

اصلاح قیمت انرژی و سیاست پولی: رویکرد تعادل عمومی تصادفی پویا^۱ (DSGE)

حسن فرازمند، سید عزیز آرمن، سید مرتضی افقه و مجتبی قربان‌نژاد*

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۷/۲۶

تاریخ وصول: ۱۳۹۵/۶/۱

چکیده:

در این مطالعه تلاش می‌شود با طراحی یک الگوی تعادل عمومی تصادفی پویا جهت بررسی شوک قیمت انرژی بر اقتصاد کلان ایران، واکنش بهینه بانک مرکزی در برابر این شوک بررسی شود. در این راستا یک الگوی تعادل عمومی تصادفی پویا برای اقتصاد ایران طراحی می‌شود که مهمترین ویژگی آن در نظر گرفتن مصرف انرژی در سبد مصرفی خانوار به عنوان یک کالای مصرفی و در بخش تولید به عنوان یک نهاده تولید می‌باشد. جهت بررسی نقش سیاستگذار پولی، نخست در الگو برای بانک مرکزی از یک تابع واکنش استفاده می‌شود که بیانگر رفتار صلاح‌دید بانک مرکزی می‌باشد. با کالیبره و حل الگو، اثرات شوک قیمت انرژی بر متغیرهای کلان مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس جهت بررسی واکنش بهینه بانک مرکزی در برابر شوک قیمت انرژی، قاعده پولی بهینه با استفاده از روش کنترل بهینه تصادفی به دست می‌آید. نهایتاً با جایگذاری قاعده بهینه در الگو به جای تابع واکنش بانک مرکزی، تأثیر شوک قیمت انرژی مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرد. نتایج حاکی از آن است که بانک مرکزی می‌تواند با استفاده از قاعده سیاست پولی بهینه واکنش بهتری نسبت به شوک قیمت انرژی داشته باشد و از اثر رکودتورمی آن بکاهد.

طبقه‌بندی *JEL*: E31، E37، F43، Q43

واژه‌های کلیدی: اصلاح قیمت انرژی، الگوی تعادل عمومی تصادفی پویا، سیاست پولی

^۱ مستخرج از رساله دکتری آقای مجتبی قربان‌نژاد به راهنمایی دکتر حسن فرازمند و سید عزیز آرمن و مشاوره دکتر سید مرتضی افقه.

* به ترتیب، دانشیار (نویسنده مسئول)، دانشیار، استادیار و دانشجوی دکتری اقتصاد دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران. (Hfrazmand@scu.ac.ir)

۱- مقدمه

شوک قیمت انرژی در همه کشورها اعم از توسعه‌یافته یا در حال توسعه، صادرکننده یا واردکننده انرژی با اثرات چشم‌گیری بر اقتصاد همراه است. بدون شک شوک قیمت جهانی نفت در دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی در شکل‌گیری رکود تورمی کشورهای توسعه‌یافته در این دوره نقش اساسی داشته است. حقایق آشکار شده^۲ این دوره نشان می‌دهد، شوک قیمت انرژی با تورم پایدار و انقباض معنی‌دار تولید همراه بوده است. این آثار مخرب، در کشورهای توسعه‌یافته منجر به اصلاحات ساختاری نسبت به تغییر قیمت انرژی شد (راد^۳، ۲۰۰۹). در کشورهای در حال توسعه توجه چندانی برای مهار این اثرات زیان بار نشده و همچنان کشورهایمانند ایران با تغییرات قیمت انرژی، شاهد تغییرات عمده در بدنه اقتصاد خود هستند. در این کشورها، که انرژی نقش پررنگی در اقتصاد آن‌ها دارد، بررسی اثرات شوک قیمت انرژی و واکنش بهینه به آن از اهمیت بسیاری برخوردار است.

این مطالعه برآن است تا با طراحی یک الگوی تعادل عمومی تصادفی پویا^۴ (DSGE) بر پایه آمیزه‌های کینزین‌های جدید برای اقتصاد ایران ضمن ارزیابی صحیح آثار اصلاح قیمت انرژی بر متغیرهای کلان اقتصاد ایران، واکنش بهینه بانک مرکزی نسبت به این شوک را مورد بررسی قرار دهد. در واقع از آنجا که افزایش تورم از جمله آثار احتمالی شوک انرژی خواهد بود و با توجه به اینکه وظیفه اصلی بانک مرکزی ثبات قیمت‌هاست، لذا واکنش بهینه بانک مرکزی در قبال آثار تورمی و حتی رکودی شوک قیمت انرژی حائز اهمیت می‌باشد.

در ادامه این مطالعه در بخش دوم مروری بر ادبیات نظری و تجربی در زمینه اصلاح قیمت انرژی و سیاست پولی بهینه می‌شود. روش‌شناسی الگوهای تعادل عمومی تصادفی پویا در بخش سوم ارائه می‌شود. در بخش چهارم تحقیق به طراحی و برآورد یک الگوی تعادل عمومی تصادفی پویا متناسب با اقتصاد ایران و استخراج قاعده بهینه بانک مرکزی پرداخته می‌شود و در پایان نتیجه‌گیری تحقیق ارائه خواهد شد.

^۲ Stylized facts

^۳ Radde

^۴ Dynamic Stochastic General Equilibrium

۲- ادبیات نظری و تجربی

اگرچه مطالعات بسیاری شوک قیمت انرژی را صرفاً در قالب یک شوک طرف عرضه کل یا شوک بهره‌وری مورد مطالعه قرار دادند، اما مطالعاتی نیز اثرگذاری اصلاح قیمت انرژی را از کانال تقاضای کالاها و خدمات مورد توجه قرار دادند. بنا بر نظر هامیلتون^۵ (۲۰۰۵) مکانیزم کلیدی شوک قیمت انرژی به واسطه مخارج بنگاه و نیز مصرف‌کنندگان است. با اصلاح قیمت انرژی، ممکن است بسیاری از متغیرهای اقتصادی به طور مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر قرار گیرند اما برخی از متغیرهای اقتصادی به دلیل وزن و اهمیتی که در بین سایر متغیرها دارند بیشتر قابل توجه و تأکید هستند و تأثیر تبعی این متغیرها بر سایر متغیرهای اقتصادی اهمیت آن‌ها را دوچندان می‌کند. کیلیان^۶ (۲۰۰۷) چهار مکانیزم مستقیم برای انتقال شوک قیمت انرژی بر مخارج مصرف‌کنندگان متصور است. نخست، مکانیزم اثر درآمد احتیاطی^۷ که کاهش درآمد احتیاطی به دنبال افزایش قیمت انرژی خواهد بود. دوم، تغییر قیمت انرژی ممکن است در رابطه با مسیر آتی قیمت انرژی نااطمینانی به دنبال داشته باشد که با عنوان اثر نااطمینانی^۸ از آن یاد می‌شود. این تغییر ممکن است با ایجاد نااطمینانی، خرید کالاهای بادوام خانوار را به تعویق بیندازد (برنانکه،^۹ ۱۹۸۳؛ پندیک،^{۱۰} ۱۹۹۱). سوم، تغییر در نااطمینانی می‌تواند بر تمام اشکال مصرف با افزایش پس‌انداز احتیاطی مصرف‌کنندگان اثرگذار باشد. نهایتاً اثر هزینه عملیاتی^{۱۱} است که مطابق با آن مصرف کالاهای بادوامی که مکمل کالای انرژی هستند، تمایل به کاهش مصرف دارند چرا که خانوارها مصرف کالاهای انرژی‌بر را کاهش می‌دهند.

