Vol. 15, No. 57, 2026
مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
Quarterly Journal of Applied Economics Studies, Iran (AESI)
Scientific Association of Regional Development Economics
OPEN ACCESS

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 Sin University

Optimal Monetary Policy Analysis Under Exchange-Rate Shocks: Reframing Inflation, Output, and Exchange-Rate Stability Objectives within a DSGE Framework

Hassan Naraghi[1], Ahmad Sarlak[2], Seyed Fakhreddin Fakhrhosseini[3], Maryam Sharifnezhad[4]

Type of Article: Research
https://doi.org/10.22084/aes.2026.31635.3836
Received: 2025/09/27; Revised: 2026/01/07; Accepted: 2026/01/24
Pp: 77-113

Abstract

This study examines monetary policy responses to exchange rate fluctuations in the Iranian economy, with a focus on the optimal design of policy under macroeconomic shocks. A Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) model is developed and calibrated to capture Iran's economic structure, institutional features, and behavioral patterns. The model describes interactions among households, firms, the public sector, and the monetary authority within an open-economy framework and incorporates multiple domestic and external shock sources. Using quarterly data from 2006Q1 to 2023Q4, the dynamic responses of key macroeconomic variables to structural shocks—such as productivity, exchange rate, and liquidity shocks—are analyzed through simulation methods. The results show that these shocks exert significant effects on output, inflation, and asset prices through various transmission channels. From a policy perspective, the findings suggest that placing a greater weight on inflation stabilization in the monetary policy rule helps reduce the spillover effects of shocks on real activity and financial markets, though it increases interest rate volatility. Overall, the results highlight the importance of balancing inflation control and output stabilization in an oil-dependent economy exposed to substantial exchange rate fluctuations.

Keywords: Optimal Monetary Policy, Exchange Rate Shocks, DSGE Model, Inflation; Output Gap.
JEL Classification: C68, E52, F31, E62, Q43.

1. PhD Candidate Economics, Department of Economics, Faculty of Management, Ar.C., Islamic Azad University, Arak, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Management, Ar.C., Islamic Azad University, Arak, Iran (Corresponding Author). ***Email:*** ah.sarlak@iau.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Financial Management, Faculty of Management, Ka.C., Islamic Azad University, Karaj, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Management, Ar.C., Islamic Azad University, Arak, Iran.

Citations: Naraghi, H., Sarlak, A., Fakhrhosseini, S. F. & Sharifnezhad, M., (2026). "Optimal Monetary Policy Analysis Under Exchange-Rate Shocks: Reframing Inflation, Output, and Exchange-Rate Stability Objectives within a DSGE Framework". *Journal of Applied Economics Studies in Iran,* 15(57): 77-113. https://doi.org/10.22084/aes.2026.31635.3836
Homepage of this Article: https://aes.basu.ac.ir/article_6513.html?lang=en

1. Introduction

Iran's heavy reliance on oil revenues, its import-dependent production structure, and external financial constraints make the economy highly vulnerable to exchange rate shocks. Such shocks increase domestic prices, raise the cost of imported inputs, and weaken firms' balance sheets, thereby intensifying inflationary pressures and output volatility (Zarieh-Mohammadi et al., 2021; Gopinath et al., 2022). Nevertheless, monetary policy frameworks often treat the exchange rate merely as a transmission channel rather than an independent policy objective (Mazlis et al., 2024).

In the New Keynesian literature, optimal monetary policy is typically formulated by minimizing a central bank loss function that targets inflation and the output gap, and occasionally includes interest rate smoothing (Gali & Monacelli, 2005; Nisticò, 2012). While effective in many advanced economies, this framework has notable limitations in emerging, shock-prone economies such as Iran, where exchange rate fluctuations directly affect financial stability and social welfare. Empirical studies indicate that ignoring exchange rate dynamics can lead to an incomplete evaluation of policy outcomes (Hofmann et al., 2024).

Accordingly, this study aims to redefine the optimal monetary policy framework for Iran by jointly considering inflation, the output gap, and exchange rate stability. Given evidence that exchange rate shocks, along with oil revenue and liquidity shocks, are key drivers of macroeconomic instability (Heidarian et al., 2021; Nasiri et al., 2023), employing a DSGE-based framework can improve the understanding of shock transmission and support the design of more effective monetary policy rules.

2. Materials and Methods

In this study, a New Keynesian open-economy Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) model is employed to analyze optimal monetary policy in response to exchange rate shocks. The model incorporates the optimizing behavior of households, firms, the government, and the central bank (Gali & Monacelli, 2005; Nisticò, 2012). The representative household makes decisions by maximizing expected utility derived from consumption, real money balances, and labor supply, while firms set prices under the Calvo price-stickiness mechanism. The government finances its budget through oil revenues and taxation, and the central bank determines the optimal monetary policy rule by minimizing a three-objective loss function that includes inflation, the output gap, and exchange rate volatility (Mazelis et al., 2024).

The representative household maximizes its expected utility derived from consumption, real money balances, and leisure. The household's utility function is defined as follows:

$$U_t = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\frac{(C_t - h\, C_{t-1})^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \chi \frac{N_t^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right] \quad (1)$$

The consumption bundle is composed of domestic and imported goods, and the consumer price index is derived from a Dixit–Stiglitz aggregation. Firms operate under Calvo-type price stickiness, and the government finances its budget through oil revenues and taxation.

Optimal monetary policy is based on mathematical functions that link the central bank to its policy instruments. These functions are typically designed within the framework of Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) models and consist of three main

components: the loss function, the optimal policy response, and the model constraints. The central bank minimizes a quadratic loss function that penalizes deviations of macroeconomic variables from their target levels.

3. Data

Quarterly data for the period 2006Q1 to 2023Q4 are collected from various sources, including the Central Bank of the Islamic Republic of Iran and the Statistical Center of Iran. The dataset includes key variables such as real output, the inflation rate, the nominal exchange rate, the short-term interest rate, government oil revenues, and liquidity. These data are used for model calibration and for simulating economic responses to various shocks. In addition, the variables are seasonally adjusted and transformed into real terms.

4. Discussion

The simulation results demonstrate that exchange rate shocks constitute a major source of fluctuations in inflation and the output gap in the Iranian economy. An abrupt depreciation of the exchange rate raises the cost of imported intermediate goods and deteriorates firms' balance sheets, generating immediate inflationary pressures and a contraction in real economic activity. Impulse response analysis indicates that inflation responds more strongly and contemporaneously to exchange rate shocks, whereas the adverse effects on output materialize with a delay. These findings underscore the pivotal role of the foreign exchange market in transmitting external disturbances to the domestic economy and are consistent with the evidence on exchange rate pass-through reported by Wang et al. (2016).

A comparison of alternative monetary policy regimes suggests that policy rules focusing solely on inflation and output stabilization have limited capacity to mitigate the real-sector spillovers of exchange rate shocks. While increasing the weight on inflation stabilization in the central bank's loss function reduces price volatility, it simultaneously induces greater interest rate instability. By contrast, assigning an explicit and independent weight to exchange rate stabilization dampens excessive output fluctuations and reduces long-term social welfare losses, consistent with the results of Mazelis et al. (2024).

Moreover, the interaction of exchange rate shocks with oil revenue and liquidity disturbances amplifies macroeconomic volatility. Under such conditions, a three-objective monetary policy framework that jointly targets inflation, the output gap, and the exchange rate facilitates a smoother adjustment toward equilibrium. From a policy perspective, integrating exchange rate stability into monetary policy design enhances economic resilience and reduces welfare costs associated with external shocks (Hofmann et al., 2024).

5. Conclusion

This study examines optimal monetary policy responses to exchange rate shocks using a Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) model calibrated to the structural characteristics of the Iranian economy. The results show that exchange rate shocks are a key source of macroeconomic instability, significantly affecting inflation and the output gap through price and balance-sheet channels. Inflation responds more strongly and immediately to exchange rate shocks, while the negative effects on output emerge with a lag.

The findings indicate that increasing the weight on inflation targeting in the monetary policy rule reduces price volatility but leads to greater interest rate fluctuations. In contrast, explicitly incorporating exchange rate stability into the central bank's loss function dampens output volatility, improves long-term welfare, and enhances the ability of monetary policy to mitigate real-sector spillovers from external shocks. These results underscore the need to balance inflation control, output stabilization, and exchange rate management in Iran's oil-dependent economy. From a policy perspective, the study suggests that conventional inflation–output targeting frameworks are insufficient for shock-prone economies. A three-objective monetary policy framework coordinated with foreign exchange market conditions can strengthen macroeconomic resilience. A key limitation is the assumption of homogeneous agents, which future research could address by incorporating heterogeneity and alternative shock regimes.

Acknowledgements
The authors would like to express their sincere gratitude to all individuals who contributed to data collection and provided scholarly insights at various stages of this research. The authors also thank the journal's reviewers for their constructive comments and suggestions, which helped improve the quality of the manuscript.

Authors' Contributions
All authors contributed equally to the preparation of this article.

Conflict of Interest
The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper, and that ethical standards of citation and publication have been fully observed.

مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
Quarterly Journal of Applied Economics Studies, Iran (AESI)
سال پانزدهم، شمارهٔ ۵۷، ۱۴۰۵

فصلنامهٔ علمی مطالعات اقتصادیِ کاربردی ایران
شاپای چاپی: ۲۵۳۰-۲۳۲۲؛ شاپای الکترونیکی: ۴۷۲X-۲۳۲۲ - وب‌سایت نشریه: https://aes.basu.ac.ir
نشریهٔ گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اقتصادی و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران.
حق انتشار این مستند، متعلق به نویسنده(گان) آن است. ۱۴۰۵ - ناشر این مقاله، دانشگاه بوعلی‌سینا است.
این مقاله تحت گواهی زیر منتشرشده 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 سیاست پولی بهینه در مواجهه با شوک‌های نرخ ارز: بازآرایی اهداف تورم، تولید و ثبات ارزی بارویکرد تعادل عمومی پویای تصادفی

حسن نراقی[۱]، احمد سرلک[۲]، سید فخرالدین فخرحسینی[۳]، مریم شریف‌نژاد[۴]

نوع مقاله: پژوهشی
شناسهٔ دیجیتال: https://doi.org/10.22084/aes.2026.31635.3836
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۰۶، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۵
صص: ۱۱۳-۷۷

چکیده

این پژوهش چگونگی واکنش سیاست پولی به نوسانات نرخ ارز در بستر اقتصاد ایران مورد واکاوی و ارزیابی قرار می‌دهد و تلاش می‌شود پیامدهای بهینه‌سازی تصمیمات پولی در مواجهه با شوک‌های کلان تحلیل شود. برای دستیابی به این هدف، یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE) توسعه داده شده است که پارامترهای آن متناسب با ساختار اقتصادی، ویژگی‌های نهادی و الگوهای رفتاری غالب در اقتصاد ایران تنظیم شده‌اند. این مدل، رفتار متقابل عوامل اصلی اقتصاد شامل خانوارها، بنگاه‌ها، بخش عمومی و مقام پولی را در قالب یک اقتصاد باز به تصویر می‌کشد و منابع مختلف بی‌ثباتی داخلی و خارجی را به‌طور هم‌زمان دربر می‌گیرد. برمبنای داده‌های فصلی طی بازهٔ ۱۳۸۵:۱ تا ۱۴۰۲:۴، واکنش پویای متغیرهای کلان نسبت به مجموعه‌ای از اختلالات ساختاری ازجمله شوک‌های بهره‌وری، تغییرات نرخ ارز و تحولات حجم نقدینگی ازطریق شبیه‌سازی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که این تکانه‌ها اثرات معناداری بر سطح فعالیت اقتصادی، تورم و ارزش دارایی‌ها برجای می‌گذارند و کانال‌های انتقال متعددی را در اقتصاد فعال می‌سازند. یافته‌های سیاستی نشان می‌دهد که افزایش اهمیت هدف کنترل تورم در قاعدهٔ سیاست پولی، می‌تواند شدت سرریز شوک‌ها به بخش واقعی و بازارهای مالی را تعدیل کند؛ هرچند این انتخاب سیاستی با افزایش ناپایداری نرخ بهره همراه است. تمایز اصلی این پژوهش در ارائه یک چارچوب تحلیلی یکپارچه برای ارزیابی هم‌زمان شوک‌های کلان در یک اقتصاد وابسته به نفت نهفته است؛ رویکردی که در مطالعات تجربی مرتبط با اقتصاد ایران کمتر به آن پرداخته شده است. درنهایت، نتایج تأکید می‌کنند که دستیابی به ثبات پایدار اقتصاد کلان مستلزم ایجاد موازنه‌ای دقیق میان مهار تورم و حمایت از پویایی تولید است، به‌ویژه در محیطی که نوسانات نرخ ارز نقش تعیین‌کننده‌ای در فرآیند انتقال تکانه‌ها ایفا می‌کند.

کلیدواژگان: مدل تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE)، سیاست پولی بهینه، شوک‌های نرخ ارز.
طبقه‌بندی JEL: C68, E52, F31, E62, Q43.

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکدهٔ مدیریت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران.
Email: h.naraghi@iau.ac.ir
۲. استادیار گروه اقتصاد، دانشکدهٔ مدیریت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران (نویسندهٔ مسئول).
Email: ah.sarlak@iau.ac.ir
۳. دانشیار گروه مدیریت مالی، دانشکدهٔ مدیریت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
Email: SF.Fakhrhosseini@iau.ac.ir
۴. استادیار گروه اقتصاد، دانشکدهٔ مدیریت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران.
Email: m_sharifnezhad@iau.ac.ir

ارجاع به مقاله: نراقی، حسن؛ سرلک، احمد؛ فخرحسینی، سید فخرالدین؛ و شریف‌نژاد، مریم، (۱۴۰۵). «تحلیل سیاست پولی بهینه در مواجهه با شوک‌های نرخ ارز: بازآرایی اهداف تورم، تولید و ثبات ارزی بارویکرد تعادل عمومی پویای تصادفی». مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۱۵(۵۷): ۱۱۳-۷۷. https://doi.org/10.22084/aes.2026.31635.3836
صفحهٔ اصلی مقاله در سامانهٔ نشریه: https://aes.basu.ac.ir/article_6513.html

۱. مقدمه

سیاست پولی بهینه در اقتصادهای کشورهای درحال توسعه و وابسته به واردات، نقشی کلیدی در مهار نوسانات تورم و تثبیت فعالیت واقعی ایفا می‌کند، درحالی‌که شوک‌های نرخ ارز به یکی از مهم‌ترین منابع بی‌ثباتی کلان تبدیل شده‌اند (اوبستفلد، ۲۰۲۲)[1]. نوسانات شدید نرخ ارز می‌تواند از مسیرهای متعددی، ازجمله انتقال نرخ ارز به قیمت‌های داخلی، تغییر شرایط تجاری و اثرات ترازنامه‌ای بر بنگاه‌ها و بانک‌ها، منجر به تشدید نوسانات تورم و شکاف تولید شود؛ بنابراین، نادیده گرفتن این نوسانات در طراحی قاعدهٔ بهینهٔ سیاست پولی می‌تواند به نتایج رفاهی گمراه‌کننده به‌همراه داشته باشد (خسروسرکشی و همکاران، ۱۴۰۰). با این‌حال، بخش عمدهٔ ادبیات کلاسیک و بخشی از ادبیات جدید در چارچوب تعادل عمومی پویای تصادفی، تمرکز اصلی خود را بر دو هدف تورم و تولید قرار داده و ثبات ارزی را یا به‌صورت برون‌زا فرض کرده یا آن‌را در قالب فروض ساده و خطی در کانال انتقال نرخ ارز به تورم ادغام کرده است (کورستی و همکاران، ۲۰۲۴)[2].

تمرکز سیاست پولی بر هدف‌گذاری تورم و شکاف تولید در کشورهای درحال توسعه، همواره با این محدودیت همراه بوده است که نقش نوسانات نرخ ارز، به‌عنوان یکی از منابع اصلی بی‌ثباتی کلان، به‌طور کامل در تصمیم‌گیری سیاست‌گذار منعکس نمی‌شود (هافمن و همکاران، ۲۰۲۴)[3]. شواهد نظری و تجربی نشان می‌دهد که ثبات ارزی نه یک متغیر جانبی، بلکه عاملی تعیین‌کننده در پایداری اقتصاد کلان و رفاه اجتماعی است؛ از این‌رو، نادیده‌گرفتن آن می‌تواند به ارزیابی‌های ناقص از آثار سیاست پولی منجر شود (ذریه محمدعلی و همکاران، ۱۴۰۰). باوجود این، بخش قابل‌توجهی از ادبیات موجود، نرخ ارز را صرفاً به‌عنوان کانال انتقال شوک به تورم و تولید درنظر گرفته و آن را به‌صورت صریح در تابع هدف بانک مرکزی وارد نکرده است؛ از این‌رو، چگونگی بازتنظیم بهینه وزن‌های تورم، تولید و ثبات ارزی در مواجهه با شوک‌های ارزی، همچنان کمتر به‌صورت نظام‌مند بررسی شده است (مازلیس و همکاران، ۲۰۲۴)[4].

شوک‌های نرخ ارز ازطریق چندین مکانیزم، تأثیرات قابل‌توجهی بر اقتصاد کلان دارند. مهم‌ترین کانال‌های انتقال این شوک‌ها شامل انتقال نرخ ارز به قیمت‌ها، اثرات ترازنامه‌ای در بخش خصوصی و دولتی، و تغییرات در رقابت‌پذیری تجاری است. شدت و سرعت این انتقال‌ها در کشورهای مختلف متفاوت است و این تفاوت‌ها می‌تواند تصمیم‌گیری در زمینهٔ سیاست پولی بهینه را تحت‌تأثیر قرار دهد. توجه به این کانال‌ها برای درک واکنش سیاست پولی نسبت به نوسانات نرخ ارز و طراحی راهبردهای مؤثر به‌منظور حفظ ثبات اقتصادی، از اهمیت بالایی برخوردار است (وانگ و همکاران، ۲۰۱۶)[5].

در دهه‌های اخیر، بسیاری از بانک‌های مرکزی، هدف‌گذاری تورم را به‌عنوان چارچوب اصلی سیاست پولی خود پذیرفته‌اند. با این‌حال، تجربیات اخیر نشان‌داده است که نادیده‌گرفتن نوسانات نرخ ارز، به‌ویژه در اقتصادهای نوظهور، می‌تواند به بی‌ثباتی کلان اقتصادی منجر شود. این‌امر موجب شده است توجه نظریه‌پردازان و

1. Obstfeld
2. Corsetti et al.
3. Hofmann et al.
4. Mazelis et al.
5. Wang et al.

سیاست‌گذاران به نقش بهینهٔ نرخ ارز در طراحی قواعد سیاست پولی افزایش یابد و بحث‌های تجربی و مدل‌سازی‌های پیشرفته‌ای در این حوزه شکل گیرد (بنیگنو و همکاران، ۲۰۱۵)[1].

