

Evaluating the Effect of Credibility of the Monetary Policy Maker on Macroeconomic Variables: A DSGE Approach

Farideh Khodadadi¹

f_khodadadi@sbu.ac.ir

Received: 05/Jul/2024 | Accepted: 02/Feb/2025

Abstract This study investigates the impact of government foreign exchange oil revenues and productivity on a small open oil-exporting economy under two scenarios of monetary policy credibility. To this end, a New Keynesian Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) model is developed, calibrated to reflect the structural characteristics of Iran's economy. The model's parameters are estimated using Bayesian methods based on seasonal data from 1991 to 2022. The simulation results demonstrate the model's capability in capturing the dynamics and fluctuations of the Iranian economy. Analysis of impulse response functions under conditions of high and low monetary policy credibility reveals that, when the policymaker enjoys high credibility, economic agents perceive shocks as transitory and do not adjust their behaviour significantly in response. Consequently, even without an active policy response, the effects of shocks dissipate more rapidly, and economic variables return to equilibrium sooner than in the case of low policy credibility. These findings underscore the importance of credibility in the effectiveness of monetary policy, particularly in economies reliant on volatile external revenues such as oil exports.

Keywords: Credibility of the Monetary Policy Maker, Impulse of Foreign Exchange Earnings, Impulse of Productivity, Stochastic Dynamic General Equilibrium Model, Loos Function.

JEL Classification: E51, E58, G21.

1. Assistant Professor, Department of Economics, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

ارزیابی اثر اعتبار سیاست‌گذار پولی بر متغیرهای کلان اقتصادی: رهیافت DSGE

f_khodadadi@sbu.ac.ir

فریده خدادادی

استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

مقاله پژوهشی

پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۳

دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۴

چکیده: هدف این پژوهش بررسی آثار تکانه درآمدهای ارزی نفتی و بهره‌وری تحت دو فرآیند اعتبار پایین و بالای سیاست‌گذار پولی است. برای دستیابی به این هدف، یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی مبتنی بر نظریه کینزین‌های جدید، با در نظر گرفتن شرایط خاص اقتصاد ایران طراحی شده است. در این راستا، پس از تعیین ورودی‌های مدل و برآورد مؤلفه‌ها با استفاده از داده‌های فصلی اقتصاد ایران در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۳۷۰، به روش تخمین بی‌زین، نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی متغیرهای مدل نشان‌دهنده قابلیت مدل در تبیین نوسانات اقتصادی ایران است. با بررسی توابع ضربه واکنش متغیرهای کلیدی الگو نسبت به تکانه درآمدهای ارزی نفتی و بهره‌وری تحت دو فرآیند اعتبار پایین و بالای سیاست‌گذار پولی به این نتیجه رسیدیم که، زمانی که سیاست‌گذار پولی از اعتبار لازم برخوردار باشد، کارگزاران اقتصادی آثار تکانه‌ها را موقت تلقی کرده و تصمیمات خود را به آن گره نمی‌زنند؛ بنابراین، تحت فرآیند اعتبار بالای سیاست‌گذار پولی حتی اگر سیاست‌گذار، سیاست خاصی را برای کاهش نوسانات تکانه‌ها اتخاذ نکند، تأثیر تکانه‌ها به سرعت از بین می‌رود و متغیرها نسبت به زمانی که اعتبار سیاست‌گذار پولی پایین است، در دوره زمانی کوتاهی به ثبات می‌رسند.

کلیدواژه‌ها: اعتبار سیاست‌گذار پولی، تکانه درآمدهای ارزی، تکانه بهره‌وری، مدل تعادل

عمومی پویای تصادفی، تابع زیان.

طبقه‌بندی JEL: E51, E58, G21

مقدمه

هدف اصلی سیاست‌های پولی، حفظ ثبات در سطح قیمت‌ها، تحریک رشد اقتصادی و دستیابی به نرخ اشتغال مطلوب است (بانک مرکزی ج.ا.ا). برای رسیدن به این اهداف، وجود نرخ تورم پایین و پایدار به‌عنوان یک شرط لازم و نه کافی، ضروری به‌نظر می‌رسد. در همین راستا، هدف‌گذاری تورم به‌عنوان چارچوبی برای سیاست پولی، در مرحله نخست در اوایل دهه ۱۹۹۰ توسط کشورهای نیوزیلند، کانادا، انگلستان و سوئد اتخاذ شد. بررسی‌ها حاکی از آن است که هدف‌گذاری تورم بر متوسط نرخ تورم کشورهایی که از هدف‌گذاری تورم استفاده کرده مؤثر بوده و میانگین تورم در این کشورها، بعد از اعمال سیاست هدف‌گذاری تورم، به‌صورت معناداری کاهش یافته است (جعفر صمیمی و حنجری، ۲۰۰۸). میشکین^۱ (۲۰۰۵) اشاره می‌کند که اگرچه تمرکز اصلی سیاست‌های پولی معمولاً بر حفظ ثبات قیمت‌ها است؛ اما بانک‌های مرکزی و نهادهای مسئول، پنج هدف دیگر را نیز در چارچوب سیاست‌گذاری‌های پولی خود دنبال می‌کنند. این اهداف شامل دستیابی به نرخ اشتغال مطلوب، تقویت رشد اقتصادی، حفظ تعادل در بازارهای مالی، تثبیت نرخ‌های بهره و ایجاد ثبات در بازارهای ارزی می‌شود.

در زمینه سیاست‌گذاری 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 (صلاحیدیدی) واگذار نمود؛ مطالعات گوناگونی در این زمینه انجام شده و اقتصاددانان مختلف نظرهای متفاوتی را در این زمینه مطرح نموده‌اند. سیاست صلاحیدیدی تصمیمی 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 می‌تواند مشکل ناسازگاری زمانی^۲ بروز نماید. تمایز دیگر سیاست‌گذاری صلاحیدیدی نسبت به سیاست قاعده‌مند طول دوره اجرای این سیاست، که در حالت صلاحیدیدی کمتر است (Bordo & Siklos, 2014).

بررسی تطبیقی میان نرخ‌های تورم پیش‌بینی‌شده در قالب برنامه‌های توسعه پنج‌ساله و نرخ‌های واقعی تحقیق‌یافته، می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی کارایی سیاست‌های پولی در کنترل رشد تورم در ایران استفاده شود. تحلیل این داده‌ها حاکی از آن است که در بازه‌های زمانی طولانی‌مدت،

1. Mishkin
2. Time Inconsistence

اختلاف معناداری بین اهداف تعیین‌شده و نتایج عملی مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده فاصله قابل‌توجه بین برنامه‌ریزی‌ها و دستاوردهای واقعی در این حوزه است. در برنامه‌های توسعه کشور، همواره اهدافی برای تورم (میانگین رقم تورم در طول اجرای برنامه) و رشد اقتصادی در نظر گرفته می‌شود.

حقایق آشکار شده گویای این است که به غیر از برنامه سوم توسعه که مقادیر هدف محقق شده‌اند و میزان تورم کمتر از مقادیر هدف بوده است، در سایر برنامه‌ها، شاهد شکاف معنادار بین تورم هدف‌گذاری شده و مقادیر محقق‌شده آن هستیم. شایان ذکر است که در برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه، هدف‌گذاری تورم وجود نداشته و تنها سالی که هدف‌گذاری تورم غیر از برنامه‌های توسعه صورت پذیرفته، سال ۱۳۹۹ است که هدف تورمی ۲۲ درصد با انحراف مثبت و منهای ۲ بوده که درنهایت تورم محقق‌شده سال مذکور، ۴۷/۱ درصد است.

سیاست‌گذاری پولی در حوزه ارز در ایران سیاست تک‌نرخی کردن قیمت ارز برای نخستین بار پس از انقلاب در سال ۱۳۷۱ اعلام و اتخاذ شد. علی‌رغم اینکه بسیاری از صاحب‌نظران معتقدند که سیاست یکسان‌سازی نرخ ارز در این سال در جهت صحیح بود، ولی عدم هماهنگی بین سیاست ارزی و دیگر سیاست‌های کلان منجر به شکست این سیاست شد. در فروردین سال ۱۳۸۰ به دلیل افزایش فوق‌العاده درآمدهای نفتی در دو سال گذشته و همچنین ثبات به‌وجودآمده در نرخ ارز بازار آزاد، بانک مرکزی مجدداً یکسان‌سازی نرخ ارز را اجرایی نمود؛ اما به دلیل عدم تعدیل درست این نرخ، این سیاست در سال ۱۳۸۹ شکست خورد و اقتصاد ایران عملاً به نظام ارزی دو نرخی بازگشت.^۱

در دهه ۱۳۹۰ با شروع تحریم‌های غرب علیه کشور درآمدهای ارزی کشور کاهش یافت؛ اما قیمت دلار علی‌رغم سیاست‌های اتخاذ شده همچون گروه‌بندی کالاها و تعیین نرخ ارزهای مختلف برای این گروه‌های کالایی همچنان صعودی بود. با امضای توافق‌نامه برجام در تیرماه ۱۳۹۴ و اجرایی شدن آن از دی‌ماه ۱۳۹۴، جهش‌های شدید نرخ ارز مدیریت شد؛ اما در سال ۱۳۹۶ آمریکا به صورت یکجانبه از برجام خارج شد. به دنبال این اتفاق و به‌منظور تثبیت بازار ارز، دولت مجدداً اقدام به یکسان‌سازی نرخ ارز با نرخ ۴۲ هزار ریال برای هر دلار نمود. این سیاست، بانک مرکزی را در مقابل حجم عظیمی از تقاضای ارز قرار داد و در شرایطی که خرید و فروش ارز خارج از چارچوب‌های تعیین شده توسط دولت ممنوع بود، موجب گردید علی‌رغم به‌کارگیری تمهیداتی از قبیل اولویت‌بندی واردات کالا، التهاب در بازار ارز کماکان تداوم یابد. این یکسان‌سازی نیز همچون دو یکسان‌سازی قبل

۱. گزارش اقتصادی و ترازنامه بانک مرکزی ج.ا.

به دلیل عدم تطابق با شرایط اقتصاد و تعدیل به موقع قیمت، با شکست مواجه شد. به نحوی که قیمت برابری دلار در برابر ریال از ۱۳۵۶۸ ریال در سال ۱۳۹۰ به ۳۴۹۲۶۶ در سال ۱۴۰۱ رسید.^۱ اگرچه مطالعاتی تاکنون در کشور با فرض سیاست‌گذاری صلاحیدیدی انجام شده؛ اما در اکثر این مطالعات، ابتدا یک قاعده سیاست‌گذاری پولی با استفاده از یک مدل DSGE برآورد شده و در ادامه مدل DSGE برای سیاست‌گذاری پولی صلاحیدیدی حل شده است؛ اما نوآوری پژوهش پیش‌رو این است که از همان ابتدا و بدون در نظر گرفتن قاعده سیاست پولی و ارزی مدل به صورت صلاحیدیدی برآورد شده است.

این پژوهش با هدف تمرکز بر تأثیر اعتبار نهادهای سیاست‌گذار پولی^۲ بر شاخص‌های کلان اقتصادی، از چارچوب مدل‌سازی تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE) بهره می‌برد. ساختار پژوهش در شش بخش اصلی تنظیم شده است. ابتدا در بخش نخست، کلیات و اهداف پژوهش بیان می‌شود. در بخش‌های دوم و سوم، مبانی نظری و مطالعات پیشین مرتبط با موضوع بررسی شده است. بخش چهارم به تشریح و ارائه مدل مورد استفاده اختصاص دارد. در بخش پنجم، با تعیین مؤلفه‌های مدل و ارزیابی صحت آن، تأثیر تکنه‌های مختلف تحلیل می‌شود. در نهایت، یافته‌های پژوهش در بخش ششم ارائه و جمع‌بندی می‌گردد.

مبانی نظری پژوهش

اعتبار سیاست پولی

اعتبار سیاست‌گذار پولی به عنوان تعهد به دنبال کردن قواعد و اهداف سیاستی شفاف و توانایی او در دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده تعریف می‌شود (Bordo & Siklos, 2014). به طور دقیق‌تر، اعتبار سیاست‌گذار پولی به این معنا است که کارگزاران اقتصادی باور داشته باشند که تغییر در یک سیاست، زمانی که اعلام می‌شود، در آینده واقعاً رخ می‌دهد (Cukierman, 1986). به طور کلی، اعتبار یک سیاست‌گذار بستگی به تاریخچه سیاست‌گذاری و رفتار او دارد (Brunner, 1983). در خصوص اعتبار سیاست‌گذار پولی یا بیان دیگر، اعتبار بانک مرکزی، بیشتر از طریق رسیدن به هدف تورمی (که لزومی ندارد حتماً به صورت عمومی اعلان شده باشد) و تورم‌های محقق شده ارزیابی می‌گردد.

۱. گزارش اقتصادی و ترازنامه بانک مرکزی ج.ا.

