



نقش پویایی‌های نرخ تورم در سیاست پولی ایران: یک مدل DSGE

یوسف حیاتی^۱

کیومرث سهیلی^۲

علیرضا عرفانی^۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۱۸

چکیده

این مقاله به بررسی معیاری از نرخ تورم پرداخته است که بانک مرکزی بایستی برای کنترل تورم نسبت به آن واکنش نشان دهد. در قالب یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی و با استفاده از قاعده مک کالم و در نظر گرفتن اقتصاد ایران به عنوان اقتصادی کوچک که در آن بانک مرکزی نسبت به نوسان‌های شکاف میان تولید و تورم (شامل تورم کالاهای مبادله‌ای، تورم کالاهای غیرمبادله‌ای و تورم کلی اقتصاد) واکنش نشان می‌دهد چهار مدل تعادل عمومی پویای تصادفی برآورد که در سه الگو بانک مرکزی نسبت به هر یک از معیارهای تورم واکنش داشته و در مدل چهارم بانک مرکزی هیچ قاعده سیاستی ندارد، بررسی شده است. با استفاده از داده‌های فصلی در دوره ۱۳۹۵ - ۱۳۶۸، نتایج حاصل از برآورد مدل نشان می‌دهد که بانک مرکزی ایران نسبت به نرخ تورم غیرمبادله‌ای واکنش نشان می‌دهد. همچنین با استفاده از تحلیل واریانس و معرفی تابع زیان برای بانک مرکزی، به این نتیجه رسیده‌ایم که حداقل کردن تابع زیان مستلزم واکنش بانک مرکزی نسبت به نرخ تورم کلی در اقتصاد است.

واژه‌های کلیدی: نرخ تورم، سیاست پولی، قاعده مک کالم، مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی.

طبقه بندی JEL: E31, E32, E42, E52

۱- دانشجوی دکتری دانشکده اقتصاد و مدیریت اداری دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. Hayati.yousef@yahoo.com

۲- دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. (نویسنده مسئول) gsohily@yahoo.com

۳- دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. aerfani@semnan.ac.ir

۱- مقدمه

بررسی، تحلیل و ارزیابی قواعد سیاستی پولی و مالی از مهمترین نیازهای سیاست‌گذاری در طراحی و اتخاذ سیاست‌های متناسب با شرایط اقتصادی است. قواعد سیاستی موردنیاز، اگر به صورت یک مقدار ثابت برای ابزار سیاست‌گذاری اجرا شود (همانند نرخ رشد ثابت عرضه پول که از سوی فریدمن ارائه شد) نمی‌تواند برای کنترل نوسان‌های اقتصادی مفید واقع شود، لذا لازم است ابزار سیاست‌گذاری نسبت به تغییرات در سطح قیمت‌ها و یا درآمد حقیقی از خود واکنش داشته باشد. یک قاعده سیاستی در قالب برنامه‌ای برای آینده ارائه می‌شود که برای یک دوره زمانی مشخص ادامه خواهد یافت. آنچه در عمل مشاهده می‌شود این است که با توجه به نوسان‌های اقتصادی در هر برهه اقتصادی، هیچ قاعده سیاستی وجود ندارد که برای همیشه و بدون تغییر از سوی سیاست‌گذار ادامه یابد. لذا در ادبیات موجود منظور از قواعد سیاستی، روشی است که سیاستگذار حداقل برای یک دوره آن را مورد اجرا قرار داده و از طریق آن به دنبال محقق کردن یک یا چند هدف خود بوده است.

قاعده پولی از مهمترین سیاست‌های اقتصادی است که در واقع حرکت بانک مرکزی به سمت تحقق اهداف نهایی را نشان می‌دهد. هدف اولیه قواعد سیاست پولی تشریح مسیر زمانی ابزار پولی مورد استفاده است که این مسیر بستگی به میزان نوسان متغیرهای کلان اقتصادی دارد و واکنش به این نوسان‌ها، مقدار ابزار بر اساس قاعده مورد استفاده تعیین می‌شود. قواعد سیاست-گذاری پولی به دو منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک مورد استفاده، ایجاد یک بسته هدایتی در تعیین میزان ابزار در طول یک دوره مشخص است؛ مهمترین انگیزه سیاست‌گذار پولی تعیین ابزار به میزانی است که حداقل مقدار تورم را به همراه داشته باشد و در کنار آن بتواند حداقل میزان نوسان در اقتصاد را به ارمغان بیاورد. دومین مورد استفاده، شناخت سیاست‌گذار از رفتار خود در گذشته است؛ با تبیین رفتار گذشته این امکان برای سیاست‌گذار پدید می‌آید تا نسبت به انحراف از اهداف خود یک قضاوت دقیق داشته و در نتیجه نسبت به تصحیح ابزار خود به نحوی اقدام نماید تا به هدف اولیه نزدیک شود.

به منظور استفاده از دو مورد فوق، سیاست‌گذار لازم دارد تا با بررسی داده‌ها اولاً نسبت به تصریح فرم تبعی قاعده مورد استفاده خود اقدام نموده و ثانیاً این بررسی را انجام دهد که آیا با تغییر قاعده می‌تواند به اهداف خود نزدیک‌تر شود. به منظور تصریح فرم تبعی قاعده، ابتدا باید محیط اقتصادی کشور و ساختار نهادی که بانک مرکزی در آن قرار گرفته است مشخص گردد. کشورهای نظیر اقتصاد ایران به صورت یک اقتصاد باز کوچک هستند که نه تنها تابعی از پارامترهای سیاستی داخل کشور بوده بلکه از جریان متغیرهای بخش خارجی نیز تاثیرپذیری دارند.

در یک چنین اقتصادی، جریان مبادله خارجی نقش تعیین کننده‌ای در رفتار متغیرهای کلان اقتصادی از جمله تورم دارد. بر این اساس تورم کل اقتصاد از میانگین تورم سه بخش مختلف نشأت می‌گیرد: تورم کالاهای مبادله‌ای تولید داخل، تورم کالاهای غیرمبادله‌ای و تورم کالاهای مبادله‌ای وارداتی. با توجه به این سه منشا مختلف، بانک مرکزی با دو سوال مواجه است: اول این‌که در گذشته کدامیک از نرخ‌های تورم فوق‌الذکر در قاعده پولی بانک مرکزی قرار داشته‌اند؟ دوم این‌که بانک مرکزی باید به کدام نرخ تورم واکنش نشان دهد؟

به منظور پاسخ به سوال اول لازم است که با استفاده از یک الگوی اقتصادی مشخص و داده‌های موجود، قواعد پولی مختلف که بر اساس آن‌ها بانک مرکزی می‌تواند به معیارهای مختلف تورم واکنش نشان دهد، تصریح و برآورد شده تا رفتار گذشته بانک مرکزی مشخص شود. همچنین به منظور پاسخ به سوال دوم باید دید بر اساس قواعد بهینه، واکنش به کدام نرخ تورم می‌تواند یک سیاست بهینه برای سیاست‌گذار پولی تلقی شود. به منظور پاسخ به این دو سوال، در مقاله حاضر سعی شده است با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی، تصریح‌های مختلفی برای قاعده سیاستی بانک مرکزی مشخص و سپس با برآورد و آزمون‌های آماری موجود ملاحظه کرد که کدام قاعده نشان دهنده واکنش بانک مرکزی به نوسان‌های اقتصادی است. در مرحله دوم با بیان معیار بهینه، به بررسی این موضوع می‌پردازیم که واکنش به کدام نرخ تورم در یک اقتصاد باز می‌تواند تحقق اهداف بانک مرکزی را برآورده نماید.

بدین منظور مطالعه حاضر در پنج بخش تنظیم شده است. بخش دوم به بررسی پیشینه پژوهش، بخش سوم به ارائه الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی برای یک اقتصاد باز، بخش چهارم به برآورد الگو و بررسی بهینگی قواعد سیاستی و بخش پنجم به بحث و نتیجه‌گیری پرداخته است.

