

Optimal Monetary Policy and Estimating the Credibility of Monetary Policy in Iran using the DSGE Approach

Samira Nasiri 

Ph.D. Student in Economic Sciences, Department of Economics, Faculty of Economics and Political Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Parviz Davoodi * 

Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Political Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Hossien Samsami 

Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Political Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Hossien Tavakolian 

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

Abstract

To achieve the optimal monetary policy, attention must be paid to a key element: the credibility of monetary policy authorities. Credibility plays a crucial role in the effectiveness of these policies, as it facilitates the attainment of targeted variables with minimal fluctuation and social cost. Conversely, in times of unexpected economic shocks, discretionary policy becomes optimal, providing policymakers with flexibility to make appropriate monetary decisions.

Conversely, in times of unexpected economic shocks, the use of discretionary policy is optimal because it provides policy makers with more flexibility to make appropriate monetary decisions. In this study, we pursued two goals. First, we constructed a Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) model for an open and small economy according to the conditions of Iran's economy. We then estimated the Stability coefficient for the inflation rate. Then, in order to find the optimal discretionary monetary policy under the influence of two scenarios of low and high credibility of the monetary policy

* Corresponding Author: P_Davoodi @ sbu.ac.ir

How to Cite: Nasiri, S., Davoodi, P., Samsami, H., & Tavakolian, H. (2024). Optimal Monetary Policy & Estimating the credibility of the Monetary Policy in Iranian with DSGE approach. *Economics Research*, 23(88), 5-53.

authorities, we utilized the minimum loss function approach. The results of the model indicated that the credibility of the monetary policy maker in Iran is very low in both the inflation rate and the exchange rate. Examining the loss function of the central bank showed that, in both scenarios, minimizing the exchange rate gap while assigning equal weight to other objectives leads to the lowest possible loss function value.

1. Introduction

The optimal monetary policy is the maximization of welfare or the minimization of social loss of economic factors that are applied according to the constraints governing a society. A very important point that governments should consider when implementing their economic policies is the ability of central banks to influence key macroeconomic variables through the implementation of these policies. The key element in the effectiveness of these policies is the credibility of the monetary policy authorities. The credibility of the monetary policy authorities depends on various factors and components, the most important of which is his commitment and ability to achieve well-defined goals. From the point of view of central banks and economists, the credit of the policymaker is important because it helps to achieve the variables targeted by the central bank with the least amount of volatility and the least social cost. The credibility of the authorities is an exogenous variable that the politician cannot influence quickly because the credibility, depends on his past behavior and his success rate in achieving the goals that he has clearly set. In this study, for the first time in the studies conducted in Iran, monetary policy was considered discretionary, and with the DSGE model, we estimated the credibility of the policymaker in the two fields of inflation and exchange rate. The difference between this study and other studies conducted so far considering the discretionary policy is that they had always first considered a rule for policy making, and then, in a discretionary policy, the parameters estimated with the assumption of the rule have been used, but in this study, no rule has been considered for monetary and exchange rate policy. After estimating the credit value of the policy authority, we entered the credit values of monetary policy authority in the central bank's loss function, which is also done for the first time in Iran.

In this research, we seek to answer the following questions:

1. How much is the credit of the monetary policy authority in the field of inflation rate and exchange rate in Iran?

2. Optimal monetary policy by considering the credit of the monetary policy authorities, in which weights will be obtained from the central bank's loss function?

2. Method

In this research, we used a DSGE model for an open and small economy and we tried to adjust all parts of the model according to the conditions of Iran's economy. Then by using the Bayesian approach, we estimated the values of the model's parameters, including the credibility of the policy authorities. At last, we used the loss function approach to obtain the optimal monetary policy.

3. Results and Discussion

We obtained the values of the variables using the Bayesian method. The obtained values for the credibility coefficient in the two fields of inflation rate and exchange rate were obtained as 0.1019 and 0.0099, respectively. In order to check the validity of the estimates, the Geweke (1992) test was used, which makes the calculations much less and faster than the Brooks & Gelman test. Then we used an identification test to determine the values of ∇ and ∇e . Since these parameters could not be identified, we had to calibrate and analyze their sensitivity. The estimation results showed that the credibility of the monetary policy maker in Iran is low in both the fields of inflation and exchange rate and it is worse in the field of exchange rate.

In pursuit of finding the optimal monetary policy in discretionary policy, by assigning different weights to the goals of the central bank, under two scenarios of low and high credit of the monetary policy maker, we try to obtain the minimum amount of the loss function. The results are reported in tables (1) and (2).

In both scenarios, the examination of different weightings to the coefficients of the central bank's goals in the loss function shows that in the case where the monetary policy authorities give the higher weight to the reduction of the exchange rate gap and equal weight for all three other goals, the amount of loss function of the central bank is less and in the scenario of low and high credit of the policy authority is equivalent to 0.0030 and 0.0036 respectively. Perhaps the reason for this can be found in the oil structure of Iran's economy.

4. Conclusion

We designed a DSGE model for Iran's economy and we estimated the amount of credibility of the monetary policy authority in two fields of inflation rate and exchange rate which are very low. Then, in order to find the optimal discretionary monetary policy under the influence of two scenarios of low and high credibility of the monetary policy authorities, we used the approach of the minimum value of the loss function. To further investigate the model, we analyzed the impulse and response functions for the main variables of the model to productivity shocks, government spending and oil price inflation in two scenarios. In all the input impulses, we found that the high credit of the monetary policy authority causes fewer fluctuations in the key variables of the model compared to the low credit of the policy maker. The results show that when the policymaker has a favorable reputation, the members of the society consider the effects of shocks to be temporary and do not anchor their decisions to it; therefore, even if the policy authority does not implement a specific policy to mitigate the effects of the shock, the variables will stabilize faster than when the credibility of the monetary policy maker is low.

Table 1. Variance values of key variables and loss function in different weights to different objectives of the central bank based on the low credibility of the monetary policy maker in Iran

Inflation	Production	Exchange rate	The growth rate of money	\hat{y}_t	\hat{y}_{Dt}	\hat{c}_t	$\hat{\pi}_t$	\hat{h}_t	\hat{m}_t	\hat{e}_t	\hat{l}_t	Loss function
1	1	1	1	0.000061	0.552274	0.199880	0.000121	0.000255	0.048874	0.000108	0.0107095	0.005
1	0.5	1	0.5	0.000071	0.556854	0.200963	0.0001238	0.000239	0.049181	0.000037	0.010878	0.003
1	0.5	0.5	0.5	0.000062	0.552450	0.200429	0.000120	0.000247	0.049003	0.000114	0.010837	0.003
0.5	1	0.5	0.5	0.000030	0.547030	0.197112	0.000124	0.000271	0.048443	0.000136	0.010598	0.003
0.5	1	1	0.5	0.000070	0.557180	0.200483	0.000125	0.000245	0.049070	0.0000234	0.010839	0.003

Source 1: research findings

Table 2. Variance values of key variables and loss function in different weights to different objectives of the central bank under the high credibility of the monetary policy maker in Iran

Inflation	Production	Exchange rate	The growth rate of money	\hat{y}_t	\hat{y}_{Dt}	\hat{c}_t	$\hat{\pi}_t$	\hat{h}_t	\hat{m}_t	\hat{e}_t	\hat{l}_t	Loss function
1	1	1	1	0.000075	0.554519	0.200867	0.000125	0.000252	0.049181	0.000020	0.010910	0.0071
1	0.5	1	0.5	0.000086	0.552829	0.201188	0.000124	0.000243	0.049283	0.000007	0.010992	0.0043
1	0.5	0.5	0.5	0.000079	0.550374	0.201013	0.000122	0.000244	0.049214	0.000023	0.010975	0.0042
0.5	1	0.5	0.5	0.000028	0.553586	0.199280	0.000128	0.000270	0.049063	0.000028	0.010738	0.0040
0.5	1	1	0.5	0.000081	0.557054	0.201052	0.000127	0.000248	0.049252	0.000006	0.010928	0.0036

Source 2: research finding


10 | Nasiri, et al.


Keywords: Credibility of monetary policy maker, optimal monetary policy, loss function, dynamic general equilibrium model, Iranian economy.


JEL Classification: E52 ·E58· E51.




سیاست بهینه پولی و برآورد اعتبار سیاست گذار پولی در ایران با رویکرد DSGE

سیمیرا نصیری  دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

پرویز داودی*  استاد، گروه اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

حسین صمصامی  استادیار، گروه اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

حسین توکلیان  دانشیار، اقتصاد بازرگانی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

چکیده

برای دستیابی به سیاست پولی بهینه باید به عنصر کلیدی در اثرگذاری این سیاست‌ها که همان اعتبار سیاست گذار پولی است توجه نمود، زیرا اعتبار کمک می‌نماید تا دستیابی به متغیرهای هدف گذاری شده توسط سیاست گذار با کمترین میزان نوسان و حداقل هزینه اجتماعی به دست آید. از سوی دیگر در شرایطی که اقتصاد با شوک‌های پیش‌بینی نشده مواجه باشد، استفاده از سیاست گذاری صلاح‌دیدنی به سبب آنکه انعطاف بیشتری به سیاست گذار برای اتخاذ تصمیمات مناسب پولی می‌دهد، بهینه می‌باشد. بر مبنای این ادبیات، در این مطالعه دو هدف دنبال شده است. نخست، یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی برای یک اقتصاد باز و کوچک متناسب با شرایط اقتصاد ایران طراحی شده و مقدار اعتبار سیاست گذار پولی در ایران را در دو حوزه نرخ تورم و ارز برآورد شده است. دوم، جهت یافتن سیاست بهینه پولی صلاح‌دیدنی تحت تأثیر دو سناریوی اعتبار پایین و بالای سیاست گذار پولی، از رویکرد حداقل مقدار تابع زیان استفاده شده است. نتایج الگو حاکی از آن است که اعتبار سیاست گذار پولی در ایران در هر دو زمینه نرخ تورم و نرخ ارز بسیار پایین است. بررسی تابع زیان بانک مرکزی نشان داده است که در هر دو سناریو، در شرایطی که سیاست گذار پولی به کاهش شکاف نرخ ارز، بیشترین وزن و به سایر اهداف، وزن یکسانی اختصاص دهد میزان زیان در حداقل مقدار ممکن خود قرار خواهد گرفت.

کلیدواژه‌ها: اعتبار سیاست گذار پولی، سیاست گذاری پولی بهینه، تابع زیان، الگوی تعادل عمومی پویا، اقتصاد ایران.

طبقه‌بندی JEL: E52، E58، E51.

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

*نویسنده مسئول: P_Davoodi@sbu.ac.ir

۱. مقدمه

سیاست پولی، مجموعه تصمیمات و اقدامات پولی کشور برای تأثیر گذاری بر سطح فعالیت‌های اقتصادی و یکی از ابزارهای اصلی در اختیار دولت‌ها برای هدایت اقتصاد می‌باشد (خورسندی و همکاران، ۱۳۹۱) هدف سیاست‌های پولی ثبات قیمت‌ها، رشد اقتصادی و سطح مطلوب اشتغال است. (بانک مرکزی ج.ا.ا). در زمینه سیاست گذاری پولی یکی از موضوعات مهم که از دیرباز میان اقتصاددانان مطرح بوده، آن است که آیا سیاست پولی می‌بایست توسط قواعد شناخته شده و از قبل معین (قاعده‌مند) هدایت شود و یا باید آن را به صلاحدید سیاست‌گذاران (صلاحدید) واگذار نمود، مطالعات گوناگونی در این زمینه انجام شده و اقتصاددانان مختلف نظرات متفاوتی را در این زمینه مطرح نموده‌اند. سیاست صلاحدید یک تصمیم بهینه است که در شرایط کنونی اتخاذ می‌شود و در همان دوره اجرا می‌شود اما در سیاست قاعده‌مند پس از تصمیم‌گیری توسط سیاست‌گذار می‌تواند در سال‌های آتی نیز اجرا شود حتی اگر شرایط تغییر نماید. در چنین شرایطی است که ممکن است مشکل ناسازگاری زمانی^۱ بروز نماید. تمایز دیگر سیاست‌گذاری صلاحدید نسبت به سیاست قاعده‌مند طول دوره اجرای این سیاست است که در حالت صلاحدید کمتر می‌باشد چون معطوف به یک دوره مشخص است. اما باید همواره به خاطر داشت که اجرای سیاست صلاحدید، امکان بروز نوسان در متغیرهای اقتصادی مانند تورم را افزایش می‌دهد و می‌تواند سبب غافلگیری بنگاه‌ها از اجرای یک سیاست شود.

در مجموع باید گفت سیاست‌گذاری پولی امری بسیار پیچیده و حساس می‌باشد که التزام سیاست‌گذار پولی به یک هدف صریح و یا قاعده‌مند، می‌تواند مانع از واکنش به موقع بانک مرکزی به نفع جامعه و در شرایط بروز شوک‌های پیش‌بینی نشده گردد، هرچند که اعتقاد و التزام به قواعد سیاستی و استفاده از سیاست قاعده‌مند موجب ثبات اقتصادی می‌شود. از سوی دیگر باید به این نکته توجه نمود که بررسی رفتار سیاست‌گذار پولی در ایران حاکی از آن است که طی سالیان گذشته، هیچگاه اقتصاد کشور از قاعده سیاستی خاصی پیروی نکرده است و در هر دوره ای سیاست‌گذار بسته به نگرش و شرایط

اقدام به سیاست‌گذاری پولی کرده است، پس در نظر گرفتن سیاست پولی قاعده‌مند با توجه به رفتار سیاست‌گذار پولی کشور، فرض مناسبی به نظر نمی‌رسد.

بنابراین در این مطالعه از سیاست‌گذاری صلاح‌دیدگی استفاده شده که منطبق با رفتار بانک مرکزی کشور می‌باشد. اگرچه مطالعاتی تاکنون در کشور با فرض سیاست‌گذاری صلاح‌دیدگی انجام شده اما در کلیه این مطالعات، ابتدا یک قاعده برای سیاست پولی و ارزی کشور در نظر گرفته شده و مدل برآورد گردیده است، سپس برای حل مدل در حالت صلاح‌دیدگی، از پارامترهای برآورد شده با فرض قاعده‌سیاستی استفاده شده است اما این پژوهش حایز این نوآوری و تفاوت است که از همان ابتدا و بدون در نظر گرفتن قاعده سیاست پولی و ارزی مدل به صورت صلاح‌دیدگی برآورد شده است.

نکته بسیار مهم دیگری که دولت‌ها می‌بایست در هنگام اعمال سیاست‌های اقتصادی خود مدنظر داشته باشند، توانایی بانک‌های مرکزی در اثرگذاری بر متغیرهای کلیدی اقتصاد کلان از طریق اجرای این سیاست‌هاست. عنصر کلیدی در اثرگذاری، اعتبار سیاست‌گذار پولی^۱ می‌باشد. اعتبار سیاست‌گذار پولی به‌عنوان تعهد به دنبال کردن قواعد و اهداف سیاستی شفاف و توانایی وی در دستیابی به اهداف از پیش تعیین‌شده تعریف می‌شود.^۲ به طور کلی، اعتبار یک سیاست‌گذار بستگی به تاریخچه سیاست‌گذاری و رفتار وی دارد. یک بانک مرکزی، هنگامی معتبر است که اعلان‌های آن به وسیله مردم باور شوند. اگر سیاست‌گذار توانایی آن را داشته باشد که بازار را کنترل کرده و تفاوت میان نرخ محقق شده از نرخ هدف (یا بهینه) خود را تقلیل دهد، از اعتبار بالایی در سیاست‌گذاری برخوردار خواهد بود و در صورتی که انحراف میان نرخ هدف، با نرخ تحقق‌یافته متغیرها بالا باشد، به‌عنوان عدم اعتبار یا اعتبار پایین سیاست‌گذار تفسیر می‌شود.

به صورت کلی می‌توان گفت هنگامی که سیاست‌گذار اقدام به هدف‌گذاری می‌نماید، می‌بایست سیاست‌های لازم برای رسیدن به این اهداف را نیز طراحی نماید تا با استفاده از ابزارهای در دسترس بتواند به این اهداف دست یابد. در اکثر موارد اگر سیاست‌گذار بدون توجه به میزان اعتبار خود به عنوان سیاست‌گذار اقدام به هدف‌گذاری و طراحی سیاست نماید یا نمی‌تواند به اهداف از پیش تعیین کرده خود دست یابد یا میزان

1. Monetary Authority Credibility

2. Bordo et.al. (2014)

انحراف از این اهداف بسیار بالا خواهد بود که این امر نیز هزینه بسیاری را به جامعه تحمیل خواهد نمود. در این مطالعه برای نخستین بار در ایران برای تخمین مقدار اعتبار سیاست‌گذار پولی در حوزه نرخ تورم و نرخ ارز، از یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی استفاده شده و پارامتر اعتبار سیاست‌گذار با استفاده از رویکرد بیزی تخمین زده شده است.