این امر در خصوص سیاست‌گذار ارزی هم صادق است. اگر سیاست‌گذار ارزی توانایی آن را داشته باشد که بازار ارز را کنترل کرده و تفاوت میان نرخ ارز محقق شده و نرخ ارز هدف را تقلیل دهد، از اعتبار بالایی در سیاست‌گذاری در این بخش برخوردار خواهد بود و در صورتی که انحراف میان نرخ‌های هدف با نرخ تحقق‌یافته این متغیرها بالا باشد، به‌عنوان عدم اعتبار یا اعتبار پایین سیاست‌گذار تفسیر می‌شود؛ بنابراین عملکرد گذشته سیاست‌گذار پولی که شهرت وی است، اعتبار آن را در آینده نزد افکار عمومی تعیین می‌نماید. از سوی دیگر باید به این امر توجه داشت که اعتبار و همچنین شهرت سیاست‌گذار پولی به رابطه بین دولت و بانک مرکزی، عوامل سیاسی و همچنین شهرت افرادی که قرار است سیاست پولی را اعمال کنند، بستگی دارد (Bordo et al, 2014).

هر چه در طول زمان عملکرد بانک مرکزی بهبود یابد، بدین معنا که قادر به کنترل نرخ‌ها باشد و بتواند به اهداف اعلامی یا ضمنی خود دست پیدا کند، شهرت و اعتبار آن نیز افزایش خواهد یافت. هر چند که در مقابل، بروز بحران پولی، مالی و ارزی (به‌معنای عدم توانایی بانک مرکزی در حفظ نرخ‌های هدف)، تقلیل اعتماد به کارگزاران سیاست‌گذار پولی و همچنین بروز چالش و اختلاف‌نظر شدید بین دولت و بانک مرکزی سبب کاهش اعتبار سیاست‌گذار پولی می‌شود (Bordo & Siklos, 2014). در واقع شهرت و اعتبار با هم تفاوت ظریفی دارند. شهرت یعنی اینکه بانک مرکزی به چه چیز اشتها دارد. یک بانک مرکزی و مسئولان آن فارغ از اینکه اعتبار داشته باشند یا نه، ممکن است به طرفداری از تورم یا عدم طرفداری از تورم شهرت داشته باشند؛ اما اعتبار یعنی اینکه تا چه اندازه برنامه‌ای که از سوی بانک مرکزی اعلام می‌شود مورد باور و پذیرش عموم مردم قرار می‌گیرد و عاملان اقتصادی روی آن حساب باز می‌کنند. ممکن است یک مقام مسئول در بانک مرکزی به ضد تورم بودن اشتها داشته باشد؛ اما اعتبار لازم را نداشته باشد؛ به این معنا که عاملان اقتصاد به توانایی او در اجرای سیاست‌های اعلام شده باور نداشته باشند. از منظر سیاست‌گذاری بسیار مهم است که یک سیاست‌گذار اعلان‌های معتبری^۱ داشته باشد، به این معنا که کارگزاران اقتصادی در بخش خصوصی (اعم از بنگاه‌ها و مصرف‌کنندگان) به این باور برسند که بانک مرکزی اراده و نیز توانایی لازم برای اجرای سیاستی که آن را به اطلاع عموم رسانیده را دارد، حتی ممکن است این اهداف به‌صورت ضمنی اعلام شده و صراحتاً اعلان نشده باشند؛ مثلاً در خصوص کاهش تورم، اگر بانک مرکزی اعتبار کافی داشته باشد، با اعلان اینکه قصد دارد تا نرخ تورم را کاهش دهد، باعث شکل‌گیری انتظارات تورمی در جهت کاهش نرخ تورم در بین کارگزاران خصوصی خواهد شد و آحاد افراد جامعه در تصمیم‌گیری

1. Credible Announcements

و رفتارهای خود برای آینده بر اساس اعلان بانک عمل خواهند کرد و تصمیمات خود را به آن لنگر می‌سازند؛ برای مثال کارگران دستمزد خود را کمتر افزایش می‌دهند و بنگاه‌ها نیز قیمت محصولات خود را کمتر افزایش می‌دهند. در نهایت تورم با هزینه کمتری برای سیاست‌گذار پولی کاهش می‌یابد (Aboyitunjiye & Mathu, 2024).

- ۱- توسط یک بانک مرکزی مستقل از حکومت کنترل شود که اقدامات مقامات پولی را تحت نظارت داشته باشد؛
- ۲- تلاش در تحت کنترل گرفتن تورم برای اینکه تولید و اشتغال را در بلندمدت به نرخ طبیعی آن برساند؛
- ۳- انتظارات عموم مردم را به اهداف خود نزدیک (لنگر) نماید؛
- ۴- هزینه‌های تورمی را کاهش دهد (Park, 2023).

اعتبار سیاست‌گذار پولی در ایران

اعتبار سیاست‌گذار پولی به عوامل و اجزای مختلفی بستگی دارد که مهمترین آن‌ها تعهد و توانایی او در دستیابی به اهدافی است که به‌خوبی تعریف شده باشند. تحلیل سیاست‌های اعلام‌شده توسط بانک‌های مرکزی در سطح جهانی حاکی از آن است که تمرکز اصلی این نهادها بر مهار تورم، ایجاد بسترهای لازم برای دستیابی به سطح مطلوب تولید و اشتغال، و همچنین حفظ قدرت خرید پول ملی است. در ایران نیز، اگرچه اهداف سیاست‌های پولی و ارزی تقریباً مشابه با سایر کشورها تعریف شده‌اند؛ اما اولویت‌بندی و جهت‌گیری مشخصی در اجرای این سیاست‌ها مشاهده نمی‌شود و همان‌طور که شواهد و قراین نشان می‌دهد، هدف بانک مرکزی در ایران به‌خوبی تعریف نشده است. به این نحوه که در قانون ثبات قیمت‌ها به‌روشنی به‌عنوان مهمترین هدف بانک‌های مرکزی نوین برای بانک مرکزی ایران تعریف نشده است؛ ثانیاً سایر اهداف مشخص شده برای بانک مرکزی لزوماً با هدف ثبات قیمت‌ها تناسب ندارد. شاید تنها مواردی که بتوان در قوانین کشور هدف تصریح شده برای ثبات قیمت‌ها در آن یافت، جداول کمی قانون برنامه‌های توسعه باشد که در آنها اهدافی برای نرخ تورم، رشد اقتصادی و... تعیین شده است. در این مجموعه قوانین، اهدافی برای گسترش حجم پول در اقتصاد نیز در نظر گرفته شده است. با این حال، در بسیاری از موارد، این اهداف با روند واقعی افزایش قیمت‌ها و رشد حجم پول در ایران همخوانی نداشته است؛ اما به‌رحال آنها را می‌توان

به عنوان اهدافی برای ثبات قیمت‌ها تفسیر کرد^۱.

از سوی دیگر بانک مرکزی تنها سیاست‌گذار در حوزه ارزی کشور نمی‌باشد. بخش اعظم درآمدهای ارزی کشور ناشی از صادرات نفت، فرآورده‌های نفتی و گاز است. این امر به دلیل ساختار نفتی کشور است و از این حیث بازار ارزی کشور متفاوت با کشورهای غیرنفتی است. درآمد حاصل از صادرات جزو درآمدهای دولت بوده و در دست او قرار دارد، و از طرف دیگر دولت به عنوان بزرگترین مصرف‌کننده، تقاضاکننده عمده ارز نیز است؛ بنابراین بازار ارز به معنای رقابت کامل در اقتصاد کشور وجود ندارد؛ زیرا اندازه دولت با سایر افراد شرکت‌کننده در این بازار چه در سمت عرضه و چه در سمت تقاضا برابر نیست. از سوی دیگر میزان عرضه و تقاضای این کالا (ارز) به سیاست‌های دولت در هر دوره وابسته است و همچنین قیمت آن (منظور نرخ تسعیر ارز) درآمدهای حاصل از صادرات نفت، در بودجه‌های سالانه دولت معین می‌شود که در تعیین آن بانک مرکزی به عنوان متولی سیاست پولی و ارزی نقش چندانی ندارد؛ بنابراین به نظر می‌رسد که اعتبار سیاست‌گذار پولی در ایران در دو حوزه نرخ ارز و نرخ تورم پایین است.

پیشینه پژوهش

در این بخش برخی از مهم‌ترین مطالعات انجام شده نزدیک به موضوع به دو دسته داخلی و خارجی تقسیم شده‌اند.

مطالعات داخلی

محمودی‌نیا و عبدالهی‌نسب (۱۴۰۲)، در مطالعه‌ای با عنوان «اثرات درجه استقلال و ترجیحات بانک مرکزی بر هدف‌گذاری تورم تحت دیدگاه سیاست‌گذاری پولی قاعده‌مند و صلاح‌دیدگی»، به این نتیجه رسیده‌اند که اعمال سیاست‌های پولی مبتنی بر قاعده مشخص، در مقایسه با رویکردهای مبتنی بر صلاح‌دیدگی، منجر به کاهش انحرافات ناشی از تورم می‌شود. از طرف دیگر نتایج نشان‌دهنده ارتباط منفی بین درجه استقلال بانک مرکزی و تورم است.

مخملی و همکاران (۱۳۹۹)، در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر سیاست هدف‌گذاری تورم بر مدیریت صحیح نرخ ارز در گروه منتخب کشورهای در حال توسعه پرداخته است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که انحراف تورم از نرخ هدف‌گذاری شده آن باعث انحرافات نرخ ارز حقیقی از سطح تعادلی آن می‌شود.

۱. گزارش اقتصادی و ترازنامه بانک مرکزی ج.ا.

تقی‌نژاد عمران و همکاران (۱۳۹۸)، با استفاده از منحنی فیلیپس کینزین‌های جدید به ارزیابی اعتبار سیاست پولی در ایران پرداختند. واکنش انتظارات تورمی به تغییرات سیاست پولی بر طبق این مطالعه مهمترین منبع برای ارزیابی اعتبار بانک مرکزی و وضعیت سیاست پولی است.

عرفانی و همکاران (۱۳۹۷)، به بررسی نقش اعتبارات اعطایی و درجه اعتبار سیاست‌گذار پولی بر ثبات مالی پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که با افزایش شکاف نرخ رشد تسهیلات اعطایی بی‌ثباتی مالی کاهش می‌یابد. همچنین هر چه درجه اعتبار بانک مرکزی در میزان پایبندی به اهداف تورم هدف بالاتر باشد، ثبات مالی افزایش می‌یابد.

یزدانی و همکاران (۱۳۹۶)، در مطالعه‌ای با عنوان «هدف‌گذاری تورم با تأکید بر نرخ ارز حقیقی در اقتصاد کلان ایران» به این نتیجه رسیده‌اند که زمانی که شکاف نرخ ارز حقیقی در سطح پایینی قرار دارد، وجود این متغیر در تابع هدف، به کاهش زیان مقام پولی منجر می‌گردد.

مطالعات خارجی

کوانگ یانگ^۱ (۲۰۱۹)، در یک مدل کینزی جدید تحت عقلانیت محدود نشان داده است که اعتبار بانک مرکزی برای ثبات اقتصاد کلان اهمیت دارد. به‌طور خاص، با افزایش اعتبار، متغیرهای کلان اقتصادی کمتر تغییر می‌کنند؛ زیرا انتظارات عوامل خصوصی بیشتر است.

ماتو و ابویتانگیه^۲ (۲۰۲۳)، با استفاده از رویکرد دو سیستمی GMM نشان داده‌اند که در منطقه COMESA اعتبار سیاست پولی بر رشد اقتصادی اثر مثبت قابل‌توجهی دارد. از سوی دیگر، اعتبار سیاست پولی تأثیر ناچیزی بر رشد اقتصادی در منطقه ECOWAS دارد.

کاپوتو و پدرسن^۳ (۲۰۲۰)، در مطالعه‌ای تحت عنوان «ماهیت متغیر نرخ ارز واقعی: نقش ترجیحات بانک مرکزی» به این نتیجه رسیده‌اند، زمانی که بانک مرکزی تمرکز خود را بیشتر بر کنترل تورم معطوف کند و توجه کمتری به تغییرات نرخ ارز اسمی داشته باشد، شوک‌های اسمی تأثیر بیشتری بر نرخ ارز واقعی خواهند گذاشت و تأثیر تکانه‌های واقعی کاهش می‌یابد.

تیلور^۴ (۲۰۱۹)، در مطالعه‌ای تحت عنوان «ارتباط بین هدف‌گذاری تورم و قوانین سیاست پولی»، معتقد است که یک رابطه دوطرفه میان هدف‌گذاری تورم و قوانین سیاست پولی وجود دارد.

1. Kwangyong
2. Mathu & Aboyitungiye
3. Caputoa & Pedersenb
4. Taylor

کلدس ماتنز و کئری^۱ (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ای نشان دادند که اعتبار جنبه‌ای مهم در هدایت سیاست پولی در یک کشور با هدف‌گذاری تورم است. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که اعتبار بالای بانک مرکزی و پایبندی بانک به هدف ثبات قیمتی، موجب کاهش سطح ناطمینانی در اقتصاد می‌شود و نیاز به تلاش مقامات پولی برای هدایت سیاست پولی را کاهش می‌دهد.

کری^۲ و همکاران (۲۰۱۶)، در مطالعه‌ای تحت عنوان «نقش عملکرد سیاست پولی روی گذار نرخ ارز» به این نتیجه رسیده‌اند که بهبود عملکرد سیاست پولی در ایجاد لنگر اسمی قوی یا اعتبار سیاست پولی، موجب کاهش گذر نرخ ارز، به‌ویژه در میان اقتصادهای نوظهور می‌شود.