۲- پیشینه پژوهش

برومند و دیگران (۱۳۹۸) با هدف بررسی اثر شوک‌های خارجی شامل شوک‌های قیمت نفت، نرخ ارز و تورم جهانی بر متغیرهای کلان اقتصادی و همچنین بررسی اثر این شوک‌ها بر رفاه اجتماعی در ایران به عنوان یک اقتصاد باز کوچک صادرکننده نفت، یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی برآورد کرده‌اند. یافته‌های اصلی نشان می‌دهد که قاعده تورم هسته، بهترین قاعده پولی برای ایجاد ثبات هم در تولید و هم در تورم می‌باشد.

عرفانی و دیگران (۱۳۹۷) در مدل خودبه ارزیابی عملکرد تثبیت‌سیاست‌ترکیبی پولیو کلان احتیاطی در اقتصاد ایران پرداخته‌اند. نتایج حاصل از مقایسه عملکرد قواعد سیاستی، نشان داد که به دنبال وقوع تکانه مالی انبساطی، نظام سیاست کلان احتیاطی که در آن از هر دو ابزار سیاست پولی

و ابزار کلان احتیاطی برای مقابله با رشد بیش از حد اعتبارات استفاده می‌شود، موجب کاهش قابل توجه در پاداش تأمین مالی بیرونی بنگاه شده و از این رو، به تلاطم کمتری در متغیرهای اقتصاد از جمله تورم و تولید، منجر می‌شود.

کاوینانی و دیگران (۱۳۹۷) در تحقیق خود به شبیه‌سازی تأثیر شوک‌های پایه پولی و سرمایه‌گذاری بر بازده قیمتی سهام شرکت‌ها از طریق مدل تعادل عمومی تصادفی پویا (DSGE) و با لحاظ کردن برخی از واقعیات مشاهده شده در اقتصاد ایران پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که شوک پایه پولی ابتدا بر بازده قیمتی سهام شرکت‌ها تأثیر مثبت دارد و سپس در دوره‌های بعدی با کاهش این شوک به حالت تعادلی و پایدار خود بر می‌گردد. همچنین شوک سرمایه‌گذاری به علت عرضه بیشتر سهام شرکت‌ها در بازار سرمایه ابتدا بازده قیمتی سهام را کاهش می‌دهد زیرا سهام بیشتری در بازار عرضه می‌گردد، اما در دوره‌های بعدی قیمت سهام بعلاوه سودآوری مورد انتظار این سرمایه‌گذاری‌ها افزایش یافته و متعاقباً بازده قیمتی افزایش می‌یابد.

زهایی و دیگران (۱۳۹۶) در مطالعه خود به بررسی قاعده بهینه سیاست پولی با وجود حساب جاری و نوسان‌های نرخ ارز پرداخته‌اند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که قاعده سیاستی بهینه در مواجهه با تکانه درآمد نفتی و تکنولوژی به ترتیب شامل قاعده مبتنی بر نرخ ارز و مبتنی بر قاعده اکید تورم است.

تقی‌پور و اصفهانیان (۱۳۹۵) در مطالعه خود ضمن تبیین رفتار ادوار تجاری درآمدهای نفتی، ارتباط آن با برخی متغیرهای کلان اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس نتایج این مطالعه، افزایش درآمدهای نفتی موجب افزایش تولید، مصرف، اشتغال و سرمایه‌گذاری خصوصی شده است ولی موجب افزایش تورم شده که به دلیل آن دستمزد حقیقی کاهش می‌یابد.

فرازمند و دیگران (۱۳۹۲) در مطالعه خود به بررسی تعیین قواعد سیاست پولی و مالی بهینه پرداخته‌اند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از قواعد بهینه پولی و مالی باعث بهبود وضعیت مسیر متغیرهای کلان اقتصادی شده به نحوی که می‌توان به مهار تورم پرداخت.

آدولفسون و دیگران (۲۰۱۴) در مطالعه خود به بررسی بحث مبادله قاعده سیاست پولی در یک اقتصاد باز پرداخته‌اند. مبادله مربوطه بر اساس بحث تثبیت تورم CPI و سایر معیارهای شکاف تولید برای کشور سوئد می‌باشد. مهم‌ترین نتیجه این مطالعه این است که مبادله میان تثبیت تورم CPI و شکاف تولید قویاً وابسته به مفهوم تولید بالقوه مورد استفاده در شکاف تولید قاعده پولی و آنچه در تابع زیان مورد استفاده قرار می‌گیرد، دارد.

جاستینانو و دیگران (۲۰۱۳) به بررسی تثبیت تورم و تولید در آمریکا با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که شکاف میان تولید

بهینه و تولید بالقوه در حالت انعطاف کامل دستمزدها نزدیک به یکدیگر هستند. بر این اساس و با توجه به داده‌های تاریخی، یافته آن‌ها نشان می‌دهد که قاعده پولی مورد استفاده بانک مرکزی بر مبنای نرخ بهره بوده اما با معیار بهینگی فاصله داشته و کارآمد نبوده است.

دوئیگر و دیگران (۱۹۹۶) در مطالعه خود به بررسی هدف‌گذاری تورم برای سوئیس به عنوان یک اقتصاد باز کوچک پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که سیاست پولی در سوئیس باید در طول ادوار تورمی به صورت انقباضی شدید عمل نماید تا بتواند معیارهای هدف تورمی بانک مرکزی این کشور را تامین نماید.

۳- مدل

الگوی مورد استفاده در این مطالعه یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی برای یک اقتصادباز است که شامل سه بخش خانوار، بنگاه و سیاست‌گذاران مالی و پولی است. معادلات ساختاری تشکیل دهنده سیستم الگو از استخراج روابط پویای هر بخش و بر اساس اهداف و قیود مقابل هر واحد مشخص می‌شود. به دلیل این که الگو به صورت یک اقتصاد باز است لذا خانوارها این امکان را دارند تا هم از کالاهای تولید داخل و هم از کالاهای وارداتی استفاده کنند. بنابراین کالاها به دو دسته کالاهای قابل تجارت (مبادله‌ای) و کالاهای غیرقابل تجارت (غیر مبادله‌ای) تقسیم می‌شوند. با توجه به این تفکیک کالایی، بنگاه‌های این الگو نیز به سه دسته تقسیم می‌شوند: بنگاه‌های تولیدکننده کالاهای مبادله‌ای تولید داخل، بنگاه‌های تولیدکننده کالاهای غیر مبادله‌ای داخلی و بنگاه‌های واردکننده کالاهای مبادله‌ای تولید خارج. بر این اساس چهار معیار تورمی در این مدل قابل مشاهده است: تورم کالاهای مبادله‌ای تولید داخل، تورم کالاهای غیرمبادله‌ای تولید داخل، تورم کالاهای مبادله‌ای تولید خارج (کالاهای وارداتی) و تورم کلی اقتصاد که میانگین وزنی سه تورم قبلی است. بنابراین اولین سوال مقابل بانک مرکزی این است که به کدام شاخص تورم واکنش داشته باشد.

به منظور بررسی واکنش بانک مرکزی، ابتدا در قالب یک قاعده پولی از نوع مک‌کالم، قواعد پولی مختلف تصریح و با استفاده از داده‌ها مورد برآورد قرار می‌گیرد. سپس با استفاده از آماره‌های موجود میان مدل‌های برآورد شده مقایسه برازش انجام می‌شود و در نهایت توصیه سیاستی برای این که کدام معیار باید از سوی بانک مرکزی لحاظ شود، انجام می‌گیرد.