بر مبنای ادبیات ذکر شده فوق، در این مطالعه تلاش شده است تا با معرفی یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی برای یک اقتصاد باز و کوچک که متناسب با شرایط اقتصاد ایران در هر بخش تعدیل شده باشد، سیاست بهینه پولی را بیابیم. برای دستیابی به این سیاست از رویکرد تابع زیان در این مطالعه استفاده شده است. در این الگو فرض شده که در هر دوره سیاست‌گذار بسته به شرایط اقتصادی، مقدار شکاف تورم و ارز محقق شده از مقادیر هدفشان را رصد کرده و برای دوره بعد، هدف تورمی و نرخ ارز مطلوب خود را با توجه به اعتبار خویش تعیین می‌نماید. از آنجایی که رفتار سیاست‌گذار پولی در ایران حاکی از آن است که در هیچ برهه از قاعده خاصی استفاده ننموده است و به پیروی از سونسن^۱ که معتقد است «هنگامی که به دنبال قاعده هدف‌گذاری^۲ به جای قاعده ابزار^۳ هستیم استفاده از سیاست صلاح‌دیدنی مناسب‌تر است»، ما نیز در این مطالعه سیاست‌گذاری پولی صلاح‌دیدنی را برگزیدیم که این امر یکی از نوآوری‌های این پژوهش است زیرا در مطالعات انجام شده تاکنون ابتدا یک قاعده برای سیاست‌گذاری در نظر گرفته شده و مقادیر پارامترها با استفاده از قاعده مذکور برآورد شده است پس در حالت سیاست صلاح‌دیدنی از پارامترهای برآورد شده با فرض قاعده‌ی قبلی، استفاده شده است اما در این مطالعه هیچ قاعده‌ای برای سیاست‌گذاری پولی و ارزی در نظر گرفته نشده است. از سوی دیگر در مطالعات انجام شده در ایران تاکنون به خصوص با استفاده از مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی پارامتر اعتبار سیاست‌گذار پولی مورد برآورد قرار نگرفته و هرگز در توابع هدف‌گذاری به اعتبار سیاست‌گذار در تعیین اهداف توجهی نشده است. در همین راستا، اعتبار سیاست‌گذار پولی را در توابع هدف‌گذاری تورم و ارز، وارد کرده و سپس

1. Svensson 2002

2. Targeting Rule

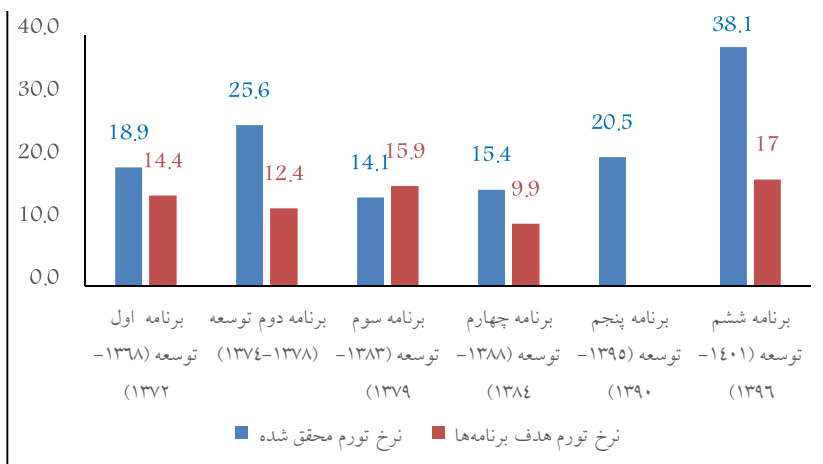
3. Instrument Rule

اعتبار سیاست گذار را در دو حوزه نرخ ارز و نرخ تورم در ایران برآورد شده است. این نیز یکی دیگر از نوآوری‌های این مطالعه است. سپس با استفاده از تابع زیان تحت دو سناریوی اعتبار اندک و اعتبار بالای سیاست گذار پولی و اختصاص وزن‌های مختلف به اهداف بانک مرکزی در ایران، سیاست بهینه پولی صلاح‌دیدگی را با استفاده از رویکرد حداقل مقدار تابع زیان به دست آورده شده است. برای نیل بدین هدف، در ادامه ابتدا حقایق آشکار شده پژوهش آورده شده سپس طراحی الگوی مناسب با اقتصاد ایران ارایه شده است. در بخش بعد پارامترهای الگوی لگاریتم - خطی شده با استفاده از رویکرد بیزی^۱ مورد برآورد قرار گرفته‌اند. پس از آن، نتایج تابع زیان بانک مرکزی با وزن‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته و تجزیه و تحلیل الگو انجام شده و در نهایت نیز جمع‌بندی و نتیجه‌گیری مدل ارائه گردیده است.

۲. حقایق آشکار شده

جهت بررسی حقایق آشکار شده در این مطالعه به بررسی روند نرخ تورم و نرخ ارز محقق شده از مقادیر هدف آنها پرداخته شده است. از آنجایی که هدف گذاری تورم در ایران غالباً به صورت ضمنی صورت می‌گیرد، بنابراین برای بررسی اهداف تورمی کشور، از مقادیر تورم تعیین شده در برنامه‌های توسعه پنجساله کشور استفاده شده است. در این برنامه‌ها، همواره اهدافی برای تورم (میانگین رقم تورم در طول اجرای برنامه) و رشد اقتصادی مشخص می‌شود. در این مطالعه این ارقام با میانگین ارقام محقق شده تورم در طول اجرای هر برنامه مقایسه شده‌اند. برای بررسی شکاف نرخ ارز (تفاوت نرخ ارز محقق شده از نرخ هدف گذاری آن) نیز از نرخ ارز رسمی که در بودجه سنواتی کشور درج می‌شود در مقابل نرخ ارز بازار آزاد طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۸۰ استفاده شده است.

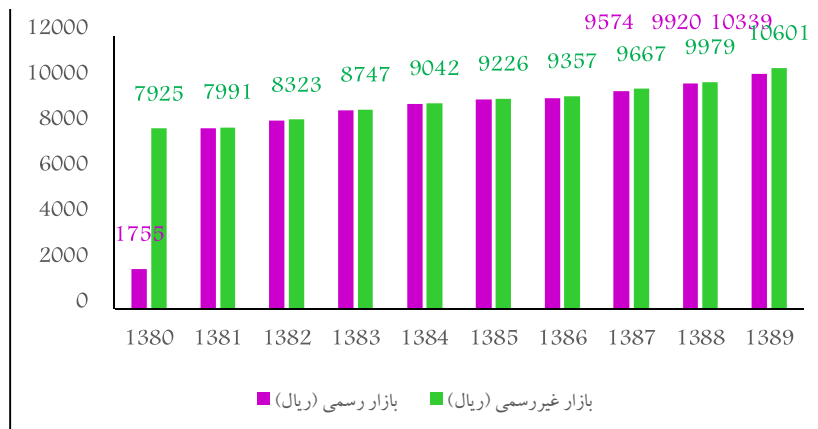
شکل ۱. تورم هدف گذاری و محقق شده در برنامه‌های توسعه‌ای کشور



ماخذ: بانک مرکزی ج.ا.ا. و سازمان برنامه و بودجه

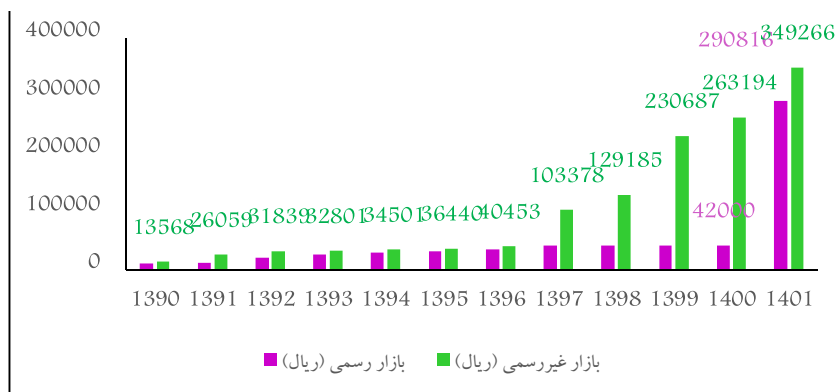
شکل (۱) تورم هدف گذاری شده در طول برنامه‌های توسعه و میانگین نرخ تورم محقق شده طی دوره اجرای این برنامه‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل نیز مشخص است به غیر از برنامه سوم توسعه که مقادیر هدف محقق شده است در سایر برنامه‌ها، شاهد شکاف معنادار بین تورم هدف گذاری شده و مقادیر محقق شده‌ی آنیم. شایان ذکر است که در برنامه پنجساله پنجم توسعه، هدف گذاری تورم وجود نداشته و تنها سالی که هدف گذاری تورم غیر از برنامه‌های توسعه صورت پذیرفته، سال ۱۳۹۹ می‌باشد که هدف تورمی ۲۲ درصد با انحراف مثبت و منهای ۲ بوده است که در نهایت تورم محقق شده سال مذکور، ۴۷/۱ درصد می‌باشد.

شکل ۲. نرخ ارز بازار رسمی و آزاد طی سال‌های ۸۹-۱۳۸۰



ماخذ: بانک مرکزی ج.ا.ا.

شکل ۳. نرخ ارز بازار رسمی و آزاد طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۰



ماخذ: بانک مرکزی ج.ا.ا.

شکل‌های (۲) و (۳) مقادیر نرخ ارز رسمی و بازار آزاد کشور را نشان می‌دهد. از آنجایی که نرخ ارز در سال‌های اخیر تغییرات محسوسی داشته است، رسم تمامی سال‌ها در یک نمودار نمی‌توانست، تفاوت میان نرخ‌های ارز در بازار رسمی و آزاد کشور را نشان دهد، به همین سبب در دو نمودار اقدام به رسم کرده‌ایم. همان‌طور که از شکل (۲)

مشخص است مقادیر نرخ ارز در بازار رسمی و آزاد به دلیل اجرای یکسان‌سازی نرخ ارز در سال ۱۳۸۱ توسط بانک مرکزی، نسبتاً یکسان می‌باشند اما با فاصله گرفتن از سال ۱۳۸۱، تفاوت میان این دو نرخ افزایش یافته است. این امر به معنای آن است که سیاست‌گذار تنها در کوتاه‌مدت قادر به اجرای یکسان‌سازی بوده است. از نیمه دوم سال ۱۳۸۹ با افزایش نرخ ارز در بازار آزاد، اقتصاد ایران عملاً به نظام ارزی دو نرخ بازگشت. بر اساس شکل (۳) با شروع تحریم‌ها در سال ۱۳۹۲ و کاهش درآمدهای نفتی، شکاف ارزی میان دو بازار افزایش یافت هرچند که با امضاء برجام در تیرماه ۱۳۹۴ این تفاوت اندکی کاهش پیدا کرد. اما با خروج آمریکا از برجام و التهابات ناشی از آن، تفاوت میان این دو نرخ به صورت فاحشی افزایش یافته است. این امر حاکی از اعتبار پایین سیاست‌گذار پولی در حوزه نرخ ارز و تأثیر پذیری این متغیر از روند کلی حاکم بر اقتصاد و شرایط جهانی است.

۳. الگو

۳-۱. خانوارها

فرض می‌کنیم که اقتصاد از زنجیره‌ای از خانوارهای یکسان تشکیل شده که عمر نامحدود داشته و مالکین نیروی کار و سرمایه در اقتصاد می‌باشند. مصرف خانوار شامل کالاهای مصرفی خصوصی C_t و کالاهای مصرفی عمومی که معادل مخارج دولت G_t است که می‌تواند داخلی و یا وارداتی باشد. شکل این تابع به صورت یک تابع کاب-داگلاس می‌باشد که با فرض ثبات سایر شرایط، افزایش مصرف چه از طریق بخش خصوصی و چه از طریق دولت، موجب افزایش مطلوبیت خانوار می‌گردد. در این تابع مصرف $\gamma \in (0,1)$ وزن نسبی مصرف عمومی در سبد خانوار را برای کل مصرف تعیین می‌کند. خانوار پول نقد داخلی، M_t ، پول نقد خارجی (ارز)، M_{St} و اوراق قرضه دولتی یک ساله، B_t را با نرخ سود اسمی r_t نگهداری می‌نماید. خانوارها با تشکیل سبدی با کشش جانشینی ثابت^۱ از مصرف، نگهداری مانده حقیقی پول داخلی $\frac{M_t}{P_t}$ و نگهداری مانده حقیقی پول خارجی $\frac{M_{St}}{P_t^*}$ مطلوبیت کسب می‌کند. مانده پول خارجی و پول داخلی به ترتیب بر حسب

1. Constant Elasticity of Substitution (CES)

شاخص قیمت کالاهای داخلی و خارجی (P_t^* و P_t) تعدیل می‌شوند. از سوی دیگر خانوار به واسطه کار کردن، L_t ، مطلوبیت از دست می‌دهد. هدف خانوار حداکثر کردن تابع مطلوبیت انتظاری تعدیل شده بین دوره ای است:

$$\text{Max } U_t^i = E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\frac{(C_t C_{Gt}^\gamma)^{1-\sigma}}{1-\sigma} + \frac{k_m}{1-b_m} \left(\frac{M_t}{P_t}\right)^{1-b_m} + \frac{k_s}{1-b_s} \left(\frac{M_{St}}{P_t^*}\right)^{1-b_s} - \chi \frac{L_t^{1+\eta}}{1+\eta} \right] \quad (1)$$

در این رابطه $0 \leq \beta \leq 1$ عامل تنزیل ذهنی خانوار، σ عکس کشش جانشینی بین دوره‌ای مصرف، b_m معکوس کشش مانده حقیقی پول به نرخ بهره، b_s عکس کشش مانده حقیقی پول خارجی و η عکس کشش نیروی کار نسبت به دستمزد را نشان می‌دهد. χ ، k_m و k_s وزن نسبی هر عبارت را در تابع مطلوبیت تعیین می‌کنند. قید بودجه خانواده نماینده بر حسب قیمت‌های واقعی به شکل زیر است:

$$\begin{aligned} C_t + \frac{M_t}{P_t} + P_{It} I_t + \frac{B_t}{P_t} + \frac{S_t M_{St}}{P_t} + T_t \\ = w_t L_t + R_t u_t K_{t-1} - \Psi(u_t) K_{t-1} + (1+r_{t-1}) \frac{B_{t-1}}{P_t} \\ + \frac{M_{t-1}}{P_t} + D_t + \frac{S_t M_{St-1}}{P_t} + TA_t \end{aligned} \quad (2)$$

خانوار در هر دوره C_t را مصرف، I_t را سرمایه‌گذاری کرده و به مقدار B_t ، M_{St} و M_t در هر دوره به ترتیب اوراق قرضه و ارز خارجی و پول داخلی را نگهداری می‌نماید و مالیات یکجای T_t را به دولت می‌پردازد. در این رابطه، S_t برابر با قیمت یک واحد پول خارجی به پول داخلی یا به عبارت دیگر نرخ ارز می‌باشد، بنابراین $\frac{S_t M_{St}}{P_t}$ نشان‌دهنده ارزش ریالی حقیقی پول خارجی نگهداری شده توسط خانوار است. $P_{It} = \frac{P_t I_t}{P_t}$ نسبت شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌گذاری به شاخص قیمت کالاهای مصرفی است. از سوی دیگر، درآمد خانوار در هر دوره ناشی از دستمزد حقیقی او، $w_t L_t$ ، سود دریافتی حاصل از سرمایه‌گذاری وی به میزان $R_t u_t K_{t-1} - \Psi(u_t) K_{t-1}$ ، اصل و سود حقیقی نگهداری از اوراق قرضه دولتی $(1+r_{t-1}) \frac{B_{t-1}}{P_t}$ ، سود حقیقی توزیع شده بنگاه تحت مالکیت خانوار D_t ، سود حقیقی ناشی از نگهداری پول خارجی، $\frac{S_t M_{St-1}}{P_t}$ و پرداخت انتقالی از سوی دولت به خانوار TA_t می‌باشد. در تابع سرمایه‌گذاری K_t ، R_t و u_t به ترتیب نشان‌دهنده حجم سرمایه، قیمت حقیقی اجاره آن و نرخ بهره‌برداری از سرمایه در دوره t می‌باشند. ما