لاویگ^۳ و همکاران (۲۰۱۸)، در مقاله‌ای با عنوان «اعتبار بانک مرکزی و کانال انتظارات: شواهد مبتنی بر شاخص اعتبار جدید» به این نتیجه رسیده‌اند که سطح اعتبار بانک مرکزی به‌صورت منفی بر نرخ بهره بسیاری از کشورهای مورد مطالعه مؤثر است.

مرور مطالعات تجربی داخلی و خارجی نشان می‌دهد که تا کنون به طراحی و تحلیل تجربی اعتبار سیاست‌گذار پولی بر ثبات بخش مالی و حقیقی اقتصاد ایران پرداخته نشده است. پژوهش پیش‌رو، نخستین مطالعه در اقتصاد ایران است که به بررسی این بحث با رویکرد تعادل عمومی پویای تصادفی می‌پردازد. با این ملاحظات، در مطالعه پیش‌رو این موضوع بررسی می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

در ادامه مدل DSGE برای اقتصاد ایران تصریح می‌کنیم. ساختار اساسی الگو به پیروی از مقالات گرالی و همکاران^۴ (۲۰۱۰) و بینو و بینو^۵ (۲۰۰۶) شامل شش بخش اصلی است که در ادامه به توضیح هر بخش پرداخته می‌شود.

خانوارها

فرض می‌شود اقتصاد از تعداد زیادی خانوار تشکیل شده است که ω درصد آن‌ها خانوار

1. Caldas Montes & Curi
2. Carriere *et al*
3. Levieuge *et al*.
4. GERALY *et al*.
5. Benigno & Benigno

پس انداز کننده^۱ (P) و (1-ω) درصد آن‌ها خانوار وام گیرنده^۲ (I) هستند. ارزش حال مطلوبیت‌هایی که خانوار نماینده در طول زندگی خود کسب می‌کند به شکل رابطه (۱) است:

$$U^i = E \cdot \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ \frac{(c_t^i)^{1-\sigma_c}}{1-\sigma_c} + \psi_x \log \left(\frac{x_t^i}{p_t} \right) - \frac{(h_t^i)^{1-\sigma_h}}{1-\sigma_h} \right\} \quad i = P, I \quad (1)$$

x_t میانگین هندسی بین دارایی اسکناس و مسکوک ($M_t^{c,u}$) و انواع سپرده‌ها (D_t) است که به صورت واقعی به صورت رابطه (۲) است (Agenor et al, 2014).

$$x_t = (m_t^c)^\mu (d_t)^{1-\mu}, \quad \mu \in (0,1) \quad (2)$$

مسئله پیش‌رو خانوارها حداکثر کردن ارزش فعلی مطلوبیت مورد انتظار نسبت به قید بودجه بین‌زمانی است.

خانوار پس انداز کننده

قید بودجه حقیقی خانوار پس انداز کننده و فرایند انباشت سرمایه به صورت روابط (۳) و (۴) است.

$$c_t^p + P_{it} i_t + m_t^{c,p} + d_t^p = w_t h_t^p + r_{k,t} k_{t-1} + (1 + r_{d,t-1}) \frac{d_{t-1}^p}{\pi_t} + \frac{m_{t-1}^{c,p}}{\pi_t} + \pi_t^m - \tilde{r}_t^P \quad (3)$$

$$k_t = (1 - \delta_k) k_{t-1} + \left(1 - S \left(\frac{i_t}{i_{t-1}} \right) \right) i_t \quad (4)$$

که در آن، $P_{it} = \frac{P_{it}}{p_t}$ نسبت شاخص قیمت کالاهای سرمایه‌گذاری به شاخص قیمت کالاهای مصرفی است که می‌توان آن را به صورت رابطه (۵) بیان کرد.

$$\frac{P_{it}}{P_{it-1}} = \frac{\pi_{it}}{\pi_t} \quad (5)$$

هدف اصلی این مدل، بهینه‌سازی تابع هدف (۱) با در نظر گرفتن محدودیت‌های (۳) و (۴) است که در نهایت منجر به استخراج روابط اقتصادی مرتبط با تقاضای پول، مصرف و عرضه نیروی کار می‌شود.

خانوار وام گیرنده

در این مدل، خانوار تنها منبع درآمد خود را از طریق ارائه نیروی کار به دست می‌آورد و هیچ

1. Patient (Savers)
2. Impatient (Borrowers)

منبع درآمد دیگری ندارد. به همین دلیل، برای تأمین هزینه‌های مصرفی خود، نیاز به دریافت وام از بانک دارد. میزان وام دریافتی نیز بر اساس یک نسبت مشخص از درآمد خانوار تعیین می‌شود که این نسبت در رابطه (۶) بیان شده است.

$$l_t^l = ltv^l (w_t h_t^l) \quad (6)$$

مانند خانوار پس‌اندازکننده، ارزش فعلی مطلوبیت خانوار وام‌گیرنده هم به شکل رابطه (۱) است. خانوار وام‌گیرنده علاوه بر اینکه درآمد خود را صرف مصرف کالاها، نگهداری اسکناس و مسکوک می‌کند، بخشی از آن را برای پرداخت بدهی‌های دوره قبل کنار می‌گذارد. همچنین، به دلیل نداشتن سپرده بانکی شاخص ترکیبی دارایی‌ها (x_t) برای این خانوار به شکل رابطه (۷) است.

$$x_t = m_t^c \quad (7)$$

قید بودجه حقیقی خانوار با لحاظ مالیات پرداختی به صورت رابطه (۸) است.

$$c_t^l + m_t^{c,l} + (1 + r_{h,t-1}) \frac{l_t^h}{\pi_t} = w_t h_t^l + \frac{m_t^{c,l} - 1}{\pi_t} + l_t^h - \mathcal{J}_t^l \quad (8)$$

هدف خانوارها در این مدل حداکثرسازی ارزش فعلی مطلوبیت مورد انتظار خود با توجه به قید بودجه در هر دوره است. از جمع عرضه و تقاضای دو گروه مختلف خانوارها، مقادیر کلیدی مانند هزینه‌های مصرفی، تقاضای کل پول در اقتصاد و میزان عرضه نیروی کار محاسبه می‌شوند. این مقادیر نهایی بر اساس فرمول ارائه شده در رابطه (۹) تعیین می‌گردند.

$$\Gamma_t = \Gamma_t^p + \Gamma_t^l \quad \Gamma = c, n, m^c \quad (9)$$

تقاضای واردات کالاهای مصرفی و سرمایه‌ای

در این مدل، کل مصرف خانوارها (c_t) به‌عنوان ترکیبی از کالاهای مصرفی تولید داخل (c_t^d) و کالاهای وارداتی (c_t^m) در نظر گرفته می‌شود که با استفاده از تابع جمع‌کننده دیکسیت-استیگلیتز به رابطه (۱۰) با یکدیگر ادغام می‌گردند.

$$c_t = \left[\omega_c^{\frac{1}{\mu_c}} c_t^d \frac{\mu_c - 1}{\mu_c} + (1 - \omega_c^{\frac{1}{\mu_c}}) c_t^m \frac{\mu_c - 1}{\mu_c} \right]^{\frac{\mu_c}{\mu_c - 1}} \quad (10)$$

در این رابطه، ω_c^d نشان‌دهنده نسبت کالاهای تولید داخل در سبد مصرفی خانوارها است. خانوارها با استفاده از رابطه ارائه‌شده، مقدار مصرف هر کالا را به‌گونه‌ای انتخاب می‌کنند که حداقل‌سازی هزینه‌های لازم برای دستیابی به یک سطح مشخص از مصرف کالای ترکیبی محقق شود.

$$\text{Min: } p_t c_t = p_t^d c_t^d + p_t^{cm} c_t^m \quad (11)$$

$$S.T. \left[\omega_c^d \frac{1}{\mu_c} c_t^d \frac{\mu_c-1}{\mu_c} + (1 - \omega_c^d) \frac{1}{\mu_c} c_t^m \frac{\mu_c-1}{\mu_c} \right]^{\frac{\mu_c}{\mu_c-1}} \leq c_t \quad (12)$$

که در آن p_t^d و p_t^{cm} به ترتیب شاخص قیمت کالاهای داخلی و مصرفی وارداتی است که به صورت رابطه (۱۳) تعریف می‌شود.

$$p_t^{cm} = S_t p_t^* \quad (13)$$

به عبارت دیگر، براساس رابطه فوق قانون تک‌قیمتی برقرار است. با حداقل‌سازی رابطه (۱۱) نسبت به قید (۱۲)، توابع تقاضا برای کالاهای مصرفی داخلی و وارداتی به صورت روابط زیر به دست می‌آید.

$$c_t^d = \omega_c^d \left(\frac{p_t^d}{p_t} \right)^{-\mu_c} c_t, \quad c_t^d = \omega_c^d p_t^d \mathcal{P}_t^{d-\mu_c} c_t \quad (14)$$

$$c_t^m = (1 - \omega_c^d) \left(\frac{p_t^{cm}}{p_t} \right)^{-\mu_c} c_t, \quad c_t^m = (1 - \omega_c^d) \mathcal{P}_t^{cm-\mu_c} c_t \quad (15)$$

که در آن:

$$\mathcal{P}_t^d = \frac{p_t^d}{p_t} \quad (16)$$

$$\mathcal{P}_t^{cm} = \frac{p_t^{cm}}{p_t} = \frac{S_t p_t^*}{p_t} = \frac{e_t}{p_t^{cm}} \quad (17)$$

رابطه (۱۶) نسبت قیمت کالاهای تولید داخل به شاخص قیمت کل مصرف است و رابطه (۱۷) نسبت شاخص قیمت واردات به شاخص قیمت کل مصرف است که با توجه به فرض برابری قیمت در رابطه (۱۸) این نسبت برابر خواهد بود با نرخ ارز حقیقی e_t که می‌توان این روابط را به صورت زیر بیان کرد.

$$\frac{\mathcal{P}_t^d}{\mathcal{P}_{t-1}^d} = \frac{\pi_t^d}{\pi_t} \quad (18)$$

$$\frac{e_t}{e_{t-1}} = \frac{\hat{h}_t \pi_t^*}{\pi_t} \quad (19)$$

با جایگذاری روابط ۱۴ و ۱۵ در رابطه ۱۰ (سبد مصرفی خانوار)، ارتباط بین سطح عمومی قیمت‌ها با اجزای آن طبق رابطه (۲۰) به دست می‌آید.

$$p_t = \left[\omega_c^d p_t^d \frac{1-\mu_c}{\mu_c} + (1 - \omega_c^d) p_t^m \frac{1-\mu_c}{\mu_c} \right]^{\frac{1}{1-\mu_c}} \quad (20)$$

با تکرار این رویکرد برای سرمایه‌گذاری، ترکیب سرمایه‌گذاری از کالاهای داخلی (i_t^d) و کالاهای وارداتی سرمایه‌ای (i_t^m) نیز استخراج می‌شود.

$$i_t = \left[\omega_i^d \frac{1}{\mu_i} i_t^d \frac{\mu_i-1}{\mu_i} + (1 - \omega_i^d) \frac{1}{\mu_i} i_t^m \frac{\mu_i-1}{\mu_i} \right]^{\frac{\mu_i}{\mu_i-1}} \quad (21)$$

مشابه روشی که در کالاهای مصرفی بیان شد، تقاضا برای هر یک از این کالاها براساس رابطه زیر به نحوی تعیین می‌شود که هزینه به‌دست آوردن هر سطح مفروض از سرمایه‌گذاری ترکیبی حداقل شود؛ بنابراین، هدف خانوار به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{Min: } p_t^d i_t = p_t^d i_t^d + p_t^{im} i_t^m \quad (22)$$

$$\text{S.T. } \left[\omega_i^d \frac{1}{\mu_i} i_t^d \frac{\mu_i - 1}{\mu_i} + (1 - \omega_i^d) \frac{1}{\mu_i} i_t^m \frac{\mu_i - 1}{\mu_i} \right]^{\frac{\mu_i}{\mu_i - 1}} \leq i_t \quad (23)$$

از حل شرایط مرتبه اول، توابع تقاضا برای کالاهای سرمایه‌ای داخلی و وارداتی به‌صورت روابط زیر به‌دست می‌آید.

$$i_t^d = \omega_i^d \left(\frac{p_t^d}{p_t} \right)^{-\mu_i} i_t, \quad i_t^d = \omega_i^d \mathcal{P}_{it}^{d-\mu_i} i_t \quad (24)$$

$$i_t^m = (1 - \omega_i^d) \left(\frac{p_t^{im}}{p_t} \right)^{-\mu_i} i_t, \quad i_t^m = (1 - \omega_i^d) \mathcal{P}_{it}^{m-\mu_i} i_t \quad (25)$$

که در آن:

$$\mathcal{P}_{it}^d = \frac{p_t^d}{p_t} \quad (26)$$

$$\mathcal{P}_{it}^{im} = \frac{p_t^{im}}{p_t} = \frac{s_t p_t^*}{p_t} = \frac{e_t}{p_t^{im}} \quad (27)$$

با جایگذاری روابط ۲۴ و ۲۵ در سبب سرمایه‌گذاری رابطه ۲۲، ارتباط بین سطح عمومی قیمت کالاهای سرمایه‌ای (p_t^d) با اجزای آن براساس رابطه (۲۸) به‌دست می‌آید.

$$p_t^d = \left[\omega_c^d p_t^{d^{1-\mu_i}} + (1 - \omega_i^d) p_t^{im^{1-\mu_i}} \right]^{\frac{1}{1-\mu_i}} \quad (28)$$