۳-۱- خانوار

فرض می‌شود بی‌نهایت خانوار با ترجیحات مشابه در اقتصاد وجود دارد که با بررسی یک واحد نوعی می‌تواند رفتار همه خانوارها را بررسی و مدلسازی کرد. هدف این خانوار نوعی حداکثرسازی تابع مطلوبیت بین دوره‌ای به صورت زیر است:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{\bar{C}_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} + \frac{m_t^{1+\zeta}}{1+\zeta} - \frac{N_t^{1+\psi}}{1+\psi} \right) \quad (1)$$

که در این رابطه \bar{C}_t شاخص مصرف همراه با عادت مصرفی، m_t تراز حقیقی پول، N_t میزان عرضه نیروی کار خانوار، σ معکوس کشش جانشینی بین مصرف و عرضه نیروی کار، ζ معکوس کشش تقاضای پول و ψ معکوس کشش نیروی کار است. شاخص مصرف \bar{C}_t به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\bar{C}_t = C_t - hC_{t-1} \quad (2)$$

که در رابطه (۲) پارامتر h پارامتر ثبات عادت است که در تعدادی از مطالعات اهمیت وجود آن در مدل بررسی و اثبات شده است (بولدرین و دیگران^۱، ۲۰۰۱). C_t شاخص مصرف بوده و شامل مصرف کالاهای مبادله‌ای و غیر مبادله‌ای است. به دلیل تولید دو کالای مبادله‌ای و غیرمبادله‌ای، خانوار می‌تواند نیروی کار خود را در دو بخش فوق تقسیم کند که این تقسیم‌بندی را به صورت زیر نشان می‌دهیم:

$$N_t = N_{h,t} + N_{N,t} \quad (3)$$

که اندیس H مربوط به کالاهای مبادله‌ای تولید داخل و اندیس N مربوط به بخش غیرمبادله‌ای است. با فرض تحرک کامل نیروی کار بین هر دو بخش، می‌توان نتیجه گرفت که سطح دستمزد در هر دو بخش یکسان خواهد بود. در این الگو خانوار با قید بودجه به صورت زیر مواجه است:

$$P_t C_t + M_t + E_t(Q_{t+1} D_{t+1}) \leq D_t + W_t N_t + M_{t-1} + T_t \quad (4)$$

که در این رابطه P_t شاخص قیمت، M_t تراز اسمی پول، D_{t+1} بازدهی اسمی در دوره $t+1$ که از نگهداری پورتهوی زمان t بدست می‌آید، $Q_{t,t+1}$ عامل تنزیل ذهنی، W_t دستمزد اسمی و

T_t مالیات‌های مقطوع است. همانطور که اشاره شد، شاخص مصرف C_t ترکیبی از کالاهای مبادله‌ای $(C_{T,t})$ و کالاهای غیرمبادله‌ای $(C_{N,t})$ به صورت زیر است:

$$C_t = ((1 - \lambda)^{\frac{1}{v}} C_{T,t}^{\frac{v-1}{v}} + \lambda^{1/v} C_{N,t}^{\frac{v-1}{v}})^{\frac{v}{v-1}} \quad (5)$$

که λ سهم کالاهای غیرمبادله‌ای در اقتصاد، $C_{T,t}$ مصرف کالاهای مبادله‌ای، $C_{N,t}$ مصرف کالاهای غیرمبادله‌ای و v کشش بین دوره‌ای جانشینی میان کالاهای مبادله‌ای و غیرمبادله‌ای در داخل است. خانوار آن سطحی از مصرف کالاهای مبادله‌ای و غیر مبادله‌ای را انتخاب می‌کند که حداقل مخارج مصرفی را داشته باشد؛ از حل این مسئله توابع تقاضای بهینه برای کالاهای مصرفی مبادله‌ای و غیر مبادله‌ای به صورت زیر حاصل می‌شود:

$$C_{T,t} = (1 - \lambda) \left(\frac{P_{T,t}}{P_t} \right)^{-v} C_t \quad (6)$$

$$C_{N,t} = \lambda \left(\frac{P_{N,t}}{P_t} \right)^{-v} C_t \quad (7)$$

که در این روابط $P_{T,t}$ سطح قیمت کالاهای مبادله‌ای، $P_{N,t}$ سطح قیمت کالاهای غیر مبادله‌ای و P_t سطح عمومی قیمت‌ها است. مصرف کالاهای مبادله‌ای خود ترکیبی از کالاهای مبادله‌ای تولید داخل و کالاهای مبادله‌ای وارداتی است:

$$C_{T,t} = ((1 - \alpha)^{\frac{1}{\eta}} C_{H,t}^{\frac{\eta-1}{\eta}} + \alpha^{1/\eta} C_{F,t}^{\frac{\eta-1}{\eta}})^{\frac{\eta}{\eta-1}} \quad (8)$$

که $C_{H,t}$ مصرف کالاهای مبادله‌ای تولید داخل، $C_{F,t}$ مصرف کالاهای مبادله‌ای وارداتی، α سهم مصرف کالاهای وارداتی در شاخص مصرف قابل مبادله و η کشش بین دوره‌ای جانشینی میان کالاهای مبادله‌ای وارداتی و تولید داخل است. خانوار آن سطحی از کالاهای مبادله‌ای تولید داخل و کالاهای مبادله‌ای وارداتی را مصرف می‌کند که حداقل مخارج بر شاخص مصرف کالاهای مبادله‌ای داشته باشد؛ حل این مسئله باعث حاصل شدن توابع تقاضای بهینه زیر برای کالاهای مبادله‌ای تولید داخل و وارداتی می‌شود:

$$C_{H,t} = (1 - \alpha) \left(\frac{P_{H,t}}{P_{T,t}} \right)^{-\eta} C_{T,t} \quad (9)$$

$$C_{F,t} = \alpha \left(\frac{P_{F,t}}{P_{T,t}} \right)^{-\eta} C_{T,t} \quad (10)$$

بر این اساس شاخص‌های قیمت متناظر با شاخص کالاهای مبادله‌ای و شاخص عمومی قیمت‌ها به صورت روابط (۱۱) و (۱۲) حاصل می‌شود:

$$P_{T,t} = ((1 - \alpha)P_{H,t}^{1-\eta} + \alpha P_{F,t}^{1-\eta})^{\frac{1}{1-\eta}} \quad (11)$$

$$P_t = ((1 - \lambda)P_{T,t}^{1-\nu} + \lambda P_{N,t}^{1-\nu})^{\frac{1}{1-\nu}} \quad (12)$$

تقاضای کل برای کالاهای مبادله‌ای تولید داخل از حاصل جمع سه متغیر بدست می‌آید: تقاضای مصرف‌کنندگان داخلی، تقاضای خارجی ($C_{H,t}^*$) و تقاضای بخش دولتی ($G_{H,t}$):

$$Y_{H,t}^d = C_{T,t} + C_{H,t}^* + G_{H,t} \quad (13)$$

کالاهای غیرمبادله‌ای چون قابلیت مبادله خارجی ندارند لذا تقاضای کل برای آن‌ها از تقاضای واحدهای بخش خصوصی و تقاضای بخش دولتی ($G_{N,t}$) مشخص می‌شود:

$$Y_{N,t}^d = C_{N,t} + G_{N,t} \quad (14)$$

همچنین در این الگو فرض می‌شود مخارج دولت (G_t) صرفاً بابت خرید کالاهای تولید داخل است:

$$G_t = G_{H,t} + G_{N,t} \quad (15)$$

که مخارج دولتی از یک فرآیند AR(1) به صورت زیر تبعیت می‌کند:

$$G_t = \rho_g G_{t-1} + \varepsilon_{g,t} \quad (16)$$

که $\varepsilon_{g,t}$ دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس σ_g^2 است. شرایط بهینه مرتبه اول خانوار از بهینه‌سازی تابع مطلوبیت نسبت قید بودجه بدست می‌آید که این شرایط به صورت زیر می‌باشند:

$$\bar{C}_t^\sigma N_t^\psi = \frac{W_t}{P_t} \quad (17)$$

$$\beta \left(\frac{\bar{C}_{t+1}}{\bar{C}_t} \right)^{-\sigma} \left(\frac{P_t}{P_{t+1}} \right) = Q_{t,t+1} \quad (18)$$

$$\beta R_t E_t \left(\frac{\bar{C}_{t+1}}{\bar{C}_t} \right)^{-\sigma} \left(\frac{P_t}{P_{t+1}} \right) = 1 \quad (19)$$