این پژوهش یک مدل DSGE[2] منطبق با ویژگی‌های اقتصاد ایران ارائه می‌دهد که در آن، بانک مرکزی تابع زیان خود را برپایهٔ تورم، شکاف تولید و نوسانات نرخ ارز تعریف می‌کند و قاعدهٔ بهینهٔ سیاست پولی در مواجهه با شوک‌های ارزی استخراج می‌شود. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که تغییر وزن هر یک از این اهداف، بر پاسخ‌های پویای متغیرهای کلان، پایداری تعادل و رفاه بلندمدت اثرگذار است و افزودن وزن مستقل به ثبات ارزی می‌تواند، در مقایسه با قواعد استاندارد دوگانه (تورم و تولید)، بهبود قابل‌توجهی ایجاد کند.

ادبیات پیشین عمدتاً بر تورم و شکاف تولید متمرکز بوده و ثبات ارزی را یا برون‌زا فرض کرده است یا به‌صورت ضمنی لحاظ کرده است. نوآوری این پژوهش، واردکردن هم‌زمان تورم، تولید و نوسانات نرخ ارز به‌عنوان اهدافی مستقل در تابع زیان بانک مرکزی است. با حل مسئله رمزی سیاست‌گذار، وزن‌دهی بهینه هر یک از این اهداف براساس ویژگی‌های ساختاری اقتصاد تعیین می‌شود و آثار رفاهی آن‌ها ازطریق شبیه‌سازی عددی مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ امری که دلالت‌های عملی مهمی برای اقتصادهای شوک‌پذیر به‌همراه دارد.

پرسش‌های پژوهش: پرسش محوری آن است که، سیاست پولی بهینه در مواجهه با شوک‌های نرخ ارز از چه مسیرهایی اثر می‌گذارد؟ هدف پژوهش حاضر، شناسایی شرایطی است که در آن سیاست پولی بهینه در مواجهه با شوک‌های نرخ ارز اثرگذار می‌شود؛ این تحلیل براساس (الف) انواع تکانه‌ها (حقیقی، تقاضا و عرضه) و (ب) اهداف سیاستی (شکاف تولید و تثبیت قیمت) انجام شده است.

این پژوهش به‌صورت نظام‌مند، از مبانی نظری تا نتایج سیاستی، سیاست پولی بهینه در اقتصاد ایران و نقش نرخ ارز در چارچوب مدل‌های DSGE را تحلیل می‌کند و رفتار خانوارها، فناوری، سازوکار قیمت‌گذاری، شوک‌های نرخ ارز و تابع زیان سه‌بعدی بانک مرکزی (تورم، شکاف تولید و ثبات ارزی) را تشریح می‌کند. هم‌چنین، قاعدهٔ بهینهٔ سیاست پولی در سناریوهای مختلف وزن‌دهی به اهداف استخراج می‌شود و نتایج شبیه‌سازی‌ها، شامل واکنش‌های کوتاه‌مدت و مقایسهٔ رفاهی سناریوها، گزارش می‌شود. در بخش پایانی، دلالت‌های سیاستی جمع‌بندی شده و مسیرهای پژوهشی آینده پیشنهاد می‌شود.

۲. ادبیات موضوع

در اقتصادهای درحال توسعه، شوک‌های نرخ ارز به یکی از مهم‌ترین عوامل بی‌ثباتی کلان تبدیل شده‌اند و بر تورم، نوسانات تولید و پایداری مالی اثر قابل‌توجهی می‌گذارند (ذریه‌محمدعلی و همکاران، ۱۴۰۰). شواهد تجربی، به‌ویژه در اقتصادهای وابسته به نفت مانند ایران، نشان می‌دهد که نوسانات ارزی از مسیر انتقال به قیمت‌های داخلی و اثرگذاری بر ترازنامهٔ بنگاه‌ها و بانک‌ها، رفاه اقتصادی و ثبات کلان را با چالش مواجه می‌کنند (گوپینات و همکاران، ۲۰۲۲)[3]. با این‌حال، بخش قابل‌توجهی از ادبیات مبتنی‌بر مدل‌های DSGE، نرخ ارز را صرفاً به‌عنوان

1. Benigno et al.
2. Dynamic Stochastic General Equilibrium
3. Gopinath et al.

کانال انتقال شوک به تورم و تولید درنظر می‌گیرد و نقش مستقل ثبات ارزی را در طراحی سیاست پولی به‌صورت صریح لحاظ نمی‌کند (مازلیس و همکاران، ۲۰۲۴).

در چارچوب اقتصاد کلان نوکینزی، سیاست پولی بهینه معمولاً ازطریق کمینه‌سازی تابع زیان بانک مرکزی تعریف می‌شود که تمرکز اصلی آن بر مهار نوسانات تورم و شکاف تولید قرار دارد و در برخی کاربردها، تغییرات نرخ بهره را نیز دربر می‌گیرد. قواعد استاندارد تورم تولید، مانند نسخه‌های بهینه‌شدهٔ قاعدهٔ تیلور، به‌عنوان تقریب‌های عملی این رویکرد عمل می‌کنند و با وزن‌دهی مناسب به اهداف سیاستی، می‌کوشند انحراف اقتصاد از تعادل کارای اجتماعی را کاهش دهند (هوفمان و همکاران، ۱۴۰۰). با این‌حال، در اقتصاد باز ایران که به‌شدت در معرض نوسانات نرخ ارز قرار دارد، این قواعد تنها بخشی از آثار شوک‌های ارزی را به‌طور غیرمستقیم جذب می‌کنند و شوک‌های شدید و مکرر ارزی می‌توانند هزینه‌های رفاهی قابل‌توجهی ایجاد کنند که در تابع زیان متعارف بازتاب نمی‌یابد؛ از این‌رو، گنجاندن صریح شاخص‌های ثبات ارزی در تابع هدف سیاست پولی این امکان را فراهم می‌کند که بانک مرکزی نرخ بهره را به‌گونه‌ای تنظیم کند که به‌طور هم‌زمان نوسانات تورم، تولید و نرخ ارز را مهار کرده و پایداری رفاه اقتصادی را به‌صورت مؤثرتری حفظ کند (مازلیس و همکاران، ۲۰۲۴).

در مدل‌های DSGE با ویژگی‌های اقتصاد ایران، نرخ ارز و شوک‌های ارزی نقش کلیدی در انتقال اختلالات خارجی به متغیرهای کلان دارند و بر تورم، تولید و وضعیت مالی تأثیر می‌گذارند (حیدریان و همکاران، ۱۴۰۳). این شوک‌ها ازطریق تغییر قیمت نسبی کالاها، تعدیل شرایط تجاری و اثرگذاری بر ترازنامه‌ها، پویایی اقتصادی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. در اقتصادهای وابسته به واردات و دارای ترازنامه‌های دلاریزه، گنجاندن صریح ثبات ارزی در تابع هدف بانک مرکزی ضروری است؛ زیرا سیاست پولی نمی‌تواند صرفاً بر تثبیت تورم و تولید متمرکز شود (هافمن و همکاران، ۲۰۲۴).

در مقایسه با مطالعات پیشین سیاست پولی در ایران، که عمدتاً بر مدل‌های VAR/SVAR برای بررسی اثرات شوک‌های نرخ ارز تکیه کرده‌اند، این پژوهش یک مدل DSGE کالیبره‌شده بر ویژگی‌های ساختاری اقتصاد ارائه می‌دهد که رفتار بهینهٔ عوامل را مدل‌سازی کرده و قاعدهٔ سیاست پولی پویا را استخراج می‌کند. برخلاف مدل‌های DSGE پیشین که شوک‌های ارزی را به‌صورت ایزوله بررسی می‌کنند، این مطالعه اثرات هم‌زمان شوک‌های ارزی، نفتی و نقدینگی را درنظر می‌گیرد و نشان می‌دهد که تقویت وزن تورم در قاعدهٔ پولی، سرریز شوک‌ها را تعدیل کرده و واریانس نرخ بهره و رفاه بلندمدت را کاهش می‌دهد؛ هم‌راستا با نتایج مطالعات مبتنی‌بر GARCH. با این‌حال، محدودیت‌های مدل شامل فرض همگنی عوامل، نادیده‌گرفتن ناهم‌سانی اعتباری و دلاریزاسیون بدهی‌ها، و ساده‌سازی شوک‌ها در چارچوب رژیم‌های مارکوف‌وار است که دقت پیش‌بینی جهش‌های ارزی شدید در اقتصاد نفتی ایران را محدود می‌کند و ضرورت گسترش به عوامل ناهمگن و سوئیچینگ رژیم‌ها را برجسته می‌سازد. باوجود پیشرفت‌های اخیر در مدل‌سازی DSGE برای اقتصاد ایران، خلأهای پژوهشی قابل‌توجهی باقی‌مانده است. این خلأها شامل تمرکز محدود بر شوک‌های ارزی مستقل و نادیده‌گرفتن تعامل آن‌ها با نوسانات نفتی و نقدینگی، تحلیل ناکافی وزن‌دهی بهینهٔ تورم تولید در برابر مجموعه‌ای از شوک‌های ساختاری، و عدم ادغام کانال‌های انتقال ارزی با کالیبراسیون داده‌های بلندمدت است. هم‌چنین، فقدان یک چارچوب یکپارچه برای شبیه‌سازی رفتار بهینهٔ عوامل و استخراج قاعدهٔ رمزی سیاست‌گذار در حضور شوک‌های چندگانه، همراه با

نادیده‌گرفتن ناهمگنی عوامل و تغییرات رژیم شوک‌ها، از محدودیت‌های اصلی موجود به‌شمار می‌رود و مسیرهای پژوهشی آینده را مشخص می‌کند.

شوک‌های نرخ ارز در اقتصادهای درحال توسعه، به‌ویژه در اقتصاد نفتی و ارزی ایران، منبع مهم بی‌ثباتی تورم، نوسانات تولید و فشارهای مالی هستند و نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت سیاست پولی و رفاه اقتصادی ایفا می‌کنند (حیدریان و همکاران، ۱۴۰۳). این شوک‌ها ازطریق تغییر قیمت‌های داخلی، شرایط تجاری و تأثیر بر ترازنامهٔ بنگاه‌ها و بانک‌ها، تعامل پیچیده‌ای با تکانه‌های نفتی و نقدینگی ایجاد می‌کنند که نوسانات کلان را تشدید می‌کند (زارعی و همکاران، ۱۴۰۳). مدل‌های نوین DSGE، با کالیبراسیون براساس ویژگی‌های ساختاری اقتصاد ایران، امکان بررسی سیاست پولی بهینه با لحاظ هم‌زمان تورم، تولید و ثبات ارزی را فراهم می‌کنند و پاسخ سیاستی به شوک‌های متعدد و پیامدهای رفاهی بلندمدت را تحلیل می‌کنند (هافمن و همکاران، ۲۰۲۴). با این‌حال، محدودیت‌هایی مانند فرض همگنی عوامل و نادیده گرفتن تغییرات رژیم شوک‌ها، ضرورت توسعهٔ مدل‌ها با عوامل ناهمگن و سوئیچینگ رژیم‌ها را برجسته می‌کند و مسیر پژوهش‌های آینده برای بهبود طراحی سیاست پولی را مشخص می‌سازد (مازلیس و همکاران، ۲۰۲۴).

شواهد تجربی از اقتصاد ایران نشان می‌دهد که شوک‌های نرخ ارز تأثیر قابل‌توجهی بر متغیرهای کلان دارند. تکانه‌های ارزی مثبت، نرخ تورم را افزایش می‌دهند و ازطریق افزایش هزینه‌های واسطه‌ای و تضعیف ترازنامهٔ بنگاه‌ها، شکاف تولید را کاهش می‌دهند. تعامل این شوک‌ها با تکانه‌های نفتی، نوسانات کلان را تشدید می‌کند. شبیه‌سازی‌های DSGE کالیبره‌شده نشان می‌دهد که قاعده سیاست پولی با تمرکز بر تورم، نوسانات قیمتی را تعدیل و سرریز به بخش واقعی را کاهش می‌دهد؛ هرچند نوسانات نرخ بهره افزایش می‌یابد. این نتایج با برآوردهای پیشین هم‌خوانی دارد و مدل حاضر با ادغام رفتار بهینه‌ساز عوامل، دقت پیش‌بینی بالاتری در افق‌های بلندمدت ارائه می‌دهد. درمجموع، این شواهد بر ضرورت تعادل میان مهار تورم و حفظ پویایی تولید در قاعدهٔ پولی اقتصاد نفتی ارزی ایران تأکید می‌کند.

این ادبیات نشان می‌دهد که مدل‌های استاندارد DSGE باید برای ایران سفارشی‌سازی شوند تا تکانه‌های درآمد نفتی مؤثر بر نقدینگی و بودجه، رژیم‌های نرخ ارز مؤثر بر تورم و شکاف تولید، و اصطکاک‌های مالی مؤثر بر بازار سهام را دربر گیرند.

بر همین‌اساس، این پژوهش یک مدل چندبخشی DSGE نوکینزی شامل: خانوارها، بنگاه‌ها، دولت و بانک مرکزی ارائه می‌کند که تکانه‌های کلان را به‌طور صریح وارد می‌کند. این مدل، چارچوب‌های پیشین (گالی و موناسلی، ۲۰۰۵[1]؛ نیستاکو ، ۲۰۱۲[2]) را گسترش می‌دهد تا امکان وقوع هم‌زمان تکانه‌های درآمد نفتی، نرخ ارز و نقدینگی در بازار سهام فراهم شود و بینش‌هایی ارائه کند که مدل‌های متعارف قادر به آشکارسازی آن نیستند. این رویکرد، موازنه‌های سیاستی بین تثبیت تورم، حمایت از تولید و حفظ ثبات مالی را در اقتصاد کوچک و نفت‌محور ایران برجسته می‌سازد.

1. Galí & Monacelli
2. Nisticò

درمجموع، ادبیات مرورشده ضمن بیان ارتباط موضوعی، محدودیت‌های مدل‌های موجود را نیز آشکار کرده و انگیزهٔ لازم را برای ارائه چارچوب سفارشی‌شدهٔ DSGE در بخش بعدی فراهم می‌کند. این مدل امکان تحلیل جامع سیاست پولی بهینه را در شرایط اثرگذاری هم‌زمان تکانه‌ها را فراهم کرده و راهنمایی‌هایی فراتر از رویکردهای سنتی ارائه می‌دهد.

۳. پیشینهٔ پژوهش

در مطالعات پیشین انجام‌شده در این زمینه می‌توان به تحقیقات «نیستاکو» (۲۰۱۲)، «وگالی» و «موناسلی» (۲۰۰۵)، «برگ» و همکاران (۲۰۱۰)[1] و «بیات» و همکاران (۱۳۹۵) اشاره کرد. این مطالعات با استفاده از مدل‌های DSGE به بررسی سیاست پولی بهینه پرداخته‌اند. با این‌حال، تعداد تحقیقات انجام‌شده در خارج اندک بوده و تحقیقات داخلی نیز محدود و تا سال ۱۴۰۱ به‌روز هستند؛ بنابراین، نیاز به بررسی و تحلیل‌های جدید در سال ۱۴۰۴ احساس می‌شود.

«کوئنن»[2] و همکاران (۲۰۲۵) در مطالعه‌ای در چارچوب مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE) کینزی جدید، بررسی شده است که این چارچوب‌ها تا چه اندازه قادر به تبیین پویایی‌های تورم، تولید و انتقال سیاست پولی هستند. نتایج نشان می‌دهد که مدل‌های استاندارد هم‌چنان بخش مهمی از نوسانات تورم و تولید را توضیح می‌دهند، اما گسترش آن‌ها با لحاظ اصطکاک‌های مالی، کران مؤثر نرخ بهره و شوک‌های قیمت انرژی، توان تحلیلی و پیش‌بینی را به‌طور معناداری افزایش داده است. هم‌چنین این مدل‌ها ابزار مناسبی برای ارزیابی پیامدهای رفاهی قواعد سیاست پولی و مقایسه سیاست‌های اجراشده با سیاست‌های بهینه فراهم می‌کنند، هرچند تجربه‌های اخیر تورمی، ضرورت تقویت ساختار عرضه و درنظر گرفتن پویایی‌های غیرخطی را برجسته می‌سازد.

«کارادی»[3] و همکاران (۲۰۲۵) در مطالعه‌ای، سیاست پولی بهینهٔ رمزی در چارچوب قیمت‌گذاری وابسته به حالت بررسی می‌شود و نشان‌داده می‌شود که وجود منحنی فیلیپس غیرخطی، موجب افزایش حساسیت تورم به فعالیت اقتصادی پس از شوک‌های بزرگ می‌گردد. نتایج بیانگر آن است که در مواجهه با شوک‌های هزینه‌ای، سیاست پولی بهینه امکان مهار مؤثرتر تورم را فراهم می‌کند، درحالی‌که در برابر شوک‌های بهره‌وری، تعهد به ثبات قیمت‌ها هم‌چنان به‌عنوان قاعده‌ای بهینه باقی می‌ماند.

«آیسون»[4] (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل DSGE سه‌کشوری، محرک‌های نوسانات نرخ ارز در اقتصادهای کوچک و باز (SOE) نشان‌داده شد که شوک‌های مالی خارجی، اصلی‌ترین عامل بی‌ثباتی نرخ ارز هستند؛ درحالی‌که شوک‌های داخلی نقش مکمل دارند و شوک‌های غیرمالی تأثیر قابل‌توجهی بر نوسانات ارز ندارند. یافته‌ها با تحلیل مدل خودرگرسیون برداری با متغیرهای برون‌زا نیز هم‌خوانی دارد.

1. Barg et al.
2. Coenen et al.
3. Karadi et al.
4. Aísson

«یانگ»[1] (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای، پویایی نرخ ارز چین با مدل DSGE اقتصاد باز بررسی شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که شوک‌های بهره‌وری، محرک اصلی نوسانات نرخ ارز واقعی هستند و شوک‌های پولی بیشترین اثر را بر نرخ ارز اسمی دارند. علاوه‌بر این، گنجاندن شوک‌های خبری محدود شده تأثیر قابل‌توجهی بر نتایج مدل پایه ایجاد نمی‌کند.

