Vol. 11, No. 42, Summer (2022)

مطالعات اقتصادی کاربردی ایران

Quarterly Journal of Applied Economics Studies, Iran (AESI)

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.
Publisher: Bu-Ali Sina University. *All rights reserved.*
*Copyright©2022, The Authors. This open-access article is published under the terms of the **Creative Commons**.*

Bu-Ali Sin University

The Optimal Ramsey Monetary Policy in The Form of DSGE Model Appropriate to Oil-Exporting Country (The Case of Iran)

Khosrosereshki, M. J.[1], Najarzadeh[2], R., Heydari, H.[3]

Type of Article: Research
https://dx.doi.org/10.22084/AES.2021.24929.3346
Received: 2021.09.139; Accepted: 2021.12.05
Pp: 9-46

Abstract

The purpose of this study, regarding the characteristics of an oil economy such as Iran, is to choose the Ramsey optimal monetary policy and appropriate exchange rate system. The model includes Ricardian and non-Ricardian households, nominal rigidity (in price level and wages) and real rigidity (in consumption), public goods, oil and non-oil exports, different exchange systems (float, managed floating, and fixed), and different targets in the real and monetary sector for the central bank. Also, the consequences of implementing the Ramsey optimal monetary policy versus the current state of the country were examined. Finally, the effects of oil prices shocks, foreign inflation shock, money supply shock, and nominal exchange rate growth shocks on macro variables under the base model and Ramsey's optimal monetary policy were examined. The results show that, first, the central bank should choose and commit to the managed floating exchange rate system among different exchange systems and dual-targeting (production and inflation with more focus on production) among different targeting policies. Although the fixed exchange rate system has a much smaller loss function than others, it is not feasible due to the instability of the economy. Second, the central bank's commitment to an optimal policy makes the monetary and real sectors of the economy much less volatile and much more stable versus monetary and foreign currency shocks compared to the base model. In faced with external shocks, Ramsey's optimal monetary policy gives more stability to the real sector of the economy in lieu of more volatility and stability in monetary variables.

Keywords: DSGE, Ramsey Optimal Monetary Policy, Exchange Rate Regimes.
JEL Classification: D58, E52, E58.

1. Ph.D. Student, Department of Economics, Faculty of Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2. Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (Corresponding Author).
Email: najarzar@modares.ac.ir
3. Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Citations: Khosrosereshki, M.; Najarzadeh, R. & Heydari, H., (2022). "The Optimal Ramsey Monetary Policy in The Form of DSGE Model Appropriate to Oil-Exporting Country (The Case of Iran)". *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 11(42), 9-46 (doi: 10.22084/aes.2021.24929.3346).
Homepage of this Article: https://aes.basu.ac.ir/article_4264.html?lang=en

1. Introduction

Based on Impossible Trinity (Trilemma), it is impossible to have all three goals below simultaneously:

1. Fixed exchange rate system
2. Free capital movement
3. Independent monetary policy

Therefore, Central Bank can choose 2 items among the aforementioned goals. Economic policymakers in developing countries (with high exchange rate pass-through and limited access to the global financial market) usually have no tendency to implement float exchange rate systems due to the fear of floating. Consequently, in these countries, the monetary policies are less independent. Thus, the interaction between the exchange rate system and monetary policy should be considered. One of the best methods for modeling the optimal monetary policy and appropriate exchange rate regime is the Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) model. There are two approaches to DSGE models by New Classical and New-Keynesian economists.

Table 1. The differences between New Classical and New-Keynesian DSGE models.

Features	New Classical	New-Keynesian
Business Cycles Shocks	Real shocks	Real and money sector shocks
Markets	Perfect competition	Monopolistic competition
Wage and Price Levels	Completely flexible	Nominal rigidity (in short-run)
Economic Policies' Efficiency	inefficient	Efficient in short-run
Information in Markets	symmetric	symmetric

2. Methods

In this article, according to New-Keynesian DSGE models and for the characteristics of an oil economy such as Iran, the model was developed. This model includes Ricardian and non-Ricardian households, rigidities in wages and price level (Calvo (1977)) and stickiness in consumption, public goods and oil sector (by the Government), non-oil exports, different exchange rate systems (float, managed floating, and fixed), and different targets in the real and monetary sector for the central bank. finally, the advantages of implementing the Ramsey optimal monetary policy versus the current state of the country were examined. Finally, the effects of oil prices shocks, foreign inflation shock, money supply shock, and nominal exchange rate growth shocks on macro variables under the base model and Ramsey's optimal monetary policy were examined.

The base model has 95 equations and 59 parameters. after log-linearization of equations, the parameters of the model were estimated by the Bayesian method and the Metropolis-Hastings algorithm.

After estimating the model, optimal Ramsey monetary policy is chosen among the following loss functions:

$$L_1 = 0.5 \sum_{i=0}^{\infty} (0.5 * y_t^2 + 0.5 * (\pi_t - \bar{\pi}_t)^2) \quad (1)$$

$$L_2 = 0.5 \sum_{i=0}^{\infty} (0.25 * y_t^2 + 0.75 * (\pi_t - \bar{\pi}_t)^2) \quad (2)$$

$$L_3 = 0.5\sum_{i=0}^{\infty}(0.75 * y_t^2 + 0.25 * (\pi_t - \bar{\pi}_t)^2) \quad (3)$$

$$L_4 = 0.5\sum_{i=0}^{\infty}(0.25 * y_t^2 + 0.25(\pi_t - \bar{\pi}_t)^2 + 0.5 * {e_t}^2) \quad (4)$$

$$L_5 = 0.5\sum_{i=0}^{\infty}\frac{(y_t^2 + (\pi_t - \bar{\pi}_t)^2 + {e_t}^2)}{3} \quad (5)$$

$$L_6 = 0.5\sum_{i=0}^{\infty}(0.25 * y_t^2 + 0.25(\pi_t - \bar{\pi}_t)^2 + 0.5 * (h_t - \xi_t)^2) \quad (6)$$

$$L_7 = 0.5\sum_{i=0}^{\infty}\frac{(y_t^2 + (\pi_t - \bar{\pi}_t)^2 + (h_t - \xi_t)^2)}{3} \quad (7)$$

$$L_8 = 0.5\sum_{i=0}^{\infty}(0.5 * y_t^2 + 0.25(\pi_t - \bar{\pi}_t)^2 + 0.25 * (h_t - \xi_t)^2) \quad (8)$$

$$L_9 = 0.5\sum_{i=0}^{\infty}(0.25 * y_t^2 + 0.5(\pi_t - \bar{\pi}_t)^2 + 0.25 * (h_t - \xi_t)^2) \quad (9)$$

y_t is the deviation of GDP growth, $(\pi_t - \bar{\pi}_t)$ is the deviation of inflation from central bank's inflation's target, e_t is the deviation of real exchange rate growth and $(h_t - \xi_t)$ is the deviation of nominal exchange rate growth from central bank's nominal exchange rate growth target.

L_1, L_2 and L_3 are dual-targeting of production and inflation. L_4 and L_5 are triple-targeting of production, inflation and real exchange rate growth. L_6, L_7, L_8 and L_9 are triple-targeting of production, inflation and nominal exchange rate growth.

3. Data

The quarterly data used in the simulation are for 1990.2 to 2017.1. These data include the GDP (100 index=2013), PPI inflation (100 index=2013), CPI inflation (100 index=2013), the growth rate of the monetary base, the growth of the nominal exchange rate, government consumption expenditures (100 index=2013), oil production, Iran's oil price, wage rate (wage index of large industrial workshops) and the foreign inflation rate of the United States (100 index=2010).

The long-run trends of variables were calculated by using Hodrick-Prescott Filter. The deviations of variables from their long-run trend were imported to "Dynare" as observable variables.

4. Discussion

The stability and optimality must simultaneously be checked. The stability refers to limited variance of all variables (less than 5). Regarding to Table 2., The optimal monetary policy is dual-targeting (production and inflation with more focus on production) among different targeting policies under managed floating exchange rate system. Because of stickiness in price and wages (especially for non-Ricardian households), It is expected that the real sector of the economy is more important in optimal monetary policy to decrease the unpleasant consequences of shocks.

Table 2. Loss functions in different Exchange rate systems.

Exchange rate systems	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9
Floating	*	*	*	*	*	0.0028	0.0024	0.0043	0.0027
Managed Floating	0.0034	*	**0.0019**	*	*	0.0027	0.0021	0.0042	0.0026
Fixed	*	*	*	*	*	*	*	*	*

(* means instability in the economy.)

the advantages of implementing the optimal monetary policy versus the current state of the economy are shown in impulse response functions. The results show that a negative shock of oil price leads to reduction of foreign exchange reserves. the Central Bank buys foreign currency in the exchange market and the exchange rate was increased. An increase in the exchange rate and, as a result, an increase in inflation leads to an increase in the real exchange rate, a decrease in imports, an increase in exports, and finally, an improvement in the trade balance and production. An increase in the real exchange rate leads to an increase in the real balance of foreign currency and a decrease in consumption. The non-Ricardian households also try to compensate for the lost income by increasing their working hours and losing welfare due to both the reduction in consumption and the increase in working hours. But Ricardian households try to partially compensate for the lost utility by transferring consumption to the future and keeping more foreign currency; Also, some Ricardian families can reduce the effect of inflation on their budget by optimizing their wages; While the non-Ricardian households only have the possibility to adjust their wages with the previous period inflation and finally decrease consumption level.

The foreign inflation shock in Ramsey's optimal monetary policy model causes an increase in inflation through the channel of increasing the price of imported goods; Therefore, to decrease inflation, the central bank increases the supply of foreign currency in the market, which leads to a decrease in the nominal exchange rate. In the short-run, the reduction of the foreign reserve increases the uncertainty in the exchange market. On the one hand, an increase in the real exchange rate (which is due to an increase in the nominal exchange rate and an increase in the gap between domestic and foreign inflation); And on the other hand, the decrease in import demand leads to an increase in foreign exchange reserves, and by selling foreign currency in the exchange market, the central bank can help reduce the nominal exchange rate and inflation and decrease the real exchange rate, and ultimately increase the credibility of the central bank, improve expectations and increase total consumption.

in the case of Liquidity and exchange rate shocks, if the central bank is committed to the optimal crypto policy, compared to the basic model, the improvement and stability of the conditions in the real sector will occur earlier for 32 seasons. This situation shows; Both the efficiency of monetary policy and the control of expectations in Ramsey's optimal monetary policy are many times higher than the base case model.

5. Conclusion

The main conclusions are as follows:

- The central bank should choose and commit to the managed floating exchange rate system and targeting (production and inflation with more focus on production)
- The central bank's commitment to optimal monetary policy makes the monetary and real sectors of the economy much less volatile and much more stable versus monetary and foreign currency shocks compared to the base model. In faced with external shocks, Ramsey's optimal monetary policy gives more stability to the real sector of the economy in lieu of more volatility and stability in monetary variables.

مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
Quarterly Journal of Applied Economics Studies, Iran (AESI)
سال یازدهم، شمارهٔ ۴۲، تابستان ۱۴۰۱

فصلنامهٔ علمی مطالعات اقتصادیِ کاربردی ایران
شاپای چاپی: ۲۵۳۰-۲۳۲۲؛ شاپای الکترونیکی: ۲۳۲۲-۴۷۲X
وب‌سایت نشریه: https://aes.basu.ac.ir
نشریهٔ گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اقتصادی و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

سیاست پولی بهینهٔ رمزی و نظام ارزی در قالب الگوی DSGE متناسب با اقتصاد نفتی (مورد ایران)

محمدجواد خسروسرشکی[۱]، رضا نجارزاده[۲]، حسن حیدری[۳]

نوع مقاله: پژوهشی
شناسهٔ دیجیتال: https://dx.doi.org/10.22084/AES.2021.24929.3346
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۲۸
صص: ۴۶-۹

چکیده

در پژوهش حاضر با توجه به ویژگی‌های یک اقتصاد نفتی برای ایران، سیاست پولی بهینهٔ رمزی و نظام ارزی متناسب با آن انتخاب گردید. الگوی پژوهش شامل خانوارهای ریکاردویی و غیرریکاردویی، چسبندگی‌های اسمی (در دستمزد و قیمت‌گذاری) و چسبندگی حقیقی (در مصرف)، کالای عمومی، صادرات نفتی و غیرنفتی، نظام‌های ارزی مختلف (شناور، شناور مدیریت‌شده و ثابت) و هدف‌گذاری‌های مختلف بانک مرکزی در بخش حقیقی و پولی است. هم‌چنین پیامدهای اجرای سیاست بهینهٔ رمزی نسبت به حالت جاری سیاست پولی کشور مورد بررسی قرار گرفته است و آثار شوک کاهش قیمت نفت، شوک افزایش تورم خارجی، شوک افزایش عرضهٔ پول و شوک افزایش رشد نرخ ارز اسمی بر متغیرهای کلان تحت الگوی پایه و سیاست پولی بهینهٔ رمزی بررسی شد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد؛ اولاً، بانک مرکزی از بین نظام های مختلف ارزی و سیاست‌های مختلف هدف‌گذاری باید نظام ارزی شناور مدیریت‌شده و سیاست پولی هدف‌گذاری دوگانهٔ تولید و تورم (با تأکید بیشتر بر تولید) را انتخاب کند و به آن پایبند باشد. هرچند نظام ارزی ثابت مقدار تابع زیان به مراتب کمتری نسبت به سایر نظام‌ها دارد، ولی به علت ناپایدار کردن اقتصاد، قابلیت اجرا ندارد. ثانیاً، تعهد بانک مرکزی به سیاست بهینهٔ رمزی در مقایسه با الگوی پایه باعث می‌شود که بخش پولی و حقیقی اقتصاد در قبال شوک‌های پولی و ارزی، نوسان بسیار کمتر و ثبات بسیار بیشتری داشته باشد. هم‌چنین سیاست پولی بهینهٔ رمزی، در قبال شوک‌های خارجی به ازای نوسان و بی‌ثباتی بیشتر در متغیرهای پولی، ثبات بیشتری را به بخش حقیقی اقتصاد می‌دهد.

کلیدواژگان: تعادل عمومی پویای تصادفی، سیاست بهینهٔ پولی رمزی، نظام‌های ارزی.
طبقه‌بندی JEL: D58, E52, E58.

۱. دانشجوی دکتری گروه اقتصاد، دانشکدهٔ اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
Email: m.khosrosereshki@modares.ac.ir
۲. دانشیار گروه اقتصاد، دانشکدهٔ اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول).
Email: najarzar@modares.ac.ir
۳. استادیار گروه اقتصاد، دانشکدهٔ اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
Email: hassan.heydari@modares.ac.ir

ارجاع به مقاله: خسروسرشکی، محمدجواد؛ نجارزاده، رضا؛ و حیدری، حسن، (۱۴۰۱). «سیاست پولی بهینهٔ رمزی و نظام ارزی در قالب الگوی DSGE متناسب با اقتصاد نفتی (مورد ایران)». فصلنامهٔ مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۱۱(۴۲)، ۹-۴۶ (doi: 10.22084/aes.2021.24929.3346).
صفحهٔ اصلی مقاله در سامانهٔ نشریه: https://aes.basu.ac.ir/article_4264.html

۱. مقدمه

برمبنای تئوری سه‌گانهٔ غیرممکن[1]، بانک مرکزی به‌طور هم‌زمان نمی‌تواند نظام ارزی ثابت، آزادی تحرک سرمایه و سیاست پولی مستقل را عملیاتی کند؛ بنابراین بانک مرکزی باید از بین اهداف مزبور، دست به انتخاب بزند و در حالت گوشه‌ای باید حداکثر دو مورد را انتخاب کند. سیاست‌گذاران اقتصادی کشورهای درحال توسعه (با درجهٔ بالای گذار نرخ ارز[2] و دسترسی محدود به بازارهای مالی جهانی،) معمولاً به علت ترس از شناورسازی[3] گرایش بیشتری به اجرای انواع نظام‌های ارزی سخت دارند؛ از این‌رو تصمیم‌گیری دربارهٔ نظام ارزی باید در یک نگاه کلان و با لحاظ کردن برهم‌کنش بخش‌های مختلف اقتصاد کشور و در چارچوب نظام پولی بررسی گردد. یکی از بهترین روش‌ها جهت انتخاب سیاست پولی بهینه و نظام ارزی متناسب با آن استفاده از «الگوهای تعادل عمومی پویای تصادفی»[4] است.

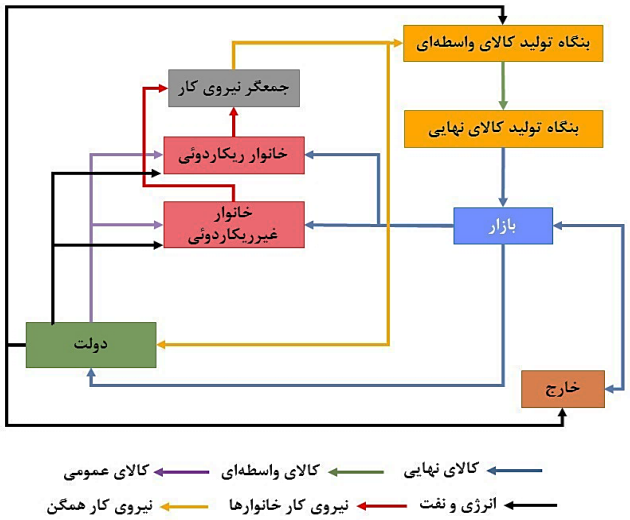
برای اولین‌بار «فیشر»[5] (۱۹۷۷) و «کیدلند» و «پرسکات»[6] (۱۹۸۲) الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی را مطرح کردند. این الگو برمبانی اقتصاد خُرد (ازجمله بهینه‌یابی عاملان اقتصادی در طول زمان، انتظارات عقلایی و تعادل بازارها) استوار است. از اوایل دههٔ ۱۹۸۰م.، کلاسیک‌های جدید به‌سمت «الگوهای چرخه‌های تجاری حقیقی»[7] گرایش پیدا کردند. در الگوهای اولیهٔ این رویکرد، تکانه‌های پولی نقشی در ایجاد نوسانات اقتصادی نداشت. با مطرح شدن این الگوها، مفهوم تثبیت اقتصادی دستخوش تغییر جدی شد و رشد و تثبیت در قالب این الگوها با فروض خاصی (ازجمله رقابت کامل در بازارها، عدم وجود اثرات خارجی[8]، بهینه بودن انتخاب‌های خانوار و بنگاه‌ها و اختلالات ناشی از تکانه‌های بهره‌وری در اقتصاد) همراه بود؛ بنابراین در پاسخ به تکانه‌های وارد بر اقتصاد، با توجه به بهینه بودن انتخاب‌ها، نیازی به دخالت دولت در اقتصاد نبود (جلالی‌نائینی، ۱۳۹۴).

با توجه به این‌که شواهد آماری، برخی از فروض الگوی چرخه‌های تجاری حقیقی اعم‌از: بازار رقابت کامل، یکتا بودن عامل تکانهٔ وارد بر اقتصاد و... را زیر سؤال برد، صحت نتایج الگو مخدوش شد. کینزی‌های جدید برای ارائه مدلی بهتر، بازارها را دارای رقابت انحصاری درنظر گرفتند؛ هم‌چنین وجود چسبندگی‌های اسمی در برخی بازارها و اثربخشی شوک‌های پولی در کوتاه‌مدت را به مدل افزودند؛ بنابراین مدل کینزی‌های جدید می‌توانست اثرگذاری سیاست‌های پولی و مالی را در کوتاه‌مدت توجیه کند که با اقبال سیاست‌گذاران اقتصادی همراه شد.