در این مطالعه فرض کرده‌ایم که استفاده از سرمایه دارای هزینه است که آن را با $\Psi(u_t)$ نشان داده‌ایم. موجودی سرمایه در اقتصاد نیز در هر دوره از رابطه زیر تعدیل می‌شود:

$$K_t = (1 - \delta)K_{t-1} + \left[1 - F\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right)\right] I_t Z_t \quad (۳)$$

در رابطه (۳)، δ نرخ استهلاک سرمایه و $F\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right)$ هزینه تامین و جایگزینی سرمایه می‌باشد. در رابطه بالا Z_t نشان‌دهنده شوک تکنولوژی به سرمایه‌گذاری می‌باشد که فرض می‌شود از یک فرآیند خودرگرسیو مرتبه اول به صورت زیر پیروی کند:

$$\log z_t = \rho_z \log z_{t-1} + \varepsilon_{zt} \quad \varepsilon_{zt} \sim i.i.d N(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad (۴)$$

خانواده نماینده، مطلوبیت بین دوره‌ای خود (رابطه شماره (۱)) را با توجه به قید بودجه و قید سرمایه‌گذاری به حداکثر می‌نماید. شرایط مرتبه اول عرضه نیروی کار، تقاضا برای مانده پول واقعی و ارزش خارجی، معادله اوپلر^۱ مصرف، معادله اوپلر سرمایه‌گذاری و پویایی قیمت‌گذاری سرمایه را به شرح زیر ارائه می‌کند:

$$w_t = \frac{\chi L_t^\eta}{C_{Gt}^\gamma (C_t C_{Gt}^\gamma)^{-\sigma}} \quad (۵)$$

$$\kappa_m m_t^{-b_m} = \left(\frac{r_t}{1+r_t}\right) C_{Gt}^\gamma (C_t C_{Gt}^\gamma)^{-\sigma} \quad (۶)$$

$$\kappa_s m_{St}^{-b_s} = \left[e_t - E_t \frac{e_{t+1} \pi_{t+1}}{(1+r_t) \pi_{t+1}^*}\right] C_{Gt}^\gamma (C_t C_{Gt}^\gamma)^{-\sigma} \quad (۷)$$

$$C_{Gt}^\gamma (C_t C_{Gt}^\gamma)^{-\sigma} = \beta E_t \frac{(1+r_t) C_{Gt+1}^\gamma (C_{t+1} C_{Gt+1}^\gamma)^{-\sigma}}{\pi_{t+1}} \quad (۸)$$

$$\mathcal{P}_{It} = q_t Z_t \left[1 - F\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right) - \dot{F}\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right) \cdot \frac{I_t}{I_{t-1}}\right] + E_t \frac{\pi_{t+1}}{1+r_t} q_{t+1} Z_{t+1} \dot{F}\left(\frac{I_{t+1}}{I_t}\right) \cdot \left(\frac{I_{t+1}}{I_t}\right)^2 \quad (۹)$$

$$q_t = E_t \frac{\pi_{t+1}}{1+r_t} [(1-\delta)q_{t+1} + u_{t+1} R_{t+1} - \Psi(u_{t+1})] \quad (۱۰)$$

در روابط بالا $q_t = \frac{\mu_t}{\lambda_t}$ نشان‌دهنده q توین است که پویایی‌های قیمت‌گذاری سرمایه را نشان می‌دهد. $e_t = \frac{P_t^* S_t}{P_t}$ نشان‌دهنده نرخ ارزش حقیقی بر اساس نرخ آزاد و $\pi_t^* = \frac{P_t^*}{P_{t-1}^*}$ شاخص تورم خارجی است.

برای الگوسازی فرآیند تعدیل دستمزد فرض می‌کنیم که خانوار نیروی کار خود را در بازار رقابت انحصاری ارائه می‌کند. بنابراین خدماتی که نیروی کار عرضه می‌نماید مختلف

1. Euler Equation

بوده و بنابراین دستمزد آنها متفاوت می‌باشد. در این مطالعه فرض می‌شود که $\xi_w - 1$ نفر از خانوارها این امکان را دارند که دستمزد خود را در دوره آتی تعدیل نمایند باقی ξ_w نفر از نیروی کاریکه امکان تعدیل دستمزد خود در دوره جاری را نمی‌یابند، بنابراین دستمزدهای خود را بر اساس قیمت‌های گذشته شاخص‌بندی می‌کنند و برای شاخص‌بندی از رابطه شاخص‌بندی به $W_{t+1}(i) = \pi_t^w W_t(i)$ استفاده می‌نمایند که در آن τ_w درجه شاخص‌بندی دستمزد بوده و رقمی بین صفر و یک می‌باشد (برای اطلاعات بیشتر به کولمن^۱، ۱۹۹۷ و ارسنگ و همکاران^۲، ۲۰۰۰ مراجعه نمایید).

۳-۲. مصرف و سرمایه‌گذاری داخلی و وارداتی

در این بخش معادلات مصرف کل و سرمایه‌گذاری کل به صورت تابعی کشش جانشینی ثابت^۳ از کالاها و سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی در نظر گرفته شده‌اند که برای مطالعه بیشتر به توکلین، افضل^۴ (۱۳۹۵) رجوع کنید. اما در این بخش یک تفاوت مهم وجود دارد که کالای مصرفی داخلی نیز به صورت یک ترکیب کشش جانشینی ثابت از دو کالای انرژی C_t^e و غیر انرژی C_t^{ne} به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود که معادلات آن در ادامه آورده شده است:

$$C_{Dt} = (a_e \frac{1}{\theta_e} (C_t^e)^{\frac{\theta_e-1}{\theta_e}} + (1 - a_e) \frac{1}{\theta_e} (C_t^{ne})^{\frac{\theta_e-1}{\theta_e}})^{\frac{\theta_e}{\theta_e-1}} \quad (11)$$

که a_e و θ_e نشان‌دهنده سهم انرژی و کشش جایگزینی میان مصرف انرژی و مصرف کالاهای غیر انرژی در کالای تولید داخل است. از بهینه‌یابی این قسمت، شاخص قیمت کالاهای تولید داخل را می‌توان به دست می‌آید:

$$P_{Dt} = [a_e (P_{et})^{1-\theta_e} + (1 - a_e) (P_{net})^{1-\theta_e}]^{\frac{1}{1-\theta_e}} \quad (12)$$

1. Kollmann

2. Erceg et al.

3. CES

4. برای اطلاع بیشتر به مطالعه "توکلین، حسین و افضل ابرقویی، وجیهه (1395)، "مقیسه عملکرد اقتصاد کلان در رژیم‌های مختلف ارزی (با رویکرد DSGE) فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی، سال شانزدهم، شماره 61" رجوع کنید.

۳-۳. تولیدکننده کالاهای نهایی و واسطه‌ای

تولیدکننده کالاهای نهایی را به پیروی از توکلین و افضلی^۱ (۱۳۹۵) در نظر گرفتیم. (برای مطالعه بیشتر رجوع کنید به توکلین، حسین و همکاران (۱۳۹۵))

در بخش بنگاه‌های واسطه‌ای فرض کردیم که اقتصاد از زنجیره‌ای از بنگاه‌ها در بخش تولیدکننده کالاهای واسطه‌ای تشکیل شده است که هر کدام از بنگاه‌ها، کالاهای متمایزی از یکدیگر را با کمک ترکیبات مختلف از نیروی کار خانوار (L_{Yt})، سرمایه و انرژی تولید می‌کنند. بنگاه‌های تولیدکننده برای جبران خدمات نیروی کار، دستمزد W_t و برای اجاره سرمایه، R_t را به خانوارها می‌پردازند و برای استفاده از انرژی (که در این مطالعه معادل نفت در نظر گرفته شده) قیمتی معادل $P_{e,t}$ را به دولت می‌پردازند. زیرا در این مدل مالک نفت دولت می‌باشد که با واقعیت اقتصاد ایران نیز همخوانی دارد. تولیدکننده کالای نهایی، کالاهای تولید شده واسطه‌ای را با یکدیگر ترکیب کرده و کالاهای نهایی را می‌سازند که این کالا توسط خانوار خریداری می‌شوند. ما در این مطالعه فرض می‌کنیم که تولیدکنندگان کالاهای واسطه‌ای در یک بازار رقابتی انحصاری فعالیت می‌کنند. فرض می‌کنیم که تولیدکنندگان نهایی واحدهای $y_t^{no}(i)$ را با بازده متفاوت و با استفاده از تابع تولید کاب-داگلاس به صورت زیر تولید می‌نمایند:

$$y_t^{no}(i) = A_t [u_t K_{t-1}(i) K_{Gt-1}^\psi]^\alpha L_{Yt}^\gamma(i)^{1-\alpha} \quad 0 < \alpha < 1 \quad (13)$$

که در آن $0 < \psi < 1$ ضریب تأثیرگذاری حجم سرمایه دولتی بر تولید کالاهای خصوصی است. که K_{t-1} نشان‌دهنده حجم سرمایه بخش خصوصی و u_t نشان‌دهنده نرخ مطلوبیت استفاده از سرمایه می‌باشد. K_{Gt-1} نیز مقداری از سرمایه عمومی (دولتی) که در تولید کالای خصوصی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دولت در مواجهه با شوک نفتی، هزینه‌های عمرانی خود را کاهش می‌دهد. A_t شوک بهره‌وری یا فن آوری است که فرض می‌شود که از یک فرآیند $AR(1)$ به شکل زیر پیروی می‌کند:

$$\log A_t = \rho_A \log A_{t-1} + \varepsilon_{At} \quad \varepsilon_{At} \sim i.i.d \ N(0, \sigma_A^2) \quad (14)$$

1. برای اطلاع بیشتر به مطالعه 'توکلین، حسین و افضلی ابرقویی، وجیهه (1395)، "مقیسه عملکرد اقتصاد کلان در رژیم‌های مختلف ارزی (با رویکرد DSGE) فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی، سال شانزدهم، شماره 61" رجوع کنید.

در این پژوهش فرض کرده‌ایم که کالای واسطه‌ای از ترکیب انرژی (نفت) X_{et} و کالاهای غیرنفتی y_t^{no} با استفاده از توابع کشش جانشینی ثابت تولید می‌شود که در آن a_y نشان‌دهنده سهم تولید غیرنفتی (یعنی کار و سرمایه) در کل ارزش افزوده ایجاد شده و θ_y کشش جایگزینی بین عوامل تولید مربوطه است. ℓ یک هزینه ثابت برای اطمینان از صفر بودن سود در حالت ثابت است.^۱

$$y_t(i) = \left\{ a_y^{\frac{1}{\theta_y}} (y_t^{no})^{\frac{\theta_y-1}{\theta_y}} + (1-a_y)^{\frac{1}{\theta_y}} (X_{et}(i))^{\frac{\theta_y-1}{\theta_y}} \right\}^{\frac{\theta_y}{1-\theta_y}} - \ell \quad (15)$$

برای بدست آوردن تقاضای نیروی کار، تقاضای انرژی و هزینه‌های نهایی حقیقی تولید، هزینه بنگاه تولیدکننده کالای واسطه‌ای را حداقل می‌نماییم در این روابط فرض می‌کنیم که تمامی بنگاه‌ها هزینه نهایی یکسانی دارند بنابراین نیاز به اندیس i نمی‌باشد:

$$\alpha w_t L_{Yt}(i) = (1-\alpha) R_t \bar{K}_{t-1}(i) \quad (16)$$

$$X_{et}(i) = (1-\alpha)^{-\theta_y} \left(\frac{1-a_y}{a_y} \right) \left(\frac{w_t L_{Yt}}{\mathcal{P}_{et}} \right)^{\theta_y} (y_t^{no}(i))^{1-\theta_y} \quad (17)$$

$$X_{et}(i) = (1-\alpha)^{-\theta_y} \left(\frac{1-a_y}{a_y} \right) \left(\frac{w_t L_{Yt}}{\mathcal{P}_{et}} \right)^{\theta_y} (y_t^{no}(i))^{1-\theta_y} \quad (18)$$

$$mc_t = \phi_t = \left\{ a_y^{\theta_y} [A_t^{-1} \alpha^{-\alpha} (1-\alpha)^{-(1-\alpha)} K_{Gt-1}^{-\alpha} R_t^\alpha w_t^{(1-\alpha)}]^{1-\theta_y} + (1-\alpha_y)^{\theta_y} \mathcal{P}_{et}^{1-\theta_y} \right\}^{\frac{1}{1-\theta_y}} \quad (19)$$

ما فرض می‌کنیم که در این بخش نیز چسبندگی قیمت از نوع کالو در بازار کالا وجود دارد و بنابراین تمامی بنگاه‌ها در هر دوره قادر به تعدیل قیمت خود نمی‌باشند در هر دوره تنها کسر تصادفی $\xi_t - 1$ تولیدکنندگان کالاهای واسطه‌ای می‌توانند قیمت‌های خود را به صورت بهینه تنظیم کنند و باقی بنگاه‌ها (ξ_t)، قیمت‌های خود را به تورم گذشته شاخص می‌نمایند:

$$P_{net+1}(i) = \pi_{net}^\tau P_{net}(i) \quad (20)$$

درجه شاخص‌بندی قیمت با پارامتر τ و نرخ ناخالص تورم کالای داخلی با π_{net} نشان داده شده است.

$$\max_{P_{net}(i)} E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\xi\beta)^j \frac{\lambda_{t+j}}{\lambda_t} \left[\prod_{k=0}^{j-1} (\pi_{net+k})^\tau \frac{P_{net}^*(i)}{P_{net+j}} - mc_{t+j} \right] y_{t+j}(i) \quad (21)$$

بنگاه‌هایی که در دوره t توانسته‌اند قیمت خود را تعدیل نمایند با این مساله مواجه هستند که سطح قیمت $P_{Dt}^*(i)$ را به صورتی تعیین نمایند که مجموع سودشان در رابطه (۲۱) نسبت به قید زیر حداکثر شود:

$$y_{t+j}(i) = \left(\prod_{k=0}^{\infty} (\pi_{net+k})^\tau \frac{P_{net}^*(i)}{P_{net+j}} \right)^{-\frac{\theta_t}{\theta_t-1}} Y_{Dt+j} \quad (22)$$

باجایگذاری روابط در یکدیگر، شاخص قیمت کالاها تولید داخل به صورت زیر به دست می‌آید:

$$P_{net} = \left[\xi (\pi_{net-1}^\tau P_{net-1})^{\frac{1}{1-\theta_t}} + (1-\xi) (P_{net}^*)^{\frac{1}{1-\theta_t}} \right]^{1-\theta_t} \quad (23)$$

اگر قیمت بهینه نسبی داخلی را به صورت $p_{net}^*(i) = \frac{P_{net}^*(i)}{P_{net}}$ تعریف نمایم، از شرایط مرتبه اول خواهیم داشت:

$$p_{net}^*(i) = \frac{E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\xi\beta)^j \lambda_{t+j} mc_{t+j} Y_{Dt+j} \left(\prod_{k=0}^{j-1} \frac{(\pi_{net+k})^\tau}{\pi_{net+k+1}} \right)^{-\frac{1}{\theta_t-1}}}{\theta_t E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\xi\beta)^j \lambda_{t+j} Y_{Dt+j} \left(\prod_{k=0}^{j-1} \frac{(\pi_{net+k})^\tau}{\pi_{net+k+1}} \right)^{-\frac{\theta_t}{\theta_t-1}}} \quad (24)$$

اگر معادله بالا را لگاریتم خطی نمایم و شاخص قیمت کالاها تولید داخل (رابطه ۲۳) را در آن لحاظ نمایم به منحنی جدید فیلیپس نئوکینزی می‌رسیم.^۱

$$\hat{\pi}_{net} = \frac{\beta}{1+\beta\tau} E_t \hat{\pi}_{net+1} + \frac{\tau}{1+\beta\tau} \hat{\pi}_{net-1} + \frac{(1-\beta\xi)-(1-\xi)}{(1+\beta\tau)\xi} (\hat{m}c_t + \hat{\theta}_t) \quad (25)$$

۳-۴. بخش نفت

ما در این مطالعه به منظور بررسی تأثیر بخش نفت بر اقتصاد کشور و متغیرهای اصلی به نحوی مدل‌سازی کرده‌ایم که تولید نفت در درون مدل تعیین شود. بنابراین در این مطالعه فرض کرده‌ایم که تولید نفت در هر دوره با استفاده از یک تابع با کشش جانشینی ثابت از

۱. متغیرهایی با (هت) نشان‌دهنده درصد انحراف از مقادیر حالت پایدار خود می‌باشند.