«بیلی»[2] و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای نشان‌داده شده است که در چارچوب یک مدل کینزی جدید و در شرایطی که نرخ بهرهٔ طبیعی به‌طور پایدار منفی و نرخ بهرهٔ اسمی با کران صفر مواجه است، سیاست پولی بهینه به‌گونه‌ای طراحی می‌شود که اقتصاد به‌تدریج به تعادلی با تورم مثبت میانگین همگرا شود. نتایج نشان می‌دهند که حتی در حضور محدودیت کران صفر، بانک مرکزی می‌تواند با استفاده از قواعد غیرخطی نرخ بهره، مسیرهای باثبات و یکتایی برای تورم و تولید در مواجهه با شوک‌ها ایجاد کند.

«چن»[3] و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای اصطکاک‌های بازار ارز و نقش بالقوهٔ مداخلات ارزی را در اقتصادهای نوظهور (EME)[4] و برخی کشورهای پیشرفته (AE)[5] با هدف‌گذاری تورم بررسی می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که سیاست نرخ بهره به‌تنهایی ممکن است برای تثبیت تولید و تورم پس از شوک‌های خروج سرمایه کافی نباشد و مداخلات ارزی می‌تواند کارایی سیاست‌ها را بهبود بخشد. نتایج همچنین تفاوت‌های ساختاری بین کشورهای توسعه‌یافته (AE) و بازارهای نوظهور (EME)، به‌ویژه در عمق بازار ارز، و اهمیت درون‌زایی رفتار مداخلات ارزی را برجسته می‌کند؛ این امر استفادهٔ گزینشی از مداخلات ارزی در برخی بازارهای نوظهور را توجیه می‌کند.

«هوفمان»[6] و همکاران (۲۰۲۴) در یک مطالعه نشان‌داده شده است که بانک‌های مرکزی که تحت چارچوب هدف‌گذاری تورم یا رژیم‌های مشابه عمل می‌کنند، اهداف خود را به‌صورت هدفمند دنبال کرده و به تورم ناشی از تقاضا واکنش قوی‌تری نسبت به تورم ناشی از عرضه نشان می‌دهند. این یافته از تخمین قواعد سیاست پولی نوع تیلور برای هفت اقتصاد پیشرفته به‌دست آمده و با توصیه‌های نظریهٔ پولی و رویه‌های رسمی بانک‌های مرکزی هم‌خوانی دارد. هم‌چنین، نشان‌داده شده است که در دورهٔ افزایش تورم پس از پاندمی، نرخ‌های سیاستی ابتدا با تأخیر واکنش نشان‌دادند، اما نهایتاً به سطوح پیش‌بینی‌شده توسط قواعد هدفمند تیلور رسیدند.

«حیدریان» و همکاران (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل‌های DSGE نشان‌داده شده است که شوک‌های ناشی از تحریم باعث افزایش نرخ بهره، تورم، مصرف و واردات و کاهش تولید، صادرات، سرمایه‌گذاری و فروش نفت می‌شوند. هم‌چنین، سیاست‌های پولی و مالی قادر به کاهش اثرات تحریم هستند و به‌ویژه سیاست پولی نقش مؤثرتری در مهار آثار کوتاه‌مدت و میان‌مدت تحریم‌ها ایفا می‌کند؛ این امر ضرورت طراحی هماهنگ سیاست‌های اقتصادی برای حفظ ثبات و تاب‌آوری مالی را برجسته می‌سازد.

1. Yang
2. Billi et al.
3. Chen et al.
4. Emerging Market Economies
5. Advanced Economies
6. Hofmann et al.

«پوراکبر» و همکاران (۱۴۰۳) در این مطالعه، سیاست پولی بهینه در شرایط عدم قطعیت در اقتصاد ایران بررسی‌شده و نقش دو رویکرد «قیمت‌گذاری کالوو»[1] و «روتنبرگ»[2] تحلیل می‌شود. نتایج نشان می‌دهند که سیاست پولی بهینه، هم‌زمان تورم و شکاف تولید را تثبیت کرده و با کاهش انگیزه‌های احتیاطی خانوارها و بنگاه‌ها، ثبات اقتصادی را ارتقا می‌دهد.

«زارعی» و همکاران (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل DSGE مبتنی‌بر رویکرد کینزی جدید، آثار هم‌زمان تحریم‌های اقتصادی و نقش صندوق توسعهٔ ملی بر متغیرهای کلان ایران تحلیل شده است. نتایج نشان می‌دهد که تحریم‌های صادراتی غیرنفتی و کالاهای واسطه‌ای بیشترین تأثیر منفی را بر تولید، اشتغال، تورم و دستمزد دارند، درحالی‌که تحریم‌های نفتی اثر محدودتری بر اقتصاد دارند. هم‌چنین صندوق توسعهٔ ملی قادر به کاهش نوسانات ارزی ناشی از تحریم‌ها نیست و کارکرد آن در مهار تکانه‌های خارجی به‌طور قابل‌توجهی محدود شده است.

«نظری» و همکاران (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای با استفاده از یک مدل DSGE شامل شبکهٔ بانکی، آثار سیاست پولی مبتنی‌بر نرخ سود واقعی صفر بر متغیرهای کلان ایران تحلیل شده است. نتایج نشان می‌دهد که سیاست پولی طی دورهٔ ۱۳۸۸–۱۴۰۰ انفعالی بوده و توانایی واکنش کافی به شوک‌های اقتصادی را ندارد. شبیه‌سازی‌ها نیز حاکی از محدودیت این قاعده در بازگرداندن اقتصاد به تعادل پایدار هستند، که ضرورت بازبینی سیاست نرخ سود واقعی صفر را برای تضمین ثبات کلان برجسته می‌سازد.

«نصیری» و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE)، سیاست پولی اختیاری در اقتصاد ایران تحلیل شده و اعتبار بانک مرکزی در مدیریت تورم و نرخ ارز برآورد می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که اعتبار مقامات پولی در هر دو حوزه بسیار پایین است و تخصیص وزن بالاتر به کاهش شکاف نرخ ارز، همراه با وزن برابر برای سایر اهداف، کمترین نوسانات و زیان اجتماعی را ایجاد می‌کند. هم‌چنین، اعتبار بالاتر سیاست‌گذار باعث تثبیت سریع‌تر متغیرهای کلان می‌شود، زیرا فعالان اقتصادی اثر شوک‌ها را موقتی تلقی کرده و تصمیمات خود را براساس آن تنظیم نمی‌کنند؛ این امر اهمیت طراحی سیاست پولی با توجه به اعتبار مقامات را برجسته می‌سازد.

«ذریه محمدعلی» و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای، کارآیی سیاست‌های پولی و مالی در ایران با تمرکز بر واکنش به شکاف تولید بررسی شده است. یافته‌ها نشان می‌دهند که بانک مرکزی به تغییرات شکاف تولید واکنش محدودی دارد، درحالی‌که دولت با سیاست‌های انبساطی پاسخ می‌دهد؛ این امر نشان‌دهندهٔ انحراف رفتار عملی سیاست‌های مالی از قواعد استاندارد تیلور و اهمیت نقش دولت در مدیریت نوسانات تولید است.

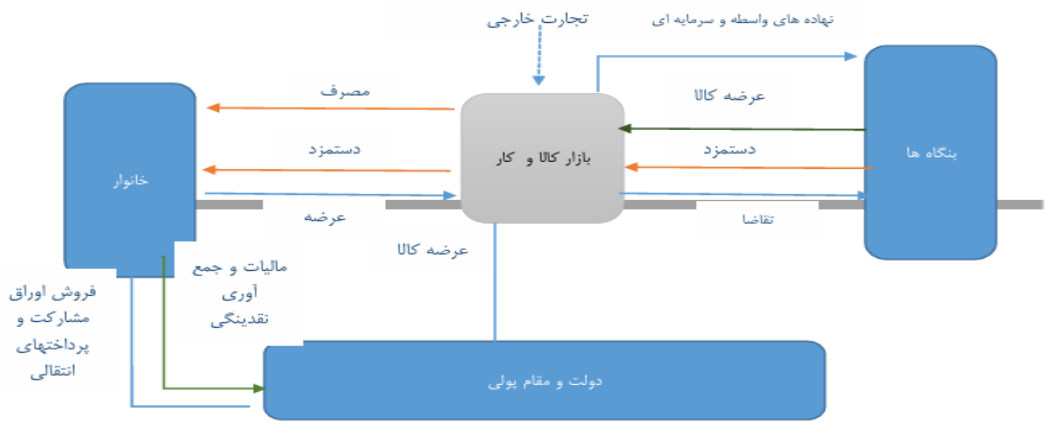
«الباجی» و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای با استفاده از چارچوب مکتب کینزی‌های جدید و مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE)، یک مدل کلان قابل برآورد برای اقتصاد ایران طراحی کردند و آثار سیاست‌های پولی و ارزی را بر متغیرهای کلان اقتصادی تحلیل نمودند. شبیه‌سازی‌ها نشان‌داد که ابزارهایی مانند: نرخ سود بانکی، ذخایر ارزی بانک مرکزی و نرخ تغییر ارز اسمی، تأثیر قابل‌توجهی بر تراز تجاری واقعی، شکاف تولید، تورم،

1. Calvo pricing
2. Rotemberg pricing

نرخ ارز واقعی و دارایی‌های خارجی دارند. هم‌چنین، مقایسهٔ رژیم‌های ارزی مختلف نشان‌داد که نظام ارزی مدیریت‌شده (میانی) نسبت به نظام‌های شناور و میخکوب‌شده، نوسانات کمتری در متغیرهای کلان ایجاد کرده و بیشترین پایداری را فراهم می‌کند.

٤. روش‌شناسی پژوهش

مطابق پژوهش گالی و موناسلی (۲۰۰۵)، پژوهش حاضر یک مدل تعادل‌عمومی پویای تصادفی (DSGE) برای اقتصاد ایران ارائه می‌دهد که براساس چارچوب نیستاکو (۲۰۱۲) تنظیم شده است. ساختار مدل شامل: خانوارها، بنگاه‌ها، دولت و بانک مرکزی است و ویژگی‌های منحصربه‌فردی نسبت به مطالعات پیشین دارد؛ ازجمله واردکردن بازار سرمایه و پویایی قیمت سهام به‌عنوان کانال‌های اثرگذار بر فرآیند سیاست‌گذاری پولی. بدین‌ترتیب، این رویکرد امکان بررسی دقیق‌تر اثرات سیاست‌های پولی را در شرایطی فراهم می‌کند که بازار سرمایه نقش تعیین‌کننده‌ای در انتقال سیاست‌ها به بخش واقعی اقتصاد ایفا می‌کند.



نمودار مدل پیشنهادی DSGE در این پژوهش.

Flowchart of the proposed DSGE model in this study.

٤-١. خانوارها

فرض می‌شود که اقتصاد از تعداد زیادی خانوار تشکیل شده است که با اندیس i نشان می‌دهیم و همهٔ آن‌ها همگن هستند. خانوارها از مصرف کالاها و نگه‌داری مانده‌های حقیقی پول مطلوبیت کسب می‌کنند و با ارائه کار بیشتر از مطلوبیتش کاسته می‌شود؛ زیرا فراغت وی کاهش می‌یابد. ارزش حال مطلوبیت‌هایی که خانوار نماینده در طول دوران زندگی خود به‌دست می‌آورد. که در آن β عامل تنزیل زمانی است. شکل تابع مطلوبیت خانوار که تابعی از مصرف کل خانوار، ماندهٔ حقیقی پول و عرضهٔ کار می‌باشد، به‌شرح معادله (۱) است:

$$E_0 \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i U_t^i(0)$$

$$E_0\sum_{i=0}^{\infty}\beta^i U_t^i=\left[\frac{1}{1-\sigma_c}\left(c_t^i-hc_{t-1}\right)^{1-\sigma_c}-\frac{1}{1+\sigma_l}\left(L_t^i\right)^{1+\sigma_l}\frac{1}{1-\sigma_m}+\left(\frac{M_t^{c,t}}{P_t^c}\right)^{1-\sigma_m}\right] \quad (۱)$$

در معادله (۱) کالاهای مصرفی از ترکیبی از کالاهای مصرفی تولید داخل و وارداتی متفاوت تشکیل شده است که توسط تولیدکنندگان داخلی و واردات تأمین می‌شود. در تابع مطلوبیت (۱)، σ_c ضریب ریسک‌گریزی نسبی را بیان می‌کند که عکس کشش جانشینی بین دوره‌ای مصرف را نشان می‌دهد. پارامتر σ_l بیانگر عکس کشش عرضهٔ نیروی کار نسبت به دستمزد واقعی و σ_m عکس کشش ماندهٔ حقیقی پول $(m_t^{c,t}=\frac{M_t^{c,t}}{P_t^c})$ نسبت به نرخ بهره را نشان می‌دهد. تابع مطلوبیت در معادله (۱)، عادات بیرونی (رفتار چشم‌هم‌چشمی) رفتار مصرف‌کننده را منعکس می‌کند که این عادات به‌میزان متوسط مصرف سرانهٔ اقتصاد بستگی دارد؛ لذا هر خانوار نمایندهٔ در اقتصاد در زمان t وقتی که مصرف وی از h درصد متوسط مصرف سرانهٔ اقتصاد در دورهٔ t-1 بزرگ‌تر باشد، از مصرف بیشتر مطلوبیت مثبت کسب می‌کند که در آن h بیانگر آن است که نشان‌دهندهٔ تمایل مصرف‌کننده برای هموار کردن سطح مصرف خود نسبت به متوسط مصرف سرانه در دوره‌های گذشته است. هرچه h بالا باشد درجهٔ وابستگی بالایی از عادت مصرفی را نشان می‌دهد.

٤-١-١. انتخاب سبد مصرفی و به‌دست آوردن توابع تقاضای مصرف

در معادله (۱) فرض می‌شود مصرف کل به قیمت حقیقی(c_t^i)، ترکیبی از مصرف کالاهای داخلی(c_t^d) و کالاهای وارداتی(c_t^m) است که به‌ترتیب توسط بنگاه‌های تولیدی داخلی و وارداتی تأمین می‌شود. این کالاها ازطریق جمع‌گر دیگسیت–استیگلیتز با هم ترکیب می‌شوند، یعنی

$$c_t=\left[\xi_c^{\frac{1}{\mu_c}}\left(c_t^d\right)^{\frac{\mu_c-1}{\mu_c}}+(1-\xi_c)^{\frac{1}{\mu_c}}\left(c_t^m\right)^{\frac{\mu_c-1}{\mu_c}}\right]^{\frac{\mu_c}{\mu_c-1}} \quad (۲)$$

که در آن ξ_c و $(1-\xi_c)$ به ترتیب سهم کالاهای تولیدی داخلی و وارداتی در کل سبد مصرفی خانوارها و η_c کشش جانشینی بین کالاهای مصرفی و وارداتی را نشان می‌دهد. در حالت کلی، مسئله تصمیم‌گیری خانوار را می‌توان در دو مرحله بررسی کرد؛ در مرحلهٔ اول، خانوار تصمیم می‌گیرد که چه ترکیبی از کالاهای مصرفی را انتخاب کند تا هزینهٔ دستیابی به سطح مشخصی از مصرف کالای ترکیبی به حداقل برسد. در این مرحله، خانوارها هزینهٔ خرید مصرف ترکیبی(c_t) را حداقل می‌کنند. در مرحلهٔ دوم با توجه به هزینهٔ دسترسی در هر سطح معینی از مصرف c_t، خانوار مقادیر بهینه‌ای از $c_t, L_t, \frac{M_t^c}{P_t}$ را به‌گونه‌ای انتخاب می‌کند که مطلوبیت آن‌حداکثر شود. برای انجام مرحلهٔ اول، خانوارها هزینهٔ خرید سطح مصرف ترکیبی c_t، را حداقل می‌کنند. درخصوص انتخاب کالاهای مصرفی‌تولید داخل و وارداتی، آن‌ها مسئله (۳) را حل می‌کنند:

$$\min_{c_t^i} P_t^d c_t^d + P_t^m c_t^m$$
$$s.t \qquad (۳)$$
$$c_t = \left[\xi_c^{\frac{1}{\mu_c}}(c_t^d)^{\frac{\mu_c-1}{\mu_c}} + (1-\xi_c)^{\frac{1}{\mu_c}}(c_t^m)^{\frac{\mu_c-1}{\mu_c}}\right]^{\frac{\mu_c}{\mu_c-1}}$$

که در آن c_t^d و c_t^m به‌ترتیب مصرف کالاهای تولید داخل و کالاهای وارداتی و P_t^d و P_t^m به‌ترتیب شاخص قیمت کالاهای داخلی و کالاهای وارداتی است. از حل شرایط مرتبهٔ اول رابطه (۳) می‌توان توابع تقاضا برای کالاهای مصرفی داخلی و وارداتی به‌صورت رابطه (۴) به‌دست آورد:

$$c_t^m = (1-\xi_c)\left(\frac{P_t^m}{P_t^c}\right)^{-\mu_c} c_t \qquad (۴)$$

$$c_t^d = \xi_c\left(\frac{P_t^d}{P_t^c}\right)^{-\mu_c} c_t \qquad (۵)$$

با جایگزینی روابط (۴) و (۵) در سبد مصرفی خانوارها $P_t^d c_t^d + P_t^m c_t^m = P_t^c c_t$ شاخص کل قیمت مصرف‌کننده (P_t^c)، با اجزای آن به‌دست می‌آید، یعنی

$$P_t^c = [\xi_c (P_t^d)^{1-\eta_c} + (1-\xi_c)(P_t^m)^{1-\eta_c}]^{\frac{1}{1-\eta_c}} \qquad (۶)$$

که در آن P_t^c بیانگر تغییرات شاخص کل قیمت مصرف‌کننده است. بعد از این‌که ترکیب بهینهٔ کالاها در مرحلهٔ اول تعیین شد، در مرحلهٔ سوم، هدف خانوارها این است که تابع مطلوبیت موردانتظار خود را نسبت به قید بودجه بین دوره‌ای حداکثر کنند. در مرحلهٔ دوم، بعد از این‌که ترکیب بهینهٔ کالاها در مرحلهٔ اول تعیین شد، هدف خانوارها این است که مقادیر بهینه‌ای از مصرف c_t ، نیروی کار L_t و دارایی‌های مالی را به‌گونه‌ای انتخاب می‌کند که مطلوبیت او حداکثر شود. دارایی‌های مالی خانوارها از پول، اوراق مشارکت و سهام تشکیل شده است. پول بازدهی اسمی ندارد، ولی به اوراق مشارکت سودی (بهره‌ای) با نرخ r_t^d تعلق می‌گیرد. به سهام سود تقسیمی (در صورت وجود) و عایدی سرمایه تعلق می‌گیرد. میزان دارایی‌های مالی خانوارها در پایان دورهٔ t شامل پول نقد، اوراق مشارکت، سبدی از سهام $N_t(j)$ که توسط بنگاه‌های واسطه‌ای jام منتشر می‌شود. قیمت اسمی هر سهم بنگاه jام در دورهٔ t با $P_t^s(j)$ نشان می‌دهیم؛ بنابراین، ثروت سهام خانوار iام شامل سبدی از سهام بنگاه‌های واسطه‌ای است، که هرکدام از این سهام دارای سود تقسیمی با ارزش اسمی $DV_t(j)$ می‌باشد؛ بنابراین، در شروع هر دوره منابع درآمدی خانوارها شامل خالص اجارهٔ دستمزد، سرمایه و مجموعه‌ای از ثروت مالی از دورهٔ قبل (شامل: پول، اوراق مشارکت و سهام) می‌باشد.