مطالعات انجام شده در حوزه اثرگذاری قیمت انرژی با رویکرد الگوهای تعادل عمومی تصادفی پویا (DSGE) را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد. گروه اول، شامل آن دسته از مطالعاتی است که انرژی را به صورت غیرمستقیم و از طریق سرمایه

⁵ Hamilton

⁶ Kilian

⁷ Discretionary Income Effect

⁸ Uncertainty Effect

⁹ Bernanke

¹⁰ Pindyck

¹¹ Operating Cost Effect

وارد الگو کرده‌اند؛ این دسته از مطالعات مبتنی بر کار فین^{۱۲} (۲۰۰۰) بوده که در آن مقدار انرژی متناسب با موجودی سرمایه است و به میزان و شدت استفاده از سرمایه بستگی دارد. در این حالت مقدار انرژی مورد استفاده تحت تأثیر میزان سرمایه مورد استفاده در فرآیند تولید تعیین می‌شود که نشان‌دهنده درجه بالای مکمل بودن انرژی و سرمایه است. در نتیجه، قیمت بالای انرژی سبب افزایش هزینه نهایی خدمات سرمایه شده و موجب کاهش عرضه خدمات سرمایه و افزایش نرخ بهره می‌شود. در مطالعاتی مانند بوگارین و همکاران^{۱۳} (۲۰۰۵)، کورمیلیتسینا^{۱۴} (۲۰۰۸)، سانچز^{۱۵} (۲۰۰۸)، لدویس و سیل^{۱۶} (۲۰۰۴)، از این الگو استفاده شده است. گروه دوم، شامل آن دسته از مطالعاتی هستند که نهاده انرژی را به طور مستقیم در تابع تولید، تابع مطلوبیت، قید بودجه دولت و یا قاعده رفتاری بانک مرکزی وارد کرده‌اند. مطالعاتی همچون مدینا و سوتو^{۱۷} (۲۰۰۵)، بلانچارد و گالی^{۱۸} (۲۰۰۷)، بودنستین و دیگران^{۱۹} (۲۰۱۱)، جاوان و ژسک^{۲۰} (۲۰۰۶) و میلانی^{۲۱} (۲۰۰۹) در این گروه قرار می‌گیرند (ابونوری و همکاران، ۱۳۹۲).

از آنجا که یکی از اثرات غیرقابل انکار شوک قیمت انرژی، افزایش سطح عمومی قیمت‌ها می‌باشد، بررسی نظری واکنش بهینه بانک مرکزی (به عنوان عهده‌دار اصلی کنترل آن) به این شوک نیز قابل توجه خواهد بود. در مورد واکنش بهینه بانک مرکزی جهت هدایت سیاست پولی ادبیات گسترده‌ای وجود دارد. متداول‌ترین قاعده بهینه، قاعده تیلور می‌باشد که در الگوسازی DSGE (بخش سیاست‌گذار پولی) نیز بسیار کاربرد دارد. اساساً این قواعد از حل یک مسئله بهینه‌سازی به دست می‌آید. این مسئله به این صورت است که یک تابع زیان شامل انحراف مرتبه دوم شکاف تولید و تورم از مقادیر هدف آنها نسبت به قیدهای خطی،

¹² Finn

¹³ Bugarin *et al.*

¹⁴ Kormilitsina

¹⁵ Sanchez

¹⁶ Leduc & Sill

¹⁷ Medina & Soto

¹⁸ Blanchard & Gali

¹⁹ Bodenstein *et al.*

²⁰ Dhawan & Jeske

²¹ Milani

که نشان‌دهنده محدودیت‌های فضای اقتصادی است، کمینه می‌شود. این قاعده بهینه تحت یک رژیم هدفگذاری تورمی (انعطاف‌پذیر) به دست می‌آید.

از جمله مطالعات در حوزه سیاست پولی بهینه می‌توان به جون‌دیو و لی‌بی‌هان^{۲۲} (۲۰۰۲)، گاندر^{۲۳} (۲۰۰۳)، آدام^{۲۴} (۲۰۰۶)، گلاین^{۲۵} (۲۰۰۷)، مورا و کاروالهو^{۲۶} (۲۰۱۰)، ماتسینی و نیستیکو^{۲۷} (۲۰۱۰) و مطالعات داخلی همچون درگاهی و شربت‌اوغلی (۱۳۸۹)، خلیلی عراقی، شکوری و زنگنه (۱۳۸۸)، درگاهی و قربان‌نژاد (۱۳۹۰) اشاره کرد.

همچنین سمکو^{۲۸} (۲۰۱۳)، کورمیلیتسینا (۲۰۰۸)، دی‌فیور و همکاران^{۲۹} (۲۰۰۶) و ناتال^{۳۰} (۲۰۱۲) به بررسی واکنش بهینه بانک مرکزی در زمان شوک قیمت انرژی پرداختند. در این مطالعات واکنش بانک مرکزی تحت دو سناریوی پایه و سناریوی استفاده از قاعده بهینه برای سیاست‌گذار پولی با در نظر گرفتن شوک قیمت انرژی، مورد بررسی قرار گرفته است.

۳- روش‌شناسی تحقیق

با مرور ادبیات اقتصادی در زمینه ارزیابی آثار اصلاح قیمت انرژی و یارانه‌ها، ملاحظه می‌شود روش‌های گوناگونی برای ارزیابی این اصلاح وجود دارد. هریک از این روش‌ها از نظر جامع بودن تحلیل، دقت اقتصادی، پیچیدگی الگوسازی و حجم داده‌ها و محاسبات مورد نیاز از درجات مختلفی برخوردارند و هر روش برای پرداختن به مسأله‌ای خاص مناسب است. متداول‌ترین روش‌های مورد استفاده برای تحلیل پیامدهای اصلاح قیمت انرژی عبارتند از: تحلیل تعادل جزئی، تحلیل تعادل جزئی گسترش یافته، الگوسازی داده-ستانده، تحلیل تعادل عمومی (نیلی، ۱۳۸۹). بررسی هریک از این روش‌ها و مقایسه آنها نشان داد، تحلیل تعادل عمومی جهت بررسی موضوع مورد بحث، جامع‌ترین روش خواهد بود.

²² Jondeau & Le Bihan

²³ Guender

²⁴ Adam

²⁵ Glain

²⁶ Moura & Carvalho

²⁷ Mattesini & Nistico

²⁸ Semko

²⁹ De Fiore

³⁰ Natal

تحلیل تعادل عمومی، روشی بسیار کامل و البته پیچیده در بررسی اثر اصلاح قیمت یک کالا بر تمام بخش‌های یک اقتصاد است. الگوسازی اقتصادسنجی کلان، الگوهای خودتوضیح برداری^{۳۱} (VAR)، الگوهای تعادل عمومی محاسبه‌پذیر^{۳۲} (CGE) و الگوهای تعادل عمومی تصادفی پویا (DSGE)، از جمله انواع الگوسازی‌هایی هستند که جزء تحلیل تعادل عمومی قرار می‌گیرند.

الگوسازی DSGE شاخه‌ای از ادبیات تعادل عمومی کاربردی محسوب می‌شود که در دو دهه اخیر بسیار مورد استقبال اقتصاد کلان جدید بوده است. این الگوها را به طور گسترده جهت تحلیل سیاست پولی به کار می‌برند، به همین خاطر بسیار مورد توجه بانک‌های مرکزی هستند. یکی از ویژگی‌های محبوب این الگوها به ویژه در بین دانشگاهیان، استخراج قواعد تصمیم عوامل اقتصادی بر اساس رجحان‌ها و استفاده از مسائل بهینه‌سازی است. در واقع پایه‌های اقتصاد خرد این الگوهای اقتصاد کلان باعث جلب توجه شده است. پارادایم الگوهای DSGE، الگوهای تجربی را به واسطه درجه مستحکمی از مبانی نظری که بسیار مورد توجه دانشگاهیان است، از تیررس انتقاد لوکاس نجات داد (دل‌نگرو و اسچورفید^{۳۳}، ۲۰۱۳).