برای اتخاذ سیاست بهینه در هر بخش می‌بایست مدل‌سازی هم‌خوانی بیشتری با واقعیت اقتصاد داشته باشد؛ بنابراین باید ویژگی اقتصاد هر کشور (ازجمله نظام ارزی، تک‌محصوله بودن و...) در کنار تابع زیان بخش مربوطه (برای مثال بانک مرکزی) مورد بررسی قرار گیرد.

---

1. Impossible Trinity (Trilemma)
2. Exchange Rate Pass-Through
3. Fear of Floating
4. Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE)
5. Fischer
6. Kydland & Prescott
7. Real Business Cycles (RBC)
8. Externalities



شکل ۱. نحوهٔ تعاملات بخش حقیقی اقتصاد در الگوی پژوهش.

Fig 1: The interactions among real sectors of the economy in the model.

همان‌طورکه در شکل ۱ مشاهده می‌کنید؛ خانوارها نیروی کار خود را با دستمزدهای غیرهمگن به جمع‌گر نیروی کار ارائه می‌دهند. جمع‌گر نیروی کار، پس از همگن‌سازی دستمزدها، نیروی کار را در بازار رقابتی به بنگاه تولید کالای واسطه‌ای و بنگاه تولیدکنندهٔ نفت (دولت) ارائه می‌دهد. بنگاه تولید کالای واسطه‌ای با ترکیب نفت (انرژی)، سرمایه و نیروی کار کالای واسطه‌ای را تولید می‌کند و با قیمت‌های مختلف به بنگاه تولید کالای نهایی عرضه می‌کند. بنگاه تولید کالای نهایی، کالاهای واسطه‌ای را ترکیب و با قیمت همگن به بازار ارائه می‌دهد. بازار، محل عرضهٔ کالاهای داخلی و خارجی و تقاضای خانوارها (مصرف داخلی)، تقاضای دولت (هزینه و سرمایه‌گذاری دولتی) و تقاضای خارجیان (خالص صادرات) است. دولت علاوه‌بر تأمین انرژی خانوارها و بنگاه‌های تولید کالاهای واسطه‌ای، انرژی را به خارج صادر می‌کند. هم‌چنین دولت مسئول تهیهٔ کالای عمومی برای مصرف خانوارها است.

در الگوی این پژوهش، خانوارهای ریکاردویی و غیرریکاردویی، چسبندگی‌های اسمی در دستمزد[1] و قیمت‌گذاری، چسبندگی در مصرف (اثر چرخ‌دنده‌ای)، اثربخشی سیاست‌های رفاهی دولت در تابع مطلوبیت افراد، صادرات نفتی و غیرنفتی، بررسی نظام‌های ارزی مختلف (شناور، شناور مدیریت‌شده و ثابت) و هدف‌گذاری‌های مختلف بانک مرکزی در بخش حقیقی و پولی موردتوجه قرار گرفته است. در آخر با انتخاب سیاست بهینهٔ رمزی، آثار شوک کاهش قیمت نفت، شوک افزایش تورم خارجی، شوک افزایش عرضهٔ پول و شوک افزایش رشد نرخ ارز اسمی بر متغیرهای کلان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پس از بررسی پیشینهٔ پژوهش در بخش دوم، به تشریح الگو در بخش سوم پرداخته می‌شود. بخش چهارم به تخمین الگو، بررسی سیاست‌های پیشنهادی بانک مرکزی و آثار آن اختصاص دارد؛ و درنهایت در بخش پنجم نتایج و پیشنهادهای سیاستی ارائه خواهد شد.

1. Staggered Wage

۲. پیشینهٔ پژوهش

در زیر به برخی پژوهش‌های مرتبط با اقتصاد ایران پرداخته می‌شود. سعی شده است تا از پژوهش‌های خارجی در مدل‌سازی بیشتر استفاده شود که در ضمن تشریح الگو به آن پرداخته خواهد شد.

«جعفری‌صمیمی» و همکاران (۱۳۹۳) ضمن ارائه یک مدل DSGE، نشان‌دادند که شوک درآمد نفتی، شوک مخارج دولتی و شوک رشد حجم پول موجب افزایش تولید و تورم می‌شود. اما شوک بهره‌وری به افزایش تولید و کاهش تورم می‌انجامد.

«توکلیان» و «افضلی‌ابرقویی» (۱۳۹۵) به مقایسهٔ عملکرد اقتصاد ایران در چارچوب الگوی DSGE در سه نظام ارزی شناور، شناور مدیریت شده و ثابت پرداختند. نتایج بررسی نشان می‌دهد که تورم در نظام ارزی ثابت در مقابل تکانه‌های نفتی و بهره‌وری، کمترین واریانس و در مقابل تکانهٔ نرخ ارز بیشترین واریانس را دارد؛ هم‌چنین هم در نظام ارزی ثابت و هم در نظام ارزی شناور، تولید بیشترین واریانس را دارد.

«جلالی‌نائینی» و «نادریان» (۱۳۹۵) با استفاده از یک مدل DSGE، اثر صندوق ذخیرهٔ ارزی را در عملکرد رفاهی و تثبیتی سیاست‌های پولی پیشنهادی هدف‌گذاری منعطف تورم شاخص قیمت تولیدکننده، هدف‌گذاری منعطف تورم کالاها و خدمات مصرفی و هدف‌گذاری منعطف نرخ ارز حقیقی بررسی کردند. در حالت اول، اقتصاد را با فرض وضعیت آسیب‌پذیری مالی زیاد، درجهٔ عبور نرخ ارز بالا و درجهٔ باز بودن بالا و در حالت دوم، اقتصاد را با لحاظ کردن صندوق ذخیرهٔ ارزی شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان می‌دهد که در حالت اول اقتصاد، حالت بهینهٔ رمزی در سیاست هدف‌گذاری نرخ ارز حقیقی به‌همراه مداخله در بازار ارز رخ می‌دهد. اما حالت بهینهٔ رمزی در حالت دوم، علاوه‌بر محدودیت نوسانات نرخ ارز حقیقی، ضمن هدف‌گذاری منعطف تورم کالاها و خدمات مصرفی و بدون نیاز به دخالت در بازار ارز فراهم می‌شود.

«توکلیان» و «جلالی‌نائینی» (۱۳۹۶) با درنظر گرفتن نظام ارزی شناور و شناور مدیریت‌شده برای اقتصاد ایران به بررسی آلترناتیوهای سیاست پولی صلاحدیدی و بهینهٔ رمزی در قالب الگوی DSGE پرداختند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد سیاست بهینهٔ پولی، سیاست بهینهٔ رمزی تحت نظام ارزی شناور مدیریت‌شده است و در آن همهٔ متغیرهای اقتصاد کلان به‌جز مصرف و اشتغال دارای حداقل واریانس می‌باشند. در نتیجه سیاست صلاحدیدی، با توجه به ناتوانی در کنترل انتظارات تورمی، اقتصاد شاهد نوسانات بیشتری در نرخ تورم خواهد بود.

«ذهابی» و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از یک الگوی DSGE به بررسی پویایی‌های حساب جاری و تراز تجاری در مواجهه با شوک‌های درآمد نفتی و فناوری تحت سه قاعدهٔ پولی پرداختند. قاعدهٔ سیاست‌گذاری بهینه، قاعده‌ای است که تابع زیان رفاهی را در مواجهه با هر تکانه به حداقل برساند. نتایج نشان می‌دهد که باوجود این‌که قاعدهٔ سیاست‌گذاری بهینه در مواجهه با تکانهٔ درآمد نفتی و تکانهٔ فناوری قاعدهٔ مرکب تورم توام با نرخ ارز می‌باشد، اما استفاده از قاعدهٔ هدف‌گذاری مرکب تورم توأم با نرخ ارز در مواجهه با درآمد نفتی موجب افزایش بیشتر نوسانات آنی حساب جاری می‌شود.

«مشهدی‌زاده» و همکاران (۱۳۹۸) با درنظر گرفتن حالت‌های مختلف درجهٔ عبور نرخ ارز، برای اقتصاد ایران در الگوی DSGE نشان‌دادند که با افزایش درجهٔ چسبندگی قیمت واردات، اثر درجهٔ عبور نرخ ارز بر تورم وارداتی و تورم شاخص مصرف‌کننده کمتر می‌شود و اثرگذاری سیاست پولی بر متغیرهای اقتصادی کاهش می‌یابد. هم‌چنین

درنهایت نسبت به افزایش انتظارات تورمی از کانال تغییرات ناگهانی سیاستی هشدار دادند.

«نخلی» و همکاران[1] (۲۰۲۰) ضمن بررسی اثر تحریم بر اقتصاد و سیاست پولی بهینه در قالب مدل DSGE نشان‌دادند که بانک مرکزی در دوران تحریم، باید هدف‌گذاری بخش تولید را بیشتر مدنظر قرار دهد و پیشنهاد آنان هدف‌گذاری تورم تولیدکننده است؛ هم‌چنین آنان پیشنهاد می‌دهند که در دوران تحریم، سیاست‌گذار مالی باید با توزیع مجدد درآمد، اثرات تحریم را کاهش دهد.

هرچند بنیان الگوی پژوهش حاضر از پژوهش «توکلیان» و «جلالی‌نائینی» (۱۳۹۶) برگرفته شده است، اما موارد زیر وجه‌تمایز پژوهش حاضر از کلیهٔ پژوهش‌های قبلی است:

۱) درنظر گرفتن خانوار ریکاردویی و غیرریکاردویی به‌صورت مستقل
۲) افزودن چسبندگی حقیقی (چسبندگی در مصرف) به مدل
۳) اضافه کردن بخش صادرات غیرنفتی به مدل
۴) بررسی ۹ سیاست پولی پیشنهادی در قالب ۳ نظام ارزی
۵) اثر وضعیت متغیرهای کلان اقتصاد ذیل سیاست پولی بهینه در برابر شوک‌های نامطلوب حقیقی و پولی.

۳. تشریح الگو

در پژوهش حاضر ابتدا به بررسی تابع هدف خانوارها پرداخته می‌شود. در ادامه به سایر بخش‌های اقتصاد (اعم‌از بازار نیروی کار، بنگاه‌ها و...) و درنهایت تسویهٔ بازارها پرداخته خواهد شد؛ سپس سیاست پولی بهینهٔ رمزی از بین ۹ گزینهٔ پیشنهادی تحت نظام ارزی شناور، نظام ارزی شناور مدیریت‌شده و نظام ارزی ثابت انتخاب می‌شود. پس از انتخاب سیاست رمزی بهینه و نظام ارزی مناسب، عکس‌العمل متغیرهای کلان به برخی از شوک‌های نامطلوب وارد بر اقتصاد ارزیابی خواهد شد.

۳-۱. خانوار

در الگوی پژوهش خانوارها به دو قسمت خانوارهای ریکاردویی و خانوارهای غیرریکاردویی تقسیم می‌شوند؛ خانوارهای غیرریکاردویی، ۴ دهک اول جمعیتی و خانوارهای ریکاردویی دهک‌های ۵ تا ۱۰ را شامل می‌شوند. فرض بر آن است که خانوار ریکاردویی امکان سرمایه‌گذاری در بنگاه‌ها، خرید اوراق قرضه، نگه‌داری ماندهٔ حقیقی پول داخلی و نگه‌داری ماندهٔ حقیقی ارز خارجی را دارد و این امکان برای خانوار غیرریکاردویی میسر نیست؛ هم‌چنین برخی از خانوارهای ریکاردویی به‌طور تصادفی در هر دوره می‌توانند دستمزدشان را بهینه کنند و مابقی خانوارهای ریکاردویی با تعدیل دستمزد نسبت به تورم دورهٔ قبل دستمزدشان به‌روز می‌شود؛ ولی خانوار غیرریکاردویی در هیچ دوره‌ای امکان بهینه‌یابی دستمزد ندارد و دستمزد این خانوار در هر دوره نسبت به تورم دورهٔ قبل تعدیل می‌شود.

1. Nakhli et al.

با استفاده از تابع مطلوبیت «فلیچس» و «توستا»[1] (۲۰۱۳)، تابع مطلوبیت خانوار ریکاردویی یک تابع CES است. این خانوار با مصرف کالای خصوصی c_t^r و عمومی c_{Gt}، نگه‌داری ماندهٔ حقیقی پول داخلی m_t و ماندهٔ حقیقی ارز خارجی m_{st} مطلوبیت کسب می‌کند. کار کردن l_t^r نیز مطلوبیت را کاهش می‌دهد. برای درنظر گرفتن چسبندگی در مصرف، تغییرات سطح مصرف کالای خصوصی و کالای عمومی نسبت به دورهٔ قبل ازطریق ضریب h (درجهٔ ثبات عادت) بر مطلوبیت اثر می‌گذارد. این خانوار می‌تواند در اوراق قرضه و بنگاه‌ها سرمایه‌گذاری کند.

$$Max \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{\left(c_t^r c_{Gt}^{\gamma} - h c_{t-1}^r c_{Gt-1}^{\gamma}\right)^{(1-\sigma)}}{(1-\sigma)} + \frac{k_m m_t^{(1-b_m)}}{(1-b_m)} + \frac{k_s m_{st}^{(1-b_s)}}{(1-b_s)} - \frac{\chi l_t^{r(1+\eta)}}{(1+\eta)} \right) \quad (1)$$

η عکس کشش نیروی کار، b_s عکس کشش نگه‌داری ماندهٔ حقیقی ارز خارجی، b_m عکس کشش نگه‌داری ماندهٔ حقیقی پول و σ عکس کشش بین دوره‌ای مصرف است. هم‌چنین تمام پارامترها نامنفی هستند. β عامل تنزیل بین دوره‌ای است و γ عامل اثرگذاری مصرف کالای عمومی بر مطلوبیت مصرف‌کننده است. ماندهٔ حقیقی پول داخلی از تقسیم ارزش اسمی پول بر سطح قیمت داخلی و ماندهٔ حقیقی ارز خارجی از تقسیم ارزش اسمی ارز بر سطح قیمت خارجی محاسبه می‌شود. قید بودجهٔ خانوار برابر رابطهٔ (۲) است.

$$\begin{aligned} p_t c_t^r + M_t + p_{It} I_t + B_t + S_t M_{st} + T_t^r = W_t^r l_t^r + \Big(R_t^K u_t - \\ \psi(u_t)\Big) K_{t-1} + M_{t-1} + D_t + (1 + r_t) B_{t-1} + S_t M_{st-1} + TA_t^r \end{aligned} \quad (2)$$

در هر دوره خانوار ریکاردویی دستمزد $W_t^r l_t^r$، پرداخت انتقالی هر دوره TA_t^r، اصل و سود سرمایه‌گذاری در اوراق قرضه $(1 + r_t)B_{t-1}$، سود سرمایه‌گذاری در بنگاه D_t، ماندهٔ پول داخلی M_{t-1} و ارز خارجی $S_t M_{st-1}$ دوره قبل را به مصرف $p_t c_t^r$، مالیات T_t^r، نگه‌داری پول داخلی M_t، ارز خارجی $S_t M_{st}$، سرمایه‌گذاری در بنگاه $p_{It} I_t$ و اوراق قرضهٔ B_t اختصاص می‌دهد.

R_t^K سود سرمایه و $0 < u_t \leq 1$ نرخ کاربری سرمایه است. $\psi(u_t)$ تابع هزینهٔ بهره‌برداری سرمایه است که $\psi''(u_t) \geq 0$ و در بلندمدت برابر $\psi(\bar{u}) = 1$ است. با تقسیم طرفین به سطح قیمت داخلی p_t قید بودجهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\begin{aligned} c_t^r + m_t + P_{It} I_t + b_t + e_t m_{st} + t_t^r = w_t^r l_t^r + \Big(R_t^K u_t - \psi(u_t)\Big) k_{t-1} + \\ \frac{m_{t-1}}{\pi_t} + d_t + (1 + r_t) \frac{b_{t-1}}{\pi_t} + \frac{e_t m_{st-1}}{\pi_t^*} + ta_t^r \end{aligned} \quad (3)$$

حروف کوچک نشان‌دهندهٔ متغیرهای حقیقی است؛ برای مثال، $m_t = \frac{M_t}{p_t}$ ماندهٔ حقیقی پول داخلی، $b_t = \frac{B_t}{p_t}$ اوراق قرضهٔ حقیقی، $m_{st} = \frac{M_{st}}{p_t^*}$ ماندهٔ ارز خارجی حقیقی، $w_t^r = \frac{W_t^r}{p_t}$ نرخ دستمزد حقیقی، $\pi_t^* = \frac{p_t^*}{p_{t-1}^*}$ تورم ناخالص خارجی و $e_t = \frac{S_t p_t^*}{p_t}$ نرخ ارز حقیقی است.[2] در رابطهٔ (۳) روابط زیر برقرار است:

$$\pi_t = \frac{p_t}{p_{t-1}}, \quad P_{It} = \frac{p_{It}}{p_t}, \quad \frac{P_{It}}{P_{It-1}} = \frac{\pi_{It}}{\pi_t}$$

1. Felices & Tuesta

۲. با توجه به این‌که فقط خانوار ریکاردویی امکان خرید و فروش اوراق قرضه، ارز خارجی و نگه‌داری پول داخلی را دارد، از بالانویس r استفاده نمی‌شود.