برای مدل‌سازی دارایی سهام از مطالعات نیستاکو (۲۰۰۳ و ۲۰۱۰)[1] استفاده می‌کنیم. دارایی‌های (ثروت) سهام خانوار iام را که از دورهٔ قبل به‌همراه داشته ($\Omega_{t-1}^{*,i}$) را می‌توان به‌صورت رابطه (۷) نوشت:

$$\Omega_{t-1}^{*,i} = \int_0^1 (P_t^s(j) + DV_t(j)) N_t(j)\, dj \qquad (۷)$$

قید بودجهٔ بین دوره‌ای خانوارها را برحسب قیمت‌های حقیقی را می‌توان به‌صورت رابطه (۸) بیان کرد:

1. Nistico

$$c_t^i + I_t^i + b_t^i + \frac{1}{P_t^c}\int_0^1 P_t^s(j)\frac{N_t(j)}{\varepsilon_t^s}dj + m_t^{c,i} = (1+r_{t-1}^d)\frac{b_{t-1}^i}{\pi_t^c} + \frac{m_{t-1}^{c,i}}{\pi_t^c} + \frac{1}{P_t^c}\Omega_{t-1}^{*,i} + TR_t^i - T_t^i + y_t^i \quad (۸)$$

که در آن I_t^i میزان سرمایه‌گذاری، b_t^i اوراق مشارکت، r_{t-1}^d بیانگر نرخ بهره اسمی اوراق مشارکت، T_t^i مالیات خانوارها (مالیات مستقیم، غیرمستقیم و ارزش‌افزوده)، TR_t^i پرداخت‌های انتقالی دولت، P_t^I شاخص قیمت سرمایه‌گذاری است و خانوار ثروت خود را به‌صورت ماندهٔ واقعی پول $m_t^{c,i}$ و اوراق مشارکت b_t^i نگه‌داری می‌کنند، π_t^c نرخ تورم برمبنای شاخص کل قیمت مصرف‌کننده، ε_t^s تکانهٔ قیمت سهام است که درواقع حباب قیمت را تشکیل می‌دهد. سایر متغیرها قبلاً در متن تعریف شده است و y_t^i بیانگر درآمد خانوارها است که به‌صورت رابطه (۹) تعریف شد:

$$y_t^i = \frac{W_t^i}{P_t^c}L_t^i + R_t^k k_{t-1}^i - k_{t-1}^i + Div_t^i \quad (۹)$$

درآمد کل خانوارها از محل دستمزد نیروی کار $(\frac{W_t^i}{P_t^c}L_t^i)$، اجارهٔ سرمایه منهای هزینهٔ مربوط به تغییرات در نرخ بهره‌برداری از ظرفیت سرمایه و سودهای تقسیم‌شدهٔ بنگاه‌های تولیدکنندهٔ کالاهای واسطه‌ای Div_t^i به‌دست می‌آید. در رابطه (۹)، W_t^i دستمزد اسمی، R_t^k نرخ بازدهی حقیقی سرمایه می‌باشد. موجودی سرمایه در مالکیت خانوارها است و به‌عنوان عامل تولید همگن در فرآیند تولید مورداستفاده قرار می‌گیرد. خانوارها، موجودی سرمایهٔ خود را با نرخ R_t^k به بنگاه‌های تولیدکنندهٔ کالاهای واسطهٔ اجاره می‌دهند. فرض می‌شود که فرآیند انباشت سرمایه ازطریق معادله (۱۰) انجام می‌شود:

$$k_t^i = (1-\delta)k_{t-1}^i + \left[1 - S\left(\frac{I_t^i}{I_{t-1}^i}\right)\right]I_t^i \quad (۱۰)$$

که در آن δ نرخ استهلاک سرمایه‌گذاری، I_t^i سرمایه‌گذاری ناخالص بخش خصوصی و $S(0)$ تابع هزینهٔ تعدیل سرمایه‌گذاری می‌باشد که تابعی مثبت از تغییرات در سرمایه‌گذاری می‌باشد. $S(0)$ درواقع بیانگر منابعی است که برای تبدیل سرمایه‌گذاری جدید به موجودی سرمایه از دست می‌رود. در حالت تعادل ایستا $S(1) = 0$ و $S'' > 0$ است؛ لذا هزینهٔ تعدیل تنها به مشتق دوم بستگی دارد.

باتوجه به توضیحات فوق، مسئله خانوارها حداکثر کردن تابع مطلوبیت نسبت به قید بودجه است. در فرآیند بهینه‌یابی، خانوارها میزان مصرف، پول، سرمایه‌گذاری در سهام، سپرده‌گذاری، عرضهٔ نیروی‌کار، موجودی سرمایه، سرمایه‌گذاری و میزان بهره‌برداری از سرمایه را به‌گونه‌ای انتخاب می‌کنند که تابع هدف‌شان نسبت به قید بودجه حداکثر شود:

$$max\, E_t \sum_{t=0}^{\infty}\left\{\left[\frac{1}{1-\sigma_c}\left(c_t^i - hc_{t-1}\right)^{1-\sigma_c} - \frac{1}{1+\sigma_l}\left(L_t^i\right)^{1+\sigma_l} + \frac{1}{1-\sigma_m}\left(\frac{M_t^{c,t}}{P_t^c}\right)^{1-\sigma_m}\right] + \lambda_t\left[(1+r_{t-1}^d)\frac{b_{t-1}^i}{\pi_t^c} + \frac{m_{t-1}^{c,i}}{\pi_t^c} + \frac{1}{P_t^c}\Omega_{t-1}^{*,i} + TR_t^i - T_t^i + \frac{W_t^i}{P_t^c}L_t^i + R_t^k k_{t-1}^i -\right.\right.$$

$$k_{t-1}^{i}+Div_{t}^{i}-c_{t}^{i}-I_{t}^{i}-b_{t}^{i}-m_{t}^{c,i}-\frac{1}{P_{t}^{c}}\int_{0}^{1}P_{t}^{s}(j)\frac{N_{t}(j)}{\varepsilon_{t}^{s}}dj\Big]+Q_{t}\Big[(1-\delta)k_{t-1}^{i}+\Big[1-S\left(\frac{I_{t}^{i}}{I_{t-1}^{i}}\right)\Big]I_{t}^{i}-k_{t}^{i}\Big]\Big\}$$

که در آن λ_t ضریب فرآیند مربوط به قید بودجه و Q_t ضریب فرآیند مربوط به موجود سرمایه‌ای است. شرایط مرتبهٔ اول برای هر دوره $t \geq 0$ به‌شرح زیر است:[۱]

$$(\partial c_t) \quad (c_t - hc_{t-1})^{-\sigma_c} = \lambda_t \tag{۱۱}$$

$$(\partial I_t) \quad Q_t\left[1-S\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right)-S'\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right).\frac{I_t}{I_{t-1}}\right]+\beta E_t Q_{t+1}S'\left(\frac{I_{t+1}}{I_t}\right)\left(\frac{I_{t+1}}{I_t}\right)^2 = \lambda_t \tag{۱۲}$$

$$(\partial K_t) \quad Q_t = \beta E_t \lambda_{t+1} R_{t+1}^{k} + \beta(1-\delta)E_t Q_{t+1} \tag{۱۳}$$

$$(\partial b_t) \quad Q_t = \beta E_t \lambda_{t+1}(1+r_t^d)\frac{1}{\pi_{t+1}^{c}} = \lambda_t \tag{۱۴}$$

$$(\partial m_t^c) \quad \varepsilon_t^M (m_t^c)^{-\sigma_m} = \lambda_t - \beta E_t \lambda_{t+1}\frac{1}{\pi_{t+1}^{c}} \tag{۱۵}$$

$$(\partial L_t) \quad -L_t^{\sigma_l}+\lambda_t\frac{W_t}{P_t^c} = 0 \tag{۱۶}$$

$$(\partial N_t) \quad \frac{1}{P_t^c \varepsilon_t^s}\lambda_t P_t^s(j) + E\left\{\beta\frac{1}{P_{t+1}^c}\lambda_{t+1}(P_{t+1}^s(j)+DV_{t+1}(j))\right\} = 0 \tag{۱۷}$$

از ترکیب معادلات (۱۱) و (۱۳) می‌توان به رابطهٔ تعادلی بین زمانی مصرف به‌صورت رابطه (۱۸) رسید:

$$\beta E_t \lambda_{t+1}(1+r_t^d)\frac{1}{\pi_{t+1}^{c}} = E_t\frac{(c_t)^{-\sigma_c}}{(c_{t+1})^{-\sigma_c}} \tag{۱۸}$$

معادلهٔ (۱۹) تخصیص بهینهٔ مصرف بین دوره‌ای خانوارها را نشان می‌دهد که خانوارها با توجه به نرخ تنزیل و نرخ سود این تخصیص را انجام می‌دهند. از ترکیب معادله (۱۱)، (۱۴) و (۱۶) می‌توان معادلهٔ تقاضای برای پول خانوارها را به‌دست آورد که به‌شرح رابطه (۱۹) است:

$$(m_t^c)^{-\sigma_m} = (c_t)^{-\sigma_c} \times \frac{r_t^d}{1+r_t^d} \tag{۱۹}$$

ماندهٔ حقیقی پول با مصرف رابطهٔ مثبت و کشش آن برابر $\frac{\sigma_c}{\sigma_m}$ است، ولی با نرخ سود (بهره) سپرده‌ها رابطهٔ منفی دارد. از ترکیب معادلات (۱۱) و (۱۳) می‌توان رابطهٔ Q نهایی توبین را نوشت که از نسبت $q_t = \frac{Q_t}{\lambda_t}$ به‌دست می‌آید و بیانگر ارزش میزان سرمایه‌گذاری برحسب هزینهٔ جایگزینی سرمایه می‌باشد، پس از انجام عملیات جبری لازم، به ترتیب می‌توان به‌صورت رابطه (۲۰) نوشت:

$$1 = q_t\left[1-S\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right)-S'\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right).\frac{I_t}{I_{t-1}}\right] + \beta E_t q_{t+1}\frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t}S'\left(\frac{I_{t+1}}{I_t}\right)\left(\frac{I_{t+1}}{I_t}\right)^2 \tag{۲۰}$$

۱. در شرایط مرتبهٔ اول اندیس‌های I حذف شده است؛ یعنی شرایط مرتبهٔ اول در بین تمام خانوارها در اقتصاد یکسان است (تعادل متقارن).

$$q_t = \beta E_t \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t}[q_{t+1}(1-\delta)+R^k_{t+1}] \quad (۲۱)$$

معادلهٔ (۲۰) را می‌توان به‌عنوان معادلهٔ اویلر سرمایه‌گذاری تفسیر کرد که بیانگر مسیر بهینهٔ سرمایه‌گذاری است. باید گفت، وقتی‌که هیچ هزینهٔ تعدیل سرمایه‌گذاری وجود نداشته باشد، یعنی $S\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right)$. معادله (۳۷) ارزش تنزیل‌شدهٔ جریان بازدهی آتی موردانتظار سرمایه پس از تعدیلات لازم نسبت به نرخ استهلاک و نرخ بهره‌برداری از سرمایه را بیان می‌کند.

گرچه در اقتصاد کینزی جدید به‌دلایل مختلفی چسبندگی دستمزدها وجود دارد و این دستمزها ازطریق اتحادیه‌های کارگری تعیین می‌شود، ولی در این پژوهش فرآیند چسبندگی تنها برای قیمت‌ها انجام‌شده و برای تبیین رفتار عرضهٔ نیروی کار توسط خانوارها از شرایط مرتبهٔ اول، یعنی رابطه (۱۲) و (۱۶) استفاده می‌شود؛ یعنی خانوارها نیروی کار خود را در قیمت کاملاً رقابتی عرضه می‌کنند؛ لذا رابطهٔ عرضهٔ نیروی کار خانوارها را به‌صورت رابطه (۲۲) بیان می‌شود:

$$-L_t^{\sigma_l} + (c_t - hc_{t-1})^{-\sigma_c}\frac{W_t}{P_t^c} = 0 \quad (۲۲)$$

٤-۲. بنگاه‌های داخلی

در این مدل، بنگاه‌های داخلی به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند؛ بنگاه‌های تولیدکنندهٔ کالاهای واسطه‌ای و بنگاه‌های تولیدکنندهٔ کالاهای نهایی. گروه نخست، یعنی بنگاه‌های تولیدکنندهٔ کالاهای واسطه‌ای، با استفاده از نهاده‌هایی مانند نیروی کارِ همگن، سرمایه و سایر عوامل تولید، به تولید کالاهای واسطه‌ای می‌پردازند. گروه دوم، یعنی بنگاه‌های تولیدکنندهٔ کالاهای نهایی، مسئولیت ترکیب کالاهای واسطه‌ای و تبدیل آن‌ها به کالاهای نهاییِ همگن را برعهده دارند.

٤-۲-۱. رفتار بنگاه‌های تولیدکنندهٔ کالای نهایی

فرض‌بر این است که بنگاهی وجود دارد که کالاهای متمایز تولیدشده توسط بنگاه‌های تولیدکنندهٔ کالاهای واسطه‌ای را خریداری می‌کند و از ترکیب آن‌ها کالایی نهایی تولید و به خریداران نهایی می‌فروشد. تولیدکنندهٔ کالای نهایی، کالاهای واسطه‌ای که متمایز و جانشین ناقص هم‌دیگر هستند را براساس یک جمع‌گر دیکسیت-استیگلیتز که به شکل ذیل تعریف می‌شود، ترکیب می‌کند:

$$y_t = \left[\int_0^1 y_t^{j\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} dj\right]^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}} \quad (۲۳)$$

که در آن پارامتر ϵ مارک‌آپ قیمت در وضعیت باثبات است. بنگاه تولیدکنندهٔ کالای نهایی که در شرایط رقابت کامل عمل می‌کند، سعی می‌کند باتوجه به قیمت‌های کالاهای متمایز واسطه‌ای، مقدار خرید خود از این کالاها را طوری تعیین می‌کند که سودش حداکثر یا هزینه‌اش حداقل شود؛ بنابراین مسئله حداکثرسازی سود بنگاه تولیدکنندهٔ نهایی را می‌توان به‌صورت رابطه (۲۴) نوشت:

$$\max_{y_t^j} \quad P_t^d y_t - \int_0^1 P_t^j y_t^j dj \tag{۲۴}$$

$$s.t \quad y_t = \left[\int_0^1 y_t^{j\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} dj\right]^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}}$$

با حل شرایط مرتبهٔ اول معادله (۲۴)، تابع تقاضا برای محصول متمایز تولیدی هر یک از بنگاه‌های واسطه‌ای به‌صورت ذیل خواهد بود که تابعی از نسبت قیمت آن به قیمت کالای نهایی داخلی است:

$$y_t^j = \left(\frac{P_t^j}{P_t^d}\right)^{-\epsilon} y_t \quad j \in [0,1] \tag{۲۵}$$

که در آن P_t^j قیمت کالای واسطه‌ای j ام و P_t^d شاخص قیمت کالاهای تولیدی داخلی است. با جایگزینی رابطه (۲۵) در رابطه (۲۳)، می‌توان رابطه بین شاخص قیمت کالای نهایی تولیدی داخلی و قیمت کالاهای واسطه‌ای را به‌دست آورد؛ این رابطه به‌صورت رابطه (۲۶) نمایش داده می‌شود:

$$P_t^d = \left[\int_0^1 {P_t^j}^{1-\epsilon} dj\right]^{\frac{1}{1-\epsilon}} \tag{۲۶}$$

٤-۲-۲. رفتاربنگاه‌های تولیدکنندهٔ کالاهای واسطه‌ای

اقتصاد از زنجیره‌ای از بنگاه‌های رقابت انحصاری در بخش تولیدکنندهٔ کالاهای واسطه‌ای تشکیل شده است که در دامنهٔ [۱ و ۰] شاخص‌بندی می‌شود، یعنی ($j \in [0,1]$). هرکدام از بنگاه‌ها کالاهای متمایزی تولید می‌کند. این بنگاه‌ها با به‌کارگیری نیروی کار و سرمایه و سایر نهاده‌ها به تولید کالاهای واسطه‌ای j می‌پردازند. این بنگاه‌ها نهاده‌های نیروی کار و سرمایه را به‌عنوان نهاده در فرآیند تولید استفاده می‌کنند. از آنجا که به‌دلیل سلطهٔ گستردهٔ دولت در اقتصاد، بودجه‌های عمرانی نقشی مهم در ارتقای بهره‌وری بخش خصوصی ایفا می‌کنند، لازم است تشکیل سرمایهٔ دولتی نیز در تابع تولید بنگاه‌های تولیدکنندهٔ کالاهای واسطه‌ای لحاظ شود. بر این‌اساس، تابع تولید بنگاه‌های تولیدکنندهٔ کالاهای واسطه‌ای با فرم کاب–داگلاس به‌صورت رابطه (۲۷) تصریح می‌شود:

$$y_t^j = A_t {L_t^j}^{1-\alpha} {K_t^j}^{\alpha} \tag{۲۷}$$

که در آن y_t^j بیانگر تولید ناخالص بنگاه j، L_t^j نیروی کار مورداستفاده توسط بنگاه j، K_t^j موجودی سرمایه توسط بنگاه j تعریف می‌شود. α بیانگر سهم مجموعهٔ نهاده‌های مورداستفاده برای بنگاه موردنظر در تابع تولید و α بیانگر سهم نیروی کار در تابع تولید بنگاه j را نشان می‌دهد A_t بیانگر بهره‌وری است.