الگوی DSGE باید شامل چند جزء مهم اقتصادی باشد: نخست، ترجیحات که نشان‌دهنده اهداف عوامل اقتصادی است. برای مثال فرض می‌شود خانوارها حداکثرکننده تابع مطلوبیت شامل مصرف و استراحت هستند. دوم، تکنولوژی برای تصریح ظرفیت تولیدی اقتصاد و سوم چارچوب نهادی که مشخص‌کننده مداخلات اقتصادی نهادها خواهد بود. در ساخت یک الگوی DSGE معمولاً یک الگوی ساده جهت مطالعه طراحی می‌شود و سپس جزئیات مورد نظر تحقیق به الگو اضافه می‌شود. از این‌رو جهت ساخت یک الگوی DSGE، برای سادگی برخی فروض در نظر گرفته نمی‌شود و برخی بلوک‌ها ممکن است حذف شوند (متوسلی و همکاران، ۱۳۸۹).

در قسمت بعد سعی می‌شود الگوی DSGE طراحی شده با توجه به ویژگی‌های خاص اقتصاد ایران و با تاکید بر ارزیابی اثرات اصلاح قیمت انرژی (فرازمند و همکاران، ۱۳۹۵) به طور خلاصه ارائه شود.

³¹ Vector Auto-Regressive

³² Computable General Equilibrium

³³ Del Negro & Schorfheide

۴- طراحی الگو و ارزیابی آثار اصلاح قیمت انرژی

۴-۱- طراحی الگو

الگوی مورد طراحی در این تحقیق، بر اساس الگوی توسعه یافته مدینا و سوتو (۲۰۰۷) است. ساختار اصلی الگو بر پایه ادبیات کیزینی جدیدی است که توسط کریستیانو و همکاران^{۳۴} (۲۰۰۵)، اسمتز و ووتر^{۳۵} (۲۰۰۳، ۲۰۰۷) آلیگ و همکاران^{۳۶} (۲۰۰۳، ۲۰۰۴) و وودفورد^{۳۷} (۲۰۰۳) بسط داده شده است. از مهمترین ویژگی‌های اصلی الگو می‌توان به چسبندگی دستمزدها و قیمت‌ها و شاخص‌بندی جزئی نسبت به تورم گذشته، ناکاملی گذار نرخ ارز به قیمت وارداتی در کوتاه‌مدت، وجود هزینه تعدیل سرمایه‌گذاری، وجود عادات مصرفی در بخش خانوار و در نظر گرفتن انرژی در هردو بخش خانوار و بنگاه اشاره کرد.

۴-۱-۱- خانوار

به تبعیت از مدینا و سوتو (۲۰۰۷) دو گروه خانوار، شامل ریکاردینی و غیرریکاردینی در نظر گرفته می‌شود. گروه ریکاردینی قادرند با استفاده از حداکثرسازی مطلوبیت، نسبت به مصرف و پس‌انداز تصمیم‌گیری نمایند اما گروه غیرریکاردینی بر اساس درآمد قابل تصرف خود، مصرف می‌کنند. آنها مالک دارایی‌ها و بنگاه‌ها نیستند و تمام درآمد قابل تصرف خود را مصرف می‌کنند. با توجه به بررسی مطالعات مختلف، ارزش حال مطلوبیت یک خانوار ریکاردینی (j) به شکل زیر فرض می‌شود.

$$U_t = E_t \left\{ \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i \xi_{C,t+i} \left[\log(C_{t+i}(j) - \bar{h}C_{t+i-1}) - \xi_{L,t} \frac{l(j)_{t+i}^{1+\sigma_L}}{1+\sigma_L} + \frac{\xi_M}{1-\mu} \left(\frac{M_{t+i}(j)}{P_{C,t+i}} \right)^{1-\mu} \right] \right\} \quad (1)$$

که در آن $C_t(j)$ مصرف خصوصی، $l(j)_t$ استراحت و $M_t(j)$ تراز اسمی پول در دوره t است. در این تابع مطلوبیت عادات مصرفی خانوار نیز در نظر گرفته شده است. همچنین $\xi_{C,t}$ ، $\xi_{L,t}$ ، ξ_M و σ_L و μ به ترتیب شوک ترجیحات مصرف، شوک

³⁴ Christiano *et al.*

³⁵ Smets & Wouters

³⁶ Altig *et al.*

³⁷ Woodford

عرضه نیروی کار، شوک تقاضای پول، عکس کشش عرضه نیروی کار و عکس کشش تراز پول است. عادات مصرفی نیز به واسطه پارامتر \bar{h} ارائه شده است (تمامی شوک‌های الگو، از یک فرایند خودرگرسیو مرتبه اول تبعیت می‌کنند).

- انتخاب سبد مصرفی و به دست آوردن توابع تقاضای مصرف

جهت در نظر گرفتن اثر اصلاح قیمت انرژی در بخش تقاضای اقتصاد، فرض می‌شود سبد مصرفی خانوار شامل انرژی $(C_{E,t}(j))$ و غیرانرژی $(C_{NE,t}(j))$ باشد که به صورت شاخص CES در نظر گرفته می‌شود.

$$C_t(j) = \left[\alpha_C^{\frac{1}{\omega_C}} (C_{NE,t}(j))^{\frac{\omega_C-1}{\omega_C}} + (1 - \alpha_C)^{\frac{1}{\omega_C}} (C_{E,t}(j))^{\frac{\omega_C-1}{\omega_C}} \right]^{\frac{\omega_C}{\omega_C-1}} \quad (۲)$$

که پارامتر ω_C نشان دهنده کشش جانشینی بین کالای انرژی و غیرانرژی در سبد مصرفی خانوار ریکاردینی است و α_C نیز سهم کالای غیرانرژی را نشان می‌دهد. با حداکثرسازی معادله (۲) نسبت به قید بودجه زیر، توابع تقاضا به دست می‌آید.

$$P_{E,t} + P_{NE,t} = P_{C,t} \quad (۳)$$

در آن، $P_{C,t}$ ، $P_{E,t}$ و $P_{NE,t}$ به ترتیب شاخص قیمت مصرف‌کننده، قیمت انرژی و غیرانرژی است. تقاضای کالای انرژی و غیرانرژی به صورت زیر خواهد بود.

$$C_{NE,t} = \alpha_C \left(\frac{P_{NE,t}}{P_{C,t}} \right)^{-\omega_C} C_t(j) \quad , \quad C_{E,t} = (1 - \alpha_C) \left(\frac{P_{E,t}}{P_{C,t}} \right)^{-\omega_C} C_t \quad (۴)$$

از طرفی فرض شده است، کالای غیرانرژی نیز یا از بازار داخل $(C_{H,t}(j))$ و یا از بازار خارج $(C_{F,t}(j))$ تامین می‌گردد.

$$C_{NE,t}(j) = \left[\gamma_C^{\frac{1}{\eta_C}} (C_{H,t}(j))^{\frac{\eta_C-1}{\eta_C}} + (1 - \gamma_C)^{\frac{1}{\eta_C}} (C_{F,t}(j))^{\frac{\eta_C-1}{\eta_C}} \right]^{\frac{\eta_C}{\eta_C-1}} \quad (۵)$$

لذا به طور مشابه تابع تقاضای کالای غیرانرژی داخلی و خارجی به شکل زیر خواهد بود.

$$C_{H,t} = \gamma_C \left(\frac{P_{H,t}}{P_{NE,t}} \right)^{-\eta_C} C_{NE,t}(j) \quad C_{F,t} = (1 - \gamma_C) \left(\frac{P_{F,t}}{P_{NE,t}} \right)^{-\eta_C} C_{NE,t} \quad (۶)$$

که در آن، که در آن، $P_{F,t}$ و $P_{H,t}$ به ترتیب شاخص قیمت داخلی و خارجی است.

- موجودی سرمایه و سرمایه‌گذاری

قانون حرکت^{۳۸} موجودی سرمایه فیزیکی (K_t) خانوار به شکل زیر مفروض است.

