

تعیین قاعده‌ی بهینه‌ی پولی در یک مدل تعادل پویای تصادفی عمومی با استفاده از نظریه‌ی کنترل

ابراهیم انواری، دکتر منصور زراء نژاد و دکتر عنایت الله فخرایی*

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۹/۲۸

تاریخ وصول: ۱۳۹۰/۲/۲۶

چکیده:

یکی از مسیرهای انتقال تصمیم‌سازی سیاستی پولی بر بخش حقیقی اقتصاد در کوتاه مدت کانال نرخ بهره است. بررسی ادبیات تحقیقات پولی نشانگر ارتباط بین نرخ تورم، شکاف تولید و نرخ بهره است. علاوه بر اختلاف نظر در زمینه‌ی رابطه‌ی علت و معلولی نرخ بهره و تورم، درباره چگونگی و میزان اثر تغییر نرخ بهره بر سایر متغیرهای اقتصادی نظرات گوناگونی وجود دارد. در این تحقیق با استفاده از نظریه کنترل و مدل تعادل عمومی پویای تصادفی، قاعده‌ی کنترل همزمان تورم و شکاف تولید با انتخاب یک نرخ بهره‌ی حداقل سازگار با اهداف اقتصاد اسلامی و شرایط لازم برای تحقق آن شبیه‌سازی شده است. شبیه‌سازی و برآورد با استفاده از نرم افزار داینر تحت متلب و رابطه‌ی کنترلی با استفاده از برنامه نویسی الگوریتم کنترل متلب انجام شده است. براساس برخی از نتایج این تحقیق، پیش‌نیاز کنترل نرخ بهره در حداقل ممکن، کاهش نرخ تورم به سطح ۳ درصد در مدت ۶ سال است.

طبقه‌بندی JEL: E52، E12، C01

واژه‌های کلیدی: نرخ بهره، تورم، نظریه‌ی کنترل، مدل تعادل عمومی کینزینی جدید، سیاست پولی

*به ترتیب، دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار اقتصاد دانشگاه شهید چمران اهواز

(zarram@gmail.com)

۱- مقدمه

اجرای سیاست‌های اقتصادی مبتنی بر تئوری‌های اقتصادی یکی از راه‌های کاهش نوسان‌های اقتصادی است. در این راستا سیاست پولی یکی از روش‌های مدیریت عرضه پول در اقتصاد است. بانک‌های مرکزی از این سیاست برای رسیدن به برخی از اهداف مانند کنترل تورم در یک محدوده‌ی معین استفاده می‌کنند. اهداف سیاست پولی و روش‌های آن در طول زمان متغیر بوده است. با افزایش نقش دولت در اقتصاد، بانک‌های مرکزی از سیاست پولی برای اهدافی مانند افزایش رشد اقتصادی، کاهش نرخ بیکاری و ثبات قیمت‌ها استفاده کرده‌اند. در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰، از روش هدف تورم به معنی کنترل تورم به عنوان مهمترین هدف نیز استفاده شده است. مسیرهای مختلف انتقال آثار تصمیم‌سازی سیاستی پولی به بخش واقعی اقتصاد و تأثیر آن بر کل اقتصاد کشور بسیار پیچیده است. برخی از این مسیرها شامل نرخ بهره، اعتبارات، نرخ ارز و توسعه پولی است. کینز^۱ (۱۹۳۶) در تئوری تعادل عمومی به انتقال سیاست پولی از کانال نرخ بهره اشاره کرده است (فلاویو و اسینوبی^۲، ۲۰۰۶). به دلیل اثر نرخ بهره بر اغلب متغیرهای کلان اقتصادی مانند سرمایه‌گذاری، بدهی‌های بلندمدت، هزینه‌ی سرمایه، اندازه‌گیری ریسک اعتبارات و سیاست‌های تثبیت اقتصادی، در اغلب ادبیات پولی اقتصادی به تغییرات و کنترل نرخ بهره نیز به عنوان اهداف پولی اشاره شده است. تعیین نرخ بهره در حالت طبیعی در اقتصاد از طریق بازار پول انجام می‌گیرد. این نرخ در حالت وجود بازارهای مالی کارآمد، تامین‌کننده‌ی شرایط اقتصادی لازم برای فعالیت با کمترین هزینه در بازار کالا و خدمات و رسیدن به اهداف اقتصادی است. دستوری بودن تعیین نرخ بهره در اجرای سیاست‌های پولی با تخصیص نامطلوب منابع بانکی و کاهش اثر واقعی تغییر نرخ بهره، تا حد زیادی کاهش دهنده‌ی اثر تثبیت قیمت‌ها است. در این حالت انحراف وجوه به سمت فعالیت‌های سوداگرانه ایجاد می‌شود. بنابراین با تنظیم قاعده‌ی پولی بر اساس تئوری‌های مرسوم اقتصادی، دسترسی به اهداف آسان‌تر و مطمئن‌تر است. با توجه به تأثیر تغییرات نرخ بهره بر کلیه‌ی فعالیت‌های اقتصادی و تورم، مدل‌های تعیین نرخ بهره در ایجاد نوسانات اقتصادی دارای اهمیت است.

¹ Keynes

² Folawewo and Osinubi

۲- بررسی تغییرات تورم و نرخ بهره‌ی واقعی در ایران

رکود تورمی یکی از مشکلات اقتصادی چند دهه‌ی اخیر در کشور بوده است. رشد اقتصادی و دسترسی به هدف تثبیت قیمت به دلیل اجرای سیاست‌های نادرست اقتصادی در ایران با مشکل روبرو بوده است. بررسی نوسانات تورم نشان می‌دهد نرخ تورم طی ۸۹-۱۳۵۲ با نوسانات زیادی روبرو بوده است. با افزایش قیمت نفت و رشد پایه‌ی پولی طی دوره‌ی ۵۷-۱۳۵۲ نرخ تورم افزایش زیادی داشته است. بعد از سال ۱۳۵۷ با افزایش کسری بودجه‌ی دولت و جنگ و کاهش درآمد ارزی، نرخ تورم افزایشی بوده است. بیشترین نرخ تورم در این دوره در سال ۱۳۷۴ بوده است. در این دوره به دلیل بحران بدهی و رکود با وجود عدم تغییر رشد نقدینگی و شکل‌گیری رکود تورمی، نرخ تورم در حدود ۴۳ درصد بوده است.

نرخ بهره به عنوان کانال مهم اثرگذاری سیاست پولی در تخصیص منابع دارای نقش ویژه است. در اقتصاد اسلامی نیز نرخ سود تسهیلات بانکی، نرخ سپرده‌های بانکی، نرخ اوراق مشارکت و سپرده‌ی قانونی همراه با سایر شاخص‌های اقتصادی مانند تورم، تأثیر مهمی در هدایت سرمایه‌ها و منابع دارند. در صورت تعیین نرخ سود سپرده‌های بانکی به میزان بالاتر از نرخ تورم، انگیزه‌ی لازم برای سرمایه‌گذاری در میان صاحبان سرمایه ایجاد می‌شود و زمینه‌ی هدایت نقدینگی به سمت تولید و صنعت فراهم خواهد شد.

۳- نظریه‌های تبیین‌کننده‌ی نرخ بهره در اقتصاد

محققان و سیاست‌گذاران برای افزایش کارایی سیاست‌های اقتصادی، اهداف اقتصادی مختلفی از جمله هدف کنترل تورم را پیگیری کرده‌اند. در دهه‌های اخیر تئوری و نتایج کاربردی سیاست‌های پولی به منظور کنترل تورم هدف همراه با اثرات متقابل بر یکدیگر، تکمیل شده است (چیموبی و اوچی،^۳ ۲۰۱۰). با بررسی ادبیات اقتصادی در روبرویی با بحران‌های مالی مانند تورم‌های شدید و کسری‌های زیاد، سیاست‌های پولی مختلفی از سوی اقتصاددانانی مانند ریکاردو و فیشر^۴ (۱۹۳۰) ارائه شده است. آدام اسمیت در کتاب ثروت ملل به مزیت معنی دار تنظیمات پولی در بهبود رشد اقتصادی نسبت به بخش کالایی اشاره کرده است.

³ Chimobi and Uche

⁴ Fisher

فریدمن^۵ (۱۹۸۰) برای رفع نوسانات اقتصادی قاعده‌ی پولی معینی را ارائه کرده است (تیلور و ویلیامز^۶، ۲۰۱۰). در تئوری‌های کلاسیک ارتباط بین تورم و نرخ بهره بر وجود دو نرخ بهره تأکید شده است. یکی نرخ بازاری یا نرخ وام تعیین شده به وسیله‌ی بانک‌ها و دیگری نرخ طبیعی بهره به عنوان نرخ تعیین شده به وسیله‌ی بازار عرضه و تقاضا شامل تقاضا برای سرمایه‌ی واقعی تعیین شده به وسیله‌ی بهره‌وری سرمایه و عرضه‌ی سرمایه‌ی واقعی به عنوان حجم پس انداز جاری است. این نظریه به وسیله‌ی تورنتن^۷ در سال ۱۸۰۲ ارائه شد. سپس به وسیله‌ی ویکسل^۸ (۱۹۶۵) توسعه داده شد. این نظریه سپس به وسیله‌ی سایر نظریه‌ها از جمله نظریه‌ی اوهلین^۹، روبرتسون^{۱۰}، کینز (۱۹۳۶) و میردال^{۱۱} تأیید شده است. همچنین این نظریه‌ی عنصر اصلی اغلب تئوری‌های سیکل‌های تجاری در دهه‌های اخیر بوده است. علاوه بر آن این نظریه اساس قاعده‌ی سیاستی بانک مرکزی برای ثبات قیمت با کوشش برای تثبیت نرخ بازاری بهره در حد نرخ طبیعی بوده است (هامفری^{۱۲}، ۱۹۸۳).