نیروی کار L_{Ot} و ذخایر نفتی کشور X_{Ot} صورت می‌پذیرد. نکته دیگری که باید به آن توجه نمود این است که در این مطالعه نیروی کار بخش نفت از نیروی کار شاغل در سایر بخش‌های اقتصادی تفکیک شده است. بنابراین شرط تسویه بازار کار برابر خواهد بود با:

$$L_t = L_{Yt} + L_{Ot} \quad (26)$$

باید توجه داشت که در این مدل تولید نفت (به پیروی از بالک و همکاران (۲۰۱۰))^۱ تحت مالکیت دولت قرار دارد که این امر نیز با واقعیت اقتصاد ایران کاملاً سازگار است:

$$Y_{Ot} = A_{Ot} \left[a_{O} (X_{Ot}^{1-\theta_O})^{1-\theta_O} + (1 - a_{O}) L_{Ot}^{1-\theta_O} \right]^{\frac{1}{1-\theta_O}} \quad (27)$$

ما در رابطه تولید نفت، شوک بهره‌وری تولید نفت A_{Ot} را در نظر گرفته‌ایم. دلیل ورود این پارامتر در تابع تولید نفت آن است که این شوک ضمن آنکه می‌تواند نشانگر پیشرفت تکنولوژی مورد استفاده در این بخش باشد (شوک مثبت)، در بعد منفی می‌تواند نشان‌دهنده تحریم‌های این بخش باشد. فرض می‌کنیم که این شوک از یک فرآیند $AR(1)$ به شکل زیر پیروی می‌کند:

$$\log A_{Ot} = \rho_{A_O} \log A_{Ot-1} + \varepsilon_{Ot}^A \quad \varepsilon_{Ot}^A \sim i.i.d \quad N(0, \sigma_{A_O}^2) \quad (28)$$

ذخایر نفت (X_{Ot+1}) در هر دوره شامل ذخایر نفت در دوره قبل (X_{Ot}) بعلاوه مقدار ذخایر جدید کشف شده در دوره t (G_{Ot}) منهای استخراج و یا تولید نفتی است Y_{Ot} که در دوره قبل انجام شده است:

$$X_{Ot+1} = X_{Ot} + G_{Ot} - Y_{Ot} \quad (29)$$

اکتشاف ذخایر جدید G_{Ot} از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$G_{Ot} = \Phi_0 \left(\frac{I_{Xt}}{X_{Ot}} \right) X_{Ot} \quad (30)$$

I_{Xt} نشان‌دهنده سرمایه‌گذاری در تولید ذخایر است که شامل سرمایه‌گذاری خصوصی و دولتی می‌باشد و هرچه سرمایه‌گذاری برای اکتشاف بیشتر باشد احتمال کشف منابع جدید در آن دوره افزایش می‌یابد:

$$I_{Xt} = A_{Xt}^I \left[a_{IX} I_{Gt}^{1-\theta_{IX}} + (1 - a_{IX}) I_t^{1-\theta_{IX}} \right]^{\frac{1}{1-\theta_{IX}}} \quad (31)$$

در رابطه بالا، a_{IX} سهم سرمایه‌گذاری دولتی در تولید نفت و A_{Xt}^I تکانه فناوری به اکتشاف ذخایر نفتی است که از یک فرآیند $AR(1)$ پیروی می‌کند:

$$\log A_{Xt}^l = \rho_0 \log A_{Xt-1}^l + \varepsilon_{Xt}^l \quad \varepsilon_{Xt}^l \sim i.i.d N(0, \sigma_{IX}^2) \quad (32)$$

با تولید نفت از میزان ذخایر یا به عبارت دیگر سرمایه موجود در این بخش کاسته می‌شود. بر این اساس قاعده تصمیم‌گیری برای تولید نفت در این الگو با حداقل کردن هزینه تولید و با فرض ثابت بودن قیمت‌ها بدست می‌آید. بنابراین، از شرط مرتبه اول، می‌توان تقاضا برای نیروی کار شاغل در بخش نفت را به صورت زیر تعیین نمود:

$$P_{Ot} = P_{Xt} + MC_{Ot} \quad (33)$$

$$MC_{Ot} = \frac{W_t}{(1 - \alpha_0) \left(\frac{L_{Ot}}{Y_{Ot}}\right)^{-\theta_0}} = P_{Ot} - P_{Xt} \quad (34)$$

در رابطه (۳۴)، P_{Xt} و MC_{Ot} به ترتیب قیمت نفت موجود در ذخایر و هزینه نهایی استخراج نفت می‌باشند. از طرف دیگر نفت تولید شده در کشور یا به عنوان نهاده تولید در تولید کالاها (X_{et}) مورد استفاده قرار می‌گیرد، یا به صورت مستقیم مصرف می‌شود (C_t^e) (مانند بنزین، انرژی مصرفی برای گرمایش و ...) و یا صادر (Y_{Ot}^X) می‌شود. بنابراین تسویه بازار نفت از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Y_{Ot} = X_{et} + C_t^e + Y_{Ot}^X \quad (35)$$

۳-۵. صادرات کل

در این مطالعه اقتصاد ایران به عنوان یک اقتصاد باز کوچک در نظر گرفته شده است که قادر است بخشی از تولید خود اعم از نفت و یا کالاهای غیرنفتی را صادر نماید، بنابراین صادرات کل از حاصل جمع صادرات نفتی (Y_{Ot}^X) و غیرنفتی (Y_t^{nox}) به دست می‌آید:

$$EX_t = Y_{Ot}^X + Y_t^{nox} \quad (36)$$

در مورد صادرات غیر نفتی فرض می‌کنیم که بنگاه‌های صادرکننده کالاهای غیرنفتی، کالاها را از بنگاه‌های تولیدی داخلی خریداری و آن را در بازارهای جهانی می‌فروشند. تابع تقاضا برای صادرات ایران را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$Y_t^{nox} = b_{EX} \left(\frac{P_{Dt}}{P_t^*}\right)^{-\eta_x} C_t^* \quad (37)$$

در معادله بالا P_t^* شاخص قیمت شاخص تورم مصرف‌کننده جهانی و C_t^* سطح کل مصرف جهان، b_{EX} نشاندهنده سهم کالاهای داخلی در سبد مصرف خارجی و η_x کشش

جانشینی بین کالاهای تولیدی داخلی و وارداتی در بازارهای جهانی است. از آنجایی که اقتصاد ایران در مقایسه با جهان خیلی کوچک است، لذا اقتصاد جهان نسبت به اقتصاد ایران بسته محسوب می‌شود، زیرا صادرات ایران سهم نسبتاً ناچیزی از کل سطح مصرف دنیا را تشکیل می‌دهد. بنابراین، در معادله بالا به جای Y_t^* می‌توان تولید ناخالص داخلی دنیا Y_t^{nox} را جایگزین کرد.

$$Y_t^{nox} = b_{EX} \left(\frac{P_{Dt}}{P_t^*} \right)^{-\eta_x} Y_t^* = b_{EX} \left(\frac{P_{Dt}}{P_t^*} \right)^{-\eta_x} Y_t^* \quad (38)$$

چون اقتصاد ایران کوچک است و بخش خارجی (تورم و تولید خارجی) به صورت برونزا در نظر گرفته می‌شود که از فرآیند اتورگرسیو مرتبه اول به شکل زیر تبعیت می‌کنند:

$$\log Y_t^* = \rho_{Y^*} \log Y_{t-1}^* + \varepsilon_{Y^*t}, \quad \varepsilon_{Y^*t}^* \sim N(0, \sigma_{Y^*}^2) \quad (39)$$

که در آن ρ_{Y^*} ، Y_t^* و ε_{Y^*t} به ترتیب تولید خارجی، تولید خارجی و جزء تصادفی معادله تولید خارجی می‌باشد.

$$\log \pi_t^* = \rho_{\pi^*} \log \pi_{t-1}^* + \varepsilon_{\pi^*t}, \quad \varepsilon_{\pi^*t}^* \sim N(0, \sigma_{\pi^*}^2) \quad (40)$$

که در آن ρ_{π^*} ، π_t^* و ε_{π^*t} به ترتیب تورم خارجی، تورم خارجی و جزء تصادفی معادله تورم خارجی می‌باشند.

۳-۶. بودجه عمومی دولت و بانک مرکزی

به دلیل عدم استقلال بانک مرکزی در ایران و به پیروی از مطالعه کمیجانی و توکلیان (۱۳۹۱) ما نیز در این مطالعه بانک مرکزی و دولت را به صورت دو بخش مجزا الگوسازی نکرده و هر دو را در یک چارچوب در نظر گرفته‌ایم. دولت در تلاش است تا بودجه خود را متوازن نگه دارد. هزینه‌های دولت شامل: مخارج دولت با G_t ، بازپرداخت بدهی‌هایش $(1 + r_{t-1})b_{t-1}$ و پرداخت‌های انتقالی است TA_t که به خانوار می‌دهد. منابع درآمدی دولت در هر دوره عبارت است از: مالیات T_t ، اوراق قرضه جدیدی که منتشر می‌کند b_{t-1} و درآمد نفت که بخشی از آن از صادرات و بر حسب قیمت جهانی و نرخ ارز به دست می‌آید و بخش دیگر از فروش داخلی نفت در داخل به خانواده‌ها و بنگاه‌ها حاصل

می‌شود. GD_t نشاندهنده خالص بدهی دولت به بانک مرکزی است بنابراین قید بودجه دولت عبارت خواهد بود از:

$$G_t + (1 + r_{t-1})b_{t-1} + TA_t = T_t + b_{t-1} + \frac{(GD_t - GD_{t-1})}{P_t} + e_t P_{Ot}^* Y_{Ot}^X + P_{et}(X_{et} + C_t^e) \quad (41)$$

از سوی دیگر همان‌طور که پیشتر اشاره شد مخارج دولت حاصل جمع مخارج جاری (C_{Gt}) و عمرانی (I_{Gt}) او می‌باشد:

$$G_t = P_{CGt} C_{Gt} + P_{IGt} I_{Gt} \quad (42)$$

برای مطالعه بیشتر این قسمت به مقاله توکلین و افضلی^۱ (۱۳۹۵) مراجعه نمایید. ترازنامه بانک مرکزی در این مدل از جمع خالص دارایی‌های داخلی و خارجی بانک به دست آمده است. برای آنکه این دو دارایی که یکی بر حسب پول داخلی و دیگری بر حسب پول خارجی است، قابلیت جمع شدن با یکدیگر را داشته باشند، خالص دارایی‌های خارجی بانک را ضربدر نرخ ارز (S_t) کرده‌ایم:

$$M_t = GD_t + S_t FR_t \quad (43)$$

برای حقیقی شدن کافی است تا در رابطه بالا m_t و gd_t را بر P_t و fr_t را بر P_t^* تقسیم نماییم:

$$m_t = gd_t + e_t fr_t \quad (44)$$

۳-۷. تسویه بازار کالا و انباشت ذخایر خارجی

برای دستیابی به تولید ناخالص داخلی بدون نفت می‌بایست بازارها تسویه شوند. $Y_t = (C_{net} + C_{Nt}) + (I_{Dt} + I_{Nt}) + (C_{Dt}^G + C_{Nt}^G) + (I_{Dt}^G + I_{Nt}^G) + Y_{Ot}$ $+ Y_t^{nox} - \aleph_t$ (45)

خود واردات از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\aleph_t = C_{Nt} + I_{Nt} + C_{Nt}^G + I_{Nt}^G \quad (46)$$

شرط تسویه بازار کالاهای داخلی نیز عبارت است از:

$$Y_t^{no} = C_{net} + I_{Dt} + C_{Dt}^G + I_{Dt}^G + Y_t^{nox} \quad (47)$$

1. برای اطلاع بیشتر به مطالعه "توکلین، حسین و افضلی ابرقویی، وجیهه (1395)، "مقیسه عملکرد اقتصاد کلان در رژیم‌های مختلف ارزی (با رویکرد DSGE)" فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی، سال شانزدهم، شماره 61 رجوع کنید.

در هر دوره به خالص دارایی‌های خارجی بانک مرکزی (به پول خارجی) دوره قبل میزان درآمد ارزی حاصل از صادرات نفت اضافه می‌شود و از آن به میزان مانده پول خارجی به اضافه مقدار ارزی که برای واردات هزینه شده کسر می‌گردد، بنابراین خالص دارایی‌های خارجی حقیقی بانک مرکزی در دوره t از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$fr_t = \frac{fr_{t-1}}{\pi_t^*} + P_{0t}^* Y_{0t}^X - m_{st} - \aleph_t \quad (48)$$

۳-۸. سیاست‌گذاری پولی و ارزی

نظام ارزی کشور شناور مدیریت شده می‌باشد، این امر بانک مرکزی را قادر می‌نماید که در کنار سیاست‌گذاری پولی بتواند نرخ ارز را نیز مدیریت کرده و در آن حوزه نیز اقدام به سیاست‌گذاری نماید هر چند در ایران این اهداف در اغلب موارد به صورت صریح اعلام نمی‌شوند. همان‌طور که پیشتر اشاره شد، در این مطالعه برای نخستین بار در مطالعات انجام شده در ایران، سیاست‌گذاری پولی را به صورت صلاح‌دیدگی در نظر گرفته شده است. بدین معنا که سیاست‌گذار در هر دوره شرایط اقتصاد کلان را بررسی می‌کند و نتایج سیاست‌های گذشته خود را رصد می‌نماید و سپس بسته به شرایط اقتصادی سیاست‌های مدنظر خود را برای دستیابی به اهدافش تعیین می‌نماید. از سوی دیگر می‌دانیم که هدف سیاست‌گذار پولی حداقل کردن تابع زیان نسبت به قیودی است که متشکل از ساختار اقتصاد می‌باشند. بنابراین به پیروی از بینو و بینو^۱ (۲۰۰۶) و دی پاولی^۲ (۲۰۰۹) که نشان می‌دهند یک تقریب مرتبه دوم از مطلوبیت خانوارها را می‌توان به عنوان یک تابع زیان در نظر گرفت، تابع هدف بانک مرکزی را به صورت مربع انحرافات متغیرهای هدف از سطح مورد هدف آنها تعریف می‌نماییم:

$$L_t = E_0 \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{2} \beta^i [\lambda_{\pi} (\hat{\pi}_{t+i} - \hat{\pi}_{Tt+i})^2 + \lambda_{\gamma} \hat{\gamma}_{t+i}^2 + \lambda_e (\hat{e}_{t+i} - \bar{A}P_{et+i})^2 + \lambda_m \hat{m}_{t+i}^2] \quad (49)$$

که در آن L_t نشان‌دهنده میزان زیان بانک مرکزی است و λ_{π} ، λ_{γ} ، λ_e و λ_m وزن‌هایی را نشان می‌دهد که سیاست‌گذار برای اهداف خود در نظر می‌گیرد که شامل انحراف تورم از

1. Benigno & Benigno (2006)

2. De Paoli (2009)

تورم هدف گذاری شده، شکاف تولید، شکاف نرخ ارز (تفاوت میان نرخ ارز محقق شده از میزان مطلوب آن) و شکاف نرخ رشد پایه پولی است. در ادامه با اختصاص وزن‌های مختلف به هر یک از این اهداف بانک مرکزی با در نظر گرفتن سیاست صلاح‌دیدگی توسط سیاست‌گذار پولی تلاش خواهیم نمود تا حداقل میزان زیان بانک مرکزی را به دست آوریم. توابع هدف گذاری تورم و نرخ ارز با در نظر گرفتن اعتبار سیاست‌گذار به صورت زیر است:

$$\pi_{Tt} = \rho_p \pi_{Tt-1} + (1 - \rho_p) \nabla (\pi_{t-1} - \pi_{Tt-1}) \quad (50)$$

$$EXCH_{et} = \rho_e EXCH_{et-1} + (1 - \rho_e) \nabla_e (e_{t-1} - EXCH_{et-1}) \quad (51)$$

ρ_e و ρ_p به ترتیب نشان‌دهنده میزان پایداری هدف انتظاری تورم و نرخ ارز مطلوب است که اعدادی بین ۰ و ۱ است هر چه این عدد به ۱ نزدیکتر باشد نرخ‌های محقق شده به حرخ-های هدف نزدیکتر خواهند بود... باید در نظر داشت از آنجایی که درجه اعتبار وابسته به رفتارهای گذشته و سابقه عملکرد سیاست‌گذار پولی است، بنابراین اعتبار یک متغیری برون‌زا محسوب می‌شود که سیاست‌گذار نمی‌تواند به سرعت بر آن تأثیر بگذارد اما می‌تواند اعتبار خود را هنگام تنظیم سیاست در نظر گرفته و از این طریق، بر آورد دقیق‌تری از هدف خود داشته باشد. هنگامی که اعتبار سیاست‌گذار بالا باشد عدد ρ_e و ρ_p به ۱ نزدیک‌تر بوده و بنابراین تورم هدف به تورم محقق شده نزدیکتر خواهد بود. از سوی دیگر ∇_e نشان‌دهنده مقداری از شکاف نرخ تورم و یا نرخ ارز است که در هر دوره سیاست-گذار تصمیم به کاهش آن می‌گیرد تا مقدار تورم و یا نرخ ارز محقق شده را به مقادیر هدف نزدیکتر نماید. لازم به ذکر است که مقادیر ∇_e و ∇ برخلاف مقادیر ρ_e و ρ_p می‌باشد. به بیان دیگر این مقادیر برخلاف جهت هم حرکت می‌کنند. به این معنا که هر چه اعتبار سیاست‌گذار پولی پایین‌تر باشد (یعنی ρ_p و یا ρ_e به صفر نزدیک‌تر باشد). مقادیر ∇ و یا ∇_e بیشتر خواهد بود (زیرا اگر اعتبار سیاست‌گذار پولی اندک باشد، شکاف میان نرخ‌های هدف و نرخ‌های محقق شده بیشتر خواهد بود و سیاست‌گذار پولی برای کاهش این شکاف و دستیابی به اهداف مدنظر خود در دوره جاری می‌بایست سیاست

1. معادله (50) بر اساس مطالعه‌ای از IMF با عنوان "Hybrid Inflation Targeting Regimes" استفاده و برداشت شده است.