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + \xi_{I,t} S\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right) I_t \quad (۷)$$

که δ نرخ استهلاک، $S(\cdot)$ تابعی برای هزینه تعدیل سرمایه‌گذاری و $\xi_{I,t}$ شوک تصادفی سرمایه‌گذاری است. به روشی مشابه مصرف، سرمایه‌گذاری کل یک جمعگر CES از سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی است.

$$I_t = \left[\gamma_I^{1/\eta_I} I_{H,t}^{\eta_I-1/\eta_I} + (1 - \gamma_I)^{1/\eta_I} I_{F,t}^{\eta_I-1/\eta_I} \right]^{\eta_I} \quad (۸)$$

که η_I کشش جانشینی بین سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی و پارامتر γ_I سهم کالای داخلی در سرمایه‌گذاری است. به طور مشابه تقاضای کالاهای سرمایه‌ای داخلی و خارجی توسط بنگاه‌ها به صورت زیر خواهد بود.

$$I_{H,t} = \gamma_I \left(\frac{P_{H,t}}{P_{I,t}}\right)^{-\eta_I} I_t \quad I_{F,t} = (1 - \gamma_I) \left(\frac{P_{F,t}}{P_{I,t}}\right)^{-\eta_I} I_t \quad (۹)$$

که $P_{I,t}$ به عنوان شاخص قیمت سرمایه‌گذاری است.

- انتخاب مصرف و پس‌انداز در خانوارهای ریکاردینی

بعد از اینکه خانوار ترکیب بهینه کالاها را مشخص نمود، بایستی مقادیر بهینه‌ای از مصرف، نیروی کار و مانده حقیقی پول را نیز جهت حداکثر کردن مطلوبیت خود انتخاب نماید.

قید بودجه خانوار برحسب قیمت‌های حقیقی به صورت زیر خواهد بود.

$$c_t(j) + I_t(j) + m_t(j) + b_t(j) = (1 + r_{d,t-1}) \frac{b_{t-1}}{\pi_{c,t}} + \frac{m_{t-1}}{\pi_{c,t}} + TR_t - T_t + \frac{W_t}{P_t} l_t + R_{k,t} Z_t k_t - \psi(Z_t) k_t \quad (۱۰)$$

³⁸ Law of Motion

که در آن، I_t سرمایه‌گذاری، b_t اوراق مشارکت، $r_{d,t}$ نرخ بهره اسمی اوراق مشارکت، TR_t پرداخت‌های انتقالی، T_t کل مالیات پرداختی، $\pi_{c,t}$ نرخ تورم شاخص قیمت مصرف‌کننده، w_t دستمزد اسمی، $R_{k,t}$ نرخ بازده حقیقی سرمایه، Z_t نرخ بهره‌برداری از سرمایه و $\psi(Z_t)$ هزینه بهره‌برداری سرمایه است. با مشخص شدن قیود خانوار، تابع لاگرانژین به صورت زیر خواهد بود.

$$\begin{aligned}
 L &= E_t \left\{ \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i \xi_{C,t+i} \left[\ln(C_{t+i}(j) - \tilde{h}C_{t+i-1}) - \xi_{L,t} \frac{l(j)_{t+i}^{1+\sigma_L}}{1+\sigma_L} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + \frac{\xi_{M,t}}{1-\mu} \left(\frac{M_{t+i}(j)}{P_{C,t+i}} \right)^{1-\mu} \right] \right\} \\
 &- \lambda_{1t} \left[c_t(j) + I_t(j) + m_t(j) + b_t(j) - (1+r_{d,t-1}) \frac{b_{t-1}}{\pi_{c,t}} - \frac{m_{t-1}}{\pi_{c,t}} \right. \\
 &\quad \left. + T_t - \frac{W_t}{P_t} l_t - R_{k,t} Z_t k_t + \psi(Z_t) k_t \right] \\
 &- \lambda_{2t} \left[K_{t+1} - (1-\delta)K_t - \xi_{I,t} S\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right) I_t \right] \tag{11}
 \end{aligned}$$

لذا شرایط مرتبه اول حداکثرسازی مطلوبیت خانوار به صورت زیر خواهد بود.

$$\frac{\partial L}{\partial C} : \xi_{c,t} \frac{1}{C_t - \tilde{h}C_{t-1}} + \beta E_t \xi_{t+1} - \frac{\tilde{h}}{C_{t+1} - \tilde{h}C_t} = \lambda_{1,t} \tag{12}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial L}{\partial I} : & -\lambda_{1t} + \lambda_{2t} \xi_{I,t} \left[1 - s\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right) - S'\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right) \frac{I_t}{I_{t-1}} \right] \\
 & + \beta E_t \lambda_{2t} \xi_{I,t+1} S'\left(\frac{I_{t+1}}{I_t}\right) \left(\frac{I_{t+1}}{I_t}\right)^2 = 0 \tag{13}
 \end{aligned}$$

$$\frac{\partial L}{\partial Z} : R_{k,t} = \psi'(Z_t) \tag{14}$$

$$\frac{\partial L}{\partial K} : \lambda_{2,t} = \beta E_t \lambda_{1,t+1} [Z_{t+1} R_{k,t+1} - \psi(Z_{t+1})] + \beta(1 - \delta) E_t \lambda_{2,t+1} \tag{15}$$

$$\frac{\partial L}{\partial b} : \beta E_t \lambda_{1,t+1} (1+r_{d,t}) \frac{1}{\pi_{c,t+1}} = \lambda_{1,t} \tag{16}$$

$$\frac{\partial L}{\partial m} : \xi_{M,t} (m_t)^\mu = \lambda_{1,t} - \beta E_t \lambda_{1,t+1} \frac{1}{\pi_{c,t+1}} \tag{17}$$

$$\frac{\partial L}{\partial l} : -\xi_{l,t} (l_t)^{\sigma_l} + \lambda_{1,t} \frac{W_t}{P_{c,t}} = 0 \tag{18}$$

با به دست آوردن شرایط مرتبه اول بهینه‌یابی خانوار ریکاردینی، رابطه تعادلی بین زمانی مصرف، تقاضای پول و سایر معادلات مورد نیاز الگو را می‌توان به دست آورد.

$$\beta E \frac{1+r_{d,t+1}}{\pi_{c,t+1}} = \frac{\frac{\xi_{c,t}}{C_t - \tilde{h}C_{t-1}} + \beta E \xi_{c,t+1} \frac{-\tilde{h}}{C_{t+1} - \tilde{h}C_t}}{\frac{\xi_{c,t+1}}{C_{t+1} - \tilde{h}C_t} + \beta E \xi_{c,t+2} \frac{-\tilde{h}}{C_{t+2} - \tilde{h}C_{t+1}}} \quad (19)$$

$$\frac{\xi_{c,t}}{C_t - \tilde{h}C_{t-1}} + \beta E \xi_{c,t+1} \frac{-\tilde{h}}{C_{t+1} - \tilde{h}C_t} \left(\frac{r_{d,t}}{1+r_{d,t}} \right) = \xi_m(m_t)^{-\sigma_M} \quad (20)$$

۴-۱-۲- بنگاه

به تبعیت از الگوی مدینا و سوتو (۲۰۰۷)، سه نوع بنگاه شامل بنگاه تولیدکننده کالای واسطه، بنگاه‌های واردکننده و بنگاه‌های صادرکننده در نظر گرفته شده است.

- بنگاه داخلی

بنگاه‌های واسطه با استفاده از نهاده‌های نیروی کار، سرمایه و انرژی، کالای واسطه‌ای قابل مبادله متمایز تولید می‌کنند. این بنگاه‌ها محصولاتشان را به بنگاه‌های جمعگر می‌فروشند. تعداد زیادی بنگاه جمعگر با استفاده از تابع CES کالاهای واسطه را تجمیع کرده و در بازار داخل و خارج به فروش می‌رسانند. براین اساس تقاضا برای کالای داخلی و خارجی به صورت زیر خواهد بود.

$$Y_{H,t}^*(z_H) = \left(\frac{P_{H,t}^*(z_H)}{P_{H,t}^*} \right)^{-\epsilon_H} Y_{H,t}^* \quad Y_{H,t}(z_H) = \left(\frac{P_{H,t}(z_H)}{P_{H,t}} \right)^{-\epsilon_H} Y_{H,t} \quad (21)$$

$P_{H,t}(z_H)$ قیمت z_H در بازار داخل و $P_{H,t}^*(z_H)$ قیمت آن در بازار خارج برحسب پول خارجی خواهد بود.

