. از طرفی، با توجه به نرخ بازگشت داخلی (IRR) به دست آمده برای هر دو روش، نرخ بازگشت داخلی روش استخراج اتاق و پایه (۵۷.۱۵۸٪) از روش استخراج کواری (۴۳.۹۲٪) بیشتر است. این اختلاف نشان می‌دهد که روش استخراج اتاق و پایه برای سرمایه‌گذاری اقتصادی‌تر و جذاب‌تر است. همچنین، با توجه به دوره بازگشت سرمایه به دست آمده و ارزش زمانی پول، روش استخراج اتاق و پایه زمان کمتری برای بازگشت سرمایه نیاز دارد و از این نظر نیز اقتصادی‌تر از روش استخراج کواری است. در مجموع، تحلیل‌ها نشان می‌دهند که استفاده از روش استخراج اتاق و پایه (معدن کاری زیرزمینی) به جای روش استخراج کواری (معدن کاری زیرزمینی) در معدن مذکور، اقتصادی‌تر و توجیه‌پذیرتر است.

جدول ۲۳: مقایسه اقتصادی دو روش معدن کار کواری و اتاق و پایه

Tab. 23: Economic comparison of quarry and room and pillar mining methods

مقدار		واحد	پارامتر
روش اتاق و پایه	روش کواری		
۱۲	۱۵	سال	عمر پروژه
۸۰۲۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۱۸۶۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	ریال	هزینه سرمایه‌گذاری
۹۶۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۰۸۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	ریال	سرمایه در گردش
۴۷۹۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۱۰۳۸۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	ریال	هزینه‌های عملیاتی
۵۰۴۸۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۵۰۲۴۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	ریال	سود خالص
۱۰۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۵۳۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	ریال	ارزش خالص فعلی سرمایه‌گذاری (NPV)
۱۵۸.۸۷	۴۳.۹۲	درصد	نرخ بازگشت داخلی سرمایه (IRR)
۲	۴	سال	دوره بازگشت سرمایه عادی
۳	۶	سال	دوره بازگشت سرمایه در گردش

ارزش خالص فعلی (NPV) یک معیار کلیدی در تحلیل پروژه‌های سرمایه‌گذاری است که با محاسبه تفاوت بین ارزش فعلی درآمدهای پیش‌بینی‌شده و هزینه‌های اولیه، به تحلیل‌گر کمک می‌کند تا سودآوری پروژه را ارزیابی نماید. بر اساس جدول ۲۳، روش استخراج اتاق و پایه دارای ارزش خالص فعلی بالاتری است، به این معنا که سرمایه‌گذاری در این روش نسبت به روش استخراج کواری بیشتر سودآور است. در واقع، با توجه به نرخ تنزیل ۲۵٪ که در این تحقیق برای محاسبات استفاده شده، این نشان‌دهنده بازده بیشتر در آینده نسبت به هزینه‌های فعلی پروژه است.

از طرفی، نرخ بازگشت داخلی (IRR) نرخ سود یا بازدهی است که در آن NPV برابر با صفر می‌شود. به عبارت دیگر، این نرخ نشان می‌دهد که پروژه چقدر سودآور است. بر این اساس در این معدن مورد مطالعه، روش استخراج اتاق و پایه به‌طور مؤثرتر می‌تواند منابع مالی را جذب کرده و بازده بیشتری نسبت به روش استخراج کواری ایجاد کند. به عبارت دیگر، پروژه‌ای با IRR بالاتر معمولاً در کوتاه‌مدت سودآوری بیشتری دارد و می‌تواند ریسک سرمایه‌گذاری را کمتر کند. معمولاً کاهش هزینه‌های عملیات و انتظارات بالا از درآمد فروش می‌تواند باعث بالا رفتن IRR گردد. با توجه به این‌که با به‌کارگیری روش استخراج اتاق و پایه هزینه‌های

عملیاتی به دلیل عدم باطله‌بردای کاهش می‌یابد، همچنین بلوک‌های سنگی با کیفیت و راندمان بالاتری استخراج می‌گردد، لذا درآمد فروش نیز بیشتر خواهد گردید. لذا می‌توان انتظار داشت که در این حالت، نرخ بازگشت داخلی روش استخراج اتاق و پایه نسبت به روش استخراج کواری بالاتر باشد.

به‌طور کلی، در حالی که NPV می‌تواند ارزش اقتصادی پروژه را نشان دهد، IRR به سرمایه‌گذار این امکان را می‌دهد که نسبت به نرخ بازدهی که پروژه خواهد داشت، تصمیم‌گیری کند. NPV مثبت به معنی بازده مثبت و ارزش افزوده است، اما اگر IRR کمتر از نرخ تنزیل (در این تحقیق ۲۵٪) باشد، پروژه برای سرمایه‌گذاری جذاب نیست. از آن‌جا که در هر دو روش IRR بالاتر از ۲۵٪ بوده است، این نشان می‌دهد که هر دو روش اقتصادی بوده و بازده بالایی ایجاد می‌کنند، ولی در نهایت روش استخراج اتاق و پایه با IRR بیشتر، ترجیح داده می‌شود. لذا، تحلیل‌های IRR و NPV به وضوح نشان می‌دهند که در این مطالعه، معدن‌کاری زیرزمینی (روش استخراج اتاق و پایه) به نسبت معدن‌کاری سطحی (روش استخراج کواری) مزایای اقتصادی بیشتری دارد. همچنین با توجه به NPV و IRR بالاتر در روش استخراج اتاق و پایه، این روش از لحاظ اقتصادی توجیه‌پذیرتر و به سرمایه‌گذاران پیشنهاد می‌شود.

بر اساس این جدول، هزینه سرمایه‌گذاری به‌دست آمده بیشتر در روش استخراج کواری، به واسطه نیاز به خرید ماشین‌های بیشتری در مقایسه با روش استخراج اتاق و پایه است. ضمن این‌که در این تحقیق فرض شده است که برش سنگ در روش استخراج کواری با دستگاه سیم‌برش الماسه و در روش استخراج اتاق و پایه با دستگاه هاواژ یا اره زنجیری انجام شود. بر این اساس، سرعت برش و تولید دستگاه هاواژ ۲۰-۱۵ مترمربع در ساعت و دستگاه سیم برش الماسه، ۴-۶ مترمربع در ساعت در نظر گرفته شده است. لذا می‌توان نتیجه گرفت سرعت زمانی برش و تولید در روش استخراج اتاق و پایه، تقریباً می‌تواند ۳ تا ۴ برابر بیشتر نسبت به روش استخراج کواری باشد. بر این اساس هزینه‌های عملیاتی روش استخراج کواری نسبت به روش استخراج اتاق و پایه بیشتر است.

از طرفی باید توجه داشت که در کانسارهای عمیق (۶۰ متر در این تحقیق)، معمولاً بعد از گذشت چند سال از شروع معدن‌کاری به روش استخراج کواری (اتمام عملیات باطله‌برداری)، تولید سنگ قابل فروش شروع می‌شود. ولی در روش استخراج اتاق و پایه، به دلیل دسترسی مستقیم به کانسار در شروع معدن‌کار، معمولاً از همان ابتدای شروع معدن‌کاری، تولید سنگ قابل فروش امکان‌پذیر است. لذا بر این اساس، تفاوت بین نرخ بازگشت سرمایه عادی و در گردش بین دو روش استخراج کواری و اتاق و پایه، قابل قبول است.

به‌طور کلی، کوتاه‌تر بودن دوره بازگشت سرمایه در روش استخراج اتاق و پایه نسبت به روش استخراج کواری می‌تواند به دلایل زیر ممکن شود:

- هزینه‌های عملیاتی پایین‌تر به دلیل استفاده از تجهیزات ساده‌تر و کمتر در استخراج زیرزمینی.
- بهره‌وری بالاتر و استخراج هدفمندتر سنگ‌های با کیفیت بالا.
- دوره زمانی سریع‌تر برای درآمدزایی به دلیل فروش سنگ‌های استخراج‌شده با سرعت بیشتر.
- ارزش زمانی پول که در پروژه‌ای با دوره بازگشت سرمایه کوتاه‌تر، سریع‌تر جبران می‌شود.

۴. نتیجه گیری

با وجود این که معدن کار سطحی سنگ ساختمانی به روش استخراج کواری متداول است، اتاق و پایه، یکی از روش های معدن کار زیرزمینی جذاب برای این منظور است. از آن جا که استخراج زیرزمینی سنگ ساختمانی هنوز در ایران انجام نشده، در این تحقیق امکان استفاده از روش استخراج اتاق و پایه برای استخراج زیرزمینی سنگ ساختمانی بررسی شده است. در صورت وجود شرایط به کارگیری این روش در یک معدن سنگ، بررسی فنی-اقتصادی تبدیل روش معدن کار سطحی به زیرزمینی، راه کاری مناسب برای انتخاب درست روش معدن کار و توجیه پذیری آن است. بر این اساس، بررسی اقتصادی تغییر روش معدن کار از روش استخراج کواری به روش استخراج اتاق و پایه یک معدن سنگ ساختمانی (معدن سنگ مرمریت دهبید)، هدف اصلی این تحقیق بوده است.

در مطالعه امکان سنجی و تحلیل اقتصادی تبدیل روش استخراج از سطحی به زیرزمینی، برآورد دقیق کل هزینه و درآمدهای انجام روش استخراج، پیش نیاز تعیین فرآیند مالی و تحلیل آن به کمک نرم افزار COMFAR است. مقایسه شاخص های مهم اقتصادی نظیر ارزش خالص فعلی (NPV) و نرخ بازگشت داخلی (IRR)، روشی منطقی برای تعیین روش استخراج بهینه است. در ادامه این بخش، خلاصه ای از نتایج به دست آمده از این تحقیق به شرح زیر ارائه شده است:

- با در نظر گرفتن نرخ تنزیل ۲۵٪، ارزش خالص فعلی (NPV) به دست آمده در روش معدن کار زیرزمینی (۱۰۱.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰ ریال) بیشتر از معدن کار سطحی (۵۲.۷۴۱.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰ ریال) است. لذا بر اساس این شاخص، معدن کار زیرزمینی سنگ ساختمانی اقتصادی تر است.
- نرخ بازگشت داخلی (IRR) به دست آمده برای هر دو روش معدن کار سطحی و زیرزمینی از حداقل نرخ جذب کننده (۲۵٪) بیشتر است. ولی IRR در روش معدن کار زیرزمینی (۱۵۸/۵۷٪) بیشتر از معدن کار سطحی (۴۳/۹۲٪) است. لذا بر اساس این شاخص، معدن کار زیرزمینی سنگ ساختمانی اقتصادی تر است.
- تحلیل حساسیت در مرحله بررسی اقتصادی نشان داده است که درآمد فروش و افزایش دارایی های ثابت، به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر روی نرخ بازگشت داخلی (IRR)، روش استخراج کواری داشته است. حال آن که در روش استخراج اتاق و پایه، درآمد فروش و هزینه های عملیاتی، به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر روی IRR داشته است.
- مقایسه بین دوره بازگشت سرمایه نشان می دهد که در روش استخراج کواری، این دوره در حالت عادی و در گردش به ترتیب برابر با ۴ و ۶ سال است. ولی در روش استخراج اتاق و پایه، دوره بازگشت سرمایه در دو حالت عادی و در گردش با هم یکسان و برابر با ۳ سال تعیین شده است. لذا با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول، معدن کار زیرزمینی به روش استخراج اتاق و پایه اقتصادی تر است.
- در معدن سنگ مورد مطالعه در این تحقیق، تقریباً تمام شاخص های اقتصادی نشان می دهد که استفاده از روش استخراج اتاق و پایه به جای روش استخراج کواری، توجیه پذیر و قابل قبول است.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از زحمات و حسن توجه سردبیر، اعضای هیأت تحریریه و داوران فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، تشکر و قدردانی کنند.

درصد مشارکت نویسندگان

نویسندگان اعلام می‌دارند با توجه به این که این مقاله از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد استخراج شده است، نگارش برعهده نویسنده دوم و راهنمایی آن برعهده نویسنده اول قرار داشته است.

تضاد منافع

نویسندگان با رعایت اصول اخلاقی انتشار در ارجاع‌دهی، نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

کتابنامه

- خداپرست مشهدی، مهدی؛ و قزلباش، اعظم، (۱۳۹۵). «ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه برق آبی (تلمبه - ذخیره‌ای) در سدهای مخزنی کشور مطالعه موردی: سد و نیروگاه پیرتقی». فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۵(۱۷): ۲۲۴-۱۹۹. <https://doi: 10.22084/aes.2016.1414>
- سلیمی‌فر، مصطفی؛ مهدوی عادل، محمدحسین؛ رجبی مشهدی، حبیب؛ و قزلباش، اعظم، (۱۳۹۲). «ارزیابی اقتصادی انرژی برق خورشیدی (فتوولتائیک) و برق فسیلی در یک واحد خانگی در شهرستان مشهد». فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۲(۸): ۱۳۶-۱۱۵. <https://dor/20.1001.1.23222530.1392.2.8.8.1>

References

- Aksoy, C. O. & Onargan, T.U.R.G.A.Y., (2006). "Sizing room and pillar by numerical modeling for underground marble quarries in Turkey". *Journal of Mining Science*, 42: 483-489. <https://doi.org/10.1007/s10913-006-0077-9>
- Alcalde-Gonzalo, J., Prendes-Gero, M.B., Álvarez-Fernández, M.I., Álvarez-Vigil, A.E. & González-Nicieza, C., (2013). "Roof tensile failures in underground excavations". *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 58: 141-148. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2012.10.003>
- Asr, E.T., Kakaie, R., Ataei, M. & Mohammadi, M.R.T., (2019). "A review of studies on sustainable development in mining life cycle". *Journal of Cleaner Production*, 229: 213-231. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.029>
- Benardos, A.G., Kaliampakos, D.C., Prousiotis, J.G., Mavrikos, A.A. & Skoparantzios, K.A., (2001). "Underground aggregate mining in Athens: a promising investment plan". *Tunnelling and underground space technology*, 16(4): 323-329. [https://doi.org/10.1016/S0886-7798\(01\)00059-1](https://doi.org/10.1016/S0886-7798(01)00059-1)
- Biondi, G., Fiandaca, O., Aliberti, D. & Cascone, E., (2022). "Effect of the presence of a historical underground quarry on site seismic response". In: *Geotechnical*

Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites III, CRC Press, 756-767. <https://doi.org/10.1201/9781003308867-57>

- Bonetto, S., Fornaro, M., Giuliani, A. & Lasagna, M., (2008). "Underground quarrying and water control: Some cases from Northern Italy". *Mine water and the Environment*, 7-10.

https://www.imwa.info/docs/imwa_2008/IMWA2008_132_Bonetto.pdf

- Bonetto, S.M.R., Vagnon, F., Umili, G., Vianello, D., Migliazza, M.R. & Ferrero, A.M., (2021). "The contribution of remotely sensed data to the stress state evaluation in underground marble quarries". *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(1): 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.12.008>

- Borchiellinia, R., Cardub, M., Colellac, F., Labagnara, D., Martinettib, A., Patruccob, M., Sandrind, D. & Verdaa, V., (2013). "A prevention through design approach for the environmental S&H conditions and the ventilation system at an Italian underground quarry". *Chemical Engineering Transactions*, 32: 181-186. <https://doi.org/10.3303/CET1332031>

- Bruno, G. & Cherubini, C., (2005). "Subsidence induced by the instability of weak rock underground quarries in Apulia". *Giornale di Geologia Applicata*, 1: 33-39. <https://www.aigaa.org/public/GGA.2005-01.0-04.0004.pdf>

- Cardu, M., Dipietromaria, S. & Oreste, P., (2016). "Sub-level stoping in an underground limestone quarry: an analysis of the state of stress in an evolutionary scenario". *Archives of Mining Sciences*, 61(1). <https://doi.org/10.1515/amsc-2016-0015>

- Careddu, N., Siotto, G. & Tuveri, A., (2010). "Evolution of a marble quarry: from open cast to underground exploitation". In: *Proceedings of Global Stone Congress*, 2-5. <https://doi.org/10.1515/amsc-2016-0015>

- Carvalho, F.P., (2017). "Mining industry and sustainable development: time for change". *Food and Energy security*, 6(2): 61-77. <https://doi.org/10.1002/fes3.109>

- Chan, H.K.K., Millis, S.W., Wallace, M.I. & Hung, K.C., (2017). "Hong Kong's hidden aggregate resource: the potential for underground quarrying". In: *Proceedings of the HKIE Geotechnical Division 37th Annual Seminar*, 34-44. <https://www.researchgate.net/publication/316952069>

- Cote, P., Dérobert, X. & Abraham, O., (2005). "Typology of conditions for underground quarry pillars based on geophysical investigations". In: *Proceedings of the International Symposium of Post-Mining*. Nancy, France. <https://www.semanticscholar.org>

- Crassoulis, G., Kapenis, A., Thoraval, A., Ferrero, M., Germann, K., Iabichino, G., Gardenato, M. & Dell'Antone, F., (1999). "Development of an integrated computer-aided design and planning methodology for underground marble quarries". *Conference of EUROTHEN'99, Second annual Workshop, Cagliari*, 1-6. <https://hal.science/ineris-00976277v1>

- Cravero, M. & Iabichino, G., (1997). "Geomechanical study for the exploitation of an underground marble quarry". *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 34(3-4): 58.e1-58.e14. [https://doi.org/10.1016/S1365-1609\(97\)00047-6](https://doi.org/10.1016/S1365-1609(97)00047-6)

- Devleeschouwer, X., Mullard, C. & Goemaere, E., (2006). "Management of abandoned slate and coticule underground quarries by means of GIS, Vielsalm, Belgium". In: *Proceedings of the 10th IAEG Congress, Nottingham, United Kingdom*. https://media.geolsoc.org.uk/iaeg2006/PAPERS/IAEG_413.pdf

- Devos, A., Fronteau, G., Lejeune, O., Sosson, C., Chopin, E. & Barbin, V., (2010). "Influence of geomorphological constraints and exploitation techniques on stone quarry spatial organisation: Example of Lutetian underground quarries in Rheims, Laon and Soissons areas". *Engineering Geology*, 115(3-4): 268-275. <https://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2010.05.004>
- Dintwe, T.K., Seiki, T. & Noguchi, S., (2017). "Stability Evaluation of an Underground Quarry in Oya". In: *Proceedings of the 2nd Join Conference of Utsunomiya University and Universitas Padjadjaran*, 145-150. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:203629730>
- Ejdemo, T. & Söderholm, P., (2011). "Mining investment and regional development: A scenario-based assessment for Northern Sweden". *Resources Policy*, 36(1): 14-21. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2010.08.008>
- Esterhuizen, G.S., Dolinar, D.R. & Ellenberger, J.L., (2011). "Pillar strength in underground stone mines in the United States". *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 48(1): 42-50. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2010.06.003>
- Fargier, Y., Antoine, R., Dore, L., Lopes, S.P. & Fauchard, C., (2017). "3D assessment of an underground mine pillar by combination of photogrammetric and geoelectric methods". *Geophysics*, 82(4): E143-E153. <https://doi.org/10.1190/geo2016-0274.1>
- Ferrero, A.M., Migliazza, M., Segalini, A. & Gullì, D., (2013). "In situ stress measurements interpretations in large underground marble quarry by 3D modeling". *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 60: 103-113. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2012.12.008>
- Ferrero, A., Migliazza, M., Segalini, A. & Giani, G.P., (2009). "In situ fracturing mechanics stress measurements to improve underground quarry stability analyses". In: *Proceedings of the 3rd CANUS Rock Mechanics Symposium*, 1-8. <https://geogroup.utoronto.ca/wp-content/uploads/RockEng09/PDF/Session7/3964%20PAPER.pdf>
- Ferrero, A.M., Segalini, A. & Giani, G.P., (2010). "Stability analysis of historic underground quarries". *Computers and Geotechnics*, 37(4): 476-486. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2010.01.007>
- Fornaro, M. & Lovera, E., (2004). "Geological-technical and geo-engineering aspects of dimensional stone underground quarrying". *Engineering Geology for Infrastructure Planning in Europe: A European Perspective*, 574-584. https://doi.org/10.1007/978-3-540-39918-6_64
- Fugiel, A., Burchart-Korol, D., Czaplicka-Kolarz, K. & Smoliński, A., (2017). "Environmental impact and damage categories caused by air pollution emissions from mining and quarrying sectors of European countries". *Journal of cleaner production*, 143: 159-168. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.136>
- Gaied, M.E., Gallala, W. & Younès, A., (2015). "Geoarchaeology of Roman Underground Quarries at Ksour Essaf (Tunisia)". *Geoheritage*, 7(4): 375-382. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0138-4>
- Ghorbani, Y., Nwaila, G.T., Zhang, S.E., Bourdeau, J.E., Cánovas, M., Arzua, J. & Nikadat, N., (2023). "Moving towards deep underground mineral resources: Drivers, challenges and potential solutions". *Resources Policy*, 80: 103222. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103222>

- Grosso, B., Dentoni, V. & Bortolussi, A., (2021). "Effect of the rock stress on the water jet cutting performance". *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 54(9): 4987-4999. <https://doi.org/10.1007/s00603-021-02508-w>
- Hammond, A.A., (1988). "Mining and quarrying wastes: a critical review". *Engineering geology*, 25(1): 17-31. [https://doi.org/10.1016/0013-7952\(88\)90016-6](https://doi.org/10.1016/0013-7952(88)90016-6)
- Hartman, H.L. & Mutmansky, J.M., (2002). *Introductory mining engineering*. John Wiley & Sons. <https://www.wiley.com/en-us/Introductory+Mining+Engineering%2C+2nd+Edition-p-9780471348511>
- He Mc, J.I.A.X.N., Coli, M., Livi, E. & Sousa, L., (2012). "Experimental study of rockbursts in underground quarrying of Carrara marble". *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 52: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2012.02.006>
- Hustrulid, W.A., Hustrulid, W.A. & Bullock, R.L. eds., (2001). *Underground mining methods: Engineering fundamentals and international case studies*. SME.
- Iannacchione, A.T., (1999). "Pillar design issues for underground stone mines". In: *Proceedings of the 18th International Conference on Ground Control in Mining*, Morgantown, WV: West Virginia University, 271-281. <https://www.onemine.org/documents/pillar-design-issues-for-underground-stone-mines>
- khodaparast mashhadi, M. & Ghezelbash, A. (2016). "Economic assessment of the construction of hydroelectric power plant (pumped-storage) in Iranian reservoir dams: case study of Pirtaghi damandpower plant". *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 5(17): 199-224. <https://doi.org/10.22084/aes.2016.1414>, (In Persian)
- Kortnik, J., (2009). "Underground natural stone excavation technics in Slovenia". *RMZ-Materials and Geoenvironment*, 56(2). <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-BNKQYUVE>
- Kortnik, J., (2012). "High safety pillars design for underground excavation of natural stone blocks". *Journal of Civil Engineering and Construction Technology*, 3(6): 179-188. <https://doi.org/10.5897/JCECT12.054>
- Kortnik, J., (2015). "Stability assessment of the high safety pillars in Slovenian natural stone mines". *Archives of Mining Sciences*, 60(1): 403-417. <https://doi.org/10.1515/amsc-2015-0027>
- Kumar, R., Choudhury, D. & Bhargava, K., (2016). "Simulation of rock subjected to underground blast using FLAC3D". *Japanese Geotechnical Society Special Publication*, 2(12): 508-511. <https://doi.org/10.3208/jgssp.IND-27>
- Kun, M.E.T.E., (2014). "Evaluation and applications of empirical approaches and numerical modeling of an underground limestone quarry with room and pillar design". *Journal of Mining Science*, 50: 126-136. <https://doi.org/10.1134/S1062739114010189>
- Langer, W.H., (2001). "Potential environmental impacts of quarrying stone in karst: a literature review". *U.S. Geological Survey open-file report*, 01-0484. URL: <https://pubsdata.usgs.gov/pubs/of/2001/ofr-01-0484/>
- Marchetti, D., Avanzi, G.D.A., Sciarra, N., Calista, M. & Piaggi, L., (2012). "Pillar sizing and stability analysis by numerical modeling for underground stone quarrying". In: *Proceedings of the ISRM International Symposium-EUROCK*, 1-13. <https://onepetro.org/ISRMEUROCK/proceedings-abstract/EUROCK12/EUROCK12/ISRM-EUROCK-2012-080/39944>

- Marras, G. & Careddu, N., (2018). "Overview: Health and Safety in the Italian dimension stone quarrying industry". *Transportation*, 2: 0-8. <https://doi.org/10.19199/2021.1.1121-9041.034>
- Martins, R., Lopes, L. & Branco, E., (2017). "Underground Marble Exploitation-A Portuguese Case Study and Technical Aspects". In: *Proceedings of the IV International Stone Congress, Izmir - Turkey*, 65-683. <http://hdl.handle.net/10174/22593>
- Millar, D.L., Brown, T.J., Kruyswijk, J.B., Smith, N., Coggan, J.S., Foster, P.J., Steadman, E.J., Evans, D.J. & Hewitt, J., (2012). "Assessing the feasibility of underground mining of aggregates in southern and eastern England". In: *Proceedings of the 16th Extractive Industry Geology Conference, Extractive Industry Geology Conference*, 54-70. https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/19945/1/Printers_proof_6._Millar_54-70.pdf
- Mohammadi, J., Ataei, M., Kakaei, R.K., Mikaeil, R. & Haghshenas, S.S., (2018). "Prediction of the production rate of chain saw machine using the multilayer perceptron (MLP) neural network". *Civil Engineering Journal*, 4(7): 1575-1583. <https://doi.org/10.28991/cej-0309196>
- Nilsson, D.S., (1982). "Advantages of high production level in underground mining". *Mining Engineering*, 34(8). <https://eurekamag.com/research/091/158/091158909.php?srltid=AfmBOoqOzBNuKMC1Pxerg3WwKnBFSWGzmPbYBSFjhoNtxNQpC6679sx4>
- Oggeri, C. & Oreste, P., (2015). "Underground Quarrying for Marble: Stability assessment through modelling and monitoring". *International Journal of Mining Science (IJMS)*, 1(1): 35-42. <https://www.marcocosistones.com/sites/default/files/Underground%20Marble%20Mining-Stability%20Assessment.pdf>
- Oggeri, C., Oreste, P., Valentino, D. & Fornaro, M., (2001). "Going underground in quarrying: Technical perspectives for marble in Portugal". In: *Proceedings of the 17th International Mining Congress and Exhibition of Turkey-IMCET*, Ankara, 19-22.
- Pelizza, S., Oreste, P.P., Peila, D. & Oggeri, C., (2000). "Stability analysis of a large cavern in Italy for quarrying exploitation of a pink marble". *Tunnelling and underground space technology*, 15(4): 421-435. [https://doi.org/10.1016/S0886-7798\(01\)00011-6](https://doi.org/10.1016/S0886-7798(01)00011-6)
- Rybár, P., Hronček, P., Tometsová, D., Domaracká, L. & Jesenský, M., (2017). "Underground quarries their possible use for mining tourism purposes-Slovak perspectives on the example of the underground stone quarry of Veľká Stráň". *Acta Geoturistica*, 8(2): 87-107. <https://doi.org/10.1515/AGTA-2017-0009>
- Sahu, H.B., Prakash, N. & Jayanthu, S., (2015). "Underground mining for meeting environmental concerns-a strategic approach for sustainable mining in future". *Procedia Earth and Planetary Science*, 11: 232-241. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.06.030>
- Salimifar, M., mahdavi adeli, M. H., rajabi mashhadi, H. & ghezelbash, A. (2014). "Economic Evaluation of Solar Power and Fossil Energy in a House in Mashhad". *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 2(8): 115-136. <https://dor/20.1001.1.23222530.1392.2.8.8.1> (In Persian)
- Seiki, T., Takahashi, K., Dintwe, T.K.M., Noguchi, S., Ohmura, T. & Aydan, Ö., (2019). "Consideration of structural stability for Oya underground quarry with dynamic response". In: *ISRM Rock Dynamics Summit*, Paper Number: ISRM-RDS-2019-051. <https://onepetro.org/isrmrds/proceedings-abstract/RDS19/All-RDS19/475845>

- Silvertant, J., (2008). "The underground Limestone Quarries in the Low Countries and their Place in European Mining History". In: *Proceeding of the 3rd International Symposium on Archaeological Mining History-Low Countries*.
https://www.academia.edu/35775931/The_underground_Limestone_Quarries_in_the_Low_Countries_and_their_Place_in_European_Mining_History
- Tan, F., Jiao, Y.Y., Wang, H., Liu, Y., Tian, H.N. & Cheng, Y., (2019). "Reclamation and reuse of abandoned quarry: A case study of Ice World & Water Park in Changsha". *Tunnelling and Underground Space Technology*, 85: 259-267.
<https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.12.009>
- Van Den Eeckhaut, M., Poesen, J., Dugar, M., Martens, V. & Duchateau, P., (2007). "Sinkhole formation above underground limestone quarries: A case study in South Limburg (Belgium)". *Geomorphology*, 91(1-2): 19-37.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.01.016>
- Vaughn, K.J. & Tripcevich, N., (2012). "An introduction to mining and quarrying in the ancient Andes: sociopolitical, economic and symbolic dimensions". In: *Mining and Quarrying in the Ancient Andes: Sociopolitical, Economic, and Symbolic Dimensions*, 3-19. <https://escholarship.org/content/qt07v635t0/qt07v635t0.pdf>
- Wysokiński, M., Baran, J., Gołasa, P. & Lenort, R., (2014). "Economic and Energy Efficiency of the Mining and Quarrying Sector in European Countries". In: *Metal 2014: 23th International Conference on Metallurgy and Materials*, 1965-1971.
[RIV/61989100:27360/14:86093217 - isvavai.cz](https://www.isvavai.cz/RIV/61989100:27360/14:86093217)
- Yang, H.S., Kim, W.B. & Ali, M.A., (2012). "Performance of pillar design in underground stone mines that include discontinuities". *Geosystem Engineering*, 15(3): 187-194. <https://doi.org/10.1080/12269328.2012.704160>
- Yanovskaya, E. & Garshin, D., (2015), March. "Underground history of Domodedovo district". In: *Proceedings of International Congress of Speleology in Artificial Cavities, Rome*, 85-96.
https://www.academia.edu/19081758/UNDERGROUND_HISTORY_OF_DOMODEDOVO_DISTRICT

**Applied Economics Studies, Iran (AESI)**P. ISSN:2322-2530 & E. ISSN: 2322-472X - Journal Homepage: <https://aes.basu.ac.ir/>

Scientific Journal of Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran. Owner & Publisher: Bu-Ali Sina University.

© Copyright © 2026 The Authors. Published by Bu-Ali Sina University.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Impact of a Peer-to-Peer Electricity Trading Scheme on Increasing Renewable Energy Generation (A Practical Study on Decreasing Electricity Imbalances)

Hoda Zobeiri¹ , Mohammad Hasani² 

Type of Article: Research

 <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.31262.3808>

Received: 2025/07/16; Revised: 2025/08/17; Accepted: 2025/08/18

Pp: 167-201

Abstract

Decentralized energy models such as Peer-to-Peer (P2P) electricity trading schemes can provide a new and effective solution to increase the use of clean and renewable energy source, in a situation where traditional electricity networks are confronting problems such as energy imbalance, increased consumption, and environmental constraints. In this framework, this study examines the effect of P2P electricity trading in the growth of solar electricity generation in selected countries during the period 2000 to 2023. The effects of variables such as the implementation of the P2P policy, electricity price, population, per capita income, annual temperature, solar panel price, and composite economic development index on photovoltaic electricity generation have been analyzed using the dynamic panel data method and the systemic generalized moment estimator (GMM). Results indicate that the P2P policy has a positive and significant effect on the growth of solar electricity generation and plays an important role in enabling consumers and increasing the motivation to invest in clean energy. Furthermore, economic and climatic factors including factors such as growing electricity prices and air temperature have been identified as key drivers in the incentive to install solar panels. Findings suggest specific policy solutions for countries facing an energy crisis, while providing valid empirical evidence including Iran. For Iran specifically, successful P2P implementation requires comprehensive legal, technical, and economic infrastructure development, including specific trading regulations, digital infrastructure enhancement, smart grid management, financial incentives for solar installations, public education programs, transparent electricity pricing reforms, and local energy market development to achieve sustainable decentralized energy transition.

Keywords: Peer-to-Peer Electricity Trading Scheme, Electricity Imbalances, Renewable Energy Electricity Generation, The Systemic Generalized Moment Estimator (GMM).

JEL Classification: C01, C23, O13, O16, O11.

1. Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran (Corresponding Author). **Email:** h.zobeiri@umz.ac.ir

2. Ph.D. Student of Development Economics, Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.

Citations: Zobeiri, H. & Hasani, M., (2026). "Impact of a Peer-to-Peer Electricity Trading Scheme on Increasing Renewable Energy Generation (A Practical Study on Decreasing Electricity Imbalances)". *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 14(56): 167-201. <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.31262.3808>

Homepage of this Article: https://aes.basu.ac.ir/article_6197.html?lang=en

1. Introduction

The issue of imbalance in electricity generation has become one of the growing challenges in developing countries including Iran in recent decades. The Iranian electricity network to face instability in electricity supply emerged as a result of continuous surge in demand for electrical energy, the growth of household and industrial consumption, high dependence on fossil resources, and the lack of sufficient development in renewable energy infrastructure. This situation has not only had a negative impact on energy supply, but has also been accompanied by destructive consequences such as unplanned power outages, reduced economic productivity, exacerbated energy inequality, and increased greenhouse gas emissions.

In such situations, the need to reform the structure of electricity generation, distribution, and consumption has become an inevitable necessity. Incidentally, one of the new and innovative models is the Peer-to-Peer (P2P) electricity trading scheme. Consumers can become electricity producers themselves and sell their surplus electricity directly to other consumers in the local network, without local consumers being required to supply energy through the centralized electricity network in this model. This approach is founded on concepts such as decentralized electricity supply, the sharing economy, and digital technology which has been accompanied by the growth of home solar panel installations in various countries.

Implementation of this policy can encourage the development of solar electricity generation, increase the resilience of the electricity network, and improve the efficiency of the energy supply system in addition to reducing pressure on the central electricity network. However, empirically examining the effect of the P2P policy in different countries in terms of its impact on the actual growth of solar electricity generation is well-intentioned to do further research. Analyzing the potential effect of this policy can be very helpful for policymakers and macroeconomic decision-makers in resolving electricity imbalances.

The key aim of this paper is to empirically examine the effect of implementing the P2P electricity trading policy on solar electricity generation in the selected countries. For this reason, countries are divided into two groups with and without P2P policies, and its effects are modeled econometrically over the period 2000 to 2023. The main research questions include as follow:

1. Given that countries with and without P2P policies are measured simultaneously, does the implementation of this policy affect the growth rate of solar electricity generation in countries with P2P policies?

2. Does an increase in network electricity tariffs result in an increase in the use of solar panels for electricity generation?

3. What economic factors (such as population, per capita income, solar panel prices, and the economic development level index in line with the dependence on renewable energy) along with the share of renewable energies and geographical factors affect the growth of solar electricity generation?

2. Methodology

As an applied type, this study is done with a quantitative approach based on panel data analysis. In order to control the endogenous of variables and investigate the dynamics of the system, the GMM system method has been utilized since it is appropriate for dynamic models with a panel structure. The statistical population of the study includes the 10 selected countries in the period 2000 to 2023 including Australia, Germany, the Netherlands, the United Kingdom and the United States which have been selected as leading countries in implementing the P2P plan in this study, and New Zealand, France, Sweden, Italy and Chile as countries which have not experienced implementing this plan. The dependent variable of the model is the amount of electricity generated from solar sources. The independent variables include the implementation of the P2P policy (binary variable), electricity price, the share of renewable energies in total electricity generation, public energy research and development costs, population, average annual temperature, solar panel price and per capita income.

3. Research Findings

Results of the GMM system model estimation indicate that the implementation of the P2P policy has a positive and significant impact on solar power generation. Average higher growth in solar power generation in countries that have implemented this policy have been reached in comparison to countries without this policy. In addition, the increase in the price of network electricity as an incentive variable has led to a greater inclination to use solar panels. Results also confirm that reforming the energy tariff system can be used as a policy tool in order to expand renewable energies. Other findings include the positive effect of the clean energy development index and population on the growth of solar generation. Annual temperature also had a significant effect, indicating that warmer climates provide a better opportunity for the development of solar energy.

One interesting point to notice is that the price of solar panels also affects positively on solar generation, which at first glance seems contradictory; however, it can be interpreted

as an increase in demand during periods of rising prices, as well as the development of panel technology over time. On the contrary, the total share of renewable energy in total generation did not affect significantly on solar electricity generation. This finding could be due to the diversity of renewable sources (e.g. hydro, wind, and biomass) in different countries, which results in the total share to increase, but not necessarily the solar share.

4. Conclusion

It can be concluded based on the research findings that the implementation of the P2P electricity trading policy is an effective tool for developing solar power and reducing pressure on the central electricity network. This policy can result in increasing network resilience, active citizen participation in energy generation, and the creation of a participatory energy economy, in line with the strengthening environmental sustainability. Regarding the results of the empirical model, the effective implementation of the P2P electricity policy in Iran requires the creation of the necessary legal, technical, and economic infrastructure. This requires the development of specific rules for electricity trading between subscribers, strengthening digital infrastructure, smart network management, and providing financial incentives for installing solar systems at the household and commercial levels. Furthermore, public training and promoting energy literacy, especially in high-consumption areas, can pave the way for social acceptance of this policy. In addition, reviewing the electricity pricing system and creating transparency in tariffs, along with developing local energy markets, can provide an efficient platform for accelerating the transition of Iran's energy supply structure on the way to a sustainable and decentralized energy supply model.

Acknowledgments

The authors appreciate all the scientific consultants in this paper.

Author Contributions

Authors contributed to the conceptualization and writing. All the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.