تولیدکننده کالاهای نهایی

در این مدل، فرض بر این است که یک بنگاه، مجموعه‌ای از کالاهای متفاوت و تا حدی قابل جایگزین را که توسط تولیدکنندگان واسطه ارائه می‌شود، خریداری می‌کند. این کالاها با استفاده از تابع جمع‌گر دیکسیت-استیگلitz^۱، مطابق رابطه (۲۹)، به یک کالای نهایی y_t تبدیل می‌شوند. در این رابطه، θ نشان‌دهنده میزان کشش ثابت جایگزینی بین کالاهای واسطه‌ای است.

$$y_t = \left(\int_0^1 y_{jt} \left(\frac{\theta-1}{\theta} \right) d_j \right)^{\frac{\theta}{\theta-1}} \quad \theta > 1 \quad (29)$$

1. Dixit - Stiglitz

مسئله بهینه‌یابی بنگاه تولیدکننده نهایی به صورت رابطه (۲۹) است.

$$Max_{y_{jt}}: p_t y_t - \int_0^1 P_{jt} y_{jt} d_j \quad (30)$$

با توجه به شرط سود صفر، تابع تقاضا برای محصولات ارائه شده توسط هر یک از بنگاه‌های واسطه و همچنین شاخص قیمت کالای نهایی، مطابق با روابط (۳۱) و (۳۲) تعیین می‌شوند. این روابط نشان‌دهنده تعادل بین عرضه و تقاضا در شرایطی هستند که بنگاه‌ها هیچ سود اقتصادی اضافی کسب نمی‌کنند.

$$y_{jt} = \left(\frac{P_{jt}}{P_t^d} \right)^{-\theta} y_t \quad (31)$$

$$P_t = \left(\int_0^1 P_{jt}^{1-\theta} d_j \right)^{\frac{1}{1-\theta}} \quad (32)$$

تولیدکننده کالاهای واسطه

هر تولیدکننده، کالای واسطه‌ای J را با استفاده از ترکیبی از عوامل تولید شامل سرمایه، نیروی کار و مواد وارداتی تولید کرده و آن را در شرایط رقابت ناقص به فروش می‌رساند (خدادادی و صمصامی، ۱۴۰۳).

$$d_t^m = l_t^m + n_t \quad (33)$$

هر بنگاه برای تأمین بخشی از هزینه‌های نیروی کار، سرمایه و مواد وارداتی، وام‌هایی از بانک دریافت می‌کند. برای در نظر گرفتن هزینه‌های تعدیل قیمت، از مدل روتمبرگ (۱۹۸۲) استفاده می‌شود.

$$y_{jt} = a_t (h_{jt}^{1-\alpha} k_{jt}^\alpha)^{1-\chi} (f_{jt}^m)^\chi \quad (34)$$

در این مدل، h_{jt} نشان‌دهنده ساعات کار، $\alpha \in (0,1)$ و α شوک فناوری را نشان می‌دهد که طبق فرایند زیر رفتار می‌کند:

$$a_t = \rho_a a_{t-1} + (1 - \rho_a) \bar{a} + \varepsilon_{a,t} \quad \varepsilon_{a,t} \approx N(0, \sigma_{\varepsilon_{a,t}}) \text{ و } \rho_a \in (0,1) \quad (35)$$

هر بنگاه J در ابتدای هر دوره، وامی به مقدار l_t^m از بانک دریافت می‌کند و به نسبت ltv^m از هزینه‌های سرمایه، نیروی کار و مواد وارداتی را تأمین مالی می‌کند. مقدار وام دریافتی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$L_{jt}^m \leq ltv^m (p_{jt} r_t^k K_{jt} + p_{jt} w_t h_{jt} + s_t \theta_t^m f_{jt}^m) \quad (36)$$

مطابق با مدل روتمبرگ (۱۹۸۲)، هر بنگاه تولیدکننده کالای واسطه‌ای با هزینه‌های تعدیل زیر مواجه است:

$$pac_t^j = \frac{\phi_P}{2} y_t \left(\frac{p_{jt}}{(\bar{p})_{p_{jt-1}}} - 1 \right)^2 \quad (37)$$

هدف بنگاه، حداکثر کردن مجموع سود واقعی فعلی و آتی است که به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$E_t \sum_{t=0}^{\infty} \left[\lambda_t (\beta^s)^s \frac{\pi_{t+s}^m}{p_{t+s}} \right] \quad (38)$$

در اینجا، تابع سود اسمی به صورت رابطه (39) است.

$$\pi_{jt}^m = P_{jt} Y_{jt} + i_{D,t} D_t^m (1 - \varepsilon^m) - P_t mc_t Y_{jt} - i_{m,t} L_t^m - PAC_t^j \quad (39)$$

و تابع سود واقعی به صورت رابطه (40) بیان می‌گردد.

$$d_{jt}^m = \frac{p_{jt}}{p_t} y_{jt} + r_{d,t} \frac{d_t^m}{\pi_t} (1 - \varepsilon^m) - mc_t y_{jt} - r_{m,t} \frac{l_t^m}{\pi_t} - pac_t^j \quad (40)$$

هزینه‌های مربوط به نظارت، pac_t^j هزینه تعدیل قیمت، $r_{m,t} \frac{l_t^m}{\pi_t}$ هزینه‌های بهره‌ای وام بانکی و mc_t هزینه نهایی بنگاه است. بنگاه تابع سود را با توجه به روابط مذکور، نسبت به سرمایه k_{jt} نیروی کار h_{jt} نهاده‌ی وارداتی f_{jt}^m و p_{jt} حداکثر می‌کند. بهینه‌یابی بنگاه‌ها در دو مرحله انجام می‌شود: مرحله نخست، بهینه‌یابی داخلی است که براساس روابط زیر تعیین می‌شود:

$$w_t = \frac{1-\alpha}{\alpha} r_{k,t} \frac{k_{t-1}}{h_t} \quad (41)$$

$$\theta_t^{fm} = \frac{(1-\alpha)(1-\chi)}{\chi} r_{k,t} \frac{k_{t-1}}{f_t^m} \quad (42)$$

$$mc_t = (1 + ltv^m \cdot r_{m,t}) \frac{1}{\alpha_t} \left(\frac{r_{k,t}}{\alpha} \cdot \frac{w_t^{1-\alpha}}{(1-\alpha)^{1-\alpha}} \right)^{1-\chi} \left(\frac{\theta_t^{fm}}{\chi} \right)^\chi \quad (43)$$

در مرحله دوم، بهینه‌یابی خارجی بنگاه انجام می‌شود. در این مرحله، بنگاه با توجه به ساختار بازار و تقاضای موجود برای محصول آن بنگاه، حداکثرسازی سود را انجام می‌دهد.

بنگاه رقابت انحصاری برای تعدیل قیمت‌ها از روش کالو (1983)، استفاده می‌کند؛ بنابراین، بنگاهی که قیمت خود را تغییر می‌دهد با مسئله روابط زیر مواجه است.

$$\text{Max}_{p_t^d(i)} E_t \sum_{k=0}^{\infty} (\beta_p \gamma)^k \frac{\lambda_{t+k}}{\lambda_t} \left[\frac{p_t^d(i)}{p_{t+k}^d} - mc_{t+k} \right] y_{t+k}(i) \quad (44)$$

$$S.T. \quad y_t(i) = \left(\frac{p_t^d(i)}{p_t^d} \right)^{-\theta} y_t \quad (45)$$

در صورتی که فرض شود قیمت انتخاب شده توسط این واحدها در زمان t معادل p_t^{*d} باشد، شرایط مرتبه اول آن به شکل رابطه (46) خواهد بود (درگاهی و هادیان، 1400).

$$\frac{p_t^{*,d}}{p_t^d} = \left(\frac{\theta}{\theta-1} \right) \frac{E_t \sum_{k=0}^{\infty} (\beta p \gamma)^k \lambda_{p,t+k} \gamma_{t+k} m c_{t+k} \left(\frac{p_{t+k}^d(i)}{p_t^d} \right)^{\theta}}{E_t \sum_{k=0}^{\infty} (\beta p \gamma)^k \lambda_{p,t+k} \gamma_{t+k} \left(\frac{p_{t+k}^d}{p_t^d} \right)^{\theta-1}} \quad (46)$$

بنابراین، شاخص قیمت تولیدکنندگان داخلی (p_t^d) را می‌توان به صورت رابطه (۴۷) نوشت:

$$p_t^d = \left[(1-\gamma)(p_t^{*,d})^{1-\theta} + \gamma(p_{t-1}^d)^{1-\theta} \right]^{\frac{1}{1-\theta}} \quad (47)$$

از ترکیب دو رابطه قبل، منحنی فیلیپس به دست می‌آید که رابطه خطی لگاریتمی شده آن به شکل رابطه (۴۸) است:

$$\hat{\pi}_t^d = \frac{1}{1+\beta} E_t \hat{\pi}_{t+1}^d + \frac{(1-\beta\gamma)(1-\gamma)}{\gamma} \widehat{m}c_t \quad (48)$$

تجارت خارجی

در بخش واردات، انواع مختلفی از کالاها شامل کالاهای مصرفی، سرمایه‌ای و مواد واسطه‌ای توسط شرکت‌ها وارد می‌شوند. از سوی دیگر، صادرات نیز شامل دو بخش عمده، صادرات نفتی و غیرنفتی است.

واردات کالاها

فرض بر این است که در هر دسته از کالاهای وارداتی، تعداد زیادی بنگاه فعال هستند که محصولات متنوعی مانند کالاهای مصرفی (c_t^m)، کالاهای سرمایه‌ای (i_t^m) و نهاده‌های واسطه‌ای (f_t^m) را از بازارهای جهانی با قیمت‌های بین‌المللی $P_t^{*,\Xi}$ خریداری می‌کنند. هزینه نهایی این بنگاه‌ها از ضرب قیمت جهانی کالاها در نرخ ارز محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه برخی از کالاها با نرخ ارز رسمی وارد می‌شوند، برای محاسبه هزینه‌ها از نرخ ارز ترکیبی (S') که میانگینی از نرخ آزاد و نرخ ارز رسمی است، استفاده می‌شود؛ بنابراین، هزینه نهایی کالاهای وارداتی بر اساس قیمت‌های واقعی به صورت رابطه (۴۹) محاسبه می‌شود:

$$m c_t^{\Xi m} = \frac{S_t P_t^{*,\Xi}}{P_t^{\Xi m}} \quad , \quad \Xi = c, i, f \quad (49)$$

سپس، بنگاه‌های واردکننده با تعدیل قیمت‌ها، کالاها را با قیمت ریالی ($P_t^{\Xi m}(i)$) به بنگاه‌های تجمیع‌کننده کالاهای وارداتی عرضه می‌کنند. این بنگاه‌ها نیز با استفاده از تابع دیگسیت-استیگلیتز، کالاهای وارداتی را ترکیب کرده و محصول نهایی را با قیمت ($P_t^{\Xi m}$) به بازار عرضه می‌کنند:

$$\bar{\Xi}_t^m = \left[\int_0^1 (\bar{\Xi}_t^m(i))^{\frac{\theta_{\Xi}-1}{\theta_{\Xi}}} di \right]^{\frac{\theta_{\Xi}}{\theta_{\Xi}-1}}, \quad \Xi = c, i, f \quad (50)$$

مشابه آنچه در مورد بنگاه‌های داخلی بیان شد، بنگاه تجمیع‌کننده کالاهای وارداتی، ترکیب بهینه‌ای از کالاها را انتخاب می‌کند تا سود خود را در رابطه (51) زیر حداکثر کند:

$$Max_{y_t(i)}: p_t^{\Xi m} \bar{\Xi}_t^m - \int_0^1 p_t^{\Xi m}(i) \cdot \bar{\Xi}_t^m(i) di \quad (51)$$

با اعمال شرایط رقابتی و سود صفر، تقاضا برای هر یک از کالاهای وارداتی و همچنین قیمت نهایی کالاهای وارداتی تعیین می‌شود:

$$\bar{\Xi}_t^m(i) = \left(\frac{p_t^{\Xi m}(i)}{p_t^{\Xi m}} \right)^{-\theta_{\Xi}} \bar{\Xi}_t^m \quad (52)$$

$$p_t^{\Xi m} = \left(\int_0^1 \left(p_t^{\Xi m}(i) \right)^{1-\theta_{\Xi}} di \right)^{\frac{1}{1-\theta_{\Xi}}} \quad (53)$$

برای مدل‌سازی تعدیل قیمت کالاهای وارداتی با توجه به تقاضا، از روش کالو (1938) استفاده می‌شود. مشابه بنگاه‌های داخلی، شاخص قیمت $p_t^{\Xi m}$ را می‌توان به صورت روابط زیر بیان کرد:

$$p_t^{\Xi m} = \left[E_t \sum_{k=0}^{\infty} (\beta_p \gamma_{\Xi})^k \frac{\lambda_{t+k}}{\lambda_t} \left[\frac{p_t^{\Xi m}(i)}{p_{t+k}^{\Xi m}} - m c_{t+k}^{\Xi m} \right] \bar{\Xi}_t^m(i) \right] \quad (54)$$

$$S.T. \quad \bar{\Xi}_t^m(i) = \left(\frac{p_t^{\Xi m}(i)}{p_t^{\Xi m}} \right)^{-\theta_{\Xi}} \bar{\Xi}_t^m \quad (55)$$