تابع تولید بنگاه به صورت زیر می‌باشد.

$$Y_{H,t}(z_H) = A_{H,t} \left[\alpha_H \frac{1}{\omega_H} V_{H,t}(z_H)^{1-\frac{1}{\omega_H}} + (1-\alpha_H) \frac{1}{\omega_H} E(z_H)^{1-\frac{1}{\omega_H}} \right]^{\frac{\omega_H}{\omega_H-1}} \quad (22)$$

که $V_{H,t}(z_H)$ ترکیب نیروی کار و سرمایه در تولید (ارزش افزوده) و $E(z_H)$ مقدار استفاده از انرژی به عنوان نهاده واسطه است. α_H وزن نهاده نیروی کار و سرمایه در تولید و ω_H درجه جانشینی بین انرژی و سایر نهاده‌های تولید است. $A_{H,t}$ نیز

نمایانگر شوک بهره‌وری برای تمام بنگاه‌ها است. ترکیب نیروی کار و سرمایه نیز از یک تابع کاب-داگلاس تبعیت می‌کند.

$$V_{H,t}(z_H) = [T_t l_t(z_t)]^{\eta_H} [K_t(z_t)]^{1-\eta_H} \quad (23)$$

پارامتر η_H سهم نیروی کار در تولید و T_t روند تصادفی بهره‌وری نیروی کار است. بر اساس قیمت‌گذاری کالو^{۳۹} (۱۹۸۳) در هر دوره تنها درصدی از بنگاه‌ها قادر به تعدیل قیمت به طور بهینه (بر اساس حداکثر کردن سود) خواهند بود و سایر بنگاه‌ها قیمت خود را بر اساس یک قاعده ساده برحسب تورم گذشته و هدف، تعدیل خواهند نمود.

بنابراین قیمت بهینه بنگاه از حداکثر کردن تابع زیر نسبت به معادله (۱۲) به دست می‌آید.

$$\max E_t \left\{ \sum_{i=0}^{\infty} E_{t,t+i} \phi_{HD}^i \frac{\Gamma_{HD,t}^i P_{H,t}(z_H) - MC_{H,t+i}}{P_{C,t+i}} Y_{H,t+i}(z_H) \right\} \quad (24)$$

این بهینه‌یابی به طور مشابه برای محصولات که در بازار خارج فروخته می‌شود نیز انجام می‌گیرد. نهایتاً بر اساس این ساختار قیمت‌گذاری، مسیر بهینه‌ای برای تورم توسط یک منحنی فیلیپس کیزینی جدید با استفاده از شاخص‌بندی به دست می‌آید.

در شکل لگاریتمی خطی شده، تورم حال به تورم گذشته، تورم انتظاری دوره بعد و هزینه نهایی بستگی دارد. $MC_{H,t}$ هزینه نهایی تولید z_H به صورت زیر است.

$$MC_{H,t} = \frac{W_t l_t(z_H) + Z_t K_t(z_H) + P_{E,t} E_{H,T}(z_H)}{Y_{H,t}(z_H)} \quad (25)$$

- بنگاه وارداتی

بنگاه‌های وارداتی با خریداری کالاهای سرمایه‌ای (I_m) و مصرفی (C_m) به قیمت جهانی، آنها را با قیمت داخلی به فروش می‌رسانند. بنگاه‌های وارداتی نیز از قیمت‌گذاری کالو استفاده می‌کنند که نهایتاً با حداکثر کردن سود خود، قیمت کالای وارداتی مصرفی و سرمایه‌ای به شکل زیر خواهد بود.

³⁹ Calvo

$$P_{mc,t} = \left[\xi_{mc} P_{mc,t-1} \pi_{mc,t-1}^{1-\eta_{mc}} + (1 - \xi_{mc})(P_{mcnew,t})^{1-\eta_{mc}} \right]^{\frac{1}{1-\eta_{mc}}} \quad (26)$$

$$P_{mi,t} = \left[\xi_{mi} P_{mi,t-1} \pi_{mi,t-1}^{1-\eta_{mi}} + (1 - \xi_{mi})(P_{minew,t})^{1-\eta_{mi}} \right]^{\frac{1}{1-\eta_{mi}}} \quad (27)$$

- بنگاه صادراتی

بنگاه‌های صادراتی با خرید کالاهای داخلی، آنها را به قیمت خارجی در بازارهای خارجی به فروش می‌رسانند. این دسته از بنگاه‌ها قدرت انحصاری نداشته و قیمت برای آنها در بازار خارج داده شده است. بنابراین هزینه نهایی برابر قیمت خواهد بود (بازار رقابت کامل). نهایتاً تقاضا برای کالای مصرفی و سرمایه‌ای صادراتی به صورت زیر به دست آمده است.

$$C_{x,t} = \left[\frac{P_{x,t}}{P_t^*} \right]^{-\eta_f} C_t^* \quad (28)$$

$$I_{x,t} = \left[\frac{P_{x,t}}{P_t^*} \right]^{-\eta_f} I_t^* \quad (29)$$

که در آن $C_{x,t}$ ، $I_{x,t}$ ، C_t^* ، I_t^* ، P_t^* به ترتیب تقاضای خارجی برای کالای مصرفی داخلی، تقاضای خارجی برای کالای سرمایه‌ای داخلی، مصرف خارجی، سرمایه‌گذاری خارجی و شاخص قیمت خارجی است.

۴-۱-۳- دولت و بانک مرکزی

در ادبیات مرسوم کینزین جدید بخش بانک مرکزی، مشتمل بر یک قاعده سیاست پولی با استفاده از ابزار پولی نرخ بهره است. اما در اقتصاد ایران در نظر گرفتن قاعده پولی و به خصوص در نظر گرفتن نرخ بهره به عنوان ابزار پولی، چندان به واقعیت اقتصاد ایران نزدیک نیست. براین اساس ترازنامه بانک مرکزی به تبعیت از تقی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۳) به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود.

$$H_t = DC_{g,t} + EX_t FR_t \quad (30)$$

که در آن ذخایر خارجی (FR_t) با استفاده از نرخ ارز (EX_t) به پول داخلی تبدیل شده است. ذخایر خارجی نیز تابع تغییر نرخ ارز، صادرات (X_t)، واردات (M_t) و درآمد نفت (O_t) است.

$$FR_t - FR_{t-1} = \omega_{fr}(O_t + P_{X,t}X_t - P_{M,t}M_t) \quad (31)$$

با بررسی مطالعات پولی انجام گرفته برای اقتصاد ایران، برای ابزار سیاست‌گذاری پولی نیز از نرخ رشد پایه پولی استفاده می‌شود. رفتار بانک مرکزی به صورت صلاح‌دید در جهت کاهش شکاف تولید، انحراف تورم از تورم هدف و انحراف نرخ ارز حقیقی در نظر گرفته شده است.

$$\dot{H}_t = \theta_1 \dot{H}_{t-1} + \theta_2(\pi_t - \bar{\pi}_t) + \theta_3 \hat{y}_t + \theta_4 rer_t + \varepsilon_t \quad (32)$$

قید بودجه دولت نیز به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود.

$$g_t + \frac{(1 + r_{d,t-1})b_{t-1}}{\pi_{c,t}} + tr_t = or_t + T_t + b_t + \frac{DC_{g,t} - DC_{g,t-1}}{P_{c,t}} \quad (33)$$

که در آن g_t ، tr_t ، or_t و T_t و $DC_{g,t}$ به ترتیب مخارج دولت، پرداخت‌های انتقالی، درآمد نفتی دولت، درآمد مالیاتی دولت (که همگی از یک فرایند خودتوضیح مرتبه اول تبعیت می‌کنند) و خالص بدهی بخش دولتی به بانک مرکزی است.