قاعدهٔ حرکت سرمایه طبق رابطهٔ (۴) است.

$$k_t = (1-\delta)k_{t-1} + \left(1 - F\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right)\right) I_t z_t \, , F(1) = F'(1) = 0 \, , F''(1) = \phi'' \qquad (۴)$$

با استفاده از پژوهش «کریستیانو» و همکاران[1] (۲۰۰۵)، $F\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right)$ هزینهٔ تعدیل سرمایه است. z_t تکانهٔ بهبود فناوری است که فرض می‌شود دارای فرآیند AR(1) است.

$$logz_t = \rho_z logz_t + \varepsilon_t^z \qquad \varepsilon_t^z \sim iid\ N(0, \sigma_z^2) \qquad (۵)$$

خانوار ریکاردویی تابع مطلوبیت را بر حسب رابطه‌های (۳) و (۴) بیشینه می‌نماید. با فرض λ_t و μ_t به‌عنوان قیمت سایهٔ این روابط، $q_t = \frac{\mu_t}{\lambda_t}$[2] خواهد بود. پس از مشتق‌گیری از متغیرهای موردنظر برای خانوار ریکاردویی، درنهایت روابط (۶) تا (۱۱) به‌دست خواهند آمد که به‌ترتیب عبارتنداز: رابطهٔ جانشینی بین فراغت و مصرف خانوار ریکاردویی (۶)، رابطهٔ تقاضای ماندهٔ حقیقی پول داخلی (۷)، رابطهٔ تقاضای ماندهٔ حقیقی ارز (۸)، رابطهٔ اویلر مصرف خانوار ریکاردویی (۹)، معادلهٔ اویلر سرمایه‌گذاری (۱۰) و پویایی‌های قیمت‌گذاری سرمایه (۱۱).

$$w_t^r = \frac{\chi l_t^{r\eta}}{E_t c_{Gt}^{\gamma}((c_t^r c_{Gt}^{\gamma} - hc_{t-1}^r c_{Gt-1}^{\gamma})^{-\sigma} - \beta h(c_{t+1}^r c_{Gt+1}^{\gamma} - hc_t^r c_{Gt}^{\gamma})^{-\sigma})} \qquad (۶)$$

$$m_t^{-b_m} = \frac{c_{Gt}^{\gamma} r_t \left((c_t^r c_{Gt}^{\gamma} - hc_{t-1}^r c_{Gt-1}^{\gamma})^{-\sigma} - \beta h E_t(c_{t+1}^r c_{Gt+1}^{\gamma} - hc_t^r c_{Gt}^{\gamma})^{-\sigma}\right)}{k_m(1+r_t)} \qquad (۷)$$

$$m_{st}^{-b_s} = \frac{1}{k_s} E_t \left(e_t - \frac{e_{t+1}\pi_{t+1}}{(1+r_t)\pi_{t+1}^*} \left(c_{Gt}^{\gamma}((c_t^r c_{Gt}^{\gamma} - hc_{t-1}^r c_{Gt-1}^{\gamma})^{-\sigma} - \beta h(c_{t+1}^r c_{Gt+1}^{\gamma} - hc_t^r c_{Gt}^{\gamma})^{-\sigma}\right)\right) \qquad (۸)$$

$$\boldsymbol{E_t}\left(\frac{\left((c_{t+1}^r c_{Gt+1}^{\gamma} - hc_t^r c_{Gt}^{\gamma})^{-\sigma} - \beta h(c_{t+2}^r c_{Gt+2}^{\gamma} - hc_{t+1}^r c_{Gt+1}^{\gamma})^{-\sigma}\right)}{\left((c_t^r c_{Gt}^{\gamma} - hc_{t-1}^r c_{Gt-1}^{\gamma})^{-\sigma} - \beta h(c_{t+1}^r c_{Gt+1}^{\gamma} - hc_t^r c_{Gt}^{\gamma})^{-\sigma}\right)} \frac{c_{Gt}^{\gamma}}{c_{Gt+1}^{\gamma}\pi_{t+1}}\right) = \frac{1}{\beta(1+r_t)} \qquad (۹)$$

$$\boldsymbol{P_{It}} = \boldsymbol{q_t z_t}\left(\boldsymbol{1} - \boldsymbol{F}\left(\frac{\boldsymbol{I_t}}{\boldsymbol{I_{t-1}}}\right) - \boldsymbol{F'}\left(\frac{\boldsymbol{I_t}}{\boldsymbol{I_{t-1}}}\right)\frac{\boldsymbol{I_t}}{\boldsymbol{I_{t-1}}}\right)\boldsymbol{I_t} + \boldsymbol{E_t}\left(\frac{\boldsymbol{q_{t+1} z_{t+1} \pi_{t+1} F'}\left(\frac{\boldsymbol{I_{t+1}}}{\boldsymbol{I_t}}\right)\left(\frac{\boldsymbol{I_{t+1}}}{\boldsymbol{I_{t-1}}}\right)^2}{\boldsymbol{(1+r_t)}}\right) \qquad (۱۰)$$

$$q_t = E_t \frac{\pi_{t+1}}{(1+r_t)}\left((1-\delta)q_{t+1} + R_{t+1}^K u_{t+1} - \psi(u_{t+1})\right) \qquad (۱۱)$$

اما برای خانوار غیرریکاردویی تابع مطلوبیت از مصرف کالای خصوصی c_t^{nr}، مصرف کالای عمومی c_{Gt}^{γ}، کارکردن l_t^{nr}، تشکیل شده است. با توجه به این‌که خانوار غیرریکاردویی با قاعدهٔ سرانگشتی تمام درآمد خود را در هر دوره مصرف می‌کند و امکان نگه‌داری پول داخلی و ارز و خارجی و همچنین سرمایه‌گذاری ندارد، قید بودجهٔ ساده‌تری نسبت به خانوار ریکاردویی خواهد داشت که در قید تابع مطلوبیت خانوار در رابطهٔ (۱۲) آمد است.

$$Max \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{(c_t^{nr} c_{Gt}^{\gamma} - hc_{t-1}^{nr} c_{Gt-1}^{\gamma})^{(1-\sigma)}}{(1-\sigma)} - \frac{\chi l_t^{nr(1+\eta)}}{(1+\eta)} \right) \qquad (۱۲)$$

$$st: c_t^{nr} + t_t^{nr} = w_t^{nr} l_t^{nr} + ta_t^{nr}$$

1. Christiano et al.

۲. q توبین.

بنابراین نرخ نهایی جانشینی بین فراغت و مصرف خانوار غیرریکاردویی، برابر رابطهٔ (۱۳) است.

$$w_t^{nr} = \frac{\chi l_t^{nr\eta}}{E_t\left(c_{Gt}^{\gamma}(c_t^{nr}c_{Gt}^{\gamma} - hc_{t-1}^{nr}c_{Gt-1}^{\gamma})^{-\sigma} - \beta h(c_{t+1}^{nr}c_{Gt+1}^{\gamma} - hc_t^{nr}c_{Gt}^{\gamma})^{-\sigma}\right)} \quad (۱۳)$$

۲-۳. دستمزد و عرضهٔ نیروی کار

خانوارها نیروی کار را در فضای رقابت انحصاری به یک جمع‌گر نیروی کار ارائه می‌دهند. جمع‌گر نیروی کار، نیروی کار خانوارها را با قیمت متفاوت استخدام می‌کند و به یک نیروی کار همگن با دستمزد یکسان در هر دوره برای عرضه به بنگاه‌ها تبدیل می‌کند.

$$L_t = \left(\int_0^1 L_t^{i\,\frac{1}{\theta_t^w}}\,di\right)^{\theta_t^w} \quad (۱۴)$$

در رابطهٔ (۱۴)، جمع‌گر نیروی کار، کار ارائه شده توسط خانوار iام L_t^i را با مارک-آپ دستمزد θ_t^w، به نیروی کار ارائه شده توسط اتحادیهٔ L_t تبدیل می‌کند. هم‌چنین θ_t^w دارای فرآیند گام تصادفی است.

$$log\theta_t^w = (1-\rho_w)log\theta^w + \rho_w log\theta_{t-1}^w + \varepsilon_t^w\,,\ \varepsilon_t^w \sim iid\ N(0,\sigma_w^2) \quad (۱۵)$$

اگر W_t دستمزد اسمی جمع‌گر نیروی کار در دورهٔ t برای عرضه به بنگاه‌ها باشد، جمع‌گر نیروی کار ازطریق رابطهٔ (۱۶) به تابع تقاضای نیروی کار از خانوار iام در رابطهٔ (۱۷) خواهد رسید.

$$Max\ W_t L_t - \int_0^1 W_t^i L_t^i\,di \quad (۱۶)$$

$$st: L_t = \left(\int_0^1 L_t^{i\,\frac{1}{\theta_t^w}}\,di\right)^{\theta_t^w}$$

بنابراین:

$$L_t^i = \left(\frac{W_t^i}{W_t}\right)^{\frac{\theta_t^w}{1-\theta_t^w}} L_t \quad (۱۷)$$

با جاگذاری رابطهٔ (۱۷) در رابطهٔ (۱۴) نحوهٔ میانگین‌گیری از دستمزد خانوارها برای به‌دست آوردن دستمزد اسمی از رابطهٔ (۱۸) به دست می‌آید.

$$W_t = \left(\int_0^1 W_t^{i\,\frac{1}{1-\theta_t^w}}\,di\right)^{1-\theta_t^w} \quad (۱۸)$$

به‌منظور لحاظ کردن چسبندگی در دستمزد اسمی، برمبنای پژوهش «ارسگ» و همکاران[1] (۲۰۰۰)، فرض می‌شود که هر خانوار ریکاردویی به احتمال ξ_w امکان تعدیل دستمزد بهینه در هر دوره را ندارد و با لحاظ کردن درجهٔ شاخص‌بندی دستمزد τ_w در تورم دورهٔ قبل دستمزد خود را تعدیل می‌کند.

1. Erceg et al.

$$W_t^r = \pi_{t-1}^{\tau_w} W_{t-1}^r \tag{۱۹}$$

هم‌چنین در هر دوره به احتمال $(1-\xi_w)$، هر خانوار ریکاردویی دستمزد خود را با توجه به وضعیت موجود بهینه‌یابی می‌کند. با لحاظ کردن رابطهٔ (۱۷) و (۱۹)، جمع‌گر نیروی کار معادلهٔ تعیین دستمزد بهینهٔ خانوار ریکاردویی را برای رسیدن به دستمزد بهینه مطابق رابطهٔ (۲۰) حل می‌کند. معادلهٔ تعیین دستمزد بهینه از بیشینه کردن مجموع احتمالی تنزیل شدهٔ افزایش مطلوبیت حاصل از دستمزد بیشتر با کاهش مطلوبیت حاصل از کار کردن خانوار با توجه به قید تعیین دستمزد جمع‌گر نیروی کار به‌دست خواهد آمد.

$$Max\ E_t \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\xi_w)^k \left(\mu_{t+k}^r \prod_{s=1}^{k} \frac{\pi_{t+s-1}^{\tau_w}}{\pi_{t+s}^{\tau_w}} \frac{W_t^i}{p_t} l_t^i - \chi \frac{l_t^{i\,(1+\eta)}}{(1+\eta)} \right) \tag{۲۰}$$

$$st: l_{t+k}^i = \left(\prod_{s=1}^{k} \pi_{t+s-1}^{\tau_w} \frac{W_t^i}{W_{t+k}^i} \right)^{\frac{\theta_t^w}{1-\theta_t^w}} l_{t+k} \qquad \forall\ k \geq 0$$

در هیچ دوره‌ای، خانوار غیرریکاردویی نمی‌تواند دستمزد خود را بهینه کند و فقط با تعدیل دستمزد در هر دوره مواجه است.

$$W_t^{nr} = \pi_{t-1}^{\tau_w} W_{t-1}^{nr} \tag{۲۱}$$

با توجه به این‌که نسبت خانوار ریکاردویی به کل خانوارهای جامعه برابر λ باشد و با فرض جواب W_t^* برای رابطهٔ (۲۰)، جمع‌گر نیروی کار دستمزد زیر را حین عرضهٔ نیروی کار به بازار ارائه می‌دهد.[۱]

$$\boldsymbol{W_t^{\frac{1}{1-\theta_t^w}} = \lambda \left(\xi_w (\pi_{t-1}^{\tau_w} W_{t-1}^r)^{\frac{1}{1-\theta_t^w}} + (1-\xi_w) W_t^{*\frac{1}{1-\theta_t^w}} \right) + (1-\lambda)(\pi_{t-1}^{\tau_w} W_{t-1}^{nr})^{\frac{1}{1-\theta_t^w}}} \tag{۲۲}$$

۳-۳. مصرف

مصرف کل در سمت تقاضا برابر مجموع مصرف خانوار ریکاردویی و مصرف خانوار غیرریکاردویی است.

$$c_t = c_t^r + c_t^{nr} \tag{۲۳}$$

مصرف کل تابع CES از مصرف کالای داخلی و وارداتی است.

$$c_t = \left(a_c^{\frac{1}{\theta_c}} c_{Dt}^{\frac{\theta_c-1}{\theta_c}} + (1-a_c)^{\frac{1}{\theta_c}} c_{Ft}^{\frac{\theta_c-1}{\theta_c}} \right)^{\frac{\theta_c}{\theta_c-1}} \tag{۲۴}$$

در رابطهٔ (۲۴)، مصرف کالای داخلی c_{Dt} و مصرف کالای وارداتی c_{Ft} است. a_c سهم کالای مصرفی داخلی از مصرف کل و θ_c کشش جانشینی بین کالای مصرفی داخلی و وارداتی است. با فرض وجود قانون قیمت واحد، مخارج مصرفی خانوار برابر است با:

۱. برای مطالعهٔ بیشتر ر. ک. به: «کریم امامی» (۱۳۹۹) صص: ۲۷۳ تا ۲۹۸ مراجعه نمایید.

$$p_t c_t = p_{Dt} c_{Dt} + S_t p_t^* c_{Ft} \quad (۲۵)$$

با حداقل‌سازی مخارج مصرفی خانوار نسبت به رابطهٔ (۲۴)، روابط (۲۵) و (۲۶) به‌دست خواهند آمد:

$$c_{Dt} = a_c \left(\frac{p_{Dt}}{p_t}\right)^{-\theta_c} c_t = a_c P_{Dt}^{-\theta_c} c_t \quad , \frac{P_{Dt}}{P_{Dt-1}} = \frac{\pi_{Dt}}{\pi_t} \quad (۲۶)$$

$$c_{Ft} = (1 - a_c) \left(\frac{S_t p_t^*}{p_t}\right)^{-\theta_c} c_t = (1 - a_c) e_t^{-\theta_c} c_t \quad , \frac{e_t}{e_{t-1}} = \frac{h_t \pi_t^*}{\pi_t} \quad (۲۷)$$

رابطهٔ (۲۶) و (۲۷) در (۲۴) جاگذاری می‌شود؛ بنابراین:

$$c_t = \left(a_c p_{Dt}^{1-\theta_c} + (1 - a_c) p_{Ft}^{1-\theta_c}\right)^{\frac{1}{1-\theta_c}} \quad (۲۸)$$

کالای مصرفی داخلی ترکیب CES از مصرف انرژی c_{et} و کالای مصرفی غیرانرژی c_{net} است. a_e سهم انرژی در کالای مصرفی داخلی و θ_e کشش جانشینی بین مصرف کالای غیرانرژی داخلی و مصرف انرژی است.

$$c_{Dt} = \left(a_e^{\frac{1}{\theta_e}} c_{et}^{\frac{\theta_e - 1}{\theta_e}} + (1 - a_e)^{\frac{1}{\theta_e}} c_{net}^{\frac{\theta_e - 1}{\theta_e}}\right)^{\frac{\theta_e}{\theta_e - 1}} \quad (۲۹)$$

اکنون باید مخارج مصرفی خانوار از کالای داخلی نسبت به سطح ثابتی از مصرف کمینه شود؛ بنابراین:

$$p_{Dt} c_{Dt} = p_{et} c_{et} + p_{net} c_{net} \quad (۳۰)$$

$$c_{et} = a_e \left(\frac{p_{et}}{p_{Dt}}\right)^{-\theta_e} c_{Dt} = a_e P_{eDt}^{-\theta_e} c_{Dt} \quad , \frac{P_{eDt}}{P_{eDt-1}} = \frac{\pi_{et}}{\pi_{Dt}} \quad (۳۱)$$

$$c_{net} = (1 - a_e) \left(\frac{p_{net}}{p_{Dt}}\right)^{-\theta_e} c_{Dt} = (1 - a_e) P_{neDt}^{-\theta_e} c_{Dt}, \ \frac{P_{neDt}}{P_{neDt-1}} = \frac{\pi_{net}}{\pi_{Dt}} \quad (۳۲)$$

π_{et} و π_{net} نرخ تورم قیمت انرژی و کالای غیرانرژی است. فرض می‌شود که قیمت انرژی برابر قیمت جهانی آن است و در داخل با پرداخت انتقالی ($0 < \tau_e < 1$) به قیمتی ارزان‌تر به فروش می‌رسد.

$$\pi_{et} = (h_t \pi_{ot})^{\tau_e} \quad (۳۳)$$

رابطهٔ (۳۱) و (۳۲) باید در رابطهٔ (۲۹) جاگذاری شوند؛ بنابراین:

$$P_{Dt} = \left(a_e P_{et}^{1-\theta_e} + (1 - a_e) P_{net}^{1-\theta_e}\right)^{\frac{1}{1-\theta_e}} \quad (۳۴)$$

۴-۳. سرمایه‌گذاری

سرمایه‌گذاری ترکیب CES سرمایه‌گذاری داخلی و وارداتی است. I_{Dt} و I_{Ft} به‌ترتیب برابر سرمایه‌گذاری داخلی و وارداتی است و a_I سهم سرمایه‌گذاری تولید داخل در کل سرمایه‌گذاری و θ_I کشش جانشینی بین سرمایه‌گذاری داخلی و وارداتی است.

$$I_t = \left(a_I^{\frac{1}{\theta_I}} I_{Dt}^{\frac{\theta_I - 1}{\theta_I}} + (1 - a_I)^{\frac{1}{\theta_I}} I_{Ft}^{\frac{\theta_I - 1}{\theta_I}} \right)^{\frac{\theta_I}{\theta_I - 1}} \quad (۳۵)$$

فرض می‌شود که شاخص قیمت سرمایه‌گذاری داخلی، برابر با شاخص قیمت کالای داخلی و شاخص قیمت سرمایه‌گذاری خارجی برابر شاخص قیمت کالای خارجی است. با حداقل کردن مخارج سرمایه‌گذاری خانوار نسبت به رابطهٔ (۳۵)، سرمایه‌گذاری خصوصی داخلی و وارداتی و شاخص قیمت سرمایه‌گذاری به‌دست می‌آید.

$$P_{It} I_t = P_{Dt} I_{Dt} + S_t p_t^* I_{Ft} \quad (۳۶)$$

$$I_{Dt} = a_I \left(\frac{P_{Dt}}{P_{It}} \right)^{-\theta_I} I_t = a_I P_{IDt}^{-\theta_I} I_t \quad , P_{IDt} = \frac{P_{Dt}}{P_{It}} \quad (۳۷)$$

$$I_{Ft} = (1 - a_I) \left(\frac{e_t}{P_{It}} \right)^{-\theta_I} I_t = (1 - a_I) P_{IFt}^{-\theta_I} I_t \quad , P_{IFt} = \frac{e_t}{P_{It}} \quad (۳۸)$$

$$P_{It} = \left(a_I P_{Dt}^{1-\theta_I} + (1 - a_I) e_t^{1-\theta_I} \right)^{\frac{1}{1-\theta_I}} \quad (۳۹)$$

۵-۳. بنگاه تولید کالای واسطه‌ای

بنگاه تولید کالای واسطه‌ای، سرمایه را از خانوارها با نرخ اجاره R_t^k، نیروی کار l_{Yt} را با دستمزد W_t از جمع‌گر نیروی کار و انرژی را از دولت به قیمت p_{et} برای تولید محصول به‌کار می‌گیرد و به قیمت p_{net} به بنگاه نهایی می‌فروشد. این بنگاه دارای تابع تولید از نوع کاب–داگلاس است. در این تابع فرض می‌شود که سرمایهٔ عمومی K_{Gt} با نرخ ψ بر تولید اثر می‌گذارد و سرمایهٔ خصوصی مؤثر در تولید $\tilde{K}_t = u_t K_t$ است. در زیر تابع تولید بنگاه iام را مشاهده می‌کنید.

$$y_t^{no}(i) = A_t \left(\tilde{K}_t(i) K_{Gt}^{\psi} \right)^{\alpha} L_t^y(i)^{1-\alpha}, \quad 0 < \alpha < 1 \quad (۴۰)$$

A_t تکانهٔ فناوری بنگاه است که از فرآیند گام تصادفی (۴۱) تبعیت می‌کند.

$$\log A_t = \rho_A \log A_{t-1} + \varepsilon_{At}, \quad \varepsilon_{At} \sim i.i.d \cdot N(0, \sigma_A^2) \quad (۴۱)$$

براساس پژوهش «دووالک» و همکاران[1] (۲۰۰۵) و «مدینا» و «سوتو»[2] (۲۰۰۵)، کالای غیرانرژی بنگاه‌ها $y_t^{no}(i)$ با استفاده از تابع CES با نفت $X_{et}(i)$ ترکیب می‌شود تا کالای واسطه‌ای $y_t(i)$ تولید شود.

$$y_t(i) = \left(a_y^{\frac{1}{\theta_y}} \left(y_t^{no}(i) \right)^{\frac{\theta_y - 1}{\theta_y}} + (1 - a_y)^{\frac{1}{\theta_y}} \left(X_{et}(i) \right)^{\frac{\theta_y - 1}{\theta_y}} \right)^{\frac{\theta_y}{\theta_y - 1}} - \psi(i) \quad (۴۲)$$

a_y سهم کالای غیرانرژی در تولید کالای داخلی و θ_y کشش جانشینی بین نفت و کالای غیرانرژی است. هم‌چنین $\psi(i)$ تضمین‌کنندهٔ صفر شدن سود بنگاه در بلندمدت است.