بنگاه تولیدکنندهٔ کالای بخشی jام به‌دنبال آن است که هزینه‌هایش را باتوجه مقدار معین تولید حداقل می‌کند؛ لذا تابع هدف بنگاه jام به‌صورت رابطه (۲۸) است:

$$\min_{K_t^j, L_t^j} \frac{W_t}{P_t^d} L_t^j + R_t^k K_t^j \tag{۲۸}$$

s.t.

$$y_t^j = A_t L_t^{j^{1-\alpha}} K_t^{j^{\alpha}}$$

که در آن W_t دستمزد اسمی‌بخشی، R_t^k نرخ بازدهی سرمایه و y_t^j تقاضای کالای jام است. اگر شرط مرتبهٔ اول مربوط به مسئله بهینه‌یابی بنگاه‌ها را به‌دست آوریم؛ بنابراین هزینهٔ نهایی بنگاه برحسب قیمت‌های واقعی را می‌توان به‌صورت رابطه (۲۹) نوشت:

$$\frac{W_t}{P_t^d} = A_t \mu_t (1-\alpha) L_t^{j^{-\alpha}} K_t^{j^{\alpha}} \left(L_t^{j^{1-\alpha}} K_t^{j^{\alpha}}\right)^{-1} \quad (۲۹)$$

$$= \mu_t (1-\alpha) \frac{y_t}{L_t^j}$$

$$R_t^k = A_t \mu_t (\alpha) L_{st}^{j^{1-\alpha}} K_t^{j^{\alpha-1}} = \mu_t \alpha \frac{y_t}{K_t^j} \quad (۳۰)$$

که در آن μ_t ضریب لاگرانژ و بیانگر هزینهٔ نهایی برحسب قیمت‌های حقیقی است. از ترکیب دو معادله (۲۹) و (۳۰) رابطهٔ نسبت سرمایه به نیروی کار به‌صورت رابطه (۳۱) به‌دست می‌آید:

$$\frac{\alpha W_t}{(1-\alpha) R_t^k P_t^d} = \frac{K_t^j}{L_t^j} \quad (۳۱)$$

هزینهٔ نهایی بنگاه‌های داخلی برابر است با $MC_t = \frac{W_t}{MP_L}$، بنابراین هزینهٔ نهایی بنگاه را برحسب قیمت‌های حقیقی می‌توان به‌صورت رابطه (۳۲) نوشت:

$$mc_t = \frac{W_t}{(1-\alpha) P_t^d \frac{y_t}{L_t^j}} \quad (۳۲)$$

مسئله دیگری که بنگاه تولیدکنندهٔ کالای واسطه‌ای با آن مواجه است، تعدیل قیمت‌ها است. در این پژوهش برای تعدیل قیمت‌ها از روش کالو (۱۹۸۳)[1] استفاده می‌کنیم؛ یعنی در هر دوره تنها $(1-\theta_P)$ درصد از آن‌ها قادر خواهند بود تا به‌طور بهینهٔ قیمت محصول خود را تعدیل کنند، بقیهٔ بنگاه‌ها θ_P درصد) که نمی‌توانند در دورهٔ جاری قیمت‌ها را به‌صورت بهینه تعیین کنند. براساس قیمت‌های گذشته با استفاده از فرمول رابطه (۳۳) به‌صورت جزئی قیمت‌ها را شاخص‌بندی می‌کنند (شاخص نسبی نسبت به یک دورهٔ پایه).

$$P_{t+1}^i = \left(\pi_t^i\right)^{\tau_p} P_t^i \quad (۳۳)$$

که در آن $\pi_t^i = \frac{P_t^i}{P_{t-1}^i}$ بیانگر نرخ تورم تولیدات بخش i و τ_p پارامتری است که درجهٔ شاخص‌بندی قیمت‌ها را نشان می‌دهد. در هر دوره $t \geq 0$، هدف بنگاه‌های تولیدی سه بخش داخلی آن است که ارزش حال جریان سود موردانتظار دوره‌های آینده را باتوجه به تابع تقاضا برای محصول که ازسوی تولیدکنندگان نهایی انجام می‌شود، حداکثر می‌کنند، یعنی

1. Calvo

$$\underset{P_t^i}{Max}\ \mathbb{E}_t \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta_P)^k \frac{\lambda_{t+k}}{\lambda_t} \left\{ \prod_{s=1}^{k} \left(\pi_{t+s-1}^i\right)^{\tau_p} \frac{P_t^i}{P_{t+k}^d} - mc_{t+k}^i \right\} y_{t+k}^i \qquad (۳۴)$$

$$s.t$$

$$y_{t+k}^i = \left[\prod_{s=1}^{k} \left(\pi_{t+s-1}^i\right)^{\tau_p} \frac{P_t^i}{P_{t+k}^d} \right]^{-\zeta} y_{t+k} \qquad \forall k \geq 0$$

مفهوم $\frac{\lambda_{tk}}{\lambda_t}$ آن است که یک واحد کالای مصرفی دورهٔ tk چه‌قدر برای خانوارها در دورهٔ t ارزش دارد. λ_{tk} درواقع مطلوبیت نهایی درآمد اسمی در دورهٔ tk است که برای بنگاه‌های واسطه‌ای برون‌زا است. از آنجایی‌که خانوارها مالک بنگاه‌ها هستند؛ لذا سود بنگاه با استفاده از عامل تنزیل برحسب مطلوبیت نهایی دورهٔ tk برای دورهٔ t بیان می‌شود. پس از انجام عملیات جبری بیشتر روی معادلهٔ قبلی به رابطه (۳۵) می‌رسیم:

$$\underset{P_t^i}{Max}\mathbb{E}_t \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta_P)^k \frac{\lambda_{t+k}}{\lambda_t} \left\{ \left[\prod_{s=1}^{k} \frac{\left(\pi_{t+s-1}^i\right)^{\tau_p}}{\pi_{t+s}^i} \frac{P_t^i}{P_t^d} \right]^{1-\zeta} - \left[\prod_{s=1}^{k} \frac{\left(\pi_{t+s-1}^i\right)^{\tau_p}}{\pi_{t+s}^i} \frac{P_t^i}{P_t^d} \right]^{-\zeta} mc_{t+k}^i \right\} y_{t+k} \qquad (۳۵)$$

با مشتق‌گیری از رابطهٔ (۳۵) اخیر نسبت به قیمت بهینهٔ بنگاه $\left(\bar{P}_t\right)$، شرط مرتبهٔ اول به‌صورت زیر خواهد بود:

پس از ساده‌سازی (حذف مقادیر ثابت از طرفین) و استفاده از تعادل متقارن[1]، مسئله بهینه‌یابی بنگاه را می‌توان به‌صورت رابطه (۳۶) خلاصه نمود:

$$\mathbb{E}_t \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta_P)^k \lambda_{t+k} (\zeta - 1) \left[\prod_{s=1}^{k} \frac{\left(\pi_{t+s-1}^i\right)^{\tau_p}}{\pi_{t+s}^i} \right]^{1-\zeta} \frac{\bar{P}_t}{P_t^d} y_{t+k} \qquad (۳۶)$$

$$= \mathbb{E}_t \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta_P)^k \lambda_{t+k} \zeta \left[\prod_{s=1}^{k} \frac{\left(\pi_{t+s-1}^i\right)^{\tau_p}}{\pi_{t+s}^i} \frac{\bar{P}_t}{P_t^d} \right]^{-\zeta} \bar{P}_t^{-1} mc_{t+k}^i y_{t+k}$$

همان‌طورکه بیان شد؛ چون تمام بنگاه‌ها از یک تکنولوژیِ تابع‌تولید استفاده نموده که در آن نسبت عوامل تولید بهینه در بین تمام بنگاه‌ها یکسان است و این امر منجر به آن می‌شود که قیمت $\bar{p}$ برای تمام بنگاه‌ها یکسان است (تعادل متقارن $\bar{P}_t = P_t^i$) رابطه (۳۶) نشان می‌دهد قیمتی که توسط بنگاه iام در زمان t، تعیین می‌شود تابعی از هزینه‌های نهایی موردانتظار آینده است و برابر است با یک مقدار افزوده (مارک آپ) برروی هزینه‌های نهایی موزون. اگر قیمت‌ها کاملاً انعطاف‌پذیر باشد ($\theta_P = 0$)، مقدار افزوده (مارک آپ)[2] در زمان t برابر است با $\left(\frac{\zeta}{\zeta-1}\right)$ که در این‌صورت $\bar{P} = \left(\frac{\zeta}{\zeta-1}\right) mc_t^i$ می‌باشد که همان شرط رقابت انحصاری در حالت انعطاف‌پذیری کامل قیمت‌ها است که در آن قیمت برابر است با یک مقدار افزوده (مارک آپ) به‌علاوه هزینهٔ نهایی اسمی. ولی وقتی قیمت‌ها چسبندگی داشته باشند ($\theta_P > 0$)، مقدار افزوده (مارک آپ) در طول زمان وقتی‌که اقتصاد با تکانهٔ

1. symetric equilibrium
2. mark-up

برون‌زا مواجه می‌شود، تغییر می‌کند. یک تکانهٔ مثبت طرف تقاضا مارک آپ را پایین آورده و اشتغال، سرمایه‌گذاری و محصول را تحریک می‌کند.

باتوجه به این‌که در هر دورهٔ زمانی تنها $1-\theta_P$ درصدی از بنگاه‌ها می‌توانند قیمت‌هایشان را به‌صورت بهینه تعدیل کنند و مابقی بنگاه‌ها، قیمت‌ها را براساس قیمت دوره‌های قبل شاخص‌بندی می‌کنند؛ لذا با استفاده از رابطهٔ (۳۶)، شاخص قیمت کل در زمان t براساس فرمول متوسط وزنی رابطه (۳۷) عمل می‌کند.

$$[P_t^d]^{1-\zeta} = \theta_P[(\pi_{t-1}^d)^{\tau_p} P_{t-1}^d]^{1-\zeta} + (1-\theta_P)[\bar{P}_t]^{1-\zeta} \qquad (۳۷)$$

٤-۳. رابطهٔ نرخ ارز حقیقی، انتقال اثر نرخ ارز و انحراف از برابری قدرت خرید (PPP)

در شرایطی که اثر نرخ ارز بر قیمت واردات برحسب پول داخلی به‌طور کامل منتقل نشود، قانون قیمت واحد برقرار نخواهد بود و این امر بر رابطهٔ بین نرخ ارز و نسبت مبادله تأثیر می‌گذارد. براساس تعریف، نرخ ارز واقعی را می‌توان به‌صورت رابطه (۳۸) (برحسب لگاریتم و به‌شکل خطی) بیان کرد:

$$\begin{aligned} \widehat{rer}_t &= \widehat{EX}_t + \hat{p}_t^* - \hat{p}_t^c = \left(\widehat{EX}_t + \hat{p}_t^* - \hat{p}_t^{im}\right) + \hat{p}_t^{im} - \hat{p}_t^c \\ &= \hat{\varphi}_t^{im} + \hat{p}_t^{im} - \hat{p}_t^c \end{aligned} \qquad (۳۸)$$

که در آن $\hat{p}_t^c$، $\hat{p}_t^{im}$ و $\hat{p}_t^*$ به‌ترتیب بیانگر انحراف شاخص کل قیمت مصرف‌کننده (CPI) در ایران، شاخص قیمت واردات، شاخص کل قیمت مصرف‌کنندهٔ کشورهای خارجی از سطح تعادلی بلندمدت خود و $\widehat{EX}_t$ انحراف نرخ ارز اسمی در بازار آزاد از سطح تعادلی بلندمدت خود مشاهده می‌شود. در رابطه (۳۸)، $\hat{\varphi}_t^{im} = \widehat{EX}_t + \hat{p}_t^* - \hat{p}_t^{im}$ معیاری برای انحراف از قانون قیمت واحدمی‌باشد و بیانگر میزان انحراف قیمت جهانی واردات از قیمت واردات در بازار داخلی می‌باشد. معادله (۳۹) بیان می‌کند که دو عامل منبع اصلی انحراف از PPP است؛ اولی به‌خاطر انحراف از قانون قیمت واحد است که با $\hat{\varphi}_t^{im}$ بیان می‌شود. در شرایطی که انتقال اثر نرخ ارز بر قیمت واردات برحسب پول داخلی کامل نباشد، شکاف قیمت واحد موجب نوسان نرخ ارز حقیقی می‌شود؛ لذا جزء $\hat{\varphi}_t^m$ نقش مهمی در تعیین پویایی‌های تورم واردات ایفا می‌کند. دومی به‌سبب انحراف قیمت‌های داخلی از خارجی است که در رابطهٔ مبادله خودش را نشان می‌دهد.

رابطه (۳۸) را می‌توان برحسب نرخ تورم به‌صورت رابطه (۳۹) بیان نمود:

$$\widehat{rer}_t = \widehat{rer}_{t-1} + \hat{\varphi}_t^{im} + \hat{\varphi}_{t-1}^{im} + \hat{\pi}_t^{im} - \hat{\pi}_t^c \qquad (۳۹)$$

٤-٤. پویایی‌های قیمت سهام

معادله (۱۷) پویایی‌های بازده سهام را نشان می‌دهد. با ترکیب معادلات (۱۱) و (۱۷)، پویایی‌های بازده سهام (شامل سود تقسیمی و عایدی سرمایه) را می‌توان به‌صورت رابطه (۴۰) نوشت:

$$P_t^s(j) = \varepsilon_t^s E\left\{\beta \frac{\varepsilon_{t+1}^s (c_{t+1} - hc_t)^{-\sigma_c}}{\varepsilon_t^s (c_t - hc_{t-1})^{-\sigma_c}} \left(P_{t+1}^s(j) + DV_{t+1}(j)\right) \frac{P_t^c}{P_{t+1}^c}\right\} \qquad (۴۰)$$

یا با استفاده از رابطه (۱۸)، رابطهٔ اخیر را می‌توان به‌صورت رابطه (۴۱) نوشت:

$$P_t^s(j) = \varepsilon_t^s E\left\{\beta \frac{\pi_{t+1}^c}{(1+r_t^d)} \left(P_{t+1}^s(j) + DV_{t+1}(j)\right) \frac{P_t^c}{P_{t+1}^c}\right\} \qquad (۴۱)$$

و یا برحسب قیمت‌های حقیقی می‌توان به‌صورت رابطه (۴۲) بیان کرد:

$$\gamma_t^{sc}(j) = \varepsilon_t^s E\left\{\beta \frac{\pi_{t+1}^c}{(1+r_t^d)}\left(\gamma_{t+1}^{sc}(j)+ dv_{t+1}(j)\right)\right\} \quad (۴۲)$$

که در آن $\gamma_t^{sc}(j) = \frac{\pi_t^s(j)}{P_t^c}$ بیانگر نسبت بازده سهام jام به شاخص قیمت مصرف‌کننده است. براساس رابطه (۴۲)، بازده هر سهم بنگاه jام با ارزش حال کلیه عایدات آتی آن سهم (شامل سود تقسیمی و عایدی سرمایه) برابر است. فرض شده است که تقاضا برای سهام در دورهٔ t تحت‌تأثیر تکانهٔ تصادفی ε_t^s می‌گردد که درواقع حباب قیمت را تشکیل می‌دهد که این تکانه با متغیرهای بنیادی اقتصادی که قیمت واقعی سهام را تشکیل می‌دهد، هم‌بستگی ندارد.

در چارچوب مدل، شاخص قیمت سهام تابعی افزایشی از سود مورد انتظار بنگاه‌ها و تابعی کاهشی از نرخ بهره و نااطمینانی‌های کلان فرض می‌شود؛ بنابراین، شوک‌های نرخ ارز، مخارج دولت و درآمدهای نفتی از مسیر تغییر چشم‌انداز سودآوری و سیاست پولی، مستقیماً بر ارزش سهام اثر می‌گذارند.

٤-٥. دولت و بانک مرکزی

مشابه پژوهش «برگ» و همکاران (۲۰۱۰)[1] برای کشورهای درحال توسعه با درآمد پایین و دارای درآمد نفتی و پژوهش «دقیر» (۲۰۱۰)[2] برای کشور غنا، قید بودجهٔ دولت به قیمت حقیقی ازطریق رابطه (۴۳) بیان می‌شود:

$$g_t + \frac{(1+r_{t-1}^d)b_{t-1}}{\pi_t^c} = \frac{\omega EX_t o_t}{P_t^c} + T_t + TR_t + other_t + fa_t + \frac{GBD_t}{P_t^c} \quad (۴۳)$$

که در آن g_t کل مخارج دولت، EX_t نرخ ارز اسمی، o_t درآمدهای ارزی نفتی، b_t اوراق مشارکت T_t درآمدهای مالیاتی، $other_t$ سایر درآمدها و fa_t واگذاری شرکت‌های دولتی، GBD_t کسری بودجهٔ دولت است. همان‌طورکه مشخص است دولت ω درصد از درآمد نفت را ازطریق بودجه خرج می‌کند.

٤-٥-١. بانک مرکزی

با توجه به پژوهش «منظور» و «تقی‌پور» (۱۳۹۱)، قاعدهٔ سیاستی ارز را می‌توان به‌صورت رابطه (۴۴) نوشت:

$$\frac{\Delta EX_t}{\Delta EX} = \frac{\Delta EX_{t-1}}{\Delta EX}^{k_0} \left(\frac{\pi_t^c}{\pi_t^T}\right)^{k_1} \left(\frac{\frac{FR_t}{MB_t}}{\frac{FR}{MB}}\right)^{k_2} u_t^{EX} \quad (۴۴)$$

که در آن ΔEX_t نرخ رشد نرخ اسمی ارز، π_t^c نرخ تورم برمبنای شاخص CPI، π_t^T نرخ تورم مورد هدف، $\frac{FR_t}{MB_t}$ نسبت خالص ذخایر خارجی بانک مرکزی به پایهٔ پولی و u_t^{EX} جملهٔ اختلال دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و انحراف معیار σ_{ER} می‌باشد.