فصلنامه علمی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
 چاپی: ۲۵۲۰-۲۳۲۲؛ چاپی الکترونیکی: ۴۷۲۸-۲۳۲۲ - وبسایت نشریه: <https://aes.basu.ac.ir>
 نشریه گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
 حق انتشار این مستند، متعلق به نویسنده (گان) آن است. ۱۴۰۴ - ناشر این مقاله، دانشگاه بوعلی سینا است.
 این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
 Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



نقش طرح تجارت برق نظیر به نظیر در افزایش تولید برق انرژی‌های تجدیدپذیر (مطالعه کاربردی در راستای کاهش ناترازی برق)

هدی زبیری^۱، محمد حسنی^۲

نوع مقاله: پژوهشی

شناسه دیجیتال: <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.31262.3808>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۵، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۲۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۷

صص: ۱۶۷-۲۰۱

چکیده

در شرایطی که شبکه‌های برق سنتی با مشکلاتی مانند ناترازی انرژی، افزایش مصرف و محدودیت‌های محیط زیستی روبه‌رو هستند، مدل‌های غیرمتمرکز انرژی مانند طرح تجارت برق نظیر به نظیر (P2P) می‌توانند راه‌حلی نوین و مؤثر برای افزایش استفاده از منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر ارائه دهند. در همین راستا این پژوهش به بررسی نقش تجارت برق P2P در رشد تولید برق خورشیدی در کشورهای منتخب طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ م. پرداخته است. تأثیر متغیرهای اجرای سیاست P2P، قیمت برق، جمعیت، درآمد سرانه، دمای سالانه، قیمت پنل‌های خورشیدی و شاخص ترکیبی توسعه اقتصادی بر تولید برق فتوولتائیک با استفاده از روش داده‌های پانلی پویا و تخمین‌زن گشتاور تعمیم یافته (GMM) سیستمی تحلیل شده است. نتایج نشان می‌دهد که سیاست P2P اثر مثبت و معناداری بر رشد تولید برق خورشیدی داشته و نقش مهمی در توانمندسازی مصرف‌کنندگان و افزایش انگیزه سرمایه‌گذاری در انرژی‌های پاک ایفا می‌کند. هم‌چنین عوامل اقتصادی و اقلیمی مانند افزایش قیمت برق و دمای هوا نیز به عنوان محرک‌های کلیدی در گرایش به نصب پنل‌های خورشیدی شناسایی شده‌اند. یافته‌های این پژوهش ضمن ارائه شواهد تجربی معتبر، راهکارهای سیاستی مشخصی برای کشورهای درگیر با بحران انرژی، از جمله ایران، پیشنهاد می‌دهد.

کلیدواژگان: طرح تجارت برق نظیر به نظیر، ناترازی برق، تولید برق خورشیدی، تخمین‌زن گشتاور تعمیم یافته (GMM) سیستمی.

طبقه‌بندی JEL: C01, C23, O13, O16, O11

۱. دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران (نویسنده مسئول).

Email: h.zobeiri@umz.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.

Email: m.hasani601@umail.umz.ac.ir

ارجاع به مقاله: زبیری، هدی؛ و حسنی، محمد، (۱۴۰۴). «نقش طرح تجارت برق نظیر به نظیر در افزایش تولید برق انرژی‌های تجدیدپذیر (مطالعه کاربردی در راستای کاهش ناترازی برق)». مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۱۴(۵۶): ۱۶۷-۲۰۱. <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.31262.3808>

صفحه اصلی مقاله در سامانه نشریه: https://aes.basu.ac.ir/article_6197.html?lang=fa

۱. مقدمه

بخش برق ایران با چالش‌های قابل توجهی از جمله عدم توازن بین عرضه و تقاضا، به‌ویژه در اوج مصرف تابستان روبرو است. طبق مطالعات «تابستان» و «گنجوی» (۱۳۹۸)، مصرف برق به‌طور متوسط سالانه حدود ۵ درصد افزایش یافته است که از رشد ظرفیت تولید آن پیشی گرفته است. نیروگاه‌های حرارتی فرسوده با راندمان کاهشی، که به دلیل تحریم‌ها با مشکلات تعمیر و نگهداری نیز مواجه هستند، در تأمین تقاضای اوج مصرف با چالش روبرو هستند. کمبود آب نیز بر تولید برق نیروگاه‌های برق‌آبی تأثیر گذاشته است، به خصوص در تابستان‌های کم‌بارش که این مشکل نیز حادتر می‌شود. «رادسر» و همکاران (۱۴۰۰) اشاره می‌کنند که مصرف بالای انرژی در بخش صنعت و مصرف ناکارآمد در بخش خانگی، فشار مضاعفی بر شبکه برق وارد می‌کند و تعرفه‌های پایین برق و یارانه‌های انرژی، انگیزه‌ای برای صرفه‌جویی در بین خانوار نیز ایجاد نمی‌کنند. افزون بر این، بهای پرداخت‌شده مصرف برق صنایع انرژی‌بر نیز کمتر از ارزش اقتصادی کالایی است که به سبب استفاده از انرژی برق تولید می‌شود (نیکزادالحسینی و صادقی‌شاهدانی، ۱۴۰۲).

مؤید به ذکر است که قطعی برق منجر به زیان‌های اقتصادی قابل توجهی شده و ظرفیت تولید صنعتی را حدود ۳۰ درصد کاهش داده است. همچنین باعث آسیب به تجهیزات فنی کارخانجات صنعتی نیز شده است (امینی، ۱۳۹۹). از نظر اجتماعی، اختلال در خدمات مهم مانند بیمارستان‌ها و استفاده از سیستم‌های سرمایشی در دوره‌های گرمای شدید تابستان، کیفیت زندگی شهری را کاهش و نارضایتی عمومی را افزایش داده است (نوروز زاده و همکاران، ۱۴۰۰). از نظر زیست‌محیطی نیز، با آن که جوامع بین‌المللی به سمت محدود کردن انتشار گازهای گلخانه‌ای حرکت می‌کنند (مهرجو ایرانی و همکاران، ۱۴۰۴)، در ایران استفاده از ژنراتورهای اضطراری هزینه‌های تولید را افزایش داده و آلودگی هوا را تشدید کرده است (موسوی‌رینه و ساداتی‌نژاد، ۱۳۹۹). استفاده گسترده از ژنراتورهای دیزلی موجب تشدید آلودگی هوا شده و قطعی برق بر سیستم‌های تصفیه فاضلاب و مدیریت پسماند صنعتی تأثیر منفی گذاشته است (مهدی‌زاده رابینی و همکاران، ۱۳۹۹).

بنابراین افزایش روزافزون مصرف برق در ایران، به خصوص در فصل تابستان، همراه با محدودیت‌های تولید و انتقال انرژی، ضرورت پژوهش در زمینه راهکارهای نوآورانه در تولید و توزیع برق را دوچندان کرده است. مطالعات نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از مصرف انرژی در بخش‌های صنعتی، تجاری و خانگی می‌تواند توسط منابع انرژی تجدیدپذیر انجام شود، اما کمبود زیرساخت ذخیره‌سازی برق، هزینه سرمایه‌گذاری اولیه بالا، قیمت یارانه‌ای شبکه برق سنتی و نبود چارچوب حقوقی مشخص برای تولیدکنندگان کوچک، مانع از اجرای موفق این طرح شده است (اونیمولا^۱، ۲۰۱۵؛ اوبرگون و همکاران^۲، ۲۰۱۹). از سوی دیگر، هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی ناشی از ناترازی برق، از جمله خسارت به تجهیزات صنعتی، کاهش تولید و نارضایتی عمومی، لزوم انجام پژوهش‌های علمی برای شناسایی و پیاده‌سازی راهکارهای نوآورانه را بیش از پیش نمایان می‌سازد.

اهمیت حل معضل ناترازی برق از طریق راهکارهای نوآورانه در ایران را می‌توان در عوامل متعددی جست‌وجو کرد. ایران با شدت مصرف انرژی ۲.۵ برابر میانگین جهانی، یکی از بالاترین نرخ‌های اتلاف انرژی را دارد که

¹ Oniemola (2015)

² Obregon et al. (2019)

سالانه معادل ۲۰-۱۵ درصد تولید ناخالص داخلی کشور را هدر می دهد (نیک نقش و همکاران، ۱۳۹۸). از طرفی، با اجرای طرح های بهره وری انرژی و یا استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، می توان مصرف برق در بخش های صنعتی و ساختمانی را تا ۳۰ درصد کاهش داد که این میزان معادل ظرفیت چندین نیروگاه بزرگ است (رادسر و همکاران ۱۴۰۰). سرمایه گذاری در فناوری های تجدیدپذیر برای تولید برق مانند انرژی خورشیدی، بادی، آبی و زیست توده، انتشار گازهای گلخانه ای و آلودگی هوا را کاهش می دهند و منافع زیست محیطی و اقتصادی پایدارتری نیز به همراه دارند (ژنا و همکاران^۱، ۲۰۲۴). علاوه بر این موجب ایجاد شغل، ارتقای نوآوری در فناوری و بهبود امنیت انرژی با کاهش وابستگی به سوخت های فسیلی نیز می شوند (کاردوری و آنانت^۲، ۲۰۲۳).

محققان برای مقابله با این مشکلات، توسعه منابع انرژی تجدیدپذیر، اصلاح تعرفه های برق و سرمایه گذاری در زیرساخت های شبکه توزیع را پیشنهاد داده اند (امینی، ۱۳۹۹؛ پوردربانی، ۱۳۹۹). در همین راستا از تجارت برق نظیر به نظیر (P2P) به عنوان یک راه حل مناسب و نوآورانه برای ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر با شبکه های برق سنتی می توان نام برد. تجارت برق P2P روشی نوین برای خرید و فروش برق است که به صورت مستقیم بین افراد انجام می شود. در این سیستم، خانه هایی که دارای پنل خورشیدی هستند و برق اضافی تولید می کنند، می توانند مازاد برق خود را بدون واسطه و مستقیماً به همسایگان یا سایر مصرف کنندگان محلی بفروشند (منگل کمپ و همکاران^۳، ۲۰۱۸). این طرح پذیرش استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر را افزایش می دهد و خودکفایی انرژی جامعه را بهبود می بخشد و مصرف کنندگان را توانمندتر می سازد (پنابلو و همکاران^۴، ۲۰۲۱؛ سیدقی و همکاران^۵، ۲۰۲۳). پژوهش های اخیر نیز به قابلیت های تحول آفرین تجارت برق نظیر به نظیر^۶ (P2P) در سیستم های مدرن برق اشاره دارند. تجارت P2P مزایای اقتصادی برای تولید-مصرف کنندگان^۷ به همراه دارد و در عین حال با کاهش اوج تقاضا، کاهش نیاز به ذخایر و کاهش تلفات شبکه، به پایداری شبکه برق نیز کمک می کند (توشار و همکاران^۸، ۲۰۲۰). این مکانیزم امکان استفاده بهینه تر از منابع انرژی توزیع شده محلی^۹ (DERS) را فراهم می کند و بازار برق غیرمتمرکز را ترویج می دهد (چاتورانگا و همکاران^{۱۰}، ۲۰۲۲). اجزای کلیدی تجارت P2P شامل پلتفرم های معاملاتی، طرح های بازار، الگوریتم های تسویه، سیاست های حمایتی، شبکه ها و زیرساخت های فناوری اطلاعات و ارتباطات است (بوکار و همکاران^{۱۱}، ۲۰۲۳). ایده های نوظهور در تجارت انرژی P2P شامل پلتفرم های مبتنی بر بلاکچین، قراردادهای هوشمند و بهینه سازی مبتنی بر هوش مصنوعی نیز است (شو و همکاران^{۱۲}، ۲۰۲۳).

بنابراین بسیاری از کشورها، در راستای ارتقای امنیت انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای، به دنبال توسعه این منابع و ادغام آن ها در شبکه های ملی هستند. با این حال، میزان افزایش استفاده از انرژی های تجدیدپذیر

¹ Jena et al. (2024)

² Karduri & Ananth (2023)

³ Mengelkamp et al. (2018)

⁴ Pena-Bello et al. (2021)

⁵ Sidqi et al. (2023)

⁶ Peer to Peer

⁷ Prosumers

⁸ Tushar et al., 2020

⁹ Distributed energy resources

¹⁰ Chathuranga D.W. et al., 2022

¹¹ Bukar et al., 2023

¹² Shu et al., 2023

و کاهش وابستگی به شبکه برق سنتی، وابسته به عوامل زیرساختی، رفتاری و نهادی هر کشور است. در برخی موارد، به‌رغم رشد ظرفیت منابع انرژی تجدیدپذیر، کاهش ملموسی در مصرف برق شبکه مشاهده نمی‌شود. از این‌رو، پژوهش حاضر با بهره‌گیری از داده‌های تطبیقی و رویکرد اقتصادسنجی پنل پویا، به بررسی هم‌زمان تأثیر گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر مانند سیاست P2P و عوامل اقتصادی، نهادی و جغرافیایی بر رشد تولید برق خورشیدی می‌پردازد و می‌کوشد با ارائه شواهد تجربی، درکی واقع‌گرایانه از کارایی شبکه‌های غیرمتمرکز برق در مواجهه با ناترازی انرژی ارائه دهد.

سؤالات تحقیق عبارت است از: ۱. با توجه به این‌که کشورهای دارای سیاست P2P و کشورهای عدم سیاست P2P هم‌زمان مورد سنجش قرار می‌گیرند، آیا اجرای این سیاست بر میزان رشد تولید برق خورشیدی کشورهای دارای سیاست P2P تأثیر دارد؟ ۲. آیا افزایش تعرفه‌های برق شبکه، منجر به افزایش استفاده از پنل‌های خورشیدی برای تولید برق می‌شود؟ و ۳. چه عوامل اقتصادی (مانند جمعیت، درآمد سرانه، قیمت پنل‌های خورشیدی و شاخص سطح توسعه اقتصادی همراه با وابستگی به انرژی تجدیدپذیر) در کنار سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و عوامل جغرافیایی، رشد تولید برق خورشیدی را تحت تأثیر قرار می‌دهد؟ این تحقیق به دنبال پاسخ به پرسش‌های مطروحه است.

فرضیه پژوهش در این مطالعه عبارت است از ۱. اجرای سیاست P2P در کشورهای مجری این طرح، منجر به رشد تولید برق خورشیدی می‌شود. ۲. افزایش تعرفه‌های برق شبکه باعث رشد استفاده از پنل‌های خورشیدی می‌گردد. ۳. متغیرهایی مانند جمعیت، درآمد سرانه، قیمت پنل‌های خورشیدی و شاخص سطح توسعه اقتصادی همراه با وابستگی به انرژی تجدیدپذیر اثر معناداری بر رشد تولید برق خورشیدی دارند و باید مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گیرند.

ساختار مقاله به این صورت تنظیم شده است: در بخش ۲ ادبیات موجود در حوزه نوآوری‌های کاهش استفاده از شبکه سنتی برق و افزایش بهره‌وری انرژی ارائه شده است. بخش ۳ سازوکار این نوآوری‌ها را روشن می‌کند و نحوه طرح P2P پیاده‌سازی شده در کشورهای منتخب را شرح می‌دهد. بخش ۴ شامل روش‌شناسی تحقیق، تصریح مدل و تشریح داده‌های مدل پیشنهادی برای برآورد متغیرهایی است که بر افزایش تولید برق خورشیدی تأثیرگذار است. بخش ۵ تخمین مدل و تحلیل نتایج را شرح می‌دهد و در نهایت بخش آخر به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری پژوهش اختصاص دارد.

۲. پیشینه پژوهش

مطالعات نشان می‌دهند که در سال‌های اخیر، راهکارهای متنوعی برای مدیریت چالش‌های مصرف انرژی و بهره‌وری آن مورد بررسی قرار گرفته است. محققان به‌طور ویژه‌ای بر روی مکانیزم‌های بازار انرژی هم‌چون گواهی‌های سفید^۱ (TWC) و سبز قابل مبادله^۲ (TGC)، مدل‌های نوین تجارت انرژی مانند تجارت نظیر به نظیر (P2P) و سیستم‌های خودمصرفی جمعی^۳ (CSC) در جامعه متمرکز شده‌اند. مطالعات نشان می‌دهد که این

¹ Tradable White Certificates

² Tradable Green Certificates

³ Collective Self-Consumption Systems

راه کارها می توانند از طریق ایجاد انگیزه های اقتصادی و زیست محیطی، به بهبود بهره وری انرژی کمک کنند. این پژوهش ها نشان داده اند که اعمال جریمه های اجباری در مقایسه با ارائه یارانه ها، تأثیر بیشتری در ترغیب تأمین کنندگان سنتی در حرکت به سمت تولید انرژی پایدار داشته است. همچنین، مطالعات اخیر بر اهمیت طراحی مکانیزم های مناسب برای تشویق همکاری بین تولید کنندگان و مصرف کنندگان و ایجاد تعادل بین منافع اقتصادی و اجتماعی تأکید کرده اند.

تجارت انرژی P2P به عنوان یکی از مدل های نوظهور در بازارهای انرژی، مسیری تکاملی را از ایده های ابتدایی تا مفاهیم پیچیده و چندبعدی طی کرده است. بررسی زمان مند ادبیات موجود، تحول تدریجی رویکردها، روش ها و فهم محققان از این حوزه را نمایان می سازد که هر مرحله از این تکامل، دستاوردها و محدودیت های خاص خود را داشته است.

در آغاز این مسیر، لانگ و همکاران^۱ (۲۰۱۹) در یکی از نخستین تلاش های جدی برای مواجهه با چالش های بنیادین تجارت P2P، به بررسی تضاد منافع موجود میان تولید-مصرف کنندگان در شبکه های کوچک^۲ اجتماعی پرداختند. این پژوهش با معرفی مکانیزم نوین تجارت P2P مبتنی بر نظریه بازی و مقدار شاپلی، گامی مهم در مدل سازی فرآیند تصمیم گیری برداشته است. دستاورد برجسته این مطالعه، موفقیت در ایجاد تعادل میان بهینه سازی و عدالت در راه کارهای مدیریت انرژی توزیع شده، است که نتایج شبیه سازی ها برتری آن را نسبت به الگوریتم های متداول تقسیم صورت حساب، نرخ بازار میانی و نسبت عرضه و تقاضا نشان داد. با این حال، این مطالعه با محدودیت های قابل توجهی مواجه بود که تمرکز عمده بر جنبه های ریاضی و مدل سازی نظری، فاصله قابل توجهی با واقعیت های عملی ایجاد کرده است. همچنین، عدم بررسی پیامدهای اجتماعی و رفتاری پیاده سازی این مکانیزم ها، خلأ مهمی در درک جامع مسئله به وجود آورده است.

ادامه این مسیر تحقیقاتی در سال ۲۰۲۰ م. با نگاه جامع تر «توشار» و همکاران شکل گرفت که به صورت مرور سیستماتیک، موفق به شناسایی و دسته بندی منظم چالش های موجود در لایه های مجازی و فیزیکی شبکه شدند. دستاورد مهم این مطالعه، ارائه چارچوب سیستماتیک برای درک پیچیدگی های تجارت P2P است که مزایای این نوع تجارت برای شبکه برق شامل کاهش تقاضای اوج، کاهش نیاز به ذخایر و کاهش تلفات شبکه می شود. شناسایی رویکردهای فنی گسترده برای حل چالش های معاملات تجارت نظیر به نظیر نیز کمک شایانی به سازماندهی دانش موجود در این حوزه کرده است. اما این پژوهش نیز کاستی هایی داشته است، زیرا علی رغم دسته بندی دقیق چالش ها، مطالعه عمدتاً در سطح توصیفی باقی ماند و از ارائه راهکارهای عملی و قابل پیاده سازی فاصله داشته که موجب شده محدودیت شکاف میان تشخیص مسائل و حل آن ها را عمیق تر کرده است.

سال ۲۰۲۱ م. شاهد تحولی مهم در درک ابعاد مختلف تجارت P2P بود، به طوری که «آدامز» و همکاران^۳ (۲۰۲۱) با انجام نخستین مرور نظام مند جامع، مرزهای تحقیق را از جنبه های صرفاً فنی و اقتصادی به سمت ارزش های اجتماعی گسترش دادند. این پژوهش موفق به شناسایی طیف وسیعی از ارزش های اجتماعی شامل استقلال انرژی، منافع محلی، روابط اجتماعی، مسئولیت زیست محیطی و مشارکت شد و همچنین ارزش های

¹ Long et al. (2019)

² Microgrids

³ Adams et al. (2021)

اقتصادی از جمله خودمصرفی برق تجدیدپذیر، کاهش هزینه‌های واردات برق و بهبود قیمت صادرات برق را مستند کرد. شناسایی عوامل کلیدی موفقیت آن شامل تمایل به مشارکت، تعامل مؤثر با فناوری و مشارکت فعال خانواده‌ها و جوامع نیز از دستاوردهای مهم این مطالعه بود. اما علی‌رغم شناسایی جامع ارزش‌ها، این پژوهش در ارائه روش‌های کمی‌سازی و اندازه‌گیری این ارزش‌ها ناتوان ماند و تبدیل آن‌ها به شاخص‌های قابل سنجش هم‌چنان چالشی حل‌نشده باقی گذاشت.

در همان سال، «کرامپس» و «لوتیه»^۱ (۲۰۲۱) با تمرکز بر مکانیزم‌های نظارتی، بعد دیگری از پیچیدگی‌های این حوزه را آشکار ساختند. این پژوهش با تحلیل دقیق گواهی‌های قابل مبادله، مشکل «کالاهای اعتباری» را در گواهی‌های سفید شناسایی کرد و نشان داد که عدم امکان راستی‌آزمایی کیفیت واقعی، چگونه می‌تواند به رفتارهای فرصت‌طلبانه منجر شود. راه‌کار عملی آنان مبنی بر تمرکز بر نتایج عملی و قابل اندازه‌گیری و پیشنهاد تشویق تمرکزگرایی در صنعت، رویکرد نوآورانه‌ای برای تعادل میان منافع جمعی و کنترل ریسک‌های انحصاری ارائه داد. اما این مطالعه با چالش هزینه‌های بالای نظارت مواجه بود که عملیاتی‌شدن پیشنهاداتشان را دشوار می‌ساخت. هم‌چنین «گئورگاکیس» و همکاران^۲ (۲۰۲۱) با انجام نخستین آزمایش انتخاب گسسته در این حوزه، کشف مهمی را ارائه کردند. این پژوهش که بر محرک‌های مشارکت متمرکز بود، نشان داد که برخلاف انتظارات رایج، ابعاد زیست‌محیطی حتی از ابعاد اقتصادی نیز اهمیت بیشتری برای مشارکت‌کنندگان دارند. یافته جالب‌توجه دیگر، تمایل اکثر مصرف‌کنندگان به عرضه رایگان یا با جبران غیرمالی برق مازاد خود، به‌ویژه به خانوارهای دچار فقر انرژی بود که پتانسیل تجارت P2P را در پیش‌برد گذار انرژی عادلانه اجتماعی آشکار ساخت. این گرایش در میان اعضای تعاونی‌های انرژی، قوی‌تر مشاهده شد که نشان‌دهنده اهمیت بافت اجتماعی در پذیرش این فناوری بود. با این وجود، حجم نمونه محدود این مطالعه (۷۴ نفر) و تمرکز بر یک کشور واحد، قابلیت تعمیم‌پذیری نتایج را به شدت محدود کرده بود.

در ادامه این روند تکاملی، «صفرزاده» و همکاران^۳ (۲۰۲۲) با گسترش مطالعات به سمت هماهنگ‌سازی بازارهای مختلف، پیچیدگی‌های سیاست‌گذاری را عمیق‌تر بررسی کردند. این پژوهش با توسعه مدل چندعاملی جامع در زنجیره تأمین برق، گامی مهم در درک روابط پیچیده میان بازارهای گواهی سفید و سبز برداشت. دستاورد برجسته این مطالعه، مستندسازی تأثیر بیشتر جریمه‌های اجباری نسبت به یارانه‌های صرفه‌جویی انرژی در ترغیب تأمین‌کنندگان سنتی به حرکت به سمت تولید انرژی پایدار بود. تحلیل سه سناریوی مختلف شامل تولید برق سنتی، اجرای برنامه بهره‌وری انرژی و پیاده‌سازی استانداردهای پرتفوی تجدیدپذیر، عمق تحلیلی قابل‌توجهی به مطالعه بخشید. این یافته بینش مهمی برای سیاست‌گذاران در طراحی مکانیزم‌های پاداش-جریمه فراهم کرد و نشان داد که رویکردهای تنبیهی می‌توانند مؤثرتر از رویکردهای تشویقی باشند. اما این پژوهش نیز با محدودیت عمده‌ای مواجه بود، زیرا علی‌رغم پیچیدگی مدل‌سازی، فقدان اعتبارسنجی تجربی و اتکای صرف بر شبیه‌سازی، شکاف میان نظریه و عمل را هم‌چنان پابرجا نگه داشته بود.

¹ Crampes & Léautier (2021)

² Georgarakis et al. (2021)

³ Safarzadeh et al. (2022)

سرانجام، «گورباچو» و همکاران^۱ (۲۰۲۴) با انجام گسترده ترین مرور نظام مند در این حوزه، نشان دهنده بلوغ تدریجی حوزه تجارت P2P بودند. این پژوهش که ۱۳۳ مقاله را مورد بررسی قرار داد، موفق به ایجاد چارچوب مفهومی جامعی برای تمایز میان تجارت P2P، انرژی تراکنشی^۲ و خودمصرفی اجتماعی شد. دیدگاه نوآورانه این مطالعه در توصیف این مدل ها به عنوان زیربازارهای مکمل به جای رقیب بازارهای سنتی، تحولی مهم در درک ماهیت این سیستم ها محسوب می شود. شناسایی مکانیسم های مذاکره قیمت منعکس کننده مؤلفه های بازار و تأکید بر ترویج تولید و مصرف انرژی محلی، از دیگر دستاوردهای مهم این پژوهش است. هم چنین محققان به درستی به تفاوت الزامات نهادی، زیرساختی و رفتاری این مدل ها اشاره کردند که وابستگی آن ها به شرایط محلی و مشارکت اجتماعی را برجسته می سازد. با بهره گیری از دیدگاه های متخصصان دانشگاهی و صنعتی، این مطالعه چارچوب مناسبی برای تمایز میان مدل های مختلف ارائه داده است که می تواند مبنای نظری مناسبی برای بررسی اثرات سیاستی و ساختاری تجارت برق P2P باشد.

این مرور زمان مند ادبیات نشان می دهد که تحقیقات در حوزه تجارت انرژی P2P مسیری تکاملی از مدل سازی های ریاضی ساده به سمت درک جامع و چندبعدی از پیچیدگی های این سیستم ها طی کرده است. در حالی که دستاوردهای قابل توجهی از جمله توسعه مکانیزم های بهینه سازی، شناسایی ارزش های اجتماعی و اقتصادی و ایجاد چارچوب های مفهومی جامع حاصل شده است، محدودیت های مداومی نیز وجود دارد. فاصله میان تئوری و عمل، کمبود مطالعات تجربی، محدودیت در کمی سازی ارزش های اجتماعی و تمرکز بر زمینه های جغرافیایی محدود، هم چنان به عنوان چالش های اصلی باقی مانده اند.

۳. طرحی نوآور برای کاهش استفاده از شبکه سنتی برق در جهان

۳-۱. تولید انرژی تجدیدپذیر و غیرمتمرکز (Decentralized Renewable Energy)

سیستم های انرژی تجدیدپذیر غیرمتمرکز (DRE) یا سیستم های تولید پراکنده^۳ (DG) به عنوان راهکاری نوآورانه برای تأمین برق مناطق روستایی و دورافتاده با دسترسی محدود به شبکه برق مطرح شده اند. این سیستم ها با استفاده از منابع متنوع تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، باد و زیست توده، به صورت مستقل یا ترکیبی عمل می کنند و مزایایی هم چون کاهش انتشار کربن و بهبود دسترسی به انرژی را به همراه دارند (دیشموک^۴، ۲۰۰۹؛ دیشوار و همکاران^۵، ۲۰۲۰). شبکه های کوچک^۶ و جوامع انرژی در قالب سیستم های DRE، نقش مهمی در توسعه سیستم های انرژی پایدار ایفا می کنند. این سیستم ها با کاهش اتلاف در انتقال انرژی، افزایش پایداری شبکه برق و بهبود امنیت انرژی، می توانند هزینه های پیش بینی شده را تا ۷۵ درصد کاهش دهند (کیه بادرودی نژاد و همکاران^۷، ۲۰۲۳؛ لزما و همکاران^۸، ۲۰۱۸). فناوری های شبکه هوشمند امکان ادغام کارآمد سیستم های تولید برق غیرمتمرکز

¹ Gorbacheva et al. (2024)

² Transactive Energy

³ Distributed Generation

⁴ Deshmukh (2009)

⁵ Deshwar et al. (2020)

⁶ Microgrids

⁷ Kiehbardroudzehad et al. (2023)

⁸ Lezama et al. (2018)

با منابع تجدیدپذیر را فراهم کرده و با کاهش هزینه‌های خدمات، انرژی پاک‌تری ارائه می‌دهند (بهادی و دانیلویچ^۱، ۲۰۱۸). هم‌چنین، سیستم‌های تولید پراکنده امکان طراحی هیبریدی متناسب با شرایط هر منطقه را فراهم می‌کنند که تلفات انتقال برق را به حداقل می‌رساند و بهبود تعادل بار را به دنبال دارد (مارسدن^۲، ۲۰۱۱).

مشارکت جامعه در پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر برای توسعه پایدار و توانمندسازی محلی بسیار حیاتی است. مطالعات نشان داده‌اند که ابتکارات انرژی تجدیدپذیر به رهبری جامعه می‌توانند با اشتغال‌زایی همراه باشند، درآمد را افزایش دهند و کیفیت زندگی را بهبود بخشند (براندونی و همکاران^۳، ۲۰۱۶؛ ون در وال^۴، ۲۰۲۰). بنیادهای اساسی توانمندسازی اجتماعی شامل ارتقای سطح دانش، تعمیق مهارت‌های فردی و جمعی و تقویت ظرفیت‌های مشارکتی است. این عوامل در کنار دگرگونی در روابط قدرت و ایجاد حکمرانی پشتیبان، زمینه‌ساز توسعه پایدار جامعه خواهند بود. (کوی و همکاران^۵، ۲۰۲۲). مشارکت مؤثر جامعه نیازمند پذیرش اجتماعی، طراحی پروژه‌های متناسب با نیازهای خاص و شناسایی پتانسیل اقتصادی است (اوزورکا و همکاران^۶، ۲۰۲۴). مالکیت جامعه بر فناوری‌های انرژی، اگرچه توانمندساز است، اما آسیب‌پذیری‌هایی نیز ایجاد می‌کند و نیازمند سیاست‌های پایدار انرژی و حمایت مداوم است (ون در وال، ۲۰۲۰). با وجود تأثیرات مثبت بر توسعه اقتصاد محلی، انسجام اجتماعی و توسعه مهارت‌ها، چالش‌هایی مانند نیاز به سرمایه‌گذاری بالا و نحوه ادغام با شبکه برق، باید در تحلیل اثرات کلی اقتصادی پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر مورد توجه قرار گیرند (براندونی و همکاران، ۲۰۱۶).

سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر محلی، به‌ویژه سیستم‌های فتوولتائیک^۷ خورشیدی (PV) همراه با ذخیره‌سازی انرژی، می‌توانند هزینه‌های مصرف‌کنندگان را کاهش دهند. با کاهش قیمت‌های PV و ذخیره‌سازی، دستیابی به هم‌ترازی با شبکه^۸ در بسیاری از مناطق ممکن شده و خودتولیدی انرژی جذابیت بیشتری پیدا می‌کند (ورنر و همکاران^۹، ۲۰۱۲؛ سابادینی و مادلنر^{۱۰}، ۲۰۲۱). علاوه بر این استفاده از سیستم‌های PV-باتری با اندازه‌گذاری بهینه می‌تواند خرید برق از شبکه را به حداقل رسانده و هزینه‌های کلی را نیز کاهش دهند (سارایوا و متز^{۱۱}، ۲۰۱۶؛ سابادینی و مادلنر، ۲۰۲۱). با این حال، قطع کامل اتصال به شبکه برق ممکن است از نظر اقتصادی بهینه نباشد، زیرا حفظ اتصال به شبکه امکان فروش انرژی مازاد همراه با سودآوری را فراهم می‌کند (سابادینی و مادلنر، ۲۰۲۱). تخمین زده شده است که مزایای اقتصادی دستگاه‌های ذخیره‌سازی برق در سطح مصرف‌کننده، می‌تواند هزینه‌های کلی برق را از طریق مدیریت آریترژ، ۹ تا ۱۵ درصد کاهش دهد (آهلت و دینتر^{۱۲}، ۲۰۰۹). اگرچه پتانسیل اقتصادی این سیستم‌ها به عواملی مانند اقتصاد منطقه‌ای، پروفایل‌های مصرف و شرایط جغرافیایی بستگی

¹ Bhatti & Danilovic (2018)² Marsden (2011)³ Brandoni *et al.* (2016)⁴ Van Der Waal (2020)⁵ Coy *et al.* (2022)⁶ Uzorka *et al.* (2024)⁷ Photovoltaics⁸ Grid Parity⁹ Werner *et al.* (2012)¹⁰ Sabadini & Madlener (2021)¹¹ Saraiva & Metz (2016)¹² Ahlert & Dinther (2009)

دارد، اما یکپارچه سازی منابع انرژی تجدیدپذیر با سیستم های ذخیره سازی برای مصرف کنندگان مسکونی، عملی و مقرون به صرفه شده است (سارایو و متز، ۲۰۱۶).

تولید انرژی تجدیدپذیر محلی نقش مهمی نیز در کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و آلودگی محیط زیست ایفا می کند. این سیستم ها با تکیه بر منابع پاک و تجدیدپذیر، جایگزین های مؤثری برای سوخت های فسیلی عمل کرده و به تلاش ها برای کاهش تغییرات اقلیمی کمک می کنند (عمر، ۲۰۱۲؛ مدودکینا و خودوچنکو، ۲۰۲۰). با وجود مزایای متعدد سیستم های DRE، پیاده سازی آن با چالش هایی همچون مسائل مربوط به نگرش جامعه، موانع سیاست گذاری و نیاز به مدل های تجاری کارآمد روبرو است. برای غلبه بر این چالش ها، پژوهشگران از ابزارهای نرم افزاری پیشرفته مانند HOMER برای ارزیابی پارامترهای اقتصادی استفاده می کنند (دیشوار و همکاران، ۲۰۲۰). پیشرفت های اخیر در فناوری شبکه های کوچک پاک، اجرای گسترده این سیستم ها را به ویژه در مناطق دورافتاده و روستایی تسهیل کرده است که با اهداف جهانی پایداری و کاهش تأثیرات تغییرات اقلیمی همسو است (کیه بادرودی نژاد و همکاران، ۲۰۲۳).

۳-۳. طرح تجارت برق نظیر به نظیر

تجارت انرژی نظیر به نظیر (P2P) به عنوان یک رویکرد نوآورانه در بخش انرژی تجدیدپذیر، امکان تبادل مستقیم برق بین تولید کنندگان-مصرف کنندگان و مصرف کنندگان را فراهم می کند. با توجه به شکل ۱ این سیستم به افراد و خانوارهایی که دارای سیستم های تولید انرژی تجدیدپذیر مانند پنل های خورشیدی هستند، اجازه می دهد تا مازاد برق تولیدی خود را مستقیماً با همسایگان و سایر مصرف کنندگان محلی به اشتراک بگذارند (منگل کمپ و همکاران، ۲۰۱۸). مطالعات نشان می دهند که این مدل مزایای اقتصادی قابل توجهی به همراه دارد، به طوری که در سناریوهای بهینه می تواند صرفه جویی به میزان ۲۸ درصد برای مصرف کنندگان و ۵۵ درصد برای تولید کنندگان-مصرف کنندگان ایجاد کند (نوز و همکاران، ۲۰۲۰؛ سوتو و همکاران، ۲۰۲۱). این تجارت می تواند از طریق الگوهای مختلف بازار مانند تقسیم صورت حساب، نرخ بازار میانی و استراتژی های قیمت گذاری مبتنی بر حراج اجرا شود (لانگ و همکاران، ۲۰۱۷).

¹ Omer (2012)

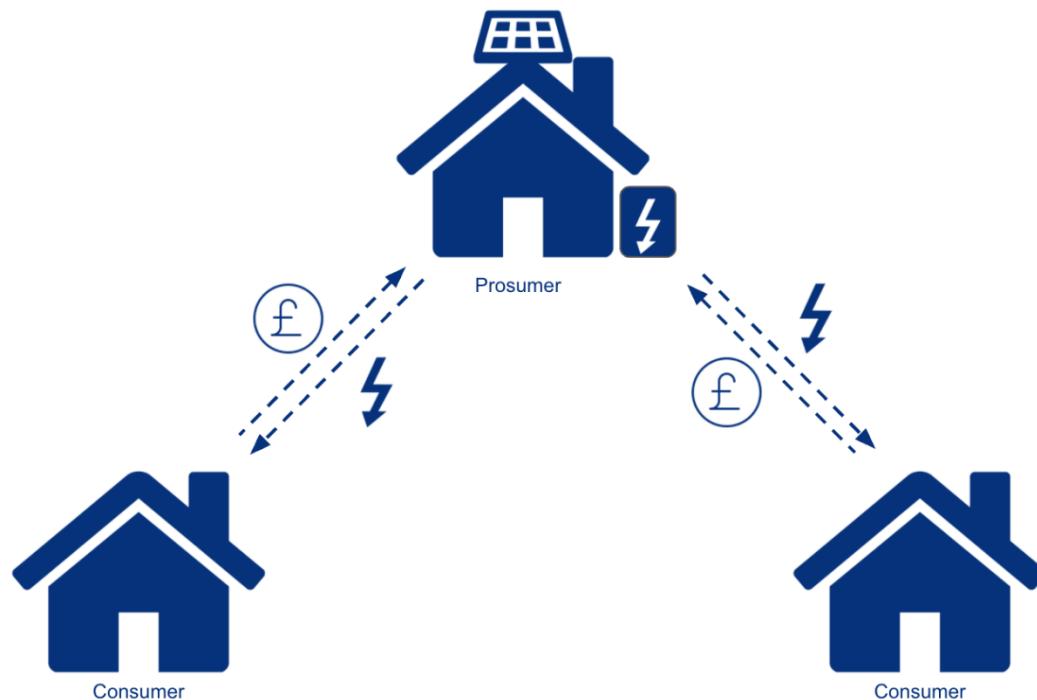
² Medvedkina & Khodochenko (2020)

³ Peer-to-Peer Electricity Trading

⁴ Neves et al. (2020)

⁵ Soto et al. (2021)

⁶ Long et al. (2017)



شکل ۱: تجارت برق نظیر به نظیر (منبع: www.edfenergy.com).