۴-۱-۵- تعادل بازار کالا

از آنجا که الگو مورد طراحی، الگویی تعادلی است لذا تمام بازارهای مورد بررسی (بازار کالاها و خدمات، بازار کار، بازار پول، بازار اوراق قرضه) باید تسویه شوند و در تعادل باشند.

بازار کالای نهایی زمانی در تعادل است که عرضه کل (تولید) برابر تقاضای کل باشد.

$$y_t = c_t + I_t + g_t + EX_t \frac{X_t}{P_{c,t}} - \frac{P_{m,t}m_t}{P_{c,t}} \quad (34)$$

۴-۲- حل الگو و سنجش اعتبار

حل الگوی طراحی شده منجر به یک دستگاه سیستم معادلات تفاضلی غیرخطی خواهد شد که حل تحلیلی آن بسیار دشوار است. یکی از راه‌های کاستن پیچیدگی‌های محاسباتی، لگاریتمی-خطی سازی است. منظور از لگاریتمی-خطی تبدیل یک معادله تفاضلی غیرخطی به خطی برحسب انحراف از مقدار لگاریتمی

در وضعیت تعادل پایدار بلندمدتش است. لذا پس از به دست آوردن وضعیت پایدار^{۴۰} الگو، با لگاریتمی-خطی کردن شرایط مرتبه اول و شرایط تسویه بازار حول این وضعیت پایدار، الگو حل شده است.

می توان شرایط مرتبه اول و شرایط تسویه بازار الگو را به فرمت زیر در نظر گرفت.

$$\Gamma_0 X_t = \Gamma_1 E_t(X_{t+1}) + \Gamma_2 X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (35)$$

با توجه به اینکه مقادیر E_t (انتظارات) در دسترس نیست، منظور از حل الگو رسیدن به سیستم معادلات به شکل زیر خواهد بود.

$$X_t = AX_{t-1} + B\varepsilon_t \quad (36)$$

با توجه به معادله (۳۵) الگوی DSGE به یک الگوی SVAR تبدیل خواهد شد. بنابراین هدف رسیدن از معادله تفاضلی غیرخطی (۳۴) به معادله تفاضلی خطی (۳۵) است که برای این منظور روش های مختلفی چون سیمز، اوهلینگ و بلانچارد-کان^{۴۱}، وجود دارد.

جهت پیدا کردن جواب های پویا برای الگوی طراحی شده، ابتدا بایستی مقادیر پارامترهای الگو مشخص شود. اساسا دو روش برای تعیین مقادیر پارامترها وجود دارد، برآورد پارامترها با استفاده از روش های مختلفی همچون گشتاورهای تعمیم یافته (GMM)، حداکثر درستنمایی و روش بیزین و یا استفاده از کالیبراسیون است که با بررسی مطالعات و حقایق آشکار شده، تلاش می کند مقادیر مناسب را پیدا کند.

با بررسی مطالعات مختلف و اطلاعات در دسترس از اقتصاد ایران طی دوره ۹۳:۴-۱۳۶۹:۱، مقادیر برخی پارامترهای اصلی الگو در جدول (۱) ارائه شده است. بررسی و ارزیابی میزان موفقیت الگوی پارامتریزه شده، با میزان سازگاری و نزدیکی گشتاورهای مراتب مختلف داده های دنیای واقعی با گشتاورهای تولید شده از الگوی کالیبره شده سنجیده می شود. باید توجه داشت که جهت مقایسه آمار تولید شده توسط الگو و داده های واقعی بایستی مرحله آماده سازی داده های واقعی صورت گیرد. جهت به دست آوردن حقایق آشکار شده، ابتدا بایستی داده ها را به

⁴⁰ Steady State

⁴¹ Sims, Ohlig, Blanchard-Kahn

شکل قابل محاسبه تبدیل نمود، چرا که در حل الگو از شکل لگاریتمی خطی استفاده شده است.

جدول ۱: مقادیر پارامترهای الگو

پارامتر	عنوان	مقدار	منبع
g_y	رشد GDP در حالت پایدار	۰/۰۱۹	محاسبات تحقیق
$\bar{\pi}$	تورم در حالت پایدار	۰/۱۹۵	محاسبات تحقیق
NX/Y	نسبت خالص صادرات به GDP	۰/۰۴۶	محاسبات تحقیق
β	عامل تنزیل	۰/۹۷۴۵	تقی‌نژاد (۱۳۹۴)
α_C	سهم کالای غیرانرژی	۰/۹۵۹	محاسبات تحقیق
γ_C	سهم کالای داخلی از سبد مصرفی	۰/۴۷	محاسبات تحقیق
γ_I	سهم کالای داخلی از سرمایه‌گذاری	۰/۷۵۶	محاسبات تحقیق
X	سهم دولت از درآمد نفت	۰/۳۹	محاسبات تحقیق
δ	نرخ استهلاک	۰/۰۱۳۹	تقی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۳)
α_H	سهم سرمایه و نیروی کار در GDP	۰/۹۵	ابونوری و همکاران (۱۳۹۲)
η_H	سهم نیروی کار در تولید کالای داخلی	۰/۵۳۸	ابونوری و همکاران (۱۳۹۲)
ε_{HD}	کشش جانشینی بین انواع کالاهای داخلی	۴/۳۳	ابونوری و همکاران (۱۳۹۳)
ρ_g	ضریب فرایند خودتوضیح تکانه مخارج دولت	۰/۶۵	محاسبات تحقیق
ρ_o	ضریب فرایند خودتوضیح تکانه درآمد نفت	۰/۴۵	محاسبات تحقیق

مأخذ: محاسبات تحقیق

در واقع از آنجا که الگوی مورد نظر به صورت لگاریتمی خطی حول مقادیر حالت پایدار حل شده است، لذا مقایسه آمار تولیدشده از این الگو بایستی با داده‌های واقعی مناسب انجام گیرد و نمی‌توان از داده‌های خام دنیای واقع برای مقایسه استفاده کرد. برای این امر بایستی از روندزدایی و یا فیلترسازی داده‌ها استفاده نمود. روندزدایی برای زمانی استفاده می‌شود که متغیرها دارای ریشه واحد باشند چرا که گشتاورهای مرتبه دوم برای این‌ها قابل تعریف نیست. چون الگو و داده‌ها دلالت‌های بسیاری دارند، برای مقایسه تنها بر اجزا سیکلی آن‌ها تمرکز می‌شود. برای جداسازی این سیکل‌ها در داده‌ها از فیلترسازی استفاده می‌شود. جهت به دست آوردن جزء سیکلی سری‌ها ابتدا از داده‌ها، لگاریتم طبیعی گرفته شده و سپس جزء سیکلی متغیر با استفاده از فیلتر هودریک-پرسکات^{۴۲} استخراج شده است. جهت بررسی آمار دنیای واقعی در این مطالعه از داده‌های فصلی سری زمانی ۱۳۶۹:۱-۹۳:۴ استفاده شده است. جدول (۲) ویژگی‌های متغیرهای داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد.