که در رابطه (۱۹) $R_t^{-1} = E_t\{Q_{t,t+1}\}$ بوده و لذا نرخ بهره ناخالص آن اوراق می‌باشد. خطی-لگاریتمی شده سیستم معادلات غیرخطی فوق حول نقطه وضعیت پایدار به صورت زیر است:

$$\sigma \tilde{c}_t + \psi n_t = w_t - p_t \quad (20)$$

$$\tilde{c}_t = E_t \tilde{c}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (r_t - E_t \pi_{t+1}) \quad (21)$$

$$\tilde{c}_t = \frac{c_t - h c_{t-1}}{1-h} \quad (22)$$

که حروف کوچک نشان تفاضل لگاریتمی متغیرها حول مقدار وضعیت پایدار آن‌ها است. از ترکیب روابط (۲۱) و (۲۲) تابع مصرف کل بخش خصوصی به صورت زیر بدست می‌آید:

$$c_t = \frac{h}{1+h} c_{t-1} + \frac{1}{1+h} E_t c_{t+1} - \frac{1-h}{\sigma(1+h)} (r_t - E_t \pi_{t+1}) \quad (23)$$

همچنین تراز حقیقی برای پول عبارت است از:

$$m_t = \frac{\sigma}{\zeta} \left(\frac{1}{1-h} c_t - \frac{h}{1-h} c_{t-1} \right) - \frac{1}{\zeta} \bar{R} r_t$$

۲-۳- بنگاه‌های بخش مبادله‌ای

فرض می‌شود بی‌نهایت بنگاه در بخش مبادله‌ای وجود دارند که با تکنولوژی تولید مشابه به تولید کالا مشغول هستند. بازار کالای این بنگاه‌ها به صورت رقابت انحصاری بوده و لذا بنگاه‌ها قابلیت قیمت‌گذاری برای کالای خود را دارند. تابع تولید برای هر بنگاه این بخش به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Y_{H,t} = A_{H,t} N_{H,t} \quad (24)$$

که $Y_{H,t}$ سطح تولید و $A_{H,t}$ سطح بهره‌وری آن می‌باشد. فرم خطی شده این تابع تولید به صورت زیر است:

$$y_{H,t} = a_{H,t} + n_{H,t} \quad (25)$$

مسئله مقابل بنگاه در دو مرحله انجام می‌شود؛ در مرحله اول بنگاه آن سطحی از عوامل تولید را انتخاب می‌کند که حداقل هزینه را به همراه داشته باشد. سپس در مرحله دوم بنگاه مایل به تعیین

آن مسیری از سطح قیمت خود است که حداکثر سود را به همراه داشته باشد. بر این اساس تابع هزینه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\min \frac{w_t}{P_{H,t}} N_{H,t} \quad S.t \quad Y_{H,t} = A_{H,t} N_{H,t} \quad (26)$$

از مشتق عبارت فوق نسبت به نیروی کار و سپس خطی کردن آن حول نقطه وضعیت پایدار، می‌توان به شرط بهینه زیر رسید:

$$w_t - p_{H,t} = mc_{H,t} + a_{H,t} \quad (27)$$

همچنین فرض می‌شود که متغیر بهره‌وری $a_{H,t}$ از رابطه‌ای به صورت $AR(1)$ زیر تبعیت می‌کند:

$$a_{H,t} = \rho_H a_{H,t-1} + \varepsilon_{H,t} \quad (28)$$

که $\varepsilon_{H,t}$ دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس $\sigma_{\varepsilon H}$ است. در مسئله تعیین قیمت فرض می‌شود بنگاه‌ها با احتمال θ_H قیمت خود را به صورت سرانگشتی و با لحاظ تورم دوره قبل تعیین می‌کند و با احتمال $(1 - \theta_H)$ قیمت بهینه $P_{H,t}^*$ تعیین می‌کند. با توجه به توضیحات فوق، سطح عمومی قیمت‌های کالاهای مبادله‌ای تولید داخل به صورت زیر تغییر می‌کند:

$$P_{H,t} = \theta_H P_{H,t}^p + (1 - \theta_H) P_{H,t}^* \quad (29)$$

که $P_{H,t}^p$ شاخص قیمت بنگاه‌هایی است که قیمت خود را با توجه به نرخ تورم دوره قبل تغییر می‌دهند:

$$P_{H,t}^p = (1 + \pi_{H,t-1})^{\omega_h} P_{H,t-1}^p \quad (30)$$

که ω_h پارامتر تعدیل نسبت به تورم دوره قبل است. بنگاه‌های آینده‌نگر بر اساس رابطه زیر قیمت بهینه خود را تعیین می‌کنند:

$$p_{H,t}^f = (1 - \beta\theta_H) \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta_H)^k E_t \{ mc_{H,t+k}^n \} \quad (31)$$

با ترکیب رفتار بنگاه‌های با رفتار بهینه و بنگاه‌های گذشته‌نگر، منحنی فیلیپس تلفیقی برای کالاهای مبادله‌ای تولید داخل به صورت زیر حاصل می‌شود (گالی و گرتلر، ۱۹۹۹):

$$\pi_{H,t} = \lambda_H mc_{H,t} + \gamma_{f,h} E_t (\pi_{H,t+1}) + \gamma_{b,H} \pi_{H,t-1} \quad (32)$$

که ضرائب این رابطه به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\lambda_H = \frac{(1-\theta_H)(1-\beta\theta_H)}{(1+\beta)\theta_H}, \quad \gamma_{f,H} = \frac{\beta}{1+\beta}, \gamma_{b,H} = \frac{1}{1+\beta}$$

۳-۳- بنگاه‌های بخش غیرمبادله‌ای

همانند بخش مبادله‌ای، فرض می‌شود بنگاه‌های بخش غیرمبادله‌ای در یک بازار به صورت رقابت انحصاری و با تابع تکنولوژی فعال هستند:

$$Y_{N,t} = A_{N,t}N_{N,t} \quad (۳۳)$$

که $Y_{N,t}$ تولید بخش غیرمبادله‌ای و $A_{N,t}$ سطح بهره‌وری متناسب با آن است. مرحله اول بهینه-سازی بنگاه حداقل کردن تابع تولید نسبت به تابع تولید است:

$$\min \frac{w_t}{p_{N,t}} N_{N,t} \quad S. t. \quad Y_{N,t} = A_{N,t}N_{N,t} \quad (۳۴)$$

بر این اساس شرط مرتبه اول خطی شده به صورت زیر است:

$$w_t - p_{N,t} = mc_{N,t} + a_{N,t} \quad (۳۵)$$

همچنین فرض می‌شود پارامتر تکنولوژی $a_{N,t}$ به صورت رابطه $AR(1)$ در طول زمان تغییر می‌کند:

$$a_{N,t} = \rho_N a_{N,t-1} + \varepsilon_{N,t} \quad (۳۶)$$

که $\varepsilon_{N,t}$ دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس σ_{ε_N} است. با استفاده از مدلسازی قیمت‌گذاری همانند مطالعه کریستیانو و دیگران (۲۰۰۵)، منحنی فیلیپس تلفیقی بخش غیرمبادله‌ای به صورت زیر حاصل می‌شود:

$$\pi_{N,t} = \lambda_N mc_{N,t} + \gamma_{f,N} E_t(\pi_{N,t+1}) + \gamma_{b,N} \pi_{N,t-1} \quad (۳۷)$$

که ضرائب این رابطه به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\lambda_N = (1 - \omega_N)(1 - \theta_N)(1 - \beta\theta_N)\phi_N^{-1}, \quad \gamma_{f,N} = \beta\theta_N\phi_N^{-1}$$

$$\phi_N = \theta_N + \omega_N(1 - \theta_N(1 - \beta)), \quad \gamma_{b,N} = \omega_N\phi_N^{-1}$$

که ω_N پارامتر تعدیل نسبت به تورم دوره قبل و θ_N آن بخش از بنگاه‌هایی است که در هر دوره به صورت بهینه قیمت خود را تعیین می‌کنند.