Fig. 1: Peer-to-Peer Electricity Trading (Source: www.edfenergy.com)

شبکه‌های کوچک نقش حیاتی در تحقق این سیستم دارند. این شبکه‌ها به عنوان اجزای اصلی در سیستم‌های انرژی مدرن، امکان توزیع محلی برق و تجارت انرژی P2P را فراهم می‌کنند (سانسورینو و همکاران^۱، ۲۰۱۷؛ اونز و همکاران^۲، ۲۰۲۳). ادغام فناوری بلاکچین و ابزارهای پیش‌بینی (هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای پیش‌بینی جنبه‌های مختلف سیستم انرژی) می‌تواند سیستم‌های تجارت انرژی P2P را بهبود بخشیده، جوامع انرژی تجدیدپذیر را تقویت کند و مدل‌های کسب‌وکار جدیدی ایجاد نماید (گوتیز و همکاران^۳، ۲۰۲۱). فناوری بلاکچین نقش کلیدی در این سیستم ایفا می‌کند. این فناوری، معاملات انرژی را امن‌تر، شفاف‌تر و غیرمتمرکزتر می‌کند و به مصرف‌کنندگان سنتی امکان می‌دهد تا به تولیدکنندگان-مصرف‌کنندگان تبدیل شوند و از منابع تجدیدپذیر بهره ببرند. پیاده‌سازی بلاکچین در شبکه‌های کوچک می‌تواند چالش‌هایی نظیر هماهنگی اپراتورهای توزیع، مدیریت مازاد انرژی و توسعه پلتفرم‌های کاربرپسندتر را برطرف کند (بومایزا و سانفیلیپو^۴، ۲۰۲۳). «کارتیک» و «آناند»^۵ (۲۰۲۰) به نقش قراردادهای هوشمند در این سیستم اشاره می‌کنند که با استفاده از ابزارهایی مانند Solidity، امکان تجارت انرژی P2P خودکار را فراهم کرده و نیاز به دخالت شخص ثالث را حذف می‌کنند. استفاده از فناوری بلاکچین در شبکه‌های کوچک مزایای متعددی از جمله بهبود انعطاف‌پذیری، کارایی، پایداری و مقرون‌به‌صرفه بودن در توزیع و مدیریت انرژی به همراه دارد (اونز و همکاران، ۲۰۲۳).

¹ Sanseverino *et al.* (2017)

² Evens *et al.* (2023)

³ Gutiérrez *et al.* (2021)

⁴ Boumaiza & Sanfilippo (2023)

⁵ Karthik & Anand (2020)

علی‌رغم مزایای متعدد تجارت انرژی P2P، اجرای شبکه‌های هوشمند با چالش‌های متعددی از جمله مسائل مربوط به به‌روزرسانی قوانین انرژی، توسعه زیرساخت‌های هوشمند و آموزش مصرف‌کنندگان مواجه است (براون و همکاران^۱، ۲۰۱۸؛ براون و ژو^۲، ۲۰۱۹). نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی و امنیت از موانع مهم محسوب می‌شوند، زیرا مصرف‌کنندگان درباره حفاظت از داده‌ها در سیستم‌های کنتور هوشمند دغدغه دارند (یانگ و همکاران^۳، ۲۰۱۹؛ بیگرن و همکاران^۴، ۲۰۱۶). جنبه‌های مالی نیز چالش‌های مهمی ایجاد می‌کنند، زیرا هزینه‌های گزاف آن مانع بزرگی برای تشویق مصرف‌کنندگان به استفاده کردن از این نوع تجارت است (بیگرن و همکاران، ۲۰۱۶). علاوه بر این، مباحث فنی و تجاری در خصوص پیاده‌سازی زیرساخت‌های کنتور هوشمند نیز وجود دارد (یانگ و همکاران، ۲۰۱۹).

برای غلبه بر این چالش‌ها، بسیاری از دولت‌ها سیاست‌های متنوعی مانند تعیین اهداف قانونی، الزامات امنیت داده و ارائه مشوق‌های مالی مختلف را برگزیدند (براون و همکاران، ۲۰۱۸؛ براون و ژو، ۲۰۱۹). مشارکت مصرف‌کنندگان و تغییر رفتار آن‌ها برای به حداکثر رساندن مزایای شبکه‌های هوشمند ضروری است، اما این جنبه‌ها در مطالعات موجود اغلب نادیده گرفته می‌شوند (یانگ و همکاران، ۲۰۱۹).

بر اساس بررسی پروژه‌های اجرا شده در کشورهای مختلف، تعریف متفاوتی از فروشندگان وجود دارد. یکی از عواملی که باعث به‌وجود آمدن تجارت و بده بستان اقتصادی می‌گردد، قوانینی است که مجوز فروش برق به تأمین‌کنندگان محلی توسط فروشندگان را می‌دهد. هرچند که در هلند هیچ تعریفی از فروشندگان وجود ندارد اما فروشندگان یا خانوار تولیدکننده برق به مانند تأمین‌کنندگان منطقه‌ای، بعد از درخواست مجوز فروش برق قادر به انجام معامله هستند. به همین دلیل تجارت برق نظیر به نظیر، میزان تأمین‌کننده‌های انرژی بیشتری را در هلند باعث شده است. در آلمان خانوار تولید کننده برق که علاوه بر مصرف خود برق را جهت فروش به تأمین‌کنندگان تولید می‌کنند، مشمول معاف از مالیات قرار می‌گیرند. قوانین در بریتانیا، ایالات متحده و استرالیا نیز اجازه تجارت انرژی نظیر به نظیر را نمی‌دهد و بازارهای این سازوکار به‌صورت یک بازار تنظیم و کنترل شده وجود دارد. مالزی نیز دارای یک بازار کنترل شده است که در حال حاضر تجارت انرژی به‌صورت یک پروژه آزمایشی تحت برنامه سندباکس^۵ اجرا می‌گردد (جونلاکارن و همکاران^۶، ۲۰۲۲).

۳-۳. طرح‌های P2P اجرا شده در کشورهای مختلف

استرالیا: تجارت برق P2P در استرالیا یک رویکرد نوآورانه برای ادغام منابع انرژی توزیع شده است که از سال ۲۰۱۶ م. مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است (روی و همکاران^۷، ۲۰۱۶). این مدل به تولیدکنندگان - مصرف‌کنندگان امکان می‌دهد مازاد و کسری انرژی را مستقیماً معامله کنند (علی و همکاران^۸، ۲۰۲۲). استرالیا با

¹ Brown et al. (2018)

² Brown & Zhou (2019)

³ Yang et al. (2019)

⁴ Bigerna et al. (2016)

⁵ Sandbox

⁶ Junlakarn et al. (2022)

⁷ Roy et al., (2016)

⁸ Ali et al., (2022)

بیش از ۱/۶ میلیون سیستم خورشیدی، بالاترین نسبت تولیدکنندگان-مصرف کنندگان در جهان را دارد (لوپز گونزالس و گارسیا رندون^۱، ۲۰۲۲). این پتانسیل باعث شده پروژه‌هایی مانند Power Ledger با استفاده از فناوری بلاک‌چین، زمینه تجارت مستقیم انرژی بین خانوارها و کسب‌وکارها را فراهم کنند (آژانس انرژی‌های تجدیدپذیر استرالیا^۲، ۲۰۱۷).

چالش‌های اصلی پیش روی تجارت P2P در استرالیا شامل موانع قانونی، نیاز به زیرساخت‌های فناوری مانند کنتورهای هوشمند و حفظ حریم خصوصی و امنیت داده‌ها هستند. با این حال، پیشرفت‌های مداوم و سیاست‌های حمایتی، راه را برای اجرای گسترده‌تر این مدل هموار کرده است. مزایای اصلی این رویکرد شامل کاهش هزینه‌های انرژی برای مصرف کنندگان، استفاده بهینه از منابع انرژی توزیع شده (DER) مانند سیستم‌های خورشیدی، اینورترهای هوشمند، ذخیره‌سازهای انرژی و خودروهای الکتریکی می‌باشند. هدف نهایی این طرح ایجاد یک سیستم انرژی مقاوم‌تر، کارآمدتر و پایدارتر است (آژانس انرژی‌های تجدیدپذیر استرالیا، ۲۰۱۷).

آلمان: طرح تجارت برق نظیر به نظیر در آلمان انقلابی در صنعت انرژی این کشور ایجاد کرده است. این مدل غیرمتمرکز به تولیدکنندگان-مصرف کنندگان اجازه می‌دهد تا مستقیماً به تولید برق و مبادله آن بپردازند، که این امر به تعادل انرژی محلی و افزایش استفاده از منابع تجدیدپذیر کمک می‌کند (بیسی و همکاران^۳، ۲۰۲۴). هزینه‌های بالای برق شبکه‌ای در آلمان، انگیزه‌ای برای استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک و کاهش وابستگی به شبکه ایجاد کرده است (مهندس و همکاران^۴، ۲۰۲۴).

تجارت برق P2P در آلمان با حذف تدریجی خرید تضمینی برق^۵ گسترش یافته است و فرصت‌هایی برای ایجاد خدمات انرژی متمرکز بر جامعه فراهم کرده است (لوبه و همکاران^۶، ۲۰۲۰). تحقیقات نشان می‌دهد که صرفه‌جویی در هزینه‌ها و افزایش خودکفایی انرژی، انگیزه‌های اصلی خانوارهای آلمانی برای مشارکت در پلتفرم‌های P2P هستند (کریمی و مادلنر^۷، ۲۰۲۲).

هلند: تجارت برق نظیر به نظیر در هلند به عنوان رویکردی نوآورانه در جهت تحقق انتقال عادلانه انرژی ظهور یافته است. مصرف کنندگان، علاوه بر منافع اقتصادی، به پیامدهای زیست‌محیطی نیز توجه ویژه‌ای دارند؛ به گونه‌ای که بسیاری از آنان تمایل دارند مازاد برق تولیدی خود را با هدف حمایت از خانوارهای دچار فقر انرژی، به صورت رایگان یا با پرداخت غیرمالی در اختیار آنان قرار دهند (گتورگراکیس و همکاران^۸، ۲۰۲۱).

تحول در نظام انرژی هلند با هم‌گرایی فناوری‌های پیشرفته از جمله کنتورهای هوشمند، فناوری بلاک‌چین، پلتفرم‌های نظیر به نظیر و هوش مصنوعی محقق شده است. این دگرگونی در واکنش به محدودیت‌های سیستم متمرکز سنتی برق و ضرورت انعطاف‌پذیری بیشتر در شبکه توزیع برق صورت پذیرفته است. در ساختار فعلی، سه الگوی اصلی برای تجارت P2P در هلند تعریف شده است: تجارت مبتنی بر شبکه اصلی، ریزشبکه نیمه‌مستقل و

¹ López González & Garcia Rendon (2022)

² Australian Renewable Energy Agency (2017)

³ Bassey *et al.*, (2024)

⁴ Mohandes *et al.*, (2024)

⁵ Feed-in Tariffs

⁶ Löbbe *et al.*, (2020)

⁷ Karami & Madlener, (2022)

ریزشبکه مستقل. پروژه Schoonschip در آمستردام به عنوان نمونه‌ای موفق از ریزشبکه نیمه‌مستقل شناخته می‌شود که در آن ساکنان قادر به مبادله برق تولیدی خود هستند. در این میان، پلتفرم ENTRNCE که از سال ۲۰۱۷ م. فعالیت خود را آغاز کرده، به‌عنوان یکی از موفق‌ترین نمونه‌های عملیاتی شناخته می‌شود. این پلتفرم با پوشش روزانه بیش از ۱۰,۰۰۰ کاربر، بستری را برای معاملات مستقیم میان تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان فراهم آورده است. از منظر اقتصادی، این سیستم نوین توانسته است کاهش ۱۵ درصدی در هزینه‌های برق را محقق سازد. علاوه بر این، با بهره‌گیری از سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی، میزان صرفه‌جویی تا ۵۰ درصد نیز افزایش می‌یابد. در حوزه صنعتی نیز، کاهش قابل توجه هزینه از ۲۰ سنت به ۱۰ سنت در هر کیلووات ساعت مشاهده شده است. این نظام نوین، علاوه بر مزایای اقتصادی، دستاوردهای متعددی از جمله بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش بار شبکه اصلی و تسریع انتقال انرژی را به‌همراه داشته است. در همین راستا، دولت هلند در حال تدوین سازوکارهای تشویقی برای حمایت از توسعه ریزشبکه‌های نیمه‌مستقل است که می‌تواند به‌عنوان گامی مهم در مسیر توسعه شبکه‌های کاملاً مستقل در آینده محسوب شود (رافائل و بولورک^۱، ۲۰۲۳).

بریتانیا: طرح تجارت برق نظیر به نظیر در بریتانیا به‌عنوان یکی از مدل‌های نوآورانه در بازار انرژی آغاز شد تا به مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان خرد اجازه دهد برق تولیدی خود را مستقیماً در یک شبکه محلی معامله کنند. این طرح با هدف مردمی‌کردن بازار انرژی و ایجاد فرصت‌های بیشتر برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر توسعه یافت. در این مدل، هر فردی که انرژی مازادی تولید می‌کند می‌تواند آن را به سایر افراد بدون نیاز به واسطه‌هایی مانند شرکت‌های بزرگ تأمین‌کننده انرژی، بفروشد (مجیب و همکاران^۲، ۲۰۱۹).

یکی از اولین پروژه‌های موفق در این زمینه، پلتفرم Piclo بود که در سال ۲۰۱۵ م. به‌عنوان یک پروژه پایلوت آغاز شد. این پلتفرم که توسط شرکت Open Utility توسعه داده شده، از داده‌های کنتور هوشمند برای مطابقت دادن تقاضا و عرضه برق در بازه‌های نیم‌ساعتی استفاده می‌کند. هم‌چنین Piclo با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته و مدل‌های قیمت‌گذاری شفاف، امکان تجارت محلی انرژی را برای مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان فراهم کرده است. در این پروژه، تأمین‌کنندگان انرژی تجدیدپذیر مانند نیروگاه‌های خورشیدی و بادی نقش کلیدی داشتند (مجیب و همکاران، ۲۰۱۹).

در طول دوره آزمایشی، این سیستم توانست ۸۵/۶ درصد از برق مصرف‌کنندگان را با کاهش قابل‌توجهی در هزینه‌های انتقال و توزیع، از منابع تجدیدپذیر تأمین کند. این نتایج، نشان‌دهنده جذابیت این مدل برای مصرف‌کنندگان و افزایش مشارکت آن‌ها در تولید انرژی‌های پاک است. هم‌چنین، فاصله متوسط بین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان در این شبکه به‌طور چشم‌گیری کاهش یافته است که نشان‌دهنده کارایی مدل تجارت محلی است. این سیستم با تأکید بر استفاده از فناوری بلاکچین و مدل‌های محلی، بازار انرژی را غیرمتمرکز کرده و کنترل بیشتری را به مصرف‌کنندگان داده است. این مدل پتانسیل قابل توجهی برای ایجاد صرفه‌جویی در هزینه‌ها و کاهش کربن دارد، به‌طوری که پیش‌بینی می‌شود در آینده نزدیک بتواند میلیون‌ها پوند درآمد اضافی ایجاد کند و به گسترش شبکه‌های انرژی پاک کمک کند (مجیب و همکاران، ۲۰۱۹).

¹ Raffaele & Bolwerk, (2023)

² Mujeeb et al., (2019)

در مجموع، اجرای این طرح در بریتانیا با استقبال روبرو شده است و می‌تواند الگویی برای سایر کشورها باشد. با وجود چالش‌هایی مانند نیاز به زیرساخت‌های هوشمند و قوانین شفاف‌تر، موفقیت پلتفرم‌هایی مانند Piclo نشان می‌دهد که تجارت برق P2P آینده‌ای روشن برای بازار انرژی ارائه می‌دهد، به‌ویژه در راستای کاهش آلودگی و گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر.

ایالات متحده آمریکا: طرح بروکلین مایکروگرید^۱ که توسط شرکت LO3 Energy توسعه داده شده، به‌عنوان یکی از اولین نمونه‌های موفق تجارت برق نظیر به نظیر در آمریکا شناخته می‌شود. هدف این طرح ایجاد بازاری برای مبادله انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح محلی است که به ساکنان بروکلین اجازه می‌دهد مازاد برق تولیدی از منابعی مانند پنل‌های خورشیدی را مستقیماً به همسایگان خود بفروشند. این پروژه از فناوری بلاکچین و قراردادهای هوشمند برای ثبت و مدیریت شفاف معاملات انرژی استفاده می‌کند (منگل کمپ و همکاران، ۲۰۱۸). پلتفرم این پروژه از یک شبکه بلاکچین خصوصی بر پایه پروتکل Tendermint استفاده می‌کند که امکان انجام معاملات در زمان واقعی را فراهم می‌سازد. در این بازار، قیمت‌ها بر اساس عرضه و تقاضای محلی تعیین می‌شود و شرکت‌کنندگان می‌توانند انرژی تجدیدپذیر را با هزینه کمتر و پایداری بیشتر خریداری کنند. این بازار مجازی همچنین به جامعه اجازه می‌دهد تا امنیت تأمین انرژی خود را افزایش داده و نقش فعال‌تری در مدیریت انرژی ایفا کنند. این پروژه باعث کاهش قابل توجه وابستگی به شبکه‌های انرژی سنتی برق شده و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد مصرف محلی را افزایش داده است. یکی از اهداف کلیدی این طرح، کاهش تلفات انتقال انرژی و افزایش بهره‌وری انرژی از طریق توزیع محلی است. همچنین، این مدل مشوق‌های اقتصادی برای سرمایه‌گذاری در تولید انرژی‌های پاک را فراهم می‌کند (منگل کمپ و همکاران، ۲۰۱۸).

با وجود موفقیت‌های اولیه، اجرای کامل این طرح نیازمند تغییراتی در مقررات موجود است. به‌طور خاص، معاملات مستقیم بین کاربران بدون دخالت واسطه‌های سنتی هنوز در بسیاری از مناطق آمریکا مجاز نیست. با این حال، همکاری LO3 Energy با شرکت Con Edison برای ایجاد زیرساخت‌های قانونی و فنی لازم ادامه دارد (منگل کمپ و همکاران، ۲۰۱۸).

۴. روش‌شناسی تحقیق، تصریح مدل و تشریح داده‌ها

۴-۱. روش تحقیق

هدف این مطالعه، تحلیل تجربی تأثیر اجرای سیاست تجارت برق نظیر به نظیر در رشد تولید برق خورشیدی برای کشورهای منتخب طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ م. است. داده از نوع داده‌های تابلویی پویا^۲ هستند که شامل مشاهدات چندین کشور (مقطع) در طول چندین سال (زمان) می‌شود. کشورهای استرالیا، آلمان، هلند، بریتانیا و ایالات متحده به‌عنوان کشورهای پیشران در اجرای طرح P2P و کشورهای نیوزلند، فرانسه، سوئد، ایتالیا و شیلی به‌عنوان کشورهایی که تجربه اجرای این طرح را نداشته‌اند، برای این پژوهش انتخاب شده‌اند. برای بررسی اثر متغیرها و پایداری یا اثر وقفه دار رشد تولید برق خورشیدی در طول زمان، از مدل داده‌های تابلویی پویا به کمک تخمین‌زن

^۱ Brooklyn Microgrid

^۲ Dynamic Panel Data

گشتاورهای تعمیم یافته^۱ (GMM) به سبک «آرلانو» و «باند»^۲ (۱۹۹۱) که به صورت زیر تعریف می شود استفاده شده است:

$$Y_{it} = \alpha Y_{it-1} + \beta X_{it} + u_{it} \quad (۱)$$

به طور کلی Y_{it} متغیر وابسته، Y_{it-1} متغیر وابسته با یک دوره وقفه، X_{it} متغیر مستقل کنترلی و u_{it} جزء اخلاص این مدل است. در مدل های پانل دیتای پویا، به دلیل وجود متغیر وابسته با وقفه (Y_{it-1}) در سمت راست معادله (که با جزء اخلاص همبستگی دارد)، روش های تخمین سنتی مانند حداقل مربعات معمولی^۳، اثرات ثابت^۴ و اثرات تصادفی^۵ منجر به تورش در برآورد پارامترها می شود. به همین دلیل این روش برای مدل هایی که در آنها احتمال وجود پویایی زمانی و درون زایی در متغیرهای توضیحی وجود دارد، مناسب است. از آن جا که متغیر وابسته در این مدل تحت تأثیر مقادیر گذشته خود قرار دارد و ممکن است برخی متغیرها مانند P2P یا قیمت برق با جمله اخلاص مدل همبسته باشند، استفاده از GMM به کمک ابزارهای درونی، امکان برآورد بدون تورش را فراهم می کند.

روش گشتاورهای تعمیم یافته تفاضل مرتبه اول^۶ که توسط آرلانو و باند در سال ۱۹۹۱ م. ارائه شد، مشکل همبستگی را از طریق تفاضل گیری متغیرها حل می کند. در برخی موارد، ابزارهای مورد استفاده در روش GMM تفاضل مرتبه اول (که همان سطوح باوقفه متغیرها هستند) ممکن است ضعیف باشند، به خصوص زمانی که سری زمانی کوتاه است یا متغیرها نزدیک به ریشه واحد هستند. این ضعف ابزارها می تواند منجر به نتایج ناسازگار شود. روش گشتاورهای تعمیم یافته سیستمی (SYS-GMM) که توسط «بلاندل» و «باند»^۷ (۱۹۹۸) توسعه یافته است، با ترکیب معادله در تفاضل و معادله در سطح (با استفاده از ابزارهای مناسب برای هر کدام)، مشکل ضعف ابزارها را برطرف کرده و کارایی بیشتری نسبت به GMM تفاضلی دارد. این روش مزایای متعددی همچون توانایی در کنترل تورش ابزارها، همبستگی سریالی و ناهمسانی واریانس دارد که آن را برای داده های دارای محدودیت زمانی و گستردگی مقطعی، مناسب می سازد. با وجود آن که روش GMM عمدتاً برای داده هایی با تعداد مقاطع زیاد (N بزرگ) و دوره های زمانی کم (T کوچک) توصیه می شود (بالتاگی^۸، ۲۰۰۸)، در این پژوهش با کنترل دقیق بر تعداد ابزارها و انتخاب lag های محدود، با تعداد ۱۰ کشور و دوره زمانی ۲۳ سال انجام شده است. این رویکرد پیش تر نیز در مطالعاتی با کشورهای محدود اما سری زمانی بلند مورد استفاده قرار گرفته است (رودمن^۹، ۲۰۰۹). خاطرنشان می شود که تخمین گر GMM سیستمی می تواند به راحتی ابزارهای متعددی ایجاد کنند که منجر به بیش برآزشی متغیرهای درونزا و تضعیف آزمون اعتبار ابزار هانسن شود. بر همین اساس باید نسبت به تکثیر ابزارها محتاط بود، زیرا ممکن است نتایج از طریق درون زایی های نامشهود، کنترل و هدایت شود (همان: ۲۰۰۹).

^۱ Generalized Method of Moments

^۲ Arellano & Bond (1991)

^۳ OLS

^۴ Fixed Effects

^۵ Random Effects

^۶ Differenced GMM

^۷ Blundell & Bond (1998)

^۸ Baltagi (2008)

^۹ Roodman (2009)

نتایج حاصل از روش GMM برای داده‌های تابلویی، تنها در صورت برقراری فروض اساسی این روش، قابل اعتماد هستند. به‌منظور بررسی صحت این فروض از آزمون «والد»^۱ برای معناداری کلی مدل، آزمون آرلانو و باند برای تشخیص خودهم‌بستگی باقی‌مانده‌های درجه دوم و آزمون «سارگان»^۲ به‌منظور سنجش اعتبار ابزارهای مورد نظر، استفاده شده است.

۲-۴. مدل‌سازی و داده‌یابی

به‌منظور تحلیل تجربی تأثیر سیاست‌های تجارت برق P2P و متغیرهای کلان اقتصادی و اقلیمی بر تولید برق خورشیدی فتوولتائیک، ابتدا یک مرور نظام‌مند بر ادبیات نظری و تجربی صورت گرفت. هدف از این مرور، شناسایی مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر توسعه انرژی خورشیدی در کشورهای مختلف است. سپس بر اساس فراوانی استنادها، اعتبار علمی منابع و سازگاری با داده‌های در دسترس، مجموعه‌ای از متغیرها انتخاب و در قالب یک مدل اقتصادسنجی پویا تصریح شده است.

متغیر وابسته در این مدل، میزان تولید برق خورشیدی فتوولتائیک (SPVEG) است که در مطالعات آژانس بین‌المللی انرژی^۳ (۲۰۲۲) به‌عنوان شاخصی کلیدی برای ارزیابی ظرفیت عملیاتی فناوری خورشیدی معرفی شده است. برای لحاظ کردن پویایی سیستم و وابستگی تولید انرژی به وضعیت سال‌های گذشته، وقفه این متغیر نیز در مدل لحاظ شد (بلاندل و باند، ۱۹۹۸). مهم‌ترین متغیر مستقل، متغیر ساختگی P2P است که معرف اجرای سیاست تجارت برق کاربر به کاربر در برخی کشورهاست. اهمیت این سیاست در متون اخیر به‌ویژه از منظر افزایش تاب‌آوری شبکه برق و مشارکت مستقیم مصرف‌کنندگان-فروشنده‌گان مورد توجه قرار گرفته است (توشار و همکاران، ۲۰۲۰؛ چاتورانگا و همکاران، ۲۰۲۲).

در کنار آن، سهم برق تولیدشده توسط منابع تجدیدپذیر (REO) به‌عنوان شاخص ظرفیت نهادی انرژی پاک وارد مدل شده است (مرداک و همکاران، ۲۰۲۱). قیمت برق (Eprice) و قیمت واحد پل خورشیدی (SPP) نیز به‌عنوان متغیرهای اقتصادی مؤثر بر رفتار مصرف‌کننده و سرمایه‌گذاران در مدل گنجانده شده است (اسپی و اسپي، ۲۰۰۴؛ آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر، ۲۰۲۲). برای در نظر گرفتن عوامل جمعیتی و توسعه‌ای، از جمعیت کل کشور (Population) و درآمد سرانه تعدیل‌شده (ANNIPC) استفاده شده است (سادورسکی، ۲۰۰۹؛ اوزتورک، ۲۰۱۰). افزون بر این، دمای متوسط سالانه (AAT) به‌عنوان عاملی اقلیمی که می‌تواند بر بازدهی سیستم‌های خورشیدی تأثیرگذار باشد، در مدل لحاظ شد (مخرجی و ناطقی، ۲۰۱۷).

در نهایت، برای لحاظ ظرفیت فناوری و سیاست‌گذاری ملی، یک شاخص ترکیبی به نام PC به کمک تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) از حاصل ضرب لگاریتم تولید ناخالص داخلی (GDP) و مخارج عمومی تحقیق و توسعه

¹ Wald test

² Sargan test

³ International Energy Agency (IEA) (2022)

⁴ Murdock *et al.* (2021)

⁵ Espey & Espey (2004)

⁶ Irena (2022)

⁷ Sadorsky (2009)

⁸ Ozturk (2010)

⁹ Mukherjee & Nateghi (2017)

در حوزه انرژی (Public RD&D) محاسبه و وارد مدل شده است (جان استون و همکاران، ۲۰۱۰). این متغیر تلفیقی، نمایانگر توانمندی فناوریانه و حمایتی دولت در تسهیل توسعه انرژی های پاک است. در مجموع، تمامی متغیرهای وارد شده در مدل نهایی از منابع معتبر بین المللی انتخاب شده اند و پشتوانه نظری و تجربی آن ها در ادبیات انرژی اثبات شده است. مدل نهایی در قالب یک ساختار پانل پویای لگاریتمی تنظیم و با استفاده از روش GMM سیستمی تخمین زده می شود. در نهایت مدل پیشنهادی برای این تحقیق به شرح زیر است:

$$\begin{aligned}
 Ln(SPVEG_{it}) = & \alpha_1 Ln(SPVEG_{i,t-1}) + \alpha_2 P2P_{it} + \alpha_3 Ln(EPrice_{it}) \\
 & + \alpha_4 Ln(REO_{it}) + \alpha_5 PC_{i,t} + \alpha_6 Ln(Population_{it}) \\
 & + \alpha_7 Ln(AAT_{it}) + \alpha_8 Ln(SPP_{it}) + \alpha_9 Ln(ANNIPC_{it}) + \varepsilon_{it}
 \end{aligned} \quad (2)$$

که در آن i و t به ترتیب کشور مورد مطالعه و زمان، $SPVEG_{it}$ تولید برق خورشیدی در کشور i در سال t ، $SPVEG_{i,t-1}$ تولید برق خورشیدی با یک دوره وقفه، $P2P_{it}$ متغیر باینری نشان دهنده اجرای سیاست برق نظیر به نظیر، $EPrice_{it}$ متوسط قیمت سالانه برق برای مصرف کنندگان، REO_{it} سهم برق تولید شده توسط منابع تجدیدپذیر از کل برق تولیدی، $Population_{it}$ جمعیت، AAT_{it} میانگین سالانه دما، SPP_{it} قیمت پنل خورشیدی، $ANNIPC_{it}$ درآمد سرانه، $PC_{i,t}$ متغیر ترکیبی تولید ناخالص داخلی (GDP) و هزینه های عمومی تحقیق و توسعه انرژی (PERDDE) استاندارد شده است که به عنوان یک شاخص کلی از سطح توسعه اقتصادی همراه با وابستگی به انرژی تجدیدپذیر می باشد و ε_{it} نیز جمله خطا لحاظ شده است. برای تفهیم بهتر از متغیرهای در نظر گرفته شده، منابع اخذ آن در جدول ۱ ارائه شده است:

جدول ۱: منابع متغیرهای مورد استفاده در پژوهش

Tab. 1: Source of Variables

منابع	متغیر
اژانس بین المللی انرژی (IEA)	$SPVEG$: تولید برق خورشیدی فتوولتائیک (گیگاوات ساعت)
مقالات بین المللی	$P2P$: طرح تجارت برق نظیر به نظیر (متغیر باینری) کشورهای دارای سیاست $P2P$ در سال های اجرا: ۱ کشورهای دارای سیاست $P2P$ در سال های عدم اجرا و کشورهای بدون سیاست $P2P$: ۰
ec.europa.eu eia.gov figure.nz statista.com globalpetrolprices.com	$EPrice$: متوسط قیمت سالانه برق (دلار به گیگاوات ساعت)
بانک جهانی ourworldindata.org	REO : سهم برق تولید شده توسط منابع تجدیدپذیر (درصد)
بانک جهانی	PC : شاخص سطح توسعه اقتصادی همراه با وابستگی به انرژی تجدیدپذیر (استاندارد شده)
بانک جهانی	$Population$: جمعیت (نفر)
berkeleyearth.org	AAT : میانگین سالانه دما (سانتی گراد)
ourworldindata.org	SPP : قیمت مازول فتوولتائیک خورشیدی (دلار به گیگاوات)

¹ Johnstone et al., (2010)

ANNIPC: درآمد سرانه (دلار)	بانک جهانی
----------------------------	------------

منبع: یافته‌های پژوهش

باید خاطرنشان کرد در حالی که کشورهای بدون سیاست P2P به عنوان گروه کنترل برای مقایسه تطبیقی در نظر گرفته شده‌اند، کشورهای با سیاست P2P به دلیل اجرای موفق پروژه‌های تجارت برق نظیر به نظیر و دسترسی به داده‌های کافی انتخاب شده‌اند.

۵. تخمین مدل و تحلیل نتایج

۵-۱. برآورد مدل پژوهش

در جدول ۲، با استفاده از آماره‌های توصیفی، ویژگی‌های مهم متغیرهای مدل تحقیق ارائه شده است تا درک جامعی از ساختار داده‌ها و رفتار متغیرها پیش از تحلیل‌های پیشرفته‌تر فراهم شود. این اطلاعات به عنوان پایه‌ای برای تفسیر نتایج مدل‌سازی و ارزیابی صحت فرضیات تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۲: آماره‌های توصیفی متغیرهای پژوهش

Tab. 2: Descriptive Statistics

متغیرها	تعداد مشاهدات	میانگین	انحراف استاندارد	کمینه	بیشینه
SPVEG	۲۴۰	۸/۹۰۴۷۴۶	۰/۴۰۴۷۴۴۸	۷/۸۱۳۳۰۵	۹/۶۸۱۶۵۴
P2P	۲۴۰	۰/۱۷۹۱۶۶۷	۰/۳۸۴۲۹۳۳	۰	۱
REO	۲۴۰	۳/۱۲۳۳۲۸	۰/۸۲۹۰۱۴۴	۱/۱۳۴۹۶۲	۴/۴۳۷۵۳۵
EPrice	۲۴۰	۱۲/۰۰۵۹۴	۰/۴۱۰۹۳۸۹	۱۰/۹۵۰۸۱	۱۲/۹۰۴۲۱
PC	۲۴۰	-۶/۲۹۹۹۹	۱/۳۷۵۵۹۲	-۳/۱۶۱۸۳۴	۲/۷۶۵۶۹۷
Population	۲۴۰	۳۷/۷۵۹۹۵	۱/۵۸۵۰۲۷	۱۵/۱۶۵۵۸	۳۱/۰۶۸۵۳
AAT	۲۴۰	۲/۳۸۶۵۶۲	۰/۴۳۹۸۲۷۳	۰/۷۸۳۹۰۱۵	۳/۱۴۰۶۹۸
SPP	۲۴۰	۲۱/۱۲۶۷۵	۱/۱۲۵۱۶۴	۱۹/۵۳۸۱	۲۲/۵۸۱۷۳
ANNIPC	۲۴۰	۱۰/۲۹۱۱۴	۰/۵۳۹۴۳۳	۸/۱۹۴۳۰۲	۱۱/۰۱۵۴۸

منبع: یافته‌های پژوهش

در تحلیل داده‌های سری زمانی و تابلویی، قبل از برآورد مدل، بررسی ویژگی‌های آماری متغیرها ضروری است. یکی از مهم‌ترین بررسی‌ها، آزمون ایستایی یا مانایی متغیرها با استفاده از آزمون ریشه واحد می‌باشد. این آزمون‌ها به منظور تشخیص وجود یا عدم وجود ریشه واحد در متغیرهای مورد مطالعه انجام می‌شوند تا از بروز مشکل رگرسیون کاذب در نتایج تخمین جلوگیری شود. برای بررسی ایستایی متغیرها از روش «ایم، پسران و شین» استفاده شده است. جدول ۳ نتایج این آزمون را نشان می‌دهد.

جدول ۳: نتایج آزمون ریشه واحد

Tab. 3: Unit Root Test Results

متغیرها	مرتبه تفاضل	آماره آزمون IPS
SPVEG	۰	* ۳/۷۸۱۳

(۰/۹۹۹۹)		
-۱۲/۳۹۷۹ (۰/۰۰۰۰)	۱	$D(SPVEG)$
(۰/۰۰۰۰)	۰	$P2P$
۳/۳۵۴۳ (۰/۹۹۹۶)	۰	REO
-۱۴/۴۲۸۲ (۰/۰۰۰۰)	۱	$D(REO)$
۰/۰۴۷۶ (۰/۵۱۹۰)	۰	$EPrice$
-۹/۵۶۷۹ (۰/۰۰۰۰)	۱	$D(EPrice)$
-۲/۷۴۶۱ (۰/۰۰۰۳)	۰	PC
۱/۳۶۳۶ (۰/۹۱۳۷)	۰	$Population$
-۲/۲۱۱۷ (۰/۰۱۳۵)	۱	$D(Population)$
-۳/۴۵۰۵ (۰/۰۰۰۳)	۰	AAT
۳/۵۲۷۲ (۰/۹۹۹۸)	۰	SPP
-۵/۶۴۴۳ (۰/۰۰۰۰)	۱	$D(SPP)$
-۲/۷۵۰۶ (۰/۰۰۰۳)	۰	$ANNIPC$

* اعداد بالا ضرایب آماره آزمون مربوط به متغیرها و اعداد داخل پرانتز احتمال آن‌ها می‌باشد.

منبع: یافته‌های پژوهش

با در نظر گرفتن این که فرضیه صفر آزمون ایم، پسران و شین نشان دهنده نامانایی متغیرها است، احتمال پذیرش آماره این آزمون طبق جدول ۳ حاکی از آن است که فرضیه صفر مبنی بر نامانایی متغیرهای طرح تجارت نظیر به نظیر، شاخص سطح توسعه اقتصادی مربوط به انرژی تجدیدپذیر، میانگین سالانه دما و درآمد سرانه در سطح اطمینان ۹۵ درصد رد می‌شود و میانگین، واریانس و خودکواریانس آن‌ها ثابت است. سایر متغیرها نیز با یکبار تفاضل گیری در سطح مانا می‌شوند.

از آن جا که نتایج حاصل از آزمون ریشه واحد در مورد ایستایی متغیرهای مدل یکسان نیستند، برای جلوگیری از بروز رگرسیون کاذب در تخمین‌ها، بررسی وجود رابطه هم‌انباشتگی میان متغیرها ضرورت دارد. به همین منظور، از آزمون هم‌انباشتگی «کائو»، که مبتنی بر روش انگل-گرنجر در چارچوب داده‌های پانلی است، استفاده می‌شود. فرضیه صفر این آزمون بر نبود رابطه تعادلی بلندمدت میان متغیر وابسته و متغیرهای مستقل دلالت دارد. جدول ۴ نتایج آزمون هم‌انباشتگی را نشان می‌دهد.

جدول ۴: نتایج هم‌انباشتگی کائو

Tab. 4: Kao Cointegration Test Results

آماره آزمون	مدل پژوهش
Modified Dickey-Fuller t	-۱/۵۴۳۸ (۰/۰۶۱۳)
Dickey-Fuller t	-۱/۷۱۰۹ (۰/۰۴۳۵)
Augmented Dickey-Fuller t	-۶/۴۷۰۳ (۰/۰۰۰)
Unadjusted Modified Dickey-Fuller t	-۱/۷۸۸۸ (۰/۰۳۶۸)
Unadjusted Dickey-Fuller t	-۱/۸۲۸۳ (۰/۰۳۳۸)

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به نتایج مندرج در جدول ۴، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل رد می‌شود. این امر بیانگر وجود رابطه بلندمدت تعادلی میان متغیرهای الگو است. بنابراین، می‌توان اطمینان یافت که تخمین‌های ارائه‌شده با مشکل رگرسیون کاذب مواجه نبوده و روابط میان متغیرها از اعتبار آماری مناسبی برخوردارند.