به طور کلی، قواعد سیاستی پولی با روش‌های قواعد مبتنی بر هدف و قواعد ابزاری قابل تقسیم است. قواعد مبتنی بر حداقل سازی تابع زیان اقتصادی و تشریح و استخراج رابطه‌ی سیاست پولی بر اساس بردار محدودیت‌های مفروض، اساس این روش است. این روش شامل قاعده‌ی هدف کل (عمومی) مبتنی بر بهینه سازی پویا و تابع هدف جزئی ساده است. روش مبتنی بر قواعد ابزاری شامل متغیرهای آینده نگر، گذشته نگر یا هر دو است. با توجه به وجود نوع متغیرها، این روش به روش ابزاری ضمنی یا صریح قابل تقسیم است. بر اساس نظر تیلور و ویلیامز (۲۰۱۰) قاعده‌ی ابزاری مبتنی بر کنترل نرخ بهره دارای عملکرد بهتری نسبت به ساختار عرضه‌ی پول است. همچنین، قاعده‌ی نرخ بهره مبتنی بر تورم و شکاف تولید از قاعده مبتنی بر یکی از این اجزا بهتر است.

⁵ Friedman

⁶ Taylor and Williams

⁷ Thornton

⁸ Wicksell

⁹ Ohlin

¹⁰ Robertson

¹¹ Myrdal

¹² Humphrey

برای اولین بار داگلاس^{۱۳} در سال ۱۷۳۸ بین نرخ بهره‌ی اسمی و نرخ بهره‌ی واقعی تمایز قائل شد. از نظر تورنتن بین نرخ وام یا نرخ بازاری بهره و درآمد انتظاری یا نرخ نهایی سود پروژه‌های سرمایه‌ای تفاوت وجود داشته است. از نظر تورنتن تعیین نرخ واقعی بهره در بازار بر اساس عرضه‌ی پس انداز و تقاضا برای سرمایه گذاری جدید است. تورنتن برای اولین بار اثر انتظارات تورمی بر نرخ بهره-ی بازار را به صورت زیر تشریح کرد.

$$r = n - p \quad (۱)$$

در رابطه‌ی فوق r نشانگر نرخ بهره‌ی واقعی، n نرخ بهره‌ی اسمی و p نرخ تورم است. همچنین، بر اساس تئوری تعیین نرخ بهره میل^{۱۴} (۱۸۶۵) نیز افزایش نرخ تورم باعث کاهش نرخ بهره واقعی می‌شود. بر اساس این نظریه، قرض دهنده به دنبال پوشش دادن هزینه‌های انتظاری نرخ بهره و اصل مبلغ پولی است، به طوری که نرخ بهره پوشش دهنده‌ی مناسب هزینه‌ها است. میل برای محاسبه-ی اثر تورم بر ارزش واقعی نرخ بهره، مقدار ضرب شده تورم و نرخ بهره را به رابطه قبل اضافه کرد.

دی هاس^{۱۵} (۱۸۸۹) در نظریه‌ی نرخ بهره، رابطه میان عوامل اثر گذار نرخ انتظاری تغییرات ارزش پول (قدرت خرید پول)، پرداختی برای سرمایه و جبران ریسک را به صورت زیر تعریف کرده است.

$$r = n - p \quad (۲)$$

در رابطه‌ی فوق p نشانگر نرخ انتظاری تغییرات قیمت، r نرخ بهره‌ی واقعی و n نرخ بازاری یا نرخ اسمی است. بر این اساس، نرخ بازاری با تورم دارای ارتباط مستقیم بوده است. مارشال (۱۸۹۰) در کتاب اصول اقتصادی نشان داد که قدرت خرید پول به نرخ واقعی بهره وابسته است. وی برای اولین بار از واژه‌های اسمی و واقعی استفاده کرد. از نظر وی نرخ واقعی بهره (r) برابر با تفاوت میان نرخ بهره‌ی اسمی (n) و مجموع نرخ تورم (p) با حاصل ضرب نرخ بهره‌ی اسمی در نرخ تورم به صورت زیر است.

$$r = n - p - np \quad (۳)$$

¹³ Douglass

¹⁴ Mill

¹⁵ de Haas

این رابطه سپس به وسیله‌ی فیشر برای تشریح سیکل‌های تجاری استفاده شد. کلارک نرخ واقعی قرضه را به عنوان یک مقدار ثابت در نظر گرفت و اثر تورم پیش بینی شده را بر نرخ بهره‌ی اسمی بررسی کرد. فیشر با استفاده از تئوری مشهورش برای شرح چگونگی تغییرات سیکل‌های تجاری بر اساس تغییرات نرخ بهره‌ی واقعی استفاده کرده است (دیموند، ۲۰۰۳).^{۱۶}

۴- سیاست‌های مبتنی بر قاعده‌ی پولی و سیاست‌های دستوری

سیاست‌های پولی یکی از مهمترین سیاست‌های اقتصادی است که همراه با سیاست‌های مالی، مجموعه‌ای از ابزارهای قدرتمند را به منظور اعمال سیاست گذاری‌های اقتصادی تشکیل می‌دهند. سیاست پولی از طریق کنترل حجم پول و حجم نقدینگی در راستای تحقق اهداف تعیین شده‌ی اقتصادی و به حداقل رساندن خسارت‌های ناشی از عملکرد نظام پولی می‌پردازد.

استراتژی هدف پولی شامل اعتمادسازی، انتقال اطلاعات به وسیله‌ی مجموعه‌ی پولی در سیاست گذاری، مشخص کردن هدف برای کل نظام پولی و ایجاد مکانیزم‌های محاسباتی برای کاهش انحرافات گسترده و سیستماتیک از اهداف تعیین شده است. ارتباط بی‌ثبات مجموعه‌ی پولی و متغیرهای هدف مانند نرخ تورم و درآمد اسمی، سیاست هدف پولی را با مشکل روبرو کرده است. در مقابل، استراتژی‌های مبتنی بر هدف تورم شامل مشخص کردن اهداف کمی و میان مدت برای نرخ تورم، متعهد بودن به ثبات قیمت به عنوان هدف اصلی سیاست پولی، استفاده از مجموعه‌ی متغیرهای پولی و مالی در تصمیم سازی سیاست پولی و افزایش توانایی محاسبه و پیش بینی اهداف تورمی به وسیله‌ی بانک مرکزی است (مشکین و ساوستانو، ۲۰۰۰).^{۱۷} سیاست‌های مبتنی بر هدف تورم ضمن افزایش رشد اقتصادی، کاهش دهنده‌ی اثرات شوک‌های تورمی و نوسانات تولید است. بر خلاف انتقاد برخی از اقتصاددانان این سیاست دارای انعطاف پذیری نیز است (برنانکی^{۱۸} و دیگران، ۱۹۹۹). بر اساس نتایج اغلب تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی اثرگذاری سیاست‌های پولی و عوامل موثر بر آن، امکان انجام سیاست‌های کاملاً دستوری برای بانک مرکزی وجود ندارد. برای مثال، بر اساس قاعده‌ی پولی فریدمن (۱۹۶۰) نرخ

¹⁶ Dimand

¹⁷ Mishkin and Savastano

¹⁸ Bernanke

رشد پول ثابت در نظر گرفته شده است. بر این اساس هرگونه انحراف از این قاعده به عنوان سیاست صلاحیددی یا دستوری است. همچنین، در حالت پایبندی به قواعد پولی، تغییرات پولی در محدوده‌ی تغییرات حداقل مشخص است (بنیت و مک کالوم، ۲۰۱۱^{۱۹}). حتی در حالت سیاست صلاحیددی، بانک مرکزی باید دارای اهداف مشخص باشد و در این صورت قواعد پولی با تغییرات تصادفی مواجه نیست. در سیاست صلاحیددی با وجود آن که سیاست گذار یک تابع هدف مشخص دارد، تغییر سیاست از یک دوره به دوره‌ی دیگر همراه با تورش نیست.

ابزارهای پولی موثر بر توابع هدف به تابع هدف مستقیم و غیر مستقیم قابل تقسیم است. تابع هدف مستقیم بر نرخ بهره یا حجم اعتبارات به طور مستقیم موثر است. تابع هدف غیر مستقیم مبتنی بر شرایط بازار شامل عملگرهای بازار باز و سیاست‌های قرضه‌ای بانک مرکزی برای افزایش یا کاهش نقدینگی است.

۵- سابقه‌ی تحقیقات انجام شده

بارو^{۲۰} (۱۹۷۶) با ارائه الگوی پولی و استفاده از تکنیک دو مرحله‌ای به روش حداقل مربعات معمولی و روش حداقل مربعات تعمیم یافته به این نتیجه رسید که رشد حجم پول به صورت غیر منتظره، اثر مثبت و معنی داری را بر سطح تولید داشته است.

اور^{۲۱} و دیگران (۱۹۹۵) نرخ‌های واقعی بهره‌ی بلندمدت برای ۱۷ کشور عضو اتحادیه‌ی اروپا را بررسی کردند. بر اساس برخی از نتایج این تحقیق سیاست کاهش یا تثبیت تورم بر کاهش نرخ‌های بهره اثر معنی داری داشته است. دالی و خالدن^{۲۲} (۱۹۹۸) اثرات متقابل رفتاری بین سیاست گذاران پولی و بانک‌های تجاری و چگونگی عملکرد سیاست پولی مطابق با قاعده‌ی نرخ بهره را بررسی کرده است. بر اساس برخی از نتایج این تحقیق حتی در شرایط بسیار با ثبات، تصمیم سازی پولی نیاز بسیار به شناخت پاسخ‌های رفتاری بخش خصوصی داشته است.

¹⁹ Bennett and McCallum

²⁰ Barro

²¹ Orr

²² Dale and Haldane

کوئینن و ویلند^{۲۳} (۲۰۰۲) با استفاده از برآورد مدل اقتصاد کلان ژاپن، اثر کاهش نرخ بهره در محدوده‌ی صفر بر عملکرد سیاست‌های تثبیت در این کشور را بررسی کردند. کونن^{۲۴} و دیگران (۲۰۰۳) در تحقیقی برای بررسی ثبات قیمت و کارایی سیاست پولی در حالت میل کردن نرخ بهره در محدوده‌ی صفر، با استفاده از مدل انتظارات عقلایی تصادفی، اثر شوک‌های اقتصادی بر متغیرهای حقیقی اقتصاد را شبیه‌سازی کردند. آدام و بیلی^{۲۵} (۲۰۰۵) سیاست پولی بهینه بر اساس سیاست تعهدی بانک مرکزی در حالت نرخ بهره حداقل برای اقتصاد امریکا را بررسی کرده‌اند.