بنگاه‌های تولید کالای واسطه‌ای با ثابت درنظر گرفتن مقدار تولید سعی در کاهش هزینه‌های خود دارند؛ بنابراین با فرض این‌که تمام این بنگاه‌ها همگن هستند، روابط زیر به‌دست می‌آیند:

1. De Walque et al.
2. Medina & Soto

$$\alpha w_t L_t^y = (1-\alpha) R_t \tilde{K}_t = (1-\alpha) R_t u_t K_t \tag{۴۳}$$

$$X_{et} = (1-\alpha)^{-\theta_y} \left(\frac{1-a_y}{a_y}\right) \left(\frac{w_t L_{Y_t}}{P_{et}}\right)^{\theta_y} (y_t^{no})^{1-\theta_y} \tag{۴۴}$$

$$\boldsymbol{mc_t = \left\{ a_y^{\theta_t} \left[A_t^{-1} \alpha^{-\alpha} (1-\alpha)^{-(1-\alpha)} K_{Gt-1}^{-\Psi\alpha} R_t^{\alpha} w_t^{(1-\alpha)} \right]^{1-\theta_y} + (1-\alpha_y)^{\theta_y} P_{et}^{1-\theta_y} \right\}^{\frac{1}{1-\theta_y}}} \tag{۴۵}$$

$$\frac{P_{et}}{P_{et-1}} = \frac{\pi_{et}}{\pi_t} \tag{۴۶}$$

فرض می‌شود که کالاها دارای چسبندگی قیمت از نوع «کالوو»[1] (۱۹۸۳) است. به این‌صورت که ξ برابر بنگاه‌ها امکان بهینه‌یابی قیمت کالاها را ندارند و فقط با اثردهی تغییرات تورم با درجهٔ شاخص‌بندی τ، کالاها را مجدداً قیمت‌گذاری می‌کنند.

$$P_{net+1}(i) = \pi_{net}^{\tau} P_{net}(i) \quad , \pi_{net} = \frac{P_{net}}{P_{net-1}} \tag{۴۷}$$

اما سایر بنگاه‌ها قیمت بهینهٔ جدید $P_{net}^*(i)$ را اعمال می‌کنند و آن‌را به‌نحوی انتخاب می‌کنند که درصورتی‌که مجدداً امکان بهینه کردن قیمت را نداشته باشند، مجموع سود انتظاری تنزیل شدهٔ آن‌ها حداکثر شود.

$$\max_{P_{net}} E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\xi\beta)^j \frac{\lambda_{t+j}}{\lambda_t} \left[\prod_{k=0}^{j-1} \frac{(\pi_{net+k})^{\tau} P_{net}^*(i)}{P_{net+j}} - mc_{t+j} \right] y_{t+j}(i)$$
$$st: y_{t+j}(i) = \left(\prod_{k=0}^{\infty} (\pi_{net+k})^{\tau} \frac{P_{net}^*(i)}{P_{net+j}} \right)^{-\frac{\theta_{t+k}}{\theta_{t+k-1}}} Y_{Dt+j} \tag{۴۸}$$

در این‌صورت شرط مرتبهٔ اول برابرست با:

$$p_{\text{net}}^*(i) = \frac{E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\xi\beta)^j \lambda_{t+j} mc_{t+j} Y_{Dt+j} \left(\prod_{k=0}^{j-1} \frac{(\pi_{net+k})^{\tau}}{\pi_{\text{net}+k+1}} \right)^{-\frac{1}{\theta_t - 1}}}{\theta_t E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\xi\beta)^j \lambda_{t+j} Y_{net+j} \left(\prod_{k=0}^{j-1} \frac{(\pi_{net+k})^{\tau}}{\pi_{net+k+1}} \right)^{-\frac{\theta_t}{\theta_t - 1}}} \cdot p_{net}^*(i) = \frac{P_{net}^*(i)}{P_{net}} \tag{۴۹}$$

۶-۳. بنگاه تولیدکنندهٔ کالای نهایی

بنگاه تولیدکنندهٔ کالای نهایی، کالاهای بنگاه‌های واسطه‌ای را به روش CES ترکیب می‌کند.

$$Y_{Dt} = \left(\int_0^1 y_t(i)^{\frac{1}{\theta_t}} di \right)^{\theta_t} \tag{۵۰}$$

1. Calvo

θ_t مارک-آپ قیمت تولیدکننده است که از فرآیند گام تصادفی (۵۱) پیروی می‌کند:

$$\log\theta_t = (1-\rho_\theta)\log\bar{\theta} + \rho_\theta \log\theta_{t-1} + \varepsilon_{\theta t},\ \varepsilon_{\theta t} \sim i.i.d \cdot N(0,\sigma_\theta^2) \qquad (۵۱)$$

این بنگاه برای حداکثرسازی سود خود، میزان بهینهٔ کالاهای واسطه‌ای موردنیاز را از رابطهٔ (۵۲) به‌دست می‌آورد و به رابطهٔ (۵۳) می‌رسد.

$$\max_{y_t(i)} P_{net}\left(\int_0^1 y_t(i)^{\frac{1}{\theta_t}}di\right)^{\theta_t} - \int_0^1 P_{net}(i)y_t(i)di \qquad (۵۲)$$

$$y_t(i) = \left(\frac{P_{net}(i)}{P_{net}}\right)^{-\frac{\theta_t}{\theta_t-1}} Y_{Dt} \qquad (۵۳)$$

با جاگذاری رابطهٔ (۵۳) در رابطهٔ (۵۰) شاخص قیمت کالای تولید داخل، رابطهٔ (۵۴) برابر است با:

$$P_{net} = \left(\int_0^1 P_{net}(i)^{\frac{1}{1-\theta_t}}di\right)^{1-\theta_t} \qquad (۵۴)$$

حال با توجه به این‌که ξ برابر بنگاه‌ها با استفاده از رابطهٔ (۴۷) و $1-\xi$ برابر بنگاه‌ها با قیمت بهینهٔ $P^*_{net}(i)$ کالاهایشان را در هر دوره قیمت‌گذاری می‌کنند، شاخص قیمت کالاهای تولید داخل برابر رابطهٔ (۵۵) خواهد بود.[1]

$$P_{net} = \left[\xi(\pi^{\tau}_{\text{net}-1}P_{\text{net}-1})^{\frac{1}{1-\theta_t}} + (1-\xi)(P^*_{\text{net}})^{\frac{1}{1-\theta_t}}\right]^{1-\theta_t} \qquad (۵۵)$$

۷-۳. بخش نفت

برای شباهت هرچه بیشتر الگوی حاضر به واقعیت اقتصاد یک کشور نفتی، باید بخش نفت را به‌صورت درون‌زا درنظر گرفت؛ از این‌رو، با استفاده از الگوی «بالک» و همکاران[2] (۲۰۱۰) ، فرض می‌شود که دولت با تابع تولید CES، ذخایر نفتی X_{ot}، نیروی کار L_{ot} و فناوری A_{ot}، نفت را تولید می‌کند.

$$Y_{ot} = A_{ot}\left(a_o X_{ot}^{1-\theta_o} + (1-a_o)L_{ot}^{1-\theta_o}\right)^{\frac{1}{1-\theta_o}} \qquad (۵۶)$$

a_o سهم ذخایر در تولید نفت است. فناوری دارای گام تصادفی است. هم‌چنین، شوک مثبت وارد به A_{ot} را می‌توان به‌عنوان بهبود فناوری تولید درنظر گرفت.

$$log\,A_{ot} = \rho_{A_o}\,log\,A_{ot-1} + \varepsilon_{A_o t}, \quad \varepsilon_{A_o t} \sim i.i.d \cdot N\left(0,\sigma^2_{A_o}\right) \qquad (۵۷)$$

انباشت ذخایر برای دوره بعد، برابر با اختلاف اکتشاف ذخایر G_{ot} از تولید نفت به علاوه انباشت ذخایر در هر دورهٔ است.

---

۱. برای مطالعهٔ بیشتر ر.ک. به: «کریم امامی» (۱۳۹۹) صص: ۲۴۱ تا ۲۷۲ مراجعه نمایید.

2. Balke et al.

$$X_{ot+1} = X_{ot} + G_{ot} - Y_{ot} \quad (۵۸)$$

اکتشاف ذخایر در هر دوره دارای هزینهٔ تعدیل $\phi_{ot}\left(\frac{I_{Xt}}{X_{ot}}\right)$ است. $\phi' > 0$ و $\phi'' < 0$ و $\bar{\phi}_o\left(\frac{\overline{I_X}}{\overline{X_o}}\right) = \frac{\bar{Y}_o}{\bar{X}_o}$ و $\phi'_o\left(\frac{\overline{I_X}}{\overline{X_o}}\right) = 1$ است. هم‌چنین اکتشاف ذخایر و سرمایه‌گذاری نفتی I_{Xt} براساس روابط زیر انجام می‌پذیرد.

$$G_{ot} = \phi_{ot}\left(\frac{I_{Xt}}{X_{ot}}\right) X_{ot} \quad (۵۹)$$

$$I_{Xt} = A^I_{Xt}\left(a_{IX} I_{Gt}^{1-\theta_{IX}} + (1-a_{IX}) I_t^{1-\theta_{IX}}\right)^{\frac{1}{1-\theta_{IX}}} \quad (۶۰)$$

A^I_{Xt} فناوری اکتشاف ذخایر است که از گام تصادفی زیر تبعیت می‌کند.

$$log\, A^I_{Xt} = \rho_{A_o}\, log\, A^I_{Xt-1} + \varepsilon_{A^I_X t}, \quad \varepsilon_{A^I_X t} \sim i.i.d \cdot N\left(0, \sigma^2_{A^I_X}\right) \quad (۶۱)$$

پس از بهینه کردن تولید نفت، رابطهٔ (۶۲) به‌دست می‌آید:

$$P_{ot} = P_{Xt} + MC_{ot} \quad (۶۲)$$

رابطهٔ (۶۲) مربوط به برابری هزینهٔ نهایی تولید نفت با درآمد نهایی آن است.

$$MC_{ot} = \frac{W_t}{(1-a_o)}\left(\frac{L_{ot}}{Y_{ot}}\right)^{\theta_o} \quad (۶۳)$$

رابطهٔ (۶۳) میزان تقاضای نیروی کار برای تولید نفت را نشان می‌دهد. رابطهٔ (۶۴) تصمیم بین‌دوره‌ای تولید نفت است. در این رابطهٔ ς_{t+1} عامل تنزیل تصادفی از داشتن ذخایر بیشتر در دورهٔ بعد است.

$$\boldsymbol{P_{Xt} = E_t\left[\varsigma_{t+1}\left(P_{ot+1} - P_{Xt+1}\right) a_o \left(\frac{X_{ot+1}}{Y_{ot+1}}\right)^{-\theta_o} + P_{Xt+1}\left(1 + \phi_{ot+1} - \dot{\phi}_{ot+1}\frac{I_{Xt+1}}{X_{ot+1}}\right)\right]} \quad (۶۴)$$

تولید نفت در هر دوره برابر با کل مصرف خانوارها، مصرف بنگاه‌های تولید کالاهای واسطه‌ای و صادرات است.

$$Y_{ot} = c_{et} + X_{et} + Y^X_{ot} \quad (۶۵)$$

۸-۳. صادرات غیرنفتی

در الگوی حاضر فرض بر آن است که صادرات کالای غیرنفتی و قیمت کالای صادراتی از یک فرآیند گام تصادفی تبعیت می‌کنند.

$$log\, EX_t = \rho_{\mathrm{EX}}\, log\, EX_t + \varepsilon_{EXt}, \quad \varepsilon_{\mathrm{EX}t} \sim i.i.d \cdot N(0, \sigma^2_{\mathrm{EX}}) \quad (۶۶)$$

$$log\, \pi_{EXt} = \rho_{\mathrm{EX}}\, log\, \pi_{EXt-1} + \varepsilon_{\pi_{EX}t}, \quad \varepsilon_{\pi_{EX}t} \sim i.i.d \cdot N\left(0, \sigma^2_{\pi_{EX}}\right) \quad (۶۷)$$

۹-۳. بخش عمومی

منابع دولت شامل مالیات دریافتی از خانوارها، فروش اوراق قرضه، صادرات نفت به خارج، فروش نفت به بنگاه‌ها

(برای تولید) و به خانوارها (برای مصرف) به‌دست می‌آید. هزینهٔ دولت نیز شامل سرمایه‌گذاری I_{Gt}، کالای مصرفی عمومی، بازگرداندن اصل و سود اوراق قرضهٔ دورهٔ قبل، یارانهٔ پرداختی به خانوارها ta_t و تسویهٔ بدهی به بانک مرکزی GD_t است.

$$G_t + (1 + r_{t-1})b_{t-1} + ta_t = t_t + b_t + \frac{GD_t - GD_{t-1}}{p_t} + e_t P^*_{ot} Y^X_{ot} \quad (۶۸)$$

هزینهٔ دولتی G_t برابر مصرف و سرمایه‌گذاری دولتی است و از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.

$$G_t = P_{CGt} c_{Gt} + P_{IGt} I_{Gt} \ , P_{CGt} = \frac{p_{CGt}}{p_t} \ , P_{IGt} = \frac{p_{IGt}}{p_t} \quad (۶۹)$$

فرض می‌شود که کالای مصرفی عمومی رابطهٔ (۷۰) و سرمایه‌گذاری دولتی رابطهٔ (۷۱) ترکیب CES از کالاهای داخلی و خارجی باشند. در روابط زیر پانویس D برای بخش داخلی و پانویس F برای بخش خارجی به‌کار رفته است.

$$c_{Gt} = \left(a_{CG}^{\frac{1}{\theta_{CG}}} \left(c^G_{Dt}\right)^{\frac{\theta_{CG}-1}{\theta_{CG}}} + (1 - a_{CG})^{\frac{1}{\theta_{CG}}} \left(c^G_{Ft}\right)^{\frac{\theta_{CG}-1}{\theta_{CG}}} \right)^{\frac{\theta_{CG}}{\theta_{CG}-1}} \quad (۷۰)$$

سهم کالای مصرفی عمومی داخلی در کالای مصرفی عمومی a_{CG} و کشش جانشینی بین کالای مصرفی عمومی تولید داخل و خارج θ_{CG} است.

$$I_{Gt} = \left(a_{IG}^{\frac{1}{\theta_{IG}}} \left(I^G_{Dt}\right)^{\frac{\theta_{IG}-1}{\theta_{IG}}} + (1 - a_{IG})^{\frac{1}{\theta_{IG}}} \left(I^G_{Ft}\right)^{\frac{\theta_{IG}-1}{\theta_{IG}}} \right)^{\frac{\theta_{IG}}{\theta_{IG}-1}} \quad (۷۱)$$

a_{IG} سهم کالای سرمایه‌ای عمومی داخلی در کالای مصرفی عمومی است و θ_{IG} نیز برابر کشش جانشینی بین کالای سرمایه‌ای دولتی تولید داخل و خارج است. اکنون با حداقل کردن هزینهٔ دولتی، توابع تقاضای زیر به‌دست می‌آیند:

$$c^G_{Dt} = a_{CG} \left(\frac{p_{Dt}}{p_{CGt}}\right)^{-\theta_{CG}} c_{Gt} = a_{CG} (P^D_{CGt})^{-\theta_{CG}} c_{Gt} \ , P^D_{CGt} = \frac{p_{Dt}}{p_{CGt}} \quad (۷۲)$$

$$c^G_{Ft} = (1 - a_{CG}) \left(\frac{p_{Ft}}{p_{CGt}}\right)^{-\theta_{CG}} c_{Gt} = (1 - a_{CG}) (P^F_{CGt})^{-\theta_{CG}} c_{Gt} \ , P^F_{CGt} = \frac{e_t}{p_{CGt}} \quad (۷۳)$$

$$I^G_{Dt} = a_{IG} \left(\frac{p_{Dt}}{p_{IGt}}\right)^{-\theta_{IG}} I_{Gt} = a_{IG} (P^D_{IGt})^{-\theta_{IG}} I_{Gt} \ , P^D_{IGt} = \frac{p_{Dt}}{p_{IGt}} \quad (۷۴)$$

$$I^G_{Ft} = (1 - a_{IG}) \left(\frac{e_t}{p_{IGt}}\right)^{-\theta_{IG}} I_{Gt} = (1 - a_{IG}) (P^F_{IGt})^{-\theta_{IG}} I_{Gt} \ , P^F_{IGt} = \frac{e_t}{p_{IGt}} \quad (۷۵)$$

$$\frac{P_{CGt}}{P_{CGt-1}} = \frac{\pi_{CGt}}{\pi_t} \ , \pi_{CGt} = \frac{p_{CGt}}{p_{CGt-1}} \quad (۷۶)$$

$$\frac{P_{IGt}}{P_{IGt-1}} = \frac{\pi_{IGt}}{\pi_t} \ , \pi_{IGt} = \frac{p_{IGt}}{p_{IGt-1}} \quad (۷۷)$$

با جاگذاری روابط (۷۲) و (۷۳) در (۷۰)، رابطهٔ (۷۸) برای شاخص قیمت مصرف دولتی و با جاگذاری روابط

(۷۴) و (۷۵) در (۷۱)، رابطهٔ (۷۹) برای شاخص قیمت سرمایه‌گذاری دولتی به‌دست می‌آید:

$$p_{CGt} = \left(a_{CG} p_{Dt}^{1-\theta_{CG}} + (1-a_{CG}) e_t^{1-\theta_{CG}}\right)^{\frac{1}{1-\theta_{CG}}} \quad (۷۸)$$

$$p_{IGt} = \left(a_{IG} p_{Dt}^{1-\theta_{IG}} + (1-a_{IG}) e_t^{1-\theta_{IG}}\right)^{\frac{1}{1-\theta_{CG}}} \quad (۷۹)$$

درنهایت فرض می‌شود که مصرف و سرمایه‌گذاری دولتی از فرآیند گام تصادفی تبعیت می‌کنند.

$$log\, c_{Gt} = \rho_{EX}\, log\, c_{Gt-1} + \varepsilon_{c_G t}, \qquad \varepsilon_{c_G t} \sim i.i.d \cdot N\left(0, \sigma_{c_G}^2\right) \quad (۸۰)$$

$$log\, I_{Gt} = \rho_{EX}\, log\, I_{Gt-1} + \varepsilon_{I_G t}, \qquad \varepsilon_{I_G t} \sim i.i.d \cdot N\left(0, \sigma_{I_G}^2\right) \quad (۸۱)$$

۱۰-۳. بانک مرکزی

مصارف پایهٔ پولی در ترازنامه بانک مرکزی فقط شامل ماندهٔ پول داخلی و منابع پایهٔ پولی شامل ذخایر ارزی و بدهی دولت است.

$$M_t = GD_t + S_t FR_t = GD_t + S_t p_t^* \frac{FR_t}{p_t^*} \quad (۸۲)$$

برای نوشتن معادلهٔ (۸۲) نسبت به متغیرهای حقیقی، با تقسیم طرفین به شاخص قیمت داخلی رابطهٔ (۸۳) به‌دست می‌آید:

$$m_t = gd_t + \frac{S_t p_t^*}{p_t} \frac{FR_t}{p_t^*} = GD_t + e_t fr_t \quad (۸۳)$$

برای نظام ارزی کشور، نظام ارزی شناور مدیریت شده درنظر گرفته شده است. ابزارهای سیاستی بانک مرکزی در این نظام، شامل رشد پایهٔ پولی و رشد نرخ ارز اسمی است؛ بنابراین در این مدل فرض می‌شود بانک مرکزی رشد پایهٔ پولی را با رابطهٔ (۸۴) و رشد نرخ ارز را با رابطهٔ (۸۵) کنترل می‌کند.

$$\frac{\dot{M}_t}{\dot{M}} = \left(\frac{\dot{M}_{t-1}}{\dot{M}}\right)^{\rho_{\dot{M}}} \left(\frac{\pi_t}{\bar{\pi}_t}\right)^{\rho_{\dot{M}}^{\pi}} \left(\frac{y_t}{y}\right)^{\rho_{\dot{M}}^{y}} \left(\frac{e_t}{e}\right)^{\rho_{\dot{M}}^{e}} e^{\varepsilon_{\dot{M}t}}, \qquad \varepsilon_{\dot{M}t} \sim i.i.d \cdot N\left(0, \sigma_{\dot{M}}^2\right) \quad (۸۴)$$