در ادامه، معادله ۲ بر اساس مدل پنل دیتا برای ۱۰ کشور منتخب در ۲۴ دوره زمانی (۲۰۰۰ الی ۲۰۲۳) و با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی مورد برآورد قرار گرفته است. نتایج حاصل از این برآورد، در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵: نتایج حاصل از تخمین مدل پژوهش

Tab. 5: Estimation Results

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره z	سطح احتمال
$Ln(SPVEG_{i,t-1})$	۲/۰۷۱۲۴۶	۰/۴۰۱۸۱۲۳	۵/۱۵	۰/۰۰۰۰
$P2P_{it}$	۰/۰۸۴۱۸۲۸	۰/۰۲۶۸۶۹۳	۳/۱۳	۰/۰۰۲
$Ln(EPrice_{it})$	۰/۵۲۲۹۱۴۸	۰/۲۰۶۲۱۵۱	۲/۵۴	۰/۰۱۱
$Ln(REO_{it})$	-۰/۰۳۶۲۸۰۳	۰/۰۵۷۷۷۹۱	-۲/۲۳	۰/۰۲۶
$PC_{i,t}$	-۰/۱۱۰۳۹۸۵	۰/۰۴۰۴۸۲۶	-۲/۷۳	۰/۰۰۶
$Ln(Population_{it})$	۰/۰۹۷۷۳۹۹	۰/۰۴۲۰۷۲۲	۲/۳۲	۰/۰۲۰
$Ln(AAT_{it})$	۰/۲۵۴۰۸۶۴	۰/۱۰۵۰۶۵۵	۲/۴۲	۰/۰۱۶
$Ln(SPP_{it})$	۰/۰۵۳۰۴۱۳	۰/۰۲۹۱۴۹۳	۱/۸۲	۰/۰۶۹
$Ln(ANNIPC_{it})$	-۰/۳۳۰۳۳۹	۰/۰۹۸۶۲۶۹	-۳/۳۵	۰/۰۰۱

منبع: یافته‌های پژوهش

پس از برآورد مدل، انجام آزمون‌های تشخیصی برای تأیید صحت نتایج به‌دست آمده ضروری است. با توجه به استفاده از GMM، اعتبار شرایط گشتاوری مستلزم عدم وجود خودهم‌بستگی سریالی در جملات خطا می‌باشد. برای بررسی این موضوع، از آزمون خودهم‌بستگی آرلانو-باند استفاده می‌شود که شامل آزمون مرتبه اول (AR1) و مرتبه دوم (AR2) است. طبق این آزمون، برای تأیید صحت مدل، باید آماره خودهم‌بستگی مرتبه اول معنی‌دار

باشد (که نشان دهنده وجود خودهمبستگی طبیعی در سطوح متغیر وابسته است)، در حالی که آماره خودهمبستگی مرتبه دوم نباید معنی دار باشد (که عدم وجود خودهمبستگی در تفاضل ها را تأیید می کند). همچنین پیش از تخمین مدل لازم است که اعتبار متغیرهای ابزاری استفاده شده در مدل مورد بررسی قرار گیرد. به همین منظور از آزمون سارگان استفاده شده است. جدول ۶ نتایج آزمون های مذکور را نشان می دهد.

جدول ۶: آزمون های تشخیص اعتبار مدل

Tab. 6: Model Validation Tests

آزمون سارگان		آزمون خودهمبستگی آرلانو-باند			
		مرتبه اول (AR1)		مرتبه دوم (AR2)	
سطح احتمال	آماره کای-دو	سطح احتمال	آماره Z	سطح احتمال	آماره Z
۰/۱۵۱	۳/۷۷	۰/۴۱۷	-۰/۸۱	۰/۱۰	-۲/۵۶

منبع: یافته های پژوهش

نتایج جدول ۶ نشان می دهد که آماره $AR(1)$ برابر با $-۲/۵۶$ و مقدار احتمال آن $۰/۱$ است که معنادار بوده و مطابق انتظار، وجود خودهمبستگی مرتبه اول در تفاضلات اول را تأیید می کند. در مقابل، آماره $AR(2)$ برابر با $-۰/۸۱$ و مقدار احتمال آن $۰/۴۱۷$ است که غیرمعنادار بوده و نشان می دهد باقیمانده ها از خودهمبستگی مرتبه دوم رنج نمی برند. این نتیجه نشانه ای از صحت ساختار پویای مدل است. افزون بر این نتیجه آزمون سارگان، فرضیه صفر مبنی بر عدم همبستگی بین باقی مانده های مدل و متغیرهای ابزاری با سطح معنی داری $۰/۱۵۱$ می پذیرد. این نتیجه نشان می دهد که متغیرهای ابزاری مورد استفاده در برآورد مدل از شرایط اعتبار و درونزایی لازم برخوردار بوده و می توان به صحت نتایج حاصل از تخمین اطمینان داشت. به عبارت دیگر، عدم رد فرضیه صفر در این آزمون، مؤید این است که ابزارهای انتخابی با جمله خطای مدل همبستگی ندارند. بنابراین تخمین های به دست آمده قابل اعتماد هستند.

۲-۵. بحث و تحلیل

نتایج برآورد در جدول ۵ نشان می دهد که وقفه اول متغیر وابسته تولید برق فتوولتائیک در دوره گذشته، تأثیر مثبت و معناداری بر تولید برق خورشیدی در دوره جاری دارد. این یافته گواهی بر وجود پویایی در ساختار تولید انرژی خورشیدی است و نشان می دهد که رفتار گذشته تولید برق فتوولتائیک تا حد زیادی مسیر تولید در حال حاضر را تعیین می کند. این نتیجه از منظر سیاست گذاری، تأکیدی بر اهمیت تداوم و ثبات در برنامه های حمایتی و سرمایه گذاری های بلندمدت در حوزه انرژی های تجدیدپذیر است، چرا که آثار این اقدامات به مرور زمان انباشته شده و در دوره های آتی نیز تأثیرگذار باقی می ماند. همچنین این پویایی با ویژگی های تکنولوژی خورشیدی، از جمله هزینه های اولیه بالا، طول عمر سیستم ها و بازدهی افزایشی در گذر زمان، کاملاً سازگار است. متغیر باینری P2P که نشانگر اجرای سیاست تجارت برق کاربر به کاربر است، نیز تأثیر مثبت و معناداری بر تولید برق فتوولتائیک خورشیدی داشته است. این نتیجه حاکی از اثبات فرضیه اول پژوهش حاضر است. اجرای سیاست مزبور در کشورهایی که آن را به کار بسته اند، توانسته انگیزه های اقتصادی، اجتماعی و فناورانه لازم برای گسترش تولید

محلی انرژی خورشیدی را فراهم آورد. در واقع، تجارت برق نظیر به نظیر با فراهم‌سازی امکان فروش مازاد انرژی خورشیدی به دیگر مصرف‌کنندگان و دریافت قیمت توافقی یا رقابتی، موجب افزایش جذابیت سرمایه‌گذاری در فناوری‌های خورشیدی در سطح خانوار و جامعه شده است. از منظر نظری، این یافته با مبانی اقتصاد رفتاری و تئوری نوآوری‌پذیری سازگار است، چراکه پاداش مالی مستقیم برای تولید انرژی پاک می‌تواند کنش‌گران خرد را به مشارکت در شبکه‌های انرژی تجدیدپذیر تشویق کند. افزون بر این، P2P با کاهش وابستگی به شبکه برق مرکزی و توزیع بار مصرف، به پایداری سیستم برق نیز کمک می‌کند و همین پایداری به نوبه خود، زمینه‌ای برای افزایش مقیاس تولید برق خورشیدی در سطح محلی را فراهم می‌آورد.

در راستای تأیید فرضیه دوم، متغیر قیمت برق (EPrice) نیز رابطه مثبت و معناداری با تولید برق فتوولتائیک دارد. افزایش قیمت برق شبکه باعث می‌شود مصرف‌کنندگان، به‌ویژه در بخش خانگی و تجاری، برای کاهش هزینه‌های انرژی خود به سرمایه‌گذاری در سیستم‌های خورشیدی غیرمتمرکز ترغیب شوند. این نتیجه با نظریه رفتار عقلایی مصرف‌کننده سازگار است؛ به‌گونه‌ای که مصرف‌کنندگان در مواجهه با قیمت بالاتر، به سمت جایگزین‌های مقرون‌به‌صرفه‌تر و پایدارتر در بلندمدت مانند پنل‌های خورشیدی حرکت می‌کنند. افزون بر این، در بسیاری از کشورهایی که سیاست P2P نیز اجرا می‌شود، قیمت بالای برق شبکه می‌تواند بازگشت سرمایه سیستم‌های خورشیدی را تسریع کند و انگیزه‌های اقتصادی برای تولید برق محلی را تقویت نماید. این یافته هم‌راستا با مطالعاتی مانند «چان» و «کیسو»^۱ (۲۰۱۷) و «آرنولد» و همکاران^۲ (۲۰۲۲) است که نشان داده‌اند افزایش تعرفه‌های برق خانگی یکی از محرک‌های اصلی در گسترش بازار پنل‌های خورشیدی به‌ویژه در کشورهای با تقاضای و بار پیک فصلی بالا به‌شمار می‌رود.

علاوه بر این یافته‌های مدل نشان می‌دهد که متغیر سهم برق تولید شده توسط منابع تجدیدپذیر از کل برق تولیدی (REO) تأثیر آماری معناداری بر تولید برق خورشیدی فتوولتائیک (SPVEG) ندارد. این عدم معناداری از نظر علمی قابل توجیه است، زیرا تولید برق تجدیدپذیر در بسیاری از کشورها عمدتاً متکی بر منابعی مانند نیروگاه‌های برق آبی یا توربین‌های بادی است که زیرساخت‌های بزرگ‌مقیاس و متمرکز دارند، در حالی که برق خورشیدی فتوولتائیک معمولاً به‌صورت غیرمتمرکز در سطح خانوار و نهادهای کوچک تولید می‌شود. از این‌رو، افزایش تولید کلی برق تجدیدپذیر لزوماً به معنای افزایش سهم تولید برق خورشیدی نیست و حتی در برخی موارد ممکن است به دلیل سیاست‌های اولویت‌دار برای سایر منابع، موجب رانده‌شدن منابع سرمایه‌ای از فتوولتائیک به سمت بادی یا آبی شود. به بیان دیگر، اثر REO بر SPVEG تنها در صورتی مثبت و معنادار خواهد بود که سهم فتوولتائیک در ترکیب تجدیدپذیرها بالا باشد یا حمایت‌های سیاستی به‌طور خاص معطوف به انرژی خورشیدی باشد. این نتیجه با مطالعات آژانس بین‌المللی انرژی (۲۰۲۲) نیز هم‌راستا است که نشان می‌دهد ساختار درون‌بخشی منابع تجدیدپذیر در تحلیل‌های تجربی بسیار اهمیت دارد و باید تمایز بین انواع آن‌ها لحاظ شود.

شاخص ترکیبی PC (ترکیب GDP و هزینه‌های عمومی R&D انرژی) با ضریب ۰/۱۱ و معناداری ۰/۰۰۶ حاکی از آن است که کشورهایی با ظرفیت اقتصادی بالا و سیاست‌های پژوهش‌محور، توان توسعه بیشتری در

¹ Chan & Kiso (2017)

² Arnold et al. (2022)

تولید خورشیدی دارند. همچنین، متغیرهای جمعیت (Population) و میانگین دما (AAT) نیز معنادار بوده و تأثیر مثبت آن‌ها نشان می‌دهد که جمعیت بیشتر و شرایط آب‌وهوایی گرم‌تر، محرک‌های مهمی برای نصب پنل خورشیدی هستند. ضریب متغیر قیمت پنل خورشیدی (SPP) نیز برابر با ۰/۰۵ است که در سطح ۱۰٪ معنادار است. با این حال، بررسی روند واقعی داده‌ها نشان می‌دهد که رابطه معکوسی بین قیمت پنل‌ها و تولید برق خورشیدی وجود دارد. از این‌رو، نمی‌توان به علامت و معنی‌داری این ضریب در مدل اطمینان کامل داشت و احتمال تحلیل نادرست از رابطه بین دو متغیر نیز وجود خواهد داشت. در نهایت درآمد سرانه (ANNIPC) با ضریب منفی و معنادار می‌تواند بیانگر این باشد که در میان کشورهای مورد بررسی، رشد سریع‌تر درآمد سرانه لزوماً منجر به رشد متناسب تولید برق خورشیدی فتوولتائیک نشده است. بر این اساس، در برخی از کشورهای دارای رشد اقتصادی بالا، توسعه سایر فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر یا تفاوت در ساختار بازار برق احتمالاً منجر به محدود ماندن سهم تولید برق فتوولتائیک گردیده است. این نتایج نشان‌دهنده آن است که افزایش درآمد به‌تنهایی شرط کافی برای توسعه انرژی خورشیدی محسوب نمی‌شود و عوامل نهادی از قبیل سیاست‌های حمایتی، مشوق‌های مالی و زیرساخت‌های نهادی نقش تعیین‌کننده‌ای در این فرآیند ایفا می‌نمایند. لازم به ذکر است که این رابطه صرفاً بر اساس الگوی مشاهده‌شده در داده‌های دوره مورد مطالعه استنتاج شده و بیانگر وجود رابطه علی قطعی نمی‌باشد. به‌صورت کلی این یافته‌ها به‌خوبی اهمیت عوامل نهادی، اقتصادی و سیاستی را در گسترش انرژی خورشیدی فتوولتائیک بازتاب می‌دهند و با فرضیه سوم تحقیق مبنی بر اهمیت این متغیرها در تصمیم‌گیری‌های مربوط به تولید انرژی برق، هم راستا است.

۶. نتیجه‌گیری

تجارت برق نظیر به نظیر (P2P) سازوکاری نوآورانه در بازارهای انرژی است که به مصرف‌کنندگان اجازه می‌دهد تا مازاد برق تولیدی خود -معمولاً از منابع تجدیدپذیر مانند پنل‌های خورشیدی- را مستقیماً به سایر مصرف‌کنندگان بدون واسطه سنتی مانند شرکت‌های توزیع برق، بفروشند. این طرح که بر پایه فناوری‌های دیجیتال مانند بلاک‌چین، قراردادهای هوشمند و زیرساخت‌های اینترنت اشیاء (IoT) است، بستری ایجاد می‌کند تا تولید و مصرف برق در سطح محلی، شفاف، سریع و بر مبنای توافق مستقیم میان طرفین انجام گیرد. سازوکار P2P نه تنها به توزیع درآمد در میان تولیدکنندگان خرد کمک می‌کند، بلکه موجب کاهش فشار بر شبکه برق سراسری، افزایش کارایی انرژی و تقویت تاب‌آوری شبکه برق در شرایط پیک مصرف یا بحران‌های زیست‌محیطی می‌شود. در این الگو، مصرف‌کننده به تولیدکننده-مصرف‌کننده تبدیل می‌شود و نقش فعالی در ساختار جدید بازار انرژی ایفا می‌کند. بر همین اساس در این پژوهش با بهره‌گیری از داده‌های تابلویی ۱۰ کشور منتخب طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ م. و به‌کارگیری روش GMM سیستمی، تأثیر اجرای سیاست تجارت برق P2P بر رشد تولید برق خورشیدی فتوولتائیک مورد تحلیل تجربی قرار گرفت. یافته‌های تحقیق نشان داد که اجرای این سیاست، به‌طور معناداری موجب افزایش تولید برق خورشیدی در کشورهای مجری این طرح شده است. این موضوع حاکی از آن است که توسعه مدل‌های غیرمتمرکز تولید انرژی برق و مشارکت فعال مصرف‌کنندگان-تولیدکنندگان، می‌تواند یکی از ابزارهای کلیدی برای مقابله با ناترازی برق و ارتقای تاب‌آوری شبکه‌های انرژی باشد.

افزون بر این، نتایج نشان داد که افزایش قیمت برق، جمعیت بالا و شرایط اقلیمی (دمای بالاتر) از جمله عوامل مؤثر بر گرایش به نصب سیستم‌های خورشیدی هستند. این امر بر نقش مهم سازوکارهای انگیزشی اقتصادی و فاکتورهای جغرافیایی در انتخاب مسیرهای پایداری انرژی تأکید دارد. همچنین ضریب مثبت متغیر ترکیبی توسعه فناوری (PC) حاکی از آن است که توان فناوریانه و تمرکز بر R&D در حوزه انرژی، پیش‌ران مهمی برای موفقیت سیاست‌های انرژی‌های پاک است. در عین حال، رابطه مثبت بین قیمت پنل خورشیدی و تولید برق خورشیدی نیز نشان‌دهنده بالغ‌شدن بازار و حرکت آن از «قیمت‌محوری» به سمت «ارزش‌محوری» است؛ به گونه‌ای که حتی با افزایش هزینه، مصرف‌کنندگان با اعتماد به تکنولوژی، به سرمایه‌گذاری ادامه می‌دهند.

بنابراین سیاست تجارت برق P2P نه تنها در سطح نظری، بلکه در عمل نیز توانسته به‌طور معناداری در افزایش تولید برق خورشیدی و تقویت زیرساخت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر نقش آفرینی کند. کشورهایی که این سیاست را اجرا کرده‌اند، با فعال‌سازی مشارکت مصرف‌کنندگان در تولید انرژی، نوعی تحول در مدل‌های سنتی عرضه و تقاضا برق ایجاد کرده‌اند که به کاهش وابستگی به شبکه برق متمرکز و ارتقای تاب‌آوری سیستم کمک کرده است. از این‌رو، چنین سیاستی می‌تواند به‌عنوان یک تجربه موفق بین‌المللی، مبنایی برای اصلاح ساختار عرضه انرژی در کشورهایی مانند ایران باشد که با چالش ناترازی برق، به‌ویژه در فصل تابستان، مواجه‌اند.

با توجه به نتایج مدل تجربی، اجرای مؤثر سیاست برق P2P در ایران مستلزم ایجاد زیرساخت‌های حقوقی، فنی و اقتصادی لازم است. این امر نیازمند تدوین قوانین روشن برای تجارت برق بین مشترکین، تقویت زیرساخت‌های دیجیتال، مدیریت هوشمند شبکه و فراهم‌سازی مشوق‌های مالی برای نصب سامانه‌های خورشیدی در سطوح خانگی و تجاری است. همچنین آموزش عمومی و ارتقای سواد انرژی، به‌ویژه در مناطق پرمصرف، می‌تواند زمینه‌ساز پذیرش اجتماعی این سیاست باشد. در کنار آن، بازنگری در نظام قیمت‌گذاری برق و ایجاد شفافیت در تعرفه‌ها، به‌همراه توسعه بازارهای محلی انرژی، می‌تواند بستری کارآمد برای تسریع گذار ساختار تأمین انرژی ایران به سمت الگوی پایدار و غیرمتمرکز تأمین انرژی فراهم آورد.

سیاسگزاری

نویسندگان از تمام مشاوران علمی این مقاله قدردانی می‌کنند.

درصد مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در تدوین و نگارش این اثر مشارکت داشتند. همه نویسندگان محتوای مقاله را تأیید کرده‌اند و در مورد تمام جنبه‌های کار توافق داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان با رعایت اصول اخلاقی انتشار در ارجاع‌دهی، نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

کتابنامه

- امینی، ملیحه، (۱۳۹۹). «اثر خطوط انتقال برق بر محیط زیست شهری و انسان». *انسان و محیط زیست*، ۱۸(۱): ۴۹-۵۶. <https://sanad.iau.ir/fa/Article/847685>
- باستان، مهدی؛ و شکوری گنجوی، حامد، (۱۳۹۸). «ارزیابی مبتنی بر مدل سیاست‌های کاهش وابستگی به انرژی: مدلی بر اساس رویکرد پویایی‌شناسی سیستم». *چشم‌انداز مدیریت صنعتی*، ۹(۲): ۸۱-۱۰۶. <https://doi.org/10.52547/jimp.9.2.81>
- پوردربانی، راضیه، (۱۳۹۹). «بررسی وضعیت فعلی و تقاضاهای آینده انرژی تجدیدپذیر در ایران و بازیابی آن». *نشریه انرژی های تجدیدپذیر و نو*، ۷(۱): ۱۱۸-۱۲۴. https://www.jrenew.ir/article_93859.html
- رادسر، مصطفی؛ کاظمی، عالییه؛ مهرگان، محمدرضا؛ و رضوی حاجی آقا، سیدحسین، (۱۴۰۰). «طراحی یک الگوریتم بر پایه تحلیل پوششی داده های شبکه ای با شاخص های خوب و بد به منظور ارزیابی صنعت برق ایران». *مدیریت صنعتی*، ۱۳(۱): ۲۶-۱. <https://sid.ir/paper/964607/fa>
- مهدی‌زاده‌رانی، محمدجواد؛ ضیایی، سامان؛ و احمدپوربرازجانی، محمود، (۱۳۹۹). «بررسی رابطه بین تولید ناخالص داخلی واقعی، مصرف انرژی، توسعه مالی، درجه باز بودن اقتصاد و شهرنشینی با تخریب محیط زیست در ایران». *مطالعات علوم محیط زیست*، ۵(۱): ۲۲۲۰-۲۳۳۱. https://www.jess.ir/article_102504.html
- مهرجواپیرانی، مهتاب؛ فلاحی، محمدعلی؛ و صالح‌نیا، نرگس، (۱۴۰۴). «نقش نرخ کاربری سرمایه در ارزیابی عملکرد سیاست‌های زیست‌محیطی در ایران». *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۱۴(۵۳): ۴۳-۷۷. <https://doi.org/10.22084/aes.2024.29742.3715>
- موسوی‌رینه، سیده مهسا؛ و ساداتی‌نژاد، سید جواد، (۱۳۹۹). «محاسبه هزینه‌های محیط زیستی تولید برق (مطالعه موردی نیروگاه‌های حرارتی شهر تهران)». *اقتصاد و برنامه‌ریزی شهری*، ۱(۴): ۱۹۸-۲۰۵. <https://doi.org/10.22034/UE.2020.09.04.01>
- نوروززاده، عباس؛ موغلی، مرضیه؛ و خرم‌بخت، احمدعلی، (۱۴۰۰). «بررسی تاثیر زیست محیطی و اجتماعی توسعه صنعتی (مطالعه موردی: شهر تهران)». *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۲۳(۵): ۱۱۲-۱۲۳. <https://doi.org/10.30495/jest.2021.50804.4991>
- نیک‌نقش، ابراهیم؛ شجاع‌نقی، غلام؛ ابری، امیر؛ و موحدی، محمدمهدی، (۱۳۹۸). «بهره‌وری کل انرژی و عوامل موثر بر آن (صنایع تولیدی ایران)». *مدلسازی اقتصادی*، ۱۳(۴۸): ۴۵-۶۸. <https://sanad.iau.ir/fa/Article/995467?FullText=FullText>
- نیکزادالحسینی، سیدمهدی؛ و صادقی‌شاهدانی، مهدی، (۱۴۰۲). «برآورد ارزش اقتصادی نهاده انرژی برق در صنایع انرژی‌بر ایران». *مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۴۸(۱۲): ۱۳۷-۱۶۰. <https://doi.org/10.22084/aes.2023.28204.3622>

References

- Adams, S., Brown, D., Cárdenas Álvarez, J. P., Chitchyan, R., Fell, M. J., Hahnel, U. J., ... & Watson, N., (2021). "Social and economic value in emerging decentralized energy business models: A critical review". *Energies*, 14(23): 7864. <https://doi.org/10.3390/en14237864>
- Ahlert, K. H. & Dinther, C. V., (2009). *Estimating economic benefits of electricity storage at the end consumer level*. <https://aisel.aisnet.org/wi2009/143>
- Ali, L., Azim, M. I., Peters, J., Bhandari, V., Menon, A., Tiwari, V., ... & Muyeen, S. M. (2022). "Blockchain-based local energy market enabling P2P trading: An Australian collated case study on energy users, retailers and utilities". *IEEE Access*, 10: 124429-124447. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3224936>
- Arellano, M. & Bond, A. S., (1991). "Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations". *The Review of Economic Studies*, 58: 277 -297. <https://doi.org/10.2307/2297968>
- Arnold, F., Jeddi, S. & Sitzmann, A., (2022). "How prices guide investment decisions under net purchasing—an empirical analysis on the impact of network tariffs on residential PV". *Energy Economics*, 112: 106177. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106177>
- Australian Renewable Energy Agency (2017). *Peer-to-peer distributed ledger technology assessment*. Available at: ARENA Website. <https://arena.gov.au/>
- Baltagi, B. H., (2008). *Econometric analysis of panel data*. Rohn Wiley. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-53953-5>
- Bassey, K. E., Rajput, S. A. & Oyewale, K., (2024). "Peer-to-peer energy trading: Innovations, regulatory challenges, and the future of decentralized energy systems". *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 24: 172-186. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.24.2.3324>
- Bhatti, H. J. & Danilovic, M., (2018). "Making the world more sustainable: enabling localized energy generation and distribution on decentralized smart grid systems". *World Journal of Engineering and Technology*, 6(2): 350-382. <https://10.4236/wjet.2018.62022>
- Bigerna, S., Bollino, C. A. & Micheli, S., (2016). "Smart grids and consumer attitude toward sustainable development". *Journal of Promotion Management*, 22(4): 573-587. <https://doi.org/10.1080/10496491.2016.1190551>
- Blundell, R. & Bond, S., (1998). "Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models". *Journal of econometrics*, 87(1): 115-143. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00009-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00009-8)
- Boumaiza, A. & Sanfilippo, A., (2023). "Revolutionizing Energy Markets with Distributed Energy Generation and Blockchain Technology: A Case Study of Agent-Based Modeling and GIS in Education City Community Housing, Qatar". In: *IECON 2023-49th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (pp. 1-4)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IECON51785.2023.10311655>
- Brandoni, C., Marchetti, B., Ciriachi, G., Polonara, F. & Leporini, M., (2016). "The impact of renewable energy systems on local sustainability". *International Journal of Productivity and Quality Management*, 18(2-3): 385-402. <https://doi.org/10.1504/IJPM.2016.076716>
- Brown, M. A. & Zhou, S., (2019). "Smart-grid policies: an international review". *Advances in Energy Systems: The Large-scale renewable energy integration challenge*, 127-147. <https://doi.org/10.1002/wene.53>

- Brown, M. A., Zhou, S. & Ahmadi, M., (2018). "Smart grid governance: An international review of evolving policy issues and innovations". *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 7(5): e290. <https://doi.org/10.1002/wene.290>
- Bakar, A. L., Hamza, M. F., Ayub, S., Abobaker, A. K., Modu, B., Mohseni, S., ... & Idakwo, H. O., (2023). "Peer-to-peer electricity trading: A systematic review on current developments and perspectives". *Renewable Energy Focus*, 44: 317-333. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2023.01.008>
- Chan, H. R. & Kiso, T., (2017). "The effect of electricity prices on residential solar photovoltaic panel adoption: Fukushima as a natural experiment". *Available at SSRN* 2918807. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2918807>
- Chathuranga, D. W., Mudiyanse, W. & Hasan, K. N., (2022). "Peer-to-peer energy trading: Existing algorithms, applications, platforms, challenges and opportunities". In: *2022 IEEE PES 14th Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)* (pp. 1-6). *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/APPEEC53445.2022.10072151>
- Coy, D., Malekpour, S. & Saeri, A. K., (2022). "From little things, big things grow: Facilitating community empowerment in the energy transformation". *Energy Research & Social Science*, 84: 102353. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102353>
- Crampes, C. & Léautier, T. O., (2021). "White certificates and competition". *Competition Law Review*, (1-2021): 66-74. <https://hal.science/hal-03164801>
- Deshmukh, A. (2009). "The Role of Decentralized Renewable Energy for Rural Electrification". Maharashtra case study, India. <https://www.lunduniversity.lu.se/lup/publication/1511114>
- Deshwar, C. S., Sharma, R., Gupta, A. K. & Singh, M. S., (2020). "Assessment and Scope of Decentralised Power Generation Using Renewable Energy Resources". In: *Proceedings of the 4th International Conference: Innovative Advancement in Engineering & Technology (IAET)*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3554854>
- Espey, J. A. & Espey, M., (2004). "Turning on the lights: A meta-analysis of residential electricity demand elasticities". *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 36(1): 65-81. <https://doi.org/10.1017/S1074070800021866>
- Evens, M., Ercoli, P. & Arteconi, A., (2023). "Blockchain-Enabled Microgrids: Toward Peer-to-Peer Energy Trading and Flexible Demand Management". *Energies*, 16(18): 6741. <https://doi.org/10.3390/en16186741>
- Georgarakis, E., Bauwens, T., Pronk, A. M. & AlSkaif, T., (2021). "Keep it green, simple and socially fair: A choice experiment on prosumers' preferences for peer-to-peer electricity trading in the Netherlands". *Energy policy*, 159: 112615. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112615>
- Gorbacheva, A., Watson, N., Schneiders, A., Shipworth, D. & Fell, M. J., (2024). "Defining characteristics of peer-to-peer energy trading, transactive energy, and community self-consumption: A review of literature and expert perspectives". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 202: 114672. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114672>
- Gutiérrez, S. M., Hernández, J. L., Navarro, A. & Viruega, R., (2021). "Energy Trading Between Prosumers Based on Blockchain Technology". In: *International Congress on Blockchain and Applications* (pp. 24-33). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86162-9_3
- International Energy Agency (IEA), (2022), Renewables (2022), IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/renewables-2022>, Licence: CC BY 4.0

- International Energy Agency (IEA), (2022). Trends in PV Applications. https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2023/02/PVPS_Trend_Report_2022.pdf.
- Irena, (2022), Renewable Power Generation Costs in 2021, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. <https://www.irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021>
- Jena, M. C., Mishra, S. K. & Moharana, H. S., (2024). “Environmental impact of conventional manufacturing, green manufacturing initiatives to mitigate the impact and enhancing sustainability”. *Environmental Claims Journal*, 36(4): 485-504. <https://doi.org/10.1080/10406026.2024.2437478>
- Johnstone, N., Haščič, I. & Popp, D. (2010). “Renewable energy policies and technological innovation: evidence based on patent counts”. *Environmental and resource economics*, 45, 133-155. <http://dx.doi.org/10.1007/s10640-017-0176-x>.
- Junlakarn, S., Kokchang, P. & Audomvongseree, K., (2022). “Drivers and Challenges of Peer-to-Peer Energy Trading Development in Thailand”. *Energies*, 15(3): 1229. <https://doi.org/10.3390/en15031229>
- Karami, M. & Madlener, R., (2022). “Business models for peer-to-peer energy trading in Germany based on households’ beliefs and preferences”. *Applied Energy*, 306: 118053. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118053>
- Karduri, R. K. R. & Ananth, C., (2023). “The Economics of Transitioning to Renewable Energy Sources”. *International Journal of Advanced Research in Basic Engineering Sciences and Technology (IJARBEST)*, 6(2): 2456-5717. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4637803>.
- Karthik, P. K. & Anand, R., (2020). “Energy trading in microgrids using blockchain technology”. In: *2020 4th international conference on intelligent computing and control systems (ICICCS)* (pp. 884-888). *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/ICICCS48265.2020.9121050>
- Kiehbaddroudzehad, M., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Rosen, M. A., Gupta, V. K., Peng, W., Tabatabaei, M. & Aghbashlo, M., (2023). “The role of energy security and resilience in the sustainability of green microgrids: Paving the way to sustainable and clean generation”. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 60: 103485. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103485>
- Lezama, F., Soares, J., Hernandez-Leal, P., Kaisers, M., Pinto, T. & Vale, Z., (2018). “Local energy markets: Paving the path toward fully transactive energy systems”. *IEEE Transactions on Power Systems*, 34(5): 4081-4088. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2018.2833959>
- Löbbe, S., Hackbarth, A., Stillahn, T., Pfeiffer, L. & Rohbogner, G., (2020). “Customer participation in P2P trading: a German energy community case study”. In: *Behind and beyond the Meter* (pp. 83-104). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819951-0.00004-9>
- Long, C., Wu, J., Zhang, C., Thomas, L., Cheng, M. & Jenkins, N., (2017). “Peer-to-peer energy trading in a community microgrid”. In: *2017 IEEE power & energy society general meeting* (pp. 1-5). *IEEE*. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.010>
- Long, C., Zhou, Y. & Wu, J., (2019). “A game theoretic approach for peer-to-peer energy trading”. *Energy Procedia*, 159: 454-459. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.12.075>

- López González, D. M. & Garcia Rendon, J., (2022). "Opportunities and challenges of mainstreaming distributed energy resources towards the transition to more efficient and resilient energy markets". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157: 112018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112018>
- Marsden, J., (2011). "Distributed generation systems: A new paradigm for sustainable energy". In: *2011 IEEE Green Technologies Conference (IEEE-Green)* (pp. 1-4). IEEE. <http://doi.org/10.1109/GREEN.2011.5754858>
- Medvedkina, Y. A. & Khodochenko, A. V., (2020). "Renewable energy and their impact on environmental pollution in the context of globalization". In: *2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon)* (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FarEastCon50210.2020.9271508>
- Mengelkamp, E., Gärttner, J., Rock, K., Kessler, S., Orsini, L. & Weinhardt, C., (2018). "Designing microgrid energy markets: A case study: The Brooklyn Microgrid". *Applied energy*, 210: 870-880. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.06.054>
- Mohandes, N., Bayhan, S. & Sanfilippo, A., (2024). "Assessing the Reliability of a Peer-to-Peer Trading Market Model Across Diverse Datasets". In: *2024 4th International Conference on Smart Grid and Renewable Energy (SGRE)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SGRE59715.2024.10428913>
- Mujeeb, A., Hong, X. & Wang, P., (2019). "Analysis of peer-to-peer (P2P) electricity market and piclo's local matching trading platform in UK". In: *2019 IEEE 3rd Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2)* (pp. 619-624). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EI247390.2019.9061733>
- Mukherjee, S. & Nateghi, R., (2017). "Climate sensitivity of end-use electricity consumption in the built environment: an application to the state of Florida, United States". *Energy*, 128: 688-700. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.034>
- Murdock, H. E., Gibb, D., Andre, T., Sawin, J. L., Brown, A., Ranalder, L., ... & Brumer, L., (2021). "Renewables 2021-global status report". <https://www.earthisland.org/journal/index.php/articles/entry/global-renewable-energy>
- Neves, D., Scott, I. & Silva, C. A., (2020). "Peer-to-peer energy trading potential: An assessment for the residential sector under different technology and tariff availabilities". *Energy*, 205: 118023. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118023>
- Obregon, L., Valencia, G. & Duarte, J., (2019). "Study on the applicability of sustainable development policies in electricity generation systems in Colombia". *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(6): 492-502. <http://orcid.org/0000-0001-7345-9590>
- Omer, A. M., (2012). "Built environment: Relating the benefits of renewable energy technologies". *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 5: 561-575. <http://doi.org/10.15282/ijame.5.2012.3.0044>
- Oniemola, P. K. (2015). "Powering Nigeria through renewable electricity investments: legal framework for progressive realization". *Journal of Sustainable Development Law and Policy (The)*, 6(1): 83-108. <http://doi.org/10.4314/jsdlp.v6i1.4>
- Ozturk, I., (2010). "A literature survey on energy-growth nexus". *Energy policy*, 38(1): 340-349. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.024>
- Pena-Bello, A., Parra, D., Herberz, M., Tiefenbeck, V., Patel, M. & Hahnel, U., (2021). "Empowering prosumers to trade renewable energy can benefit the individual, the community, and the grid". <http://doi.org/10.21203/rs.3.rs-234650/v1>

- Raffaele D. & Bolwerk V., (2023). "Peer to peer energy trading". <https://www.deloitte.com>
- Roodman, D., (2009). "A note on the theme of too many instruments". *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 71(1): 135-158. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2008.00542.x>
- Roy, A., Bruce, A. & MacGill, I., (2016). "The potential value of peer-to-peer energy trading in the Australian national electricity market". In: *Asia-pacific solar research conference*. <https://www.ceem.unsw.edu.au/sites/default/files/documents/Potential-Value-Peer-To-Peer.pdf>
- Sabadini, F. & Madlener, R., (2021). "The economic potential of grid defection of energy prosumer households in Germany". *Advances in Applied Energy*, 4: 100075. <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2021.100075>
- Sadorsky, P., (2009). "Renewable energy consumption and income in emerging economies". *Energy policy*, 37(10): 4021-4028. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.003>
- Safarzadeh, S., Hafezalkotob, A. & Jafari, H., (2022). "Energy supply chain empowerment through tradable green and white certificates: A pathway to sustainable energy generation". *Applied Energy*, 323: 119601. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119601>
- Sanseverino, E. R., Di Silvestre, M. L., Gallo, P., Zizzo, G. & Ippolito, M., (2017). "The blockchain in microgrids for transacting energy and attributing losses". In: *2017 IEEE international conference on Internet of Things (iThings) and IEEE green computing and communications (GreenCom) and IEEE cyber, physical and social computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData) (pp. 925-930)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/iThings-GreenCom-CPSCom-SmartData.2017.142>
- Saraiva, J. T. & Metz, D., (2016). "Economics of energy storage in a residential consumer context". In: *13th International Conference on the European Energy Market*. <https://doi.org/10.1109/EEM.2016.7521204>
- Shu, S., Wang, Z., Jiang, T., Zhang, Z. & Chen, Y., (2023). "Research on the Peer-to-Peer Market Transaction Mechanism of the Future Energy Systems". In: *2023 3rd Power System and Green Energy Conference (PSGEC) (pp. 375-381)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/PSGEC58411.2023.10255982>
- Sidqi, Y., Hermann, M., Eggli, A. & Hegner, L., (2023). "Peer-to-Peer Trading in Local Energy Communities for RES Uptake: A Socio-Economic Study". In: *2023 IEEE PES/IAS PowerAfrica (pp. 1-5)*. IEEE. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113442>
- Soto, E. A., Bosman, L. B., Wollega, E. & Leon-Salas, W. D., (2021). "Peer-to-peer energy trading: A review of the literature". *Applied Energy*, 283: 116268. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116268>
- Tushar, W., Saha, T. K., Yuen, C., Smith, D. & Poor, H. V., (2020). "Peer-to-peer trading in electricity networks: An overview". *IEEE transactions on smart grid*, 11(4): 3185-3200. <https://doi.org/10.1109/TSG.2020.2969657>
- Uzorka, A., Olatide Olaniyan, A. & Olubusayo, V.F., (2024). "Engaging Communities in Renewable Energy Projects for Sustainable Development". *Journal of Applied Science, Information and Computing*. <https://doi.org/10.59568/JASIC-2023-4-2-06>

- Van Der Waal, E. C., (2020). "Local impact of community renewable energy: A case study of an Orcadian community-led wind scheme". *Energy Policy*, 138: 111193. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111193>
- Werner, C., Breyer, C., Gerlach, A. & Beckel, O., (2012). "Photovoltaic with energy storage: An overview on economics, system design and politics". In: *27th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Frankfurt*. <https://doi.org/10.4229/27thEUPVSEC2012-6CV.3.32>
- Yang, B., Liu, S., Gaterell, M. & Wang, Y., (2019). "Smart metering and systems for low-energy households: challenges, issues and benefits". *Advances in Building Energy Research*, 13(1): 80-100. <https://doi.org/10.1080/17512549.2017.1354782>

**Applied Economics Studies, Iran (AESI)**P. ISSN:2322-2530 & E. ISSN: 2322-472X - Journal Homepage: <https://aes.basu.ac.ir/>

Scientific Journal of Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran. Owner & Publisher: Bu-Ali Sina University.