فلایو و اوسینوبی^{۲۶} (۲۰۰۶) با استفاده از روش بهینه‌سازی مدل انتظارات عقلایی کارایی سیاست پولی در حالت کنترل نرخ تورم را در کشور نیجریه بررسی کرده‌اند. ولوسو^{۲۷} و دیگران (۲۰۰۷) با استفاده از روش کنترل بهینه، مدل بهینه‌ی تصمیم‌سازی بانک مرکزی برای کشورهای انگلستان، امریکا، کانادا، نیوزلند، سوئد، لهستان و کره را بررسی کرده‌اند. بر اساس برخی از نتایج سیاست‌های اجرا شده‌ی اغلب کشورهای مورد بررسی از سیاست بهینه‌داری انحراف بوده است.

گان و ویک^{۲۸} (۲۰۰۸) اهمیت نرخ بهره و مدل بهینه‌ی سیاست پولی برای کشور مالزی به عنوان اقتصاد نوظهور را بررسی کردند. در این تحقیق اثر نسبی تغییرات نرخ بهره و نرخ ارز بر شکاف تولید و نرخ ارز بررسی شده است.

گان و یو^{۲۹} (۲۰۰۹) نقش سیاست بهینه‌ی پولی در اقتصاد اسلامی را بررسی کردند. در این تحقیق قاعده‌ی بهینه‌ی تیلور در کشور مالزی به عنوان یک اقتصاد باز کوچک اسلامی بررسی شده است. بر اساس برخی از نتایج این تحقیق با اجرای سیاست‌های مبتنی بر قاعده‌ی ابزاری مناسب پولی، پاسخ‌های سیاست پولی بانک مرکزی به شکاف تولید، تورم و نرخ ارز مطابق با انتظار بوده و ضرایب برآورد شده از نظر اقتصادی قابل توجیه بوده است.

²³ Coenen and Wieland

²⁴ Coenen

²⁵ Adam and Billi

²⁶ Folawewo and Osinubi

²⁷ Veloso and Da Silva

²⁸ Gan and Kwek

²⁹ Gan and Yu

جیموبی و اوچی (۲۰۱۰) با استفاده از روش همجمعی و آزمون علیت گرنجر اثرات متقابل پول، تورم و تولید در کشور نیجریه را بررسی کرده‌اند. بر اساس برخی از نتایج این تحقیق با توجه به ثبات قیمت به دلیل کنترل عرضه‌ی پول، تورم یک مفهوم پولی داشته است.

جو^{۳۰} (۲۰۱۰) با استفاده از مدل کینزینی جدید، سیاست بهینه صلاحیدی را با قاعده‌ی تیلور مقایسه کرده است. بر اساس برخی از نتایج این تحقیق سیاست صلاحیدی بهینه یک راه حل بهینه سازی برای نرخ بهره و شکاف تولید و تورم بوده است. همچنین، این تحقیق نشان داد که پذیرش برخی از هزینه‌های تغییر نرخ بهره، با منافی مانند ثبات تولید و تورم همراه بوده است. استفاده از مدل تعادل عمومی در این تحقیق نشان داد که انتخاب قاعده‌ی سیاستی برای بانک مرکزی و میزان اثرگذاری آن به محیط سیاستی و شرایط اقتصادی حاکم وابسته است.

صغدري و سلیمانی^{۳۱} (۲۰۱۱) ارتباط بین نرخ بهره و تورم در بلندمدت را با استفاده از مدل فیشر و روش همجمعی یوهانسن بررسی کردند. بر اساس نتایج این تحقیق ارتباط بلندمدت بین وزن‌های متوسط نرخ بهره ضعیف بوده است. در حالی که ارتباط بلندمدت بین نرخ اجاره خانه‌های مسکونی بسیار قوی بوده است. در بررسی تحقیقات داخلی مهرآرا (۱۳۷۷) با استفاده از یک مدل VAR و همچنین آنالیز واریانس تعامل میان بخش پولی و حقیقی در اقتصاد ایران را بررسی کرده است. بر اساس نتایج این تحقیق نوسانات حجم پول در تولید ایران سهم بسیار ناچیزی داشته است. برون‌زا بودن تولید در اقتصاد ایران و ناشی شدن سیکل‌های قیمتی در ایران از سیکل‌های واقعی از دیگر نتایج این تحقیق بوده است.

کازرونی و اصغری (۱۳۸۱) رابطه‌ی متغیرهای رشد عرضه‌ی پول و تورم در چارچوب مدل‌های نظری را بررسی کرده‌اند. بر اساس برخی از نتایج این تحقیق، تورم و رشد پول همگرا بوده و تورم یک پدیده‌ی پولی بوده است. یاوری و اصغری (۱۳۸۱) در تحقیقی وقفه‌های تولید، سیاست‌های پولی و پویایی قیمت را بررسی کرده است. بر اساس برخی از نتایج تحقیق وجود وقفه‌ی تولید یک ساله در اقتصاد

³⁰ Joo

³¹ Safdari and Soleymani

ایران تأیید شده است. همچنین نتایج موثر بودن شوک‌های پولی در قالب یک مدل تعادل عمومی بر اقتصاد کشور را نشان داده است. جعفری صمیمی و عرفانی (۱۳۸۳) آزمون خنثی بودن و ابر خنثی بودن بلندمدت پول در اقتصاد ایران را بررسی کرده‌اند. نتایج فرض خنثی بودن پول در اقتصاد ایران را تأیید کرده است. به عبارت دیگر یک تغییر پیش بینی نشده و ماندگار در سطح حجم پول اثری بر متغیرهای واقعی اقتصاد نداشته است. عباسی نژاد و شفیعی (۱۳۸۳) در تحقیقی با استفاده از روش خودرگرسیو با وقفه‌های توزیع شده، ضمن تأیید اثرپذیری کمتر سطح تولید اقتصاد از تغییرات حجم پول، بر استفاده‌ی سیاست‌گذاران از سیاست پولی برای مهار تورم تأکید کرده‌اند.

مهرگان و دیگران (۱۳۸۵) در تحقیقی با استفاده از داده‌های تابلویی رابطه‌ی علی بین نرخ بهره و تورم در بیست و چهار کشور منتخب طی دوره ۲۰۰۱-۳ بررسی کرده‌اند. بر اساس برخی از نتایج این تحقیق وجود رابطه‌ی علی یک طرفه از نرخ بهره به نرخ تورم تأیید شده است.

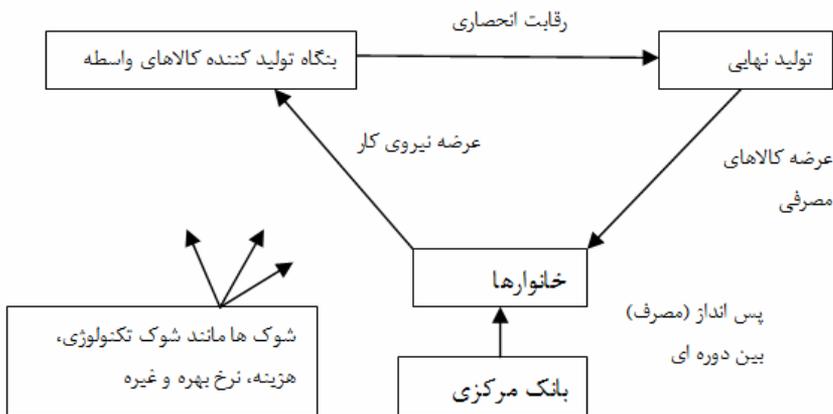
احمدی شادمهری و دیگران (۱۳۹۰) با استفاده از داده‌های فصلی مربوط به نرخ بهره و تورم برای ۱۶ کشور گروه مناطقی طی دوره‌ی ۲۰۰۸-۱۹۹۷، اثر کنترل نرخ بهره برای مهار تورم را بررسی کردند. بر اساس نتایج حاصل از آزمون‌های علیت گرنجری در این کشورها به دلیل تنگناهای ساختار اقتصادی مانند کسری بودجه‌های متوالی و محدودیت‌های مالی دولتی، و بالا بودن ریسک اقتصادی، تغییر نرخ بهره علت تغییر نرخ تورم نبوده است.

۶- مبانی نظری تعادل عمومی کینزینی جدید کنترل نرخ بهره

یکی از وظایف بانک‌های مرکزی کنترل عرضه‌ی پول است. یکی از ابزارهای رسیدن به این هدف استفاده از محدودیت نرخ بهره است. همچنین کاربرد مدل-های تعادل عمومی تصادفی کینزینی جدید برای بانک‌های مرکزی با اثربخشی بیشتر سیاست‌ها و سازگاری و انطباق بیش‌تر منحنی فیلیپس کینزینی همراه است (گرچی و فولادی، ۱۳۸۸). در این مدل‌ها تغییرات متغیرهای کلان اقتصادی به وسیله‌ی اصول اقتصاد خرد قابل تشریح است. با استفاده از این مدل چگونگی پاسخ سیاست‌ها به شوک‌های گوناگون و میزان با ثباتی مدل قابل بررسی است. مطابق نمودار (۱) در مدل تعادل عمومی با فرض وجود چسبندگی در قیمت کالاها، اقتصاد از تعداد زیادی بنگاه رقابت انحصاری به صورت زنجیره‌ای به هم

پیوسته در بخش تولید کننده‌ی کالاهای واسطه تشکیل شده است. این بنگاه‌ها هر کدام کالای جداگانه‌ای تولید می‌کنند. همچنین در این مدل بانک مرکزی به عنوان کارگزار واحد در اقتصاد در نظر گرفته شده است.