⁴² Hodrick-Prescott

سپس به کمک آزمون‌های آماری Z ، F و T ، مقادیر جدول (۴) مقایسه شده‌اند. نتایج آزمون‌ها در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۲: گشتاورهای داده‌های واقعی و داده‌های الگو

متغیر	میانگین		انحراف معیار		نسبت انحراف معیار متغیر به انحراف معیار تولید		خودهمبستگی مرتبه اول
	واقعی	شبیه‌سازی	واقعی	شبیه‌سازی	واقعی	شبیه‌سازی	
تولید ناخالص داخلی	۰/۹۵	۰/۸۸	۰/۷۲۱	۰/۶۸۳	۱	۱	۰/۹۴۶۲
مصرف خصوصی	۰/۷۵	۰/۶۲	۰/۶۰۹	۰/۵۴۲	۰/۷۹۲	۰/۸۴۴	۰/۹۸۰۳
سرمایه‌گذاری	۱/۸۹	۱/۳۲	۰/۸	۰/۵۱۳	۰/۷۶	۱/۱	۰/۲۳
موجودی سرمایه	۱/۶۳	۱/۳۵	۰/۳۵۷	۰/۲۶۸	۰/۴	۰/۴۹	۰/۹۹۸۴
نرخ تورم	۱/۲۱	۱/۱۶	۰/۱	۰/۱۵۶	۰/۱۸۱	۰/۲۳	۰/۹۷۲
مخارج دولت	۰/۶	۰/۵۶	۰/۲۶۵	۰/۲۴۲	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۹۸۹
درآمد نفت	۱/۴۷	۱/۵۷	۰/۴	۰/۳۴۱	۰/۵۵	۰/۵	۰/۹۸۷

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۳: آزمون‌های آماری جهت مقایسه ویژگی‌های متغیرها

متغیر	تولید ناخالص داخلی	مصرف خصوصی	سرمایه‌گذاری	موجودی سرمایه	نرخ تورم	مخارج دولت	درآمد نفت	آزمون	
								برابری میانگین	برابری انحراف معیار
آماره آزمون	۰/۱۴	۰/۳۴	۱/۱۹	۱/۲۸	۰/۵۴	۰/۲۱	-۰/۳۹	مقدار بحرانی	۱/۹۸
مقدار بحرانی	۱/۹۸	۱/۹۸	۱/۹۸	۱/۹۸	۱/۹۸	۱/۹۸	۱/۹۸	آماره آزمون	۱/۱۱
آماره آزمون	۱/۱۱	۱/۲۶	۲/۴۳	۱/۷	۰/۴۱	۱/۱۹	۱/۳۷	مقدار بحرانی	۱/۸۴
مقدار بحرانی	۱/۸۴	۱/۸۴	۱/۸۴	۱/۸۴	۱/۸۴	۱/۸۴	۱/۸۴	آماره آزمون	۱/۱۴
آماره آزمون	۱/۱۴	۱/۱۴	۲/۱	۱/۵	۱/۶۱	۱/۰۶	۱/۱	نسبت انحراف معیار متغیرها به تولید	مقدار بحرانی
نسبت انحراف معیار متغیرها به تولید	مقدار بحرانی	۱/۸۴	۱/۸۴	۱/۸۴	۱/۸۴	۱/۸۴	۱/۸۴	آماره آزمون	۰/۳
آماره آزمون	۰/۳	-۰/۱۲	۲/۶	۱/۸۱	۱/۳۲	۰/۸۳	۰/۰۹	مقدار بحرانی	۱/۹۶
مقدار بحرانی	۱/۹۶	۱/۹۶	۱/۹۶	۱/۹۶	۱/۹۶	۱/۹۶	۱/۹۶	خودهمبستگی	۱/۹۶

مأخذ: محاسبات تحقیق

مقایسه مقدار آماره آزمون و مقدار بحرانی در جدول بالا نشان می‌دهد برای تمام متغیرها (به جز سرمایه‌گذاری) مقدار آماره آزمون کوچکتر از مقدار بحرانی در سطح ۹۵ درصد بوده و فرض صفر رد نمی‌شود. لذا مقادیر ویژگی‌های شبیه‌سازی شده و واقعی در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. از این‌رو می‌توان ادعا نمود الگو از قدرت برازش و دقت قابل قبولی برخوردار است.

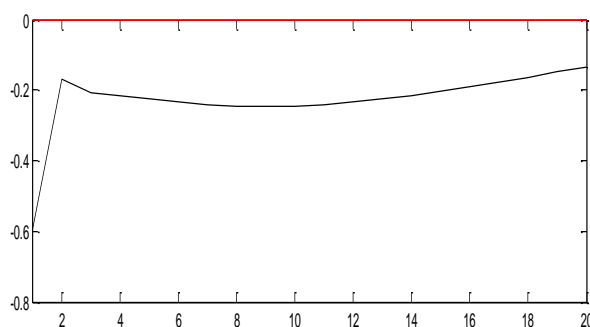
۴-۳- توابع واکنش تکانه

پس از حل الگو و با اتکا به الگوی شبیه‌سازی شده در قسمت قبل، به ارزیابی شوک‌های مختلف الگو از جمله شوک قیمت انرژی به عنوان هدف مطالعه، پرداخته می‌شود. اثر شوک قیمت انرژی بر متغیرهای کلان اقتصاد شامل تولید، تورم، مصرف خصوصی و سرمایه‌گذاری مورد بررسی قرار گرفته است.

- اثر شوک قیمت انرژی

نمودار (۱) اثر یک شوک به اندازه یک انحراف معیار در قیمت حقیقی انرژی را بر شکاف تولید نشان می‌دهد.

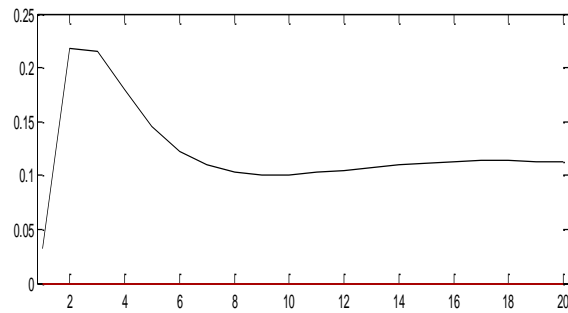
نمودار ۱: اثر شوک قیمت انرژی بر تولید



مأخذ: یافته‌های تحقیق

ملاحظه می‌شود یک شوک به اندازه یک انحراف معیار در قیمت انرژی، می‌تواند منجر به کاهش ۰/۶ درصدی تولید در همان دوره شده و پس از دو دوره این کاهش به ۰/۲ درصد کاهش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد، افزایش قیمت انرژی اثر پایداری بر تولید داشته و حتی بعد از ۲۰ دوره نیز، این اثر کاهشی خنثی نشده است. این موضوع بسیار مهمی است که اصلاح قیمت انرژی علاوه بر اثر تورمی از طرف تقاضا، بواسطه اثر رکودی نیز می‌تواند اثر تورمی داشته باشد. در نمودار (۲) اثر شوک قیمت حقیقی انرژی بر تورم ارائه شده است.

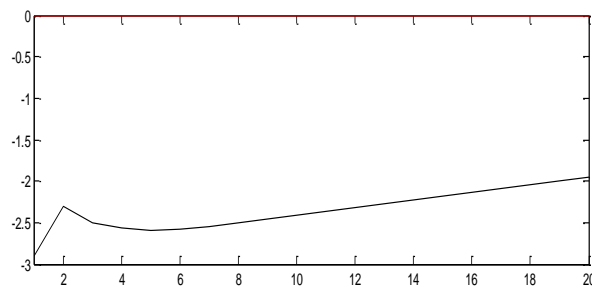
نمودار ۲: اثر شوک قیمت انرژی بر تورم



مأخذ: یافته‌های تحقیق

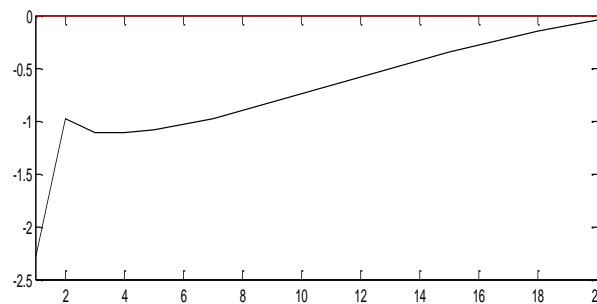
همان‌گونه که انتظار می‌رفت، اثر اصلاح قیمت انرژی بر تورم، مثبت و منجر به افزایش تورم شده است. لذا نتایج نشان می‌دهد، اصلاح قیمت انرژی به تنهایی می‌تواند منجر به کاهش تولید (رکود) و افزایش تورم به‌طور همزمان شود. اثر شوک قیمت انرژی بر مصرف بخش خصوصی و سرمایه‌گذاری نیز در نمودارهای (۳) و (۴) نشان داده شده است.