© Copyright © 2026 The Authors. Published by Bu-Ali Sina University.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Bu-Ali Sina University

Impact of Government Debt Settlement on the Financial Sustainability of the Social Security Organization and Macroeconomic Variables in a DSGE Model

Mohammad Hosein Mardi¹ , Ali Sour² , Homa Esfahanian³ 

Type of Article: Research

 <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30172.3741>

Received: 2024/11/23; Revised: 2025/04/14; Accepted: 2025/04/30

Pp: 203- 243

Abstract

The Social Security Organization is the only major fund in the country with the lowest share of governmental support. This highlights the need for careful attention to the organization's revenues and expenditures. On the other hand, one of the most pressing challenges in the country today is the financial issues of pension funds, which manifest as a deficit of resources compared to expenditures. If not addressed, this issue could significantly impact the entire economy. In the present study, efforts will first focus on addressing, through actuarial models, how the financial sustainability of the Social Security Organization would change with increased government contributions. Subsequently, the organization's financial sustainability will be evaluated within a dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) framework. Finally, the outputs of these two models will be compared using data from 2016 to 2022. The findings indicate that a government expenditure shock increases financial sustainability in the actuarial model, as it boosts the Social Security Organization's revenues. Consequently, the current value of the organization's assets relative to its updated obligations improves. However, the DSGE model reveals that the updated value of the organization's assets undergoes minimal changes. This is due to labor market disruptions, including reduced willingness to work and increased wages. Moreover, the updated obligations of the fund decrease, leading to improved financial sustainability, though this improvement is less pronounced than in the actuarial calculations. Ultimately, it can be concluded that government debt settlement with the Social Security Organization has a positive effect on its financial sustainability.

Keywords: Public Pension Funds, Financial Sustainability, Actuarial Calculations, Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) Model, Government Debt Settlement.

JEL Classification: H55, G22, R13.

1. PhD Candidate in Economics (Econometrics/Finance), Department of Economics, Faculty of Economics, University of Tehran, Tehran, Iran.

2. Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics, University of Tehran, Tehran, Iran (Corresponding Author). **Email:** alisouri@ut.ac.ir

3. Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Economics, University of Tehran, Tehran, Iran.

1. Introduction

The financial sustainability of public pension funds constitutes one of the most pressing macroeconomic challenges confronting contemporary economies, particularly in nations operating defined benefit systems under pay-as-you-go financing arrangements. In the Islamic Republic of Iran, the Social Security Organization functions as the predominant pension institution, extending coverage to approximately half the national population including insured workers, pensioners and their dependents. Despite this extensive societal reach, the organization receives the lowest proportional governmental financial support among major public funds, rendering its fiscal position exceptionally vulnerable to demographic transitions, labor market fluctuations and macroeconomic volatility. The accumulation of government debt obligations to this organization has progressively exacerbated structural resource-expenditure imbalances, compelling reliance on banking system borrowing and public budget allocations, consequently amplifying inflationary pressures and constraining fiscal policy space. Conventional actuarial methodologies, extensively employed by international institutions including the World Bank and International Labour Organization, evaluate pension fund sustainability through partial equilibrium frameworks incorporating demographic projections, inflation assumptions, discount rate specifications and contribution collection trajectories. However, these established approaches fundamentally abstract from simultaneous macroeconomic interactions that characterize real economic systems. When a pension institution interacts with over half the national population, parametric modifications generate substantive reverberations across labor supply decisions, household consumption and savings behavior, government fiscal positions, monetary policy transmission mechanisms and firm production costs. The existing scholarly literature extensively documents demographic transition effects on pension system solvency, labor market participation responses to retirement incentive structures and financial market implications of pension asset accumulation strategies. Nevertheless, limited analytical attention has addressed the bidirectional causal relationships between government debt settlement policies and pension fund financial sustainability within comprehensive general equilibrium frameworks incorporating endogenous macroeconomic adjustment mechanisms. This study addresses this substantive analytical gap through developing a dynamic stochastic general equilibrium model integrating household optimization across worker, job-seeker and retiree categories distinguished by employment status and survival probabilities, New Keynesian firm behavior exhibiting price rigidities and investment adjustment costs, pension fund balance sheet constraints with funding ratio restoration policies, central bank monetary policy adherence to Taylor rule specifications, labor market search and matching frictions with Nash bargaining wage determination, and government fiscal accounts with explicit pension transfer mechanisms and debt dynamics. The primary research objective involves quantitatively evaluating how government debt settlement to the Social Security Organization influences its financial sustainability while simultaneously assessing macroeconomic variable responses including output, consumption, investment, employment, wages, inflation and interest rates. The research further systematically compares these general equilibrium outcomes with conventional actuarial calculations conducted through PROST modeling software utilizing Iranian data from 2016 to 2022, thereby illuminating methodological divergence between partial and general equilibrium approaches and providing policy-relevant insights regarding parametric reform efficacy for pension stabilization.

3. Analysis and discussion

The empirical findings reveal substantial divergence between actuarial and general equilibrium assessments of government debt settlement impacts on pension fund sustainability. Within the conventional actuarial framework implemented via PROST software, simulations demonstrate that a government expenditure shock directed toward

Social Security Organization debt repayment generates unambiguous financial sustainability improvements. Projections extending to 2060 indicate that without policy intervention, organizational expenditures would reach approximately forty percent of national GDP while revenues remain comparatively stagnant, producing a persistent deficit approaching thirty percent of GDP. However, incremental government contribution increases equivalent to ten percent of the preceding year's deficit substantially improve the present value ratio of organizational assets to updated obligations, temporarily achieving full resource-expenditure equilibrium. This actuarial outcome derives from mechanical revenue augmentation without considering behavioral adjustments or macroeconomic feedback effects. Conversely, the dynamic stochastic general equilibrium model reveals substantively different transmission mechanisms and final outcomes. Following a one percent government expenditure shock with commensurate debt repayment, the updated asset position of the Social Security Organization exhibits negligible variation. This apparent paradox resolves through labor market disruption analysis. The government expenditure shock induces labor supply contraction, with insured workforce participation declining approximately four percent relative to baseline. Simultaneously, wage bargaining power shifts toward labor unions, generating wage demands increasing nearly ten percent. These twin adjustments fundamentally alter pension fund revenue composition. Although government transfers increase, contribution base erosion from reduced formal sector employment and elevated labor costs constraining firm hiring capacity counteract potential asset accumulation. Pension fund obligations demonstrate more responsive adjustment, declining slightly above three percent following the government expenditure shock. This obligation reduction partially reflects discount rate variations and modified mortality assumptions, though primarily derives from altered benefit accrual patterns associated with disrupted workforce attachment. Macroeconomic variable responses exhibit heterogeneous patterns. Inflation and nominal interest rates demonstrate relative stability, suggesting monetary policy adherence to Taylor rule specifications successfully anchors inflation expectations despite fiscal expansion. However, real marginal production costs increase approximately eight percent, while capital marginal costs rise nearly two percent. These supply-side cost pressures reflect wage bargaining outcomes transmitting through New Keynesian pricing mechanisms. Comparative sustainability analysis demonstrates that both methodologies confirm positive government debt settlement effects on Social Security Organization financial sustainability. However, the magnitude divergence is substantial, with general equilibrium sustainability improvements considerably attenuated relative to actuarial projections. This attenuation directly arises from endogenous macroeconomic adjustments, particularly labor-leisure trade-off modifications and wage-price dynamics, which conventional actuarial frameworks exogenously specify rather than endogenously determine. The findings fundamentally challenge the sufficiency of partial equilibrium parametric reforms, suggesting that comprehensive structural reforms addressing labor market formalization, contribution compliance, and benefit eligibility criteria remain essential complements to government debt settlement policies.

4. Conclusion

This study investigated the effects of government debt settlement on the financial sustainability of the Social Security Organization within a dynamic stochastic general equilibrium framework, subsequently comparing these outcomes with conventional actuarial calculations. The research contributes to existing pension sustainability literature by formally integrating pension fund balance sheet constraints, household life-cycle optimization across worker and retiree states, labor market search and matching frictions with endogenous wage determination, and fiscal policy transmission mechanisms within a unified general equilibrium structure calibrated to Iranian economic conditions from 2016 to 2022. Several substantively significant findings emerge from this analytical exercise. First, government debt settlement positively influences Social Security Organization

financial sustainability irrespective of methodological approach. Both actuarial and general equilibrium models confirm that increased government contributions improve the present value ratio of organizational assets to updated obligations. Second, the magnitude of sustainability improvement diverges substantially across methodologies. Conventional actuarial calculations project considerably larger sustainability gains than general equilibrium simulations. This divergence originates from differential treatment of macroeconomic feedback mechanisms. Actuarial frameworks treat labor supply, wage rates, employment levels, and discount factors as exogenous assumptions. General equilibrium analysis reveals these variables respond endogenously to government expenditure shocks, with labor supply contracting approximately four percent and wage demands increasing nearly ten percent following debt settlement implementation. These behavioral responses partially offset direct revenue improvements from government transfers, attenuating net sustainability gains. Third, government debt settlement generates non-negligible macroeconomic repercussions. While inflation and nominal interest rates demonstrate stability under credible monetary policy commitment, real marginal production costs increased approximately eight percent with corresponding capital cost elevations. These supply-side cost pressures potentially undermine international competitiveness and long-term growth potential. Fourth, the divergence between partial and general equilibrium sustainability assessments carries substantial policy implications. Policymakers relying exclusively on actuarial projections may overestimate the efficacy of parametric reforms centered exclusively on government contribution increases. Such overestimation risks delaying necessary structural reforms addressing fundamental sustainability determinants including contribution compliance, informal employment prevalence, statutory retirement age adequacy, benefit indexation mechanisms, and investment return optimization. The findings suggest that government debt settlement, while beneficial, cannot independently resolve the Social Security Organization's structural financial imbalance. A comprehensive reform strategy integrating parametric adjustments, structural modifications, and consistent government debt servicing commitments remains essential for ensuring intergenerational equity and long-term pension system viability. Future research directions should explore optimal reform sequencing, distributional consequences across income cohorts, and political economy constraints affecting reform implementation feasibility.

Acknowledgments

Acknowledgments

The authors extend their sincere gratitude to the anonymous peer reviewers for their insightful critiques and constructive suggestions, which significantly enhanced the clarity and scholarly rigor of this manuscript.

Author Contribution

This research is derived from the first author's doctoral dissertation. The primary data collection, encompassing all observational and analytical components, was conducted by the first author under the direct supervision and mentorship of the second and third authors.

Conflict of Interest

In adherence to ethical publication standards, the authors affirm that there are no conflicts of interest, either personal or financial, that could have influenced the content or conclusions presented in this research.



فصلنامه علمی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
 شاپای چاپی: ۲۵۲۰-۲۳۲۲؛ شاپای الکترونیکی: ۴۷۲۸-۲۳۲۲ - وبسایت نشریه: <https://aes.basu.ac.ir>
 نشریه گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
 حق انتشار این مستند، متعلق به نویسنده (گان) آن است. ۱۴۰۴ - ناشر این مقاله، دانشگاه بوعلی سینا است.
 این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
 آدرس زیر مجاز است.
 Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



اثر تسویه بدهی دولت بر پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی و متغیرهای کلان اقتصادی در یک مدل DSGE

محمدحسین مردی^۱، علی سوری^۲، هما اصفهانیان^۳

نوع مقاله: پژوهشی

شناسه دیجیتال: <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30172.3741>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۳، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۲۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۱

صص: ۲۴۳-۲۰۳

چکیده

در این پژوهش تلاش خواهد شد که در ابتدا با استفاده از مدل‌های محاسبات اکچوئریال به این مسئله پاسخ داده شود که پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی باتوجه به افزایش پرداختی دولت به این سازمان چه تغییری خواهد کرد و سپس پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی در یک مدل تعادل عمومی ارزیابی شود و در نهایت خروجی‌های این دو مدل با استفاده از داده‌های موردنیاز در سال‌های ۱۳۹۵-۱۴۰۱ ه.ش. با هم مقایسه شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که ایجاد شوک مخارج دولت و تسویه برخی از بدهی‌ها به سازمان تأمین اجتماعی باعث افزایش پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی در مدل محاسبات اکچوئریال خواهد شد؛ چراکه دریافتی‌های سازمان تأمین اجتماعی را افزایش خواهد داد و لذا ارزش روز دارایی‌های سازمان تأمین اجتماعی به نسبت تعهدات به‌روزشده سازمان تأمین اجتماعی افزایش خواهد یافت. اما الگوی DSGE نشان می‌دهد که تغییرات دارایی‌های به‌روزشده سازمان تأمین اجتماعی تغییرات چندانی نخواهد نمود از طرفی تعهدات به‌روزشده صندوق نیز کاهش خواهد یافت و در نهایت پایداری مالی افزایش می‌یابد. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که پرداخت بدهی دولت به سازمان تأمین اجتماعی اثرات مطلوبی بر پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی دارد، ولی این افزایش به میزانی نخواهد بود که مدل‌های مرسوم محاسبات اکچوئریال برآورد می‌کنند و هم‌چنین هرچند گذرا است، ولی شوک‌هایی به برخی متغیرهای کلان وارد می‌کند که باید در سیاست‌گذاری دولت لحاظ شود و حتی هزینه‌های نهایی تولید را نیز افزایش می‌دهد.

کلیدواژگان: صندوق‌های بازنشستگی عمومی، پایداری مالی، محاسبات اکچوئریال، مدل تعادل عمومی پویای تصادفی، نرخ حق بیمه.

طبقه‌بندی JEL: H55, G22, R13.

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد، گروه اقتصاد نظری، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

Email: mhmardi71@gmail.com

۲. دانشیار گروه اقتصاد نظری، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

Email: alisouri@ut.ac.ir

۳. استادیار گروه اقتصادی نظری، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

Email: esfahanian.homa@ut.ac.ir

ارجاع به مقاله: مردی، محمدحسین؛ سوری، علی؛ و اصفهانیان، هما، (۱۴۰۴). «اثر تسویه بدهی دولت بر پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی و متغیرهای کلان اقتصادی در یک مدل DSGE». مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۱۴(۵۶): ۲۴۳-۲۰۳. <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2025.30172.3741>

صفحه اصلی مقاله در سامانه نشریه: https://aes.basu.ac.ir/article_6245.html?lang=fa

۱. مقدمه

یکی از چالش‌های اساسی کشور، مشکلات مالی صندوق‌های بازنشستگی به‌عنوان بخشی از نظام تأمین اجتماعی است که به‌صورت کسری منابع نسبت به مصارف خود نمایان می‌شود. در ایران، نظام مالی این صندوق‌ها بر مبنای مزایای تعریف‌شده (DB)^۱ طراحی شده است، که این موضوع به‌طور مستقیم بار مالی مشکلات را بر دوش بودجه دولت می‌گذارد. علاوه بر این، صندوق‌های بازنشستگی، به‌ویژه سازمان تأمین اجتماعی، به دلیل کسری منابع، ناگزیر به دریافت وام از نظام بانکی کشور هستند. این وام‌ها نه تنها بر وضعیت مالی این صندوق‌ها تأثیر می‌گذارد، بلکه می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر سیستم بانکی نیز اثر بگذارد و ریسک‌های مالی را افزایش دهد. بنابراین، پایداری مالی صندوق‌های بازنشستگی یکی از مسائل حیاتی است که باید به‌طور جدی مورد توجه قرار گیرد. توجه به این موضوع در تمامی صندوق‌های بازنشستگی اهمیت دارد، به‌گونه‌ای که سازمان بین‌المللی تأمین اجتماعی در رهنمودهای خود، این امر را الزامی می‌داند (سازمان بین‌المللی تأمین اجتماعی^۲، ۲۰۱۳). هم‌چنین رجبی و گرامی (۱۳۹۴) بیان کردند که کسری نقدینگی و انبوه تعهدات تأمین مالی نشده صندوق‌ها با حجم بالای کمک‌های دولت به این صندوق‌ها، از یک طرف و کفایت‌نکردن مستمری‌ها و بروز مشکلات معیشتی متعدد برای اقشار تحت پوشش و خالی‌بودن یا کافی‌نبودن منابع در اختیار صندوق‌ها، از مشکلات روز افزون صندوق‌های بازنشستگی در کشور است. طی دهه گذشته، حجم تعهدات و مصارف سازمان تأمین اجتماعی به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته است. به دلایل مختلف، منابع درآمدی این سازمان نسبت به هزینه‌های آن رشد کمی داشته‌اند. بنا بر گزارش‌های سالیانه سازمان تأمین اجتماعی، در سال‌های اخیر تقریباً نیمی از جمعیت کشور (شامل افراد بیمه‌پرداز، بازنشسته و خانواده‌های آنان) تحت پوشش این سازمان قرار دارند (سازمان تأمین اجتماعی، ۱۴۰۰) لذا ایجاد مشکلات مالی و عدم تحقق تعهدات سازمان می‌تواند تبعات جدی برای وضعیت اقتصادی و معیشتی خانوارها به‌دنبال داشته باشد. علاوه بر این، بر اساس گزارش‌های سالیانه از سند بودجه کشور (بودجه کل کشور، ۱۴۰۳-۱۴۰۲)، یکی از راه‌های جبران کمبود این تعهدات در سال‌های اخیر، استفاده از بودجه عمومی دولت بوده است. این امر نه تنها می‌تواند مانع از استفاده بهینه منابع دولت شود، بلکه ممکن است به ایجاد کسری بودجه فراوانی برای دولت منجر گردد و در نتیجه، باعث بروز تورم شود. با توجه به افزایش میزان تعهدات دولت به سازمان تأمین اجتماعی و لزوم به تسویه آن باید توجه کرد که این مسئله باید با سازوکاری انجام شود تا دچار مشکلات عدیده نشود. از این‌رو، ضروری است که اثرات تسویه بدهی دولت بر سازمان تأمین اجتماعی و دیگر متغیرهای اقتصادی مانند تورم و نرخ بهره مورد بررسی قرار گیرد.

عوامل مختلفی می‌توانند بر صندوق‌های بازنشستگی اثر بگذارند و مطالعات فراوانی اثرات جمعیتی، بازار کار و متغیرهای کلان اقتصادی را بر وضعیت صندوق‌های بازنشستگی بررسی کرده‌اند ولی نکته حائز اهمیت آن است که بتوان به‌جای بررسی پایداری مالی صندوق‌های بازنشستگی در یک تعادل جزئی (مدل محاسبات اکچوئریال^۳)، آن را در یک مدل تعادل عمومی مورد بررسی قرار داد و تأثیرات تغییرات این متغیرها و پارامترها را

^۱ Defined benefit

^۲ International Social Security Association

^۳ Actuarial calculation

در داخل یک مدل تعادلی ارزیابی کرد. در حال حاضر مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی این امکان را به ما می‌دهد که اثر تغییرات مخارج دولت را در کنار متغیرهای خانوار، بازار نیروی کار و متغیرهای کلان اقتصادی مورد بررسی قرار دهیم. برای مثال برخی مطالعات به بررسی اثرات جمعیتی، بازار نیروی کار در یک سیستم تعادل عمومی پرداخته‌اند (فاروجی و همکاران، ۱۳۹۰؛ بیتسما و همکاران^۱، ۲۰۱۳؛ بیلسکی^۲ و همکاران، ۲۰۱۸) و برخی مطالعات نیز اثرات پایداری مالی صندوق‌های بازنشستگی را در نظر گرفته‌اند که چراغ توسعه این پژوهش خواهند بود (کاستلین و رامپ^۳، ۲۰۲۰؛ فرانکوویک^۴ و همکاران، ۲۰۲۰).

با توجه به ارتباط میان بودجه دولت و سازمان تأمین اجتماعی باید بیان داشت که پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی باید مورد بررسی واقع شود و این پایداری مالی به وسیله مدل‌های آماری-بیمه‌ای (که تحت عنوان محاسبات اکچوئریال شناخته شده و با عنوان مطالعات بیم‌سنجی نیز شناخته می‌شوند) مورد بررسی قرار می‌گیرند. ولی نکته پر اهمیت این‌جاست که مدل‌های مرسوم صرفاً بر اساس یک سری مفروضات اقتصادی مانند تورم، نرخ بهره، نرخ تنزیل و غیره به بررسی وضعیت منابع و مصارف صندوق‌های بازنشستگی تا چند نسل می‌پردازند و در نهایت نسبت این منابع و مصارف را بر اساس ارزش حال هر دو بخش ارزیابی کرده و بیان می‌دارند که آیا منابع لازم برای تأمین مصارف و تعهدات صندوق مکفی است یا خیر. این در حالی است که هنگام تغییر پارامترهای داخلی یک صندوق بازنشستگی مانند سازمان تأمین اجتماعی که به‌عنوان یک نهاد عمومی غیردولتی با بیش از نیمی از جمعیت کشور تعامل دارد، می‌تواند تأثیرات معناداری را در سیستم اقتصادی کشور گذاشته و هم‌چنان تأثیرات معناداری را از سیستم اقتصادی کشور دریافت نماید و به همین علت تغییرات پارامترها به‌سادگی قابل بررسی نخواهد بود. لذا نیاز است تا میان مدل‌های مرسوم که تحت عنوان مدل‌های محاسبات اکچوئریال شناخته می‌شوند با متغیرهای کلان اقتصادی ارتباطی برقرار کرد و این موضوع نیازمند یک مدل‌سازی در بستر متغیرهای کلان اقتصادی است. این مسئله زمانی به‌خوبی نمایان خواهد شد که سیاست‌گذار اقتصادی خواهان تغییر پارامترهای اقتصادی یک صندوق بازنشستگی است و مایل به بررسی این مسئله است که اثرات کلان این تغییرات را سنجش نماید. هم‌چنین انتظار دارد تا تغییر پارامترهای صندوق هم منتج به بهبود پایداری مالی صندوق گردد و هم متغیرهای کلان اقتصادی را دستخوش تغییرات محسوس ننماید (یا حداقل بهبود بخشد) و از آن‌جایی که صندوق‌های بازنشستگی، یک صندوق بین‌نسلی هستند لذا تغییرات آن می‌تواند تبعات بلندمدت داشته باشد و لذا یکی از راه‌کارهای موثر سیاست‌گذاری ایجاد یک مدل جهت بررسی پایداری مالی صندوق در بستر متغیرهای کلان اقتصادی خواهد بود.

هدف اصلی این پژوهش بررسی اثر تسویه بدهی دولت بر پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی در یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی است اما در ابتدا اثر تسویه بدهی دولت بر پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی با روش‌های محاسبات اکچوئریال پرداخته می‌شود که به‌مثابه یک مدل تعادل جزئی است (چرا که صرفاً صندوق‌های بازنشستگی لحاظ می‌شوند و می‌توان آن‌را به‌عنوان یک مدل تعادل جزئی شناسایی کرد) و سپس به هدف اصلی

¹ Beetsma *et al.*

² Bielecki *et al.*

³ Kastelein & Romp

⁴ Frankovic *et al.*

یعنی بررسی اثر تسویه بدهی دولت در یک مدل تعادل عمومی خواهیم پرداخت و اثرات هم‌زمان دیگر بازارها را نیز لحاظ خواهیم کرد و بررسی خواهیم نمود که آیا این تسویه بدهی دولت می‌تواند باعث بهبود پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی شود و همچنین آیا این تسویه بدهی منتج به تغییرات مثبتی در دیگر متغیرهای کلان اقتصادی خواهد شد یا خیر.

۲. مبانی نظری

برای درک مفهوم پایداری مالی، ابتدا باید ارتباط آن با ثبات مالی بررسی شود. در ادبیات بانک جهانی، بیشتر از اصطلاح «ثبات مالی» استفاده می‌شود، در حالی که سازمان بین‌المللی کار به مفهوم «پایداری مالی» توجه بیشتری دارد. پایداری مالی به توانایی شروع، رشد و حفظ یک سیستم مالی اشاره دارد، در حالی که ثبات مالی به وضعیت پایدار در کوتاه‌مدت و بلندمدت اشاره می‌کند (وایتهاوس و زوینینه^۱، ۲۰۱۷). به همین دلیل، توجه به ثبات مالی برای دستیابی به پایداری مالی ضروری است. بانک جهانی^۲ (۲۰۱۶) نیز تأکید می‌کند که ثبات مالی زمانی اهمیت می‌یابد که یک سیستم مالی در برابر شوک‌ها انعطاف‌پذیر باشد.

پایداری مالی می‌تواند به صورت تک‌بعدی یا چندبعدی مورد بررسی قرار گیرد. در حالت چندبعدی، مباحث اجتماعی و زیست‌محیطی نیز لحاظ می‌شوند. «کردستانی» و «محمدی» (۱۳۹۹) و «زرگرکوچه» و «سروش‌راد» (۱۳۹۹) بیان می‌کنند که در بررسی تک‌بعدی پایداری مالی، چهار شاخص کلیدی باید مدنظر قرار گیرد: نقدینگی، انعطاف‌پذیری، حفظ اطمینان عمومی و مسئولیت خدمات و مقیاس. بعد از مشخص شدن تعریف پایداری مالی حال در ادامه سعی می‌شود اثر نظام بانزشتگی و طرح‌های بانزشتگی بر بخش خانوار، بازارکار، دولت، بنگاه‌ها و بانک مرکزی مورد بررسی قرار گیرد.

در بحث مرتبط با خانوار و تصمیم‌گیری فردی باید بیان داشت که مطالعات اولیه «آندو» و «مودیگلیانی»^۳ (۱۹۶۳) و «مرتون»^۴ (۱۹۷۱) به توسعه تصمیم‌گیری‌های فردی در ارتباط با بانزشتگی و مستمری پرداخته است. این الگوها نشان می‌دهند که افراد مصارف خود را پس‌انداز می‌کنند تا در دوران سالمندی مصرف کنند و ثروت خود را برای دوران بانزشتگی فراهم سازند. همچنین، «ژائو و همکاران»^۵ (۲۰۱۶) به بررسی رابطه میان حقوق بانزشتگی و مصرف/پس‌انداز خانوار پرداخته و نشان می‌دهند که گروه‌های کم‌درآمد که در طرح‌های بانزشتگی شرکت می‌کنند، تمایل بیشتری به مصرف در زمان بانزشتگی دارند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که نظام بانزشتگی می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر تصمیمات مالی خانوارها داشته باشد (مطالعه‌های مرتبط در چین توسط ژانگ^۶ (۲۰۰۸) و سوء و لی^۷ (۲۰۱۲) انجام شده است). آتورباچ و کوتلیکوف^۸ (۲۰۲۲) به بررسی تأثیر اصلاحات در سیستم‌های بانزشتگی بر رفتار پس‌انداز و مصرف خانوارها با استفاده از مدل *DSGE* پرداخته‌اند. نتایج نشان

¹ Whitehouse & Zviniene

² World Bank

³ Ando and Modigliani

⁴ Merton

⁵ Zhao *et al.*

⁶ Zhang

⁷ Su and Li

⁸ Auerbach and Kotlikoff

می‌دهد که اصلاحات در سیاست‌های بازنشتی می‌تواند به افزایش پس‌انداز خانوارها و بهبود وضعیت مالی آن‌ها منجر شود و تأثیرات بلندمدت این اصلاحات بر مصرف خانوارها مثبت خواهد بود. در رابطه با ارتباط میان تصمیمات مالی خانوارها و پایداری مالی صندوق‌های بازنشتی باید بیان داشت که این ارتباط دوطرفه و پیچیده می‌باشد و تغییر در پایداری مالی این صندوق‌ها می‌تواند بر تصمیمات مالی خانوارها تأثیر بگذارد و بالعکس. تصمیمات پس‌انداز و سرمایه‌گذاری خانوارها مستقیماً بر ورودی‌های مالی صندوق‌های بازنشتی تأثیر می‌گذارد. اگر خانوارها به دلیل کاهش اعتماد به صندوق‌ها یا اولویت‌های مالی دیگر، مشارکت خود را کاهش دهند، پایداری مالی این صندوق‌ها به خطر می‌افتد (ایبینگاوش^۱، ۲۰۲۲). از سوی دیگر تغییرات در پایداری مالی صندوق‌ها (مانند کمبود منابع، افزایش بدهی‌ها یا تغییر سیاست‌های بازنشتی) می‌تواند نگرانی‌هایی برای خانوارها ایجاد کند. این تغییرات ممکن است باعث شود خانوارها؛ پس‌انداز خانوار، مصرف و سرمایه‌گذاری‌های‌شان تغییر کند (لوزاردی و میچل^۲، ۲۰۲۰).

در تئوری‌های عرضه‌وتقاضای نیروی کار، دستمزد و ساعت کاری مورد بررسی و تعیین واقع می‌شود که اولین بخش مرتبط با صندوق‌های بازنشتی است. عملاً هر بخشی که دستمزد، مستمری و ساعت کاری افراد مورد بررسی واقع شود به‌نحوی به صندوق‌های بازنشتی ارتباط می‌یابد. در ارتباط با بازار کار، خانوارها به‌عنوان عرضه‌کنندگان نیروی کار محسوب می‌شوند و تأثیر طرح‌های بازنشتی بر خانوار به‌نوعی تأثیر آن بر بازار نیروی کار نیز به شمار می‌آید. تغییرات پایداری مالی صندوق‌های بازنشتی می‌تواند بر مشارکت نیروی کار و همچنین تمایل به اشتغال غیررسمی را نیز تغییر دهد. همچنین پیری جمعیت و تأثیر آن بر بازار کار می‌تواند پایداری مالی صندوق‌ها را دستخوش تغییرات قرار دهد. از سوی دیگر مشوق‌های صندوق‌های بازنشتی می‌تواند رفتار نیروی کار را در عرضه نیروی کار تغییر دهد (هلزمن و پیگوت^۳، ۲۰۱۸، مونل و ساس^۴، ۲۰۰۸). بار و دیاموند^۵ (۲۰۰۶) بیان می‌کنند که طرح‌های بازنشتی به‌عنوان مشوقی در بازار کار عمل می‌کنند. مورنو^۶ (۲۰۲۳) تأثیر تغییرات در طرح‌های بازنشتی بر بازار کار را بررسی کرده و به این نتیجه می‌رسد که این تغییرات تأثیر قابل توجهی بر عرضه‌وتقاضای نیروی کار دارند. نم^۷ (۲۰۲۲) نیز به بررسی ارتباط طرح‌های بازنشتی با عرضه نیروی کار و توزیع ثروت بین‌نسلی پرداخته است.

در بخش بنگاه‌های اقتصادی، مطالعات مرتبط میان این بنگاه‌ها و صندوق‌های بازنشتی را در سه گروه می‌توان تقسیم‌بندی کرد: اولین ارتباط در بخش تقاضای نیروی کار است، همان‌طور که بیان شد هر بخشی که به پرداخت حقوق و دستمزد به کارگر مبادرت دارد در تعیین تقاضای نیروی کار نیز سهیم است. دومین ارتباط معطوف به بازار سرمایه است، مطالعات فراوانی در ارتباط میان صندوق‌های بازنشتی و بازار سرمایه انجام شده است. سومین ارتباط بین بنگاه‌ها و نظام بازنشتی معطوف به تولید و نرخ بهره بوده که به دلیل ارتباط این موضوع با مسائل بانک مرکزی، در بخش ارتباط بین بانک مرکزی و نظام بازنشتی به این موضوع خواهیم پرداخت.

¹ Ebbinghaus

² Lusardi and Mitchell

³ Holzmann and Piggot

⁴ Munnell and Sass

⁵ Barr and Diamond

⁶ Moreno

⁷ Nam

مطالعات مُرای^۱ (۱۹۶۸) و چن و لین^۲ (۱۹۹۲) نشان می‌دهند که طرح‌های بازنشتی بر بازار سرمایه و تصمیمات بنگاه‌ها تأثیرگذارند. مرای (۱۹۶۸) اثر سرمایه‌های مختلف مانند اوراق و سهام را در بخش منابع صندوق‌های بازنشتی بررسی کرده و چن و لین (۱۹۹۲) به این نتیجه می‌رسند که جبران خدمات مستمری در طرح‌های بازنشتی اثرات معناداری بر بازارهای سرمایه دارد. در مطالعات زوبیر^۳ (۲۰۱۶) و ناگری و همکاران^۴ (۲۰۱۹) که در کشور نیجریه بعد از اصلاحات بازنشتی انجام شد و در مطالعه بابالوس و همکاران^۵ (۲۰۲۰) او این نتایج به‌دست آمد که توسعه صندوق‌های بازنشتی منتج به توسعه بازار سرمایه و همچنین عمق این بازارها شده است و از طرفی با بررسی ارتباط این دو بخش به این نتیجه رسیده‌اند که این ارتباط، دو طرفه بوده و هر یک از طرفین بخش دیگری را تقویت می‌نماید.

ارتباط بین نظام بازنشتی و تولید و نرخ بهره به مباحث مرتبط با تصمیم‌گیری‌های بانک مرکزی مربوط می‌شود. در این زمینه، سه متغیر کلیدی شامل رشد اقتصادی، تورم و نرخ بهره مورد توجه قرار می‌گیرد. تحقیقات متعددی در زمینه ارتباط بین نظام بازنشتی و رشد اقتصادی انجام شده است. بیجِلِسما^۶ و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای بر روی ۶۹ صنعت در ۳۴ کشور *OECD* به این نتیجه رسیدند که پس‌اندازهای بازنشتی تأثیر معناداری بر رشد اقتصادی دارند و سرمایه‌گذاری این پس‌اندازها در کشورهای دیگر می‌تواند با ریسک کمتر و رشد اقتصادی با ثبات‌تری همراه باشد. مورینا و گریما^۷ (۲۰۲۲) نیز به بررسی ارتباط بین دارایی‌های صندوق‌های بازنشتی و رشد اقتصادی با استفاده از مدل *DSGE* پرداخته و نشان داده‌اند که افزایش دارایی‌های صندوق‌های بازنشتی می‌تواند به افزایش سرمایه‌گذاری و رشد اقتصادی منجر شود. ایوگبو و اُنِیوچی^۸ (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای در نیجریه به ارتباط غیر مستقیم و مثبت بین پس‌اندازهای بازنشتی و رشد اقتصادی اشاره کردند. در ارتباط میان بازنشتی و تورم نیز می‌توان مطالعاتی را بیان داشت بررسی‌های پژوهش رویاگیزا^۹ (۲۰۲۰) نشان می‌دهد که افزایش تورم باعث بدتر شدن مستمری بازنشتی و باعث فقیر شدن سالمندان می‌شود. همچنین تورم سرمایه‌گذاری‌های صندوق‌های بازنشتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و می‌تواند منجر به تغییراتی در سرمایه‌گذاری‌های صندوق‌های بازنشتی شود. مطالعه «دارلینگتون» و «چوکوودی»^{۱۰} (۲۰۲۲) به بررسی اثر تورم بر سرمایه‌گذاری صندوق بازنشتی بر اوراق بهادار دولت می‌پردازد. این موضوع بیان می‌کند که تغییر تورم، می‌تواند پایداری مالی صندوق‌های بازنشتی را تغییر دهد.

بخش آخر ارتباط میان طرح‌های بازنشتی و دولت است. از چند جنبه میان این دو بخش ارتباط وجود دارد؛ (۱) قوانینی که دولت وضع کرده و باعث تغییرات پایداری مالی صندوق‌ها می‌شود. (۲) تأمین مالی طرح‌های بازنشتی که از طریق مالیات و بودجه عمومی صورت می‌گیرد. (۳) حمایت از صندوق‌های بازنشتی به دلیل

¹ Murray² Chen and Lin³ Zubair⁴ Nageri et al.⁵ Babalos and Stavroyiannis⁶ Bijlsma⁷ Morina and Grima⁸ Iwegbu and Onyebuchi⁹ Rubyagiza¹⁰ Darlington and Chukwudi

کمبود منابع مالی در یک صندوق بازنشستگی. ۴) حمایت از گروه‌های آسیب‌پذیر در صندوق‌ها توسط دولت. در زمینه ارتباط میان طرح‌های بازنشستگی و دولت، «استیندل»^۱ (۲۰۲۰) و «شینر»^۲ (۲۰۲۳) به بررسی ارتباط بین طرح‌های بازنشستگی و پایداری مالی دولت پرداخته و بیان کرده‌اند که برای افزایش پایداری مالی و جلوگیری از انباشت بدهی، اصلاحات در طرح‌های بازنشستگی ضروری است. مطالعات نشان می‌دهند که سیستم بازنشستگی و بودجه دولت به صورت متقابل تأثیرگذار هستند. فشار مالی ناشی از پرداخت بازنشستگی می‌تواند بدهی عمومی را افزایش دهد و اصلاحات پارامتریک یا ساختاری در سیستم بازنشستگی می‌تواند به کاهش این فشار کمک کند. این مطالعات همچنین تأکید دارند که تغییرات جمعیتی، نرخ مشارکت نیروی کار و سیاست‌های سرمایه‌گذاری بازنشستگی از عوامل کلیدی در تعیین این ارتباط هستند. (مطالعات مختلفی در این حوزه انجام شده‌اند که می‌توان به مطالعات بوادوپناس و همکاران^۳ (۲۰۱۹)، «بیلاسکا» و همکاران^۴ (۲۰۲۴)، «چیبالسکی» و «مارچینکیوکز»^۵ (۲۰۲۰) اشاره کرد.)

«بُهل» و «کالویت»^۶ (۲۰۲۲) به بررسی تأثیر تغییرات جمعیتی بر سیستم‌های بازنشستگی با استفاده از مدل DSGE پرداخته و نشان داده‌اند که پیری جمعیت می‌تواند فشار مالی بر صندوق‌های بازنشستگی افزایش دهد. «کومار» و «سینها»^۷ (۲۰۲۲) نیز به تحلیل اثرات تغییرات جمعیتی بر سیستم‌های بازنشستگی و مستمری‌ها پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که پیری جمعیت می‌تواند به کاهش درآمدهای مالیاتی و منابع مالی صندوق‌های بازنشستگی منجر شود. «لی» و «وانگ»^۸ (۲۰۲۳) به بررسی پایداری مالی صندوق‌های بازنشستگی در مواجهه با پیری جمعیت پرداخته و تأکید کرده‌اند که اصلاحات در نرخ مستمری و سن بازنشستگی می‌تواند به بهبود وضعیت مالی صندوق‌ها کمک کند. «راغفر» و «اکبریگی» (۱۳۹۵) نیز به بررسی پدیده سالمندی و تأثیر آن بر بازنشستگی و متغیرهای کلان اقتصادی پرداخته‌اند.

«اُستباوم»^۹ و همکاران (۲۰۲۳) به مدل‌سازی شوک‌های بازار کار و اثرات آن‌ها بر بازار کار پرداخته و نشان داده‌اند که اضافه‌شدن ساعت کاری تأثیرات مثبتی بر متغیرهای اقتصادی دارد. «عبدلی» و «همکاران» (۱۳۹۹) در مدل پنج بخشی خود به بررسی آثار تغییرات جمعیتی بر پایداری مالی صندوق بازنشستگی در ایران پرداخته و نشان داده‌اند که بین نرخ زاد و ولد و امید به زندگی با کسری مالی صندوق هم‌بستگی مثبت وجود دارد. در مقاله «کاستلین» و «رامپ» (۲۰۲۰) به بررسی شوک‌های بهره‌وری بر انواع صندوق‌های بازنشستگی پرداخته شده و نتایج نشان می‌دهد که صندوق‌های مزایای معین، تصمیمات مربوط به عرضه نیروی کار را تحت تأثیر قرار می‌دهند. «فرانکوویک»^{۱۰} و همکاران (۲۰۲۰) نیز به بررسی سیاست‌های پولی و تأثیرات آن‌ها بر صندوق‌های بازنشستگی پرداخته و نشان می‌دهند که سیاست‌های مالی از اثربخشی معناداری برخوردار هستند.