نمودار ۱: الگوی تعادل عمومی تصادفی کینزینی جدید



مدل‌های کینزینی جدید در دهه‌های اخیر به عنوان یکی از روش‌های آنالیز سیاست پولی مورد استفاده قرار گرفته است.^{۳۲} این مدل از سه معادله‌ی تشریح کننده‌ی رفتار نرخ بهره اسمی، تورم و شکاف تولید تشکیل شده است. شرح چگونگی استخراج این سه معادله به طور کامل در پیوست (۲) ارائه شده است. معادله‌ی اول شامل قاعده‌ی تیلور ساده به عنوان تابع سیاستی بانک مرکزی برای تحلیل تغییرات سیستماتیک سطح سیاست گذاری در پاسخ به تغییرات تورم و تولید استفاده شده است. در دهه اخیر از قاعده تیلور در تحقیقات زیادی برای بررسی چگونگی اجرای سیاست های پولی استفاده شده است (اورپاندیز^{۳۳}، ۱۹۹۷). تیلور (۱۹۹۳) نرخ سود کوتاه مدت را تابعی از تورم انتظاری و شکاف تولید به صورت زیر معرفی کرده است.

$$r_t = \delta_\pi (\pi_t - \pi^*) + \delta_x (x_t) \quad (۴)$$

۳۲. برای بررسی جزئیات بیشتر به انواری (۱۳۹۱) مراجعه شود.

³³ Orphanides

در رابطه فوق π_t نرخ تورم، π^* نرخ تورم هدف، r_t نرخ سود کوتاه مدت و x_t شکاف تولید واقعی یا اختلاف بین تولید حقیقی اقتصاد و تولید بالقوه است. تولید بالقوه به صورت بالاترین سطح تولید واقعی در بلندمدت تعریف شده است. بر اساس روش برآورد جزء سیکلی یک متغیر و روندزایی به روش هادریک و پرسکات، از تقریب این مقدار به صورت \hat{x}_t استفاده می‌شود. بر این اساس رابطه (۴) به صورت زیر قابل بازنویسی است.

$$r_t = \delta_\pi(\pi_t - \pi^*) + \delta_x(\hat{x}_t) \quad (۵)$$

بر اساس رابطه فوق نرخ بهره‌ی اسمی تعادلی متغیر در زمان شامل دو بخش نرخ بهره‌ی واقعی تعادلی و هدف تورم بانک مرکزی است. نرخ بهره‌ی واقعی به وسیله‌ی عوامل تبیین‌کننده‌ی رشد اقتصادی مانند روندهای بهره‌وری و اشتغال کامل در ارتباط است. بر اساس این رابطه در صورت صفر بودن شکاف تورم و شکاف تولید واقعی، نرخ سیاستی با نرخ بهره‌ی اسمی تعادلی برابر است. در حالت نرمال سیاست پولی کارآمد تیلور ضریب شکاف تورم بیشتر از یک است. کاهش تورم یا شکاف تولید واقعی، کاهش دهنده‌ی نرخ سیاستی است (ودفورد^{۳۴}، ۲۰۰۳).

معادله‌ی دوم مطابق رابطه‌ی (۶) منحنی فیلیپس استخراجی به وسیله‌ی مدل تعادل عمومی کینزینی جدید مطابق پیوست (۲) برای تصمیم‌سازی بنگاه‌های اقتصادی است. بر اساس این رابطه، تورم با انتظار تورمی آینده، قابل افزایش است.

$$\hat{\pi}_t = \beta E[\hat{\pi}_{t+1}] + \tilde{\mathcal{G}}\hat{x}_t + \hat{v}_t \quad (۶)$$

در رابطه‌ی فوق \hat{x}_t نشانگر شکاف تولید حقیقی و $\hat{\pi}_{t+1}$ تورم و \hat{v}_t شوک تورم است. بر این اساس رابطه بین تورم و شکاف تولید و وقفه متغیر برون‌زا به صورت مستقیم استخراج شده است.

معادله‌ی سوم استخراجی به وسیله‌ی مدل تعادل عمومی کینزینی جدید مطابق پیوست (۲) معادله‌ی اولر برای تصمیم‌سازی مخارج خانوار است. بر اساس رابطه‌ی (۷) انتظار مصرف آینده افزایش دهنده‌ی مصرف خانوار است. همچنین کاهش نرخ بهره‌ی اسمی افزایش دهنده‌ی میزان مصرف خانوار است.

$$x_t = E_t x_{t+1} - \varphi(r_t - E_t \pi_{t+1}) \quad (۷)$$

³⁴ Woodford

با کاهش نرخ بهره‌ی واقعی مطابق رابطه‌ی فوق، به دلیل اثر کاهشی انتظارات تورمی، مصرف خانوار کاهش می‌یابد. همچنین وارد شدن شوک‌های مختلف مانند تغییر در ترجیحات مصرفی بهره‌وری مخارج دولت یا همه این عوامل، تغییر دهنده‌ی مصرف خانوار است. شکاف تولید با وقفه ابزار سیاستی نرخ بهره ارتباط منفی دارد. از سوی دیگر شکاف تولید با افزایش وقفه متغیر برون‌زا قابل افزایش است.

روابط (۶) و (۷) از طریق مدل تعادل عمومی کینزینی جدید مطابق پیوست (۲) شبیه‌سازی شده است.

هدف بانک مرکزی انتخاب نرخ بهره در دوره فعلی و آینده است. این نرخ بهره حداقل کننده مجموع انتظارات تابع زیان است. به عبارت دیگر هدف بانک مرکزی حداقل کردن مجموع انتظارات مربع تفاضل نرخ تورم از تورم هدف و شکاف تولید از تولید بالقوه است. تابع هدف بانک مرکزی برای سیاست‌گذاری بر اساس حداقل سازی تابع هزینه به صورت رابطه‌ی زیر است.

$$\min E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta_t (\lambda_{\pi} \pi_t^* + \lambda_x x_t^*) \quad (۸)$$

در روش کینزینی جدید، تابع هزینه‌ی بانک مرکزی برگرفته از تقریب مرتبه‌ی دوم تابع مطلوبیت تنزیل شده خانوار است. بنابراین بر اساس شرط مرتبه‌ی دوم، حداقل سازی تابع هزینه معادل ماکزیمم سازی رفاه خانوار است. این تابع دارای دو جمله شکاف تورم، شکاف تولید واقعی به صورت توان دوم است. وزن‌ها در هر یک از جملات نشانگر میزان تاکید بانک مرکزی در محدود سازی نوسانات بر اساس هر هدف است. علاوه بر آن در تحقیقات مختلف این وزن‌ها به عنوان تابعی از ساختار اقتصاد برای ماکزیمم سازی رفاه خانوار بر اساس محدودیت‌های سیاست‌گذاری با نرخ بهره‌ی اسمی متمایل به صفر در نظر گرفته شده است. با افزایش تورم و تغییرات زیاد نرخ بهره‌ی اسمی بر اساس این رابطه، هزینه افزایش می‌یابد. مطابق این رابطه بانک مرکزی علاوه بر تورم، تولید یا اشتغال را نیز مورد توجه قرار داده است. به دلیل بی‌اثری سیاست پولی در بلندمدت، اهداف تولید در کوتاه مدت تجزیه و تحلیل شده است. در کوتاه مدت هدف سیاستگذار پولی تثبیت تولید در محدوده تولید بالقوه است. حداقل سازی در محدوده هر هدف با

استفاده از روش کنترل خطی درجه دوم مطابق پیوست (۱) قابل بررسی و سیاست گذاری است.

۷- روش برآورد

پس از استخراج و تعیین ضرایب معادلات از طریق مدل تعادل عمومی تصادفی کینزینی جدید، با استفاده از نظریه‌ی کنترل، تابع عکس العمل پولی بانک مرکزی در این شرایط استخراج شده است. این تابع به عنوان تابع عکس العمل و ابزار کنترلی در معادله‌ی تعادل عمومی جدید استفاده شده است. سپس این ضرایب با ضرایب قبلی مقایسه شده است. همچنین با استفاده از ابزار کنترل متلب و تعریف قید حداقل تغییرات نرخ بهره واقعی، میزان اختلاف با اهداف اقتصادی سنجیده شده است. استخراج قاعده‌ی کنترل بهینه، با استفاده از معادله‌ی ریکاتی^{۳۵} مسأله‌ی بهینه سازی خطی درجه‌ی دوم انجام شده است (فریدریک و چبات،^{۳۶} ۱۳۸۷ و اوگاتا،^{۳۷} ۱۳۸۸). برای رابطه‌ی کنترل از برنامه‌ی نویسی الگوریتم کنترل خطی در متلب استفاده شده است. همچنین به دلیل عملکرد مطلوب تر روش بیزی نسبت به روش گشتاورهای تعمیم یافته و حداکثر درست نمایی و امکان استفاده از توزیع پیشین^{۳۸} برای فرآیند برآورد و شناخت پارامترهای مدل از این روش در تخمین و شبیه سازی مدل تعادل عمومی تصادفی کینزینی استفاده شده است (رابانال و روبیو-رامیرز،^{۳۹} ۲۰۰۵ و کوپ،^{۴۰} ۲۰۰۳).

بر اساس روش بیزی به منظور به دست آوردن ضرایب پسین^{۴۱} از بهینه سازی عددی تابع حداکثر درست نمایی به وسیله‌ی توزیع پیشین استفاده شده است. ایجاد نمونه و محاسبه‌ی توزیع‌های پسین^{۴۲} بر اساس الگوریتم متروپولیس-هاستین^{۴۳} انجام شده است. این الگوریتم یک روش زنجیره‌ای مارکوف-مونت کارلو برای به دست آوردن مجموعه‌ای از نمونه‌های تصادفی از یک توزیع احتمالی

³⁵ Riccati Equation

³⁶ Frederick and Chbat

³⁷ Ugatta

³⁸ Prior Distribution

³⁹ Rabanal and Rubio-Ramirez

⁴⁰ Koop

⁴¹ Posterior Modes

⁴² Posterior Distribution

⁴³ Metropolis-Hasting Algorithm

است. از نرم افزار داینر^{۴۴} تحت متلب برای انجام برآورد استفاده شده است (باریلز^{۴۵} و دیگران، ۲۰۱۰). همچنین در استخراج مدل تعادل عمومی پس از طراحی مدل از داده‌های واقعی جهت آزمون و تطبیق مدل استفاده شده است. بر این اساس ابتدا مدل کالیبره شده و سپس داده‌های آن با داده های واقعی مقایسه شده است. در مرحله‌ی آماده سازی پس از اعمال فرض تقارن نتایج استخراج شده است. برای بدون تورش بودن تحلیل‌های اقتصادی ابتدا آزمون ایستایی برای کلیه-ی متغیرهای مدل انجام شده است. سپس وضعیت با ثبات متغیرها به دست آمده است. روند زدایی از داده‌ها با استفاده از فیلتر هادریک پرسکات ($\lambda = 100$) انجام شده است.