2. معادله (51) نیز بر اساس استدلال نویسندگان و استفاده از معادله (69) برای بخش ارزی شبیه سازی شده است.

سختگیرانه‌تری اعمال کرده و V و یا V_e بالاتری را تعیین نماید تا بتواند مقدار بیشتری از شکاف پوشش داده و کم نماید.

به بیان دیگر، یک رژیم معتبر از لحاظ سیاست‌گذاری، رژیمی است که در آن مقادیر ρ_e و ρ_p زیاد و مقادیر V و یا V_e اندک باشند، به طوری که هدف‌گذاری ثابت بوده و تنها انحرافات بسیار بزرگ، بتواند بر هدف‌گذاری در آینده را تحت تأثیر قرار دهد. در رژیمی که اعتبار سیاست‌گذار پایین باشد، برعکس این امر وجود دارد: یعنی مقادیر ρ_e و ρ_p کم و مقادیر V و یا V_e زیاد، به طوری که اهداف تعیین شده در پاسخ به نتایج محقق شده بسیار تغییر می‌کنند.

۴. برآورد پارامترهای الگو

برای برآورد پارامترهای الگو ابتدا معادلات را لگاریتم - خطی نمودیم. سپس برای برآورد پارامترهای این الگو از رویکرد بیزی و از الگوریتم متروپلیس - هستینگز^۱ استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از: شکاف تولید، شاخص‌های تولیدکننده و مصرف‌کننده، تولید نفت، نرخ رشد پایه پولی، مخارج دولت، نرخ رشد تورم خارجی، رشد نرخ ارز اسمی، اشتغال و دستمزد. برای برآورد پارامترهای الگو ابتدا می-بایست توزیع آنها را مطابق با ویژگی‌های آنها انتخاب نماییم. برای برآورد الگو و انجام محاسبات از نرم‌افزار «متلب»^۲ و برنامه dynare استفاده کرده‌ایم. نتایج برآورد بیزی پارامترها، میانگین پسین^۳ و فاصله اطمینان ۹۰٪ حاصل از آن در جدول شماره (۱) ارائه شده است. این نتایج با بسیاری از مطالعات انجام شده در این زمینه همچون کمیجانی و توکلیان (۱۳۹۱)، توکلیان و افضلی (۱۳۹۵)، جلالی نائینی و همکاران (۱۳۹۷)، پاشا و همکاران (۱۳۹۹) هماهنگ است. به منظور بررسی صحت برآوردهای صورت گرفته از آزمون گیوکی^۴ (۱۹۹۲) استفاده شده که باعث می‌شود محاسبات صورت گرفته بسیار کمتر و سریع‌تر از آزمون بروکز و گلמן^۵ باشد، زیرا این آزمون تخمین را تنها با یک بلوک انجام می‌دهد. آزمون گیوکی با استفاده از برآورد واریانس تحت فرض عدم وجود

1. Metropolis-Hestings Algorithm

2. MATLAB

3. Posterior Mean

4. Geweke

5. Brooks & Gelman

همبستگی سریالی و باریک‌سازی زیرنمونه‌های برداشت‌های^۱ صورت گرفته از یک بلوک در الگوریتم متروپلیس-هیستینگز در روش MCMC انجام می‌شود. نمودارهای توزیع پیشین و پسین و آزمون گیوکی در پیوست شماره (۱) و جدول آزمون گیوکی در پیوست شماره (۲) گزارش شده است. ما در این مطالعه برای برآورد از سیاست صلاحیدیدی استفاده کرده‌ایم به همین سبب نیاز به رایانه بسیار قوی برای انجام محاسبات داشتیم که متأسفانه موجود نبود به همین سبب در برخی از نمودارها شاهد هستیم که همگرایی لازم رخ نداده است.

جدول ۱. برآورد پارامترهای الگو

پارامتر	توزیع پیشین			توزیع پسین		فاصله اطمینان	
	نوع	میانگین	مد	واریانس	میانگین	٪۱۰	٪۹۰
η	گاما	۲/۹۰۲۰	۲/۸۹۸۹	۰/۰۲۲۴	۲/۸۹۸۷	۲/۸۸۱۹	۲/۹۱۳۹
σ	گاما	۱/۲۰۰۱	۱/۲۰۳۸	۰/۰۰۰۵	۱/۲۱۰۱	۱/۲۰۸۱	۱/۲۱۱۶
γ	بتا	۰/۱۸۹۹	۰/۱۸۹۴	۰/۰۰۰۰	۰/۱۸۹۴	۰/۱۸۹۴	۰/۱۸۹۴
b_m	گاما	۲/۱۴۶۴	۲/۵۱۹۶	۱/۰۵۰۶	۲/۵۲۳۴	۲/۳۵۳۶	۲/۶۹۱۱
b_s	گاما	۰/۳۳۷۸	۰/۳۳۷۷	۰/۰۰۰۰	۰/۳۳۷۷	۰/۳۳۷۷	۰/۳۳۷۷
ϵ	گاما	۰/۰۴۶۴	۰/۰۳۳۱	۰/۰۱۹۸	۰/۰۳۲۸	۰/۰۲۹۶	۰/۰۳۶۰
θ_y	بتا	۰/۴۹۱۹	۰/۴۹۳۴	۰/۰۷۵۲	۰/۴۹۳۲	۰/۴۷۶۸	۰/۵۰۹۵
ψ	بتا	۰/۰۸۴۴	۰/۰۸۴۱	۰/۰۰۴۷	۰/۰۸۲۰	۰/۰۷۳۸	۰/۰۸۸۹
τ	بتا	۰/۶۵۶۹	۰/۶۵۷۳	۰/۰۰۶۳	۰/۶۵۶۳	۰/۶۴۳۷	۰/۶۶۹۹
Φ_0	بتا	۰/۱۰۱۰	۰/۰۹۸۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۹۹۹	۰/۰۹۹۵	۰/۱۰۰۳
θ_c	گاما	۲/۹۰۳۹	۲/۸۹۳۷	۰/۴۶۷۲	۲/۹۰۳۲	۲/۸۲۱۶	۲/۹۸۳۵
θ_{CG}	گاما	۵/۵۰۱۱	۵/۴۹۱۱	۰/۰۰۰۰	۵/۴۹۱۱	۵/۴۹۱۱	۵/۴۹۱۱
θ_e	گاما	۰/۱۰۱۱	۰/۱۰۷۸	۰/۰۰۴۸	۰/۱۱۰۰	۰/۱۰۲۸	۰/۱۱۷۹

ادامه جدول ۱. برآورد پارامترهای الگو

پارامتر	توزیع پیشین						فاصله اطمینان	
	نوع	میانگین	مد	واریانس	میانگین	توزیع پسین	٪۱۰	٪۹۰
ρ_m	بتا	۰/۳۰۷۵	۰/۳۰۷۳	۰/۱۹۰۰	۰/۳۰۸۳	۰/۲۹۲۲	۰/۳۲۵۱	
ρ_h	بتا	۰/۰۸۳۳	۰/۰۸۲۲	۰/۶۶۴۸	۰/۰۸۲۹	۰/۰۶۶۵	۰/۰۹۸۹	
ρ_{π^*}	بتا	۰/۲۶۵۵	۰/۲۶۴۸	۰/۳۵۸۷	۰/۲۶۵۰	۰/۲۴۸۴	۰/۲۸۱۲	
ρ_z	بتا	۰/۷۶۷۸	۰/۷۶۸۰	۰/۰۰۹۶	۰/۷۶۷۷	۰/۷۵۳۳	۰/۷۸۲۹	
ρ_w	بتا	۰/۸۳۷۰	۰/۸۴۹۰	۰/۰۰۱۴	۰/۸۴۴۶	۰/۸۴۳۰	۰/۸۴۶۴	
ρ_A	بتا	۰/۷۷۲۹	۰/۷۷۳۴	۰/۰۰۳۷	۰/۷۶۷۹	۰/۷۵۷۹	۰/۷۷۷۰	
ρ_{AO}	بتا	۰/۲۲۸۱	۰/۲۲۷۸	۰/۰۱۰۴	۰/۲۳۰۴	۰/۲۱۷۲	۰/۲۴۵۱	
ρ_o	بتا	۰/۷۸۶۱	۰/۷۸۶۵	۰/۰۰۹۸	۰/۷۹۰۹	۰/۷۷۷۰	۰/۸۰۵۰	
ρ_G	بتا	۰/۲۲۱۸	۰/۲۲۱۰	۰/۰۰۹۶	۰/۲۲۰۶	۰/۲۰۵۶	۰/۲۳۴۴	
ρ_e	بتا	۰/۱۰۰۰	۰/۱۰۳۴	۰/۰۰۵۱	۰/۱۰۴۵	۰/۰۹۵۷	۰/۱۱۲۵	
ρ_P	بتا	۰/۰۱۰۰	۰/۰۰۹۹	۰/۰۰۰۸	۰/۰۱۰۰	۰/۰۰۸۴	۰/۰۱۱۸	
σ_{π^*}	گامای معکوس	۰/۰۱۰۰	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۳۴	
σ_{π_o}	گامای معکوس	۰/۰۱۰۰	۰/۱۷۶۳	۰/۰۱۶۷	۰/۱۷۸۹	۰/۱۵۶۳	۰/۲۰۳۷	
σ_θ	گامای معکوس	۰/۰۱۰۰	۰/۷۸۹۵	۰/۱۳۸۰	۰/۷۸۶۱	۰/۶۸۳۷	۰/۸۸۶۰	
σ_w	گامای معکوس	۰/۰۱۰۰	۰/۰۶۹۲	۰/۰۱۵۹	۰/۰۷۱۲	۰/۰۶۰۶	۰/۰۸۱۶	
σ_A	گامای معکوس	۰/۰۱۰۰	۰/۶۶۳۱	۰/۱۹۲۶	۰/۶۸۴۵	۰/۵۸۵۸	۰/۷۷۵۳	
σ_{AO}	گامای معکوس	۰/۰۱۰۰	۰/۰۰۴۶	۰/۰۰۵۳	۰/۰۲۱۰	۰/۰۰۷۹	۰/۰۳۰۴	
σ_G	گامای معکوس	۰/۰۱۰۰	۰/۱۰۶۲	۰/۰۰۷۹	۰/۱۰۹۴	۰/۰۹۷۵	۰/۱۲۳۴	
σ_m	گامای معکوس	۰/۰۱۰۰	۰/۵۵۳۷	۰/۰۹۳۱	۰/۵۵۴۶	۰/۴۶۷۷	۰/۶۳۹۴	
σ_h	گامای معکوس	۰/۰۱۰۰	۰/۰۰۴۶	۰/۰۳۸۲	۰/۰۰۶۰	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۹۸	

ماخذ: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که پیشتر اشاره شد این مطالعه دو هدف دارد. نخستین هدف این پژوهش یافتن میزان اعتبار سیاست‌گذار پولی در حوزه تورم و نرخ ارز در اقتصاد ایران در راستای کمک به هدف‌گذاری دقیق‌تر نرخ تورم و ارز می‌باشد. از آنجایی که تاکنون پارامتر اعتبار سیاست‌گذار پولی در ایران و در قالب مدل تعادل عمومی پویای تصادفی مورد سنجش و برآورد قرار نگرفته است، تلاش نمودیم تا با طراحی الگویی متناسب با شرایط اقتصادی کشور اقدام به برآورد این دو پارامتر نماییم. نتایج برآورد پارامترها با استفاده از روش متروپلیس هستینگز در جدول شماره (۲) گزارش شده است. بر طبق این برآورد ضرایب

پایداری نرخ هدف در زمینه تورم هدف (ρ_p) و نرخ ارز مطلوب (هدف) (ρ_e) در ایران به ترتیب معادل ۰/۱۰۱۹ و ۰/۰۰۹۹ به دست آمده است. پس از معین شدن میزان اعتبار سیاست گذار پولی و ارزی می‌بایست مقادیر ∇ و ∇_e تعیین شوند. برای تعیین ∇_e و ∇ آزمون شناسایی نشان داد که این پارامترها قابل شناسایی نبوده و بنابراین نمی‌توانیم مقادیر آنها را تخمین بزنیم نتیجتاً مجبور به کالیبراسیون و تحلیل حساسیت شدید و مقادیر ∇_e و ∇ بر خلاف مقادیر ρ_p و ρ_e و بالا به دست آمد. با توجه به اینکه ρ_p و ρ_e طبق تعریف در نظر گرفته شده اعدادی بین ۰ و ۱ می‌باشند به نحوی که هر چه این اعداد به ۱ نزدیکتر باشد و ∇ و ∇_e پایین‌تر باشد، اعتبار سیاست گذار پولی بالاتر بوده و تورم هدف به تورم محقق شده و نرخ ارز مطلوب به نرخ ارز محقق شده نزدیکتر می‌باشد، نتایج نشان می‌دهند که اعتبار سیاست گذار پولی در دو زمینه نرخ تورم و نرخ ارز در ایران بسیار پایین می‌باشد. شاهد این ادعا بالا بودن ضریب ρ_p در گزارش صندوق بین‌المللی پول برای اقتصادهای نوظهور و توسعه یافته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که میزان ρ_p و ∇ در اقتصادهای نوظهور به ترتیب برابر ۰/۸ و ۲/۰ می‌باشد. نویسندگان معتقدند که میزان اعتبار سیاست گذار پولی در اقتصادهای پیشرفته بالاتر از این اعداد می‌باشد. مقایسه اعداد یاد شده با اعداد به دست آمده برای اقتصاد ایران حاکی از اعتبار پایین سیاست گذار پولی در هر دو حوزه نرخ تورم و ارز می‌باشد. در خصوص اعتبار سیاست گذار در حوزه نرخ ارز در ایران، وضع به مراتب بدتر از اعتبار سیاست گذار در حوزه نرخ تورم است. شاید بتوان علل عمده این امر را در تجربه‌های شکست خورده سیاست گذار پولی در اجرای یکسان‌سازی نرخ ارز (دو مرحله). عدم توانایی حفظ نرخ‌های ارز ترجیحی اعلامی در میان مدت (مانند نرخ ارز ۴۲۰۰، ۲۸۵۰۰ تومان) در سال‌های اخیر و تغییر پی‌درپی گروه‌های کالایی برای تخصیص ارز و وجود نرخ‌های چند گانه در بازار ارز از جمله نرخ ارز در تالار اول نیمایی، نرخ ارز در تالار دوم نیمایی، نرخ ارز آزاد، نرخ تسعیر درآمدهای حاصل ارز در بودجه و ... دانست. مردم به تجربه دریافته‌اند که سیاست گذار قادر به حفظ نرخ ارز در قیمت‌های اعلامی خود نمی‌باشد و حتی اگر بتواند در دوره‌های کوتاهی این نرخ را در محدوده مورد نظر خود حفظ نماید اما فتر این نرخ در دوره‌های بعد به اصطلاح در رفته و شاهد افزایش شدید نرخ ارز خواهیم بود.