¹ Steindel

² Sheiner

³ Boado-Penas *et al.*

⁴ Bielawska *et al.*

⁵ Chybalski & Marcinkiewicz

⁶ Böhl and Kallweit

⁷ Kumar and Sinha

⁸ Li and Wang

⁹ Obstbaum

¹⁰ Frankovic *et al.*

۳. پیشینه پژوهش

یکی از مقالاتی که به موضوع صندوق‌های بازنشستگی پرداخته، مقاله «دگر»^۱ (۲۰۰۸) است که به بررسی وضعیت صندوق‌های بازنشستگی در کشور ترکیه می‌پردازد. در این پژوهش فرض می‌شود با توجه به مشکلات پایداری مالی صندوق‌های بازنشستگی، مزایای سه صندوق بازنشستگی ترکیه و حق بیمه‌های آنان یکی می‌شود. همچنین در این پژوهش از یک مدل سه بخشی استفاده شده و فرض می‌شود که دولت و صندوق بازنشستگی یکی است. نتایج نشان می‌دهد پس از تغییرات ایجادشده، وضعیت شاخص‌های پایداری مالی بهبود می‌یابد و همچنین به دلیل افزایش موجودی سرمایه، تولید، درآمد کل و مصرف کل افزایش می‌یابد.

«ایمروهورگلو» و «کیتاو»^۲ (۲۰۱۲) به تحلیل تأثیر اصلاحات در سیستم تأمین اجتماعی بر رفتار بازنشستگی، نرخ مشارکت نیروی کار و پایداری بلندمدت اقتصادی سیستم‌های بازنشستگی در یک مدل *DSGE* می‌پردازد. نویسندگان نشان می‌دهند که اصلاحات هدفمند، مانند افزایش سن بازنشستگی و تغییرات در سیاست‌های مزایا، می‌توانند منجر به کاهش کسری‌های مالی سیستم تأمین اجتماعی شوند و در عین حال تأثیرات مثبتی بر نرخ مشارکت نیروی کار داشته باشند. اصلاحات سیستم تأمین اجتماعی می‌توانند پایداری اقتصادی را بهبود بخشند و تأثیرات منفی افزایش جمعیت سالخورده بر اقتصاد را تعدیل کنند.

«ساگیری»^۳ (۲۰۱۶) بیان می‌کند که در یک اقتصاد با جمعیت در حال پیری و یک سیستم تأمین اجتماعی با ساختار «توازن هزینه-درآمد»^۴ که چندین دهه پیش ایجاد شده است، اصلاح برای کاهش مزایا اجتناب‌ناپذیر خواهد بود، مگر اینکه افزایش قابل توجهی در مالیات‌ها اعمال شود. با این حال، اغلب درباره زمان و ساختار اصلاحات، عدم قطعیت وجود دارد. این مقاله به‌طور مشخص عدم قطعیت سیاستی مرتبط با سیستم تأمین اجتماعی در یک اقتصاد با جمعیت در حال پیری را مدل‌سازی کرده و اثرات اقتصادی و رفاهی این عدم قطعیت، همچنین هزینه‌های تأخیر در اجرای اصلاحات را کمی‌سازی می‌کند. با استفاده از مورد ژاپن که با شدیدترین چالش‌های جمعیتی و مالی مواجه است، نشان داده می‌شود که عدم قطعیت می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر فعالیت‌های اقتصادی و رفاه تأثیر بگذارد.

«بیلسکی» و همکاران^۵ (۲۰۱۸) به تحلیل تأثیر تغییرات جمعیتی و پیری جمعیت بر سیاست‌های پولی و احتمال رسیدن به محدودیت نرخ بهره اسمی صفر (*Zero Lower Bound*) در یک مدل *DSGE* می‌پردازد. نویسندگان نشان می‌دهند که روند کاهش رشد جمعیت و پیرشدن جمعیت (مدل به‌صورت خاص تغییرات جمعیتی شامل کاهش نرخ زاد و ولد و افزایش امید به زندگی را در نظر گرفته است)، می‌تواند اثرات قابل توجهی بر نرخ بهره واقعی، سیاست‌های پولی، و پایداری اقتصادی داشته باشد. مقاله تأکید دارد که تغییرات جمعیتی می‌تواند نرخ طبیعی بهره را کاهش دهد و اقتصاد را به سمت مواجهه با محدودیت‌های نرخ بهره اسمی در صفر سوق دهند.

در پژوهش «راغفر» و همکاران (۱۳۹۳) پدیده سالمندی و بهره‌وری بازنشستگی بر بازنشستگی و متغیرهای کلان اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش از یک مدل ۴ بخشی در بازه زمانی ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۳

¹ Deger

² Imrohoroglu and Kitao

³ Sagiri

⁴ Pay-as-you-go

⁵ Bielecki et al.

هش. استفاده شده است که در آن دولت از صندوق بازنشستگی جدا شده و هر یک به عنوان یک بخش از مدل شناخته می شوند. یافته ها نشان می دهد کاهش در نرخ رشد جمعیت، افزایش پس انداز کارگران مسن تر با بهره‌وری بالا نسبت به کارگران جوان تر با بهره‌وری پایین را در پی دارد. به همین ترتیب آنان دارای عرضه نیروی کار بالاتری نسبت به کارگران با بهره‌وری پایین هستند و در مقابل، افراد مسن تر مدت زمان طولانی تری را به کار اختصاص می دهند در حالی که افراد جوان تر عرضه نیروی کار بیشتری دارند

«نگوین»^۱ و «استوتزل» (۲۰۲۰) با استفاده از مدل *DSGE*، تأثیرات پیری جمعیت بر سیستم های بازنشستگی و بازارهای مالی را تحلیل می کنند. مدل به تحلیل تأثیرات پیری جمعیت بر بازدهی بازارهای سرمایه و ثبات مالی می پردازد. نتایج مدل نشان می دهند که پیری جمعیت منجر به کاهش بازدهی بازارهای مالی می شود. این کاهش بازده به دلیل کاهش نرخ رشد نیروی کار و تقاضای کمتری برای سرمایه است که می تواند به کاهش تقاضا برای سرمایه گذاری در دارایی ها و در نتیجه کاهش بازده بازارهای مالی منجر شود. پیری جمعیت همچنین باعث افزایش فشار بر سیستم های بازنشستگی می شود. به دلیل افزایش امید به زندگی و کاهش تعداد افراد در سن کاری، نیاز به پرداخت مزایای بازنشستگی افزایش می یابد. این می تواند به کسری منابع صندوق های بازنشستگی و در نهایت به ناپایداری مالی در درازمدت منجر شود.

«عبدلی» و همکاران (۱۳۹۹) نیز در یک مدل ۵ بخشی (جمعیت، خانوار، بنگاه، دولت، صندوق بازنشستگی) به بررسی آثار تغییرات جمعیتی شامل کاهش نرخ رشد جمعیت و افزایش نرخ امید به زندگی و سن بازنشستگی بر پایداری مالی صندوق بازنشستگی در ایران با بهره گیری از رویکرد مدل نسل های هم پوشان و روش تعادل عمومی پویای تصادفی می پردازد. نتایج شبیه سازی و ارزیابی توابع واکنش آنی و ارزیابی ضرایب هم بستگی نشان می دهد بین متغیرهای نرخ زاد و ولد و امید به زندگی با کسری مالی صندوق بازنشستگی هم بستگی مثبت وجود دارد با این حال هم بستگی میان متغیر طول دوره کار با کسری مالی صندوق بازنشستگی منفی است. در مقاله کاستلین و رامپ (کاستلین و رامپ، ۲۰۲۰) به بررسی شوک های بهره‌وری به روی انواع صندوق های بازنشستگی در یک مدل پنج بخشی (جمعیت، خانوار، بنگاه، بانک مرکزی و صندوق بازنشستگی) می پردازد. نتیجه این است که اقتصاد با صندوق های مشارکت معین مشابه با اقتصاد بدون صندوق به شوک های نامطلوب سرمایه واکنش نشان می دهد در حالی که صندوق های مزایای معین تصمیمات مربوط به عرضه نیروی کار را مخدوش کرده و باعث تشدید نوسانات اقتصادی می شود. البته صندوق های مزایای معین به اشتراک گذاری ریسک های بین نسلی دست پیدا می کنند ولی اثرات منفی این تغییرات قابل توجه و معنادار می باشد. فرانکوئیک و همکارانش (۲۰۲۰) در یک مدل ۶ بخشی (متشکل از خانوار، بنگاه ها، دولت، بانک ها، بانک مرکزی و بازار کار) به بررسی سیاست های پولی می پردازد در این مدل به بخش طرح های بازنشستگی به عنوان بخشی از سیاست های دولت اشاره شده است و تغییرات ضرایب مالیاتی (ضرایب حق بیمه بخشی از ضرایب مالیاتی لحاظ شده است) را نیز در نظر می گیرد. این پژوهش سعی در بررسی هزینه های عمومی و مالیات و تحلیل سیاست های مالی در یک مدل *DSGE* را دارد. نتایج بررسی سیاست ها بعد یک رکورد در کشور نروژ نشان می دهد که سیاست های مالی از اثربخشی معناداری برخوردار هستند.

¹ Nguyen & Stützel

۴. روش پژوهش و مدل

جامعه آماری صرفاً مرتبط با کشور ایران بوده و همچنین نمونه مورد بررسی، سازمان تأمین اجتماعی به عنوان یک نهاد مالی عمومی است. همچنین اطلاعات متغیرهای کلان اقتصادی و داده‌های آماری سازمان تأمین اجتماعی از سال ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰ ه‍.ش. مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در این بخش قصد استفاده از مدل تعادل عمومی پویای تصادفی^۱ را داریم و مدل پژوهش کاستلین و رامپ (کاستلین و رامپ، ۲۰۲۰) و فرانکوئیک و همکارانش (فرانکوئیک و همکاران، ۲۰۲۰) را مورد توجه قرار داده‌ایم. همچنین بخش‌های مرتبط با فرد جویای کار با توجه به دو پژوهش صورت گرفته و قوانین کار ایران توسط پژوهش گر به مباحث اضافه شده است. همچنین در ادامه تمامی پارامترهای مدل بر اساس شرایط اقتصاد ایران بیان شده است. در مجموع ۲۷ پارامتر در مدل وجود دارد که از میان آن‌ها ۱۲ مورد توسط پژوهش گر تخمین زده شده و بقیه آن‌ها بر اساس اطلاعات اقتصاد ایران قرار داده شده است (رجوع شود به پیوست شماره ۲). در ادامه، به تشریح مدل تعادل عمومی پویای تصادفی در این پژوهش خواهیم پرداخت.^۲ بخش‌های مختلف مدل به شرح زیر است:

۴-۱. ساختار جمعیتی

در این پژوهش فرض می‌شود که خانوارها^۳ (فرد) با احتمال ω کارگر هستند و با احتمال $1 - \omega$ بازنشسته می‌شوند که این افراد دارای زندگی محدود بوده و در دو مرحله زندگی می‌کنند (یعنی در ابتدا کارگر و سپس بازنشسته می‌شوند). پس از بازنشستگی نیز احتمال زنده ماندن تا دوره بعدی γ و احتمال مرگ مرگ $1 - \gamma$ است. از طرفی فرض می‌کنیم احتمال مرگ و بازنشستگی مستقل از سن است. از سویی فرض می‌کنیم که تعداد افراد در هر گروه «بزرگ» است. از طرفی سهم تعداد کارگران را با N_W و سهم تعداد بازنشستگان را با N_r نشان می‌دهیم از طرفی فرض می‌کنیم نسبت پشتیبانی (Ψ) که برابر تعداد جمعیت بازنشستگان به جمعیت کارگران است، نیز برابر با رابطه زیر است:

^۱ DSGE (Dynamic stochastic general equilibrium)

^۲ با توجه به عدم امکان توضیح کامل مدل در این مقاله خوانندگان محترم می‌توانند برای مطالعه بیشتر و ارتباط میان اجزاء مدل به پژوهش‌های کاستلین و رامپ (کاستلین و رامپ، ۲۰۲۰) و فرانکوئیک و همکارانش (فرانکوئیک و همکاران، ۲۰۲۰) مراجعه نمایند.

^۳ بیان چند نکته در این پژوهش ضروری است:

علت استفاده از واژه کارگر به این دلیل است که قانون کار کشور ایران این لفظ را برای افراد برگزیده است و در ماده (۲) این قانون این واژه استفاده شده است. همچنین طبق ماده (۲۳) قانون کار، کارگر تابع قوانین تأمین اجتماعی است و از آنجایی که بررسی این پژوهش در ارتباط با سازمان تأمین اجتماعی است، کاربردی‌ترین واژه برای این گروه از خانوار، «کارگر» بوده است. در اینجا فرض می‌شود که فرد شاغل دنبال کار مجدد نمی‌گردد. در این رابطه و مباحث بعدی مشاهده خواهد شد که فرض شده است فرد کارگر یا دستمزد W یا ضریبی از آن را دریافت می‌کند. یعنی هنگامی که کارگر شاغل باشد دستمزد W و هنگامی که جویای کار باشد ضریبی از آن را دریافت خواهد کرد. علت این موضوع نیز بر اساس قانون بیمه بیکاری مصوب سال ۱۳۶۹ ه‍.ش. مجلس شورای اسلامی است که در آن افراد در حین این که دنبال شغل جدید می‌گردند، ضریبی از دستمزد پرداخت می‌شود و همچنین این دوران بخشی از دوران بیمه‌پردازی کارگر لحاظ می‌شود و صرفاً از لحاظ ماهیت بیمه‌ای، به مثابه کارگری است که برای مقطع زمانی خاصی دستمزد کمتری دریافت می‌کند. (عملاً دستمزدی برای جستجوی کار خود دریافت می‌کند). طبق تعریف‌های مرکز آمار سن میان ۱۵ تا ۶۴ سال سن اشتغال و جوانی و سن ۶۵ سال به بالا سن سالمندی لحاظ شده است. لذا در این پژوهش نیز با توجه به این که بر اساس قوانین سازمان تأمین اجتماعی سن بازنشستگی ۶۰ سال لحاظ می‌شود و فرد بازنشسته مجاز است تا سن ۶۵ سالگی به کار اشتغال داشته باشد، بنابراین تلاش شده است از این دو موضوع در جهت شکل دهی مفهوم کارگر و بازنشسته در این پژوهش استفاده شود. همچنین مادران خانه‌دار، دانشجویان از آمارهای سازمان تأمین اجتماعی خارج شده‌اند چرا که در فرآیند بررسی این پژوهش اثر نگذارند چرا که این افراد بخشی از بیمه‌شدگان سازمان تأمین اجتماعی را تشکیل می‌دهند ولی در دایره جمعیت شاغل قرار نمی‌گیرند.

$$\Psi = \frac{N_r}{N_w} = \frac{1 - \omega}{1 - \gamma} \quad (۱)$$

۲-۴. خانوار

تابع مطلوبیت خانوار نیز بدین صورت در نظر گرفته شده است که فرض می‌شود خانوار از دو کالای مشخصی در دوران t مطلوبیت کسب می‌کند.^۱ تابع مطلوبیت با $V = (a_{t-1}, b_t)$ نشان داده می‌شود که در آن a_{t-1} کالاهای ذخیره شده مصرفی است که در دوره قبلی در حال ذخیره بوده و در زمان t برابر با میزان a_{t-1} شده است و b_t مستمری بازنشستگی تجمیعی را نشان می‌دهد که هر دوی این کالاها از حاصل و برآیند میان کار و مصرف خانوار حاصل می‌شود. باید بیان داشت که فرد دارای یک مصرف (C_t) و عرضه نیروی کار (l_t) می‌باشد و درآمد حاصل از نیروی کار و مصرف خانوار باعث تجمیع کالا و مستمری بازنشستگی برای فرد می‌شود. همان‌طور که بیان شد سه گروه خانوار وجود دارد: (۱) بازنشسته (۲) کارگر شاغل (۳) کارگر جویای کار. بر این اساس فرمول مطلوبیت این سه گروه به صورت زیر قابل تعریف است و هر کدام در بخش خود بیان خواهد شد:

$$[(C_t^r)^v(1 - l_t^{1-v})^\rho + \gamma\beta[V^r(a_t^r, b_{t+1}^r)]^\rho]^{\frac{1}{\rho}}, \quad (۲)$$

$$[(C_t^w)^v(1 - l_t^{1-v})^\rho + \beta[\omega V^w(a_t^w, b_{t+1}^w) + (1 - \omega)V^r(a_t^w, b_{t+1}^w)]^\rho]^{\frac{1}{\rho}} \\ \max \left([(C_t^{u,i})^v(1 - l_t^{u,i})^{1-v}]^\rho \right) \quad (۳)$$

$$+ \beta[(\kappa)V^{w,i}(a_t^{w,i}, b_{t+1}^{w,i}) + (1 - (\kappa))V^{u,i}(a_{t-1}^{u,i}, b_t^{u,i})]^\rho]^{\frac{1}{\rho}} \quad (۴)$$

در این جا $\sigma = \frac{1}{1-\rho}$ است و نشان دهنده کشش جانشینی بین زمانی خانوار است. در این مدل افراد نسبت به درآمد ریسک خنثی بوده^۲ ولی می‌توانند هرگونه کشش جانشینی بین زمانی را انتخاب نمایند. b_t مستمری بازنشستگی تجمیعی بدین معناست که در زمان (t) چه میزان مستمری تجمیعی به صورت بالقوه یا بالفعل برای او وجود دارد به بیان دیگر این مستمری برای یک فرد کارگر بدین معناست که اگر این فرد در زمان حال بازنشسته شود چه مستمری‌ای صندوق بازنشستگی به او پرداخت خواهد نمود. و لذا از آنجایی که این ارزش گذاری بر اساس ارزش به حال نمودن مستمری‌های حاصل می‌شود لذا تابع مطلوبیت بیان شده یک تابع مطلوبیت آینده نگر است.

۳-۴. صندوق بازنشستگی

هدف صندوق بازنشستگی دستیابی به یک نرخ تأمین مالی معین (نسبت دارایی‌های صندوق‌های بازنشستگی به بدهی‌ها) است. اگر نرخ تأمین مالی آن کمتر از هدف باشد، صندوق بازنشستگی با کسری مواجه می‌شود و باید تعادل بین دارایی‌ها و بدهی‌های خود را بازگرداند. همچنین این صندوق دارای ویژگی‌های زیر خواهد بود:

^۱ زمان t نشان دهنده آخر دوره در همان سال بوده و لذا b_t یعنی مستمری تجمیعی قابل پرداخت در آخر دوره t
^۲ در اقتصاد ریسک خنثی (*Risk Neutrality*)، افراد به گونه‌ای رفتار می‌کنند که هیچ تمایلی به پذیرش یا اجتناب از ریسک ندارند و فقط به دنبال حداکثر کردن انتظارات سود خود هستند. در این نوع مدل‌ها، تابع مطلوبیت افراد به صورت خطی در نظر گرفته می‌شود. همچنین عدم ریسک خنثی‌ای به دلایلی همچون ترس از ضرر و یا اطلاعات ناقص از بازار نیز مرتبط می‌شود و از آنجایی که بیشتر صندوق‌های بازنشستگی به گونه‌ای طراحی می‌شوند که پس از دوران بازنشستگی، یک جریان درآمد ثابت و منظم برای افراد فراهم کنند. این جریان درآمد تضمین شده می‌تواند موجب شود که افراد در مقابل ریسک‌های اقتصادی یا نوسانات مالی احساس آرامش کنند و به همین دلیل در برابر صندوق‌های بازنشستگی ریسک خنثی باشند.

- شرکت در طرح بازنشستگی برای بازنشستگان و کارگران و تعداد افراد در هر گروه الزامی است.
- در این بخش نرخ حق بیمه به عنوان متغیر سیاستی دولت تغییر خواهد نمود.
- در زمان t ، تعهدات صندوق های بازنشستگی به وسیله نرخ تنزیل تبدیل به حال می شود و همچنین این تعهدات شامل ثروت تجمعی دوره قبل کارگران و بازنشستگانی است که در حال حاضر در قید حیات هستند.
- $$Li_t^f = R_t^{r,f} B_t^r + R_t^{w,f} B_t^w + R_t^{u,f} B_t^u \quad (5)$$
- B_t منافعی است که هر گروه در زمان t هنگامی که بازنشسته می شوند دریافت خواهند کرد و R_t فاکتورهای سالیانه متقاطعی هستند که ضریب منافع دریافتی گروه ها می شود (فاکتورهای سالیانه مستمری نشان دهنده ارزش تنزیل شده واقعی پرداخت مادام العمر مورد انتظار صندوق بازنشستگی به یک مشارکت کننده صندوق است). همچنین این منافع برای دو دسته کارگر و بازنشسته تعریف می شود.

۴-۳-۱. دارایی صندوق های بازنشستگی

هر صندوق بازنشستگی دارای دارایی هایی است که هر ساله با توجه به سرمایه گذاری، دریافت حق بیمه و پرداخت مستمری تغییر می کند.

$$A_t^f = (1 + r_t)(A_{t-1}^f + \tau_{t-1}^f w_{t-1} l_{t-1} - \mu_{t-1} B_{t-1}^r - \mu_{t-1} B_{t-1}^u) \quad (6)$$

فرمول بالا بیان می کند که دارایی یک صندوق بازنشستگی هر ساله بدین صورت تعیین می شود که در ابتدا حق بیمه هایی جمع آوری می شود (τ_t^f نشان دهنده ضریب حق بیمه می باشد) و سپس از محل منابع، مستمری های بازنشستگان پرداخت می شود و هر مبلغی به اضافه دارایی های سال گذشته باقی مانده، سرمایه گذاری می شود. مقررات صندوق های بازنشستگی عموماً تصریح می کند که صندوق های بازنشستگی باید در بلندمدت به نرخ تأمین مالی (f_r) قابل اتکایی دست یابند، که نشان دهنده نسبت ارزش حال ثابت دارایی های صندوق بازنشستگی به تعهدات و بدهی های آنهاست. به علاوه مقررات معین می کند که دارایی نقدی صندوق های بازنشستگی تمام نشود. لذا سیاست های صندوق بازنشستگی طوری تنظیم می شود که شکاف بودجه دوره بعدی با ضریبی از شکاف بودجه فعلی کاهش یابد:

$$A_{t+1}^f - frLi_{t+1}^f = v(A_t^f - frLi_t^f) \quad (7)$$

اگر v صفر شود بدین معناست که شکاف در یک دوره بسته خواهد شد و اگر بین صفر و یک باشد یعنی چند دوره بسته شدن این شکاف زمان می برد.

۴-۴. بنگاه های اقتصادی

بنگاه های اقتصادی به شیوه نیوکینزی مدل شده است (کاستلین و رامپ، ۲۰۲۰). بنگاه های اقتصادی شامل چهار بخش بنگاه های تولیدی، بنگاه تولید سرمایه، بنگاه کالای واسطه ای و بنگاه کالای خرده فروشی است.

۴-۴-۱. بخش کالای نهایی

در بخش کالاهای نهایی مجموعه‌ای از بنگاه‌های خرده‌فروشی وجود دارند که به وسیله $Z \in [0,1]$ شاخص‌سازی شده است. بخش کالاهای نهایی دارای شرایط رقابت کامل است و در این بخش، بنگاه‌های تولید رقابتی طیف گسترده‌ای از کالاهای خرده‌فروشی را طبق فرمول زیر گردآوری می‌کنند.

$$Y_t = \left(\int_0^1 (Y_{z,t})^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} dz \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}} \quad (8)$$

همچنین کالاهای بنگاه خرده‌فروشی $(Y_{z,t})$ در قیمت اسمی $P_{z,t}$ به فروش می‌رسند. همچنین کالای نهایی در قیمت اسمی (P_t) به فروش می‌رسند و لذا خواهیم داشت:

$$\max_{Y_{j,t}} P_t Y_t - \int_0^1 P_{z,t} Y_{z,t} dz \quad (9)$$

۴-۴-۲. بخش تولید سرمایه

در انتهای دوره زمانی t ، بخش تولید سرمایه رقابتی سهم باقی‌مانده سرمایه $(1 - \delta)\zeta_t K_{t-1}$ را از بنگاه‌های تولیدکننده کالاهای واسطه‌ای با قیمت q_t می‌خرند. این سرمایه خریداری شده با I_t واحد از سرمایه ترکیب می‌شود تا سرمایه اول هر دوره را ایجاد کنند. همچنین این سهم از سرمایه تولیدشده به بنگاه‌های تولیدکننده کالاهای واسطه‌ای با قیمت q_t فروخته می‌شود. سرمایه مدنظر به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$K_t = (1 - \delta)\zeta_t K_{t-1} + \left(1 - S \left[\frac{I_t}{I_{t-1}} \right] \right) I_t \quad (10)$$

که در آن $S \left[\frac{I_t}{I_{t-1}} \right]$ تابع هزینه تعدیل سرمایه‌گذاری است. همچنین سود این بنگاه به شرح زیر خواهد بود:

$$S \left[\frac{I_t}{I_{t-1}} \right] = s^I \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} - 1 \right)^2; s^I > 0 \quad (11)$$

$$\pi_t^c = q_t K_t - q_t (1 - \delta)\zeta_t K_{t-1} - I_t \quad (12)$$

۴-۴-۳. بخش کالای واسطه‌ای

در این بخش مجموعه‌ای از بنگاه‌های تولیدکننده کالای واسطه‌ای رقابتی داریم که با $j \in [0,1]$ نشان داده می‌شوند. فرمول مدنظر در این بخش به شرح زیر است:

$$Y_{j,t} = (\zeta_t K_{j,t-1})^\alpha (l_{j,t})^{1-\alpha} \quad (13)$$

$$\log(\zeta_t) = \rho_\zeta \log(\zeta_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (14)$$

در این بخش (ζ_t) شوک تکنولوژی بوده و همچنین فرمول سود در این بخش برابر است با:

$$\begin{aligned} \Pi_{j,t}^i = & mc_t (\zeta_t K_{j,t-1})^\alpha (l_{j,t})^{1-\alpha} + q_t (1 - \delta)\zeta_t K_{t-1} - (1 + \tau_t^p) w_t l_{j,t} \\ & - (1 + r_t) q_t K_{j,t-1} - f_t^{w,j} \end{aligned} \quad (15)$$

که در آن mc_t قیمت فروش بنگاه کالای واسطه‌ای است؛ و $f_t^{w,j}$ نشان‌دهنده سود پرداختی به کارگران می‌باشد. $l_{j,t}$ در این بخش تحت عنوان تقاضای نیروی کار نیز شناخته می‌شود. τ_t برابر است با نسبت مالیات استفاده از افراد بازنشسته یا کارگران شاغل در سال t که برابر با $(\tau_t = \tau_t^p = \frac{l_t^{w,i}}{l_t} \cdot \tau_t^w + \frac{l_t^{r,i}}{l_t} \cdot \tau_t^r)$ می‌باشد.

۴-۴-۴. بخش کالاهای خرده‌فروشی

بنگاه‌های خرده‌فروشی بعد از خرید محصولات بنگاه‌های تولیدکننده کالای واسطه‌ای در قیمت mc_t ، آن را تبدیل به محصولات خرده‌فروشی کرده و سپس این محصولات را در قیمت $P_{z,t}$ به بنگاه تولید کالای نهایی می‌فروشد. همچنین فرض می‌شود هر کالای تولیدشده بنگاه خرده‌فروشی از بقیه کالاها متفاوت بوده و از اصطکاک‌های قیمتی «کالوو»^۱ (۱۹۸۳) تبعیت می‌کند که در آن $(1 - \theta)$ درصد از کالاها می‌توانند قیمت خود را تعدیل کنند و (θ) درصد از کالاها نمی‌توانند خود را با قیمت $P_{z,t}^*$ تعدیل کنند. از طرفی از آنجایی که گروه‌های کارگری فرض می‌شود که بخشی از سود بنگاه‌های خرده‌فروشی را دریافت می‌کنند. لذا هسته اصلی قیمت‌گذاری مناسب برای دریافت سود در زمان t برابر است با $\beta^i * \frac{\Lambda_{t+i}}{\Lambda_t}$ که در آن Λ_t برابر است با:

$$\Lambda_t = v(\Delta_t^w)^{\frac{\rho+1}{\rho}} \left(\frac{1-v}{v} \cdot \frac{1}{(1-\tau_t^w)w_t} \right)^{1-v} \quad (16)$$

در حقیقت Λ_t برابر با ارزش نهایی دریافت یک واحد اضافه ثروت طول دوران زندگی در زمان t توسط یک کارگر است. حال اگر بنگاه خرده‌فروشی Z اجازه به تغییر قیمت‌های خود در زمان t داشته باشد، مشکل بهینه‌یابی خود را به صورت زیر حل خواهد نمود:

$$\max_{P_{z,t}} \sum_{i=0}^{\infty} (\beta\theta)^i \frac{\Lambda_{t+i}}{\Lambda_t} \left(\frac{P_{z,t}^*}{P_{t+i}} - mc_{t+i} \right) Y_{z,t+i}, s.t. Y_{z,t+i} = Y_{t+i} \left(\frac{P_{z,t}^*}{P_{t+i}} \right)^{-\epsilon} \quad (17)$$

۵-۵. بانک مرکزی

در این بخش فرض می‌کنیم که بانک مرکزی از قاعده تیلور در تصمیم‌گیری‌های سیاست‌گذاری خود تبعیت کرده و بسته به تغییرات تورم و تولید ناخالص داخلی نسبت به تغییر نرخ بهره تصمیم‌گیری می‌نماید. فرمول مدنظر در صورت استفاده از قاعده تیلور برابر است با:

$$i_t = \eta_{\pi}(\pi_t - \hat{\pi}) + \eta_y(Y_t - \hat{Y}) \quad (18)$$

$$1 + i_t = \pi_{t+1} + (1 + r_{t+1}) \quad (19)$$

¹ Calvo

۴-۶. بازار نیروی کار

در ادامه به بخش بازار نیروی کار می‌پردازیم. در این بازار (فرانکویک و همکاران، ۲۰۲۰) فرض می‌شود که تمامی کارگران در صورت عدم دستیابی به کار جویای کار می‌باشند و پس از مدتی می‌توانند مجدداً به کار بازگردند. همچنین تمام کارگران جویای کار دارای بیمه بیکاری هستند و مبالغی به کارگران جویای کار توسط صندوق بازنشستگی پرداخت می‌شود. از طرف دیگر فرض می‌شود که عرضه نیروی کار جمع نرخ مشارکت گروه‌های مختلف نیروی کار است.

$$l_t = l_t^w + l_t^u + l_t^r + Z_t^l \quad (20)$$

در این فرمول نیز (Z_t^l) نشان‌دهنده شوک به بخش عرضه نیروی کار می‌باشد. همچنین ساعت کار در کل اقتصاد از طریق یک مسئله تصمیم‌گیری خرد از سوی شرکت تعیین می‌شود و رابطه زیر بر اساس عرضه نیروی کار (l_t) و کل ساعت کاری در اشتغال تعریف می‌شود.

$$l_t = \phi_E l_{t-1} + (1 - \phi_E) l_{ss} \quad (21)$$

ϕ_E نشان‌دهنده ضریب تداوم عرضه نیروی کار است. همچنین l_{ss} عرضه نیروی کار در حالت پایدار است.

۴-۶-۱. نحوه تعیین دستمزد

برای نحوه تعیین دستمزد نیز از یک مدل رهبری دستمزد استفاده شده است. این مدل بر اساس چانه‌زنی تعریف شده است به نحوی که رقابت‌پذیری بخش‌های مختلف زیر سؤال نرود. فرض بر این است که محیط اقتصادی در زمان حال نیز بر تعیین دستمزد اثرگذار است. چانه‌زنی نیز در یک محیط تعادل عمومی رخ می‌دهد و منوط به چسبندگی دستمزد اسمی رو به پایین است.

عرضه نیروی کار را با توجه به مطلوبیت اتحادیه کارگری شناسایی می‌کنیم و تقاضای نیروی کار را بر اساس سود حاصل از تولید بنگاه خرده‌فروشی لحاظ می‌کنیم ($\Pi_t^M(w)$) که در صورت عدم تولید، منفعت صفر نصیب آن‌ها می‌شود.

$$W_t^{NB} = \arg \max [V(w) - V^0(u_t)]^{1-e} [\Pi_t^M(w)]^e \quad (22)$$

که در آن ($V(w)$) نشان‌دهنده تابع منفعت اتحادیه کارگری است، ($V^0(u_t)$) نیز نشان‌دهنده مطلوبیت مرجع اتحادیه کارگری است. (e) نیز نشان‌دهنده قدرت چانه‌زنی بخش‌های مختلف است.

$$V(w_t) = c^N + \log(w_t) \quad (23)$$

$$V_t^0 = -v_u \log(u_t) + Z_t^V \quad (24)$$

این روابط منتج به یک دستمزد تعادلی بر اساس تئوری نش خواهد شد ولی این دستمزد تعادلی به یک‌باره محقق نمی‌شود.

$$W_t^* = \phi_W W_{t-1} + (1 - \phi_W) W_t^{NB} \quad (25)$$

در این‌جا ϕ_W نشان‌دهنده ضریب چسبندگی دستمزد می‌باشد. همچنین فرض می‌شود که دستمزد اسمی نباید از نسبت دستمزد سال قبل کمتر باشد.

$$W_t \geq \frac{(1 + \pi_t)}{(1 + e)} \cdot W_{t-1} \quad (26)$$

۷-۴. بخش دولت

در بخش دولت (فرانکویک و همکاران، ۲۰۲۰) فرض شده است که پایه درآمدهای آن بر اساس مالیات بوده و یک سری هزینه‌های مرتبط با بخش دولت دارد. از طرفی دولت یک رابطه تعادلی دارد که هزینه‌های مرتبط با مصارف بازنشستگی در آن لحاظ شده است. در این بخش درآمدهای مالیاتی دولت برابر است با:

$$T_t = T_t^{lum} + C_t(\tau_t^c) + w_t(l_t - l_t^G)(\tau_t^l) + w_t l_t^G(\tau_t^{ssc}) \quad (27)$$

که در آن (T_t^{lum}) نشانه‌دهنده مالیات ثابت، $(C_t(\tau_t^c))$ نشان‌دهنده مالیات مصرف، $(w_t l_t^G(\tau_t^{ssc}))$ حق بیمه ناشی از مشارکت کارکنان دولت در صندوق‌های بازنشستگی، $(w_t l_t(\tau_t^l))$ نشان‌دهنده مالیات از نیروی کار و $(\pi_t^f(\tau_t^f))$ نشان‌دهنده مالیات حاصل از سود بنگاه‌های اقتصادی است. بخش مخارج دولت نیز برابر است با:

$$G_t = G_t^0 + w_t l_t^G(1 + \tau_t^{stc}) + TR_t \quad (28)$$

که در آن (TR) هزینه‌های انتقالی دولت و $(w_t l_t^G(1 + \tau_t^{stc}))$ حقوق کارمندان دولت به اضافه مالیات و حق بیمه محسوب می‌شود. همچنین l_t^G نیروی کار بخش دولتی است که بخشی از l_t^w لحاظ می‌شود. رابطه تعادلی بودجه دولت نیز برابر است با:

$$T_t + F_t = PF_t + G_t + DI_t \quad (29)$$

در معادله تعادلی دولت، (PF_t) هزینه‌های پرداختی به صندوق بازنشستگی است، همچنین (DI_t) نیز نشان‌دهنده خالص بدهی دولت است که از دریافت بدهی منهای بازپرداخت بدهی (به صورت اوراق) تشکیل می‌شود و (F_t) نشان‌دهنده فروش دارایی‌های دولت محسوب می‌شود. همچنین می‌توانیم فرض می‌کنیم که به برخی از متغیرها شوک وارد شده است که مشابه فرمول زیر خواهد بود.

$$XX_t = XX_{ss} \left(\frac{XX_{t-1}}{XX_{ss}} \right)^{\epsilon_{xx}} \exp(Z_t^{xx}) \quad (30)$$

۸-۴. تسویه بازار

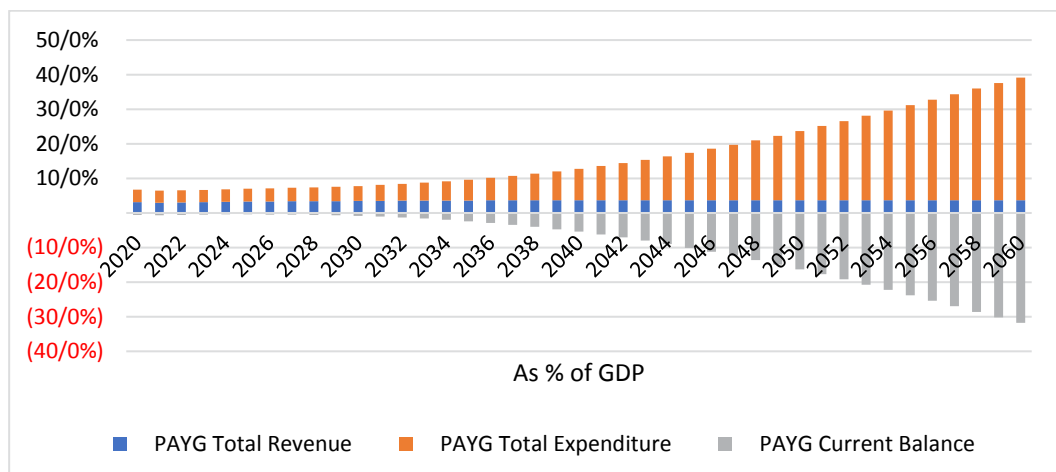
شرایط تسویه بازار را بر اساس تراز پرداخت، محدودیت بودجه دولت که در فرمول‌های بالا قید شد و همچنین بر اساس قید بودجه خانوار، توابع سود بنگاه‌ها، ترازنامه بانک مرکزی، توازن منابع و مصارف صندوق‌های بازنشستگی به دست می‌آوریم.

$$Y_t = C_t + I_t + G_t \quad (31)$$

۵. نتایج مدل

در ابتدا پایداری مالی صندوق بازنشستگی با توجه به محاسبات اکچوئرال سازمان تأمین اجتماعی (خروجی حاصل از مدل پراست) مورد بررسی واقع می‌شود. این محاسبات بر اساس آخرین داده‌های محاسبات اکچوئرال سازمان تأمین اجتماعی در سال ۱۳۹۹ ه.ش. و به روز رسانی برخی از این اطلاعات تا سال ۱۴۰۱ ه.ش. صورت گرفته شده است. با توجه به عدم انجام محاسبات اکچوئرال رسمی از سوی این سازمان و عدم دسترسی به اطلاعات امکان بررسی مؤخرتر در این حوزه میسر نبود.