علاوه‌بر این در این بخش، به‌منظور تکمیل مدل، فرض بر این است که ابزار سیاست‌گذاری پولی در اختیار بانک مرکزی، نرخ رشد حجم پول است. در شرایط ایران، به‌دلیل عدم التزام بانک مرکزی به سیاست‌های

1. Berg et al.
2. Dagher et al.

هدف‌گذاری خاص (مانند: هدف‌گذاری تورم یا نرخ ارز) و هم‌چنین نبود زیرساخت‌ها و محیط اقتصادی لازم برای اجرای این نوع سیاست‌ها، هیچ‌گونه هدف‌گذاری صریحی درخصوص تورم یا رشد اقتصادی وجود ندارد؛ با این‌حال، مشاهده می‌شود که سیاست‌گذاران پولی به‌طور ضمنی همواره هدفی برای تورم در ذهن دارند و به انحرافات تورم از این هدف ضمنی حساسیت نشان می‌دهند؛ به این‌ترتیب، در واکنش به انحراف تورم از سطح هدف، سیاست‌گذاران با افزایش یا کاهش نرخ رشد پایهٔ پولی عکس‌العمل نشان می‌دهند. بر این‌اساس، فرض می‌شود که تابع واکنش سیاست‌گذار پولی به‌گونه‌ای طراحی شده است که سیاست‌گذار با تعیین نرخ رشد حجم پول، دو هدف اصلی خود را دنبال می‌کند؛ الف) کاهش انحراف تولید از تولید بالقوه (یعنی ثبات در فعالیت‌های اقتصادی). ب) کاهش انحراف تورم از تورم هدف (یعنی کنترل تورم و حفظ ثبات قیمت‌ها).

در این پژوهش مطابق با پژوهش «بیات» و همکاران (۱۳۹۵) در اینجا با درنظر گرفتن نقش صریحی برای پویایی‌های شاخص کل قیمت سهام، عملکرد سیاست‌گذاری پولی تعدیل شده است؛ بنابراین، سیاست‌گذار پولی در واکنش به انحرافات متغیرهای کلیدی مانند: تورم، محصول (تولید) و شاخص کل قیمت سهام از سطح تعادلی آن‌ها، ازطریق تغییر در حجم پول (یا نرخ رشد آن) اقدام به تنظیم اقتصاد می‌کند. با توجه به این نکات تابع عکس‌العمل سیاست‌گذاری پولی (به‌شکل لگاریتم–خطی) به‌صورت رابطه (۴۵) خواهد بود:

$$\hat{\theta}_t = \rho_\theta \hat{\theta}_{t-1} + \theta_\pi \hat{\pi}_t^c + \theta_y \hat{y}_t + \theta_{rer} \widehat{rer}_t + \varepsilon_t^\theta \qquad (۴۵)$$

$$\hat{\theta}_t = \hat{m}_t^c - \hat{m}_{t-1}^c + \hat{\pi}_t^c \qquad (۴۶)$$

$$\hat{\varepsilon}_t^\theta = \rho_\theta \hat{\varepsilon}_{t-1}^\theta + u_t^\theta \qquad u_t^\theta \sim N(0, \sigma_\theta^2) \qquad (۴۷)$$

که در آن $\hat{\theta}_t$ نرخ رشد اسمی پایهٔ پولی[۱] $\hat{\pi}_t$، $\hat{y}_t$ و $\widehat{rer}_t$ به‌ترتیب انحراف نرخ تورم و لگاریتم تولید و نرخ ارز حقیقی از مقادیر وضعیت پایدارشان، θ_π، θ_y و θ_{rer} ضریب اهمیتی که سیاست‌گذاری به‌ترتیب برای شکاف تورم، تولید و نرخ ارز لحاظ می‌کند. ε_t^θ تکانهٔ سیاست‌گذاری پولی است که خود از یک فرآیند تصادفی $AR(1)$ تبعیت می‌کند.

٤-٦. تعیین سیاست پولی بهینه

سیاست پولی بهینه مبتنی‌بر توابع ریاضی است که اهداف بانک مرکزی را به ابزارهای سیاستی مرتبط می‌کند. این توابع معمولاً در چارچوب مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی طراحی می‌شوند و شامل سه جزء اصلی هستند: تابع زیان، تابع واکنش بهینه و محدودیت‌های مدل.

٤-٦-١. تابع هدف

بانک مرکزی یک تابع زیان درجهٔ دوم را کمینه می‌کند که انحراف متغیرهای کلان اقتصادی کلیدی از سطوح هدف آن‌ها را جریمه می‌کند. فرم کلی تابع زیان به‌صورت رابطه (۴۸) است:

$$\min_{\gamma} \mathbb{E}(y_t' W y_t) \qquad (۴۸)$$

---

۱. البته این ابزار ممکن است نرخ رشد نقدینگی نیز باشد که در مرحلهٔ کالیبره کردن و برآورد پارامترها آزمون خواهد شد.

که در آن y_t بردار متغیرهای درون‌زا ($y_t = [\pi_c, y, rer]'$)، شامل تورم π_c، شکاف تولید (y) و نرخ ارز واقعی (rer).

W: ماتریس وزنی که اهمیت نسبی ثبات هر متغیر را منعکس‌می‌کند. $\mathbb{E}$: عمل‌گر امید ریاضی غیرشرطی. برای این مسئله، مسئله بهینه‌سازی به‌صورت رابطه (۴۹) بازنویسی می‌شود:

$$\min_{\gamma} \mathbb{E}(y_t' W y_t) = \omega_\pi(\pi_c - \pi_{tar})^2 + \omega_y(y - y^*)^2 + \omega_{rer}(rer - rer^*)^2 \quad (۴۹)$$

این تابع متناظر با ماتریس وزنی زیر است:

$$W = \begin{bmatrix} \omega_\pi & 0 & 0 \\ 0 & \omega_y & 0 \\ 0 & 0 & \omega_{rer} \end{bmatrix}$$

که وزن‌های مربوط به هر یک از اهداف سیاست پولی (به‌ترتیب: تورم، تولید، نرخ ارز واقعی) و $(\pi_c - \pi_{tar})^2$ انحراف تورم از هدف آن (π_{tar}) را جریمه می‌کند. $(y - y^*)^2$ انحراف تولید از سطح بالقوهٔ آن (y^*) را جریمه می‌کند. $(rer - rer^*)^2$: انحراف نرخ ارز واقعی از سطح تعادلی آن (rer^*) را جریمه می‌کند.

٤-٦-٢. محدودیت پویا

پویایی‌های مدل توسط معادلهٔ رابطه (۵۰) انجام می‌شود:

$$A_1 \mathbb{E}_t[y_{t+1}] + A_2 y_t + A_3 y_{t-1} + C e_t = 0 \quad (۵۰)$$

که در آن $A1, A2, A3$ ماتریس‌هایی که ساختار پویایی مدل را کدگذاری می‌کنند و به‌ترتیب روابط آینده‌نگر، هم‌زمان و با تأخیر را نشان می‌دهند. C: ماتریسی که تکانه‌های برون‌زا (e_t) را به مدل متصل می‌کند. e_t: تکانه‌های تصادفی برون‌زا (مثل تکانه‌های تقاضا یا عرضه). این پارامترها (θ_π، θ_y و θ_{rer}) که واکنش به انحرافات تورم، شکاف تولید و نرخ ارز واقعی را تعیین می‌کنند (معادلهٔ ۴۵) در ماتریس‌های $A1, A2, A3$ جاسازی شده‌اند که ساختار پویایی مدل را تعریف می‌کنند.

حل مسئله شامل حل یک مسئله بهینه‌سازی خطی–درجهٔ دوم است که می‌تواند به مراحل زیر تقسیم شود:

مرحلهٔ ۱: نمایش فضای حالت

مدل را در قالب فضای حالت رابطه (۵۱) بیان می‌کنید:

$$\mathbb{E}_t[y_{t+1}] = F y_t + G u_t \quad (۵۱)$$

که در آن: F: ماتریس انتقال که از $A1, A2, A3$ استخراج شده و تکامل متغیرهای حالت را در طول زمان نشان می‌دهد. G: ماتریسی که متغیرهای کنترل (u_t) را به سیستم متصل می‌کند. در اینجا، u_t نشان‌دهندهٔ ابزار سیاست بانک مرکزی (مثلاً تنظیمات نرخ رشد پول) است.

مرحلهٔ ۲: معادلهٔ ریکاتی[1]

برای یافتن قاعدهٔ بازخورد بهینه، معادلهٔ ریکاتی را به‌شکل رابطه (۵۲) حل می‌شود:

$$P = F'PF - (F'PG)(R + G'PG)^{-1}(G'PF) + W \quad (۵۲)$$

1. Riccati Equation

که در آن: P: ماتریس حل نیمه‌معین مثبت. R: ماتریس جریمه برای متغیرهای کنترل (معمولاً در قوانین ساده صفر است).

W: ماتریس وزنی از تابع زیان.

مرحلهٔ ۳: قاعدهٔ بازخورد بهینه

قاعدهٔ بازخورد بهینه به‌شکل رابطه (۵۳) داده می‌شود:

$$u_t = -Ky_t \quad (۵۳)$$

که در آن:

$K = (R + G'PG)^{-1}(G'PF)$ ماتریس بهره بازخورد که تعیین می‌کند بانک مرکزی چگونه ابزار سیاست خود را در پاسخ به انحرافات در متغیرهای حالت تنظیم می‌کند.

مرحلهٔ ۴: کمینه‌سازی

تابع زیان را نسبت به پارامترهای سیاست (θ_π، θ_y و θ_{rer}) با استفاده از تکنیک‌های بهینه‌سازی عددی کمینه کنید. این شامل حل معادلات رابطه (۵۴) است:

$$\frac{\partial Loss}{\partial \phi_i} = 0 \quad for\ i \in \{\pi, y, rer\} \quad (۵۴)$$

٤-۷. تسویه بازار

بازار کالای نهایی وقتی در تعادل است که تولید برابر تقاضای خانوارها برای مصرف و سرمایه‌گذاری، مخارج دولت و صادرات منهای واردات باشد:

$$y_t = c_t + c_t^g + I_t^T + \frac{EX_t o_t}{P_t^c} - \frac{P_t^{mc} c_t^m + P_t^{mc} I_t^m}{P_t^c} \quad (۵۵)$$

که در آن $I_t I_t^g = I_t^T$ برابر با مجموع سرمایه‌گذاری خصوصی و سرمایه‌گذاری دولتی است؛ لذا

$$y_t = c_t + c_t^g + I_t + I_t^T + I_t^T + rer_t \times o_t - \gamma_t^{mc}(c_t^m + I_t^m) \quad (۵۶)$$

۵. حل مدل

در این قسمت نتایج حاصل از مقداردهی پارامترهای ساختاری الگو و محاسبهٔ مقادیر باثبات متغیرهای الگو ارائه شد. برخی از ضرایب از مقادیر استفاده شده، از مطالعات پیشین و برخی دیگر از ضرایب نیز مانند تعدادی از نسبت‌ها در وضعیت تعادل یکنواخت با استفاده از داده‌های فصلی بانک اطلاعات سری‌های زمانی مرکز آمار برای داده‌های فصلی ۱۳۸۵:۱ – ۱۴۰۲:۱ برمبنای سال پایهٔ ۱۳۹۵، محاسبه شده است. علاوه‌بر این متغیرهای مورداستفاده در این تحقیق برحسب میلیارد ریال و متغیر نرخ ارز به‌صورت ریال است. برای روندزدایی متغیرها از رهیافت فیلتر هدریک پرسکات استفاده شده است. سایر ضرایب نیز براساس الگوریتم معرفی‌شده توسط کانوا (۲۰۰۷)[1] به‌گونه‌ای

1. Canova,(2007)

مقداردهی شده است که بیشترین انطباق بین گشتاورهای مدل طراحی‌شده با داده‌های واقعی را حاصل نماید. نتایج حاصل از مقداردهی الگو در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱: نتایج حاصل از مقداردهی نسبت‌های مدل (یافته‌های پژوهش).

Table 1: Results from the Comparison of Calibrated and Optimal Values of the Monetary Policy Function (Research findings).

متغیر	عنواناست	مقدار	منبع
β	نرخ ترجیحات زمانی مصرف‌کننده	۰/۹۷	منظور و تقی‌پور (۱۳۹۴)
h	درجهٔ پایداری عادات	۰/۳	فخرحسینی (۱۳۹۳)
σ_c	عکس کشش جانشینی بین دوره‌ای مصرف	۰/۸	کاوند (۱۳۸۹)
σ_l	عکس کشش نیروی کار نسبت به دستمزد واقعی	۲/۹۲	منظور و تقی‌پور (۱۳۹۴)
σ_m	عکس کشش ماندهٔ حقیقی پول نسبت به نرخ بهره	۱/۳۱۵	منظور و تقی‌پور (۱۳۹۴)
η_c	کشش جانشینی بین دوره‌ای مصرف	۱/۶	محاسبات تحقیق
α	ضریب سرمایه در تولید	۰/۲۱	محاسبات تحقیق
χ_S	سهم کالاهای سایر بخش‌ها	۰/۷۹	محاسبات تحقیق
τ_p	درجه شاخص بندی قیمت	۰/۵۱۱	رهبر و همکاران (۱۳۹۳)
θ_p	درصد بنگاه‌هایی که قادر به تعدیل قیمت خود نیستند	۰/۲۰	پارسا و همکاران (۱۳۹۴)
η_c	کشش جانشینی بین کالاهای مصرفی و وارداتی در داخل	۱/۰۵	پارسا و همکاران (۱۳۹۴)
ρ_g	ضریب فرایند خودرگرسیون تکانهٔ مخارج جاری دولت	۰/۶۶	منظور و تقی‌پور (۱۳۹۴)
ρ_M	ضریب فرایند خودرگرسیون تکانه بهره‌وری	۰/۴۲	محاسبات تحقیق
δ	نرخ استهلاک سرمایه	۰/۰۴۲	شاهمرادی (۱۳۸۹)
θ_π	ضریب اهمیت تورم در تابع عکس‌العمل سیاست پولی	−۱/۵۴	منظور و تقی‌پور (۱۳۹۴)
θ_y	ضریب اهمیت تولید در تابع عکس‌العمل سیاست پولی	−۱/۷۰	منظور و تقی‌پور (۱۳۹۴)
θ_{rer}	ضریب اهمیت نرخ ارز حقیقی در تابع عکس‌العمل پولی	۰/۸۰	منظور و تقی‌پور (۱۳۹۴)
ρ_Θ	ضریب خودرگرسیونی مرتبه اول تکانهٔ پولی	۰/۳۷	منظور و تقی پور(۱۳۹۴)
ρ_o	ضریب خودرگرسیونی مرتبهٔ اول تکانه درآمدهای نفتی	۰/۲۵	پارسا و همکاران (۱۳۹۴)
o_gbar	سهم درآمدهای نفتی در بودجهٔ دولت	۰/۳۹۴	محاسبات تحقیق
$ibar_i_Tbar$	نسبت سرمایه‌گذاری خصوصی به کل سرمایه‌گذاری	۰/۷۲۸	محاسبات تحقیق
$i_gbar_i_Tbar$	نسبت سرمایه‌گذاری دولتی به کل سرمایه‌گذاری	۰/۲۷۲	محاسبات تحقیق
$obar_frbar$	نسبت صادرات نفتی به خالص دارایی‌های خارجی بانک مرکزی	۱/۶۸	محاسبات تحقیق
pe_xx_frbar	نسبت صادرات غیر نفتی به خالص دارایی‌های خارجی بانک مرکزی	۰/۵۱۲	محاسبات تحقیق
$gama_mc_cm$	نسبت کل واردات به خالص دارائیهای خارجی بانک مرکزی	۰/۲۸۷	محاسبات تحقیق
c_gbar_gbar	نسبت مخارج جاری دولت به کل مخارج دولت	۰/۷۳۱	محاسبات تحقیق
i_gbar_gbar	نسبت مخارج عمرانی به کل مخارج دولت	۰/۲۶۸	محاسبات تحقیق
$ibar_i_Tbar$	سهم درآمدهای نفتی در بودجهٔ دولت	۰/۳۹۴	محاسبات تحقیق
R_kbar	نرخ بازدهی واقعی سرمایه	۰/۰۴۶	محاسبات تحقیق
c_ybar	نسبت مصرف به تولید	۰/۵۱	محاسبات تحقیق
i_ybar	نسبت کل سرمایه‌گذاری به تولید	۰/۳۲۱	محاسبات تحقیق

٦. سنجش اعتبار مدل

برای ارزیابی میزان موفقیت مدل ارائه شده، از میزان سازگاری و نزدیکی گشتاورهای تولید شده از کالیبراسیون مدل ساخته با گشتاورهای دنیای واقعی استفاده می‌کنیم؛ به‌عبارت دیگر، با استفاده از پارامترهای برآورد شده و نسبت‌های محاسبه شده می‌توان اقدام به شبیه‌سازی سری‌زمانی متغیرها در مدل کرد که هرچه گشتاورهای این سری‌های شبیه‌سازی شده با گشتاورهای سری‌های زمانی متناظر در دنیای واقعی بیشتر به‌هم نزدیک باشد، نشان از موفقیت مدل ارائه شده در شبیه‌سازی دنیای واقعی دارد.

جدول ۲: مقایسهٔ گشتاورهای حاصل از مدل با گشتاورهای داده‌های دنیای واقعی (یافته‌های پژوهش).

Table 2: Comparison of Model-Implied Moments with Real-World Data Moments (Research findings).

متغیرها	نوسانات (انحراف معیار)		نوسانات نسبی (نسبت انحراف معیار متغیر به انحراف معیار تولید)	
	مقدار مشاهده شده در داده‌های واقعی	مقدار کالیبره شده در مدل	مقدار مشاهده شده در داده‌های واقعی	مقدار کالیبره شده در مدل
تورم	۰/۰۱۸	۰/۰۲۵	۰/۶۲	۰/۹۶
مصرف	۰/۰۳۲	۰/۰۲۱	۱/۱	۰/۸۴
تولید	۰/۰۲۹	۰/۰۲۶	۱	۱
سرمایه گذاری	۰/۰۴۴	۰/۰۴۳	۱/۵	۱/۶۵

*نمونهٔ مورد بررسی حاوی داده‌های فصلی از سال ۱۳۸۵:۱ تا ۱۴۰۲:۴ است.

۷. تجزیه و تحلیل توابع عکس‌العمل آنی و یافته‌های پژوهش

در این قسمت، با استفاده از پارامترهای برآوردی و هم‌چنین محاسبهٔ برخی پارامترها با استفاده از داده‌های اقتصاد ایران، سیستم معادلات لگاریتم–خطی با استفاده از نرم‌افزار *DYARE* شبیه‌سازی شده است که در قسمت بعدی تحلیل آثار تکانهٔ بهره‌وری، مخارج دولت، درآمدهای نفتی بر متغیرهای کلان اقتصادی و هم‌چنین تکانهٔ نرخ ارز بر نوسانات شاخص بورس و سیاست بهینهٔ پولی بر برخی از متغیرهای کلان اقتصادی تشریح و ارائه می‌گردد.