۸- داده ها و کالیبراسیون

برای برآورد مدل تعادل عمومی پویا از اطلاعات و داده‌های آماری بانک مرکزی طی دوره‌ی ۸۸-۱۳۵۷ استفاده شده است. از شاخص بهای کالاهای مصرفی برای تورم استفاده شده است. برای نرخ بهره در اقتصاد ایران از نرخ اجاره مسکن به عنوان جایگزین نرخ بهره در مدل تعادل عمومی برای نزدیک شدن به مدل واقعی استفاده شده است. نرخ تورم دو درصد به عنوان انگیزه‌ی تولید برای هدف در نظر گرفته شده است. از آمار تولید ناخالص داخلی به عنوان ارزش تولید بالفعل استفاده شده است. برای محاسبه‌ی تولید ناخالص داخلی بالقوه در تحقیقات مختلف از روش‌هایی مانند روند تولید واقعی، روش خط روند بین اوج‌های تعدیل شده، روش تقاضای معکوس عوامل تولید، روش تابع تولید، روش نسبت تولید به سرمایه استفاده شده است. اغلب این روش‌ها به دلیل عدم دسترسی به برخی اطلاعات و آمار، در اقتصاد ایران قابلیت اجرا نداشته است (عرب مازار و کشوری شاد، ۱۳۸۴). خالصی و صیامی نمینی (۱۳۸۳) بر اساس معادلات قانون اوکان و منحنی فیلیپس، تولید بالقوه را محاسبه کرده‌اند. در این تحقیق تولید بالقوه بر اساس روش عرب مازار و کشوری شاد (۱۳۸۴) با استفاده از انتخاب بهترین روند تولید بالفعل از بین روندهای زمانی مختلف برای تولید بالفعل برآوردی و افزایش تمام مقادیر به میزان اختلاف بین مقادیر برآوردی و مقادیر واقعی در دوره‌ی مورد نظر محاسبه شده است.

⁴⁴ Dynare for Matlab

⁴⁵ Barillas

انتخاب توزیع پیشین و کالیبراسیون برای هر پارامتر مطابق در جدول (۱) است. با استفاده از تحقیق لوبیک و شورفیدی^{۴۶} (۲۰۰۷) پارامترهای نشان دهنده‌ی شدت تغییرات به صورت توزیع بتا^{۴۷} در نظر گرفته شده است. پارامترهای با محدودیت اطلاعات مقدار و علامت آن، دارای توزیع معکوس گاما^{۴۸} و سایر پارامترها دارای توزیع نرمال و گاما^{۴۹} فرض شده است.

جدول ۱: توزیع‌های پیشین

پارامتر	چگالی	میانگین	انحراف استاندارد
δ_{π}	گاما	۰/۲۵	۰/۰۱
δ_y	گاما	۰/۰۵	۰/۰۱
ω	بتا	۰/۵	۰/۰۱
σ	نرمال	۰/۳۱	۰/۰۱
ρ_y	معکوس گاما	۰/۲۵	۴
ρ_v	معکوس گاما	۰/۲۵	۴
پارامترهای ثابت			
	β	۰/۹۹	۰/۰۱
	η	۲/۱۷	۰/۰۱
	ϱ	۲	۰/۰۱

برای پارامترهای انحراف تورم از هدف در تابع عکس العمل پولی (δ_{π}) و ضریب ترجیحات بانک مرکزی به تغییرات تولید (δ_y) بر اساس تحقیق خلیلی عراقی و دیگران (۱۳۸۸) از یک توزیع گاما با میانگین ۰/۲۵ و ۰/۰۵ به ترتیب استفاده شده است. متوسط طول ثابت بودن قیمت برابر یک نیم سال برای پارامتر درجه‌ی چسبندگی قیمت در معادله‌ی تنظیم قیمت (ω) برابر (۰/۵) در نظر گرفته شده است. بر اساس تحقیق کریم زاده (۱۳۸۹) میانگین پیشین معکوس

⁴⁶ Lubik and Schorfheide

⁴⁷ Beta Distribution

⁴⁸ Inverse Gamma Distribution

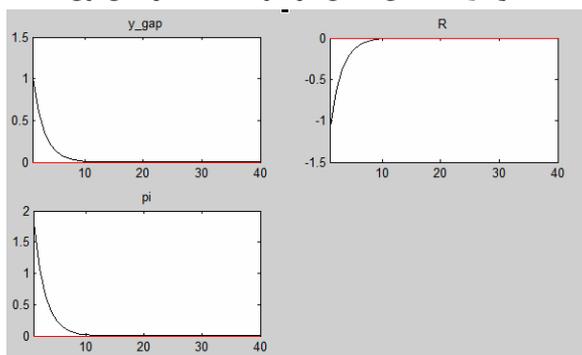
⁴⁹ Gamma Distribution

کشش جانشینی مصرف (σ) برابر $0/31$ و عامل تنزیل (β) $0/99$ درصد در نظر گرفته شده است (کریم زاده، ۱۳۸۹). پارامتر معکوس کشش عرضی نیروی کار (η) با استفاده از تحقیق طائی (۱۳۸۵) برابر $2/17$ استخراج شده است. با توجه به اطلاعات پیشین ناچیز درباره‌ی تغییرات شوک‌ها، انحراف استاندارد شوک‌ها بر اساس توزیع معکوس گاما با میانگین‌های پیشین $0/25$ و انحراف استاندارد ۴ در نظر گرفته شده است.

۹- نتایج برآورد پارامترها

برآورد بیزی‌نی پارامترهای مدل بر اساس برآوردهای میانگین پسین با ۹۰ درصد فاصله‌ی اطمینان به وسیله‌ی الگوریتم متروپلیس- هاستین انجام شده است. آگاهی بخش^{۵۰} بودن این برآوردها به دلیل تمرکز بیشتر چگالی‌های حاشیه‌ای پسین پارامترها، از چگالی‌های نهایی پیشین، تأیید شده است. توابع عکس‌العمل آنی نشان دهنده‌ی رفتار پویای متغیرهای مدل در طول زمان با وارد شدن یک شوک به اندازه‌ی یک انحراف معیار به یکی از متغیرهای مدل است. در نمودار (۲) اثر شوک تورم بر شکاف تولید و نرخ بهره نشان داده شده است. با وارد شدن این شوک، شکاف تولید از مقدار بابتش جابه‌جا شده و سپس در طول زمان کاهش یافته و به مقدار با ثباتش میل کرده است. همچنین مقدار نرخ بهره‌ی واقعی با وارد شدن شوک ابتدا کاهش یافته و سپس به مقدار تعادلی بازگشته است. انطباق این تغییرات با تئوری نشانگر تصریح درست مدل با استفاده از نرم افزار داینر است.

نمودار ۲: عکس‌العمل اثر شوک قیمت در مدل اول



مأخذ: نتایج تحقیق

در جدول (۲) نتایج رابطه‌ی عکس‌العمل پولی بانک مرکزی با استفاده از الگوریتم کنترل مطابق پیوست (۱) در دو وزن‌های کنترلی مختلف نشان داده شده است. بر اساس این نتایج با کنترل بیشتر بانک مرکزی ضرایب توابع سیاستی دارای مقادیر کمتر بوده است. به عبارتی دیگر، در صورت پایبندی به قاعده‌ی مشخص، تغییرات در شکاف تولید و تورم در هر دوره برای رسیدن به هدف، کمتر است. در این حالت تعدیلات اقتصادی منتج به اجرای سیاست‌های واکنشی با شدت کمتر توسط بانک مرکزی در پاسخ به تغییرات تورم و شکاف تولید خواهد شد.

جدول ۲: نتایج مدل کنترلی نرخ بهره

رابطه	π_t	x_t	$\pi_t x_t$
$Q = 0/0.9$			
تابع سیاستی*	۰/۳۹	۰/۰۷	-
تابع ارزش**	۱/۷۱	۱/۰۵	-۰/۰۵
$Q = 0/0.2$			
تابع سیاستی	۰/۸۶	۰/۲۱	-
تابع ارزش	۱/۳۶	۱/۰۴	-۰/۱۱
$r_t = \alpha \pi_t + \beta x_t^*$ $V(\pi_t, x_t) = \alpha \pi_t^2 + \beta x_t^2 + \gamma \pi_t x_t^{**}$			

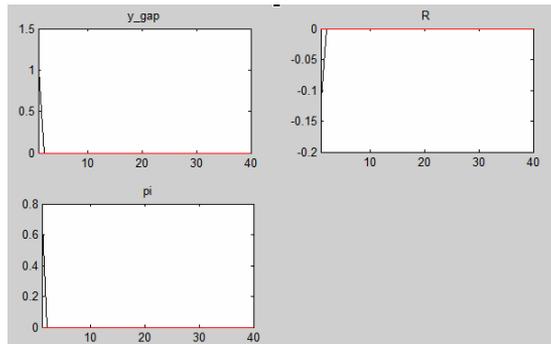
بر اساس نتایج تابع سیاستی با افزایش تورم یا شکاف تولید از مقادیر هدف، افزایش نرخ بهره یکی از بهترین راه‌ها برای کاهش بی‌ثباتی است. با توجه به بزرگ‌تر بودن ضریب تغییرات تورم نسبت به شکاف تولید، فرض وجود دوره‌های تورمی زیاد در اقتصاد کشور تأیید شده است. به عبارتی دیگر، در صورت انتقال انحراف تورم از هدف به دوره‌ای بعدی، عکس‌العمل‌های بیشتر بانک مرکزی نسبت به تورم برای رسیدن به ثبات بهتر است. بزرگ‌تر بودن ضریب انحراف تورم از مقدار هدف به عنوان فعال بودن سیاست پولی برای کنترل تورم در مدل شبیه‌سازی شده است.