اگر فرض شود قیمت انتخاب شده توسط این بنگاه‌ها در زمان t برابر با $p_t^{\#, \Xi}$ باشد، شرایط مرتبه اول بهینه‌سازی به صورت رابطه (56) خواهد بود

$$\frac{p_t^{\#, \Xi}}{p_t^{\Xi m}} = \left(\frac{\theta_{\Xi}}{\theta_{\Xi}-1} \right) \frac{E_t \sum_{k=0}^{\infty} (\beta_p \gamma_{\Xi})^k \lambda_{p,t+k} \bar{\Xi}_{t+k}^m m c_{t+k}^{\Xi m} \left(\frac{p_t^{\Xi m}(i)}{p_{t+k}^{\Xi m}} \right)^{\theta_{\Xi}}}{E_t \sum_{k=0}^{\infty} (\beta_p \gamma_{\Xi})^k \lambda_{p,t+k} \bar{\Xi}_{t+k}^m \left(\frac{p_t^{\Xi m}(i)}{p_{t+k}^{\Xi m}} \right)^{\theta_{\Xi}-1}} \quad (56)$$

این رابطه نشان می‌دهد که چگونه بنگاه‌های تنظیم‌کننده قیمت، قیمت‌های خود را نسبت به قیمت‌های جاری بهینه می‌کنند؛ بنابراین، شاخص قیمت $p_t^{\Xi m}$ را می‌توان به صورت رابطه (57) نوشت:

$$p_t^{\Xi m} = \left[(1 - \gamma_{\Xi}) (p_t^{\#, \Xi})^{1-\theta_{\Xi}} + \gamma_{\Xi} (p_t^{\Xi m})^{1-\theta_{\Xi}} \right]^{\frac{1}{1-\theta_{\Xi}}} \quad (57)$$

با ترکیب دو رابطه قبلی، پویایی‌های نرخ تورم وارداتی برای هر گروه کالایی به صورت لگاریتمی خطی به صورت رابطه (58) به دست می‌آید:

$$\hat{\pi}_t^{\Xi m} = \frac{1}{1+\beta_p} E_t \hat{\pi}_t^{\Xi m} + \frac{(1-\beta_p \gamma_{\Xi})(1-\gamma_{\Xi})}{\gamma_{\Xi}} \hat{m} c_t^{\Xi m} \quad (58)$$

صادرات غیر نفتی

فرض بر این است که با توجه به تقاضای بین‌المللی برای محصولات داخلی، بخشی از کالاهای نهایی تولید داخل توسط بنگاه‌های صادراتی با قیمت P_t^d خریداری شده و در بازارهای خارجی با قیمت $(P_t^{*,x})$ به فروش می‌رسند.

$$x_t = \left(\frac{P_t^{*,x}}{P_t^*}\right)^{-\theta_x} y_t^* \quad , \quad x_t = (P_t^{*,x})^{-\theta_x} y_t^* \quad (59)$$

قیمت دلاری کالای صادراتی ایران با توجه به قیمت داخلی آن (P_t^d) و نرخ ارز بازار آزاد (s_t) طبق روابط زیر خواهد بود:

$$P_t^{*,x} = \frac{P_t^d}{s_t} \quad (60)$$

$$\ln \pi_t^* = (1 - \rho_p) \ln \bar{\pi}^* + \rho_p \ln \pi_{t-1}^* + \varepsilon_t^{p*} \quad , \quad \varepsilon_t^{p*} \sim i.i.d. N(0, \sigma_{p^*}^2) \quad (61)$$

$$\ln y_t^* = (1 - \rho_y) \ln \bar{y}^* + \rho_y \ln y_{t-1}^* + \varepsilon_t^{y*} \quad , \quad \varepsilon_t^{y*} \sim i.i.d. N(0, \sigma_{y^*}^2) \quad (62)$$

صادرات نفتی

درآمدهای ارزی ناشی از صادرات نفت خام (Or_t) به‌عنوان یک متغیر برون‌زا در نظر گرفته شده و طبق یک فرایند خودرگرسیون مرتبه اول مدل‌سازی می‌شود:

$$\log or_t = (1 - \rho_{or}) \overline{\log or} + \rho_{or} \log or_{t-1} + u_t^{or} \quad , \quad u_t^{or} \sim N(0, \sigma_{or}^2) \quad (63)$$

تراز تجاری

مطابق رابطه (۶۴)، صادرات خالص غیرنفتی (nx_t^*) به‌عنوان تفاوت بین ارزش صادرات و واردات بر اساس قیمت‌های جهانی بر حسب دلار محاسبه می‌گردد. با اضافه کردن درآمدهای ارزی ناشی از فروش نفت (or_t) ، تراز تجاری کل کشور (z_t^*) بر اساس رابطه (۶۵) تعیین می‌شود. علاوه بر این، ارزش واقعی تراز تجاری که بر حسب واحد پول داخلی بیان می‌شود، در رابطه (۶۶) قابل مشاهده است.

$$nx_t^* = p_t^{*,x} x_t - p_t^{*,m} m_t \quad (64)$$

$$z_t^* = or_t + nx_t^* \quad (65)$$

$$z_t = \frac{s_t z_t^*}{p_t} \quad (66)$$

در رابطه (۶۴)، m_t نشان‌دهنده مجموع وزنی واردات و $p_t^{*,m}$ قیمت موزون واردات بر حسب دلار

است که طبق روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$m_t = c_t^m + i_t^m + f_t^m \quad (67)$$

$$p_t^{*,m} = (p_t^{*,c}) \omega_m^c (p_t^{*,i}) \omega_m^i (p_t^{*,f}) \omega_m^f, \quad \omega_E^{cm} + \omega_E^{im} + \omega_E^{fm} \quad (68)$$

بانک

یک بانک نماینده وجود دارد که به‌عنوان واسطه مالی عمل کرده و سپرده‌های خانوارها (d_t) را جمع‌آوری می‌کند. پس از کسر ذخایر احتیاطی و قانونی به نسبت rr_t ، باقی‌مانده منابع به صورت وام‌های مصرفی (l_t^h) به خانوارها و وام‌های تولیدی (l_t^m) به بنگاه‌ها اعطا می‌شود.

$$\emptyset_t = \left(\frac{\emptyset_{t-1}}{\sigma}\right)^{\rho\phi} \left(\frac{y_t}{y}\right)^{\psi_y\phi} \left(\frac{q_t}{q}\right)^{\psi_q\phi} e^{\varepsilon_t^\phi}, \quad \varepsilon_t^\phi \sim N(0, \sigma_\phi^2) \quad (69)$$

در شرایطی که بانک‌ها با کمبود منابع مالی روبه‌رو شوند، ممکن است بخشی از این کمبود را از طریق دریافت تسهیلات از بانک مرکزی (d_t^c) جبران نمایند. جریان نقدی، وضعیت ترازنامه و سودآوری بانک‌ها مطابق با مدل ارائه‌شده توسط **آنجلینی و همکاران (۲۰۱۴)** در روابط (۷۱)، (۷۲) و (۷۳) تشریح شده است. علاوه‌براین، بانک‌ها موظف هستند بخشی از سپرده‌های مشتریان خود را به‌عنوان ذخیره قانونی نزد بانک مرکزی نگهداری کنند. اگر نرخ ذخیره قانونی در دوره جاری برابر با rr_t باشد، داریم:

$$RR_t = rr_t d_t \quad (70)$$

که در آن RR_t نشان‌دهنده مجموع ذخایر قانونی بانک‌ها نزد بانک مرکزی است.

$$l_t^m + l_t^h + \emptyset_t = (1 - rr_t) d_t + K_t^B + d_t^c \quad (71)$$

$$(72)$$

$$\pi_{B,t} = R_{m,t} L_{m,t} + R_{h,t} L_{h,t} - R_{d,t} D_t - R_{c,t} d_t^c - \frac{\kappa}{2} \left(\frac{k_t^B}{l_t^m} - \overline{car} \right)^2 K_t^B - \frac{\kappa}{2} \left(\frac{k_t^B}{l_t^h} - \overline{car} \right)^2$$

$$L_t = l_t^m + l_t^h \quad (73)$$

فرض می‌شود که معادله تشکیل سرمایه بخش بانکی به‌صورت رابطه (۷۱) است (Gerali et al, 2010).

$$K_t^B = (1 - \delta_{KB}) K_{t-1}^B + \pi_t^B \quad (74)$$

با حداکثر کردن سود بانک با توجه به قید ترازنامه، نرخ‌های سود و وام تعیین می‌شوند.

بانک مرکزی و دولت

بانک مرکزی

پایه پولی واقعی، mb_t ، شامل جمع دارایی‌های خارجی، بدهی دولت به بانک مرکزی و بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی است:

$$mb_t = fr_t + dg_t + d^c_t \quad (75)$$

در اینجا، ذخایر خالص خارجی برابر با انباشت ذخایر دوره قبل به علاوه میزان دلاری است که دولت به دلیل عدم امکان فروش در بازار، به ریال تبدیل می‌کند.

$$fr_t = \frac{fr_{t-1}}{\pi_t} + \omega_{fr}^{or} e_t or_t \quad (76)$$

سیاست‌گذاری پولی و ارزی

سیاست‌گذاری پولی را به صورت صلاح‌دیدگی در نظر گرفته و از روش مرسوم سیاست پولی قاعده‌مند استفاده نکرده‌ایم. این انتخاب با بررسی نحوه سیاست‌گذاری مقامات پولی در کشور انجام شده است؛ زیرا بررسی تاریخچه سیاست‌گذاری پولی کشور حاکی از آن است که طی سالیان گذشته، هیچگاه سیاست‌گذاری از قاعده خاصی پیروی نکرده است و در هر دوره‌ای سیاست‌گذار بسته به نگرش و شرایط اقدام به سیاست‌گذاری پولی کرده است؛ بنابراین توابع هدف‌گذاری تورم و نرخ ارز با در نظر گرفتن اعتبار سیاست‌گذار به صورت روابط زیر تعیین می‌شود.

$$\pi_{Tt} = \rho_p \pi_{Tt-1} + (1 - \rho_p) \Gamma (\pi_{t-1} - \pi_{Tt-1}) \quad (77)$$

$$EX_{et} = \rho_e EX_{et-1} + (1 - \rho_e) \Gamma_e (e_{t-1} - EX_{et-1}) \quad (78)$$

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 اعتبار سیاست‌گذار پولی بالاتر است. 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 برآورد دقیق‌تری از هدف خود داشته باشد. هنگامی که اعتبار سیاست‌گذار بالا باشد عدد اعتبار وی به ۱ نزدیک‌تر بوده و بنابراین تورم هدف به تورم محقق‌شده و نرخ ارز مطلوب به نرخ ارز محقق‌شده نزدیک‌تر خواهد بود. از سوی دیگر Γ نشان‌دهنده مقداری از شکاف است که در هر دوره سیاست‌گذار

تصمیم به کاهش آن می‌گیرد تا مقدار تورم محقق شده را به تورم هدف و نرخ ارز مطلوب را به نرخ ارز محقق شده نزدیک‌تر نماید. مقدار Γ و Γ_e هم دقیقاً بین ۰ و ۱ قرار داشته و برخلاف مقدار ρ_e و ρ_p است. به بیان دیگر ρ_e , ρ_p و Γ و Γ_e برخلاف جهت هم حرکت می‌کنند. به این معنا که هر چه اعتبار سیاست گذار پولی پایین‌تر باشد (یعنی ρ_e و ρ_p به صفر نزدیک‌تر باشند)، مقدار Γ و Γ_e بیشتر خواهند بود (یعنی به یک نزدیک‌تر خواهد بود). بهترین رژیم سیاست ارزی رژیمی است که در آن مقدار ρ_e که مقدار اعتبار سیاست گذار پولی در حوزه ارز است بالا باشد و Γ_e که نشان‌دهنده میزانی از شکاف نرخ ارز مطلوب دوره قبل از نرخ ارز مطلوب محقق شده است، پایین باشد. از طرف دیگر، می‌دانیم که هدف سیاست گذار پولی، کمینه‌سازی تابع زیان با توجه به محدودیت‌های ناشی از ساختار اقتصادی است. به طور کلی، مهم‌ترین متغیرهای اقتصادی که بر سطح رفاه مصرف‌کننده تأثیر می‌گذارند و بانک مرکزی به دنبال هدف‌گذاری و تأثیر بر آنهاست، شامل تورم، شکاف تولید و نرخ ارز می‌شوند. براین اساس، با الهام از مطالعات **بینو و بینو (۲۰۰۶)** و **دی پاولی^۱ (۲۰۰۹)**، تابع هدف بانک مرکزی را به صورت مجذور انحرافات متغیرهای هدف از سطح مطلوب آنها تعریف می‌کنیم.

$$L_t^{CB} = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i [\lambda_{\pi} (\hat{\pi}_{t+i} - \hat{\pi}_{Tt+i})^2 + \lambda_{\gamma} \hat{y}_{t+i}^2 + \lambda_e (\hat{e}_{t+i} - \overline{EX}_{et+i})^2] \quad (79)$$

که در آن L_t^{CB} نشان‌دهنده میزان زیان بانک مرکزی است و λ_{π} , λ_{γ} و λ_e وزن‌هایی را نشان می‌دهد که سیاست گذار برای اهداف خود در نظر می‌گیرد که شامل انحراف تورم از تورم هدف‌گذاری شده، شکاف تولید و شکاف نرخ ارز است. در ادامه با اختصاص وزن‌های مختلف به هر یک از این اهداف بانک مرکزی با در نظر گرفتن سیاست صلاح‌دیدگی توسط سیاست گذار پولی تلاش خواهیم نمود تا حداقل میزان زیان بانک مرکزی را به دست آوریم.