در رابطهٔ (۸۴) فرض می‌شود که بانک مرکزی به انحراف نرخ رشد پایهٔ پولی دورهٔ قبل، تغییرات نرخ تورم از تورم هدف $\bar{\pi}_t$، انحراف تولید و انحراف نرخ ارز حقیقی واکنش می‌دهد. در رابطهٔ (۸۵) فرض می‌شود که بانک مرکزی به انحراف رشد نرخ ارز اسمی دورهٔ قبل، تغییرات نرخ تورم نسبت به تورم هدف و انحراف نسبت ارزش حقیقی ذخایر خارجی به پایهٔ پولی واکنش می‌دهد.

$$\frac{h_t}{h} = \left(\frac{h_{t-1}}{h}\right)^{\rho_h} \left(\frac{\pi_t}{\bar{\pi}_t}\right)^{\rho_h^{\pi}} \left(\frac{\frac{fr_t e_t}{M_t}}{\frac{fre}{M}}\right)^{\rho_{\dot{M}}^{frem}} e^{\varepsilon_{ht}} \quad (۸۵)$$

تورم هدف، تورم مدنظر سیاست‌گذار پولی است و از فرآیند گام تصادفی زیر پیروی می‌کند.

$$log\, \bar{\pi}_t = \rho_{\bar{\pi}}\, log\, \bar{\pi}_{t-1} + \varepsilon_{\bar{\pi}t}, \qquad \varepsilon_{I_G t} \sim i.i.d \cdot N\left(0, \sigma_{\bar{\pi}}^2\right) \quad (۸۶)$$

رشد پایهٔ پولی نیز از رابطهٔ (۸۷) به‌دست می‌آید.

$$\dot{M}_t = \frac{M_t}{M_{t-1}} = \frac{m_t}{m_{t-1}}\pi_t \qquad (۸۷)$$

۱۱-۳. بقیهٔ دنیا

با توجه به این‌که اقتصاد ایران بر اقتصاد دنیا تأثیرگذار نیست، تورم قیمت جهانی و تورم قیمت نفت به‌صورت فرآیند گام تصادفی درنظر گرفته می‌شود.

$$log\,\pi_t^* = \rho_{\pi^*}\, log\,\pi_{t-1}^* + \varepsilon_{\pi^* t}, \qquad \varepsilon_{\pi^* t} \sim i.i.d \cdot N\left(0, \sigma_{\pi^*}^2\right) \qquad (۸۸)$$

$$log\,\pi_{ot} = \rho_{\pi_o}\, log\,\pi_{ot-1} + \varepsilon_{\pi_o t}, \qquad \varepsilon_{\pi_o t} \sim i.i.d \cdot N\left(0, \sigma_{\pi_o}^2\right) \qquad (۸۹)$$

۱۲-۳. تسویهٔ بازارها و انباشت ذخایر خارجی

معادلات زیر برای بازار نیروی کار (۹۰)، تولید کالای غیرانرژی داخلی (۹۱)، تولید داخلی (۹۲)، واردات (۹۳)، انباشت ارزی ذخایر خارجی (۹۴) و انباشت ارزی حقیقی ذخایر خارجی (۹۵) است.

$$l_t^r + l_t^{nr} = L_t^y + L_{ot} \qquad (۹۰)$$

$$y_t^{no} = c_{net} + I_{Dt} + c_{Dt}^G + I_{Dt}^G \qquad (۹۱)$$

$$y_t = c_{net} + c_{Ft} + I_{Dt} + I_{Ft} + c_{Dt}^G + c_{Ft}^G + I_{Dt}^G + I_{Ft}^G + y_{ot} + EX_t - IM_t \qquad (۹۲)$$

$$IM_t = c_{Ft} + I_{Ft} + c_{Ft}^G + I_{Ft}^G \qquad (۹۳)$$

$$FR_t = FR_{t-1} + p_{ot}Y_{ot}^x - M_{st} + p_{ext}EX - p_t^* IM \qquad (۹۴)$$

$$fr_t = fr_{t-1} + P_{ot}Y_{ot}^x - m_{st} + P_{ext}EX - IM \qquad (۹۵)$$

۴. تخمین الگو

پس از لگاریتم خطی‌سازی معادلات، برای برآورد پارامترهای الگو از روش بیزین و الگوریتم متروپلیس-هستینگز استفاده شده است. ابتدا باید نوع، میانگین و واریانس توزیع پیشین[1] متناسب با پارامترهای الگو به‌عنوان پیش‌فرض مشخص شود تا با استفاده از داده‌های اقتصادی، پارامترها تخمین‌زده شوند؛ به‌عنوان مثال، پارامتر α دارای مقداری بین صفر و یک است؛ بنابراین می‌توان از توزیع یکنواخت یا بتا به‌عنوان توزیع پیشین برای آن استفاده کرد. اگر پس از تخمین، مقدار میانگین و یا واریانس توزیع پسین[2] نسبت به توزیع پیشین تغییری نکند به این معنی است که داده‌های اقتصادی، تغییری در مقدار تابع درستنمایی ایجاد نکرده است و حاوی اطلاعات جدیدی برای الگو نیست. داده‌های فصلی اقتصادی استفاده شده در شبیه‌سازی به‌صورت فصلی و برای ۱۳۶۹.۱ تا ۱۳۹۶.۴[3] می‌باشد. این داده‌ها شامل هزینهٔ ناخالص داخلی به قیمت پایهٔ سال ۱۳۸۳، تورم شاخص بهای تولیدکننده به قیمت پایهٔ سال ۱۳۸۳، تورم شاخص بهای مصرف‌کننده به قیمت پایهٔ سال ۱۳۸۳، نرخ رشد پایهٔ پولی، رشد نرخ ارز اسمی بازار آزاد، مخارج مصرفی دولتی به قیمت پایهٔ سال ۱۳۸۳، تولید نفت، قیمت نفت ایران، نرخ دستمزد (شاخص

1. Prior Distribution
2. Posterior Distribution
۳. متأسفانه نرخ ارز آزاد بهار ۱۳۹۷ در گزارش‌ها و سری زمانی بانک مرکزی یافت نشد و از علل اصلی محدودکنندهٔ سال‌های مورد بررسی می‌باشد.

دستمزد کارگاه‌های بزرگ صنعتی) و نرخ تورم خارجی امریکا به قیمت پایهٔ سال ۲۰۱۰ می‌باشند.[۱و۲]

با توجه به این‌که الگوی حاضر لگاریتم خطی شده است، باید متغیرها را به‌صورت انحراف از وضعیت پایدار درنظر گرفت؛ بنابراین باید با استفاده از فیلتر «هدریک–پرسکات»[۳] (با مقدار ۶۷۷ برای داده‌های فصلی)، داده‌های اقتصاد را به‌صورت انحراف از وضعیت پایدار درآورد و به‌عنوان متغیرهای مشاهده شده به نرم‌افزار[۴] معرفی کرد.[۵]

صحت برآورد پارامترها با آزمون تشخیصی «بروکز» و «گلمن»[۶] (۱۹۹۸) سنجیده می‌شود.[۷] در جدول ۱ پارامترهای الگو به‌همراه توزیع پیشین و پسین درج شده است.

جدول ۱: توزیع پیشین و پسین پارامترها.
Tab. 1: Prior and posterior distribution of parameters.

پارامتر	توزیع پیشین				توزیع پسین	
	میانگین	انحراف معیار	توزیع	مرجع	میانگین	بازه ۹۰ درصدی
α	۰.۴۷	۰.۰۵	بتا	محقق	۰.۳۹۴۶	(۰.۳۱۹۲,۰.۴۷۰۴)
b_m	۱.۱۳	۰.۰۵	گاما	محقق	۱.۰۹۰۲	(۱.۰۱۳۲,۱.۱۶۶۷)
b_s	۰.۹	۰.۰۵	گاما	محقق	۱.۰۲۳۲	(۰.۹۴۹۵,۱.۰۹۸۴)
β	۰.۹۶	۰.۰۱	بتا	توکلیان و جلالی‌نائینی	۰.۹۴۱۸	(۰.۹۲۱۹,۰.۹۶۲۴)
η	۲.۸۹	۰.۰۵	گاما	توکلیان و جلالی‌نائینی	۲.۸۸۹۴	(۲.۸۰۷۷,۲.۹۷۱۴)
$F^{"}$	۳.۹۴۳	۰.۰۵	گاما	محقق	۳.۹۳۳۶	(۳.۸۵۰۹,۴.۰۱۳۷)
γ	۰.۱۹۱	۰.۰۵	بتا	توکلیان و جلالی‌نائینی	۰.۱۹۹۴	(۰.۱۱۸۵,۰.۲۷۹۵)
h	۰.۳	۰.۰۳	بتا	تقی پور	۰.۲۹۴۹	(۰.۲۴۷۲,۰.۳۴۰۹)
$\phi_o^{"}$	۰.۱	۰.۰۳	بتا	توکلیان و جلالی‌نائینی	۰.۰۹۸۴	(۰.۰۴۹۶,۰.۱۴۴۸)
ψ	۰.۴	۰.۰۲	بتا	توکلیان و جلالی‌نائینی	۰.۴۰۰۹	(۰.۳۶۷۴,۰.۴۳۴۱)
ρ_{A_o}	۰.۷۶۱	۰.۰۲	بتا	توکلیان و جلالی‌نائینی	۰.۷۴۸۱	(۰.۷۱۰۲,۰.۷۸۵۲)
ρ_w	۰.۲۵۳	۰.۰۲	بتا	توکلیان و جلالی‌نائینی	۰.۲۵۷۶	(۰.۲۲۵۲,۰.۲۹۰۵)
ρ_{EX}	۰.۷	۰.۰۵	بتا	محقق	۰.۶۴۷۴	(۰.۵۷۵۴,۰.۷۱۷۵)
ρ_G	۰.۵	۰.۰۵	بتا	محقق	۰.۳۸۲۴	(۰.۳۱۲,۰.۴۵۲۶)
ρ_{AI}^G	۰.۵	۰.۰۵	بتا	محقق	۰.۵۰۷۵	(۰.۴۲۸,۰.۵۸۷۷)
$\rho_{\dot{h}}$	۰.۹	۰.۰۵	بتا	تقی پور	۰.۸۸۲۲	(۰.۷۹۷۸,۰.۹۷۲۸)
$\rho_{\dot{M}}$	۰.۳	۰.۰۵	بتا	تقی پور	۰.۲۲۷۶	(۰.۱۶۸۳,۰.۲۸۵۹)
ρ_π	۰.۸۱۷	۰.۰۵	بتا	محقق	۰.۹۷۲۶	(۰.۹۵۹۱,۰.۹۸۷۱)

۱. با تغییر سال پایهٔ آماردهی بانک مرکزی و با توجه به کمبود برخی از داده‌ها مانند هزینهٔ ناخالص داخلی، تورم‌ها و هزینهٔ دولت، ابتدا میانگینی از داده‌های یک متغیر را برای هر فصل که با سال پایهٔ ۸۳ و ۹۰ اندازه‌گیری شده‌اند، محاسبه می‌شود. سپس برای هر فصل یک متغیر، میانگین به‌دست آمده برای سال پایهٔ ۸۳ را بر میانگین به‌دست آمده برای سال پایهٔ ۹۰ تقسیم و عدد حاصل ضریب تعدیل نامیده می‌شود؛ سپس داده‌های یک فصل متغیر با سال پایهٔ ۹۳ در ضریب تعدیل همان فصل متغیر ضرب می‌شوند تا داده‌ها به قیمت ثابت سال ۸۳ تعدیل شوند.

۲. منبع داده‌های ایران، سری زمانی بانک مرکزی و منبع داده‌های خارجی صندوق بین‌المللی پول است.

3. Hodrick-Prescott Filter

۴. الگو توسط Dynare (داینر) تحت MATLAB برآورد شده است. توصیهٔ اکید می‌شود که برای مدل‌سازی بهتر به دستنامهٔ داینر و «فایفر» (۲۰۱۸) مراجعه شود.

۵. برای تخمین توصیه می‌شود ابتدا با تعداد بلوک‌های کمتر و دوره‌های کوچک‌تر تخمین شروع شود و نتایج اولیهٔ مورد بررسی قرار گیرد. در صورتی‌که نتایج تخمین مانند آزمون بروکز و گلمن مورد تأیید نباشد، یا باید مقادیر و نوع توزیع پیشین پارامترها تغییر کند یا تعداد زنجیره‌ها و بلوک‌ها افزایش یابد. ممکن است نرم‌افزار قبل از رسیدن به مرحلهٔ تخمین، مقادیر پیشین پارامترها را به‌دلیل هم‌خطی معادلات رد کند. برای حل این مشکل پیشنهاد می‌شود ابتدا پارامترها از توزیع‌های پسین تحقیقات قبلی انتخاب شود؛ سپس در صورت رد مقادیر توسط نرم‌افزار، مقادیر پیشین با توجه به انتظارات محقق از پارامترها مجدداً مقداردهی شود. این فرآیند تا رسیدن به مرحلهٔ تخمین باید ادامه یابد.

6. Brooks & Gelman

۷. برای مشاهده شکل توزیع پسین و نتایج آزمون بروکز و گلمن به‌ترتیب به پیوست ۱ و پیوست ۲ مراجعه کنید.

ρ_{π_o}	۰.۲۲	۰.۰۵	بتا	محقق	۰.۱۱۸۹	(۰.۰۷۵۵,۰.۱۶۲)
ρ_{π^*}	۰.۲۷۶	۰.۰۵	بتا	محقق	۰.۲۳۷۴	(۰.۱۶۸۹,۰.۳۰۵۵)
ρ_{θ}	۰.۴۵	۰.۰۵	بتا	توکلیان و جلالی‌نائینی	۰.۳۷۱۸	(۰.۲۹۳۵,۰.۴۴۹)
ρ_{w}	۰.۸۶	۰.۰۵	بتا	پرمه و همکاران	۰.۸۵۹۶	(۰.۷۸۲۳,۰.۹۴۱۸)
$\rho_{\pi_{EX}}$	۰.۵۳۶	۰.۰۵	بتا	محقق	۰.۴۳۹۸	(۰.۳۷۵۸,۰.۵۰۳۶)
$\rho_{\dot{M}}^{\pi}$	-۱.۷۵	۰.۰۵	نرمال	محقق	-۱.۷۰۶۸	(-۱.۷۸۸۴,-۱.۶۲۶۷)
$\rho_{\dot{M}}^{y}$	۱.۷۵	۰.۰۵	نرمال	محقق	۱.۶۴۳۵	(۱.۵۶۲,۱.۷۲۴۳)
$\rho_{\dot{M}}^{e}$	۰.۶	۰.۰۵	نرمال	محقق	۰.۷۴۴۵	(۰.۶۸۸۱,۰.۷۹۸۹)
ρ_{h}^{frem}	-۱.۳۵	۰.۰۵	نرمال	محقق	-۱.۳۵۴۴	(-۱.۴۳۵۹,-۱.۲۷۲۳)
ρ_{h}^{π}	-۱.۳۵	۰.۰۵	نرمال	محقق	-۱.۳۵۳۶	(-۱.۴۳۵۵,-۱.۲۷۰۴)
ρ_{I_X}	۰.۸	۰.۰۵	بتا	محقق	۰.۷۸۱۳	(۰.۶۹۱۷,۰.۸۷۲۵)
ρ_{z}	۰.۷۳	۰.۰۵	بتا	توکلیان و جلالی‌نائینی	۰.۷۳۱۳	(۰.۶۵۰۳,۰.۸۱۱۴)
ρ_{ξ}	۰.۷	۰.۰۵	بتا	محقق	۰.۷۰۰۲	(۰.۶۲۰۸,۰.۷۸۲۵)
σ	۱.۱۹۷	۰.۰۱	گاما	توکلیان و جلالی‌نائینی	۱.۱۹۴۳	(۱.۱۷۷۹,۱.۲۱۰۷)
τ	۰.۴۳	۰.۰۵	بتا	محقق	۰.۳۷۵	(۰.۲۹۵۷,۰.۴۵۴۱)
τ_{e}	۰.۳	۰.۰۵	بتا	محقق	۰.۱۹۲۴	(۰.۱۳۹۲,۰.۲۴۴۳)
τ_{w}	۰.۵۴	۰.۰۵	بتا	محقق	۰.۵۴۷۴	(۰.۴۶۸۲,۰.۶۲۵۹)
θ_{c}	۳.۰۴۲	۰.۰۵	گاما	محقق	۳.۰۹۱۴	(۳.۰۱۲۲,۳.۱۷۱۳)
θ_{CG}	۵.۴۶۳	۰.۰۵	گاما	محقق	۵.۴۸۲۲	(۵.۳۹۹۵,۵.۵۶۱۹)
θ_{e}	۰.۰۹	۰.۰۱	گاما	محقق	۰.۰۹	(۰.۰۷۳۵,۰.۱۰۶۲)
θ_{I}	۱.۳۱	۰.۰۵	گاما	محقق	۱.۳۴۷۸	(۱.۲۶۹۱,۱.۴۲۸۳)
θ_{I_X}	۴.۳۱۲	۰.۰۵	گاما	محقق	۴.۳۱	(۴.۲۲۷۵,۴.۳۹۲۸)
θ_{I_G}	۱.۷۱۲	۰.۰۳	گاما	محقق	۱.۶۷۲۴	(۱.۶۲۶۴,۱.۷۱۹۴)
θ_{o}	۰.۳	۰.۰۱	گاما	توکلیان و جلالی‌نائینی	۰.۲۹۴۸	(۰.۲۸۰۷,۰.۳۰۸۸)
θ_{y}	۰.۵	۰.۰۱	گاما	توکلیان و جلالی‌نائینی	۰.۴۹۸۴	(۰.۴۸۲,۰.۵۱۴۹)
χ	۰.۸	۰.۰۲	بتا	محقق	۰.۷۹۸۵	(۰.۷۶۴۹,۰.۸۳۱۲)
ξ_{p}	۰.۶۵	۰.۰۵	بتا	توکلیان و جلالی‌نائینی	۰.۶۶۳۹	(۰.۵۹۴۷,۰.۷۳۵۳)
ξ_{w}	۰.۷	۰.۰۵	بتا	توکلیان و جلالی‌نائینی	۰.۷۸۴۸	(۰.۷۲۵۶,۰.۸۴۳۵)
σ_{A}	۰.۰۳	∞	**گامای معکوس**	محقق	۰.۰۳۷۹	(۰.۰۱۱۵,۰.۰۶۱۵)
σ_{EX}	۰.۰۳	∞	**گامای معکوس**	محقق	۰.۱۶۰۲	(۰.۱۱۵۶,۰.۲۱۰۷)
σ_{c_G}	۰.۰۳	∞	**گامای معکوس**	محقق	۰.۰۹۵	(۰.۰۸۴۲,۰.۱۰۵۷)
σ_{h}	۰.۰۳	∞	**گامای معکوس**	محقق	۰.۳۰۶۶	(۰.۲۳۱۴,۰.۳۸۱)
$\sigma_{\dot{M}}$	۰.۰۳	∞	**گامای معکوس**	محقق	۰.۰۶۱۴	(۰.۰۵۳۳,۰.۰۶۹۴)
σ_{A_o}	۰.۰۳	∞	**گامای معکوس**	محقق	۰.۰۲۹۶	(۰.۰۱۴۱,۰.۰۴۳۴)
σ_{π}	۰.۰۳	∞	**گامای معکوس**	محقق	۰.۰۲۱۶	(۰.۰۱۶۵,۰.۰۲۶۶)
$\sigma_{\pi_{EX}}$	۰.۰۳	∞	**گامای معکوس**	محقق	۰.۲۵۱	(۰.۲۰۰۹,۰.۲۹۹۷)
σ_{π_o}	۰.۰۳	∞	**گامای معکوس**	محقق	۰.۱۴۶۲	(۰.۱۳۰۴,۰.۱۶۲۳)
σ_{π^*}	۰.۰۳	∞	**گامای معکوس**	محقق	۰.۰۰۴۴	(۰.۰۰۴,۰.۰۰۴۹)
σ_{θ}	۰.۰۳	∞	**گامای معکوس**	محقق	۰.۰۸۰۳	(۰.۰۴۰۹,۰.۱۲۳۲)
σ_{w}	۰.۰۳	∞	**گامای معکوس**	محقق	۰.۰۲۸۹	(۰.۰۰۶۹,۰.۰۵۴)
$\sigma_{A_X^I}$	۰.۰۳	∞	**گامای معکوس**	محقق	۰.۰۱۷۱	(۰.۰۰۷۱,۰.۰۲۷۴)

جدول ۲. مقدار پارامترها و نسبت‌های ثابت در الگو.