۷-٤. آثار تکانهٔ نرخ ارز بر سیاست پولی بهینه

در این قسمت با استفاده از قواعد سادهٔ بهینه‌یابی (*OSR*)[1]، به بررسی مقادیر بهینهٔ پارامترها و تأثیر آن‌ها بر تابع هدف پرداخته می‌شود. جدول (۲) مقادیر بهینهٔ هر یک از پارامترهای تابع عکس‌العمل سیاست پولی را نشان می‌دهد. مقدار تابع هدف $۳/۱۳۸۷۲^{۸}(-۶)$ بسیار نزدیک به صفر است. این نشان می‌دهد که مدل به‌خوبی بهینه‌سازی‌شده و تابع هدف به حداقل ممکن رسیده است.

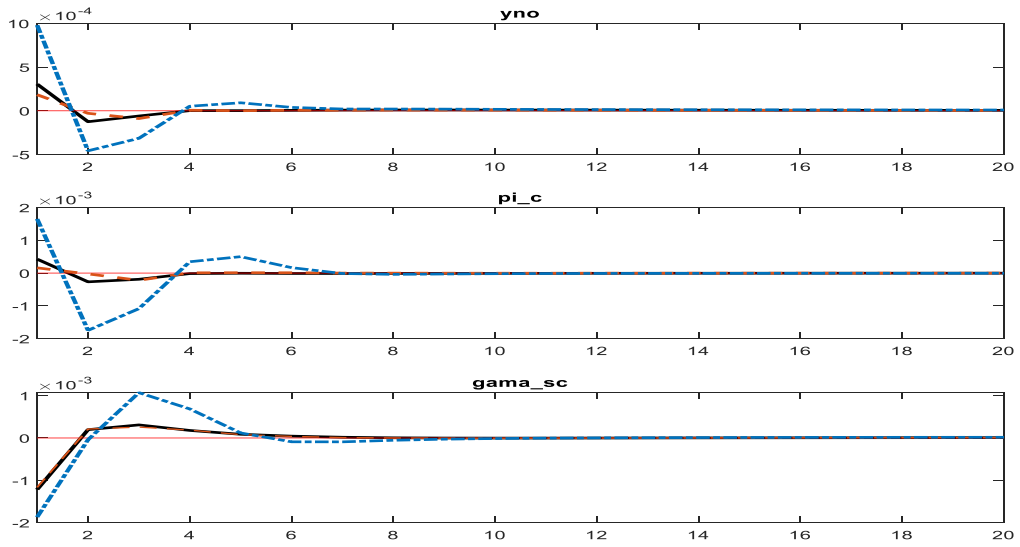
1 optimal simple rules

جدول ۳: نتایج حاصل از مقایسهٔ مقادیر کالیبره‌شده و مقادیر بهینه تابع سیاست پولی (یافته‌های پژوهش).

Tab. 3: Results from the comparison of calibrated values and the optimal values of the monetary policy function (research findings).

پارامتر	توضیحات	مقدار کالیبره شده	مقدار بهینه
θ_π	ضریب اهمیت تورم در تابع عکس‌العمل سیاست پولی	۱/۵۴-	۱/۶۳۷۷-
θ_y	ضریب اهمیت تولید در تابع عکس‌العمل سیاست پولی	۱/۷۰-	۱/۲۸۵۶-
θ_{rer}	ضریب اهمیت نرخ ارز حقیقی در تابع عکس‌العمل پولی	۰/۸۰	۰/۵۷۹۹
ρ_Θ	ضریب خودرگرسیونی مرتبهٔ اول تکانهٔ پولی	۰/۳۷	۰/۳۸۱۶
تابع هدف			۳/۱۳۸۷۲^(-۶)

همان‌طورکه در نمودار (۱) نشان‌داده شده است، هنگامی‌که وزن تورم، تولید و نرخ ارز در تابع سیاست پولی برابر با ۱ است (خط مشکی)، تولید کل بدون نفت و نرخ تورم هر دو واکنش مثبت اولیه‌ای به تکانهٔ نرخ ارز نشان می‌دهند؛ با این‌حال، با گذشت زمان و تشدید واکنش سیاست پولی، هر دو متغیر کاهش‌یافته و پس از حدود ۵ تا ۶ دوره به سطح تعادلی بازمی‌گردند. این رفتار نشان‌دهندهٔ غلبه تدریجی اثر انقباضی سیاست پولی بر آثار اولیهٔ تکانهٔ نرخ ارز است. ردیابی مسیر توابع عکس‌العمل تا افق شش دوره نشان می‌دهد که با افزایش وزن تورم (θ_π) به مقادیر ۵ و ۱۰ در تابع سیاست پولی، دامنهٔ نوسانات تورم و تولید کاهش‌یافته و واکنش شاخص قیمت سهام نیز منفی‌تر می‌شود. این موضوع بیانگر آن است که تمرکز بیشتر سیاست پولی بر مهار تورم، اگرچه نوسانات قیمتی را محدود می‌کند، اما از کانال نرخ بهره فشار بیشتری بر بازار دارایی‌ها وارد می‌سازد.

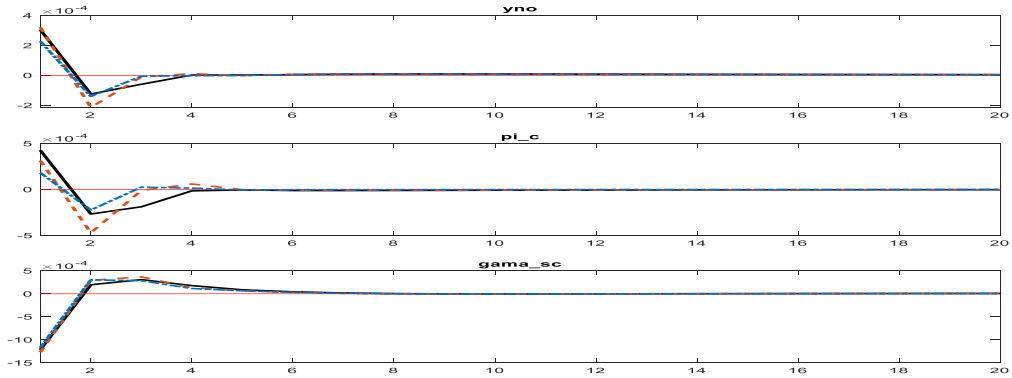


نمودار ۱: واکنش متغیرها نسبت به تکانهٔ نرخ رشد ارز با تغییر وزن تورم در تابع سیاست پولی به اندازهٔ ۵٪ (یافته‌های پژوهش).

YNO: تولید کل بدون نفت، *pi_c*: نرخ تورم؛ *gama_sc*: شاخص قیمت سهام.

نتایج نشان می‌دهد که افزایش وزن تورم در قاعدهٔ سیاست پولی، پاسخ‌های ضدتورمی قوی‌تری ایجاد می‌کند، اما با هزینه‌هایی همراه است؛ سخت‌گیری پولی شدید، هزینهٔ استقراض کوتاه‌مدت را افزایش داده، سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهد و فشار کاهنده بر قیمت سهام وارد می‌کند. کاهش نوسانات تولید در عین‌حال نشان‌دهندهٔ اثر محافظتی تمرکز بیشتر بر تورم بر اقتصاد واقعی در برابر تکانه‌های ناشی از نرخ ارز است. این یافته‌ها اهمیت تعیین وزن‌های متعادل در تابع واکنش بانک مرکزی را برجسته می‌کند؛ وزن‌های بیش از حد بالا ممکن است در کنترل تورم مؤثر باشند، اما باعث محدودیت رشد سرمایه‌گذاری و تضعیف بازارهای مالی می‌شوند. وزن متوسط تورم، در محدودهٔ پنج تا ده، برای حفظ ثبات قیمتی بدون ایجاد اثرات انقباضی شدید بهینه به‌نظر می‌رسد؛ بنابراین، بانک‌های مرکزی در اقتصادهای وابسته به نفت مانند ایران باید اهداف تورمی را به‌صورت انعطاف‌پذیر تعیین کرده و سیاست‌های پولی را با مدیریت نرخ ارز هماهنگ سازند تا نوسانات محدود و تولید و ثبات بازار حفظ شود.

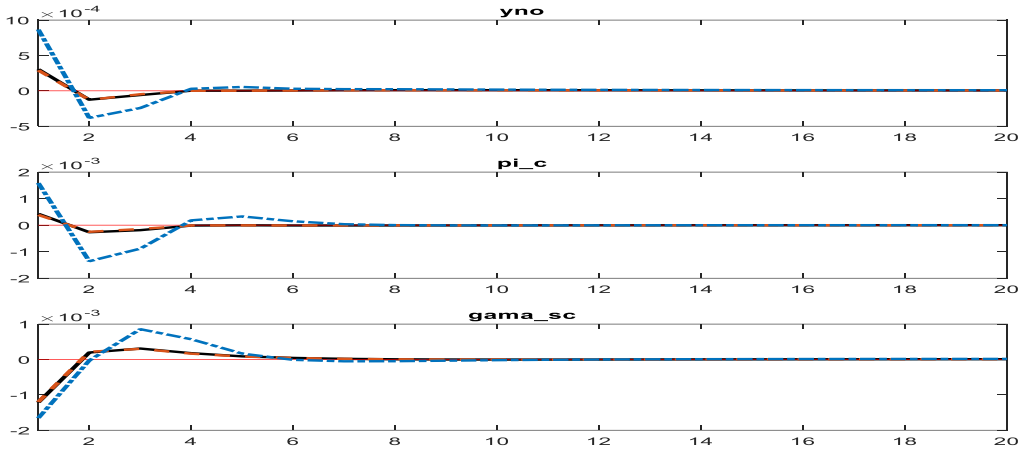
در این بخش، واکنش سیاست پولی مبتنی‌بر تولید در مواجهه با تکانه‌های نرخ ارز مورد بررسی قرار می‌گیرد. تغییر وزن تولید در تابع واکنش سیاست پولی تأثیر قابل‌توجهی بر رفتار متغیرهای کلیدی دارد. نمودار (۲)، توابع پاسخ تکانه‌ای ($IRFs$) متغیرهای کلیدی، ازجمله تولید کل غیرنفتی (YNO)، نرخ تورم (pi_c) و شاخص قیمت سهام ($gama_sc$) را نسبت به یک تکانهٔ نرخ ارز نشان می‌دهد. خط سیاه نمایانگر سناریوی پایه است که در آن وزن‌های تورم، تولید و نرخ ارز همگی برابر با یک درنظر گرفته شده‌اند، درحالی‌که خطوط نارنجی و آبی مربوط به سناریوهایی هستند که وزن تولید به ترتیب به پنج و ده افزایش یافته است. همان‌طورکه نمودار نشان می‌دهد، در حالت وزن‌های برابر، تکانهٔ نرخ ارز منجر به کاهش موقت تولید غیرنفتی، افزایش کوتاه‌مدت تورم و کاهش شاخص قیمت سهام می‌شود. با افزایش وزن تولید در تابع واکنش سیاست پولی، سیاست‌گذار پولی توجه بیشتری به تثبیت فعالیت واقعی اقتصاد معطوف می‌کند. این امر باعث می‌شود دامنه کاهش تولید غیرنفتی محدودتر شده و بازگشت آن به مسیر تعادلی با سرعت بیشتری صورت گیرد. با این‌حال، تمرکز بیشتر بر تولید، واکنش سیاست پولی به فشارهای تورمی ناشی از تکانهٔ نرخ ارز را تا حدی تضعیف کرده و می‌تواند به نوسانات اندکی بیشتر در تورم و شاخص قیمت سهام در دوره‌های اولیه منجر شود.



نمودار ۲: واکنش متغیرها نسبت به تکانهٔ نرخ رشد ارز با تغییر وزن تولید در تابع سیاست پولی به اندازهٔ ۵٪ (یافته‌های پژوهش).

YNO: تولید کل بدون نفت، pi_c: نرخ تورم؛ $gama_sc$: شاخص قیمت سهام

نمودار (۳) توابع پاسخ ضربه‌ای ($IRFs$) متغیرهای کلان اقتصادی مهم ازجمله تولید ناخالص داخلی غیرنفتی (YNO)، نرخ تورم (π_c) و شاخص قیمت سهام (γ_sc)، را در واکنش به یک تکانهٔ رشد نرخ ارز نشان می‌دهد، زمانی‌که وزن نرخ ارز واقعی در قانون سیاست پولی تغییر می‌کند. خط سیاه نمایانگر حالت پایه است که در آن هر یک از متغیرهای تورم، تولید و نرخ ارز واقعی وزن یکسانی در تابع سیاست پولی دارند. خطوط نارنجی و آبی، به‌ترتیب، نشان‌دهندهٔ حالاتی هستند که وزن نرخ ارز واقعی به پنج و ده افزایش یافته است، و بدین‌ترتیب تأثیر متفاوت تمرکز بر نرخ ارز واقعی بر واکنش متغیرهای کلان اقتصادی را به تصویر می‌کشند.



نمودار ۳: واکنش متغیرها نسبت به تکانهٔ نرخ رشد ارز با تغییر وزن نرخ ارز حقیقی در تابع سیاست پولی به اندازهٔ ۵٪ (یافته‌های پژوهش).

YNO: تولید کل بدون نفت، pi_c: نرخ تورم؛ $gama_sc$: شاخص قیمت سهام.

زمانی‌که تمامی وزن‌های سیاستی به‌طور برابر لحاظ شوند، شوک نرخ ارز موجب کاهش موقت تولید کل غیرنفتی، افزایش کوتاه‌مدت نرخ تورم و کاهش شاخص قیمت سهام می‌شود؛ با این‌حال، افزایش وزن نرخ ارز واقعی در تابع سیاست پولی، تمرکز سیاست‌گذاری را از هدف‌گذاری تهاجمی تورم به تثبیت نرخ ارز معطوف می‌کند؛ درنتیجه مسیر تولید پایدارتر شده و بازگشت اقتصاد به وضعیت تعادلی سریع‌تر انجام می‌گیرد. از منظر تورم، افزایش وزن نرخ ارز واقعی سبب تعدیل سخت‌گیری پولی ازطریق حفظ نرخ بهره نسبتاً پایین‌تر می‌شود که به‌طور غیرمستقیم نوسانات قیمتی را کاهش داده و ثبات بازار را روان‌تر می‌سازد. به‌طور مشابه، شاخص قیمت سهام کاهش کمتری را تجربه می‌کند؛ زیرا شرایط مالی تحت سیاستی که بر ثبات نرخ ارز واقعی متمرکز است، ملایم باقی می‌ماند. به‌عبارت دیگر، این نتایج نشان می‌دهد که افزایش وزن نرخ ارز حقیقی در تابع سیاست پولی، دامنهٔ نوسانات بازار سهام را به‌طور معناداری کاهش داده و شدت واکنش منفی شاخص قیمت سهام به تکانه‌های نرخ ارز را حدود ۴۰ تا ۵۰٪ تعدیل می‌کند. به‌طورکلی، تخصیص وزن بالاتر به نرخ ارز واقعی در قانون سیاست پولی موجب کاهش اثرات منفی تکانه‌های ارزی بر تولید و بازار سهام و تعدیل فشارهای تورمی می‌شود؛ با این‌وجود، اتخاذ موضع کمتر تهاجمی در برابر تورم ممکن است کنترل کوتاه‌مدت بانک مرکزی بر دینامیک قیمت‌ها را اندکی

تضعیف کند. نتایج نشان می‌دهد که اولویت دادن به نرخ ارز واقعی می‌تواند ثبات کلان اقتصادی را در اقتصادهایی که در برابر تکانه‌های خارجی آسیب‌پذیر هستند، به‌ویژه اقتصادهایی با حساب‌های سرمایهٔ باز یا وابستگی بالای وارداتی، تقویت کند؛ با این‌حال، سیاست‌گذاران باید تعادل دقیقی میان تثبیت نرخ ارز و کنترل تورم حفظ کنند تا عملکرد اقتصادی پایدار تضمین شود.

۸. نتیجه‌گیری

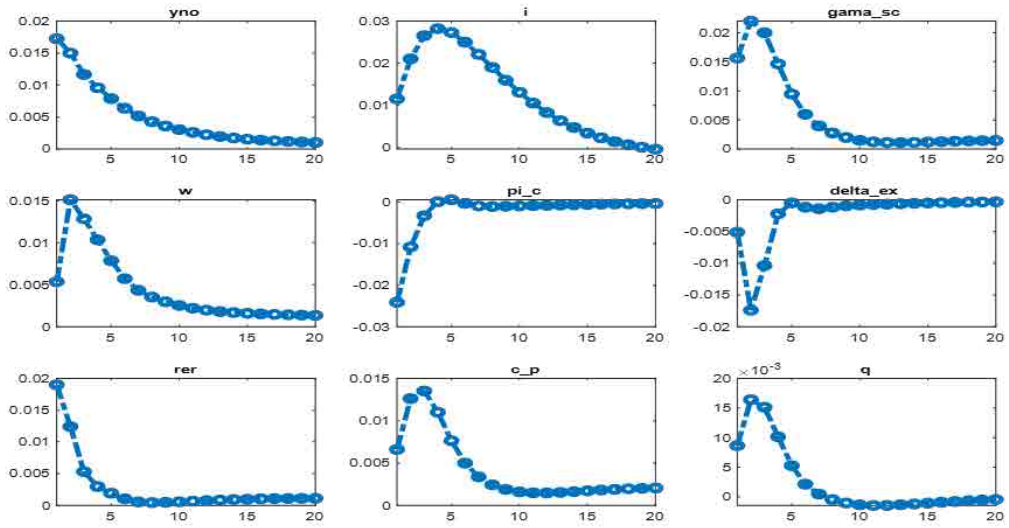
در این پژوهش، به‌منظور تحلیل اثر تکانه‌های ساختاری بر اقتصاد کلان ایران، یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE) شامل تکانه‌های بهره‌وری کل عوامل تولید، نقدینگی و نرخ ارز برای دورهٔ زمانی ۱۳۸۵:۱ تا ۱۴۰۲:۴ شبیه‌سازی شد. این مدل با بهره‌گیری از داده‌های کلان اقتصادی و روش تخمین بیزین مبتنی‌بر شبیه‌سازی‌های ماکسیمم احتمال شرطی، واکنش متغیرهای کلان را نسبت به تکانه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار داد. نتایج نشان می‌دهد که پاسخ متغیرهای کلان اقتصادی به تکانه‌های ساختاری متفاوت و گاه ناهم‌سو است. افزایش نقدینگی در کوتاه‌مدت سطح تولید و بازار سهام را تحریک می‌کند، اما هم‌زمان موجب رشد تورم و کاهش سرمایه‌گذاری شده و ثبات بلندمدت اقتصادی را تهدید می‌کند. علاوه‌بر این، تکانه‌های مثبت نرخ ارز رشد تولید، مصرف و ذخایر ارزی را افزایش می‌دهند، اما اثر کاهنده‌ای بر بازار سرمایه، نقدینگی، سرمایه‌گذاری و نرخ ارز حقیقی دارند.