نتیجه‌ی استخراج ضریب متقاطع تورم و شکاف تولید در تابع ارزش نشانگر هم‌جهت بودن تغییرات شکاف تولید و تورم است. به عبارت دیگر، به دلیل افزایش

تورم، افزایش در نرخ بهره، کاهش دهنده‌ی شکاف تولید و تورم به طور همزمان است. در غیر این صورت و در شرایط افزایش تورم و افزایش انحراف تولید از وضعیت تولید بالقوه (رکود تورمی) ثبات اقتصاد به سختی امکان پذیر است.

در نمودار (۳) اثر شوک تورم بر شکاف تولید و نرخ بهره در حالت استفاده از رابطه‌ی کنترلی قاعده‌ی پولی بانک مرکزی نشان داده شده است. در این حالت با وجود جابه‌جایی شکاف تولید و نرخ بهره‌ی حقیقی از مقدار باثباتش و میل به مقدار با ثباتش در طول زمان، این نوسانات نسبت به حالت عدم کنترل، بسیار کمتر بوده است. به عبارتی دیگر، در صورت استفاده از قاعده‌ی کنترلی مطابق جدول (۲) در مدل تعادل عمومی کینزینی جدید، طول دوره‌ی تعدیل بسیار کمتر است.

نمودار ۳: عکس العمل اثر شوک قیمت در مدل دوم (مدل کنترلی نرخ بهره)



مأخذ: نتایج تحقیق

همچنین در جدول (۳) برای اطمینان از تصریح درست مدل تعادل عمومی از گشتاورهای متغیرهای مدل استفاده شده است. نزدیکی این گشتاورها نشانگر قابلیت اطمینان این مدل‌ها است.

جدول ۳: گشتاورهای (انحراف معیار) متغیرهای شبیه‌سازی شده و واقعی

x_t	r_t	π_t	مدل
۰/۴۴	۰/۱۷	۰/۰۹	مدل برآوردی اول
۰/۴۳	۰/۲۷	۰/۰۹۱	داده‌های اول
۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۰۹۴	$Q = ۰/۰۲$
۰/۴۲	۰/۲۲	۰/۰۹۹	$Q = ۰/۰۹$

در جدول (۴) برآورد طول دوره‌ی زمانی لازم برای رسیدن به مقادیر هدف نشان داده شده است. مقادیر کنترلی بر اساس کنترل نرخ بهره در حد نرخ تعادلی دو و نیم درصد محاسبه شده است. وزن‌های مختلف تعدیل کننده مقادیر در حد طبیعی است.

جدول ۴: مقایسه‌ی مقادیر استخراجی تورم و شکاف تولید با مقادیر واقعی

متغیر	واقعی	کنترلی
شکاف تورم	۱۵/۵	۰/۵
شکاف تولید	۲۵	۲/۱
توضیح: ۱- شکاف تولید به هزار میلیارد ریال و تورم به صورت درصد است. ۲- مقادیر کنترلی از جعبه‌ی ابزار بهینه سازی متلب استخراج شد است. ۳- از مقادیر واقعی سال ۱۳۸۹ برای مقایسه استفاده شده است.		

بر اساس نتایج حاصل از کنترل مطابق جدول (۴) بین مقادیر واقعی و کنترلی اختلاف زیادی وجود داشته است. یکی از دلایل اختلاف زیاد مقادیر در استفاده از مقادیر شکاف تولید و تولید بالقوه در رابطه است. برای مقایسه‌ی مقادیر واقعی و کنترلی از آمار سال ۱۳۸۹ استفاده شده است. در این سال نرخ تورم اعلام شده

به وسیله‌ی بانک مرکزی برابر ۱۸/۱ درصد استفاده شده است. مقادیر شکاف تولید نیز از اختلاف تولید ناخالص داخلی آن سال و مقادیر محاسبه شده برای تولید بالقوه استفاده شده است. براین اساس با فرض تعدیل سالانه یک درصد برای تورم و شکاف تولید یک دوره‌ی بیست و پنج ساله برای رسیدن به سیاست کنترلی لازم است. در این صورت نرخ تورم به حداقل ممکن ۲/۵ درصد و شکاف تولید به کمترین میزان خواهد رسید. با در نظر گرفتن نرخ تعدیل ده درصد برای کاهش شکاف تولید و تورم، یک دوره‌ی یازده ساله برای رسیدن به هدف لازم است. در حالت وجود نرخ تعدیل بیست درصد برای تورم و شکاف تولید یک دوره‌ی هشت ساله نیاز است. همچنین بر اساس ضرایب استخراجی از رابطه‌ی کنترل بهینه برای رسیدن به شرایط نرخ بهره حداقل ممکن در اقتصاد اسلامی، در صورت وجود نرخ تعدیل بیست و پنج درصد، یک دوره‌ی شش ساله نیاز است. این دوره‌های زمانی در صورت استفاده از برنامه‌های پویای منطبق بر اهداف تعیین شده‌ی نرخ کارمزد

بانکی ۲/۵ درصد و نرخ تورم هدف بین ۲/۵ تا ۳ درصد، برقرار است. عدم پایداری به اهداف تعیین شده، طولانی شدن این دوره‌ی زمانی را در پی خواهد داشت.

۱۰- نتیجه‌گیری

تئوری‌های مختلف به دنبال درک و تدوین ماهیت، علل و موانع رشد اقتصادی بوده است. مهمترین نقش سیاست پولی به عنوان به عنوان بخشی از تئوری‌های ارائه شده در کنترل حجم نقدینگی برای رسیدن به اهداف ثبات است. قاعده‌ی سیاستی پولی تیلور به عنوان یکی از این قاعده‌ها بررسی چگونگی تغییر متغیرهای پولی مانند نرخ بهره یا پایه‌ی پولی در پاسخ به تغییرات اقتصادی است.

در این تحقیق از یک مدل کینزینی جدید بر اساس مدل تعادل عمومی پویای تصادفی با تأکید بر بخش پولی برای برآورد و شبیه سازی استفاده شده است. در این تحقیق با استفاده از نظریه‌ی کنترل و مدل تعادل عمومی تصادفی کینزینی جدید، قاعده‌ی کنترل همزمان تورم و شکاف تولید با انتخاب یک نرخ بهره‌ی مشخص در حداقل ممکن به عنوان یکی از اهداف اقتصاد اسلامی و شرایط لازم برای تحقق آن شبیه سازی شده است. شبیه سازی و برآورد با استفاده از نرم افزار داینر تحت متلب و رابطه‌ی کنترلی با استفاده از برنامه نویسی الگوریتم کنترل متلب انجام شده است. سپس این رابطه با متغیرهای واقعی مقایسه شده است. بر اساس برخی از نتایج این تحقیق، پیش نیاز کنترل نرخ بهره در حداقل ممکن، رسیدن تورم به کمترین مقدار تعیین شده به عنوان هدف است. همچنین مقادیر شبیه سازی شده نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار با مقادیر حقیقی بوده است. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق با فرض تعدیل سالانه‌ی یک درصد، ده درصد، بیست درصد و بیست و پنج درصد به ترتیب یک دوره‌ی بیست و پنج ساله، یازده ساله، هشت ساله و شش ساله برای تورم و شکاف تولید تا رسیدن به مقادیر کنترلی لازم است. این دوره‌های زمانی در صورت استفاده از برنامه‌های پویای منطبق بر اهداف تعیین شده‌ی نرخ کارمزد بانکی ۲/۵ درصد و نرخ تورم هدف بین ۲/۵ تا ۳ درصد، برقرار است. عدم پایداری به اهداف تعیین شده، طولانی شدن این دوره‌ی زمانی را در پی خواهد داشت. بنابراین یک ارتباط نزدیک و مثبت بین نرخ بهره و تورم وجود دارد. بنابراین کنترل نرخ تورم از مقدار هدف و شکاف تولید از مقدار بالقوه گامی مهم در راستای کنترل نرخ بهره در حداقل ممکن و رسیدن به رشد اقتصادی است.

فهرست منابع:

- احمدی شادمهری، محمد طاهر، سمیه خسروی و محمد علی فلاحی. (۱۳۹۰). آزمون علیت هشیائو بین نرخ بهره و تورم برای گروه کشورهای منا. فصلنامه علمی پژوهشی، پژوهشهای رشد و توسعه اقتصادی، ۱(۳): ۲۳۴-۲۰۳.
- انواری، ابراهیم. (۱۳۹۱). تعیین سیاست های بهینه مالی و پولی در راستای رشد با ثبات اقتصادی ایران با استفاده از تئوری کنترل بهینه در فضای نااطمینانی. پایان نامه دکتری اقتصاد، دانشکده اقتصاد دانشگاه شهید چمران اهواز.
- اوگاتا، کانسوهیکو. (۱۳۸۸). متلب در مهندسی کنترل. ترجمه محمود دیانی، تهران: موسسه علمی فرهنگی نص.
- جعفری صمیمی، احمد و علیرضا عرفانی. (۱۳۸۳). آزمون خنثی بودن و ابر خنثی بودن بلند مدت پول در اقتصاد ایران. مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۱۳۸: ۶۷-۱۱۷.
- خالصی، امیر و سیما صیامی نمینی. (۱۳۸۴). برآورد نرخ بیکاری همراه با تورم غیر شتابان و تولید بالقوه. برنامه و بودجه، ۸۶: ۶۷-۹۵.
- خلیلی عراقی، منصور، حامد شکوری و محمد زنگنه. (۱۳۸۸). تعیین قاعده بهینه سیاست پولی در اقتصاد ایران با استفاده از تئوری کنترل. تحقیقات اقتصادی، ۲۰: ۷۹-۹۰.
- طائی، حسن. (۱۳۸۵). تابع عرضه نیروی کار: تحلیلی بر پایه داده‌های خرد. پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۱۱۲: ۲۹-۹۳.
- عباسی نژاد، حسین و افسانه شفیعی. (۱۳۸۳). آیا در اقتصاد ایران پول واقعاً خنثی است؟. مجله تحقیقات اقتصادی، ۶۸: ۱۱۵-۱۵۴.
- عرب مازار، عباس و علی کشوری شاد. (۱۳۸۴). بررسی اثر تغییر ساختاری سنی جمعیت بر رشد اقتصادی. پژوهش های اقتصادی، ۱۵: ۲۷-۵۱.
- فریدریک، دین و نیکلاس چبات. (۱۳۸۷). تحلیل مسائل کنترل دیجیتال با استفاده از متلب و جعبه ابزار سیستم کنترل. ترجمه فریدون شعبانی نیا و سینا سعیدنیا، تهران: انتشارات خانیران.
- کازرونی، علیرضا و برات اصغری. (۱۳۸۱). آزمون مدل کلاسیک تورم در ایران: روش همگرایی. پژوهشنامه بازرگانی، ۱۳۸: ۲۳-۹۷.
- کریم زاده، مصطفی. (۱۳۸۹). تحلیل اثر رابطه مبادله بر سرمایه گذاری: کاربرد الگوی رمزی در اقتصاد ایران. پایان نامه دکتری اقتصاد. دانشگاه اصفهان.