۳-۴- بنگاه‌های واردکننده

بنگاه‌های واردکننده دارای قدرت قیمت‌گذاری در بازار هستند؛ بنابراین قیمت کالاهای وارداتی در بازار خارجی کمتر از آن مقداری است که در بازار داخلی دریافت می‌شود و این منجر به نقض قانون قیمت‌های واحد می‌شود که گالی و مونسلی (۲۰۰۵) در مطالعه خود تحت عنوان شکاف قانون قیمت‌های واحد از آن یاد می‌کنند. بر اساس گالی و مونسلی، این فرض تصریح زیر را برای منحنی فیلیپس کالاهای وارداتی به همراه دارد:

$$\pi_{f,t} = \beta(1 - \theta_f)\pi_{f,t-1} + \theta_f E\pi_{f,t+1} + \omega_f glo_t$$

که $\pi_{f,t}$ نرخ تورم وارداتی و glo_t شکاف قانون قیمت‌های واحد است.

۵-۳- تورم، جزء مبادله و نرخ ارز حقیقی

همانطور که در بخش مقدمه نیز اشاره شد، در یک اقتصاد باز تورم در قالب معیارهای متفاوتی قابل بیان است که اولین آن تورم عمومی کل بوده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\pi_t = (1 - \lambda)\pi_{T,t} + \lambda\pi_{N,t} \quad (38)$$

تورم بخش مبادله‌ای نیز خود ترکیبی از تورم کالاهای مبادله‌ای وارداتی و تولید داخل به صورت زیر است:

$$\pi_{T,t} = (1 - \alpha)\pi_{H,t} + \alpha\pi_{F,t} \quad (39)$$

که $\pi_{H,t}$ تورم کالاهای مبادله‌ای تولید داخل و $\pi_{F,t}$ تورم کالاهای وارداتی برحسب پول داخلی است. لازم به ذکر چون اقتصاد خارجی همانند یک اقتصاد بسته می‌باشد لذا قیمت کالاهای وارداتی در خارج از کشور برابر سطح عمومی قیمت‌ها در خارج است، $P_{F,t}^* = P_t^*$. همچنین در رابطه (۴۰) پارامتر α سهم مصرف کالاهای وارداتی از کل مصرف است. بر این اساس تورم داخلی برابر میانگین وزنی تورم کالاهای مبادله‌ای تولید داخل و تورم کالاهای غیرمبادله‌ای است:

$$\pi_t^d = (1 - \lambda)\pi_{H,t} + \lambda\pi_{N,t} \quad (40)$$

جزء مبادله، دومین متغیری است که در یک اقتصاد باز به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S_t = \frac{P_{H,t}}{P_{F,t}} \quad (41)$$

که S_t جزء مبادله بوده و خطی‌سازی این رابطه حول نقطه وضعیت پایدار به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$s_t = p_{H,t} - p_{F,t} \quad (42)$$

لذا روند پویایی‌های جزء مبادله به صورت رابطه زیر خواهد بود:

$$\Delta s_t = \pi_{H,t} - \pi_{F,t} \quad (43)$$

در واقع تغییرات در جزء مبادله مبین تغییرات در رقابت‌پذیری اقتصاد است. نرخ ارز حقیقی به صورت نسبت قیمت‌های خارجی بر قیمت‌های داخلی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_t = \frac{\xi_t P_t^*}{P_t} \quad (44)$$

که در این رابطه ξ_t نرخ ارز اسمی است. همچنین P^* سطح عمومی قیمت‌ها در خارج است. روابط لگاریتم - خطی شده این معادلات به صورت زیر است:

$$q_t = e_t + p_t^* - p_t \quad (45)$$

$$\Delta q_t = \Delta e_t + \pi_t^* - \pi_t \quad (46)$$

که e_t لگاریتم خطی شده نرخ ارز اسمی است. خطی شده ارتباط میان قیمت‌های داخلی و خارجی به صورت زیر می‌باشد:

$$p_{F,t} = e_t + p_{F,t}^* \quad (47)$$

با کم کردن وقفه رابطه (۴۸) از رابطه (۴۸) و استفاده از $p_{F,t}^* = p_t^*$ می‌توان به رابطه زیر برای تورم خارجی رسید:

$$\pi_{F,t}^* = \pi_t^* = \pi_{F,t} - \Delta e_t \quad (48)$$

با توجه به این که رابطه (۴۰) را می‌توان برحسب Δs_t نوشت:

$$\pi_{T,t} = \pi_{H,t} - \alpha(\pi_{H,t} - \pi_{F,t}) = \pi_{H,t} - \alpha\Delta s_t \quad (49)$$

لذا تورم عمومی کل به صورت زیر قابل بیان است:

$$\pi_t = (1 - \lambda)(\pi_{H,t} - \alpha\Delta s_t) + \lambda\pi_{N,t} \quad (50)$$

با جایگذاری در نرخ ارز حقیقی داریم:

$$q_t = p_{F,t} - p_t = p_{F,t} - (1 - \lambda)(p_{H,t} - \alpha s_t) - \lambda p_{N,t} = \\ - (1 - \alpha(1 - \lambda))s_t - \lambda(p_{N,t} - p_{H,t}) \quad (51)$$

بر اساس تعریف نرخ ارز حقیقی، رابطه تغییرات نرخ ارز اسمی به صورت زیر قابل بیان است:

$$\Delta e_t = \pi_t - \pi_t^* + \Delta q_t \quad (52)$$

به طور مشابه بر اساس تعریف جزء مبادله داریم:

$$\Delta s_t = e_t + \pi_{H,t} - \pi_t^* + \varepsilon_{s,t} \quad (53)$$

که در رابطه فوق $\varepsilon_{s,t}$ مبین خطای اندازه‌گیری است. طبق تعریف، قاعده برابری غیرپوششی بهره به صورت زیر است:

$$E_t \left\{ Q_{t,t+1} \left(R_t - R_t^* \left(\frac{\xi_{t+1}}{\xi_t} \right) \right) \right\} = 0 \quad (54)$$

همانند قبل، $Q_{t,t+1}$ عامل تنزیل تصادفی و R_t نرخ بهره ناخالص است. با خطی‌سازی رابطه (۵۵) حول مقدار وضعیت پایدار داریم:

$$r_t - r_t^* = E_t \Delta e_{t+1} + \varepsilon_{uip,t} \quad (55)$$

که $\varepsilon_{uip,t}$ شوک تساوی غیر پوششی نرخ بهره است. این شوک نشان‌دهنده انحراف از این قاعده است. به دلیل این که اقتصاد بخش خارجی برای اقتصاد داخل کشور حالت برونزا دارد لذا برای این متغیرها فرآیند $AR(1)$ به صورت زیر در نظر می‌گیریم:

$$y_t^* = \rho_y y_{t-1}^* + \varepsilon_{y^*,t} \quad (56)$$

$$\pi_t^* = \rho_\pi \pi_{t-1}^* + \varepsilon_{\pi^*,t} \quad (57)$$

$$r_t^* = \rho_r r_{t-1}^* + \varepsilon_{r,t}^* \quad (58)$$

که در این روابط شوک‌های $\varepsilon_{i,t}: i = y^*, r^*, \pi^*$ دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس $\sigma_{i,t}^2$ هستند.