قید بودجه دولت

قید بودجه دولت برحسب ارزش‌های حقیقی به صورت رابطه (۸۰) بیان می‌شود (خدادادی و صمصامی، ۱۴۰۰).

$$g_t = \omega_g^{or} \cdot e_t \cdot or_t + b_t + T_t + dg_t \quad (80)$$

مخارج دولت از دو جزء مخارج جاری و سرمایه‌گذاری تشکیل می‌شود که به صورت روابط (۸۱) و (۸۲) هستند.

$$g_t^c = (1 - \rho_{gc}) \bar{g}^c + \rho_{gc} g_{t-1}^c + \rho_{orc} or_t + u_t^{gc}, \quad u_t^{gc} \sim N(0, \sigma_{gc}^2) \quad (81)$$

$$g_t^k = (1 - \rho_{gk})\bar{g}^k + \rho_{gk} g_{t-1}^k + \rho_{ork} or_t + u_t^{gk}, \quad u_t^{gk} \sim N(0, \sigma_{gk}^2) \quad (82)$$

رابطه مالیات به صورت رابطه (۸۳) است که در آن τ کشش درآمدی مالیات است.

$$T_t = y_t^\tau \quad (83)$$

در صورت بروز تکانه مثبت در مخارج و یا تکانه منفی در درآمد دولت، کسری بودجه (bd_t) روی می‌دهد. در این شرایط، دولت می‌کوشد کسری منابع را با استقرار از مردم و استقرار از بانک مرکزی تأمین کند. در این شرایط، انباشت خالص بدهی دولت به بانک مرکزی برحسب مقادیر حقیقی طبق رابطه (۸۴) خواهد بود:

$$dg_t = (1 - \omega_{bd}^b)bd_t + \frac{dg_{t-1}}{\pi_t} \quad (84)$$

درآمد ریالی حاصل از صادرات نفت خام (or_t) از یک فرایند خودرگرسیون مرتبه اول پیروی می‌کند.

$$\log or_t = (1 - \rho_{or}) \log \bar{or} + \rho_{or} \log or_{t-1} + \varepsilon_t^{or}, \quad \varepsilon_t^{or} \sim N(0, \sigma_{or}^2) \quad (85)$$

شرط تسویه بازار

شرایط تعادل بازار کالا در رابطه (۸۶) بیان شده است. این شرط نشان می‌دهد که مجموع تولید غیرنفتی و درآمد حاصل از فروش نفت، باید با مجموع مصرف، سرمایه‌گذاری، هزینه‌های دولت، صادرات خالص و تمامی هزینه‌های تعدیل (AC_t) برابر باشد.

$$y_t + e_t or_t = c_t + IT_t + g_t + AC \quad (86)$$

حل و تقریب مدل

تعیین مقادیر ورودی و ارزیابی اعتبار مدل

در این مطالعه، با بهینه‌سازی توابع هدف مرتبط با هر یک از بازیگران اقتصادی، مجموعه‌ای از معادلات اقتصادی استخراج شده است. برای خطی‌سازی این معادلات، از رویکرد **اولیگ**^۱ (۱۹۹۹) و بسط تیلور بهره گرفته شده است. در مرحله بعد، به منظور کاهش تعداد مؤلفه‌های قابل برآورد، برخی از آن‌ها با استفاده از اطلاعات اقتصادی ایران در بازه زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۱ تنظیم و کالیبره شده‌اند. نتایج این کالیبراسیون به همراه نسبت‌های تعادلی متغیرها در **جدول (۱)** ارائه شده است.

جدول ۱: حالت پایدار برخی متغیرهای مدل

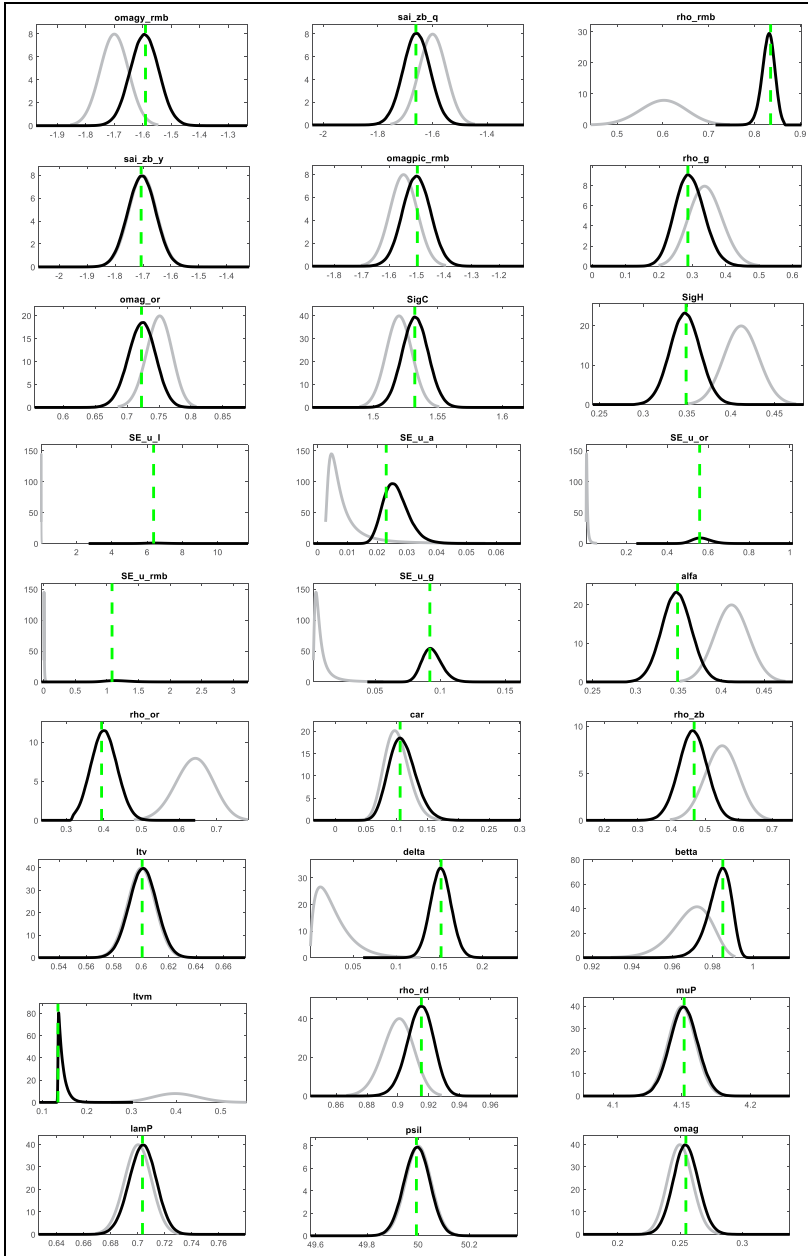
Variable	\bar{y}	\bar{c} \bar{y}	\bar{i} \bar{y}	\bar{m} \bar{y}	\bar{g} \bar{y}	\bar{or} \bar{y}	$\frac{\omega or}{\bar{g}}$	\bar{T} \bar{g}
Steady state value	۱	۰/۵۸	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۶	۰/۱۹	۰/۳۷	۰/۴۵

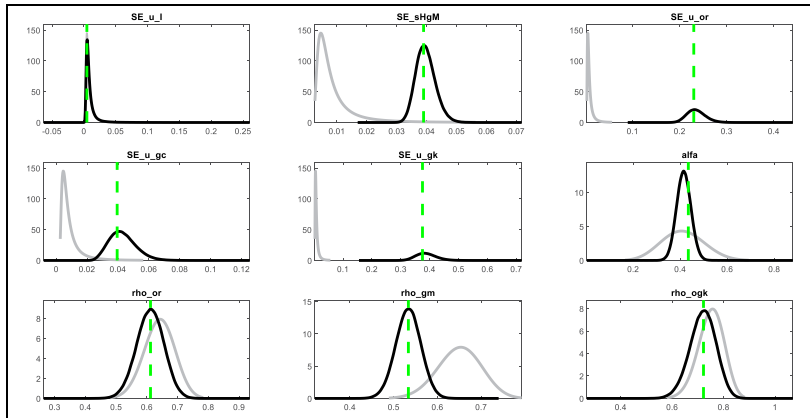
منبع: یافته‌های پژوهش

آزمون اعتبارسنجی مدل

برای تخمین مؤلفه‌های مدل، از روش‌های بیزی و الگوریتم متروپولیس-هستینگز^۱ بهره گرفته شده است. در این فرایند، شش زنجیره موازی با حجم نمونه‌برداری معادل یک میلیون و ششصد و پنجاه هزار برداشت ایجاد شده است تا چگالی پسین مؤلفه‌ها به دست آید. این برآوردها در محیط نرم‌افزار MATLAB و با استفاده از ابزار Dynare انجام شده است. مدل مورد نظر با استفاده از هفت متغیر کلیدی اقتصاد کلان، شامل شکاف تولید ناخالص داخلی، مصرف بخش خصوصی، سرمایه‌گذاری خصوصی، مخارج دولت، نرخ تورم، رشد پایه پولی و نرخ ارز، برآورد شده است. داده‌های مورد استفاده نیز داده‌های فصلی تعدیل‌شده اقتصاد ایران در بازه زمانی مذکور است.

برای ارزیابی اعتبار مدل، مؤلفه‌های منتخب با استفاده از روش‌های بیزی تخمین زده شده‌اند که نتایج آن در بخش پیوست ارائه شده است. نمودارهای مربوط به توزیع پیشین و پسین مؤلفه‌ها در نمودار (۱) نمایش داده شده‌اند. همان‌طور که در این نمودارها مشاهده می‌شود، منحنی‌های توزیع پیشین (به رنگ خاکستری) و پسین (به رنگ مشکی) از یکدیگر متمایزند که نشان‌دهنده قابلیت شناسایی مؤلفه‌ها است. همچنین، انطباق بین مقادیر محاسبه‌شده و حداکثر لگاریتم چگالی پسین، صحت برآوردها را تأیید می‌کند.





نمودار ۱: توزیع پیشین و پسین مؤلفه‌های برآورد شده

منبع: یافته‌های پژوهش

به‌منظور بررسی همگرایی مؤلفه‌ها، از آزمون‌های تشخیصی زنجیره مارکوف مونت کارلو^۱ (MCMC) بروکز و گلمن^۲ استفاده شده است. نتایج این آزمون‌ها به‌صورت نموداری در بخش پیوست ارائه شده و نشان می‌دهد که مؤلفه‌های برآورد شده از پایداری و قابلیت اتکای بالایی برخوردار هستند.

توابع ضربه- واکنش^۳

علاوه‌براین، برای ارزیابی خوبی برازش مدل، رفتار توابع ضربه-واکنش در پاسخ به تکانه‌های مختلف بررسی شده است. در این بخش، با اعمال تکانه‌هایی مانند تغییر در درآمدهای نفتی و بهره‌وری، تأثیرات این شوک‌ها بر متغیرهای کلیدی اقتصاد تحلیل شده است. این تحلیل‌ها به درک بهتر واکنش‌های اقتصادی در برابر تغییرات بیرونی کمک می‌کند.