پیامدها و توصیه‌های سیاستی: اجرای ساختاری پولی مناسب که مستلزم تدوین تابع واکنش سیاستی توسط بانک مرکزی است که تورم، تولید و نرخ ارز واقعی را هدف قرار دهد. هماهنگی سیاست‌های مالی و پولی و تقویت تاب‌آوری بازار مالی ازطریق الزامات سرمایهٔ ضدچرخه‌ای و نسبت پوشش نقدینگی هم‌راستا با تغییرات نرخ بهره ضروری است. نهایتاً، پیش‌بینی مبتنی‌بر DSGE و تجزیهٔ تکانه‌ها همراه با داشبورد سیاستی مبتنی‌بر شاخص‌های OSR، رشد مبتنی‌بر بهره‌وری ازطریق تنوع‌بخشی و انعطاف‌پذیری بازار کار، ظرفیت بلندمدت اقتصاد را ارتقا می‌دهد.

محدودیت‌ها و تحقیقات آتی: باوجود آن‌که مدل حاضر مکانیسم‌های اصلی اقتصاد کلان ایران را پوشش می‌دهد، اما عدم قطعیت‌های سیاسی، ناکارآمدی‌های مالی و فعالیت‌های بازارهای اعتباری غیررسمی را لحاظ نکرده است. پژوهش‌های آینده باید قواعد مالی و نوسانات قیمت جهانی نفت را وارد مدل کنند.

از محدودیت‌های این مدل می‌توان به عدم لحاظ اصطکاک‌های مالی اشاره کرد؛ با این‌حال، تمرکز تحقیق بر تحلیل سیاست پولی بهینه مبتنی‌بر نرخ ارز ایجاب می‌کرد که از پیچیدگی‌های مالی صرف‌نظر شود. گسترش مدل با افزودن کانال‌های مالی می‌تواند مسیر پژوهشی مهمی برای مطالعات آینده باشد. به‌طورکلی، ثبات پایدار اقتصاد کلان در اقتصادهای وابسته به نفت مانند ایران، تنها ازطریق هدف‌گذاری تورم حاصل نمی‌شود و استراتژی پولی چندهدفه و تطبیقی، همراه با سیاست مالی هماهنگ و ارتباط معتبر میان ابزارها، نقشهٔ راهی عملی برای تعادل میان کنترل تورم، تثبیت تولید و مدیریت نرخ ارز در محیط جهانی ناپایدار ارائه می‌دهد.

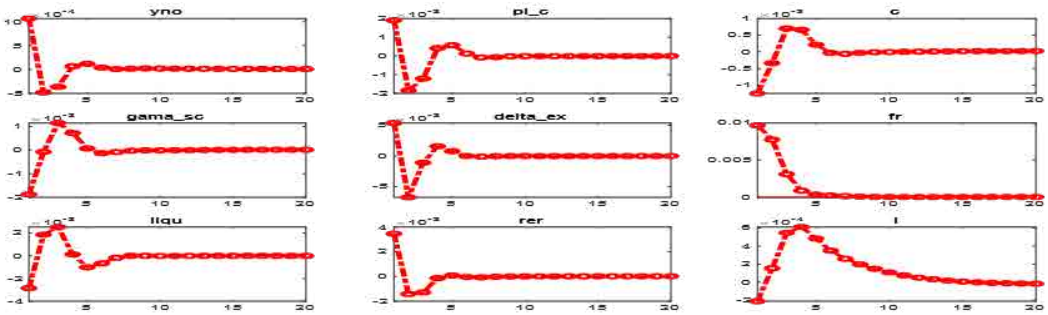
پیوست ۱



نمودار ٤: توابع عکس‌العمل آنی متغیرها نسبت به تکانهٔ بهره‌وری کل عوامل به اندازهٔ ۲٪ (یافته‌های پژوهش).

Graph. 4: Impulse response functions of variables to a 2% total factor productivity shock (research findings).

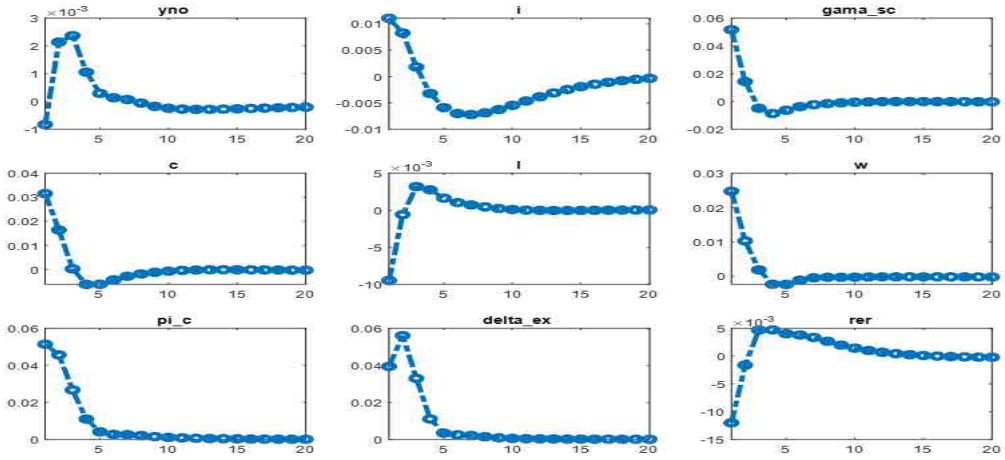
YNO: تولید کل بدون نفت، *pi_c*: نرخ تورم، *gama_sc*: شاخص قیمت سهام، *w*: دستمزد، *q*: موجودی سرمایه، *delta_ex*: رشد نرخ ارز، *rer*: نرخ ارز حقیقی، *c_p*: مصرف خصوصی، *i*: سرمایه‌گذاری.



نمودار ٥: توابع عکس‌العمل آنی متغیرها نسبت به تکانهٔ نرخ رشد ارز در بازار به اندازهٔ ۵٪ (یافته‌های پژوهش).

Graph. 5: Impulse response functions of variables to a 5% exchange rate growth shock in the market (research findings).

YNO: تولید کل بدون نفت، *pi_c*: نرخ تورم؛ *gama_sc*: شاخص قیمت سهام، *delta_ex*: رشد نرخ ارز، *rer*: نرخ ارز حقیقی، *c*: مصرف، *fr*: خالص ذخائر خارجی بانک مرکزی، *liqu*: رشد نقدینگی.



نمودار ٦: توابع عکس‌العمل آنی متغیرها نسبت به تکانهٔ رشد نقدینگی به اندازهٔ ۲٪ (یافته‌های پژوهش).

Graph. 6: Impulse response functions of variables to a 2% liquidity growth shock (research findings).

YNO: تولید کل بدون نفت، *pi_c*: نرخ تورم؛ *gama_sc*: شاخص قیمت سهام، *w*: دستمزد، *q*: موجودی سرمایه، *delta_ex*: رشد نرخ ارز، *rer*: نرخ ارز حقیقی، *p*: مصرف، *w*: دستمزد.

سپاسگزاری

نویسندگان از داوران مقاله بابت نظراتشان که به بهبود مقاله کمک کردند، قدردانی می‌کنند.

درصد مشارکت نویسندگان

نویسندگان در نگارش مقاله دارای سهم برابر هستند.

تعارض منافع

نویسندگان ضمن رعایت اخلاق نشردر ارجاع دهی، اعلام می دارند که هیچ گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

کتابنامه

– الباجی؛ علی، آذربایجانی؛ محمد، و دائی‌کریم‌زاده، مهدی، (۱۴۰۳). «واکنش اقتصاد ایران نسبت به سیاست‌های پولی و ارزی با تکیه بر بخش خارجی و رویکرد تعادل عمومی پویای تصادفی». *اقتصاد مقداری*، ۲۰(۴): ۱–۳۷. https://doi.org/10.22055/jqe.2021.33852.2255

– پوراکبر، محمد؛ اسکندری‌سبزی، محمد؛ فرهنگ، محمدرضا؛ قره‌داغی، محمد؛ و رستم، حسین، (۱۴۰۲). «سیاست پولی بهینه با لحاظ نااطمینانی در اقتصاد ایران (الگوی DSGE)». *تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، ۱۳(۵۰): ۴۰–۷۲. http://20.1001.1.22286454.1401.13.50.2.8

– خسروسرشکی، محمدجواد؛ و کیخا، علیرضا، (۱۴۰۱). «اثر تحریم و وضعیت درآمد نفتی بر درجه عبور نرخ ارز». *پژوهش‌های اقتصادی*، ۲۲(۴): ۱۱۹–۱۴۲. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17356768.1401.22.4.5.6

– حیدریان، سارجام؛ پهلوانی، مهدی؛ و میرجلیلی، سجادحسین، (۱۴۰۳). «تحریم‌های مالی، درآمدهای نفتی و سیاست‌های پولی و مالی در ایران: مدل DSGE». *مطالعات کسب‌وکار و توسعه*، ۱۶(۲): ۱۴۵–۱۸۳. https://doi.org/10.22034/epj.2021.15377.2141

– خسروسرکشی، محمدجواد؛ نجارزاده،رضا، و حیدری،حسن، (۱۴۰۰). «سیاست پولی بهینه رمزی و نظام ارزی در قالب DSGE متناسب با اقتصاد نفتی (ایران)». *مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۱۱(۴۲): ۹–۴۶. https://doi.org/10.22084/aes.2021.24929.3346

– ذریه‌محمدعلی؛ فائزه، ناهیدی‌امیرخیز؛ محمدرضا، پایتختی‌اسکویی؛ سیدعلی؛ و رنج‌پور، رضا، (۱۴۰۱). «واکنش سیاست‌های پولی و مالی به شکاف تولید در ایران با رویکرد قاعده تیلور: روش کوانتایل». *پژوهش‌های اقتصادی*، ۴(۲۱): ۸۵–۱۲۰. http://mieaoi.ir/article-1214-1-fa-html

– زارعی، سعید؛ فلاحی، محمد؛ ملک‌الساداتی، حسین؛ و سیدسعید، محمد، (۱۴۰۳). «تأثیر تحریم‌های بین‌المللی بر اقتصاد ایران با تأکید بر نقش صندوق توسعه ملی: رویکرد مدل DSGE». *سیاست‌گذاری اقتصادی*، ۱۶(۳۱): ۳۵–۸۰. https://doi.org/10.22034/epj.2024.20548.2483

– منظور، داود؛ و تقی‌پور، انوشیروان، (۱۳۹۴). «بررسی آثار تکانه‌های نفتی در اقتصاد ایران با استفاده از مدل DSGE». *پژوهش‌های اقتصادی*، ۱۵(۳): ۶۷–۹۵. http://qjerp.ir/article-1-1156-fa.html

– نصیری، سمیرا؛ داودی، محمد؛ صمصامی، فرشاد؛ و توکلیان، حسن، (۱۴۰۲). «سیاست پولی بهینه و برآورد اعتبار سیاست‌گذار پولی در ایران با رویکرد DSGE». *پژوهشنامه اقتصادی (دانشگاه علامه طباطبایی)*، ۲۳(۸۸)، ۱۱–۵۳. https://doi.org/10.22054/joer.2024.77537.1194

– نظری، سیدهادی؛ عادلی، امیدعلی؛عربی، محمد؛ و گودرزی‌فراهانی، امیر، (۱۴۰۴). «بررسی آثار نرخ سود واقعی صفر بر اقتصاد ایران در قالب مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی». *سیاست‌گذاری اقتصادی*، ۱۶(۳۲): ۳۳۶–۳۷۱. https://doi.org/10.22034/epj.2024.21339.2572

References

- Albaji, A., Azarbayejani, M. & Daee-Karimzadeh, M. (2024). “The Response of Iran’s Economy to Monetary and Exchange Rate Policies with Emphasis on the External Sector and a Dynamic Stochastic General Equilibrium Approach”. *Quarterly Journal of Quantitative Economics,* 20(4): 1–37. https://doi.org/10.22055/jqe.2021.33852.2255 (in Persian).

- Aysun, U., (2024). “Identifying the external and internal drivers of exchange rate volatility in small open economies”. *Emerging Markets Review,* 58L 101085.

- Benigno, G., Benigno, P. & Ghironi, F., (2015). “Exchange rate determination and optimal monetary policy in open economies”. *Journal of International Economics,* 96(1): 43–60.

- Berg, A., Portillo, R., Yang, S.-C. S. & Zanna, L.-F., (2010). *The short-run macroeconomics of aid inflows: Understanding the interaction of fiscal and reserve policy*. IMF Working Paper WP/10/65.

- Billi, R. M., Galí, J. & Nakov, A., (2024). "Optimal monetary policy with a persistently negative natural rate of interest". *Journal of Monetary Economics,* 138: 103-122.

- Chen, K., Kolasa, M., Lindé, J., Wang, H., Zabczyk, P. & Zhou, M. J. (2023). *An Estimated DSGE Model for Integrated Policy Analysis.* International Monetary Fund.

- Coenen, G., Mazelis, F., Motto, R., Ristiniemi, A., Smets, F., Warne, A. & Wouters, R., (2025). "Inflation and monetary policy in medium-sized New Keynesian DSGE models". In: *Research Handbook on Inflation* (pp. 62–98). Edward Elgar Publishing.

- Corsetti, G., Dedola, S. & Leduc, L. (2024). "Exchange rate regimes and macroeconomic stabilization in a small open economy". *Journal of Monetary Economics,* 141: 102–120. https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2023.12.005

- Heydarian, S., Pahlavani, M. & Mirjalili, S. (2024). "Financial Sanctions, Oil Revenues, and Monetary and Fiscal Policies in Iran: A DSGE Model". *International Journal of Business Studies and Development,* 16(2): 145–183. http://10.22034/epj.2021.15377.2141 (in Persian).

- Hofmann, B., Manea, C. & Mojon, B.. (2024). "Targeted Taylor rules: Monetary policy responses to demand- and supply-driven inflation". *BIS Quarterly Review,* 19–35.

- Karadi, P., Nakov, A., Nuño, G., Pasten, E. & Thaler, D., (2025). *Working Paper Series Strike while the iron is hot – optimal monetary policy under state-dependent pricing.* European Central Bank (ECB). https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecb.wp3068~6832cbba7e.en.pdf

- Khosrosorkeshi, M., Najjarzadeh, R. & Heydari, H., (2021). "Optimal Ramsey Monetary Policy and Exchange Rate Regime in a DSGE Framework for an Oil-Based Economy (Iran)". *Iranian Journal of Applied Economic Studies,* 11(42): 9–46. http://10.22084/aes.2021.24929.3346 (in Persian).

- Khosrosarshaki, M. & VakiKha, A,. (2022). "The Effect of Sanctions and Oil Revenue Conditions on the Degree of Exchange Rate Pass-Through". *Economic Research,* 22(4): 119–142. http://20.1001.1.17356768.1401.22.4.5.6 (in Persian).

- Manzoor, D. & Taghipour, A., (2015). "Examining the Effects of Oil Shocks on Iran's Economy Using a DSGE Model". *Economic Research,* 15(3): 67–95. http://qjerp.ir/article-1-1156-fa.html (in Persian).

- Moutsianas, A. & Nisticò, S., (2010). *Optimal monetary policy in open economies: The role of exchange rates and oil shocks.* Working paper.

- Nasiri, S., Davoudi, M., Samsami, F. & Tavakolian, H., (2023). "Optimal Monetary Policy and Estimation of Monetary Policy Credibility in Iran: A DSGE Approach". *Economic Research Journal (Allameh Tabataba'i University),* 23(88): 11–53. https://doi.org/10.22054/joer.2024.77537.1194 (in Persian).

- Nazari, S, H., Adeli, O,A., Arabi, M. & Goudarzi-Farahani, A., (2025). "Examining the Effects of a Zero Real Interest Rate on Iran's Economy within a Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) Framework". Journal of Economic Policy Making, 16(32): 336–371. https://doi.org/10.22034/epj.2024.21339.2572 (in Persian).

- Nisticò, S., (2012). "Monetary policy and stock prices in a DSGE framework". Journal of Macroeconomics, 34(1): 302–314 .

- Obstfeld, M. & Zhou, H., (2022). "The global dollar cycle". *Brookings Papers on Economic Activity,* 53(2): 361–447.

- Pourakbar, M., Eskandari-Sabzi, M., Farhang, M., Gharehdaghi, M. & Rostam, H., (2023). "Optimal Monetary Policy under Uncertainty in the Iranian Economy (A DSGE Model)". *Quarterly Journal of Economic Modeling Research,* 13(50): 40–72. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22286454.1401.13.50.2.8 (in Persian).

- Schmitt-Grohé, S. & Uribe, M., (2024). *The Optimal Rate of Inflation Revisited*. NBER Working Paper No. 31920. National Bureau of Economic Research.

- Yang, L., (2024). "News shocks and the exchange rate in a DSGE model of China". Doctoral dissertation, Cardiff University.

-Zarei, S., Fallahi, M., Malekolsadati, H. & Seyedsaeed, M. (2024). "The Impact of International Sanctions on Iran's Economy with Emphasis on the Role of the National Development Fund: A DSGE Model Approach". *Journal of Economic Policy Making,* 16(31): 35–80. http://10.22034/epj.2024.20548.2483 (in Persian).

- Zarieh Mohammadali, F., Nahidi Amirkhiz, M., Paytakhti Eskoui, S, A. & Ranjpour, R,. (2022). "The Response of Monetary and Fiscal Policies to the Output Gap in Iran Based on the Taylor Rule: A Quantile Approach". *Economic Research,* 4(21): 85–120. http://mieaoi.ir/article-1-1214-fa.html (in Persian).