۳-۶- شرط تسویه بازار

شرط تسویه بازار در بخش کالاهای قابل مبادله داخلی توسط رابطه خطی شده زیر قابل نمایش است:

$$Y_{H,t} = C_{H,t} + C_{H,t}^* + G_{H,t} \quad (59)$$

که $C_{H,t}$ از ترکیب معادلات (۶) و (۹) حاصل شده و $C_{H,t}^*$ از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$C_{H,t}^* = \left(\frac{P_{H,t}}{P_t}\right)^{-\eta} \left(\frac{1}{Q_t}\right)^{-\eta} C_t^* \quad (60)$$

که خطی شده $C_{H,t}$ و $C_{H,t}^*$ به ترتیب به صورت زیر است:

$$c_{H,t} = -\eta(p_{H,t} - P_{T,t}) - v(P_{T,t} - p_t) + c_t = \alpha(v\lambda - \eta)s_t + v\lambda p_{N,t} + c_t \quad (61)$$

$$c_{H,t}^* = \eta\lambda p_{n,t} - \eta(1 - \lambda)\alpha s_t + c_t^* + \eta q_t \quad (62)$$

با جایگذاری روابط (۶۱) و (۶۲) در خطی شده رابطه (۵۹) داریم:

$$y_{H,t} = \alpha((1 - \alpha)v - \eta)s_t + (1 - \alpha)c_t + \alpha c_t^* + g_{H,t} \quad (63)$$

شرط تسویه بازار در بخش غیرمبادله‌ای به صورت زیر است:

$$y_{N,t} = c_{N,t} + g_{N,t} \quad (64)$$

$$c_{N,t} = -v(p_{N,t} - p_t) + c_t = -v(1 - \lambda)\alpha s_t - v(1 - \lambda)p_{N,t} + c_t \quad (65)$$

بنابراین شرط تسویه بازار بخش غیرمبادله‌ای را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$y_{N,t} = -v(1 - \lambda)\alpha s_t - v(1 - \lambda)p_{N,t} + c_t + g_{N,t} \quad (66)$$

لذا، شرط تسویه بازار در اقتصاد داخل برابر میانگین وزنی تولید کالاهای مبادله‌ای داخلی و کالاهای غیرمبادله‌ای داخلی است:

$$y_t = (1 - \lambda)y_{H,t} + \lambda y_{N,t} \quad (۷۶)$$

۳-۷- توابع هزینه نهایی

به منظور استخراج فرم خطی‌شده هزینه‌نهایی در بخش‌های مبادله‌ای و غیرمبادله‌ای، معادلات (۲۰) و (۲۷) ترکیب شده و از رابطه خطی‌شده تابع تولید به صورت $y_t = a_t + n_t$ نیز استفاده می‌شود:

$$mc_{H,t} = \sigma(c_t - hc_{t-1}) + \psi(y_t - a_{H,t}) - a_{N,t} \quad (۶۸)$$

$$mc_{N,t} = \sigma(c_t - hc_{t-1}) + \psi(y_t - a_t) - a_{N,t} \quad (۶۹)$$

که در این روابط:

$$n_t = (1 - \lambda)n_{H,t} + \lambda n_{N,t} \quad (۷۰)$$

$$a_t = (1 - \lambda)a_{H,t} + \lambda a_{N,t} \quad (۷۱)$$

۳-۸- قواعد سیاست پولی

مدل پولی مورد استفاده شامل قاعده پولی مک‌کالم به صورت زیر است که در آن بانک مرکزی با تغییر در نرخ رشد پایه پولی، نسبت به تورم، شکاف تولید و نرخ ارز اسمی واکنش نشان می‌دهد:

$$gm_t = m_t - m_{t-1} + \pi_t = \quad (۷۲)$$

$$\rho_r gm_{t-1} + (1 - \rho_r)(\psi_1 \tilde{y}_t + \psi_2 \pi_t + \psi_{2N} \pi_{N,t} + \psi_{2H} \pi_{f,t} + \psi_3 \Delta e_t) + \varepsilon_t^m$$

که در رابطه فوق gm_t نرخ رشد پایه پولی اسمی و ε_t^m شوک سیاست پولی است. بر این اساس سه حالت می‌توان برای قاعده پولی فوق متصور بود:

- (۱) اگر $\rho_r = 1$ باشد آنگاه بانک مرکزی از هیچ قاعده‌ای تبعیت نمی‌کند.
- (۲) اگر $\rho_r \neq 1$, $\psi_2 \neq 0$ و $\psi_{2N} = \psi_{2H} = 0$ آنگاه بانک مرکزی نسبت به تورم کلی اقتصاد واکنش نشان نمی‌دهد و نه تورم بخشی.
- (۳) اگر $\rho_r \neq 1$ و $\psi_2 = 0$, $\psi_{2N} = k$, $\psi_{2H} = 0$ آنگاه بانک مرکزی نسبت به تورم بخش غیرمبادله‌ای واکنش نشان می‌دهد و نه تورم کلی اقتصاد.

(۴) اگر $\rho_r \neq 1$ و $\psi_2 = 0, \psi_{2N} = 0, \psi_{2H} = k$ آنگاه بانک مرکزی به تورم بخش مبادله‌ای اقتصاد واکنش نشان می‌دهد.

۳-۹- پویایی سایر متغیرها

پایه پولی به صورت زیر تغییر می‌یابد:

$$M_t = F_t + GD_t \quad (۷۳)$$

که F_t ذخایر خارجی بانک مرکزی و GD_t بدهی دولت به بانک مرکزی است. تغییر ذخایر خارجی در طول زمان بر اساس معادله زیر صورت می‌گیرد:

$$F_t = (1 + r_{f,t-1})F_{t-1} + C_t^* - impo_t \quad (۷۴)$$

که $r_{f,t-1}$ بهره پرداختی به ذخایر خارجی و $impo_t$ سطح واردات کالاها و خدمات است. بدهی دولت بر اساس رابطه زیر تغییر می‌کند:

$$GD_t = (1 - \rho_{GD})(GD_t - \overline{GD}) + \varepsilon_t^{GD} \quad (۷۵)$$

که \overline{GD} مقدار وضعیت پایدار بدهی دولت، ε_t^{GD} شوک بدهی دولت و $0 < \rho_{GD} < 1$. قید بودجه دولت عبارت است از:

$$G_t + R_{t-1}B_{t-1} = T_t + B_t + (M_t - M_{t-1}) \quad (۷۶)$$

که T_t مالیات مقطوع و B_t اوراق منتشر شده است.

۴- نتایج تخمین

۴-۱- برآورد بیزین پارامترهای مدل

چون در این مطالعه دارای چهار قاعده پولی مختلف هستیم، به منظور بررسی توابع واکنش بانک مرکزی، باید چهار مدل مختلف DSGE برآورد شود. بعد از برآورد این مدل‌ها، معیار مقایسه مدل‌ها آماده می‌شود؛ چون مایل به دانستن این موضوع هستیم که کدام مدل برآورد بهتری از داده‌ها دارد، این امر از طریق مقایسه لگاریتم درست‌نمایی مدل‌ها امکان‌پذیر است. تخمین بر اساس داده‌های فصلی ۱۳۹۵ - ۱۳۶۸ و با استفاده از متغیرهای مصرف، نرخ ارز اسمی، پایه پولی، نرخ رشد پایه پولی، مخارج دولت، واردات و تولید بوده است که از روش بیزین نیز استفاده شده است.