جدول ۲. مقادیر کالیبره شده پارامترهای اعتبار سیاست گذار پولی و ارزی

پارامتر	توضیحات	مقادیر کالیبره شده	پارامتر	توضیحات	مقادیر کالیبره شده
η	عکس کشش نیروی کار	۲,۸۹۹۵	θ_{CG}	کشش جانشینی بین کالاهای مصرفی دولتی تولید داخل و خارج	۵,۴۹۸۹
σ	عکس کشش بین دوره‌ای مصرف	۱,۲۰۴۰	θ_e	کشش جانشینی بین مصرف انرژی و مصرف کالاهای غیرانرژی	۰,۱۰۵۷
γ	ضریب تأثیر گذاری کالای عمومی بر مطلوبیت مصرف‌کننده	۰,۱۸۹۴	ρ_m	ضریب تکانه نرخ رشد پایه پولی	۰,۳۰۷۳
b_m	عکس کشش تراز حقیقی پول	۲,۴۵۱۵	ρ_h	ضریب تکانه کاهش ارزش پول ملی (نرخ ارز)	۰,۰۸۲۷
b_S	عکس کشش تراز حقیقی پول خارجی	۰,۳۳۷۷	ρ_{π^*}	ضریب تکانه نرخ تورم خارجی	۰,۲۶۴۸
ϵ	هزینه تعدیل سرمایه	۰,۰۴۴۲	ρ_z	ضریب تکانه تکنولوژی به سرمایه‌گذاری	۰,۷۶۸۰
τ_w	درجه شاخص‌بندی دستمزد	۰,۵۲۳۷	ρ_w	ضریب شوک مارک آپ دستمزد	۰,۸۴۷۷
θ_y	کشش جانشینی بین ارزش‌افزوده سرمایه و کار در بخش نفت	۰,۴۹۳۰	ρ_A	ضریب تکانه بهره‌وری (تکنولوژی)	۰,۷۷۴۴
ψ	ضریب تأثیر گذاری حجم سرمایه عمومی بر تولید کالای خصوصی	۰,۰۸۴۱	ρ_{AO}	ضریب تکانه بهره‌وری تولید نفت	۰,۲۲۶۹
τ	درجه شاخص‌بندی قیمت	۰,۶۵۶۲	ρ_O	ضریب تکانه تکنولوژی وارد شده به تولید (اکتشاف) ذخایر	۰,۷۸۶۵
ξ	درصدی از بنگاه‌ها که قادر به تعدیل قیمت در آن دوره نمی‌باشند	۰,۸۶۵۸	ρ_g	ضریب تکانه تغییر در مخارج جاری دولت	۰,۲۲۱۰
Φ_O	هزینه تعدیل ذخایر نفت	۰,۰۹۸۵	ρ_e	ضریب اعتبار سیاست‌گذار پولی در هدف‌گذاری تورم	۰,۱۰۱۹
θ_c	کشش جانشینی بین کالاهای مصرفی تولید داخل و وارداتی	۲,۹۰۱۰	ρ_p	ضریب اعتبار سیاست‌گذار پولی در هدف‌گذاری نرخ ارز	۰,۰۰۹۹

ماخذ: یافته‌های پژوهش

در حوزه هدف‌گذاری تورم هم اعتبار سیاست‌گذار پولی بسیار پایین می‌باشد که مورد انتظار بود. هر چند که در اکثر مواقع اهداف تورمی در ایران به صورت صریح اعلام نمی‌شوند، اما همواره اهداف تورمی به صورت ضمنی توسط سیاست‌گذار (مثلا در قوانین

توسعه کشور) تعیین می‌شوند. تجربه نشان داده است که همواره اختلاف قابل توجهی میان اهداف تورمی و میزان محقق شده به خصوص در برنامه‌های توسعه وجود داشته است. در ادامه برای نیل به دومین هدف این مطالعه، به تعیین سیاست پولی بهینه از طریق تابع زیان (تصریح شده در رابطه (۴۹)) می‌پردازیم.

۵. تجزیه و تحلیل الگو

در پی یافتن سیاست بهینه پولی در حالت صلاح‌دیدگی به تجزیه و تحلیل نتایج الگو می‌پردازیم. ابتدا با اختصاص وزن‌های مختلف به اهداف بانک مرکزی، تحت دو سناریوی اعتبار اندک و بالای سیاست‌گذار پولی تلاش می‌نماییم تا حداقل میزان تابع زیان را بدست آوریم. همزمان واریانس متغیرهای اصلی و مهم الگو مانند تولید کل \hat{y}_t ، تولید داخلی بدون نفت \hat{D}_t ، مصرف \hat{c}_t ، نرخ تورم $\hat{\pi}_t$ ، نرخ رشد ارز اسمی $\hat{\pi}_t$ ، رشد پایه پولی \hat{m}_t ، نرخ ارز حقیقی \hat{e}_t و اشتغال \hat{e}_t تحت این سناریوها بررسی می‌نماییم تا دریابیم در کدام حالت واریانس متغیرها کمتر می‌باشد. سپس و در گام بعدی توابع ضربه واکنش الگو را مورد بررسی قرار می‌دهیم. نتایج در جداول شماره (۳) و (۴) گزارش شده است.

مقایسه دو جدول شماره (۳) و (۴) حاکی از آن است که مقادیر تابع زیان در تمامی وزن‌ها داده شده به ضرایب این تابع، در سناریوی اعتبار پایین سیاست‌گذار پولی کمتر از اعتبار بالای سیاست‌گذار پولی است. دلیل این موضوع آن است که مقادیر اعتبار اندک سیاست‌گذار پولی از حل مدل با روش بیزی به دست آمده و به بیان دیگر از بهینه‌یابی مدل حاصل شده است، بنابراین این ضرایب سازگاری بیشتری با مدل داشته و برآمده از خود مدل می‌باشند و بنابراین مدل تحت این اعتبار بهینه عمل می‌نماید. اگر این مقادیر از بهینه‌یابی خود مدل به دست نیامده بود، توقع داشتیم که اعتبار بالای سیاست‌گذار پولی به مقادیر کمتر تابع زیان منجر شود.

در هر دو سناریو، بررسی وزن‌دهی‌های مختلف به ضرایب اهداف بانک مرکزی در تابع زیان نشان می‌دهد در حالتی که سیاست‌گذار پولی بیشترین وزن را به کاهش شکاف نرخ ارز محقق‌شده از نرخ ارز مطلوب می‌دهد و برای هر سه هدف دیگر خود یعنی شکاف تولید بالفعل از تولید بالقوه، شکاف نرخ رشد پایه پولی و شکاف تورم به طور همزمان وزن مساوی و کمتر از نرخ ارز اختصاص می‌دهد، میزان زیان بانک مرکزی کمتر

و در سناریوی اعتبار اندک و بالای سیاست‌گذار به ترتیب معادل ۰/۰۰۳۰ و ۰/۰۰۳۶ می‌باشد. شاید بتوان علت این امر را در ساختار نفتی اقتصاد ایران جستجو نمود که تغییر قیمت نفت از طریق بودجه دولت می‌تواند هم بر قیمت ارز اثر داشته باشد و هم از طریق کسری بودجه بر پایه پولی و تورم. بنابراین بانک مرکزی با وزن‌دهی بیشتر به نرخ ارز در حقیقت بسیاری از متغیرهای کلیدی اقتصاد را تحت کنترل شدید خود قرار می‌دهد.

با اختلاف بسیار اندک حداقل مقدار تابع زیان در سناریوی اعتبار پایین سیاست‌گذار پولی هنگامی است که بانک مرکزی وزن بیشتری را بر شکاف تورم قرار داده و برای سه هدف دیگر وزن پایین و یکسانی قرار می‌دهد. در این حالت میزان تابع زیان بانک مرکزی معادل ۰/۰۰۳۱ می‌باشد. این نتیجه هم دور از انتظار نیست چون برآیند تمام فعل و انفعالات اقتصادی خود را در تورم نشان می‌دهد. مقایسه واریانس متغیرها در این حالت با هنگامی که بانک مرکزی وزن بیشتری بر نرخ ارز قرار می‌دهد، حاکی از آن است که به جز متغیرهای نرخ ارز حقیقی و رشد نرخ ارز اسمی تمامی متغیرهای کلیدی اقتصاد در این الگو دارای واریانس کمتر می‌باشند. بیشتر شدن واریانس متغیرهای نرخ ارز حقیقی و رشد نرخ ارز اسمی در این حالت نسبت به حالت قبل به دلیل کنترل کمتر بانک بر نرخ ارز به سبب وزن‌دهی پایین‌تر به آن، در حالت فعلی کاملاً بدیهی می‌باشد. اما کمترین میزان تابع زیان بانک مرکزی در سناریوی اعتبار بالای سیاست‌گذار پولی در حالتی است که بانک مرکزی وزن بیشتری را بر ضریب شکاف تولید قرار می‌دهد در این حالت میزان تابع زیان معادل ۰/۰۰۴۰ خواهد بود و در هنگامی که سیاست‌گذار وزن بیشتری را بر ضریب شکاف تورم در این سناریو قرار دهد مقدار تابع زیان به ۰/۰۰۴۲ خواهد رسید. این در حالی است که در سناریوی اعتبار پایین سیاست‌گذار دقیقاً بر عکس بوده و هنگامی که سیاست‌گذار وزن بیشتری بر ضریب تولید قرار دهد مقدار تابع زیان ۰/۰۰۳۲ می‌باشد که بیشتر از هنگامی است که وزن بالاتری را بر شکاف تورم (۰/۰۰۳۱) قرار می‌دهد. شاید بتوان علت این موضوع اینگونه بیان کرد که در سناریوی اعتبار بالای سیاست‌گذار هنگامی که سیاست‌گذار وزن بیشتری را بر کاهش شکاف تولید قرار می‌دهد آحاد افراد جامعه می‌دانند که سیاست‌گذار علاوه بر آنکه قادر به دستیابی به این هدف می‌باشد، سیاست‌های او موجب تغییر قابل توجهی در نرخ تورم در بلندمدت نخواهد شد زیرا در اقتصادهایی که اعتبار سیاست‌گذار پولی بالاست، مقادیر تورم در سطوح پایین و تک رقمی قرار دارند و

افراد می‌دانند که حتی اگر سیاست‌گذار بخواهد جهت کاهش شکاف تولید اندکی تورم را بالا ببرد، کنترل روی آن داشته و به سرعت با توجه به اعتبار خود می‌تواند شکاف رخ داده در تورم را کاهش دهد و بالعکس.

اما در مقابل در اقتصادهایی که اعتبار سیاست‌گذار پولی پایین می‌باشد قرار دادن وزن بیشتر بر تورم جهت رسیدن به ثبات اقتصادی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است چون اجرای هر سیاستی بدون در نظر گرفتن تأثیر آن بر تورم می‌تواند به شدت تورم را متأثر ساخته و نتایج اجرای سیاست را کاهش داده و یا از بین ببرد. بنابراین باید توجه داشت که سیاست بهینه پولی بسته به اعتبار سیاست‌گذار می‌تواند در جوامع مختلف متفاوت باشد.

در ادامه برای تجزیه و تحلیل بیشتر مدل طراحی شده، توابع واکنش آنی متغیرهای اصلی مدل را نسبت به تکانه‌های بهره‌وری، تغییر در مخارج جاری دولت و تورم قیمت نفت تحت دو سناریوی اعتبار پایین و بالای سیاست‌گذار پولی مورد بررسی قرار می‌دهیم. بدیهی است که منظور از افزایش یا کاهش ذکر شده ناشی از رخداد شوک در متغیرهای اصلی انحراف متغیرها نسبت به روند بلندمدت آنهاست که پس از چند دوره آثار شوک تخفیف یافته و متغیر به روند بلندمدت آن بازمی‌گردد. در شکل توابع ضربه واکنش نموداری که با خط پیوسته ممتد نشان داده شده برای مقادیر اعتباری است که از تخمین مدل به دست آمده، نمودار با خط تیره به صورت خط چین --- اعتبار بالای سیاست‌گذار و خط به صورت ... اعتبار پایین سیاست‌گذار را نشان می‌دهد که در تمام نمودارها به دلیل آنکه مقادیر ناشی از تخمین مدل حاکی از اعتبار پایین سیاست‌گذار در ایران می‌باشند، بر هم منطبق شده است.

جدول ۳. مقادیر واریانس متغیرهای کلیدی و تابع زیان در وزن‌های مختلف به اهداف متفاوت بانک مرکزی بر اساس اعتبار پایین سیاست‌گذار پولی در ایران

تورم	تولید	نرخ ارز	نرخ رشد پول	\hat{Y}_t	\hat{Y}_{Dt}	\hat{c}_t	$\hat{\pi}_t$	\hat{h}_t	\hat{m}_t	\hat{e}_t	\hat{l}_t	مقدار تابع زیان
۱	۱	۱	۱	۰/۰۰۰۰۶۱	۰/۵۵۲۲۷۴	۰/۱۹۹۸۸۰	۰/۰۰۰۱۲۱	۰/۰۰۰۲۵۵	۰/۰۴۸۸۷۴	۰/۰۰۰۱۰۸	۰/۰۱۰۷۹۵	۰/۰۰۰۵۷
۱	۰/۵	۱	۰/۵	۰/۰۰۰۰۷۱	۰/۵۵۶۸۵۴	۰/۲۰۰۹۶۳	۰/۰۰۰۱۲۳۸	۰/۰۰۰۲۳۹	۰/۰۴۹۱۸۱	۰/۰۰۰۰۳۷	۰/۰۱۰۸۷۸	۰/۰۰۰۳۲
۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۰۰۰۰۶۲	۰/۵۵۲۴۵۰	۰/۲۰۰۴۲۹	۰/۰۰۰۱۲۰	۰/۰۰۰۲۴۷	۰/۰۴۹۰۰۳	۰/۰۰۰۱۱۴	۰/۰۱۰۸۳۷	۰/۰۰۰۳۱
۰/۵	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۰۰۰۰۳۰	۰/۵۴۷۰۳۰	۰/۱۹۷۱۱۲	۰/۰۰۰۱۲۴	۰/۰۰۰۲۷۱	۰/۰۴۸۴۴۳	۰/۰۰۰۱۳۶	۰/۰۱۰۵۹۸	۰/۰۰۰۳۲
۰/۵	۰/۵	۱	۰/۵	۰/۰۰۰۰۷۰	۰/۵۵۷۱۸۰	۰/۲۰۰۴۸۳	۰/۰۰۰۱۲۵	۰/۰۰۰۲۴۵	۰/۰۴۹۰۷۰	۰/۰۰۰۰۳۴	۰/۰۱۰۸۳۹	۰/۰۰۰۳۰

ماخذ: یافته‌های پژوهش

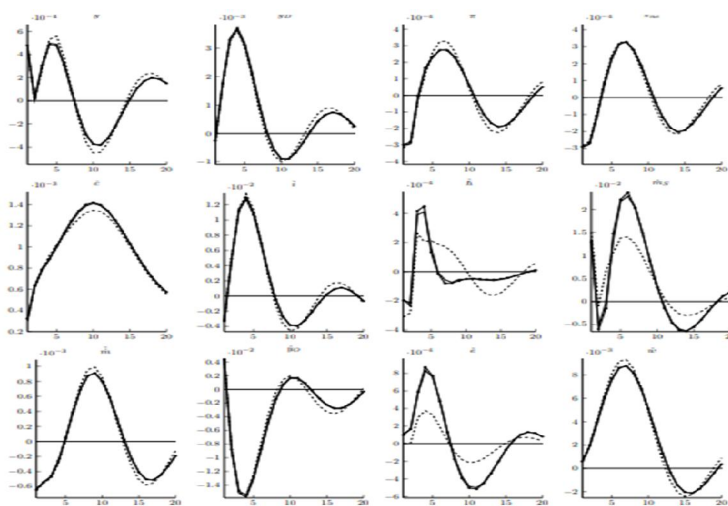
جدول ۴. مقادیر واریانس متغیرهای کلیدی و تابع زیان در وزن‌های مختلف به اهداف متفاوت بانک مرکزی تحت اعتبار بالای سیاست‌گذار پولی در ایران