در ابتدا بررسی افزایش سهم بیمه دولت و اثرات آن بر روی پایداری مالی صندوق مورد محاسبه واقع شده است. فرض کنیم در مدل تعادل عمومی پویای تصادفی، هر ساله دولت به میزان ده درصد از کسری سال گذشته سازمان تأمین اجتماعی را به‌عنوان بدهی پرداخت می‌کند. حال باید ببینیم این اتفاق باعث چه اثراتی خواهد شد. در ادامه منابع و مصارف و وضعیت پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی در دو حالت قبل از تغییر سهم دولت (افزایش کمک دولت) و بعد از تغییر آن مورد بررسی واقع می‌شود.^۱



نمودار ۱: منابع و مصارف و مانده سازمان تأمین اجتماعی قبل از افزایش سهم دولت (منبع: محاسبات محقق، نرم‌افزار پراست).

* نحوه محاسبات در پیوست شماره (۱) بیان شده است.

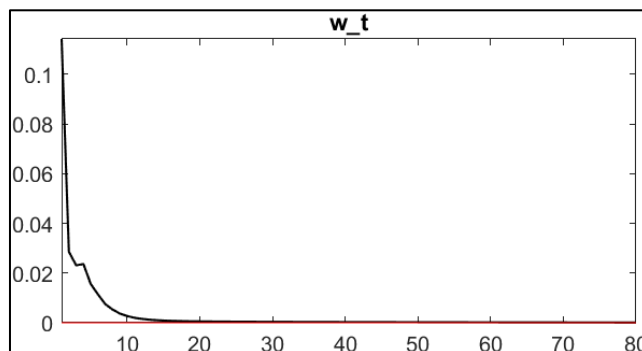
Graph. 1: Revenues, Expenditures, and Balance of the Social Security Organization before the Increase in the Government Contribution Share (Source: Author's calculations, PROST software).

* The calculation methodology is presented in Appendix (1).

این نمودار بیان می‌کند از سال ۲۰۲۰ (۱۳۹۹) تا سال ۲۰۶۰ م. (۱۴۳۹) مصارف سازمان با پیش‌روی وضع موجود تا چهل درصد تولید ناخالص داخلی کل کشور خواهد رسید، این در حالی است که منابع سازمان رشد چشم‌گیری نخواهد داشت و لذا سازمان با کسری ۳۰ درصدی نسبت به تولید ناخالص داخلی مواجه خواهد شد. اگر

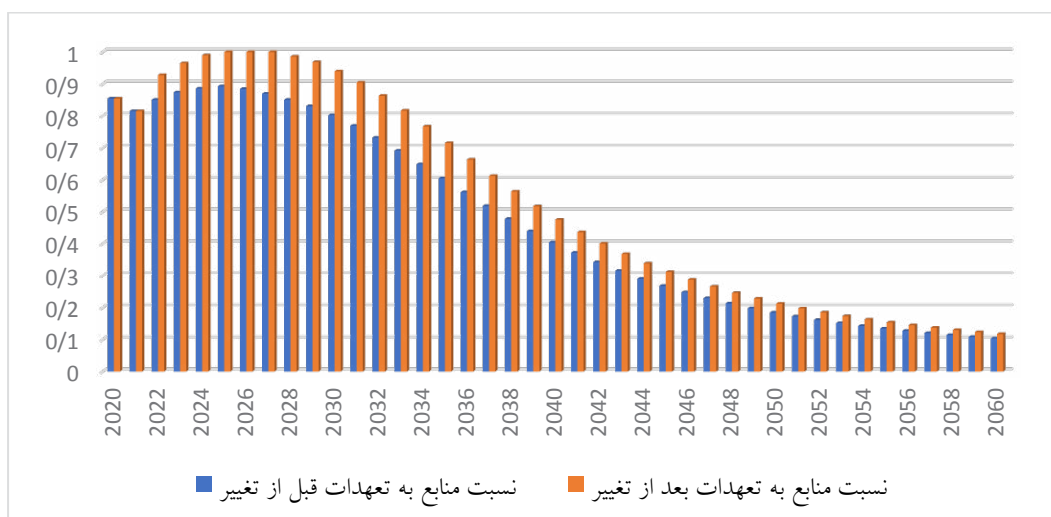
^۱ Total Revenue: منابع کل سازمان؛ Total Expenditure: مصارف کل سازمان؛ Current Balance: موجودی فعلی سازمان (اختلاف میان منابع و مصارف سازمان).

بخواهیم پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی را قبل و بعد از افزایش سهم دولت بررسی کنیم درمی‌یابیم که این افزایش سهم دولت می‌تواند باعث پایدارتر شدن وضعیت مالی سازمان تأمین اجتماعی شده و در برهه‌ای از زمان نیز نسبت منابع به مصارف را به ۱۰۰ درصد برساند.



تصویر ۱: تغییرات منابع به روزشده سازمان، دستمزد و نیروی کار بعد از افزایش سهم دولت (شوگ هزینه دولت)

Fig. 1: Changes in the Updated Revenues of the Organization, Wages, and Labor Force after the Increase in the Government Contribution Share (Government Expenditure Shock).

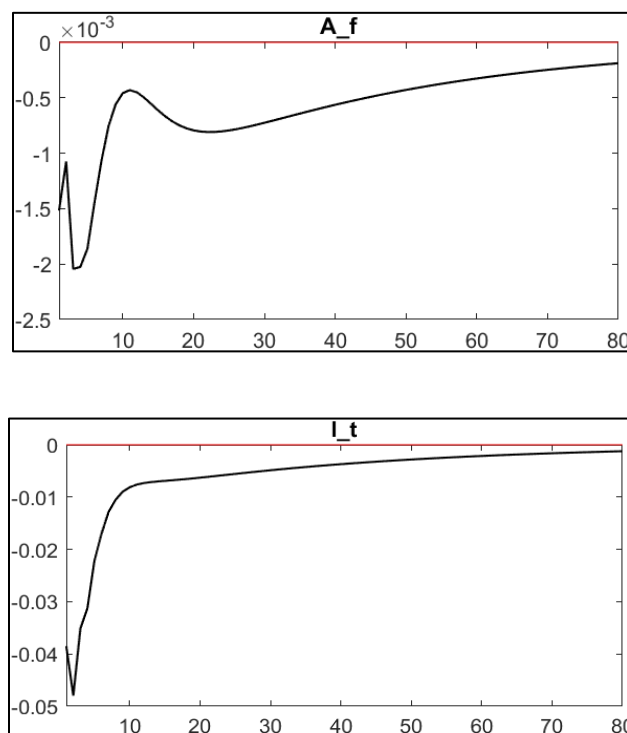


نمودار ۲: نسبت ارزش به‌روزشده دارایی‌ها به تعهدات قبل و بعد از افزایش سهم دولت (منبع: محاسبات محقق، نرم‌افزار پراست).

Graph. 2: Ratio of Updated Asset Value to Liabilities before and after the Increase in the Government Contribution Share (Source: Author's calculations, PROST software)

از این بخش به بعد محاسبات اکچوئرال را با مدل تعادل عمومی پویای تصادفی مورد بررسی قرار می‌دهیم. در ابتدا فرض می‌کنیم یک شوک به میزان یک درصد در مخارج دولت رخ داده شده است. هم‌چنین فرض می‌کنیم که به میزان ده درصد از کسری سال گذشته صندوق (اختلاف میان منابع و مصارف صندوق) در هر سال توسط دولت پرداخت می‌شود. حال به بررسی وضعیت صندوق و دیگر متغیرهای کلان اقتصادی می‌پردازیم.^۱

^۱. تصاویر مرتبط با خروجی نرم‌افزار داینر به همراه فاصله اطمینان در پیوست شماره (۳) بیان شده است.



تصویر ۲: تغییرات تعهدات صندوق بعد از افزایش سهم دولت (شوگ هزینه دولت)، (منبع: محاسبات محقق، نرم افزار داینر).

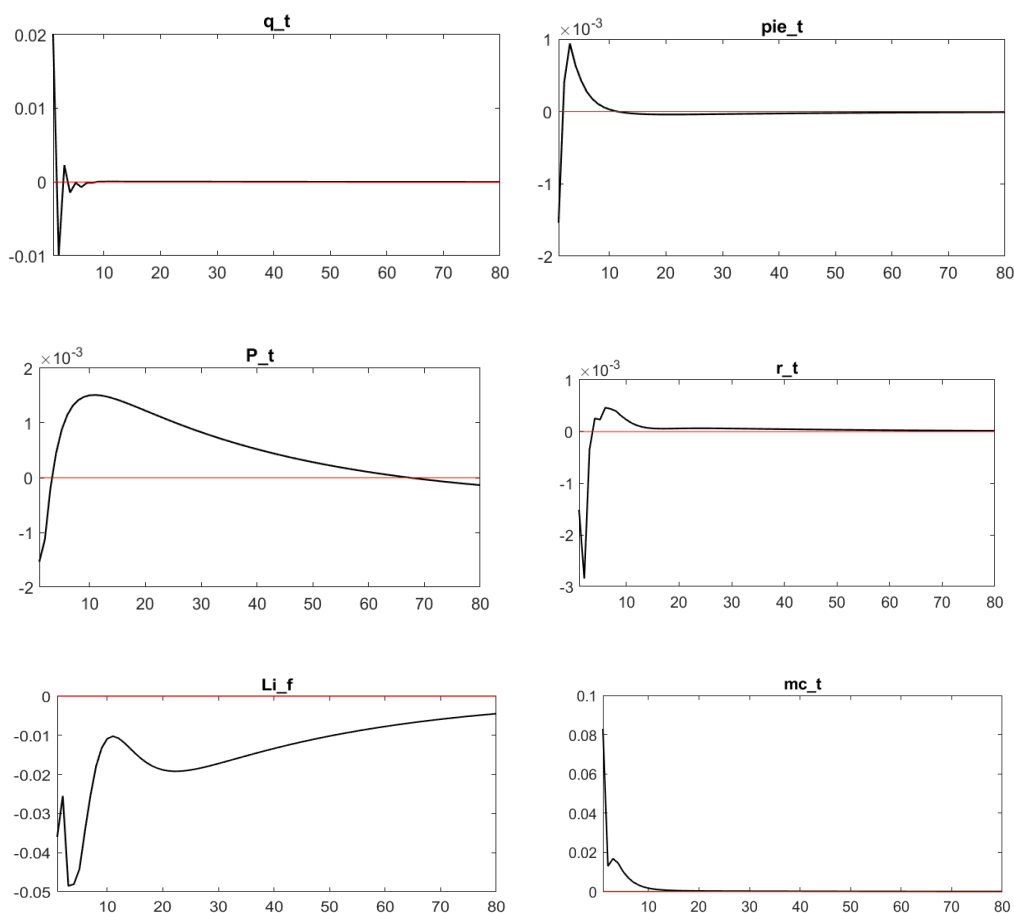
Fig. 2: Changes in Fund Liabilities after the Increase in the Government Contribution Share (Government Expenditure Shock) (Source: Author's calculations, Dynare software).

افزایش سهم دولت تغییرات نامحسوسی در بخش دارایی سازمان تأمین اجتماعی خواهد داشت و آن را به میزان بسیار کمی کاهش می‌دهد. این موضوع باید در اجزاء منابع و دارایی‌های صندوق مورد بررسی قرار گیرد، برای این منظور نیز باید در ابتدا تغییرات سطح دستمزد و نیروی کار را مورد بررسی قرار دهیم. تغییرات بیان می‌کند که به ازای افزایش یک درصدی در سهم دولت (شوگ مخارج دولت) حداکثر به مقدار ۴ درصد بیمه‌شدن افراد نیروی کار کاهش یافته و به میزان ده درصد درخواست افزایش دستمزد، افزایش یابد. لذا با بررسی دیگر متغیرهای مرتبط با دارایی‌های صندوق بازنشتگی می‌توان دریافت که تغییرات دارایی سازمان تأمین اجتماعی چندان معنادار نمی‌باشد.

در بخش تعهدات سازمان تأمین اجتماعی به دلیل افزایش سهم دولت، تعهدات سازمان تأمین اجتماعی کاهش پیدا خواهد کرد. به طوری که به میزان افزایش یک درصدی در سهم دولت، کمی بیش از سه درصد تعهدات سازمان تأمین اجتماعی کاهش یافته است.

در ادامه اثرات افزایش سهم دولت و شوک به بودجه دولت به میزان یک درصد را بررسی می‌کنیم و نتایج نشان می‌دهد که تغییر سهم دولت بر روی تورم و رشد قیمت‌ها و همچنین نرخ بهره اثر معناداری نداشته است.

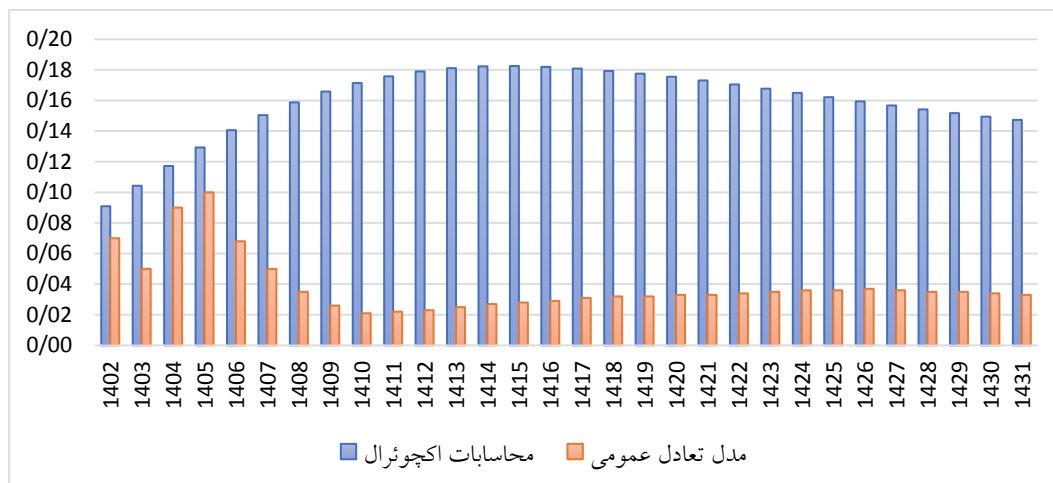
ولی هزینه نهایی تولید را حداکثر به میزان ۸ درصد و هزینه نهایی سرمایه را حداکثر به میزان ۲ درصد افزایش داده است.



تصویر ۳: تغییرات برخی متغیرهای کلان اقتصادی بعد از افزایش سهم دولت (شوک هزینه دولت) (منبع: محاسبات محقق، نرم افزار داینر). (منبع: محاسبات محقق، نرم افزار داینر).

Fig. 3: Changes in Selected Macroeconomic Variables after the Increase in the Government Contribution Share (Government Expenditure Shock) (Source: Author's calculations, Dynare software).

در نهایت با بررسی پایداری مالی سازمان تأمین با افزایش سهم دولت به این نتیجه خواهیم رسید که هر دو مدل منتج به افزایش پایداری مالی سازمان خواهد شد و نتیجه برابر با نمودار زیر خواهد بود:



نمودار ۳: مقایسه افزایش پایداری مالی در دو مدل تعادل عمومی و محاسبات اکچوئرال بعد از افزایش سهم دولت (منبع: مقایسه خروجی نرم افزار پراست و داینر).

* در ترسیم این نمودار نسبت دارایی‌های به روزشده صندوق به تعهدات به روزشده صندوق در هر دو مدل لحاظ شده است تا بررسی دچار ایراد نگردد.

Graph. 3: Comparison of the Increase in Financial Sustainability in the General Equilibrium Model and Actuarial Calculations after the Increase in the Government Contribution Share (Source: Comparison of outputs from PROST and Dynare software).

* In constructing this figure, the ratio of the fund's updated assets to its updated liabilities was incorporated in both models to ensure the validity of the analysis.

۶. نتیجه‌گیری

در پژوهش فعلی سعی شده است تا اثر تسویه بدهی دولت به سازمان تأمین اجتماعی به‌عنوان بزرگترین صندوق بازنشستگی کشور که نیمی از خانوارهای کشور را تحت پوشش قرار می‌دهد بر روی متغیرهای کلان اقتصادی مورد بررسی واقع شود. در این راستا تلاش شد تا یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی طراحی شده و سپس با استفاده از آن اثرات افزایش سهم دولت مورد بررسی قرار گیرد.

با توجه به اهمیت موضوع باید بیان داشت که پایداری مالی صندوق‌های بازنشستگی باید مورد بررسی واقع شود و این پایداری مالی به‌وسیله مدل‌های آماری-بیمه‌ای (که تحت عنوان محاسبات اکچوئریال شناخته شده و با عنوان مطالعات بیم‌سنجی نیز شناخته می‌شوند) مورد بررسی قرار می‌گیرند. ولی نکته پر اهمیت این‌جاست که مدل‌های مرسوم صرفاً بر اساس یک سری مفروضات اقتصادی مانند تورم، نرخ بهره، نرخ تنزیل و غیره به بررسی وضعیت منابع و مصارف صندوق‌های بازنشستگی تا چند نسل می‌پردازند و در نهایت نسبت این منابع و مصارف را بر اساس ارزش حال هر دو بخش ارزیابی کرده و بیان می‌دارند که آیا منابع لازم برای تأمین مصارف و تعهدات صندوق مکفی است یا خیر. این در حالی است که هنگام تغییر پارامترهای داخلی یک صندوق بازنشستگی مانند سازمان تأمین اجتماعی که به‌عنوان یک نهاد عمومی غیردولتی با بیش از نیمی از جمعیت کشور تعامل دارد، می‌تواند تأثیرات معناداری را در سیستم اقتصادی کشور گذاشته و هم‌چنان تأثیرات معناداری را از سیستم اقتصادی کشور دریافت نماید و به همین علت تغییرات پارامترها به‌سادگی قابل بررسی نخواهد بود. لذا نیاز است تا میان

مدل‌های مرسوم که تحت عنوان مدل‌های محاسبات اکچوئریال شناخته می‌شوند با متغیرهای کلان اقتصادی ارتباطی برقرار کرد و این موضوع نیازمند یک مدل‌سازی در بستر متغیرهای کلان اقتصادی است. این مسئله زمانی به خوبی نمایان خواهد شد که سیاست‌گذار اقتصادی خواهان تغییر پارامترهای اقتصادی یک صندوق بازنشستگی است و مایل به بررسی این مسئله است که اثرات کلان این تغییرات را سنجش نماید. هم‌چنین انتظار دارد تا تغییر پارامترهای صندوق هم منتج به بهبود پایداری مالی صندوق گردد و هم متغیرهای کلان اقتصادی را دستخوش تغییرات محسوس نماید (یا حداقل بهتر نماید) و از آن‌جایی که صندوق‌های بازنشستگی، یک صندوق بین‌نسلی هستند لذا تغییرات آن می‌تواند تبعات بلندمدت داشته باشد و لذا یکی از راه‌کارهای مؤثر سیاست‌گذاری ایجاد یک مدل جهت بررسی پایداری مالی صندوق در بستر متغیرهای کلان اقتصادی خواهد بود.

در نهایت نیز اثر شوک به مخارج دولت را بر روی پایداری سازمان تأمین اجتماعی و دیگر متغیرهای اقتصادی مورد ارزیابی قرار دادیم و با مدل محاسبات اکچوئریال (بیم‌سنجی) که مختص بررسی وضعیت پایداری مالی صندوق‌های بازنشستگی است، ارزیابی کردیم.

در این پژوهش بررسی شد که تغییرات شوک به مخارج دولت و پرداخت تعهدات به سازمان تأمین اجتماعی چه تغییراتی در پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی ایجاد خواهد نمود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که ایجاد شوک مخارج دولت باعث افزایش پایداری در مدل محاسبات اکچوئریال خواهد شد چرا که دریافتی‌های سازمان تأمین اجتماعی را افزایش خواهد داد و لذا ارزش روز دارایی‌های سازمان تأمین اجتماعی به نسبت تعهدات به روز شده سازمان تأمین اجتماعی افزایش خواهد یافت. اما مدل تعادل عمومی پویای تصادفی نشان می‌دهد که تغییرات دارایی‌های به روز شده سازمان تأمین اجتماعی تغییرات چندانی نخواهد نمود چرا که بازار نیروی کار دستخوش تغییرات خواهد شد و افراد کمتر تمایل به کار کردن خواهند داشت و هم‌چنین دستمزد افزایش خواهد یافت. از طرفی تعهدات به روز شده صندوق نیز کاهش خواهد یافت و در نهایت پایداری مالی افزایش می‌یابد ولی میزان این افزایش به میزان افزایش پایداری مالی در محاسبات اکچوئریال نمی‌باشد. لذا در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که پرداخت بدهی دولت به سازمان تأمین اجتماعی اثرات مطلوبی بر پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی دارد.

در نهایت برای توصیه سیاستی می‌توان بیان داشت که پرداخت بدهی‌های دولت به سازمان تأمین اجتماعی اثرات مثبتی بر پایداری مالی صندوق دارد. سیاست‌گذاران باید از تأخیر در پرداخت بدهی‌ها اجتناب کنند و سیاست‌هایی را در نظر بگیرند که جریان نقدی صندوق‌ها را در بلندمدت تضمین نماید. از سوی دیگر مدیران صندوق باید تلاش به ایجاد منابع جدید و پایدار و هم‌چنین کاهش مصارف صندوق در صورت امکان باشند چرا که به دلیل اثرگذاری متغیرهای کلان آن‌چنان که تصور می‌کنند، تسویه بدهی دولت منتج به بهبود وضعیت پایداری مالی صندوق نخواهد کرد.

پیوست ۱: محاسبات اکچوئریال با استفاده از نرم افزار پراست

برخی از مطالعات با استفاده از مدل‌های بیم‌سنجی که به مدل‌های اکچوئریال معروف هستند و بازار کار، جمعیت، ورود و خروج (درآمد، هزینه) صندوق را در نظر گرفته و به این مسئله می‌پردازند که آیا صندوق‌های بازنشستگی با تغییرات مختلف می‌توانند در طول زمان پایداری مالی خود را حفظ کنند یا خیر. پیشرو این سبک از مطالعات نهادهایی مانند بانک جهانی، صندوق بین‌المللی پول و سازمان بین‌المللی کار می‌باشند. برای مثال به مطالعه بانک جهانی بر روی کشور بلغارستان (۱۳۹۳) و مغولستان (۱۳۹۷) و همچنین مطالعه سازمان بین‌المللی کار بر روی کشور اکراین (۱۳۹۸) می‌توان اشاره نمود. تا کنون در بیش از ۹۰ کشور دنیا بانک جهانی (۱۳۹۹) این مطالعه را انجام داده است. در ایران نیز این مطالعات انجام شده و تقریباً تمامی آنها توسط دیگر کشورها به انجام رسیده است البته در سال‌های اخیر برخی مطالعات برای ایران در این دسته (مباحث اکچوئری) صورت پذیرفته است که اصلاحات پارامتریک (تغییر سن و ...) را مورد ارزیابی قرار داده است و این همان روشی است که نهادهای بین‌المللی نیز انجام داده‌اند. برای مثال می‌توان به بررسی سازمان تأمین اجتماعی (۱۳۹۵) توسط سازمان بین‌المللی کار و همچنین بانک جهانی اشاره کرد و همچنین مکنزی (سازمان بین‌المللی کار، ۲۰۱۶) صندوق بازنشستگی کشوری را مورد بررسی قرار داده است.

البته لازم به ذکر است که این دسته از پژوهش‌ها به‌عنوان پرمشاهده‌ترین دسته‌بندی‌ها در بررسی پایداری مالی صندوق‌ها شناسایی شدند. همچنین روش اکچوئری دارای ویژگی‌هایی است که تحلیل‌های مناسب‌تری برای بررسی صندوق‌های بازنشستگی ایجاد می‌کند. از جمله عللی که باعث شده است روش اکچوئری مورد استفاده قرار گیرد موارد ذیل می‌باشد (گلاب، ۱۳۹۹):

- ۱) این مدل نگاه سیستمی دارد یعنی هم‌زمان به جمعیت، بازار کار و جریان درآمدی صندوق‌ها توجه می‌کند.
 - ۲) به قابلیت بررسی هر متغیر توجه شده است (عناصر پایداری بر روی بدهی و درآمد صندوق بازنشستگی اثر دارد)
 - ۳) بررسی برآیند همه متغیرها که به‌طور هم‌زمان بر روی بدهی و درآمد صندوق تأثیر دارد امکان‌پذیر است به تعبیری دیگر می‌توان اثرات اصلاحات مختلف مانند اصلاحات پارامتریک و اصلاحات ساختاری را مورد بررسی قرار داد.
 - ۴) قابلیت پیش‌بینی در مدل با تغییرات مختلف در متغیرها وجود دارد.
 - ۵) قابلیت استخراج تمامی برآوردهای مالی به‌صورت ثابت و به نسبت تولید ناخالص داخلی وجود دارد.
- در انتها نیز باید بیان داشت مدل‌های اکچوئری به عنوان یکی از اصلی‌ترین روش‌های بررسی پایداری مالی صندوق‌های بازنشستگی به حساب می‌آیند و نهادهای بین‌المللی از جمله سازمان بین‌المللی کار و اتحادیه بین‌المللی تأمین اجتماعی آن‌را توصیه می‌کنند. در همین راستا این دو نهاد بین‌المللی رهنمودهایی در زمینه اکچوئری تأمین اجتماعی منتشر کردند و بیان می‌کنند که ارزش‌گذاری‌های طرح تأمین اجتماعی با هدف ارزیابی پایداری آن‌ها انجام می‌گیرد. همان‌گونه که در اصول راهنمای حکمرانی خوب اتحادیه بین‌المللی تأمین اجتماعی (راهنمای شماره ۵۹) بیان شده است، طرح تأمین اجتماعی باید برای ارزیابی پایداری و سایر اجزاء کلی آن، ارزش‌گذاری‌های اکچوئریال را به‌طور منظم انجام دهد (وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، ۱۳۹۶).

بررسی پایداری مالی سازمان تأمین اجتماعی با روش‌های اکچوئری

پایداری مالی در یک سیستم بازنشستگی و چگونگی اثر اصلاحات در سیستم، نیازمند بررسی در یک دوره زمانی بلندمدت است. این پایداری در سیستم‌های اندوخته‌گذاری در سطح فردی بررسی می‌شود (میزان اندوخته فرد و میزان دریافتی‌های وی) اما در سیستم‌های توازن هزینه-درآمد باید در سطح کل سیستم مورد بررسی قرار گیرد. سیستم بازنشستگی عمومی در

ایران از یک مدل توازن هزینه-درآمد پیروی می‌کند از این رو در این بخش تنها مدل مربوط به این شیوه تأمین مالی بررسی می‌گردد. پایداری مالی در یک سیستم توازن هزینه-درآمد به عوامل متعددی از جمله تغییرات جمعیتی، وضعیت بازار کار، پارامترهای سیستم تأمین اجتماعی و متغیرهای کلان اقتصادی بستگی دارد. از این رو مدلی می‌تواند وضعیت آتی سیستم‌های بازنشستگی را شبیه‌سازی کند که بتواند تمامی این عوامل را تا حد ممکن در نظر بگیرد (گلاب، ۱۳۹۹).

برای بررسی منابع نقدینگی و تعهدات بلندمدت سازمان تأمین اجتماعی و کسری‌های موجود و بررسی این که هر مؤلفه چه تأثیری بر وضعیت صندوق می‌گذارد در ابتدا باید روند داده‌های مورد نیاز و روند مدل‌سازی استخراج گردد. در ارائه‌های مختلفی از بانک جهانی و سازمان بین‌المللی کار (برای مثال در ارائه‌هایی که بوگومولوا^۱ (۱۳۹۵)، زوینین^۲ (۱۳۹۶)، وینر^۳ (۱۳۹۸) در سال‌های مختلف ارائه داده‌اند) این چارچوب را بیان نموده‌اند که به شرح زیر می‌باشد:



شکل (پ-۱): روند تخمین و الگوسازی محاسبات اکچوئرال سازمان تأمین اجتماعی

Fig. (P-1): The Process of Estimation and Modeling of Actuarial Calculations for the Social Security Organization

نحوه کار بدین گونه است که در ابتدا باید یک پیش‌بینی جمعیتی از افراد ذی‌نفع در صندوق بازنشستگی انجام دهید که عملاً می‌توان از معادل آن یعنی پیش‌بینی جمعیتی کشور استفاده نمود سپس پیش‌بینی بازار کار را انجام داده و افراد فعال در بازار کار را مورد پیش‌بینی قرار می‌دهید و بعد از آن با استفاده از پیش‌بینی جمعیتی و پیش‌بینی بازار کار، اعضای تحت پوشش سیستم بازنشستگی را مورد ارزیابی قرار می‌دهید و در نهایت با استفاده از داده‌های به‌دست آمده حق بیمه دهنده‌ها و بازنشسته‌ها مشخص می‌شوند که حق بیمه دهنده‌ها عملاً منابع سازمان را ایجاد می‌کنند و بازنشسته‌ها مخارج

¹ Bogomolova (2016)

² zvinienne (2017)

³ wiener (2019)

سازمان را تأمین می کنند سپس اگر افزایش و کاهشی در صندوق وجود داشته باشد به همراه درآمد سرمایه گذاری مورد بررسی قرار می گیرد و در نهایت صندوق در سال مدنظر مورد بررسی قرار می گیرد (جوهانش برگ^۱، ۱۳۸۲). البته می توان مدل را بسیار پیچیده تر نمود و در آن میزان افراد از کارافتاده و فوت آن ها، زنان بیوه و بدون همسر و فوت آن ها و امکان وجود فرزند اناث در بین آن ها، نیروی کار فعال و ... را نیز به طور کاملاً دقیق در نظر گرفت که می تواند مدل سازی را بسیار پیچیده تر کند (کلینسون^۲، ۱۳۸۰).

برای بررسی این مدل باید سه بخش را در نظر گرفت، ابتدا پیش بینی های جمعیتی را مورد بررسی قرارداد، سپس ساختار بازار کار را توجه نمود و در نهایت جریان مالی صندوق بازنشستگی لحاظ گردد در این بخش نیز سازمان بین المللی کار و بانک جهانی و اتحادیه اقتصادی اروپا (برای مثال: سازمان مالی و اقتصادی اتحادیه اروپا (۱۳۸۶)، سازمان بین المللی کار (۱۳۹۷)، ولج و مکگی^۳ (۱۳۹۵)) فرمول های مختلفی را عنوان کرده اند و از آن جایی که سازمان تأمین اجتماعی به عنوان یک صندوق توازن هزینه - درآمد شناسایی می شود لذا باید فرمول های مرتبط با خود را خواهد داشت.

پیوست شماره (۲): مفروضات مدل

جدول (پ-۱)، پارامترهای مدل

Tab (P-1): Model Parameters

ردیف	پارامتر	نماد	عدد	منبع مورد استفاده	تخمین محقق
	جمعیت				
(۱)	احتمال کارگر بودن	ω	۰.۷۳۰	داده های سری زمانی سازمان تأمین اجتماعی	
(۲)	احتمال زنده ماندن بازنشسته	γ	۰.۷۰۹	داده های سری زمانی سازمان تأمین اجتماعی	
	خانوار				
(۳)	ترجیحات مصرف کننده	v	۰.۶	کاستلین و رامپ (۲۰۲۰)، ییسلکی و همکارانش (۲۰۱۵) نزدیک به همین تقریب و ۰.۵۲۷ لحاظ کرده اند.	۰.۳۷۳
(۴)	عامل تنزیل	β	۰.۹۸	کاستلین و رامپ (۲۰۲۰)، راغفر، ج.، موسوی، م. و اردلان، ز. (۱۳۹۳)	۰.۳۴۵
(۵)	احتمال بیکاری	α	۰.۰۲	داده های سری زمانی سازمان تأمین اجتماعی	
(۶)	کشش جانشینی بین زمانی (بین نسلی)	σ	۰.۳۳	کاستلین و رامپ (۲۰۲۰)	۰.۰۳۰۸
(۷)	بهره وری نسبی بازنشستگان	ξ^r	۱	داده های سری زمانی سازمان تأمین اجتماعی	
(۸)	بهره وری نسبی کارگر جویای کار	ξ^u	۰.۸۸۱	داده های سری زمانی سازمان تأمین اجتماعی	

¹ Johannesburg (2003)

² Collinson (2001)

³ Welch and Mcgee (2016)

(۹)	مالیات (از جمله حق بیمه) بازنشستگان	τ_t^r	۰.۳۱	داده‌های سری زمانی سازمان امور مالیاتی و داده‌های سری زمانی سازمان تأمین اجتماعی
(۱۰)	مالیات (از جمله حق بیمه) کارگران - به غیر از مالیات کارمندان رسمی	τ_t^w	۰.۳۱	داده‌های سری زمانی سازمان امور مالیاتی و داده‌های سری زمانی سازمان تأمین اجتماعی
(۱۱)	مالیات (از جمله حق بیمه) کارگر جویای کار	τ_t^u	۰.۳۱	داده‌های سری زمانی سازمان تأمین اجتماعی
(۱۲)	نسبت مصرف کارگر شاغل به تولید	$\frac{c^w}{Y}$	۰.۱۵۰۵	داده‌های سری زمانی بانک مرکزی (متوسط ۵ ساله ۱۳۹۵-۱۴۰۰)
(۱۳)	نسبت مصرف کارگر جویای کار به تولید	$\frac{c^u}{Y}$	۰.۰۰۵	داده‌های سری زمانی بانک مرکزی (متوسط ۵ ساله ۱۳۹۵-۱۴۰۰) و برآورد پژوهش‌گر
(۱۴)	نسبت مصرف بازنشسته به تولید	$\frac{c^r}{Y}$	۰.۰۵۹	داده‌های سری زمانی بانک مرکزی (متوسط ۵ ساله ۱۳۹۵-۱۴۰۰) و برآورد پژوهش‌گر
(۱۵)	فاکتور دستمزد سالیانه کارگر شاغل (عامل تنزیل)	$\bar{R}^{w,f}$	۲.۷	بر اساس اعداد به‌دست‌آمده از طریق مدل و پارامترها
(۱۶)	فاکتور دستمزد سالیانه کارگر جویای کار (عامل تنزیل)	$\bar{R}^{u,f}$	۲.۶۱	بر اساس اعداد به‌دست‌آمده از طریق مدل و پارامترها
(۱۷)	فاکتور دستمزد سالیانه بازنشسته (عامل تنزیل)	$\bar{R}^{r,f}$	۲.۴	بر اساس اعداد به‌دست‌آمده از طریق مدل و پارامترها
(۱۸)	فاکتور دستمزد سالیانه کارگر شاغل (عامل تنزیل) در صندوق بازنشستگی	$\bar{R}^w$	۲.۸۵۸	بر اساس اعداد به‌دست‌آمده از طریق مدل و پارامترها
(۱۹)	فاکتور دستمزد سالیانه کارگر جویای کار (عامل تنزیل) در صندوق بازنشستگی	$\bar{R}^u$	۲.۷۷۳	بر اساس اعداد به‌دست‌آمده از طریق مدل و پارامترها
(۲۰)	فاکتور دستمزد سالیانه کارگر جویای کار (عامل تنزیل) در صندوق بازنشستگی	$\bar{R}^r$	۲.۶۲	بر اساس اعداد به‌دست‌آمده از طریق مدل و پارامترها
(۲۱)	عامل وزن دهی احتمالات انتقال کارگر شاغل	$\bar{\Omega}^w$	۱.۱۶۱	بر اساس اعداد به‌دست‌آمده از طریق مدل و پارامترها
(۲۲)	عامل وزن دهی احتمالات انتقال کارگر جویای کار	$\bar{\Omega}^u$	۱.۰۶	بر اساس اعداد به‌دست‌آمده از طریق مدل و پارامترها

۲۳	معکوس میل نهایی به مصرف کارگر شاغل	$\bar{\Delta}^w$	۵.۳۶۸	بر اساس اعداد به دست آمده از طریق مدل و پارامترها
۲۴	معکوس میل نهایی به مصرف کارگر جویای کار	$\bar{\Delta}^u$	۸.۹۹	بر اساس اعداد به دست آمده از طریق مدل و پارامترها
۲۵	معکوس میل نهایی به مصرف بازنشسته	$\bar{\Delta}^r$	۳.۴۰۵	بر اساس اعداد به دست آمده از طریق مدل و پارامترها
	صندوق بازنشستگی			
۲۶	ارزش مزایا به نسبت سال گذشته	μ_t	۱	داده‌های سری زمانی سازمان تأمین اجتماعی
۲۷	نرخ تعلق پذیری	ϑ_t	۰.۰۳۳	داده‌های سری زمانی سازمان تأمین اجتماعی
۲۸	نرخ پایداری مالی صندوق	fr	۰.۷۵	برآورد پژوهش گر ^۱
۲۹	سرعت بسته شدن فاصله تأمین مالی	ν	۰.۷	برآورد پژوهش گر ^۲
۳۰	نرخ حق بیمه	τ_t^f	۰.۲۱	داده‌های سری زمانی سازمان تأمین اجتماعی
۳۱	نسبت دارایی صندوق به تولید ناخالص داخلی	$\frac{A^f}{Y}$	۰.۰۳۶	برآورد پژوهش گر (متوسط ۲۰۲۰ تا ۲۰۶۰)
۳۲	مشارکت افراد به تولید ناخالص داخلی	$\frac{\tau w l}{Y}$	۰.۰۳۲۷	برآورد پژوهش گر (متوسط ۲۰۲۰ تا ۲۰۶۰)
۳۳	مزایای بازنشستگی به تولید ناخالص داخلی	$\frac{B^r}{Y}$	۰.۰۵۱	برآورد پژوهش گر (متوسط ۲۰۲۰ تا ۲۰۶۰)
۳۴	ارزش حال مزایای بازنشستگی به کل تعهدات صندوق	$\frac{R^r B^r}{L^f}$	۰.۵۳	برآورد پژوهش گر (متوسط ۲۰۲۰ تا ۲۰۶۰)
۳۵	ارزش دارایی صندوق به سرمایه	$\frac{A^f}{K}$	۰.۰۱۳	برآورد پژوهش گر و استفاده از بانک اطلاعات سری زمان بانک مرکزی
	بنگاه‌ها			
۳۶	کشش نسبی تولید به قیمت نسبی	ϵ	۴.۱۶	کاستلین و رامپ (۲۰۲۰) ۶.۵۶
۳۷	نرخ استهلاک سرمایه	δ	۰.۰۰۳ تا ۰.۰۰۵	کاستلین و رامپ (۲۰۲۰)، یا بر اساس محاسبه نرخ استهلاک بر

^۱ متوسط این نرخ با توجه به مطالعات اکچوئرال از سال ۲۰۲۰ الی ۲۰۶۰ م. در سازمان تأمین اجتماعی ۰.۴۷ درصد می‌باشد. (نسبت بر اساس متوسط ارزش تنزیل شده دارایی‌ها به متوسط تعهدات تنزیل شده سازمان تأمین اجتماعی لحاظ شده است). همچنین این نسبت از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۴۰ م. برابر با ۰.۷۳ درصد می‌باشد لذا فرض را بر آن می‌گذاریم وضعیت از سال ۲۰۴۰ م. به بعد بدتر نشود و نرخ را معادل ۰.۷۵ لحاظ می‌کنیم.