Tab. 2: Fixed parameters and ratios in the model.

$\frac{\bar{c}^r}{\bar{c}} = 0.8457$	$\frac{\bar{c}_{ne}}{\bar{y}_D} = 0.434$	$\frac{\bar{I}_D}{\bar{y}_D} = 0.129$	$\frac{\bar{c}_D^G}{\bar{y}_D} = 0.11$	$\frac{\bar{I}_D^G}{\bar{y}_D} = 0.065$
$\frac{\bar{x}_e}{\bar{y}_D} = 0.26$	$a_y = 0.5$	$\frac{\bar{P}_e}{\overline{mc}} = 0.132$	$\phi_o^{"} = 0.1$	$\frac{\bar{l}_o}{\bar{y}_o} = 0.063$
$\frac{\bar{L}_o}{\bar{L}} = 0.264$	$\frac{\bar{L}^r}{\bar{L}} = 0.5$	$\frac{\bar{x}_o}{\bar{y}_o} = 62.5$	$\frac{\bar{I}_x}{\bar{y}_o} = 7.38$	$\frac{\bar{I}_G}{\bar{I}_x} = 0.7$
$\frac{\bar{I}}{\bar{I}_x} = 0.3$	$\frac{\bar{y}_{ox}}{\bar{y}_o} = 0.6$	$\frac{\bar{x}_e}{\bar{y}_o} = 0.3$	$\frac{\bar{c}_e}{\bar{y}_o} = 0.1$	$\frac{\overline{GD}}{\bar{M}} = 0.498$
$\frac{\bar{S} * \overline{FR}}{\bar{M}} = 0.502$	$\frac{\bar{c}_{ne}}{\bar{y}} = 0.315$	$\frac{\bar{c}_F}{\bar{y}} = 0.062$	$\frac{\bar{I}_D}{\bar{y}} = 0.205$	$\frac{\bar{I}_F}{\bar{y}} = 0.078$
$\frac{\bar{c}_D^G}{\bar{y}} = 0.08$	$\frac{\bar{c}_F^G}{\bar{y}} = 0.014$	$\frac{\bar{I}_D^G}{\bar{y}} = 0.047$	$\frac{\bar{I}_F^G}{\bar{y}} = 0.047$	$\frac{\bar{y}_o}{\bar{y}} = 0.164$
$\frac{\overline{EX}}{\bar{y}} = 0.189$	$\frac{\bar{P}_{eD}}{\bar{P}_{neD}} = 0.229$	$\frac{\bar{P}_o^* \bar{y}_o^x}{\overline{FR}} = 1.374$	$\frac{\overline{IM}}{\overline{FR}} = 1.694$	$\frac{\overline{EX}}{\overline{FR}} = 0.508$

* نسبت‌های بخش نفت از پژوهش «پرمه» و همکاران (۱۳۹۵) استفاده شده است. سایر نسبت‌ها محاسبات محقق می‌باشد.

۵. سیاست پولی بهینهٔ رمزی

با توجه به این‌که هدف پژوهش حاضر، انتخاب نظام ارزی در چارچوب سیاست پولی بهینهٔ رمزی است، برای درنظر گرفتن نظام‌های ارزی شناور و ثابت باید رابطهٔ (۸۵) از الگو حذف شود و وضعیت متناسب با نظام ارزی در الگو لحاظ گردد. در نظام ارزی شناور، نرخ ارز به‌گونه‌ای تعیین می‌شود که تغییرات ذخایر خارجی صفر باشد، به این‌معنا که در نظام عرضه و تقاضای بازار، نرخ تعادلی به‌نحوی انتخاب می‌شود که عرضهٔ ارز حاصل از صادرات با تقاضای ارز برای واردات برابر باشد. پس به‌جای رابطهٔ (۸۵)، باید از رابطهٔ (۹۶) استفاده کرد.

$$fr_t = fr_{t-1} \qquad (۹۶)$$

در نظام ارزی ثابت نیز نرخ رشد ارز برابر صفر است؛ بنابراین باید h_t از معادلات الگو حذف شود. برای به‌دست آوردن سیاست پولی بهینهٔ رمزی نیز باید معادلهٔ (۸۴) را حذف و تابع زیان بانک مرکزی را به‌جای آن تصریح کرد. در اینجا فرض می‌شود که بانک مرکزی نُه پیشنهاد سیاستی جهت استفاده در تابع زیان دارد. در معادلهٔ (۹۷) برای بانک مرکزی یک هدف ضمنی رشد نرخ ارز اسمی تعریف شده است تا در تابع زیان موردنیاز، از آن استفاده گردد.

سیاست پولی بهینهٔ رمزی و نظام ارزی متناسب با آن، هم باید حداقل مقدار تابع زیان را برای بانک مرکزی داشته باشد و هم واریانس متغیرهای کلان اقتصاد را کمینه کند.[۱و۲] در صورتی‌که واریانس برخی از متغیرهای کلان کمینه نشود ممکن است با مشکل ناپایداری در طول زمان مواجه شویم؛ لذا سیاست پولی و نظام ارزی باید بهینه و پایدار باشد. پیشنهادهای سیاستی در روابط (۹۸) تا (۱۰۶)، پیشنهادهای هدف‌گذاری چندگانه هستند. پیشنهادهای

۱. متغیرهای کلان جهت بررسی پایداری عبارتنداز: تولید، تورم، رشد نرخ ارز اسمی، مصرف، ذخایر ارزی و بدهی دولت. در این پژوهش فرض می‌شود در صورتی‌که هر یک از متغیرهای کلان دارای واریانس بیشتر از ۵ باشد، می‌تواند اقتصاد را ناپایدار کند.
۲. در جدول مقایسهٔ سیاست پولی بهینهٔ رمزی، واریانس حداقل هر متغیر با فونت بزرگ‌تر مشخص شده است.

سیاستی در روابط (۱۰۰) و (۱۰۵) بر هدف‌گذاری تولید، پیشنهادهای سیاستی در روابط (۹۹) و (۱۰۶) بر هدف‌گذاری تورم، پیشنهاد سیاستی رابطهٔ (۱۰۱) بر هدف‌گذاری نرخ ارز حقیقی و پیشنهاد سیاستی رابطهٔ (۱۰۳) بر هدف‌گذاری نرخ ارز اسمی بیشتر تمرکز دارند.

$$\log \xi_t = \rho_\xi \log \xi_{t-1} + \varepsilon_{ht}, \qquad \varepsilon_{ht} \sim i.i.d \cdot N(0, \sigma_h^2) \tag{۹۷}$$

$$L_1 = 0.5 \sum_{i=0}^{\infty} (0.5 * y_t^2 + 0.5 * (\pi_t - \bar{\pi}_t)^2) \tag{۹۸}$$

$$L_2 = 0.5 \sum_{i=0}^{\infty} (0.25 * y_t^2 + 0.75 * (\pi_t - \bar{\pi}_t)^2) \tag{۹۹}$$

$$L_3 = 0.5 \sum_{i=0}^{\infty} (0.75 * y_t^2 + 0.25 * (\pi_t - \bar{\pi}_t)^2) \tag{۱۰۰}$$

$$L_4 = 0.5 \sum_{i=0}^{\infty} (0.25 * y_t^2 + 0.25(\pi_t - \bar{\pi}_t)^2 + 0.5 * e_t^2) \tag{۱۰۱}$$

$$L_5 = 0.5 \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(y_t^2 + (\pi_t - \bar{\pi}_t)^2 + e_t^2)}{3} \tag{۱۰۲}$$

$$L_6 = 0.5 \sum_{i=0}^{\infty} \left(0.25 * y_t^2 + 0.25(\pi_t - \bar{\pi}_t)^2 + 0.5 * \left(h_t - \xi_t\right)^2\right) \tag{۱۰۳}$$

$$L_7 = 0.5 \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\left(y_t^2 + (\pi_t - \bar{\pi}_t)^2 + \left(h_t - \xi_t\right)^2\right)}{3} \tag{۱۰۴}$$

$$L_8 = 0.5 \sum_{i=0}^{\infty} (0.5 * y_t^2 + 0.25(\pi_t - \bar{\pi}_t)^2 + 0.25 * (h_t - \xi_t)^2) \tag{۱۰۵}$$

$$L_9 = 0.5 \sum_{i=0}^{\infty} (0.25 * y_t^2 + 0.5(\pi_t - \bar{\pi}_t)^2 + 0.25 * (h_t - \xi_t)^2) \tag{۱۰۶}$$

خلاصهٔ مقدار تابع زیان و واریانس متغیرهای کلان را به ازای سیاست‌های پولی پیشنهادی در جدول ۴، مشاهده می‌کنید. فرض می‌شود که سیاست پیشنهادی بهینه از منظر بانک مرکزی سیاستی است که واریانس متغیرهای کلان منتخب (تورم، تولید، رشد نرخ ارز اسمی و مصرف) را کمینه کند؛ هم‌چنین فرض شده است که پایداری سیاست پیشنهادی زمانی مطرح می‌شود که ورایانس ذخایر ارزی و واریانس بدهی دولت کوچک‌تر از ۵ باشند. بهینه بودن سیاست پیشنهادی مستلزم انتخاب سیاستی است که واریانس متغیرهای منتخب کلان اقتصاد را کمینه کند و تعهدی بودن سیاست پیشنهادی مستلزم پایداری در بخش دولتی و کمینه بودن تابع زیان است تا بانک مرکزی در بلندمدت به سیاست دیگری منحرف نشود؛ به‌عبارتی سیاست پیشنهادی باید بهینه و پایدار باشد. در جدول ۳، تمام حالات پایدار سیاست‌های پیشنهادی به‌همراه مقدار تابع زیان درج شده است.

جدول ۳. مقدار تابع زیان در حالت‌های مختلف پایدار به ازای نظام‌های ارزی متفاوت.

Tab. 3: Loss functions in different exchange rate systems.

نظام ارزی	مقدار تابع زیان								
	حالت ۱	حالت ۲	حالت ۳	حالت ۴	حالت ۵	حالت ۶	حالت ۷	حالت ۸	حالت ۹
شناور	-	-	-	-	-	۰.۰۰۲۸	۰.۰۰۲۴	۰.۰۰۴۳	۰.۰۰۲۶۷
شناور مدیریت شده	۰.۰۰۳۴	-	۰.۰۰۱۹	-	-	۰.۰۰۲۷	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۴۲	۰.۰۰۲۶۵
ثابت	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* به‌جای مقدار تابع زیان حالت‌های ناپایدار از علامت "-" استفاده شده است.

هرچند در قالب نظام شناور، حالت ۹ حداقل واریانس را برای تولید و مصرف به‌همراه دارد، اما این وضعیت ناپایدار است، زیرا بانک مرکزی در حالت ۹ و در نظام شناور مدیریت شده دارای تابع زیان کمتری است؛ بنابراین بانک مرکزی نظام ارزی را باید به نظام ارزی شناور مدیریت شده تغییر دهد. اگر نظام ارزی شناور به نظام ارزی شناور مدیریت شده تغییر کند، سیاست پیشنهادی حالت ۹ دیگر بهینه نیست و سیاست پیشنهادی حالت ۳ بهینه خواهد شد و با توجه به جدول ۳، بانک مرکزی نمی‌تواند از سیاست پیشنهادی حالت ۳ منحرف شود؛ بنابراین سیاست بهینهٔ تعهدی، سیاست پیشنهادی ۳ و تحت نظام ارزی شناور مدیریت‌شده است که هدف‌گذاری دوگانهٔ تولید و تورم با تمرکز بیشتر بر تولید است. به‌نظر می‌رسد انتخاب این سیاست با پژوهش‌های قبلی در تعارض باشد، اما حضور خانوار غیرریکاردویی با شرایط فرض شده در مدل، می‌تواند توضیح‌دهندهٔ این انتخاب باشد. چون تنها راه بهبود وضعیت خانوار غیرریکاردویی بهبود وضعیت تولید است؛ دور از انتظار نیست که بانک مرکزی از بین متغیرهای موردنظر خود به تولید اهمیت بیشتری بدهد. در این‌صورت بانک مرکزی با توجه به انحراف نرخ رشد تولید ناخالص اسمی، انحراف تورم را نیز درنظر می‌گیرد. «جلالی‌نائینی» (۱۳۹۵) بیان می‌کند با فرض علامت‌دهی نامناسب قیمت‌ها و علامت‌دهی مناسب تقاضای کل، هدف‌گذاری درآمد اسمی بالقوه، گزینه‌ای قابل‌توجه در مقایسه با هدف‌گذاری تورم است و بانک مرکزی می‌تواند در افق زمانی میان‌مدت آن را به اجرا درآورد. مهم‌ترین مزیت این لنگر، جلوگیری از انقباض بیش از حد سمت عرضهٔ بخش پولی در مقابل شوک منفی بخش حقیقی است؛ هم‌چنین این لنگر متعادل‌کنندهٔ بخش تقاضاست و در شرایط رکودی مانند بُحران ۲۰۰۸ آمریکا به‌کار گرفته شد.

جدول ۴: پایداری، مقدار تابع زیان و واریانس متغیرهای کلان اقتصاد در نظام‌های ارزی و سیاست‌های پولی پیشنهادی مختلف.

Tab. 4: Stability, Loss Function Value, and Variance of Macroeconomic Variables under Different Exchange Rate Systems and Monetary Policies.

تابع زیان	نظام ارزی بهینه	مقدار	واریانس متغیرهای کلان					وضعیت اقتصاد
			تولید	تورم	رشد نرخ ارز اسمی	مصرف	ذخایر ارزی	بدهی دولت	
حالت ۱	شناور	۰.۰۰۳۵	۰.۰۰۰۱۴	۰.۰۰۰۱۷	۰.۰۰۲۲۶	۰.۸۵۳۷۱	_	۹.۱	ناپایدار
	شناور مدیریت شده	۰.۰۰۳۴	۰.۰۰۰۲۴	۰.۰۰۰۲۸	۰.۰۰۲۸۲	۰.۲۶۷۱۹	۴.۹	۰.۶	
	ثابت	۰.۰۰۲۸	۰.۰۰۰۰۱	۰.۰۰۰۳۸	_	۶.۶۳۷۴۹	۳۹۰۸۲۵۰۲۵۶	۳۹۷۱۲۶۸۳۲۴	ناپایدار
حالت ۲	شناور	۰.۰۰۴۷	۰.۰۰۰۹۰	۰.۰۰۰۲۰	۰.۰۰۲۴۵	۰.۸۵۹۴۷	_	۱۰.۴	ناپایدار
	شناور مدیریت شده	۰.۰۰۴۳	۰.۰۰۱۰۴	۰.۰۰۰۳۲	۰.۰۰۳۱۰	۰.۲۷۶۵۴	۵.۲	۰.۷	ناپایدار
	ثابت	۰.۰۰۴۱	۰.۰۰۰۱۰	۰.۰۰۰۳۸	_	۶.۷۶۸۶۷	۳۹۰۷۶۰۸۷۱۰	۳۹۷۰۵۸۹۸۲۷	ناپایدار
حالت ۳	شناور	۰.۰۰۱۹	۰.۰۰۰۰۲	۰.۰۰۰۱۶	۰.۰۰۲۳۴	۰.۸۵۲۳۴	_	۸.۶	ناپایدار
	شناور مدیریت شده	**۰.۰۰۱۹**	**۰.۰۰۰۰۸**	۰.۰۰۰۲۸	۰.۰۰۲۹۹	**۰.۲۶۴۴۰**	۴.۹	۰.۶	
	ثابت	۰.۰۰۱۴	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۳۸	_	۶.۵۹۳۰۷	۳۹۰۸۶۳۸۸۹۵	۳۹۷۱۶۳۶۴۵۰	ناپایدار
حالت ۴	شناور	۰.۰۱۱۶	۰.۹۱۰۹۲	۰.۰۰۰۰۷	۰.۰۰۰۱۵	۶.۴۹۷۲۶	_	۱۱۶.۰	ناپایدار
	شناور مدیریت شده	۰.۰۰۹۱	۰.۷۵۹۳۷	۰.۰۰۰۰۶	۰.۰۰۰۱۵	۵.۶۲۰۹۴	۲۵.۹	۲۲.۸	ناپایدار
	ثابت	۰.۰۰۳۱	۰.۱۳۱۸۴	۰.۰۰۰۰۴	_	۱.۳۱۲۶۲	۳۱۰۵۷۶۱	۳۱۵۶۴۵۵	ناپایدار
حالت ۵	شناور	۰.۰۱۴۸	۰.۸۵۶۹۹	۰.۰۰۰۰۶	۰.۰۰۰۱۵	۶.۱۸۸۲۹	_	۱۱۰.۱	ناپایدار
	شناور مدیریت شده	۰.۰۱۱۷	۰.۶۱۱۷۹	۰.۰۰۰۰۵	۰.۰۰۰۱۶	۴.۷۵۳۲۷	۲۳.۰	۱۷.۹	ناپایدار
	ثابت	۰.۰۰۳۶	۰.۰۷۸۲۷	۰.۰۰۰۰۴	_	۰.۹۳۵۳۲	۲۴۲۳۳۷۵	۲۴۶۳۴۵۷	ناپایدار
حالت ۶	شناور	۰.۰۰۲۸	۰.۰۰۰۴۴	**۰.۰۰۰۰۶**	**۰.۰۰۰۳۷**	۰.۲۷۵۸۲	_	۳.۵	
	شناور مدیریت شده	۰.۰۰۲۷	۰.۰۰۰۵۶	۰.۰۰۰۰۷	۰.۰۰۰۴۰	۰.۲۶۹۸۹	۴.۷	۰.۵	
	ثابت	۰.۰۰۲۶	۰.۰۰۰۰۱	۰.۰۰۰۳۷	_	۶.۳۰۶۵۶	۱۳۴۴۸۱۲۹	۱۳۶۶۹۳۴۴	ناپایدار
حالت ۷	شناور	۰.۰۰۳۳	۰.۰۰۰۲۶	۰.۰۰۰۰۷	۰.۰۰۰۴۲	۰.۲۷۲۳۵	_	۳.۳	
	شناور مدیریت شده	۰.۰۰۳۳	۰.۰۰۰۳۷	۰.۰۰۰۰۸	۰.۰۰۰۴۷	۰.۲۶۸۲۳	۴.۷	۰.۵	
	ثابت	۰.۰۰۲۷	۰.۰۰۰۰۱	۰.۰۰۰۳۷	_	۶.۳۰۶۵۶	۱۳۴۴۸۱۴۴	۱۳۶۶۹۳۶۰	ناپایدار
حالت ۸	شناور	۰.۰۰۴۳	۰.۰۰۰۵۰	۰.۰۰۰۰۷	۰.۰۰۰۴۴	۰.۲۷۸۹۸	_	۳.۶	
	شناور مدیریت شده	۰.۰۰۴۲	۰.۰۰۰۶۱	۰.۰۰۰۰۸	۰.۰۰۰۵۱	۰.۲۷۲۰۶	۴.۸	۰.۵	
	ثابت	۰.۰۰۳۴	۰.۰۰۰۰۴	۰.۰۰۰۳۷	_	۶.۳۷۱۲۸	۱۳۵۱۹۸۷۱	۱۳۷۴۲۲۵۰	ناپایدار
حالت ۹	شناور	۰.۰۰۲۶۷	۰.۰۰۰۱۱	۰.۰۰۰۰۷	۰.۰۰۰۴۸	۰.۲۶۷۳۴	_	**۳.۱**	
	شناور مدیریت شده	۰.۰۰۲۶۵	۰.۰۰۰۱۹	۰.۰۰۰۰۹	۰.۰۰۰۵۳	۰.۲۶۵۵۳	**۴.۷**	**۰.۴**	
	ثابت	۰.۰۰۲۰	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۳۷	_	۶.۲۷۳۹۲	۱۳۴۱۱۷۶۰	۱۳۶۳۲۳۸۵	ناپایدار

*مقدار حداقل واریانس به ازای نظام ارزی مشخص و در حالت‌های مختلف با وضعیت پایدار، با فونت بزرگتر مشخص شده است.