تورم	تولید	نرخ ارز	نرخ رشد پول	\hat{Y}_t	\hat{Y}_{Dt}	\hat{c}_t	$\hat{\pi}_t$	\hat{h}_t	\hat{m}_t	\hat{e}_t	\hat{l}_t	مقدار تابع زیان
۱	۱	۱	۱	۰/۰۰۰۰۷۵	۰/۵۵۴۵۱۹	۰/۲۰۰۸۶۷	۰/۰۰۰۱۲۵	۰/۰۰۰۲۵۲	۰/۰۴۹۱۸۱	۰/۰۰۰۰۲۰	۰/۰۱۰۹۱۰	۰/۰۰۰۷۱
۱	۰/۵	۱	۰/۵	۰/۰۰۰۰۸۶	۰/۵۵۲۸۲۹	۰/۲۰۱۱۸۸	۰/۰۰۰۱۲۴	۰/۰۰۰۲۴۳	۰/۰۴۹۲۸۳	۰/۰۰۰۰۰۷	۰/۰۱۰۹۹۲	۰/۰۰۰۴۳
۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۰۰۰۰۷۹	۰/۵۵۰۳۷۴	۰/۲۰۱۰۱۳	۰/۰۰۰۱۲۲	۰/۰۰۰۲۴۴	۰/۰۴۹۲۱۴	۰/۰۰۰۰۲۳	۰/۰۱۰۹۷۵	۰/۰۰۰۴۲
۰/۵	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۰۰۰۰۲۸	۰/۵۵۳۵۸۶	۰/۱۹۹۲۸۰	۰/۰۰۰۱۲۸	۰/۰۰۰۲۷۰	۰/۰۴۹۰۶۳	۰/۰۰۰۰۲۸	۰/۰۱۰۷۳۸	۰/۰۰۰۴۰
۰/۵	۰/۵	۱	۰/۵	۰/۰۰۰۰۸۱	۰/۵۵۷۰۵۴	۰/۲۰۱۰۵۲	۰/۰۰۰۱۲۷	۰/۰۰۰۲۴۸	۰/۰۴۹۲۵۲	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۱۰۹۲۸	۰/۰۰۰۳۶

ماخذ: یافته‌های پژوهش

توابع ضربه واکنش متغیرهای اصلی مدل را نسبت به انحراف معیار تکانه بهره‌وری به اندازه یک واحد درصد در شکل شماره (۴)، نشان داده شده است. شوک بهره‌وری سبب می‌شود که بهره‌وری سرمایه و نیروی کار افزایش یابد. افزایش بهره‌وری هزینه نهایی تولید را کاهش می‌دهد، همین امر موجب می‌شود تا قیمت کاهش یافته و در پی آن شاهد کاهش تورم در جامعه باشیم. افزایش بهره‌وری و افزایش تولید سبب می‌شوند تا دستمزد نیروی کار افزایش یابد.

شکل ۴. توابع ضربه واکنش به انحراف معیار تکانه بهره‌وری به اندازه یک واحد درصد



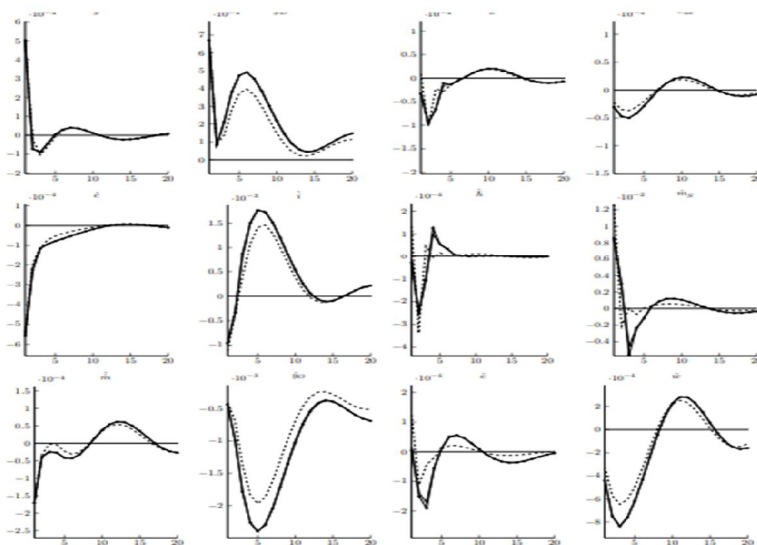
منبع: یافته‌های پژوهش

کاهش قیمت رخ داده در اقتصاد به همراه افزایش دستمزد نیروی کار سبب افزایش مصرف بخش خصوصی می‌شود. از سوی دیگر کاهش نرخ تورم و افزایش تولید موجب تقویت پول ملی و کاهش نرخ ارز اسمی می‌گردد و از آنجایی که کاهش نرخ ارز اسمی کمتر از کاهش نرخ تورم است، نرخ ارز حقیقی نیز افزایش می‌یابد. افت نسبی تولید نفت در وهله نخست با افزایش قیمت حقیقی ارز روند افزایشی به خود می‌گیرد. بررسی نمودارهای شکل (۴) حاکی از آن است که هنگامی که سیاست‌گذار از اعتبار بالایی نزد

آحاد جامعه برخوردار است، افراد این شوک را موقتی تر دانسته و به سیاست گذار برای کنترل آن اعتماد بیشتری دارند و در چنین شرایطی افراد نیز از انجام فعالیت‌های اقتصادی هیجانی خودداری می‌نمایند نتیجه آن است که نوسان کمتری در متغیرهای اصلی الگو در حالتی که اعتبار سیاست گذار بالا می‌باشد نسبت به اعتبار پایین سیاست گذار ایجاد می‌شود.

شکل (۵) توابع ضربه واکنش متغیرهای اصلی الگو به زیاد شدن مخارج دولت را به اندازه یک درصد نشان می‌دهد. این تکانه در وهله نخست سبب افزایش تولید ناخالص داخلی می‌شود. از سوی دیگر این تکانه سبب جایگزینی مصرف بخش دولت به جای مصرف بخش خصوصی می‌شود. مصرف در هر دو سناریو به شدت و کاملاً مشابه به یکدیگر کاهش می‌یابد. با افزایش تولید داخلی و زیاد شدن هزینه‌های جاری دولت، تورم روند کاهشی پیدا می‌کند. به دنبال کاهش نرخ تورم، نرخ ارز اسمی نیز کاهشی می‌شود. از آنجایی که میزان کاهش نرخ ارز اسمی بیش از کاهش نرخ تورم است، نرخ ارز حقیقی نیز کاهش می‌یابد. از طرف دیگر با کاهش نرخ ارز حقیقی میزان تولید نفت نیز کاهش می‌یابد. در پاسخ به کاهش نرخ ارز حقیقی تولید نفت کاهش می‌یابد، اما از سوی دیگر با کاهش نرخ ارز، واردات (مواد اولیه، واسطه‌ای و سرمایه‌ای) لازم برای تولید مقرون به صرفه می‌شود و این امر سبب افزایش تولید داخلی بدون نفت می‌شود. افزایش مخارج دولت و کاهش درآمدهای حاصل از نفت صادراتی موجب رشد پایه پولی می‌شود این امر تورم و نرخ ارز را در مسیر افزایشی قرار می‌دهد. دستمزدها که به پیروی از کاهش نرخ تورم و نرخ ارز کاهش یافته بودند با افزایش تولید داخلی و رشد تورم، افزایش می‌یابند. با زیاد شدن تولید ناخالص داخلی و افزایش دستمزدها، اثر چرخ دنده‌ای مصرف بخش خصوصی عمل کرده، اندک اندک مصرف بخش خصوصی به سطوح قبل از اعمال شوک باز می‌گردد به نحوی که بعد از ۱۲ دوره یا فصل به سطوح قبلی خود باز می‌گردد. در حالت کلی می‌توان گفت که در این حالت نیز با نوسان ایجاد شده در متغیرهای کلیدی الگو در حالتی که اعتبار سیاست گذار پولی بالاست نوسان کمتری را چه در هنگام افزایش و چه در زمان کاهش ایجاد کرده است.

شکل ۵. توابع ضربه واکنش نسبت به انحراف معیار تغییر در مخارج جاری دولت

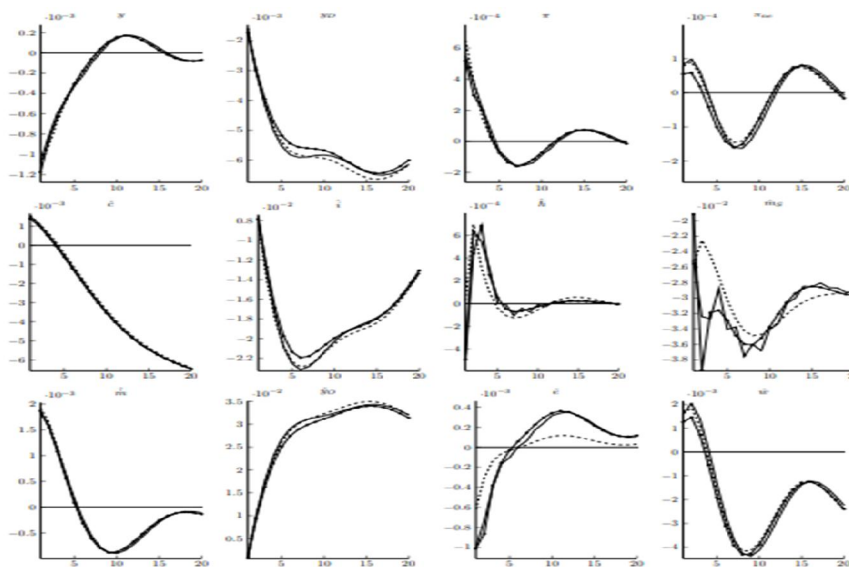


ماخذ: یافته‌های پژوهش

شوکه بسیار مهمی که در واقعیت نیز در اغلب موارد اقتصاد کشور را متاثر می‌سازد شوکه تکانه قیمت نفت است. از آنجایی که اقتصاد کشور ما وابستگی زیادی به درآمدهای حاصل از صادرات نفت دارد بررسی این شوکه از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. توابع ضربه واکنش حاصل از این تکانه در شکل شماره (۶)، نشان داده شده است. اگر شوکه افزایش قیمت نفت رخ دهد، نخست تولید نفت افزایش می‌یابد به دنبال آن درآمد دولت زیاد می‌شود. درآمد دولت در این مدل هم ناشی از درآمد حاصل از صادرات نفت بوده و هم از فروش داخلی نفت. افزایش درآمد حاصل از صادرات نفت سبب افزایش دارایی‌های خارجی بانک مرکزی و کاهش بدهی‌های دولت به بانک مرکزی می‌شود. این امر نیز سبب تقویت پول ملی و کاهش نرخ ارز در اقتصاد می‌شود، اما از سوی دیگر باید به موضوع توجه داشت که رشد سمت راست ترانزنامه بانک مرکزی به افزایش پایه پولی و در نتیجه رشد نرخ تورم در اقتصاد منتج خواهد شد.

در پی افزایش تورم در اقتصاد دستمزدها در وهله نخست افزایش می‌یابند، افزایش نرخ دستمزد باعث کاهش تولید ناخالص داخلی بدون نفت می‌شوند. کاهش تولید ناخالص داخلی بدون نفت و افزایش پایه پولی سبب افزایش نرخ ارز حقیقی می‌شوند که این افزایش مجدداً تولید نفت را تقویت می‌کند. در آن سو، از آنجایی که نرخ ارز افزایش یافته و واردات گران شده است و با توجه به حساسیت و نیاز بالای تولید داخلی به واردات مواد اولیه، واسطه‌ای و سرمایه‌ای، تولید داخلی بدون نفت کاهش می‌یابد و این امر نیز سبب کاهش مصرف می‌شود. برآیند تولید ناخالص داخلی کاهشی و افزایش تولید نفت سبب افزایش تولید ناخالص داخلی می‌شود.

شکل ۶. توابع ضربه واکنش نسبت به انحراف معیار تکانه تورم قیمت نفت به اندازه یک واحد درصد



ماخذ: یافته‌های پژوهش

تکانه تورم قیمت نفت در دو سناریوی اعتبار بالا و پایین سیاست‌گذار پولی اثر نسبتاً یکسانی بر تمامی متغیرها دارد، اما در حالتی که سیاست‌گذار از اعتبار بالایی برخوردار

می‌باشد نوسان نرخ ارز حقیقی کمتر بوده و زودتر به ثبات می‌رسد. سیکل ایجاد شده در نرخ ارز اسمی هم در هر دو سناریو به طور متوسط بعد از ۵ تا ۷ دوره که با توجه به فصلی بودن داده‌ها به معنای ۵ تا ۷ فصل می‌باشد به ثبات می‌رسد.

۶. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

سیاست پولی بهینه، حداکثرکننده رفاه یا حداقل‌کننده زیان اجتماعی عوامل اقتصادی است که با توجه به محدودیت‌های حاکم بر یک جامعه اعمال می‌شود. نکته بسیار مهمی که دولت‌ها می‌بایست در هنگام اعمال سیاست‌های اقتصادی خود مدنظر قرار دهند، توانایی بانک‌های مرکزی در اثرگذاری بر متغیرهای کلیدی اقتصاد کلان از طریق اجرای این سیاست‌هاست. عنصر کلیدی در اثرگذاری این سیاست‌ها، اعتبار سیاست‌گذار پولی است. اعتبار سیاست‌گذار پولی به عوامل و اجزای مختلفی بستگی دارد که مهمترین آنها تعهد و توانایی او در دستیابی به اهدافی است که به خوبی تعریف شده باشند. از دیدگاه بانک‌های مرکزی و اقتصاددانان، اعتبار سیاست‌گذار به این دلیل اهمیت دارد که کمک می‌کند تا دستیابی به متغیرهای هدف‌گذاری شده توسط بانک مرکزی با کمترین میزان نوسان و حداقل هزینه اجتماعی به دست آید. در هر دوره سیاست‌گذار با توجه به اعتبار خود سعی می‌نماید تا میزان شکاف میان مقادیر هدف‌گذاری شده و مقادیر محقق شده را کاهش دهد. اعتبار سیاست‌گذار یک متغیر برون‌زا می‌باشد که سیاست‌گذار نمی‌تواند به سرعت بر آن اثر بگذارد زیرا اعتبار سیاست‌گذار تابع رفتارهای گذشته وی و میزان موفقیت او در دستیابی به اهدافی است که به روشنی تعیین نموده است. در این پژوهش برای اولین بار در مطالعات داخلی با استفاده از مدل تعادل عمومی پویای تصادفی اقدام به برآورد اعتبار سیاست‌گذار در دو حوزه نرخ تورم و ارز کردیم. سیاست‌گذاری صلاح‌دیدگی بر خلاف سیاست‌گذاری قاعده‌مند با شرایط اقتصادی کشور ما هماهنگی بیشتری دارد زیرا در عمل سیاست‌گذاران پولی کشور چه در حوزه تورم و چه در زمینه نرخ ارز هیچگاه از قاعده مشخص و معینی پیروی نکرده‌اند. برای نیل به این منظور، یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی را برای یک اقتصاد باز و کوچک طراحی کرده و تلاش شده‌است تا تمامی بخش‌های الگو را متناسب با شرایط اقتصاد ایران تعدیل شود. پس از تکمیل الگو، معادلات لگاریتم خطی‌سازی شده است. سپس با استفاده از رویکرد بیزی مقادیر پارامترهای مدل از

جمله ضرایب پایداری نرخ تورم و نرخ ارز برآورد شده است. مقادیر به دست آمده برای ضرایب پایداری در دو حوزه نرخ تورم و ارز به ترتیب معادل $0/1019$ و $0/0099$ به دست آمده است. پس از معین شدن میزان ضرایب ρ_e و ρ_p از آنجایی که این پارامترها قابل شناسایی نبودند، برای تعیین مقادیر ∇ و ∇_e آزمون شناسایی انجام شد. بررسی ضرایب متغیرهای ρ_e و ρ_p و ∇ و ∇_e حاکی از اعتبار بسیار پایین سیاست گذار پولی در این دو حوزه در ایران است. هر چند که اعتبار سیاست گذار پولی در هدف گذاری تورم بسیار پایین است اما نتایج حاکی از بدتر بودن اعتبار سیاست گذار در زمینه نرخ ارز است. شاید دلیل این امر را بتوان در تلاش‌های شکست خورده بانک مرکزی در اجرای سیاست یکسان سازی نرخ ارز در ایران طی چند مرحله، وجود نرخ‌های چندگانه برای ارز در بازارهای مختلف و ... دانست.