^۲ بر اساس برآوردهای انجام شده این نرخ می‌تواند بسته به نوع اصلاحات متفاوت باشد. با توجه به این که در این مطالعه نرخ حق بیمه هدف واقع شده است لذا با تغییر ۳ درصد نرخ حق بیمه (یا فرض این که سهم دولت توسط بیمه شده و کارفرما پرداخت می‌شود) در بازه زمانی ۲۰ ساله ۶ سال طول می‌کشد که این شکاف بسته شود و لذا سرعت بسته شدن برابر است با: $1 - \frac{\epsilon}{3} = 0.7$

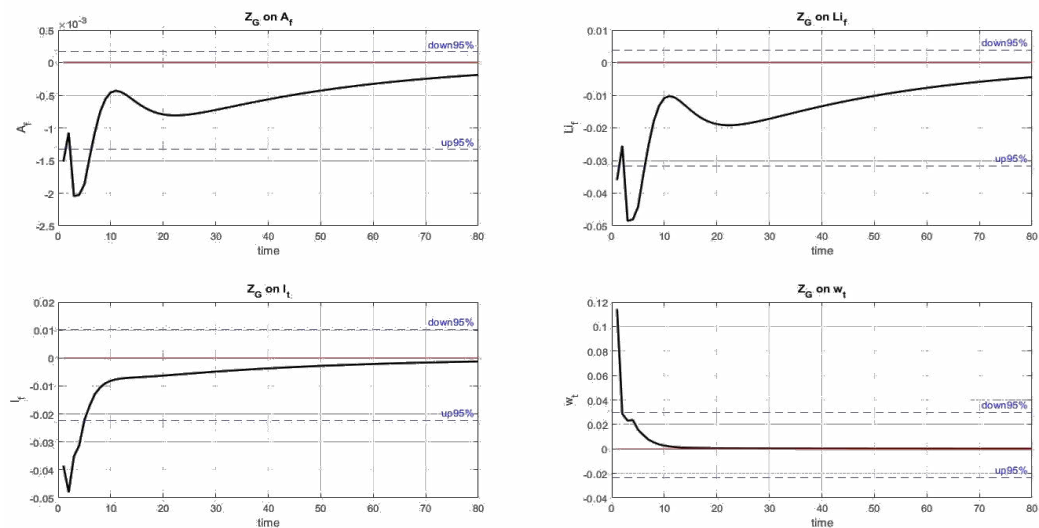
	اساس روش‌های حسابداری که برابر است با: ^۱ اسقاط ارزش — تمام‌شده بهای عمر مفید				
۰.۳۵	کاستلین و رامپ (۲۰۲۰)	۰.۳۳	α	کشش سرمایه	(۳۸)
۰.۸۳	کاستلین و رامپ (۲۰۲۰)	۰.۶۷	ρ_{ζ}	ضریب شوک بهره‌وری سرمایه	(۳۹)
۰.۶۰۷	کاستلین و رامپ (۲۰۲۰)	۱.۷۲۸	s^I	ضریب هزینه تعدیل سرمایه	(۴۰)
	برآورد پژوهش‌گر (از نمودار correlation استفاده شده است.)	۰.۷۵	θ	ضریب چسبندگی قیمت	(۴۱)
	حاصل از معادلات تعادلی	۱	$\bar{q}$	قیمت کالای سرمایه‌ای	(۴۲)
				بانک مرکزی	
	برآورد پژوهش‌گر	۰.۰۶	η_{π}	ضریب تورم قاعده تیلور	(۴۳)
	برآورد پژوهش‌گر	-۰.۰۶	η_y	ضریب تولید قاعده تیلور	(۴۴)
	کمتری میزان تورم اعلامی از سوی بانک مرکزی (۱۳۹۴) در ۲۵ سال گذشته	۰.۰۹۰۵	$\hat{\pi}$	نرخ تورم هدف‌گذاری شده	(۴۵)
	متوسط ۲۰ سال اخیر	۱.۲	$\hat{y}$	تولید ناخالص داخلی در حالت پایدار	(۴۶)
	حاصل از معادلات تعادلی	۱	$\bar{\pi}$	نرخ تورم تعادلی	(۴۷)
		۰.۰۳	r	نرخ بهره حقیقی	(۴۸)
				بازار نیروی کار	
	برآورد پژوهش‌گر	۰.۹۵	g_E	ضریب تداوم عرضه نیروی کار	(۴۹)
۰.۵	(فرانکوئیک و همکاران، ۲۰۲۰) (با استناد به ماده ۱۶۷ قانون کار هر کدام از گروه‌های کارگری و کارفرمایی ۳ نفر عضو در شورای عالی کار دارند که با توجه به آن ضریب ۰.۵ در نظر گرفته شده است.)	۰.۵	e	قدرت چانه‌زنی	(۵۰)
۶	(فرانکوئیک و همکاران، ۲۰۲۰)، مقاله از ضریبی استفاده کرده که همواره $V(w)$ مثبت شود لذا می‌توان با توجه به روند دستمزدها در ایران هر عددی بالاتر از عدد ۲ را جای‌گذاری کرد و در حساسیت بالا عدد ۶ مناسب خواهد بود.	۱۰۳.۳	C^N	عرض از مبدأ منفعت اتحادیه کارگری	(۵۱)

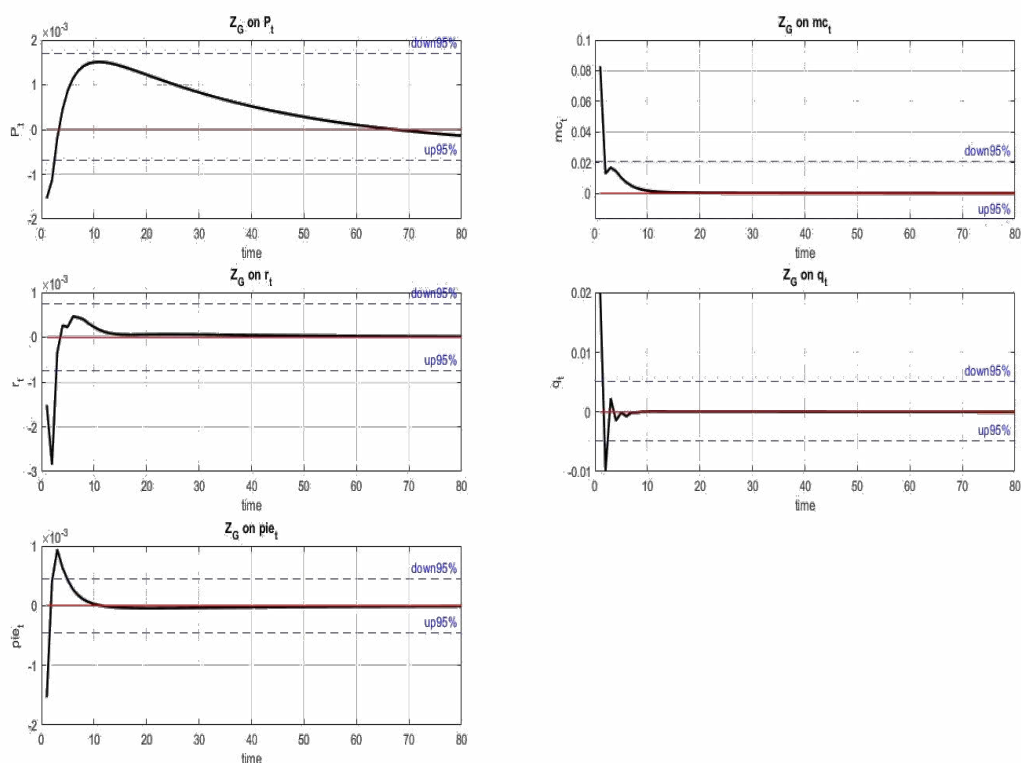
^۱. عمر مفید حسابداری معمولاً ۱۰ سال در نظر گرفته می‌شود و ارزش اسقاط را ۰.۴ ارزش اولیه در نظر می‌گیرند لذا نرخ استهلاک؛ ۰.۰۶ به‌دست می‌آید.

۵۲	ضریب مطلوبیت مرجع کارگری	v_u	۰.۸	(فرانکویک و همکاران، ۲۰۲۰)، با توجه به این که هدف این است که با توجه به نرخ بیکاری خط عمود نشود و با توجه به نرخ بیکاری در ایران و همچنین حساسیت اتحادیه کارگری می توان اعداد ما بین ۰.۵ تا ۱ را قرارداد.	۰.۵-۰.۹
۵۳	نرخ بیکاری	$\bar{u}$	۰.۱۳	متوسط نرخ بیکاری ۲۵ سال اخیر	
۵۴	ضریب چسبندگی دستمزد	g_w	۰.۸۸	برآورد پژوهش گر	
۵۵	تورم کالای خردهفروشی	$\bar{\pi}^*$	۱	حاصل از معادلات تعادلی	
	دولت				
۵۶	مالیات بر مصرف	τ_t^c	۹٪	داده های سری زمانی سازمان امور مالیاتی	
۵۷	مالیات بر حقوق و دستمزد	τ_t^l	۱۰٪	داده های سری زمانی سازمان امور مالیاتی	
۵۸	مالیات بر حقوق کارمندان دولت (حق بیمه)	τ_t^{ssc}	۲۲.۵٪	داده های سری زمانی صندوق کشوری	
۵۹	مالیات بر حقوق کارمندان دولت (حق بیمه و مالیات)	τ_t^{stc}	۳۲.۵٪	داده های سری زمانی صندوق کشوری	
۶۰	شوگ مخارج دولت	ϵ_G	۰.۷۲	برآورد پژوهش گر	
۶۱	شوگ هزینه های پرداخت به صندوق بازنشستگی	ϵ_{PF}	۰.۸۹	برآورد پژوهش گر	
۶۲	نسبت مالیات به تولید	$\frac{\bar{T}}{\bar{Y}}$	۰.۱۲	داده های سری زمانی بانک مرکزی و بودجه کل کشور	
۶۳	نسبت کمک به صندوق ها از بودجه به تولید	$\frac{\bar{PF}}{\bar{Y}}$	۰.۰۵	داده های سری زمانی بانک مرکزی و بودجه کل کشور	
۶۴	نسبت بدهی دولت به تولید	$\frac{\bar{DI}}{\bar{Y}}$	۰.۰۶۳	داده های سری زمانی بانک مرکزی و بودجه کل کشور	
۶۵	نسبت فروش دارایی ها به تولید	$\frac{\bar{F}}{\bar{Y}}$	۰.۱۴	داده های سری زمانی بانک مرکزی و بودجه کل کشور	
۶۶	نسبت سرمایه به تولید	$\frac{\bar{K}}{\bar{Y}}$	۳.۲	داده های سری زمانی بانک مرکزی (متوسط ۵ ساله ۱۳۹۵- ۱۴۰۰)	
۶۷	نسبت سرمایه گذاری به تولید	$\frac{\bar{I}}{\bar{Y}}$	۰.۰۴	داده های سری زمانی بانک مرکزی (متوسط ۵ ساله ۱۳۹۵- ۱۴۰۰)	
۶۸	نسبت هزینه مصرفی دولت به تولید	$\frac{\bar{G}}{\bar{Y}}$	۰.۰۶۲	داده های سری زمانی بانک مرکزی (متوسط ۵ ساله ۱۳۹۵- ۱۴۰۰)	

۶۹	مالیات بر درآمد بخش دولتی به کل مالیات	$\frac{w_t l_t^G (\tau_t^{ssc})}{\bar{T}}$	۰.۰۲۶	اسناد بودجه کل کشور
۷۰	مالیات بر درآمد خصوصی به کل مالیات	$\frac{w_t l_t (\tau_t^l)}{\bar{T}}$	۰.۰۰۸	اسناد بودجه کل کشور
۷۱	مالیات ثابت (مالیاتی که حتماً محقق می‌شود) به کل مالیات	$\frac{T^{lum}}{T}$	۰.۵۱۶	اسناد بودجه کل کشور
۷۲	مالیات بر مصرف به کل مالیات	$\frac{C_t (\tau_t^c)}{T}$	۰.۲۵۳	اسناد بودجه کل کشور
۷۳	مخارج ثابت دولت به کل مخارج دولت	$\frac{G^0}{G}$	۰.۰۵۸	اسناد بودجه کل کشور
۷۴	پرداخت انتقالی دولت به کل مخارج دولت	$\frac{TR}{G}$	۰.۰۳۲	اسناد بودجه کل کشور
۷۵	پرداختی حقوق کارکنان دولت به کل مخارج دولت (تمامی پرداختی‌ها به کارکنان دولت، نهادهای امنیتی و دفاعی جمع شده است)	$\frac{w_t l_t^G (1 + \tau_t^{stc})}{G}$	۰.۶۳۴	اسناد بودجه کل کشور

پیوست (۳): فاصله اطمینان خروجی‌های نرم‌افزار داینر





تصویر (پ-۱): فاصله اطمینان خروجی‌های نرم‌افزار داینتر

Fig. (P-1): Confidence Intervals of Dynare Software Outputs

سپاسگزاری

در پایان نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از داوران ناشناس نشریه با نظرات ارزشمند خود به غنای متن مقاله افزودند، قدردانی نمایند.

درصد مشارکت نویسندگان

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول است که تحت راهنمایی نویسندگان دوم و سوم به انجام رسیده است. مسئولیت اصلی نگارش نسخه خطی مقاله برعهده نویسنده اول بوده و اساتید راهنما در توسعه چارچوب پژوهش، مدلسازی و بازبینی نقادانه مقاله مشارکت چشمگیر داشته‌اند.

تضاد منافع

نویسندگان با رعایت اصول اخلاقی انتشار در ارجاع‌دهی، نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

کتابنامه

- اتحادیه بین‌المللی تأمین اجتماعی، (۱۳۹۷). حکمرانی خوب: از سری رهنمودهای اتحادیه بین‌المللی تأمین اجتماعی. مترجم: حسن زاده، م.، تهران: سازمان تأمین اجتماعی.

- راغفر، حسین، موسوی، میرحسین، و اردلان، زهرا، (۱۳۹۳). «تأثیر پدیده سالمندی و تغییرات بهره‌وری بر بازنشتی و متغیرهای کلان اقتصادی در ایران با استفاده از رویکرد تعادل عمومی پویا-مدل نسل‌های همپوش OLG». نامه انجمن جمعیت‌شناسی ایران، ۹(۱۷): ۳۵-۷.
<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.1735000.1393.9.17.1.7>
- سازمان برنامه و بودجه، (۱۴۰۲). بودجه کل کشور برای سال ۱۴۰۲. تهران: سازمان برنامه و بودجه.
<https://www.mporg.ir/home>
- سازمان برنامه و بودجه، (۱۴۰۳). بودجه کل کشور برای سال ۱۴۰۳. تهران: سازمان برنامه و بودجه.
<https://www.mporg.ir/home>
- رجبی، ز، و گرامی، ا.، (۱۳۹۶). بررسی وضعیت مالی، بیمه‌ای و اقتصادی صندوق‌های بازنشتی. تهران: مؤسسه عالی پژوهش تأمین اجتماعی.
- زرگرکوچه، نرگس، و سروش‌راد، سبا، (۱۳۹۹). «بررسی ابعاد پایداری مالی در بخش عمومی». فصلنامه حسابداری و بودجه‌ریزی بخش عمومی، ۲(۱): ۳۶-۲۴.
<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.27834826.1399.2.1.3.8>
- سازمان بین‌المللی تأمین اجتماعی، و سازمان بین‌المللی کار، (۱۳۹۶). رهنمودهای اکچوئریال طرح‌های تأمین اجتماعی. تهران: معاونت رفاه اجتماعی وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی؛ انتشارات میرماه.
- سازمان تأمین اجتماعی، (۱۴۰۰). داده‌های سری زمانی سازمان تأمین اجتماعی [مجموعه داده]. تهران: سازمان تأمین اجتماعی.
- سازمان تأمین اجتماعی، (۱۴۰۲). داده‌های سری زمانی سازمان تأمین اجتماعی [مجموعه داده]. تهران: سازمان تأمین اجتماعی.
- سازمان تأمین اجتماعی، (۱۴۰۰). نسبت جمعیت تحت پوشش به جمعیت کل کشور [گزارش آماری]. تهران: سازمان تأمین اجتماعی.
- صندوق بازنشتی کشوری، (۱۴۰۲). داده‌های سری زمانی صندوق بازنشتی کشوری [مجموعه داده]. تهران: صندوق بازنشتی کشوری.
- صندوق حمایت و بازنشتی فولاد، (۱۴۰۲). داده‌های سری زمانی صندوق حمایت و بازنشتی فولاد [مجموعه داده]. تهران: صندوق حمایت و بازنشتی فولاد.
- رئیس‌جعفری‌مطلق، رسول، عبدلی، قهرمان، نصیری‌اقدام، علی، امیری، حسین (۱۳۹۹). «بررسی آثار تغییرات جمعیتی بر پایداری مالی صندوق بازنشتی با استفاده از مدل نسل‌های همپوشان مبتنی بر رویکرد DSGE». فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۲۸ (۹۶): ۱۶۲-۱۲۱.
<https://doi.org/10.52547/qjerp.28.96.121>
- فاروجی، مجید. صمدی، سعید، اصفهانی، رحیم، فخار، مجید، و عبدالله‌میلانی، مهنوش، (۱۳۹۰). «شبیه‌سازی یک الگوی نسل‌های همپوشان ۵۵ دوره‌ای با رویکرد به‌سازی نظام بازنشتی ایران». تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی، ۲(۵): ۲۰۳-۱۷۳.
https://system.khu.ac.ir/jfm/browse.php?a_id=245&sid=1&slc_lang=fa

- کردستانی، غلامرضا، و محمدی، مریم، (۱۳۹۹). «شاخص‌های ارزیابی پایداری مالی بخش عمومی». <https://doi.org/10.22034/iaas.2020.119836>. ۱۶-۵: (۳۳)۹. حسابرسی، ۹(۳۳): ۱۶-۵.
- گلاب، س.، (۱۳۹۹). «اثرات اصلاحات پارامتریک و ساختاری بر پایداری مالی نظام بازنشستگی در ایران: مطالعه موردی سازمان تأمین اجتماعی و صندوق بازنشستگی کشوری». رساله دکتري، دانشگاه الزهراء، تهران.
- وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، (۱۳۹۶). رهنمودهای اکچوئریال طرح‌های تأمین اجتماعی. تهران: دبیرخانه هیأت امنای سازمان تأمین اجتماعی و صندوق‌های تابعه.
- وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، (۱۴۰۲). گزارش عملکرد صندوق‌های بازنشستگی [گزارش]. تهران: وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی.

References

- Abdoli, G., Raisi Jafari Motlagh, R., Nasiri Aghdam, A. & Amiri, H., (2020). "Investigating the effects of demographic changes on the financial sustainability of the pension fund using an overlapping generations model based on the DSGE approach". *Quarterly Journal of Economic Research and Policy*, 28(96): 121-162. <https://doi.org/10.52547/qjerp.28.96.121> (In Persian).
- Ando, A. & Modigliani, F., (1963). "The 'Life Cycle' hypothesis of saving: Aggregate implications and tests". *The American Economic Review*, 53(1): 55-84. <http://www.jstor.org/stable/1817129>
- Auerbach, A. J. & Kotlikoff, L. J., (2022). "The impact of pension reform on household savings and consumption: A DSGE analysis". *Journal of Economic Perspectives*, 36(2): 55-78.
- Babalos, V. & Stavroyiannis, S., (2020). "Pension funds and stock market development in OECD countries: Novel evidence from a panel VAR". *Finance Research Letters*, 34. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.08.015>
- Barr, N. & Diamond, P., (2006). "The economics of pensions". *Oxford Review of Economic Policy*, 22(1), 15-39. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grj002>
- Beetsma, R. M. W. J., Romp, W. E. & Vos, S. J., (2013). "Intergenerational risk sharing, pensions, and endogenous labour supply in general equilibrium". *The Scandinavian Journal of Economics*, 115(1): 141-154. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9442.2012.01732.x>
- Bielawska, K., Chłóń-Domińczak, A. & Stańko, D., (2024). "Financial sustainability above all else? Drivers and types of pension reforms in the EU". *Journal of Common Market Studies*, 59(2), 317-334. <https://doi.org/10.1111/jcms.13700>
- Bielecki, M., Brzoza-Brzezina, M. & Kolasa, M., (2018). "Demographics, monetary policy, and the zero lower bound". *Journal of Economic Dynamics and Control*, 115: 103879. <https://doi.org/10.1111/jmcb.12972>
- Bijlsma, M., Bonekamp, J., Van Ewijk, C. et al., (2018). "Funded pensions and economic growth". *De Economist*, 166: 337-362. <https://doi.org/10.1007/s10645-018-9325-z>
- Boado-Penas, M. C., Eisenberg, J. & Korn, R., (2019). "Transforming public pensions: A mixed scheme with a credit granted by the state". arXiv preprint. arXiv:1912.12329. <https://fam.tuwien.ac.at/~jeisenbe/PAYG.pdf>

- Bogomolova, T., (2016). *Pension reform options simulation toolkit*. World Bank.
<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/d8d65d41-ddfb-5050-bbcd-618796684608>
- Böhl, M. & Kallweit, M., (2022). "The impact of demographic change on pension systems: DSGE approach". *Journal of Economic Dynamics and Control*, 136: 104305.
https://www.researchgate.net/publication/340253764_the_impact_of_demographic_changes_on_the_pension_system_financing_sustainability_in_the_federation_of_bosnia_and_herzegovina
- Calvo, G. A., (1983). "Staggered prices in a utility-maximizing framework". *Journal of Monetary Economics*, 12(3): 383–398. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(83\)90060-0](https://doi.org/10.1016/0304-3932(83)90060-0)
- Chen, Y. H. & Lin, W. T., (1992). "Pension benefits effects on capital market equilibrium, firm value, and financing decisions". *Journal of Business Research*, 25(1): 1–25. [https://doi.org/10.1016/0148-2963\(92\)90002-s](https://doi.org/10.1016/0148-2963(92)90002-s)
- Chybalski, F. & Marcinkiewicz, E., (2020). "The replacement rate of the pension system and the public debt: What is the link?". *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 33(1): 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11205-015-0892-y>
- Civil Servants Pension Fund. (2023). *Time series data of the Civil Servants Pension Fund [Data set]*. Tehran: Civil Servants Pension Fund. (In Persian).
- Collinson, D., (2001). *Actuarial methods and assumptions used in the valuation of retirement benefits in the EU and other European countries*. Group Consultative Actuariel European. <https://www.studocu.com/row/document/institute-of-finance-management/actuarial-science/actuarial-methods/10940414>
- Darlington, O. & Chukwudi, D., (2022). "Effect of inflation on pension fund investment in federal government securities in Nigeria". *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 14(3): 74–85. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2022.14.3.0471>
- Deger, Ç., (2008). *Pension reform in an OLG model with multiple social security systems*. Economic Research Center.
<https://erc.metu.edu.tr/en/system/files/menu/series08/0805.pdf>
- Ebbinghaus, B., (2022). "Pension reforms in Europe: Global challenges, national responses". *Journal of European Social Policy*, 32(1): 21–38. <https://doi.org/10.1111/spol.12712>
- Faruji, M. D., Samadi, S., Esfahani, R., Fakhar, M. & Milani, M. A., (2011). "Simulation of a 55-period overlapping generations model with an approach to reforming Iran's pension system". *Economic Modeling Research*, 2(5): 173-203. <http://jemr.khu.ac.ir/article-1-245-fa.html> (In Persian).
- Frankovic, I., Aursland, T. A., Kanik, B. & Saxegaard, M., (2020). *State-dependent fiscal multipliers in NORA - A DSGE model for fiscal policy analysis in Norway*. Economic Modelling. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.07.017>
- Golab, S., (2020). "The effects of parametric and structural reforms on the financial sustainability of the pension system in Iran: Case study of the Social Security Organization and the Civil Servants Pension Fund". [Doctoral dissertation, Alzahra University]. Tehran, Iran. <https://alzahra.ac.ir/en/web/economics/article/12401610> (In Persian).
- Holzmann, R. & Piggot, J., (2018). *The taxation of pensions: Principles and international experience*. Edward Elgar Publishing.

- Imrohoroglu, S. & Kitao, S., (2012). "Social security reforms: Benefit claiming, labor force participation, and long-run sustainability". *American Economic Journal: Macroeconomics*, 11(3): 96–130. <https://doi.org/10.1257/mac.4.3.96>
- International Social Security Association, & International Labour Organization. (2017). *Actuarial guidelines for social security schemes*. Tehran: Deputy of Social Welfare, Ministry of Cooperatives, Labour and Social Welfare; Mirmah Publications. (In Persian).
- International Social Security Association. (2018). *Good governance: Guidelines from the International Social Security Association* (M. Hassanzadeh, Trans.). Tehran: Social Security Organization. (In Persian).
- Iwegbu, O., (2020). "Pension fund, financial development and output growth in Nigeria". *Journal of Economics and Finance*, 44(1): 50–67. <https://dc.cbn.gov.ng/bullion/vol44/iss1/2>
- Johannesburg. (2003). *Pension reform options simulation toolkit*. South Africa. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/d8d65d41-ddfb-5050-bbcd-618796684608>
- Kastelein, P. B. & Romp, W. E., (2020). "Pension fund restoration policy in general equilibrium". *Macroeconomic Dynamics*, 24: 1785–1814. <https://doi.org/10.1017/S1365100518001049>
- Kordestani, G. & Mohammadi, M., (2020). "Indicators for assessing public sector financial sustainability". *Accounting and Auditing Studies*, 9(33): 5-16. (In Persian).
- Kumar, R. & Sinha, A., (2022). "Pension systems and demographic changes: A DSGE model analysis". *Economic Modelling*, 106: 105675. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2021.105675>
- Li, Y. & Wang, J., (2023). "The implications of aging population for pension sustainability: DSGE approach". *International Journal of Economic Theory*, 19(2): 123–145. <https://doi.org/10.1111/ijet.12345>
- Lusardi, A. & Mitchell, O. S., (2020). "The economic importance of financial literacy: Theory and evidence". *Journal of Economic Literature*, 58(1): 48–103. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jel.52.1.5>
- Merton, R. C., (1971). Optimum consumption and portfolio rules in a continuous-time model. *Journal of Economic Theory*, 3: 373–413. [https://doi.org/10.1016/0022-0531\(71\)90038-X](https://doi.org/10.1016/0022-0531(71)90038-X)
- Ministry of Cooperatives, Labour and Social Welfare. (2017). *Actuarial guidelines for social security schemes*. Tehran: Secretariat of the Board of Trustees of the Social Security Organization and Affiliated Funds. (In Persian).
- Ministry of Cooperatives, Labour and Social Welfare. (2023). *Performance report of pension funds* [Report]. Tehran: Ministry of Cooperatives, Labour and Social Welfare. (In Persian).
- Moreno, C., (2023). *The impact of pension systems in labor markets with informality*. International Institute of Public Finance. https://www.iipf.org/papers/Moreno_IIPF2022.pdf
- Morina, F. & Grima, S., (2022). "The impact of pension fund assets on economic growth in countries, emerging countries, and developed countries". *Quantitative Finance and Economics*, 6: 459–504. <https://doi.org/10.3934/QFE.2022020>
- Munnell, A. H. & Sass, S. A., (2008). *Working longer: The solution to the retirement income challenge*. Brookings Institution Press.

https://www.researchgate.net/publication/255682649_Working_Longer_The_Solution_to_the_Retirement_Income_Challenge

- Murray, R., (1968). "The impact of pensions on the capital markets: Private funds". In: *Economic aspects of pensions* (pp. 67–97). National Bureau of Economic Research, Inc.

<https://www.nber.org/system/files/chapters/c1067/c1067.pdf>

- Nageri, K. I., Adekunle, A. T. & Muritala, T. A., (2019). "Pension fund and capital market development in Nigeria: ARDL bound testing approach". *Amity Journal of Economics*, 4(1): 65–81.

https://www.researchgate.net/publication/344549142_Pension_Fund_and_Capital_Market_Development_in_Nigeria_Ardl_Bound_Testing_Approach

- Nam, L., (2022). "Optimal progressive pension systems in a life-cycle model with heterogeneity in job stability". *VfS Annual Conference 2022 (Basel): Big Data in Economics*, 264015. Verein für Socialpolitik / German Economic Association. https://www.ecb.europa.eu/press/conferences/ecbforum/shared/pdf/2022/nam_paper.en.pdf

- Nguyen, T. & Stützel, R., (2020). "Implications of an aging population on pension systems and financial markets". *HCMCOUJS - Economics and Business Administration*, 2. <https://doi.org/10.46223/HCMCOUJS.econ.en.2.1.65.2012>

- Obstbaum, M., Oinonen, S., Pönkä, H., Vanhala, J. & Vilmi, L., (2023). "Transmission of recent shocks in a labour-DSGE model with wage rigidity". *BoF Economics Review*, 1/2023. Bank of Finland. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/271184/1/1845239490.pdf>

- Plan and Budget Organization. (2023). *The national budget for the year 2023*. Tehran: Plan and Budget Organization. <https://www.mporg.ir/home> (In Persian).

- Plan and Budget Organization, (2024). *The national budget for the year 2024*. Tehran: Plan and Budget Organization. <https://www.mporg.ir/home> (In Persian).

- Raghfar, H., Mousavi, M. & Ardalan, Z., (2014). "The impact of aging and productivity changes on retirement and macroeconomic variables in Iran: A dynamic general equilibrium approach with overlapping generations (OLG) model". *Journal of Population Association of Iran*, 9(17): 7-35. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.1735000.1393.9.17.1.7> (In Persian).

- Rajabi, Z. & Gerami, A., (2017). *Investigating the financial, insurance, and economic status of pension funds*. Tehran: Institute for Social Security Research. (In Persian).

- Rubyagiza, E., (2020). *Effect of inflation on adequacy of pension benefits in Rwanda*. College of Business and Economics. <https://dr.ur.ac.rw/bitstream/handle/123456789/1466/RUBYAGIZA%20Eric.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Sagiri, K., (2016). "Policy uncertainty and cost of delaying reform: The case of aging Japan". *International Economic Review*, 62(1): 143–175. https://sagirikitao.github.io/mywebsite/Kitao_2018_RED.pdf

- Sheiner, L. (2023). *The sustainability of state & local pensions: A public finance approach*. Issue in Brief 23-8. Chestnut Hill, MA: Center for Retirement Research at Boston College. <https://crr.bc.edu/the-sustainability-of-state-local-pensions-a-public-finance-approach/>

- Social Security Organization. (2021). *Time series data of the Social Security Organization* [Data set]. Tehran: Social Security Organization.

<https://www.tamin.ir/News/Archive?catid=279&bcode=IMPORTANT&type=News> (In Persian).

- Social Security Organization. (2021). *Ratio of covered population to total population* [Statistical report]. Tehran: Social Security Organization.

<https://www.tamin.ir/News/Archive?catid=279&bcode=IMPORTANT&type=News> (In Persian).

- Social Security Organization. (2023). *Time series data of the Social Security Organization* [Data set]. Tehran: Social Security Organization.

<https://www.tamin.ir/News/Archive?catid=279&bcode=IMPORTANT&type=News> (In Persian).

- Steel Industry Pension Fund. (2023). *Time series data of the Steel Industry Pension Fund* [Data set]. Tehran: Steel Industry Pension Fund. (In Persian).

- Steindel, C., (2020). "Public pension shortfalls and state economic growth: A preliminary examination". *Bus Econ*, 55: 138–149. <https://doi.org/10.1057/s11369-020-00183-3>

- Su, C. & Li, X., (2012). "The impact of social security on urban residents' consumption: A case of Shandong Province". *Journal of Shandong University*, 6: 81–86.

- Welch, M. & McGee, J., (2016). *Modeling pension costs*. Urban Institute. https://www.urban.org/sites/default/files/2017/03/15/20160314_technical-paper-pension-costs_finalized.pdf

- Whitehouse, E. & Zviniene, A., (2017). *Adequacy (2): Pension entitlements of recent retirees*. Pension Policy International / The World Bank. <https://www.pensionpolicyinternational.com/adequacy-2-pension-entitlements-of-recent-retirees/>

- Wiener, M., (2019). *Introduction to the prost model and modeling*. World Bank.

- World Bank. (2016). *Financial stability*. Global financial development report. <https://www.worldbank.org/en/publication/gfdr/gfdr-2016>

- Zhang, J., (2008). "Effects of social security wealth on the consumption of Chinese urban households". *Journal of Shandong University*, 3: 105–112.

- Zargar Koucheh, N. & Soroush Rad, S., (2020). "Investigating the dimensions of financial sustainability in the public sector". *Quarterly Journal of Public Sector Accounting and Budgeting*, 2(1): 24-36. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.27834826.1399.2.1.3.8> (In Persian).

- Zhao, Q., Li, Z. & Chen, T., (2016). "The impact of public pension on household consumption: Evidence from China's survey data". *Sustainability*, 8(9), 890. <https://doi.org/10.3390/su8090890>

- Zubair, A., (2016). "Effects of pension funds' investments on capital market performance in Nigeria". *International Journal of Management Economics and Business*, 2(3): 1–17.

https://www.researchgate.net/publication/352982496_Effects_of_Pension_Funds'_Investments_on_Capital_Market_Performance_in_Nigeria

- Zviniene, A., (2017). *Pension reform options simulation toolkit*. World Bank. <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/433611530111535707-0160022017/render/Mar109amZvinienePROST.pdf>

Contents

Evaluating the Effect of Exchange Rate Unification on the Import Price Index of Capital Goods (Exchange Rate Pass-Through Approach) in Iran	9-44
Azadeh Alikhani, Seyed Komeil Tayebi, Saeed Daei-Karimzadeh	
Investigating the Mechanism of Housing Price Transmission Among Iranian Metropolises	45-84
Roosbeh Balounejad Nouri, Amir Ali Farhang, Farshad Omid Jiyvan	
Investigating the Connectedness Between Green Stock Returns and Policy Uncertainties: The Case Study of the United States of America	85-128
Amirreza Mohammadi, Mahmood Hooshmand, Farzaneh Ahmadian-Yazdi, Somayeh Meyghani	
Economic Analysis of Switching Mining Method from Surface to Underground for Building Stone (Case Study: Dehbid Stone Mine)	129-165
Majid Noorian-Bidgoli, Ebrahim Mahdavi	
Impact of a Peer-to-Peer Electricity Trading Scheme on Increasing Renewable Energy Generation (A Practical Study on Decreasing Electricity Imbalances)	167-201
Hoda Zobeiri, Mohammad Hasani	
Impact of Government Debt Settlement on the Financial Sustainability of the Social Security Organization and Macroeconomic Variables in a DSGE Model	203-243
Mohammad Hosein Mardi, Ali Souri, Homa Esfahanian	

Applied Economics Studies, Iran (AESI)

Vol. 14, No. 56, 2026

P. ISSN: 2322-2530

E. ISSN: 2322-472X

Owner & Publisher: **Bu-Ali Sina University**

In collaboration with: **Scientific Association of Regional Development Economy**

Responsible Manager: **Saeid Isasazadeh**

Editor-in-Chief: **Mohammad Hassan Fotros**

Executive Director: **Ismaeil Torkamani**

Internal manager and expert: **Khalil-ollah Beik-Mohammadi**

English editor: **Azar Sarmadijuo**

Logo designer: **Hamidreza Chaterbahr**



Editorial Board (in alphabetical order)

Mohsen Bahmanioskoei (Professor, Department of Economics, University of Wisconsin, USA)

Mohammad Hashem Pesaran (Professor, Department of Economics, Cambridge University, England)

Mohammad Reza Farzanegan (Professor, Department of Economics, Philips Marburg University, Germany)

Amir Kia (Professor, Department of Economics, University of Utah, USA)

Esfandiar Masoumi (Professor, Department of Economics, Emory College, USA)

Abdul Karim Zulkafli (Professor, Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, National University of Malaysia)

Seyed Aziz Arman (Professor, Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran)

Mossaieb Pahlavani (Associate Professor, Faculty of Economics, University of Sistan and Baluchistan Zahedan, Sistan and Baluchestan, Iran)

Saeid Rasekhi (Professor, Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Mazandaran University, Mazandaran, Iran)

Mohammad Alizadeh (Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Lorestan University, Lorestan, Iran)

Saeid Isazadeh (Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran)

Ali Hossein Samadi (Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran)

Mohammad Hassan Fotros (Professor, Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran)

Mohammad Ghorbani (Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran)

Mohammad Reza Lotfalipour (Professor, Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Ferdowsi University, Mashhad, Iran)

Mohammad Ali Motfekrazad (Professor, Economic Development Department, Faculty of Economic and Social Sciences, Tabriz University, Tabriz, Iran)

Nader Mehregan (Professor, Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran)

Mahmood Houshmand (Professor, Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Ferdowsi University, Mashhad, Iran)

Journal Homepage: <https://aes.basu.ac.ir/>

Email: aesi@basu.ac.ir

Address: Pajohesh Sq., Shahid Mostafa Ahmadi Roshan Boulvar, Bu-Ali Sina University, Central Building, Office of Scientific Journals, Hamedan, Iran. Tel: +98-81 - 31401455

© Copyright © 2026 The Authors. Published by Bu-Ali Sina University.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

© The Author(s)





In the Name of GOD



Bu-Ali Sina
University

Quarterly Journal of
Applied Economics Studies, Iran



Scientific Association of Regional
Development Economics

ISSN (P.): 2322-2530

(E.): 2322-472X

56

|| Quarterly Journal of **Applied Economics Studies, Iran** || **(AESI)**

|| Vol. 14 || No. 56 || 2026 ||

- ▶ Evaluating the Effect of Exchange Rate Unification on the Import Price Index of ...
Azadeh Alikhani, Seyed Komeil Tayebi, Saeed Daei-Karimzadeh 9-44
- ▶ Investigating the Mechanism of Housing Price Transmission Among Iranian ...
Roozbeh Balounejad Nouri, Amir Ali Farhang, Farshad Omid Jiyvan 45-84
- ▶ Investigating the Connectedness Between Green Stock Returns and Policy ...
Amirreza Mohammadi, Mahmood Hooshmand, Farzaneh Ahmadian-Yazdi, ... 85-128
- ▶ Economic Analysis of Switching Mining Method from Surface to Underground for ...
Majid Noorian-Bidgoli, Ebrahim Mahdavi 129-165
- ▶ Impact of a Peer-to-Peer Electricity Trading Scheme on Increasing Renewable ...
Hoda Zobeiri, Mohammad Hasani 167-201
- ▶ Impact of Government Debt Settlement on the Financial Sustainability of the ...
Mohammad Hosein Mardi, Ali Souri, Homa Esfahanian 203-243