تحلیل مقایسه‌ای آثار تکانه درآمدهای ارزی نفت

در این قسمت آثار تکانه درآمدهای ارزی نفتی دولت به اندازه یک انحراف معیار (۱۰٪) بر

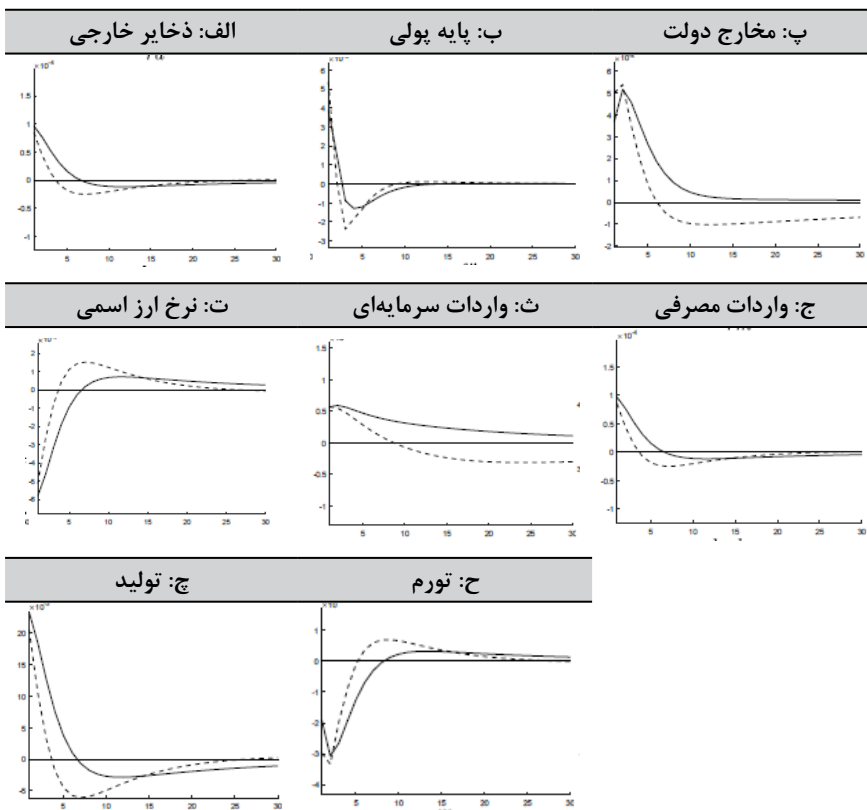
1. Markov Chain Monte Carlo
2. Brooks & Gelman
3. Impulse Response Function

روی متغیرها نشان داده می‌شود. تکانه درآمدهای ارزی نفتی دولت ابتدا باعث می‌شود که تجارت خارجی تحت تأثیر قرار گیرد؛ بنابراین براساس **نمودار (۲)** یک تکانه درآمدهای ارزی نفتی به میزان ۱۰ درصد به سیستم اعمال شده است که در نتیجه آن درآمد دولت زیاد می‌شود. درآمد دولت در این مدل عمدتاً ناشی از فروش نفت است. با افزایش درآمدهای ارزی حاصل از نفت چون بخش عظیمی از این درآمد به بانک مرکزی فروخته می‌شود، باعث افزایش ذخایر خارجی بانک مرکزی و نهایتاً پایه پولی را افزایش می‌دهد، به گونه‌ای که افزایش ۱۰ درصدی درآمدهای ارزی منجر به رشد تقریبی ۶/۵ درصدی خالص دارایی‌های خارجی بانک مرکزی می‌شود که پس از مدتی به سطح تعادلی خود بازمی‌گردد. همزمان، با افزایش خالص دارایی‌های خارجی، پایه پولی به قیمت واقعی نیز به تدریج افزایش یافته و سپس به حالت پایدار قبلی خود می‌رسد. از سوی دیگر، افزایش درآمدهای ارزی موجب بهبود وضعیت بودجه دولت، به‌ویژه بودجه عمرانی می‌شود. همان‌طور که از نمودارها مشخص می‌شود در نتیجه شوک ۱۰ درصدی درآمدهای ارزی نفتی، مخارج عمرانی و مخارج جاری دولت و در نهایت مخارج کل دولت افزایش می‌یابد؛ زیرا در مواقعی که درآمدهای ارزی نفت کاهش می‌یابد دولت ابتدا مخارج عمرانی را کاهش داده و درآمدها را با اولویت بودجه جاری خرج می‌کند و در صورتی که اضافه بماند به بودجه عمرانی اختصاص می‌دهد. افزایش درآمدهای ارزی همچنین تأثیر قابل توجهی بر نرخ ارز اسمی در بازار آزاد دارد. با ورود ارز بیشتر به اقتصاد، دولت توانایی بیشتری برای تأمین ارز در اختیار بانک مرکزی قرار می‌دهد که این امر منجر به بهبود وضعیت ارزی بانک مرکزی و افزایش قدرت آن در کنترل بازار ارز می‌شود. در نتیجه، نرخ ارز اسمی در بازار آزاد کاهش یافته و رشد آن حدود ۴ واحد درصد کمتر می‌شود. این بهبود در وضعیت ارزی، افزایش واردات را نیز به همراه دارد. بر اساس نمودارها، تقاضا برای واردات، اعم از کالاهای مصرفی و سرمایه‌ای افزایش می‌یابد، اگرچه رشد واردات مصرفی (۲ تا ۳ درصد) کمی بیشتر از رشد واردات سرمایه‌ای (حدود ۲/۲ درصد) است. از جنبه تقاضای کل اقتصاد، افزایش درآمدهای ارزی باعث ایجاد شرایط انبساطی می‌شود. این انبساط از طریق افزایش مخارج دولت، گسترش پایه پولی و نقدینگی، و همچنین رشد مصرف خصوصی محقق می‌شود. علاوه بر این، بهبود درآمدهای ارزی تأثیر مثبتی بر سرمایه‌گذاری و اشتغال دارد، به طوری که یک شوک ۱۰ درصدی در درآمدهای ارزی منجر به افزایش سرمایه‌گذاری خصوصی و ایجاد فرصت‌های شغلی بیشتر می‌شود.

در نهایت، این شرایط انبساطی و افزایش سرمایه‌گذاری، کاهش نرخ تورم و رشد تولید غیرنفتی را به همراه دارد. به‌طور خاص، در نتیجه شوک ۱۰ درصدی درآمدهای ارزی، نرخ تورم حدود ۳ واحد

درصد کاهش یافته و تولید غیرنفتی نیز افزایش می‌یابد. این نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت افزایش درآمدهای ارزی بر متغیرهای کلان اقتصادی است.

تکانه درآمدهای ارزی نفتی دولت در دو فرآیند اعتبار بالا و پایین سیاست‌گذار پولی اثر نسبتاً یکسانی بر تمامی متغیرها دارد؛ اما درحالتی که سیاست‌گذار از اعتبار بالایی برخوردار می‌باشد، نوسان نرخ ارز کمتر بوده و زودتر به ثبات می‌رسد. سیکل ایجادشده در تورم هم در هر دو فرآیند به‌طور متوسط بعد از ۳ تا ۷ دوره که با توجه به فصلی بودن داده‌ها به معنای ۵ تا ۷ فصل است، به ثبات می‌رسد.



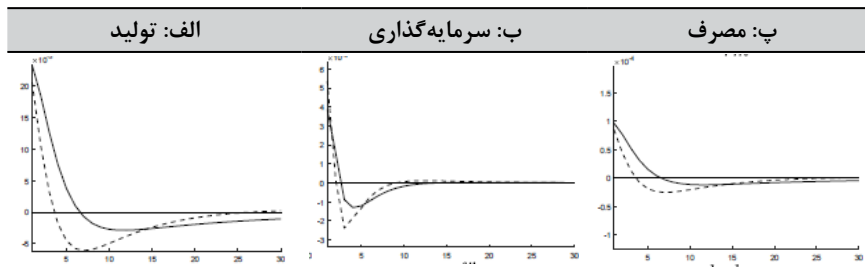
نمودار ۲: توابع عکس‌العمل تکانه درآمدهای ارزی نفت (خط: فرآیند اعتبار پایین، نقطه چین: فرآیند اعتبار بالا)

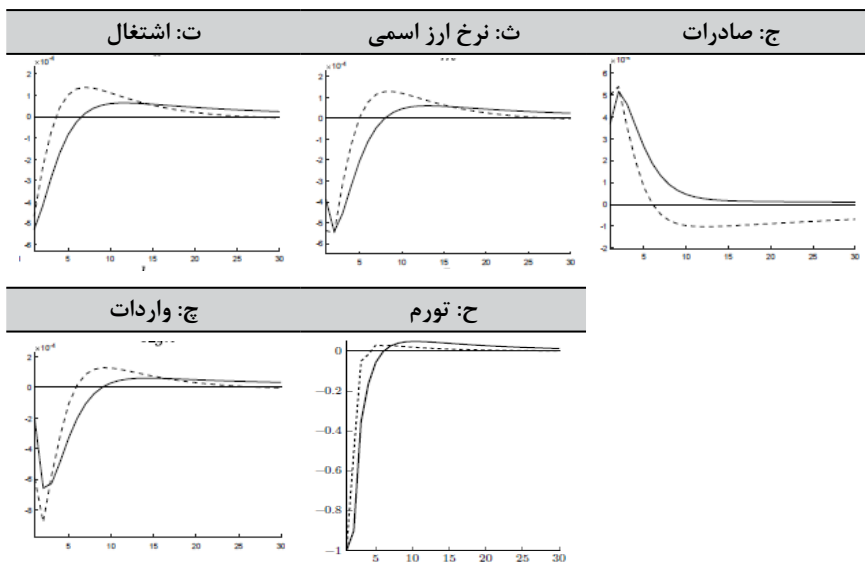
منبع: یافته‌های پژوهش

تحلیل مقایسه‌ای آثار تکانه فناوری

در این قسمت آثار تکانه فناوری به اندازه یک انحراف معیار (۱۰٪) بر روی متغیرها نشان داده می‌شود. بررسی نمودارهای (۳) مشاهده می‌شود که وقوع یک شوک فناورانه تأثیر قابل‌توجهی بر متغیرهای کلیدی اقتصاد دارد. این تکانه موجب افزایش چشمگیر در سطح تولید می‌شود، به طوری که تولید ناخالص داخلی حدود ۲/۲ درصد رشد می‌کند. علاوه بر این، سرمایه‌گذاری نیز به صورت تدریجی و پایدار افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده بهبود شرایط اقتصادی و تقویت ظرفیت‌های تولیدی در بلندمدت است. نهایتاً به دلیل افزایش تقاضای کل در جامعه مصرف نیز حدوداً تا ۰/۸ درصد افزایش می‌یابد. تکانه فناوری موجب کاهش اشتغال شده است. این تکانه همچنین باعث افزایش دستمزد واقعی گردیده است. نرخ تورم نیز در واکنش به تکانه فناوری کاهش و حدود ۰/۹ درصد پایین می‌آید. تکانه فناوری همچنین موجب کاهش رشد نرخ ارز اسمی در بازار آزاد می‌گردد که این امر با نتایج نظریه‌ها که در آن نرخ ارز تابعی از بهره‌وری است، سازگار است؛ بنابراین با افزایش بهره‌وری کشور، رشد نرخ ارز اسمی در بازار آزاد نیز پایین می‌آید. نهایتاً به دلیل تورم پایین و شرایط مساعد ناشی از افزایش بهره‌وری که سرمایه‌گذاری و به تبع آن موجب افزایش صادرات شده، کاهش نرخ ارز اسمی را در بازار تقویت می‌کند. همه این عوامل منجر به بهبود وضعیت نرخ ارز واقعی گردیده به گونه‌ای که قدرت رقابت‌پذیری کشور را افزایش می‌دهد. تکانه فناوری باعث افزایش صادرات غیرنفتی به دلیل توسعه تولیدات داخلی و افزایش قدرت رقابت‌پذیری کشور می‌گردد. از سوی دیگر واردات نیز کاهش می‌یابد.

در حالت کلی می‌توان گفت که در این حالت نیز با نوسان ایجاد شده در متغیرهای کلیدی الگو درحالی‌که اعتبار سیاست‌گذار پولی بالاست، نوسان کمتری را چه در هنگام افزایش و چه در زمان کاهش ایجاد کرده است.





نمودار ۳: توابع عکس‌العمل تکنانه فناوری (خط: فرآنامه اعتبار پایین، نقطه چین: فرآنامه اعتبار بالا)
منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۲): تابع زیان با ضرایب مختلف به اهداف متفاوت بانک مرکزی

$\lambda_\pi = 1$	$\lambda_\pi = 0.5$	$\lambda_\pi = 1$	$\lambda_\pi = 0.5$	$\lambda_\pi = 1$	ضرایب تابع زیان
$\lambda_y = 0.5$	$\lambda_y = 0.5$	$\lambda_y = 0.5$	$\lambda_y = 1$	$\lambda_y = 1$	
$\lambda_e = 1$	$\lambda_e = 1$	$\lambda_e = 0.5$	$\lambda_e = 0.5$	$\lambda_e = 1$	
۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۴۷	فرآنامه اعتبار پایین
۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۶۱	فرآنامه اعتبار بالا

منبع: یافته‌های پژوهش

بررسی تأثیر وزن‌های مختلف بر ضرایب اهداف بانک مرکزی در تابع زیان حاکی از آن است که زمانی که سیاست‌گذار پولی بیشترین اهمیت را به کاهش شکاف نرخ ارز اختصاص می‌دهد، میزان زیان بانک مرکزی کاهش می‌یابد. در فرآنامه‌های اعتبار پایین و بالای سیاست‌گذار، این زیان به ترتیب برابر با ۰/۰۰۲۲ و ۰/۰۰۳۴ است. این موضوع احتمالاً به ساختار نفتی اقتصاد ایران مرتبط است،

چراکه نوسانات قیمت نفت از مسیر بودجه دولت هم بر نرخ ارز تأثیر می‌گذارد و هم از طریق کسری بودجه، پایه پولی و تورم را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ بنابراین، با اولویت‌دهی بیشتر به نرخ ارز، بانک مرکزی عملاً بسیاری از متغیرهای کلیدی اقتصاد را به‌طور مؤثر مدیریت می‌کند. کمترین مقدار تابع زیان در فرآیند اعتبار پایین سیاست‌گذار، پس از نرخ ارز، زمانی مشاهده می‌شود که بانک مرکزی وزن بیشتری به شکاف تورم اختصاص می‌دهد. در این حالت، مقدار تابع زیان به $0/0\cdot21$ کاهش می‌یابد. این نتیجه چندان غیرمنتظره نیست، از سوی دیگر، کمترین میزان زیان بانک مرکزی در فرآیند اعتبار بالای سیاست‌گذار، زمانی حاصل می‌شود که وزن بیشتری به شکاف تولید داده می‌شود. در این شرایط، مقدار زیان به $0/0\cdot30$ می‌رسد. با توجه به این یافته‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که سیاست بهینه پولی می‌تواند بسته به سطح اعتبار سیاست‌گذار در جوامع مختلف، متفاوت باشد. این موضوع نشان می‌دهد که انتخاب وزن‌های مناسب برای اهداف بانک مرکزی باید با در نظر گرفتن شرایط خاص اقتصادی و ساختارهای حاکم بر آن انجام شود.