حال به بررسی این موضوع پرداخته می‌شود که انتخاب سیاست پولی رمزی پیشنهادی حالت ۳ در نظام شناور مدیریت‌شده، چه مزایایی نسبت به الگوی پایه دارد. با توجه به این‌که سیاست پولی بهینهٔ رمزی، بر هدف‌گذاری تولید تأکید دارد، به‌طورکلی انتظار می‌رود که نوسانات عکس‌العمل تولید به شوک‌ها در الگوی پیشنهادی حالت ۳ نسبت به الگوی پایه کمتر شده باشد؛ همان‌طورکه در پیوست ۳، مشاهده می‌کنید نمودارهای عکس‌العمل آنی تولید مؤید این موضوع است.

در صورت وقوع شوک کاهش قیمت نفت، مصرف و تولید (بخش حقیقی اقتصاد) در الگوی حالت ۳ نسبت به الگوی پایه به‌مراتب آسیب کمتری خواهند دید که این وضعیت به قیمت بدتر شدن وضعیت تورم و رشد نرخ ارز (بخش پولی اقتصاد) می‌باشد؛ به‌عبارتی بانک مرکزی با توجه به کاهش ذخایر ارزی، اقدام به خرید ارز در بازار و افزایش نرخ ارز می‌نماید. افزایش نرخ ارز و به تبع آن افزایش تورم به افزایش نرخ ارز حقیقی، کاهش واردات، افزایش صادرات و درنهایت بهبود تراز تجاری و تولید منجر می‌شود. افزایش نرخ ارز حقیقی به افزایش نگه‌داری ماندهٔ حقیقی ارز خارجی و کاهش مصرف جامعه می‌انجامد. خانوار غیرریکاردویی در این قسمت نیز سعی می‌کند با افزایش ساعات کاری خود درآمد از دست رفته را جبران کند و هم به علت کاهش مصرف و هم افزایش ساعات کاری رفاه از دست می‌دهد. ولی خانوار ریکاردویی سعی می‌کند با انتقال مصرف به آینده و نگه‌داری بیشتر ارز خارجی، مطلوبیت از دست رفته را تا حدی جبران نماید؛ هم‌چنین برخی از خانوارهای ریکاردویی با بهینه کردن دستمزد خود، امکان کاهش اثر تورم بر بودجه خود را دارند؛ درحالی‌که خانوار غیرریکاردویی تنها امکان تعدیل دستمزد خود با تورم دورهٔ قبل را دارد و ازنظر مصرف در مضیقه قرار می‌گیرد.

شوک تورم خارجی در الگوی حالت ۳، باعث افزایش قیمت تورم از کانال افزایش قیمت کالای وارداتی می‌شود؛ از این‌رو، بانک مرکزی برای مهار وضعیت تورم، عرضهٔ ارز را در بازار افزایش می‌دهد که به کاهش نرخ ارز اسمی منتهی می‌شود. این کاهش نرخ ارز در کوتاه‌مدت رخ می‌دهد و برای ایجاد آن ذخایر ارزی کاهش می‌یابد و به افزایش نااطمینانی از وضعیت ارز در بازار دامن می‌زند. با توجه به نااطمینانی به‌وجود آمده در مدیریت وضعیت ارز، خانوارهای ریکاردویی به افزایش ماندهٔ ارز حقیقی و کاهش ماندهٔ حقیقی پول داخلی روی می‌آورند. افزایش نرخ ارز ضمن کاهش واردات، به افزایش تقاضا برای کالای داخلی، افزایش سرمایه‌گذاری، افزایش سرانهٔ کار و تولید ملی در بلندمدت می‌انجامد. در بلندمدت، از یک‌سو، افزایش نرخ ارز حقیقی (که به علت افزایش نرخ ارز اسمی و افزایش شکاف تورم داخلی از خارجی است)؛ و از سوی دیگر، کاهش تقاضای واردات به افزایش ذخایر ارزی منجر می‌شود و بانک مرکزی می‌تواند با فروش ارز در بازار به کاهش نرخ ارز اسمی و تورم و کاهش نرخ ارز حقیقی کمک کند و درنهایت به افزایش اعتبار بانک مرکزی، بهبود انتظارات و افزایش مصرف کل می‌انجامد.

در صورت وقوع هرگونه شوک در بخش پولی و ارزی، در الگوی حالت ۳، بانک مرکزی با واکنش سریع، اثرگذاری شوک بر متغیرهای کلان را از بین می‌برد. در حالتی‌که بانک مرکزی متعهد به سیاست بهینهٔ رمزی باشد نسبت به الگوی پایه، بهبود و ثبات شرایط در بخش حقیقی به‌مدت ۳۲ فصل زودتر رخ می‌دهد. این وضعیت نشان می‌دهد؛ هم کارایی سیاست پولی و هم کنترل انتظارات در سیاست پولی بهینهٔ رمزی به‌مراتب از الگوی حالت پایه بیشتر است.

۶. نتیجه‌گیری

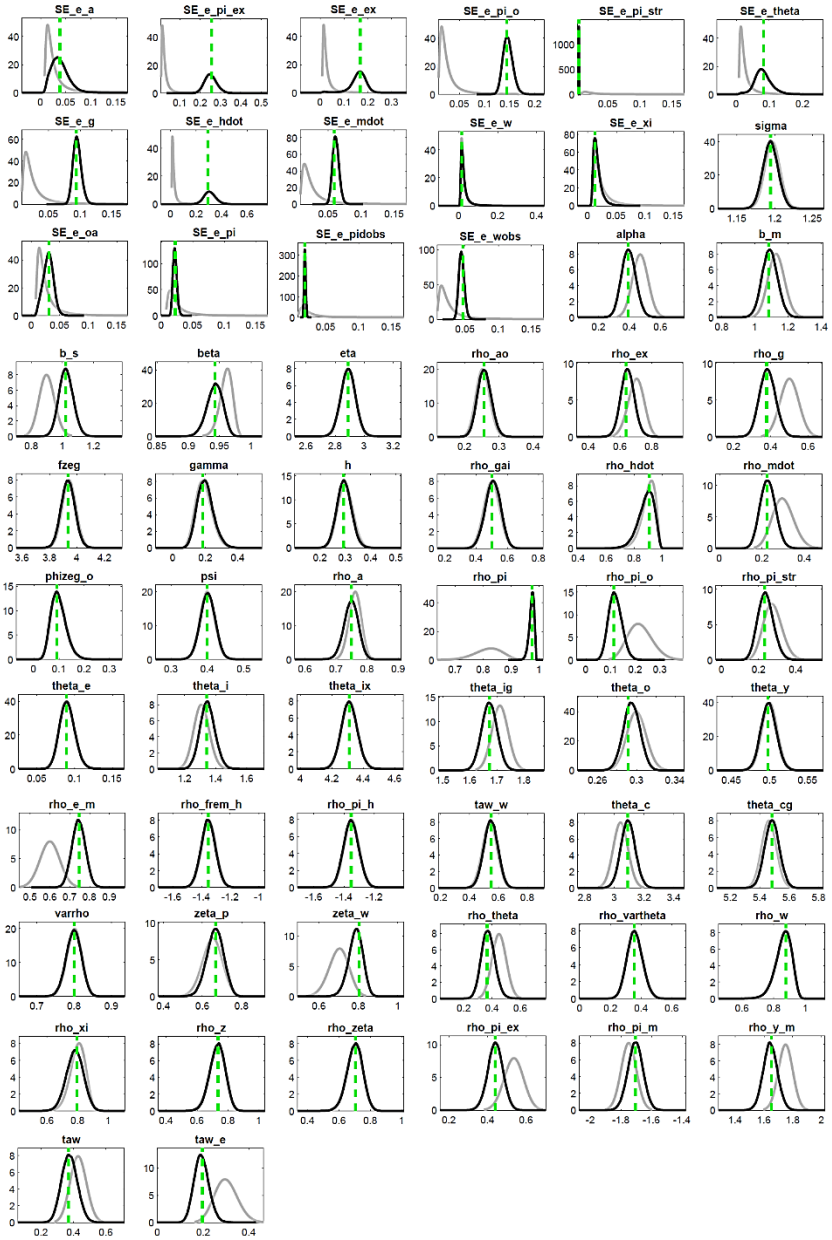
در پژوهش حاضر سعی‌شده است با توجه به ویژگی‌های اقتصاد نفتی ایران، سیاست پولی بهینهٔ رمزی و نظام ارزی متناسب با آن انتخاب شود. در این الگو خانوارهای ریکاردویی و غیرریکاردویی، چسبندگی‌های اسمی (در دستمزد و قیمت‌گذاری) و چسبندگی حقیقی (در مصرف)، کالای عمومی، تفکیک صادرات نفتی و غیرنفتی، نظام‌های ارزی مختلف (شناور، شناور مدیریت‌شده و ثابت) و هدف‌گذاری های مختلف بانک مرکزی در بخش حقیقی و پولی موردتوجه قرار گرفته است؛ هم‌چنین پیامدهای اجرای سیاست بهینهٔ رمزی نسبت به حالت جاری سیاست پولی کشور مورد بررسی قرار گرفت و آثار شوک کاهش قیمت نفت شوک افزایش تورم خارجی، شوک افزایش عرضهٔ پول و شوک افزایش رشد نرخ ارز اسمی بر متغیرهای کلان تحت الگوی پایه و سیاست پولی بهینهٔ رمزی بررسی شد.

نتایج نشان می‌دهد که اولاً، بانک مرکزی از بین نظام‌های مختلف ارزی و سیاست‌های مختلف هدف‌گذاری (تولید، تورم، نرخ ارز اسمی، نرخ ارز حقیقی، و ترکیبی)، باید نظام ارزی شناور مدیریت شده و سیاست پولی هدف‌گذاری تولید را مورد انتخاب و به آن پایبند باشد؛ هرچند نظام ارز ثابت مقدار تابع زیان به‌مراتب کمتری نسبت به سایر حالات دارد، ولی به علت ناپایدار کردن اقتصاد، قابلیت اجرا ندارد. ثانیاً، تعهد بانک مرکزی به سیاست بهینهٔ رمزی در مقایسه با الگوی پایه باعث می‌شود که بخش پولی و حقیقی اقتصاد در قبال شوک‌های پولی و ارزی به‌مراتب نوسان کمتر و ثبات بیشتری داشته باشد؛ هم‌چنین بانک مرکزی در قبال شوک‌های خارجی به قیمت نوسان و بی‌ثباتی بیشتر در متغیرهای پولی، ثبات بیشتری را به بخش حقیقی اقتصاد می‌دهد.

برای پژوهش‌های آتی توصیه می‌شود که بانک‌های تجاری، بورس، صندوق ذخیرهٔ ارزی و انواع مالیات‌ها با نرخ متغیر به الگو افزوده گردد تا نتایج پژوهش جامع‌تر باشد؛ هم‌چنین علاوه بر پیشنهاد اتخاذ سیاست هدف‌گذاری تولید به سیاست‌گذاران پولی، به سیاست‌گذاران مالی پیشنهاد می‌شود که با توجه به آسیب‌پذیری بالای خانوارهای غیرریکاردویی در قبال شوک‌های مختلف، دولت با استفاده از سیاست‌های مالی لازم و معطوف به این خانوارها، رفاه ازدست رفتهٔ آن‌ها را تا حدی جبران نماید.

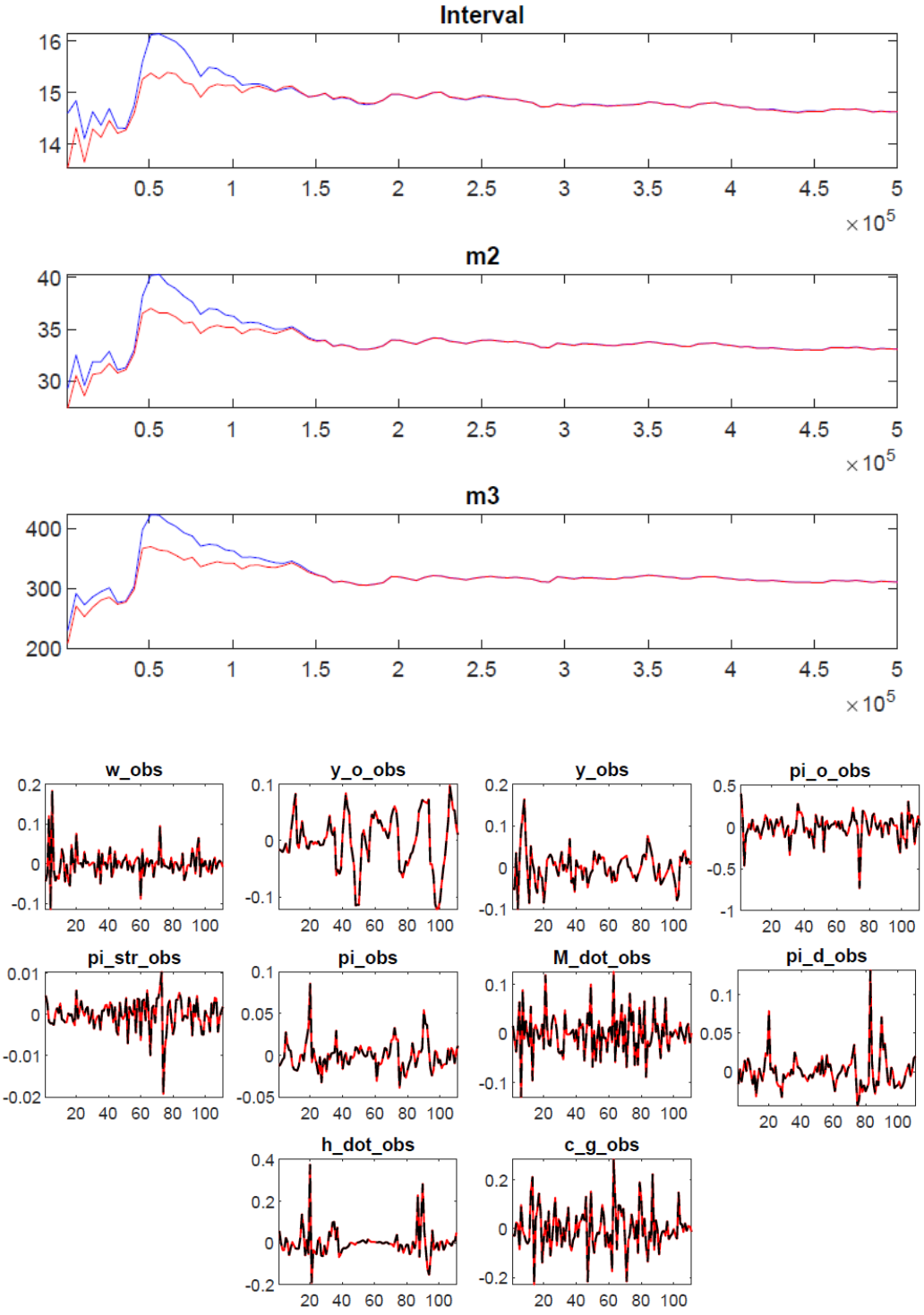
پیوست ۱

توزیع پیشین و پسین پارامترها



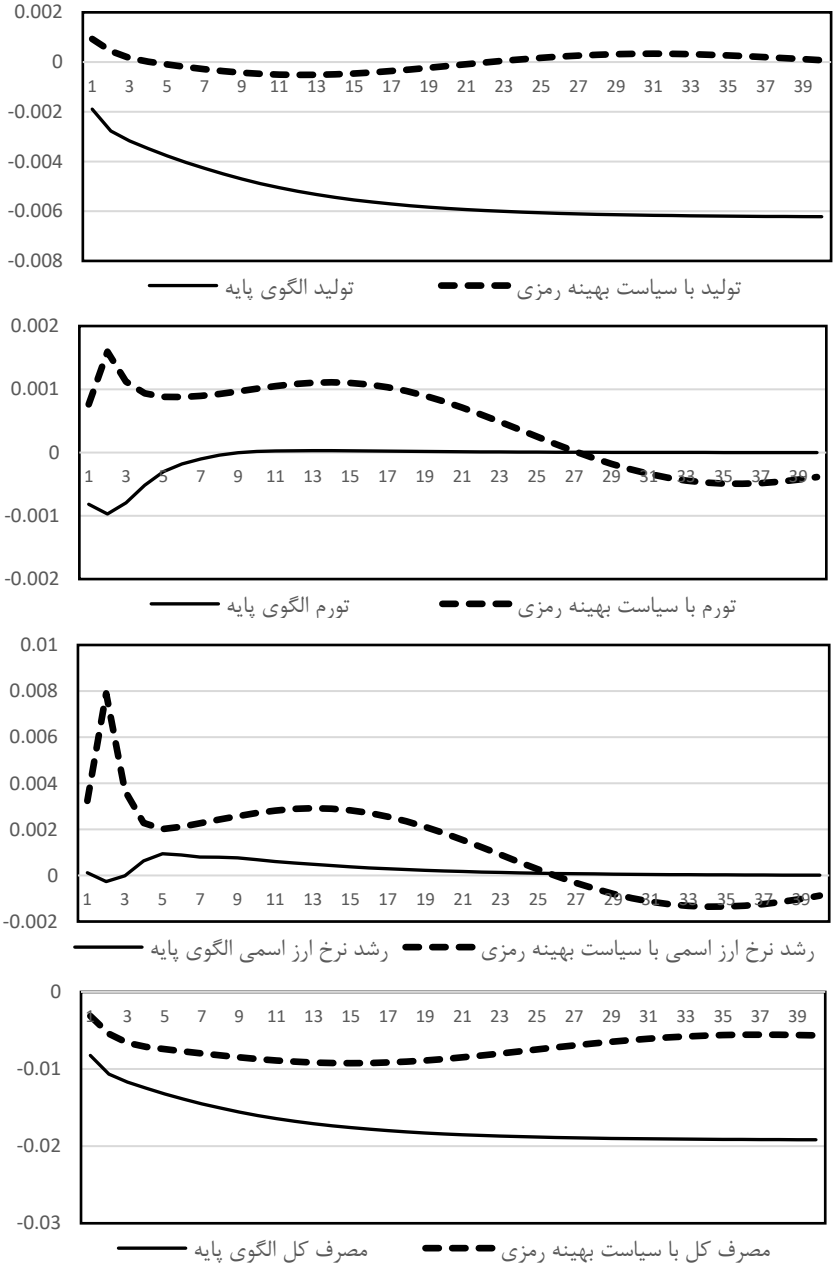
پیوست ۲

نتایج آزمون صحت برآورد پارامترهای الگو (آزمون بروکز و گلمن، ۱۹۹۸)