جدول (۱) نشان‌دهنده نتایج برآورد است. لازم به ذکر است که در این جدول تعاریف مدل‌ها به صورت زیر است:

مدل (۱): واکنش بانک مرکزی به نرخ تورم بخش غیرمبادله‌ای اقتصاد

مدل (۲): عدم لحاظ قاعده پولی برای بانک مرکزی

مدل (۳): واکنش بانک مرکزی به نرخ تورم کلی اقتصاد

مدل (۴): واکنش بانک مرکزی به نرخ تورم بخش مبادله‌ای اقتصاد

جدول (۱). نتایج برآورد

پارامتر	مد پیشین	تابع پیشین	مد پسین			
			Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
h	0.5	Beta	0.18	0.2	0.84	0.68
σ	1.5	Gamma	1.69	1.5	1.39	1.63
ζ	2.5	Gamma	2.43	2.7	2.54	2.48
θ_H	0.75	Beta	0.59	0.11	0.6	0.12
β	0.97	Beta	0.96	0.99	0.98	0.97
ψ	2	Gamma	2.08	2.07	1.93	2.08
ω_N	0.5	Beta	0.06	0.59	0.51	0.32
θ_N	0.75	Beta	0.1	0.86	0.67	0.79
ω_f	0.45	Beta	0.5	0.45	0.47	0.43
θ_f	0.6	Beta	0.43	0.28	0.5	0.43
λ	0.5	Beta	0.18	0.2	0.84	0.68
α	0.3	Beta	0.26	0.27	0.31	0.28
ρ_r	0.7	Beta	0.34	-	0.73	0.87
ψ_1	0.5	Beta	0.3	-	0.43	0.39
ψ_2	1.25	-	-	-	1.22	-
ψ_{2N}	1.25	Gamma	1.29	-	-	-
ψ_{2H}	1.25	-	-	-	-	1.2
ψ_3	0.1	Beta	0.05	-	0.04	0.1

ماخذ: یافته‌های پژوهشگر

به منظور ارزیابی عملکرد هر الگو، باید با آماره مرتبط با آن‌ها مقایسه صورت پذیرد. چون از روش بیزین استفاده شده است، نسبت POR^A به منظور ارزیابی و مقایسه چهار مدل استفاده می‌شود. بدین منظور، اول از همه، لگاریتم درستیابی مدل‌ها باید گزارش شود که در جدول (۲) آمده است:

جدول (۲). لگاریتم درست‌نمایی مدل‌ها

Model	1	2	3	4
Log-likelihood	251.8	211.7	166.9	234

ماخذ: یافته‌های پژوهشگر

بر اساس نتایج جدول (۲)، مدل (۱) و مدل (۳) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقادیر لگاریتم درست‌نمایی هستند. نسبت POR برای دو مدل فرضی i و j به صورت زیر بیان می‌شود:

$$PO_{ij} = \frac{P(M_i|y)}{P(M_j|y)} = \frac{P(y|M_i)P(M_i)}{P(y|M_j)P(M_j)}$$

که PO_{ij} تابع چگالی پسین است. در اینجا $P(y|M_i)$ درست‌نمایی حاشیه‌ای مدل M_i و $P(M_i)$ احتمال پیشین مدل M_i است. این بیان برای مدل M_j نیز برقرار است. اگر برای سادگی فرض شود که احتمال پیشین برای هر دو مدل یکسان است، آنگاه PO_{ij} به صورت زیر حاصل می‌شود:

$$PO_{ij} = \frac{P(M_i|y)}{P(M_j|y)} = \frac{P(y|M_i)}{P(y|M_j)}$$

هرگاه $PO_{ij} > 1$ باشد آنگاه می‌توان نتیجه گرفت که داده‌ها مدل M_i را بهتر برازش می‌کند و بالعکس. با در نظر گرفتن جدول (۲) می‌توان نشان داد که مدل (۱) برازش بهتری نسبت به سایر مدل‌ها داشته و بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که بانک مرکزی ایران عمدتاً به نوسان‌های بخش غیرمبادله‌ای واکنش نشان می‌دهد و این متغیر نقش مهمی در قاعده دارد.

جدول (۳). PO محاسبه شده برای مدل‌ها

Model	1,2	1,3	1,4
Log-likelihood	1.18	1.5	1.07

ماخذ: یافته‌های پژوهشگر

۲-۴ - تحلیل واریانس متغیرهای مدل

استفاده از چهار مدل مختلف به منظور برآورد پارامترهای ساختاری دارای دو کاربرد است: یکی یافتن رفتار بانک مرکزی در واکنش به نوسان‌های اقتصادی و دیگری تجزیه و تحلیل نوسان متغیرهای تحت هر رژیم سیاستی. مورد دوم این نکته را آشکار می‌سازد که کدام قاعده نوسان

کمتز متغیرهای کلان را به همراه دارد. در جدول (۴) نوسان‌های متغیرها^۳ تحت این چهار مدل گزارش شده است:

جدول (۴). نوسان متغیرهای شبیه‌سازی شده

متغیر	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ۴
مصرف	0.016	0.016	0.013	0.14
تولید	0.011	0.012	0.009	0.01
نرخ ارز اسمی	0.003	0.032	0.003	0.004
نرخ ارز حقیقی	0.005	0.017	0.003	0.003
تورم	0.011	0.015	0.007	0.007

ماخذ: یافته‌های پژوهشگر

جدول (۴) نشان می‌دهد که تحت هدفگذاری نرخ کلی تورم، نوسان‌های متغیرهای کلان کمتز از حالتی است که نرخ تورم بخشی هدفگذاری شود. این نتیجه نشان دهنده آن است که اگر سیاستگذار به نرخ تورم عمومی واکنش نشان دهد آنگاه نوسان کمتزی نسبت به سایر قواعد مبتنی بر نرخ تورم بخشی در متغیرهای عمده کلان به همراه دارد.

۴-۳- پیشنهاد سیاستی

جدول (۴) نشان می‌دهد که اگر بانک مرکزی در قاعده خود نرخ تورم کلی را لحاظ کند آنگاه کمتزین نوسان متغیرها را به همراه خواهد داشت. اگرچه پیشنهاد یک سیاست بر مبنای این معیار ممکن است گمراه‌کننده باشد زیرا باید وزن تخصیصی بانک مرکزی به هر متغیر را نیز مدنظر قرار داد. به عبارت دیگر، باید این تحلیل انجام شود که کدام متغیر برای سیاست‌گذار مهمتر است. پس از رتبه‌بندی متغیرها بر اساس درجه اهمیت، آنگاه می‌توان وزن مشخصی به هر یک داده و این ارزیابی را انجام داد که تحت کدام قاعده سیاستی، سیاستگذار به اهدافش نزدیکتر است.

به منظور تخصیص وزن‌ها، ابتدا باید یک معیاری که نشان دهنده ترجیحات بانک مرکزی نسبت به اهدافش باشد تصریح شود. بر اساس ادبیات موجود، تابع هدف بانک مرکزی از طریق تصریح یک تابع زیان قابل بیان است؛ در این مقاله فرض می‌شود که بانک مرکزی نسبت به نوسان‌های شکاف تولید و تورم حساسیت دارد و لذا تابع زیان به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$L_t = \mu \text{var}(\pi_t) + (1 - \mu) \text{var}(y_t)$$

تابع زیان L_{μ} مبین آن است که بانک مرکزی مایل به حداقل کردن نوسان‌های نرخ تورم و شکاف تولید است. شکاف تخصیص یافته به نرخ تورم و شکاف تولید به ترتیب برابر μ و $1 - \mu$ است. حال هدف این است که بدانیم به ازای چه مقداری از μ که $\mu \in (0,1)$ ، تابع زیان حداقل می‌شود؟ جدول (۵) نشان می‌دهد که مقادیر تابع زیان برحسب مقادیر وزن هر خطا به چه میزان است:

جدول (۵). مقادیر تابع زیان

μ	L	μ	L	μ	L
0.05	0.056	0.4	0.13	0.75	0.2
0.1	0.067	0.45	0.14	0.8	0.21
0.15	0.078	0.5	0.15	0.85	0.22
0.2	0.088	0.55	0.16	0.9	0.23
0.25	0.099	0.6	0.17	0.95	0.24
0.3	0.11	0.65	0.18		
0.35	0.12	0.7	0.19		

ماخذ: یافته‌های پژوهشگر

نتایج حاصل از جدول (۵) نشان می‌دهد که چون نوسان نرخ تورم حول مقدار بلندمدت آن بیشتر از نوسان شکاف تولید است، بنابراین با افزایش مقدار μ ، مقدار تابع زیان نیز افزایش می‌یابد. بنابراین بانک مرکزی وزن $\mu = 0.05$ را برای تورم و وزن $\mu = 0.95$ را برای شکاف تولید انتخاب می‌کند. اگر این دو وزن به مقادیر شبیه‌سازی شده جدول (۴) نسبت دهیم آنگاه داریم:

جدول (۶). مقدار تابع زیان تحت هر مدل

variable	Under Model 1	Under Model 2	Under model 3	Under Model 4
Loss function	0.011	0.012	0.008	0.009

ماخذ: یافته‌های پژوهشگر

نتایج جدول (۶) نشان می‌دهد که اگر بانک مرکزی ایران از یک قاعده مک‌کالم شامل شکاف تولید و نرخ تورم کلی استفاده کند، آنگاه حداقل تابع زیان را به همراه خواهد داشت.

۵- نتیجه‌گیری

در این مطالعه چهار تصریح مختلف برای قاعده پولی مک‌کالم و برای اقتصاد ایران طراحی شده است. برای ارزیابی این قواعد، ابتدا یک مدل DSGE طراحی شده که شامل فرضیات چسبندگی در

هر دو قسمت بخش‌های حقیقی و اسمی اقتصاد است. سپس قواعد مک‌کالم در ساختار مدل قرار گذاشته تا ساختار بسته شود. معادلات ساختاری این چهار مدل با استفاده از روش بیزین و داده‌های فصلی دوره ۱۳۹۵ - ۱۳۶۸ برآورد شده است. بررسی آماره لگاریتم درست‌نمایی این چهار مدل نشان می‌دهد که مدل با واکنش بانک مرکزی به نرخ تورم غیرمبادله‌ای عملکرد بهتری نسبت به سایر معیارها دارد.

اما این سوال مطرح می‌شود که واکنش بهینه بانک مرکزی به چه صورتی باید باشد؟ به عبارت دیگر، به چه معیاری از نرخ تورم لازم است بانک مرکزی واکنش نشان دهد؟ به منظور پاسخ به این سوال، ابتدا نوسان‌های متغیرهای شبیه‌سازی شده هر چهار مدل استخراج شده که نشان می‌دهند تحت قاعده واکنش به نرخ کلی تورم، متغیرها مسیر باثبات‌تری نسبت به سایر قواعد دارند.

همچنین به منظور یافتن تابع واکنش بهینه، یک تابع زیانی تعریف شده است که شامل نرخ تورم کلی و شکاف تولید است. سپس برای مقادیر متفاوت وزن‌های تخصیصی به این متغیرها، مقادیر بهینه‌ای یافت شده‌اند که تابع زیان را حداقل می‌سازند. با بکارگیری این وزن‌ها به قواعد سیاستی، به این نتیجه می‌رسیم که یک تابع زیان شامل نرخ تورم کلی اقتصاد، زیان کمتری به همراه خواهد داشت.

فهرست منابع

- ۱) برومند، سجاد. محمدی، تیمور. پژویان، جمشید. فرزین‌وش، اسداله. معمارنژاد، عباس. (۱۳۹۷). هزینه رفاه شوک‌های خارجی و قاعده بهینه سیاست پولی برای اقتصاد ایران. فصلنامه اقتصاد مالی، دوره ۱۳، شماره ۴۸، ۱۱۰-۷۵.
- ۲) تقی‌پور، انوشیروان. اصفهانیان، هما. (۱۳۹۵). تحلیل ادوار تجاری تکانه‌های نفتی و مخارج دولت و مکانیزم‌های اثرگذاری آن‌ها بر متغیرهای کلان اقتصادی: رهیافت DSGE. فصلنامه اقتصاد مالی، دوره ۱۰، شماره ۳۵، ۱۰۲-۷۵.
- ۳) زهابی، مریم. بزازان، فاطمه. افشاری، زهرا. بوستانی، رضا (۱۳۹۶). محاسبه قاعده بهینه سیاست پولی با بررسی حساب جاری و نوسانات نرخ ارز (رویکرد بی‌زی). فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، شماره ۸۳، ۱۸۱-۱۴۵.
- ۴) عرفانی، علیرضا. توکلین، حسین. طالب بیدختی، آزاده (۱۳۹۷). ارزیابی عملکرد تثبیتی سیاست ترکیبی پولی و کلان احتیاطی در اقتصاد ایران. فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه پایدار، دوره ۱۸، شماره ۴، ۱۶۰-۱۳۳.
- ۵) فرازمنند، حسن. قربان‌نژاد، مجتبی. پورجوان، عبدالله (۱۳۹۲). تعیین قواعد سیاست پولی و مالی بهینه در اقتصاد ایران. مجله پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، دوره ۲۱، شماره ۶۷، ۸۸-۶۹.
- ۶) کاویانی، میثم. سعیدی، پرویز. دیده‌خانی، حسین. فخر حسینی، فخرالدین. (۱۳۹۷). تاثیر شوک‌های پایه پولی بر بازده قیمتی سهام شرکت‌های فعال بورسی (رویکرد DSGE). فصلنامه اقتصاد مالی، دوره ۱۲، شماره ۴۲، ۱۴۸-۱۲۱.
- 7) Adolfson, M. and Laseen, S. and Linde, J. and Svensson, L. (2014). "Monetary Policy Trade-offs in an Estimated Open Economy DSGE Model", Journal of Economic Dynamics and Control, Vol. 42, 33- 49.
- 8) Lawrence, Christiano and Martin Eichenbaum and Charles L. Evans.(2005). "Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy," Journal of Political Economy, vol. 113(1), 1-45.
- 9) Dueker, M. and Fischer, A. (1996). "Inflation Targeting in a Small Open Economy: Empirical Results for Switzerland", Journal of Monetary Economics, 37, 89 – 103.
- 10) Fuhrer, Jeffery, (2000). "Habit Formation in Consumption and Its Implications for Monetary Policy Models", American Economic Review, Vol. 90, No. 3, 367 – 390.
- 11) Galí, Jordi, and Tommaso, Monacelli.(2005). "Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy," Review of Economic Studies, Vol. 72(3), 707-734.

- 12) Gali, Jordi and Gertler, Mark, (1999). "Inflation Dynamics: A Structural Econometric Analysis", Journal of Monetary Economics, Vol. 44, Issue 2, 195 – 222.
- 13) Justiniano, A; and Primiceri, G; and Tambalotti A. (2013). "Is there a trade-off between inflation and output stabilization", American Economic Journal: Macroeconomics, 5 (2), 1–31.
- 14) Kydland, Finn, and Prescott, Edward. (1977). "Rules rather than Discretion: The Inconsistency of Optimal Plans", Journal of Political Economy, Vol. 85, Issue 3, 473 – 91.
- 15) Taylor, John. (1993). "Discretion versus Policy Rules in Practice", Carnegie – Rochester Conference Series on Public Policy, Vol 39, 195-214.
- 16) Walsh, Carl. (2010). Monetary Theory and Policy. Massachusetts, MIT Press, Third Edition.

یادداشت‌ها

¹ Boldrin et al

² Posterior Odds Ration

^۳ در اینجا انحراف استاندارد متغیرها شاخص نوسان آنها می‌باشد.