گرچی، ابراهیم و مهدی فولادی. (۱۳۸۸). مقایسه تطبیقی منحنی فیلیپس کینزینی جدید با منحنی فیلیپس متعارف برای اقتصاد ایران. تحقیقات اقتصادی، ۱۹۳: ۸۷-۲۰۸.

مهرآرا، محسن. (۱۳۷۷). تعامل میان بخش پولی و حقیقی در اقتصاد ایران. تحقیقات اقتصادی، ۵۳: ۱۳۳-۱۰۳.

مهرگان، نادر، مرتضی عزتی و حسین اصغرپور. (۱۳۸۵). بررسی رابطه علی بین نرخ بهره و تورم با استفاده از داده های تابلویی. پژوهشهای اقتصادی، ۶(۳): ۹۱-۱۰۵.

یاوری، کاظم و حسین اصغرپور. (۱۳۸۱). وقفه های تولید، سیاست های پولی و پویایی قیمت. تحقیقات اقتصادی، ۶۰: ۲۳۳-۲۰۹.

Adam, K. & R. M. Billi. (2005). Optimal Monetary Policy Under Commitment With A Zero Bound on Nominal Interest Rates. *Journal of Money, Credit and Banking*, 38(7): 1877-1905.

Barillas, F., R. Colacito, S. Kitao, C. Matthes, T. Sargent & Y. Shin. (2010). *Practicing Dynare*. Washington University, Department of Economics.

Barro, R.J. (1976). Rational Expectations and the Rol of Monetary Policy. *Journal of Monetary Economics*, 2:1-32.

Bennett, T. & B. T. McCallum. (2011). Should Central Banks Raise Their Inflation Targets? Some Relevant Issues. *Economic Quarterly*, Federal Reserve Bank of Richmond, 2: 111-131.

Bernanke, B. S., T. Laubach, A. S. Posen & F. S. Mishkin. (1999). *Inflation Targeting: Lessons From the International Experience* (Princeton University Press: Princeton, N.J.)

Chimobi, O.P. & U.C. Uche. (2010). Money, Price and Output: A Causality Test for Nigeria. *American Journal of Scientific Research*, 8: 78-87.

Clarida, R., J. Gali & M. Gertler. (1999): *The Science of Monetary Policy: A New Keynesian Perspective*. *Journal of Economic Literature*, 37:4, 1661-1707.

Coenen, G. & V. Wieland. (2002). The Zero-Interest-Rate Bound and the Role of the Exchange Rate for Monetary Policy in Japan. *European Central Bank*

Coenen, G., A. Orohanines & V. Wieland. (2003). Price Stability and Monetary Policy Effectiveness When Nominal Interest Rates are Bounded at Zero. *European Central Bank*.

Dale, S. & A.G. Haldane. (1998). Interest Rate Control in A Model of Monetary Policy. *The Manchester School*, 66(3): 354-375.

de Haas, J. A. (1889). A Third Element in the Rate of Interest. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 52:99-116.

- Dimand, R. W. (2003). Irving Fisher on the International Transmission of Booms and Depressions through Monetary Standards. *Journal of Money, Credit and Banking*, Blackwell Publishing, 35(1): 49-59.
- Douglass, W. (1738). An Essay Concerning Silver and Paper Currency. In *Colonial Currency Reprints 1682-1751*. Vol. 3. Edited by Andrew M. Davis. New York: Augustus M. Kelley, 1964.
- Fisher, I. (1907). *The Rate of Interest*. New York: Macmillan.
- Folawewo, A.O. & T.S. Osinubi. (2006). Monetary Policy and Macroeconomic Instability in Nigeria: A Rational Expectation Approach. *Journal of Social Sciences*, 12(2): 93-100.
- Friedman, B.M. (1980). The Determination of Long-Term Interest Rates: Implications for Fiscal and Monetary Policies. *Journal of Money, Credit and Banking*, 12:331-52.
- Gan, P. & K. Kwek. (2008). Estimating Monetary Policy Rules: An Optimal Monetary Conditions Index for Malaysia. *International Research Journal of Finance and Economics*, 14:1-16.
- Gan, P.T. & H. Yu. (2009). Optimal Islamic Monetary Policy Rule for Malaysia: The Svensson's Approach. *International Research Journal of Finance and Economics*, 30 :1-12.
- Humphrey, T.M. (1983). The Early History of the Real/Nominal Interest Rate Relationship. *Economic Review*, 69(3):2-10.
- Joo. D. (2010). Optimal Discretionary Policy vs Taylor Rule: Comparison Under Zero Lower Bound and Financial Accelerator. Institute for Monetary and Economic Research, The Bank of Korea.
- Keynes, J.M. (1936). *The General Theory of Employment, Interest and Money*. 1964 Edition, New York: Harcourt, Brace and World.
- Koop, G. (2003). *Bayesian Economics*. Wiley, Chichester.
- Lubik, T.A. & F. Schorfheide. (2007). Do Central Banks Respond to Exchange Rate Movements? A Structural Investigation. *Journal of Monetary Economics*, 54(4):1069-1087.
- Marshall, A. (1890). *Principles of Economics*. London: Macmillan.
- Mishkin, F.S. & M. A. Savastano. (2000). *Monetary Policy Strategies for Latin America*. National Bureau of Economic Research Working Paper No. 7617.
- Orphanides, A. (1997). Monetary Policy Rules Based on Real-Time Data. *American Economic Review*, 91(4): 964-985.
- Orr, A., M. Edey & M. Kennedy. (1995). The Determinants of Real Long-term Interest Rates: 17 Pooled-Time Series Evidence. OECD Economics Department Working Paper No.155.
- Rabanal, P. & J.F. Rubio-ramirez. (2005). Comparing New Keynesian models of the business cycle: A Bayesian approach. *Journal of Monetary Economics*, 52: 1151-1166.

Safdari M. & M. Soleymani. (2011). The Long Run Relationship between Interest Rates and Inflation in Iran: Revisiting Fisher's Hypothesis. *Journal of Economics and International Finance*, 3(14): 705-712 .

Taylor, J.B. & J.C. Williams. (2010). Simple and Robust Rules for Monetary Policy. Federal Reserve Bank of San Francisco, Working Paper Series-10, Market Street, San Francisco.

Veloso, T., R. Meurer & S. Da Silva. (2007). Inflation Targeting and Optimal Control Theory. MPRA Paper No. 3834, posted 07.

Woodford, M. (2003): *Interest and Prices: Foundations of a Theory of Monetary Policy*. Princeton University Press, Princeton.

پیوست ۱:

کنترل خطی درجه‌ی دوم

اساس نظریه‌ی کنترل در نظر گرفتن برداری از متغیرهای کنترل (u) برای اثر گذاشتن بر یک سری از متغیرهای وضعیت (x) است. به جز محدودیت بیشتر بودن تعداد متغیرهای حالت از تعداد متغیرهای کنترل محدودیتی برای معادلات کنترل وجود ندارد. با وارد شدن متغیر شوک تصادفی (ε_t) رابطه به صورت تصادفی قابل تبیین است. در این نظریه تابع جریمه متشکل از متغیرهای کنترل و حالت به صورت تفاضل توان دوم از اهداف است.

$$\min_{\{u_t\}} E \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [x_t' R x_t + u_t' Q u_t] \quad (۱)$$

S.t.

$$x_{t+1} = A x_t + B u_t + \varepsilon_t \quad (۲)$$

در رابطه فوق ماتریس متقارن R و Q به ترتیب وزن‌های متغیرهای حالت و کنترل در تابع جریمه و ماتریس‌های A و B بیانگر ماتریس ضرایب معادله‌ی حالت است. حل رابطه‌ی کنترل بر اساس مسأله‌ی برنامه ریزی پویا و تشکیل تابع ارزش بردار متغیرهای حالت x به صورت زیر است.

$$V(x_t) = \min_{u_t} [x_t' R x_t + u_t' Q u_t + \beta EV(Ax_t + Bu_t + \varepsilon_t)] \quad (۳)$$

با انتخاب ماتریس کمکی P تابع ارزش فوق به صورت درجه‌ی دوم مطابق رابطه‌ی (۴) قابل بازنویسی است.

$$V(x) = x_t' P x_t + d \quad (۴)$$

$$V(x) = \min_u [x'Rx + u'Qu + \beta E(Ax + Bu + \varepsilon_i)P(Ax + Bu + \varepsilon_i) + \beta d] \quad (5)$$

با بسط و جایگذاری مقادیر داخل پرانتز، رابطه‌ی فوق به صورت زیر قابل بازنویسی است.

$$V(x) = \min_u [x'Rx + u'Qu + \beta E(x'A'PAx + x'A'PAu + x'A'P\varepsilon + u'B'PAx + u'B'P\varepsilon + \varepsilon'PAx + \varepsilon'PBu + \varepsilon'P\varepsilon) + \beta d] \quad (6)$$

همچنین با توجه به صفر بودن ارزش‌های انتظاری شوک‌های تصادفی، تابع ارزش پس از حذف مقادیر شوک‌ها به صورت زیر قابل بازنویسی است.

$$V(x) = \min_u [x'Rx + u'Qu + \beta E(x'A'PAx + x'A'PBu + u'B'PAx + u'B'PBu) + \beta d] \quad (7)$$

سیاست بهینه بر اساس مشتق اول تابع ارزش فوق به صورت رابطه‌ی زیر قابل استخراج است.

$$\frac{\partial V(x)}{\partial u} = 2Qu + 2\beta B'PAx + 2\beta B'PBu = 0 \quad (8)$$

و یا

$$u = -(Q + \beta B'PB)^{-1} \beta B'PAx \quad (9)$$

با در نظر گرفتن رابطه‌ی کمکی F تابع سیاستی به صورت زیر قابل استخراج است.

$$u = -Fx \quad (10)$$

$$F = -(Q + \beta B'PB)^{-1} \beta B'PA \quad (11)$$

در این تحقیق این روابط به صورت نتیجه‌ی رابطه‌ی کنترل در نهایت استخراج شده است.