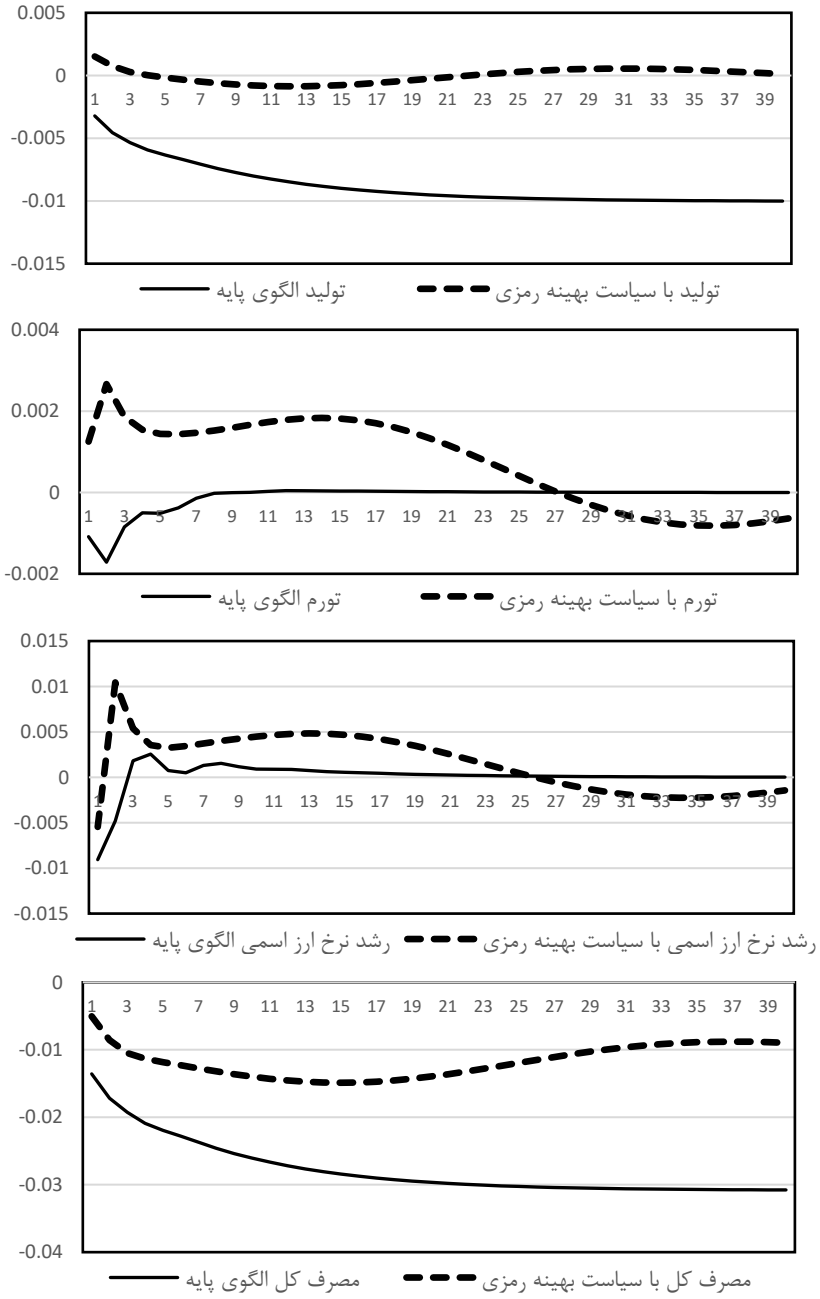


پیوست ۳ (عکس‌العمل متغیرها تحت سیاست پولی بهینهٔ رمزی شمارهٔ ۴ در الگوهای مختلف)

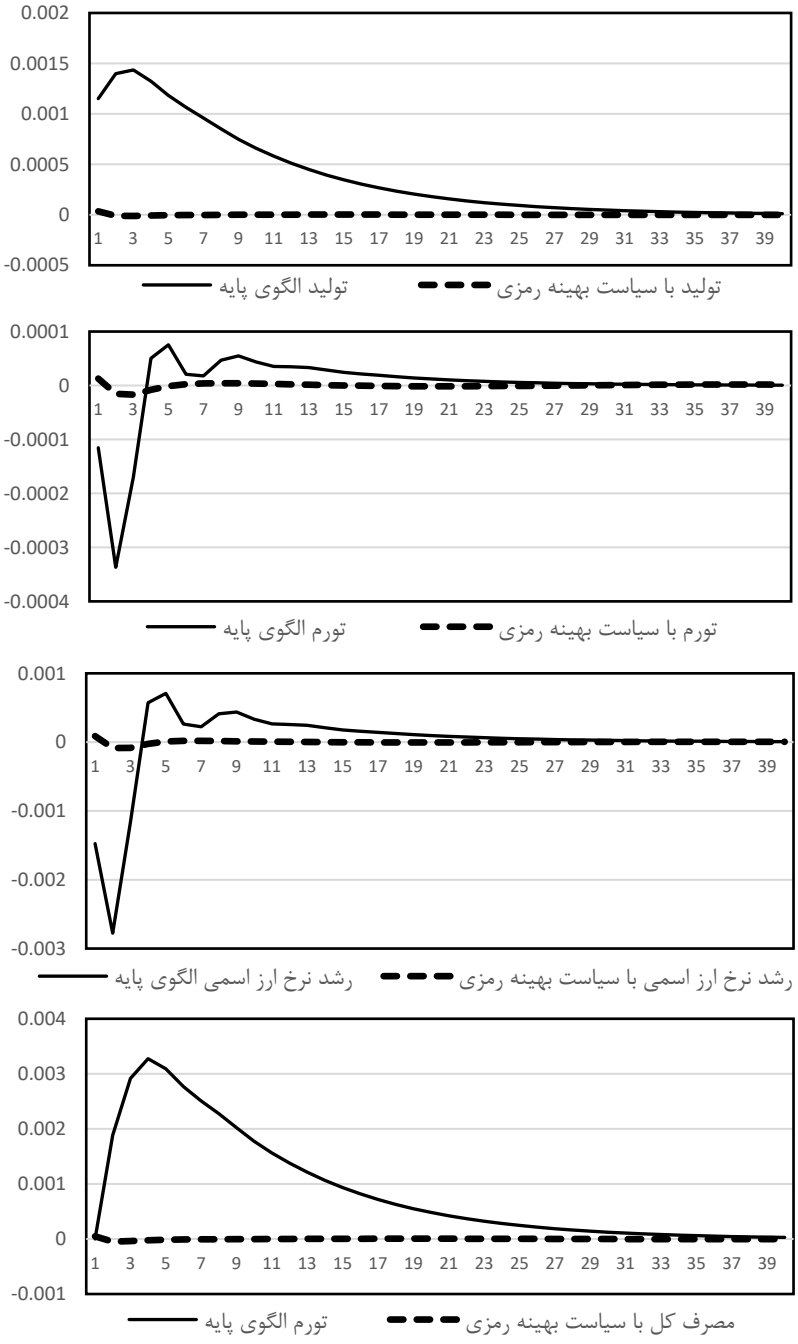
۱. عکس‌العمل تولید، تورم، رشد نرخ ارز اسمی و مصرف کل به ۰.۰۱ شوک منفی قیمت نفت



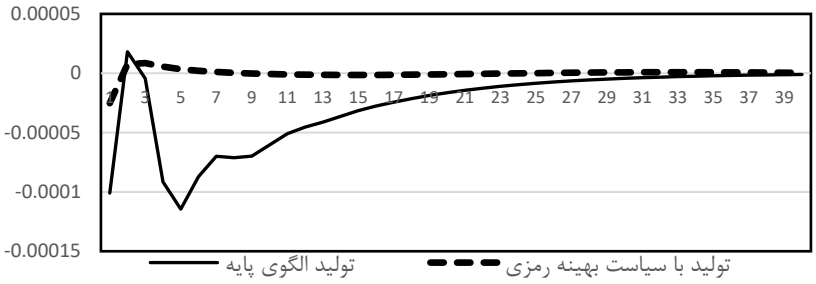
۲. عکس‌العمل تولید، تورم، رشد نرخ ارز اسمی و مصرف کل به ۰.۰۱ شوک تورم خارجی

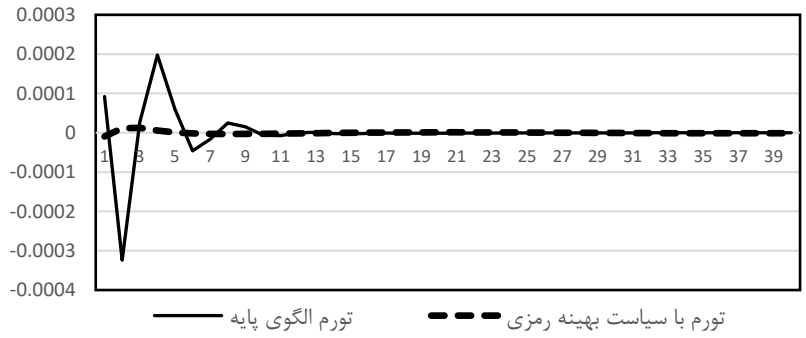


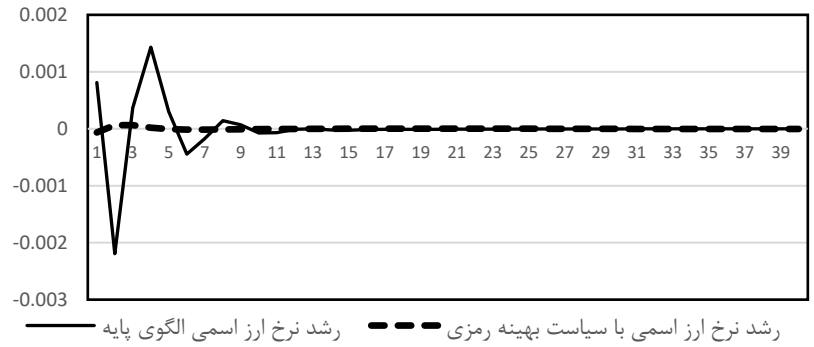
۳. عکس‌العمل تولید، تورم، رشد نرخ ارز اسمی و مصرف کل به ۰.۰۱ شوک منفی تقاضای پول

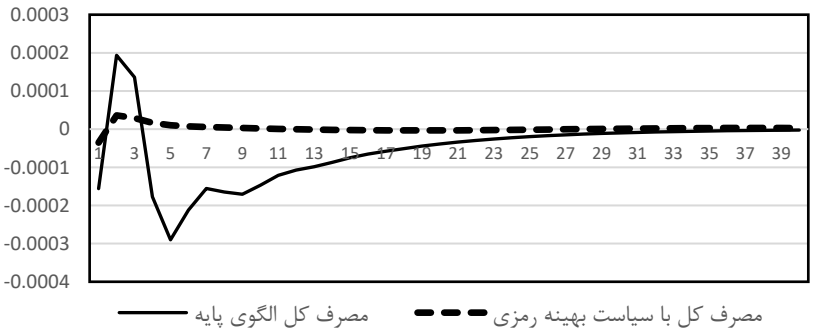


۴. عکس‌العمل تولید، تورم، رشد نرخ ارز اسمی و مصرف کل به ۰.۰۱ شوک رشد نرخ ارز اسمی









کتابنامه

– امامی، کریم، (۱۳۹۹). اقتصاد کلان، رویکرد تعادل عمومی پویای تصادفی. نشر آماره.

– پرمه، زورار؛ قربانی، محمد؛ توکلیان، حسین؛ و شاهنوشی‌فروشانی، ناصر، (۱۳۹۵). «بررسی اثر تکانه‌های اقتصادی بر متغیرهای کلان بخش کشاورزی با استفاده از مدل تعادل عمومی پویای تصادفی». فصلنامه پژوهش‌های بازرگانی، ۸۰: ۷۵–۱۱۸.

– تقی‌پور، انوشیروان، (۱۳۹۳). *تنظیم مدل تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE) برای اقتصاد ایران جهت سیاست‌گذاری و پیش‌بینی سیکل‌های تجاری*. طرح تحقیقاتی مؤسسه توسعه و تحقیقات اقتصادی دانشگاه تهران.

– توکلیان، حسین؛ و افضلی‌ابرقویی، وجیهه، (۱۳۹۵). «مقایسه عملکرد اقتصاد کلان و رژیم های مختلف ارزی با رویکرد (DSGE)» . پژوهشنامهٔ اقتصادی، ۱۶، ۲ (پیاپی ۶۱): ۸۱–۱۲۵.

– توکلیان، حسین؛ و جلالی‌نائینی، سیداحمدرضا، (۱۳۹۶). «سیاست‌گذاری پولی و ارزی صلاح‌دیدی و بهینه در یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی برآوردشده برای اقتصاد ایران». فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۳(۷۰): ۹۸–۳۳.

– توکلیان، حسین؛ و صارم، مهدی، (۱۳۹۶). «الگوهای DSGE در نرم‌افزار Dynare (الگوسازی، حل و برآورد مبتنی‌بر اقتصاد ایران)» . انتشارات پژوهشکدهٔ پولی بانکی، ویرایش اول.

– جعفری صمیمی، احمد؛ طهرانچیان، امیرمنصور؛ ابراهیمی، ایلناز؛ و بالونژادنوری، روزبه، (۱۳۹۳). «اثرتکانه‌های پولی و غیرپولی بر تولید و تورم در یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی در شرایط اقتصاد باز: مطالعهٔ موردی اقتصاد ایران». فصلنامهٔ مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۳(۱۰): ۱–۳۲.

– جلالی‌نائینی، سید احمدرضا، (۱۳۹۵). *سیاست پولی، مبانی نظری و ارزیابی عملکرد در ایران*. پژوهشکدهٔ پولی و بانکی.

– جلالی‌نائینی، سیداحمدرضا؛ و نادریان، محمدامین، (۱۳۹۵). «سیاست‌های پولی و ارزی در یک اقتصاد صادرکنندهٔ نفت: مورد ایران». فصلنامه پژوهش‌های پولی– بانکی، ۹ (۲۹): ۳۲۷–۳۷۲.

– خیابانی، ناصر؛ و غلجه‌ای، سمیرا، (۱۳۹۳). «رژیم‌های ارزی و فشار بازار ارز در یک اقتصاد صادرکنندهٔ نفت (مورد ایران)» . فصلنامهٔ برنامه و بودجه، ۱۹(۳): ۳–۲۲.

– زهابی، مریم؛ بزازان، فاطمه؛ افشاری، زهرا؛ و بوستانی، رضا، (۱۳۹۶). «محاسبهٔ قاعده بهینه سیاست پولی با بررسی حساب جاری و نوسانات نرخ ارز (رویکرد بیزی)» . فصلنامهٔ پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی. ۲۵ (۸۳): ۱۴۵–۱۸۱.

– مشهدی‌زاده، فاطمه؛ پیرایی، خسرو؛ اکبری‌مقدم، بیت‌الله؛ و زارع، هاشم، (۱۳۹۸). «سیاست پولی و درجهٔ گذر نرخ ارز ایران». فصلنامهٔ مطالعات اقتصادی کاربردی ایران. سال ۸ (۳۰): ۲۵–۵۵.

- Balke, N. S.; Brown, S. P. & Yucel, M. K., (2010). "Oil Price Socks and U.S. Economic Activity: An International Perspective". *RFF Discussion Paper*, 10-37.

- Christiano, L. J.; Eichenbaum, M. & Evans, C. L., (2005). "Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy". *Journal of Political Economy*, 113: 1-45.

- De Walque, G.; Smets, F. & Wouters, R., (2005). "An Estimated Two Country DSGE Model for the Euro Area and the US Economy." *ECB mimeo*. https://www.snb.ch/n/mmr/reference/sem_2006_05_de_walque/source/sem_2006_08_de_walque.n.pdf

- Emami, K., (2020). "Macroeconomics, Dynamic Stochastic General Equilibrium Approach". *Amareh Publication*. (in Persian).

- Erceg, C. J.; Henderson, D. W. & Levin, A. T., (2000). "Optimal Monetary Policy with Staggered Wage and Price Contracts". *Journal of Monetary Economics*,46: 28-313.

- Felices, G. & Tuesta, V., (2013). "Monetary Policy in a Dual Currency Environment." *Applied Economics*. http://dx.doi.org/10.1080/00036846.2013.804165

- Jafari Samimi, A.; Tehranghian, A.; Ebrahimi, I. & Balonezhad Noori, R. (2014). "The Effect of Monetary and Non-Monetary Shocks on Inflation and Output in Dynamic Stochastic General Equilibrium Model in Open Economy Condition: Case Study of Iran Economy". *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 3(10), 1-32. (in Persian).

- Jalali Naeini, S. A. & Naderian, M. A., (2016). "Monetary and Exchange Rate Policy in an Oil Exporting Economy: The Case of Iran". *Journal of Monetary and Banking Research*, 9(29): 327-372. (in Persian).

- Jalali Naeini, S., (2017). "Monetary policy Theoretical foundations and performance evaluation in Iran". *Monetary Banking and Research Institute*. 1st Edition. (in Persian).

- Khiabani, N. & Ghaljei, S., (2014). "Exchange rate regimes and exchange market pressure in an oil-exporting economy (Case of Iran)". *JPBUD*, 19 (3): 3-22. (in Persian).

- Mashhadizadeh, F.; Piraee, K.; Akbari Moghadam, B. & Zare, H. (2019). Monetary Policy and Exchange Rate Pass-through Degree in Iran. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 8(30), 25-55. (in Persian). DOI: 10.22084/aes.2019.17891.2780

- Medina, J. & Soto, C., (2005). "Oil Shocks and Monetary Policy in an Estimated DSGE - Model for a Small Open Economy". *Central Bank of Chile*, W. P. 353.

- Nakhli, S. R.; Rafat, M.; Bakhshi Dastjerdi, R. & Rafeib, M., (2020). "A DSGE Analysis of the Effects of Economic Sanctions: Evidence from the Central Bank of Iran". *Iranian Journal of Economic Studies*, 9(1): 35-70.

- Parmeh, Z.; Ghorbani, M.; Tavakoliyan, H. & Shahnoshifroshani, N., (2016). "The effect of economic shocks on agriculture macroeconomic variables using dynamic stochastic general equilibrium model". *Iranian Journal of Trade Studies*, 20(80), 75-119. (in Persian).

- Pfeifer, J., (2018). A Guide to Specifying Observation Equations for the Estimation of DSGE Models. *University of Cologne*.

- Taghipour, A., (2014). "A Dynamic Stochastic General Equilibrium model for Iran's Economy for policymaking and forecasting the Business Cycles". *Institute for Development and Economic Research*. Tehran University. (in Persian).

- Tavakolian, H. & Afzali Abarquyi, V. (2016). "Macroeconomic Performance in Different Exchange Rate Regimes: An Estimated DSGE Approach". *Economics Research*, 16(61), 81-125. (in Persian). DOI: 10.22054/joer.2016.5290

- Tavakolian, H. & Jalali Naeeni, A., (2017). "Optimal and Discretionary Monetary and Exchange Policies in Iran: A DSGE Approach". *Iranian Journal of Economic Research*, 22(70), 33-98. (in Persian). doi: 10.22054/ijer.2017.7966

- Tavakolian, H. & Sarem, M., (2017). DSGE models in Dynare (modeling, solving, and estimating based on Iran's economy). *Monetary Banking and Research Insitute*. 1st Edition. (in Persian).

- Zahabi, M.; Bazzazan, F.; Afshari, Z. & Boustani, R., (2017). Calculation of Optimal Monetary Policy by Considering the Current Account and Exchange Rate Fluctuations (Bayesian Approach). *Quarterly Journal of Economic Research and Policies*. 25(83),145-181. (in Persian). URL: http://qjerp.ir/article-1-1734-fa.html

- www.TSD.CBI.ir

- www.amar.org.ir

- databank.worldbank.org

- data.imf.org