خلاصه و نتیجه‌گیری

در این مطالعه یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی برای اقتصاد ایران تصریح شده است. بعد از آن ابتدا لگاریتم - خطی شده و مؤلفه‌های مدل با استفاده از داده‌های فصلی تعدیل شده اقتصاد ایران طی دوره ۱۴۰۱-۱۳۷۰ و با به‌کارگیری روش بیزی و الگوریتم متروپلیس هستینگز برآورد شده است. برآورد مدل در فضای برنامه dynare تحت نرم‌افزار MATLAB صورت گرفته است. با استفاده از نتایج حاصل از برآورد مؤلفه‌ها مدل حل و شبیه‌سازی گردیده و بر اساس آن آثار تکانه ارزی بر متغیرهای کلان بررسی شد. در این مطالعه نتایج شبیه‌سازی برای یک تکانه مثبت ۱۰ درصدی درآمدهای ارزی نفت و فناوری برآورد و گزارش شده است. خلاصه یافته‌ها به شرح زیر است: در این مدل، سازوکار تأثیرگذاری درآمدهای نفتی از دو مسیر اصلی صورت می‌گیرد: نخست، از طریق تغییر در خالص دارایی‌های خارجی بانک مرکزی که بر پایه پولی و حجم نقدینگی اثر می‌گذارد، و دوم، از طریق تغییر در درآمدهای نفتی دولت که مخارج دولتی، به‌ویژه هزینه‌های عمرانی را تحت تأثیر قرار داده و تقاضای کل اقتصاد را تحریک می‌کند.

با افزایش درآمدهای ارزی، خالص دارایی‌های خارجی بانک مرکزی حدود $0/9$ درصد رشد می‌کند و پس از مدتی به سطح تعادلی خود بازمی‌گردد. این تغییرات به دنبال خود افزایش پایه پولی به قیمت واقعی را به همراه دارد، به طوری که پایه پولی تا $5/4$ درصد افزایش یافته و سپس به سرعت کاهش

یافته و به حالت پایدار قبلی بازمی‌گردد. از سوی دیگر، افزایش درآمدهای نفتی موجب رشد مخارج دولت، به‌ویژه هزینه‌های عمرانی، به میزان تقریبی ۴/۵ درصد می‌شود. با افزایش درآمدهای ارزی ناشی از فروش نفت، تقاضا در اقتصاد اعم از بخش دولتی و واردات کالاها و خدمات، و همچنین از طریق گسترش پایه پولی و حجم نقدینگی، روندی انبساطی به خود گرفته است. این شرایط منجر به رشد تدریجی مصرف بخش خصوصی به میزان حدود ۹ درصد بر حسب قیمت‌های واقعی شده است. بروز یک تکانه فناوری به اندازه ۱۰ درصد، منجر به رشد تولید و سرمایه‌گذاری در اقتصاد می‌شود. در این شرایط، تولید ناخالص داخلی حدود ۲/۲ درصد افزایش می‌یابد، درحالی‌که سرمایه‌گذاری نیز به مرور زمان روند صعودی پیدا می‌کند. این افزایش در تولید و سرمایه‌گذاری، به دلیل گسترش تقاضای کل در جامعه، باعث رشد مصرف به میزان ۰/۸ درصد می‌شود. تکانه بهره‌وری همچنین موجب کاهش رشد نرخ ارز اسمی در بازار آزاد می‌گردد که این امر با نتایج نظریه‌ها که در آن نرخ ارز تابعی از بهره‌وری است، سازگار است. نهایتاً به دلیل تورم پایین و شرایط مساعد ناشی از افزایش بهره‌وری که سرمایه‌گذاری و به تبع آن موجب افزایش صادرات و کاهش واردات شده، کاهش نرخ ارز را در بازار تقویت می‌کند. با بررسی توابع ضربه واکنش برای متغیرهای کلیدی الگو نسبت به تکانه درآمدهای ارزی نفتی دولت و بهره‌وری تحت دو فرمانه اعتبار پایین و بالای سیاست‌گذار پولی به این نتیجه رسیدیم که زمانی که سیاست‌گذار پولی از اعتبار لازم برخوردار باشد، کارگزاران اقتصادی آثار تکانه‌ها را موقت تلقی کرده و تصمیمات خود را به آن گره نمی‌زنند؛ بنابراین حتی اگر سیاست‌گذار، سیاست خاصی را جهت کاهش نوسانات تکانه‌ها اتخاذ نکند، آثار تکانه‌ها سریع‌تر تخلیه می‌شوند و متغیرها زودتر از زمانی که اعتبار سیاست‌گذار پولی پایین است، به ثبات می‌رسند.

اظهاریه و قدردانی

در پایان نویسنده بر خود لازم می‌داند که از سردبیر محترم پژوهشنامه اقتصاد و برنامه‌ریزی و داوران برای بهبود و رونق بخشیدن به متن مقاله قدردانی نمایند.

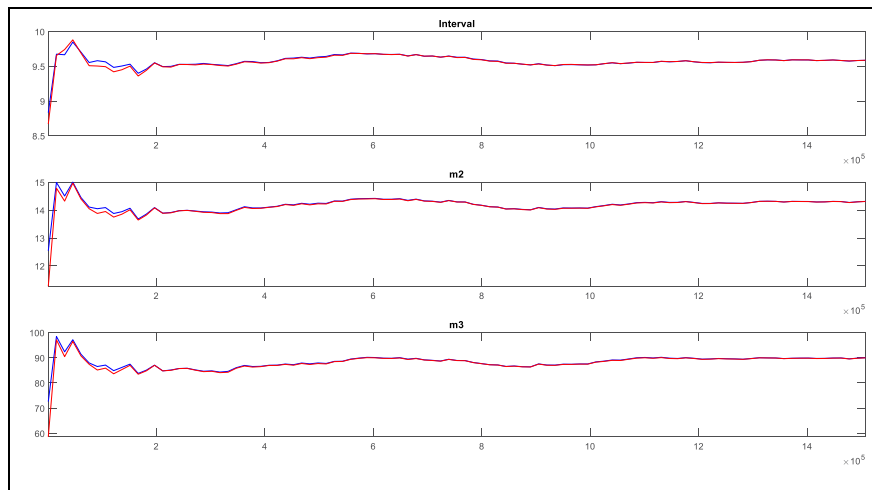
منابع

- Aboyitungiye, B., & Mathu, M. (2024). Monetary policy credibility and economic growth: A comparative analysis of COMESA and ECOWAS countries. *Journal Ekonomi Pembangunan*, 24(2). <https://doi.org/10.23917/jep.v24i2.23113>
- Agenor, P. R., Alper, K., & daSilva, L. A. P., (2014). Sudden Floods, Macroprudential

- Regulation and Stability in an Open Economy. *Journal of International Money and Finance*. vol. 48, issue PA, 68-. <http://doi.org/HYPERLINK> "<https://econpapers.repec.org/scripts/redir>.
- Angelini, P, S. Neri and F. Panetta (2014), "The Interaction between Capital Requirements and Monetary Policy", *Journal of Money, Credit and Banking*, 46(6), 1073-1112.
- Benigno, G., & Benigno, P. (2006). Designing targeting rules for international monetary policy cooperation. *Journal of Monetary Economics*, 53(3), 473-506. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2005.03.009>
- Bordo, M., & Siklos, P. (2014). Central bank credibility, reputation & inflation targeting in historical perspective. *National Bureau of Economic Research*. <https://doi.org/10.3386/w20287>
- Brunner, K. (1983). Has monetarism failed? *Cato Journal*, 3(1), 23–62.
- Calvo, G. A. (1983). Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of monetary Economics*, 12(3), 383-398
- Caputo, R., & Pedersen, M. (2020). The Evolving Dynamics of Real Exchange Rates: The Influence of Central Bank Policy Preferences. *Economic Modelling*, 90, 445-464. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2019.11.029>
- Carriere, S., Bertrand, G., & Nicolas, M. (2016). Monetary policy credibility and exchange rate pass-through. IMF Working Papers, 2016 (240). <https://doi.org/10.5089/9781475560312.001>
- Carriere-Swallow, Y., Gruss, B., Magud, N. E., & Valencia, F. (2016). Monetary policy credibility and exchange rate pass-through. International Monetary Fund. <https://doi.org/10.5089/9781475560312.001>
- Cukierman, A. (1986). Central bank strategy, credibility, and independence: Theory and evidence. MIT Press
- De Paoli, B. (2009). Monetary policy and welfare in a small open economy. *Journal of international Economics*, 77(1), 11-22. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2008.09.007>
- Efani, A., & Taleb Bidakhti, A. (2018). Investigating the role of credit and credibility of monetary policymaker on financial stability in the Iranian economy. *Quarterly Journal of Economic Research and Policies*, 26(85), 219-241. (In Persian).
- Gerali, A., Neri, S., Sessa, L., & Signoretti, F. M. (2010). Credit and banking in a DSGE model. *Journal of Money, Credit and Banking*, 42, 107-141. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4616.2010.00331.x>
- Grace, R. (2022). The economics of full reserve banking: Recent developments and critiques (Master's thesis, University of Cape Town). <https://doi.org/hdl.handle.net/11427/37783>
- Hadian, M., & Dargahi, H. (2021). Macroeconomic effects of current and development expenditures of the government in Iran: DSGE approach. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 8(1), 241-272. <https://doi.org/10.22034/eoj.2021.42007.2744>
- Jafari Samimi, A., & Hanjari, S. (2008). Inflation targeting: Its effect on the inflation process in different countries of the world. *Journal of Financial Studies*, 1.
- Khodadadi, F. and Samsami, H. (2024). Exploring the Impact of Shocks on Welfare Loss in Fractional and Full Reserve Banking: DSGE approach. *Stable Economy Journal*, 5(2), 21-53. <https://doi.org/10.22111/sedj.2024.47990.1448>
- Levieuge, G., Lucotte, Y., & Ringuedé, S. (2018). Central Bank Credibility and the Role of Expectations: Insights from a Novel Credibility Index. *Review of World Economics (Weltwirtschaftliches Archiv)*, 154(3), 493-535. <https://doi.org/10.1007/s10290-018-0308-6>
- Mahmoudinia, D., & Abdolahi Nasab, F. (2024). The impact of central bank independence and preferences on inflation targeting in rule-based and discretionary monetary policy

- approaches. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 10(4), 235-276. <https://doi.org/10.22034/ejoj.2024.54640.3144>. (In Persian)
- Mishkin, F. (2005). Is Financial Globalization Beneficial?, NBER Working Papers 11891, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Montes, E. C., & Curi, A. (2018). The role of central bank credibility in the conduct of monetary policy under inflation targeting: Evidence from Brazil. *Journal of Monetary Economics*, Vol 12(3), 383-398
- Park, K. (2023). Central bank credibility and monetary policy. *International Journal of Central Banking*, 19(2), 145-197. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3306035>
- Park, Kwangyong (2019). Uncertainty, Attention Allocation and Monetary Policy Asymmetry," Working Papers 2019-5, Economic Research Institute, Bank of Korea.
- Rotemberg, J. J. (1982). Monopolistic price adjustment and aggregate output. *The Review of Economic Studies*, 49(4), 517-531
- Taghinezhad Omran, V., Ehsani, M. A., & Rezaee, M. (2018). An assessment of monetary policy credibility in Iran. *Macroeconomics Research Letter*, 13(25), 39-63. <https://doi.org/10.22080/iejm.2018.2033> (In Persian).
- Taylor, J. B. (2019). Inflation targeting in high inflation emerging economies: Lessons about rules and instruments. *Journal of Applied Economics*, 22(1), 103-116. <https://doi.org/10.1080/15140326.2019.1565396>
- Uhlig, H. (1999). A toolkit for analyzing nonlinear dynamic rational expectations models easily. In *Computational Methods for the Study of Dynamic Economics* (Vol. 1995-97). <https://doi.org/10.1093/0199248273.003.0003>
- Veisi, N., Makhmali, H., & Kamali, P. (2019). The impact of inflation targeting policy on currency management in developing countries. *Journal of Strategic Management Studies*, 10(38), 207-235. 20.1001.1.22286853.1398.10.38.9.5
- Yazdani, M., Dargahi, H., & Akbari Afrouzi, R. (2017). Inflation targeting with emphasis on real exchange rate in Iran's economy. *Iranian Journal of Economic Research*, 22(72), 151-186. <https://doi.org/10.22054/ijer.2017.8295>.

پیوست:



نمودار ۱: آزمون تشخیصی چندمتغیره بروکز و گلמן

منبع: یافته‌های پژوهش

نحوه ارجاع به مقاله:

خدادادی، فریده (۱۴۰۳). ارزیابی اثر اعتبار سیاست‌گذار پولی بر متغیرهای کلان اقتصادی: رهیافت DSGE. پژوهشنامه اقتصاد و برنامه‌ریزی، ۲۹(۴)، ۹۵-۱۲۹.

Khodadadi, F.(2024) Evaluating the Effect of Credibility of the Monetary Policy Maker on Macroeconomic Variables: A DSGE Approach . *Economic and Planning Research*, 29(4). 95-129.

DOI: <https://doi.org/10.52547/jpbud.29.4.95>

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Planning and Budgeting. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