برای یافتن سیاست بهینه پولی صلاح‌دیدنی، تابع زیان بانک مرکزی، تحت دو سناریو و با ضرایب مختلف برای اهداف بانک تخمین زده شد. نتایج به دست آمده از تغییر ضرایب تابع زیان نشان داده است که در هر دو سناریو میزان زیان بانک مرکزی هنگامی در حداقل مقدار ممکن خود قرار می‌گیرد وقتی که سیاست گذار پولی بیشترین وزن را به کاهش شکاف نرخ ارز محقق شده از نرخ ارز مطلوب می‌دهد و برای هر سه هدف دیگر خود یعنی شکاف تولید بالفعل از تولید بالقوه، شکاف نرخ رشد پایه پولی و شکاف تورم به طور همزمان وزن مساوی و کمتر از نرخ ارز اختصاص می‌دهد.

برای بررسی بیشتر، توابع ضربه واکنش را برای متغیرهای اصلی الگو نسبت به شوک‌های بهره‌وری، مخارج دولت و تورم قیمت نفت را در دو سناریوی اعتبار اندک و بالای سیاست گذار پولی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادیم. در تمامی تکانه‌های وارد شده دریافتیم که اعتبار بالای سیاست گذار پولی موجب ایجاد نوسانات کمتری در متغیرهای کلیدی الگو نسبت به اعتبار اندک سیاست گذار می‌شود. نتایج این موضوع را نشان می‌دهند که در صورتی که سیاست گذار پولی از اعتبار مطلوبی برخوردار باشد، آثار شوک‌ها توسط افراد جامعه موقت قلمداد شده و افراد تصمیمات خود را به آن لنگر نخواه، بنابراین حتی اگر سیاست گذار، سیاست خاصی را برای تخفیف آثار شوک اجرا ننماید، متغیرها سریع‌تر از زمانی که اعتبار سیاست گذار پولی پایین است به ثبات می‌رسند.

تعارض منافع

تعارض منافع ندارم

سپاس‌گزاری

از تمام اساتیدم و داوران محترم که نویسندگان این پژوهش را یاری نمودند و به غنای این کار افزودند، کمال تشکر و امتنان داریم.

ORCID

Samira nasiri		http://orcid.org/0009-0004-4715-9032
Parviz davoodi		http://orcid.org/0009-0003-6708-3699
Hossien samsami		http://orcid.org/0009-0009-5657-3311
Hossien tavakolian		http://orcid.org/0000-0002-7513-6282

منابع

بابائی، مجید، توکلیان، حسین و شاکری، عباس (۱۳۹۷). پیش‌بینی نحوه اثرگذاری عوامل موثر بر تورم با استفاده از مدل‌های میانگین‌گیری پویا. فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی، سال هیجدهم، شماره ۷۱، صفحات ۳۱۱-۲۶۱. <https://doi.org/10.22054/joer.2018.9835>

توکلیان، حسین (۱۳۹۱). بررسی منحنی فیلیپس کینزی جدید در قالب یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی برای ایران. مجله تحقیقات اقتصادی، د ۴۷، ش ۳، صفحات ۱ تا ۲۲.

توکلیان، حسین و افضل‌ابرقویی، وجیهه (۱۳۹۵). مقایسه عملکرد اقتصاد کلان در رژیم‌های مختلف ارزی (با رویکرد DSGE). فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی، سال شانزدهم، شماره ۶۱، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۱۲۵-۸۱-۱. <https://doi.org/10.22054/joer.2016.5290>

توکلیان، حسین و صارم، مهدی (۱۳۹۶). الگوهای DSGE در نرم افزار Dynare. انتشارات پژوهشکده پولی و بانکی.

خوسرندی، مرتضی، اسلام‌لویان کریم و ذوالنور، سیدحسین (۱۳۹۱)، قاعده بهینه برای سیاست پولی با فرض پایداری تورم: مورد ایران. *نشریه پژوهش‌های رشد و توسعه پایدار (پژوهش‌های اقتصادی)*، دوره ۱۲، شماره ۱، صفحات ۵۷-۳۱.

خیابانی، ناصر و امیری، حسین (۱۳۹۳). جایگاه سیاست‌های پولی و مالی ایران با تأکید بر بخش نفت با استفاده از مدل‌های DSGE. *فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی*، سال چهاردهم، شماره ۵۴، پاییز ۱۳۹۳، صفحات ۱۷۳-۱۳۳.

کمیحانی، اکبر و حسین توکلیان (۱۳۹۱). سیاست‌گذاری پولی تحت سلطه مالی و تورم هدف ضمنی در قالب یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی برای اقتصاد ایران. *فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی*، شماره ۸، صفحات ۱۱۷-۸۷.

References

- Balke, N. S., Brown, S. & Yucel, M. (2010). Oil price shocks and us economic activity: An international perspective. Available at SSRN 1647807.
- Benigno, G. & Benigno, P. (2006). Designing targeting rules for international monetary policy cooperation. *Journal of Monetary Economics*, 53(3), 473-506.
- Bordo, Michael & Siklos Pierre (2014). Central Bank Credibility, Reputation & Inflation Targeting in Historical Perspective. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA 02138, *NBER Working Paper Series*.
- Cecchetti, Stephen G & Krause, Stefan (2002). Central Bank Structure, Policy Efficiency, and Macroeconomic Performance: Exploring Empirical Relationships. *Economic Research, federal reserve Bank*, vol. 84 no. 4.
- Demertzis, Maria, Marcellino, Massimiliano & Viegli, Nicola (2008). A Measure for Credibility: Tracking us Monetary Developments. *Center for Economic Policy Research*.
- De Paoli, B. (2009). Monetary policy and welfare in a small open economy. *Journal of international Economics*, 77(1), 11-22.
- De Walque, G., Smets, F. & Wouters, R. (2005). An estimated two-country DSGE model for the euro area and the us economy. mimeo: *European Central Bank*.
- Dong, W. (2008). Do Central Banks Respond to Exchange Rate Movements? Some New Evidence from Structural Estimation. *Bank of Canada Working Paper*.
- Erceg Christopher J., Henderson Dale W. and T. Levin Andrew (2000). Optimal Monetary Policy with Staggered Wage and Price Contracts. *Journal of Monetary Economics, Elsevier*, vol. 46(2), pp. 281-313.
- Khan, A & K.R.G & Wolman, A. L. (2003). Optimal Monetary Policy. *The Review of Economic Studies*, 70 (4), pp. 825-860.

- Leeper, E. M., Walker, T. & Yang, S. C. (2010). Government investment and fiscal stimulus. *Journal of Monetary Economics*, 75(8), 1000–1012
- Lubik, T. and F. Schorfheide. (2007). Do Central Banks Respond to Exchange Rate Movements? A Structural Investigation. *Journal of Monetary Economics*, 54(4): 1069–87.
- Miller, S.M & Yuan, H. (2009). Consistent Targets and Optimal Monetary Policy: Conservative Central Banker Redux. Working Paper, 2005-55R.
- Roger,scott, Restrepo, Jorge, Garcia, Carlos (2009). Hybrid Inflation Targeting Regimes. *IMF Working Paper*.
- Tavakolian, H. (2016). Monetary and exchange rate policies in a dual-exchange rate environment: The case of Iran. Fourth International Conference on Iran.s Economy (2016) *Philipps University of Marburg*
- Tavakolian, H, Ghiaie, H & Tabarraei, H.R (2022). Alternative monetary policy regimes in an oil-exporting economy. *The Quarterly Review of Economics & Finance* vol.83, pp, 161-177.
- Tavakolian, H. & Ebrahimi, I. (2012). Exchange rate policy of Iran. *Money and Economy*, 6(2), 51–68

In Persian

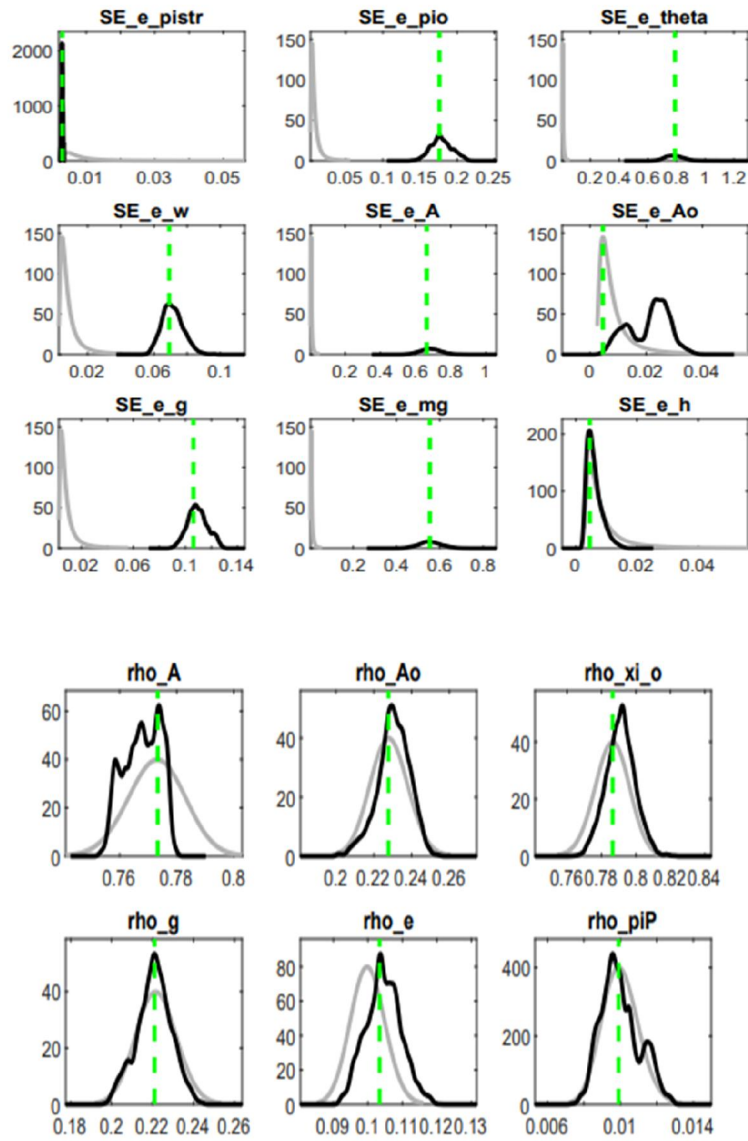
- Babaei, M, Tavaklian, H and Shakri, A (2017). Prediction of the Effect of Factors Affecting Inflation Using Dynamic Averaging Models. *Economic Research Quarterly*, 71, 261-311.
- Khayabani, N and Amiri, H (2013). Iran's Monetary and Financial Policy Position with Emphasis on the Oil Sector Using DSGE Models. *Economic Research Quarterly*, 54, Fall 2013, 133-173.
- Khorsandi, M, Islamloviyan K & Zolnoor, S. H (2013). The Optimal Rule for Monetary Policy with the Assumption of Inflation Stability: the case of Iran. *Journal of Sustainable Growth and Development Research Economic Research*, 12 (1), 31-57.
- Komijani, A & Tavaklia, H (2012). Monetary Policymaking under Fiscal Dominance and Implicit Target Inflation in the form of a Stochastic Dynamic General Equilibrium Model for the Iranian Economy. *Economic Modeling Quarterly*, 8, 87-117.
- Tavaklian, H (2017). Investigation of the New Phillips-Keynesian Curve in the form of a Stochastic Dynamic General Equilibrium Model for Iran. *Journal of Economic Research*, 47(3), 1-22.
- Tavaklian, H and Afzali Abarqai, V (2015). Comparison of Macroeconomic Performance in Different Currency Regimes (with DSGE Approach), *Economic Research Quarterly*, No 61, Summer 2015, 81-125.
<https://doi.org/10.22054/joer.2016.5290>

Tavaklian, H & Sarem, M (2016). *DSGE models in Dynare Software*.
Publications of the Research Institute of Money and Banking.

پیوست‌ها:

پیوست ۱: توزیع پیشین و پسین پارامترهای برآورد شده





ماخذ: یافته‌های پژوهش

پیوست ۲. آزمون گیویکی پارامترهای برآورد شده

پارامتر	میانگین پسین	انحراف معیار پسین	p-val No Taper	p-val 4% Taper	p-val 8% Taper	p-val 15% Taper
η	۲/۸۹۹۷	۰/۰۰۰۱	۱/۰	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۱
σ	۱/۲۰۴۰	۰/۰۰۰۰	۱/۰	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۸
γ	۰/۱۸۸۵	۰/۰۰۷۰	۱/۰	۰/۰۰۵۲	۰/۰۰۴۶	۰/۰۰۴۲
b_m	۲/۴۴۷۷	۰/۰۰۳۲	۱/۰	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۱۰
b_s	۰/۳۳۶۳	۰/۰۰۱۰	۱/۰	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۱
ϵ	۰/۰۴۴۰	۰/۰۰۰۱	۱/۰	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۹
θ_y	۰/۴۹۱۹	۰/۰۰۹۸	۱/۰	۰/۰۲۱۶	۰/۰۱۷۸	۰/۰۱۶۱
ψ	۰/۰۸۵۸	۰/۰۰۲۸	۱/۰	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۳
τ	۰/۶۵۶۵	۰/۰۰۰۳	۱/۰	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۹
τ_w	۰/۵۲۵۷	۰/۰۰۵۶	۱/۰	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۲۲
Φ_O	۰/۰۹۸۲	۰/۰۰۰۲	۱/۰	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۹
θ_C	۲/۹۰۱۰	۰/۰۰۲۲	۱/۰	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۱۱
θ_{CG}	۵/۴۹۸۹	۰/۰۰۰۱	۱/۰	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۹
θ_e	۰/۱۰۶۸	۰/۰۰۵۴	۱/۰	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۱۶
ρ_m	۰/۳۱۸۹	۰/۰۰۵۲	۱/۰	۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۲۶
ρ_h	۰/۰۸۴۶	۰/۰۰۲۹	۱/۰	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۸
ρ_{π^*}	۰/۲۶۰۶	۰/۰۱۱۶	۱/۰	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۱
ρ_z	۰/۷۷۲۹	۰/۰۰۸۵	۱/۰	۰/۰۰۴۲	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۲۲
ρ_W	۰/۸۴۵۲	۰/۰۰۸۴	۱/۰	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۹
ρ_A	۰/۷۷۵۳	۰/۰۰۰۴	۱/۰	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۰
ρ_{AO}	۰/۲۲۴۳	۰/۰۰۲۰	۱/۰	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۱۰
ρ_O	۰/۷۹۴۵	۰/۰۰۷۷	۱/۰	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۱
ρ_G	۰/۲۳۱۲	۰/۰۰۹۶	۱/۰	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۱
ρ_e	۰/۱۰۳۷	۰/۰۰۳۷	۱/۰	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۳
ρ_P	۰/۰۱۰۴	۰/۰۰۰۷	۱/۰	۰/۰۰۵۲	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۷۳
σ_{π^*}	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۰۲	۱/۰	۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۲۳
σ_{π_0}	۰/۱۸۱۳	۰/۰۱۳۵	۱/۰	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۳۵
σ_θ	۰/۸۸۹۱	۰/۰۰۷۱۰	۱/۰	۰/۰۰۷۱	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۳۸
σ_W	۰/۰۷۰۶	۰/۰۰۷۶	۱/۰	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۲۵
σ_A	۰/۶۴۸۵	۰/۰۴۲۵	۱/۰	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۴۲	۰/۰۰۴۴

ادامه پیوست ۲. آزمون گیویکی پارامترهای برآورد شده

پارامتر	میانگین پسین	انحراف معیار پسین	p-val No Taper	p-val 4% Taper	p-val 8% Taper	p-val 15% Taper
σ_{AO}	۰/۰۰۶۸	۰/۰۰۱۷	۱/۰	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۱۸
σ_G	۰/۱۰۴۶	۰/۰۰۶۴	۱/۰	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۱۸
σ_m	۰/۴۴۸۴	۰/۰۲۹۱	۱/۰	۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۵۲	۰/۰۰۴۹
σ_h	۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۰۹	۱/۰	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۸

ماخذ: یافته‌های پژوهش