پیوست ۲:

مدل تعادل عمومی پویای تصادفی کینزینی جدید

در تحقیقات مختلف مانند کلاریدا و دیگران (۱۹۹۹) و ودفورد (۲۰۰۳) به مدل تعادل عمومی پویای تصادفی اشاره شده است. این مدل با فرض نرمال بودن کالاهای تولید و مصرف شده و غیر متحرک بودن نیروی کار و سرمایه در سطح بین الملل تبیین شده است. در بخش خانوار فرض شده که مصرف کالاها و

نگهداری از دارایی‌ها برای خانوار دارای مطلوبیت است. بر این اساس با در نظر گرفتن مدل کار فراغت خانوار، ارزش حال مطلوبیت کسب شده به وسیله‌ی خانوار با تأکید بر بخش پولی به صورت رابطه‌ی زیر است.

$$E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\eta}}{1+\eta} \right) \quad (12)$$

در رابطه‌ی فوق $\beta \varepsilon(0,1)$ عامل تنزیل برای خانوار، σ معکوس کشش جانشینی بین زمانی مصرف، η معکوس کشش عرضه‌ی نیروی کار بر اساس دستمزدهای واقعی، C مصرف بخش خصوصی، N عرضه‌ی نیروی کار (ساعات کار) و E اپراتور انتظارات است.

محدودیت بودجه بین دوره‌ای به صورت زیر در نظر گرفته شده است.

$$P_t C_t + E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[C_t + \frac{D_t}{P_t} \right] = E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{W_t}{P_t} N_t + r_t \frac{D_t}{P_t} \right) \quad (13)$$

در رابطه‌ی فوق r_t نرخ بهره‌ی اسمی، W_t دستمزد اسمی، D_t دارایی‌های اسمی و سود سهام دریافتی از بنگاه و P_t شاخص قیمت مصرف کننده در نظر گرفته شده است.

بهینه سازی تابع مطلوبیت خانوار با حداکثر کردن ارزش حال مطلوبیت‌های خود در طول زمان با توجه به محدودیت بودجه‌ی بین دوره‌ای به صورت تابع لاگرانژ زیر است.

$$\begin{aligned} \ell = E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\eta}}{1+\eta} \right) + \\ E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \lambda_t \left(\frac{W_t}{P_t} N_t + r_t \frac{D_t}{P_t} - P_t C_t - C_t - \frac{D_t}{P_t} \right) \end{aligned} \quad (14)$$

نتایج حاصل از بهینه سازی مرتبه‌ی اول به صورت زیر است.

$$\lambda = C_t^{-\sigma} \quad (15)$$

$$\frac{W_t}{P_t} = \frac{N_t^\eta}{\lambda_t} \quad (16)$$

$$\lambda_t = \beta E_t \left[\lambda_{t+1} r_t \frac{P_{t+1}}{P_t} \right] \quad (17)$$

پس از جایگذاری و حذف λ_t برای به دست آوردن شرایط تعادل پایدار وضعیت غیر تورمی از رابطه‌ی اولر مصرف و شرایط تسویه‌ی بازار به صورت زیر استفاده شده است.

$$\frac{W_t}{P_t} = C_t^\sigma N_t^\eta \quad (18)$$

$$C_t^{-\sigma} = \beta E_t [C_{t+1}^{-\sigma} r_t \pi_{t+1}^{-1}] \quad (19)$$

لگاریتم رابطه‌ی فوق به صورت زیر است.

$$W_t - P_t = \sigma C_t + \eta N_t \quad (20)$$

$$C_t = E_t [C_{t+1}] - \frac{1}{\sigma} [r_t - E_t(\pi_{t+1})] \quad (21)$$

بخش دیگری از مدل تعادل عمومی، رفتار بنگاه رقابت انحصاری است. در این مدل بنگاه خریدار کالاهای متمایز تولید شده‌ی سایر بنگاه‌ها و تولید کننده‌ی کالاهای نهایی است. بر این اساس تابع تولید بین دوره‌ای بنگاه رقابت انحصاری به صورت زیر در نظر گرفته شده است.

$$Y_t(i) = N_t(i) \quad (22)$$

با در نظر گرفتن هزینه‌ی واقعی و نهایی زیر، بنگاه i با قیمت P در دوره t ارزش تنزیل شده‌ی انتظاری سود آینده و جاری را مطابق رابطه‌ی زیر حداکثر می‌کند.

$$TC = \frac{W_t}{P_t} N_t(i) \quad (23)$$

$$mc_t(i) = \frac{W_t}{P_t} \quad (24)$$

ماکزیمم سازی تابع سود به صورت زیر در نظر گرفته شده است.

$$E \sum_{k=0}^{\infty} \omega^k \Delta_{t,t+k} \left[\left(\frac{P_t(i)}{P_{t+k}} \right)^{1-\varepsilon} Y_{t+k} - mc_{t+k}(i) \left(\frac{P_t}{P_{t+k}} \right)^{-\varepsilon} Y \right] \quad (25)$$

شرط اول حداکثر سازی رابطه‌ی فوق به صورت زیر است.

$$E \sum_{k=0}^{\infty} \omega^k \Delta_{t,t+k} \left[(1-\varepsilon) \frac{1}{P_{t+k}} \left(\frac{P_t(i)}{P_{t+k}} \right)^{-\varepsilon} Y_{t+k} + \varepsilon mc_{t+k}(i) \left(\frac{1}{P_t(i)} \right) \left(\frac{P_t}{P_{t+k}} \right)^{-\varepsilon} Y_{t+k} \right] \quad (26)$$

با ضرب دو طرف در $P_t(i)$ و استفاده از شرط تسویه‌ی بازار و حل کردن برای $P_t(i)$ رابطه به صورت زیر است.

$$P_t(i) = \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}\right) \frac{E_t \sum_{k=0}^{\infty} (\omega\beta)^k C_{t+k}^{1-\sigma} mc_{t+k}(i) P_{t+k}^{\varepsilon}}{E_t \sum_{k=0}^{\infty} (\omega\beta)^k C_{t+k}^{1-\sigma} P_{t+k}^{\varepsilon-1}} \quad (27)$$

با فرض روبرویی کلیه‌ی بنگاه‌ها به مسأله‌ی بهینه‌سازی یکسان و فرض در نظر گرفتن برابری $P_t(i) = P_t^*$ و $mc_{t+k}(i) = mc_{t+k}$ رابطه‌ی فوق به صورت زیر قابل بازنویسی است.

$$P_t^* = \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}\right) \frac{E_t \sum_{k=0}^{\infty} (\omega\beta)^k C_{t+k}^{1-\sigma} mc_{t+k} P_{t+k}^{\varepsilon}}{E_t \sum_{k=0}^{\infty} (\omega\beta)^k C_{t+k}^{1-\sigma} P_{t+k}^{\varepsilon-1}} \quad (28)$$

ساده‌سازی رابطه‌ی فوق با لگاریتم‌گیری از دو طرف به صورت زیر است.

$$\hat{P}_t^* = (1 - \omega\beta) E \sum_{k=0}^{\infty} (\omega\beta)^k (m\hat{c}_{t+k} + \hat{P}_{t+k}^*) \quad (29)$$

$$\hat{P}_t^* = (1 - \omega\beta)(m\hat{c}_t + \hat{P}_t^*) + \omega\beta E[P_{t+1}^*] \quad (30)$$

با حل این رابطه برای \hat{P}_t^* و جایگزینی نسبت شاخص قیمت طی دو دوره به عنوان جایگزینی برای تورم، منحنی فیلیپس کینزینی جدید به صورت زیر قابل استخراج است.

$$\hat{\pi}_t = \beta E[\hat{\pi}_{t+1}] + \mathcal{G} m\hat{c}_t + \hat{v}_t \quad (31)$$

در رابطه‌ی فوق $\mathcal{G} = \frac{(1-\omega)(1-\omega\beta)}{\omega}$ در نظر گرفته شده است. برای کالاهای

واسطه‌ای هزینه‌ی نهایی بر حسب تولید حقیقی به صورت زیر است.

$$m\hat{c}_t = W_t - P_t = \sigma C_t + \eta N_t = (\sigma + \eta) \hat{Y}_t \quad (32)$$

در حالت قیمت‌های انعطاف پذیر $\omega = 0$ و با در نظر گرفتن $\mu = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}$ تابع هزینه برای تولید بالقوه به صورت زیر است.

$$mc_t^f = \frac{1}{\mu} = \frac{W_t}{P_t} = (Y_t^f)^{\sigma+\eta} \quad (33)$$

در حالت نبود شوک تکنولوژی تولید بالقوه ثابت است.

$$Y = \left(\frac{1}{\mu}\right)^{\sigma+\eta} = const \Rightarrow \hat{Y}_t^f = 0 \quad (34)$$

بنابراین هزینه‌ی نهایی بر حسب شکاف تولید به صورت زیر است.

$$m\hat{c}_t = (\sigma + \eta)\hat{Y}_t^{gap} \quad (35)$$

بر این اساس استخراج مدل کینزینی جدید به صورت زیر است.

$$\hat{\pi}_t = \beta E[\hat{\pi}_{t+1}] + \tilde{\mathcal{G}}\hat{Y}_t^{gap} + \hat{v}_t \quad (36)$$

در رابطه‌ی فوق $\tilde{\mathcal{G}} = (\sigma + \eta)\frac{(1-\omega)(1-\omega\beta)}{\omega}$ در نظر گرفته شده است.

متغیرهای شوک دارای فرآیند خودرگرسیون مرتبه‌ی اول به صورت زیر است.

$$\frac{v_t}{v} = \left(\frac{v_{t-1}}{v}\right)^{\rho_v} \exp(e_{v,t}) \quad (37)$$