نمودار ۳: اثر شوک قیمت انرژی بر مصرف خصوصی



مأخذ: یافته‌های تحقیق

نمودار ۴: اثر شوک قیمت انرژی بر سرمایه‌گذاری



مأخذ: یافته‌های تحقیق

در این نمودارها ملاحظه می‌شود، شوک انرژی تأثیر قابل توجهی بر مصرف و سرمایه‌گذاری دارد. افزایش یک انحراف معیار در قیمت انرژی باعث کاهش تقریباً ۲ و ۳ درصدی در سرمایه‌گذاری و مصرف خصوصی شده است. اثر شوک بر سرمایه‌گذاری بعد از ۲۰ دوره خنثی شده اما در مورد مصرف حتی بعد از ۲۰ دوره مصرف به سطح قبلی باز نگشته و اثر پایداری داشته است.

۴-۴- استخراج قاعده بهینه

همان‌گونه که بیان شد، قاعده بهینه بانک مرکزی از کمینه‌سازی یک تابع زیان نسبت به محدودیت‌های اقتصاد استخراج می‌شود. لذا ابتدا باید تابع زیان بانک مرکزی با متغیرهای مناسب انتخاب شده و سپس قیده‌های این تابع زیان با توجه به ساختار اقتصاد ایران تصریح شود. به تبعیت از درگاهی و قربان‌نژاد (۱۳۹۰) تابع هدف بانک مرکزی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\sum_{r=0}^{\infty} \beta^r L_{t+r} \quad (37)$$

که در آن $0 < \beta < 1$ همان عامل تنزیل الگو است. تابع بین‌دوره‌ای زیان برابر است با:

$$= INF_t^2 + \lambda Y_t^2 + v(\dot{H}_t - \dot{H}_{t-1}) \quad (38)$$

INF_t نرخ تورم، \dot{H}_t نرخ رشد پایه پولی، Y_t رشد شکاف تولید (یا رشد انحراف تولید از مقدار تولید بالقوه که به صورت $\frac{(y_t - y_t^p)}{y_t^p}$ محاسبه می‌شود^{۴۳}) است. λ و v نیز به ترتیب وزن‌های شکاف تولید و انحراف نرخ رشد پایه پولی از مقدار وقفه خود است. محدودیت‌های تابع زیان بانک مرکزی در اقتصاد ایران تحت دو معادله تقاضای کل و منحنی فیلیپس به صورت زیر مورد برآورد قرار گرفت.

$$Y_t = 0.61 * Y_{t-1} + 0.06 * \dot{H}_t + 0.07 * RER_t + 0.17 * ROIL_t - 0.009 * R_t \quad (39)$$

$$INF_t = 0.6 * INF_{t-1} + 0.33 * Y_t + 0.22 * RER_t + 0.13 * \dot{H}_t + 0.22 * INFE_t \quad (40)$$

^{۴۳} تولید بالقوه از فیلتر هودریک-پرسکات به دست آمده است.

که در آن $INFE_t$ رشد قیمت نسبی انرژی، $ROIL_t$ رشد درآمد ارزی نفت به قیمت ثابت و RER_t رشد نرخ ارز است. آزمون‌های آماری جهت بررسی فروض کلاسیک برای دو معادله بالا در پیوست ارائه شده‌است.

شکل ماتریسی معادلات (۳۹) و (۴۰) به صورت زیر است:

$$t_{+1} = A.X_t + B.\dot{H}_t + \omega_t \quad (41)$$

که در آن X_t یک ماتریس (9×1) از متغیرهای حالت، A یک ماتریس (9×9) ، B یک ماتریس (9×1) و ω_t نیز بردار ستونی جملات اخلال (9×1) است که به صورت مستقل و یکسان در طول زمان توزیع شده‌اند. در نمایش فضای حالت مسئله بانک مرکزی، ماتریس‌های معرفی شده، به شکل زیر خواهند بود:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0.6 & 0.22 & 0.33 & 0 & 0.22 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.61 & 0.07 & 0.17 & -0.009 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$X_t = \begin{bmatrix} inf_t \\ inf_t \\ infpe_t \\ y_t \\ y_{t-1} \\ rer_t \\ roil_t \\ r_t \\ \dot{H}_{t-1} \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0.13 \\ 0 \\ 0 \\ 0.06 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \omega_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_t \\ 0 \\ 0 \\ \eta_t \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

ماتریس‌های فوق قیود مسئله را نمایش می‌دهند. برای نمایش تابع هدف (زیان) یک بردار (3×1) از متغیرهای هدف به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$Y_t = C_x X_t + C_i \dot{H}_t \quad (42)$$

که در آن بردار Y_t ، یک ماتریس (3×1) از متغیرهای تابع هدف، C_i ماتریس (3×1) و C_x ماتریس (3×9) به شکل زیر هستند:

$$Y_t = \begin{bmatrix} \inf_t \\ Y_t \\ \dot{H}_t - \dot{H}_{t-1} \end{bmatrix} \quad C_i = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

با توجه به ماتریس‌های بالا فرم درجه دوم تابع زیان بانک مرکزی به صورت زیر خواهد بود.

$$L_t = Y_t' K Y_t \quad K = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda & 0 \\ 0 & 0 & v \end{bmatrix} \quad (۴۳)$$

در نهایت با نمایش فضای حالت مسأله کنترل بانک مرکزی می‌توان مسأله را به صورت یک مسأله تنظیم‌کننده بهینه تنزیل شده تصادفی^{۴۴} به شرح زیر در نظر گرفت، به طوری که در آن تابع زیان (۴۳) با توجه به قید (۴۱) کمینه شود^{۴۵}.

$$\max -E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \delta^t \{Y_t' K Y_t\} = \max -E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \delta^t \{X_t' R X_t + 2\dot{H}_t' W X_t + \dot{H}_t' Q \dot{H}_t\}$$

$$\text{s.t.} \quad X_{t=1} = A \cdot X_t + B \cdot \dot{H}_t + \omega_t$$

$$R = C_x' R C_x \quad W = C_i' K C_x \quad Q = C_i' K C_i$$

با نوشتن برنامه حل مسأله بهینه‌سازی تحت نرم‌افزار متلب، مقادیر ضرایب بهینه قاعده پولی تحت مقادیر مختلف برای λ و v (وزن‌های سیاستی در تابع هدف) در جدول (۴) نشان داده شده است.

$$\dot{H}_t = \alpha_1 \text{INF}_t + \alpha_2 \text{INF}_{t-1} + \alpha_3 \text{INFE}_t + \alpha_4 Y_t + \alpha_5 Y_{t-1} + \alpha_6 \text{RER}_t + \alpha_7 \text{Roil}_t + \alpha_8 \dot{H}_{t-1} \quad (۴۴)$$

^{۴۴} Discounted optimal linear regulator

^{۴۵} جهت آشنایی بیشتر با بهینه‌سازی پویا، مسأله کنترل بهینه و حل آن به میشل اینترلیگیتور ترجمه محمد حسین پورکاظمی و مقاله درگاهی و قربان‌نژاد (۱۳۹۰) مراجعه نماید.

جدول ۴: ضرایب قاعده پولی بهینه با وزن‌های مختلف شکاف تولید و $v = 0.5$

λ	۰.۰۵	۰.۲	۰.۵	۱	۵
v	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵
Inf	۱/۷۷۴-	۱/۳۹۵-	۱/۲۱۸-	۱/۱۱۶-	۰/۷۳۱-
inf ₁	۰/۵۶۴-	۰/۵۱۴-	۰/۴۷۵-	۰/۴۲۴-	۰/۳۷۸-
infpe	۰/۲۱۸-	۰/۲۰۱-	۰/۱۷۷-	۰/۱۴۳-	۰/۱۰۳۸-
Y	۰/۲۳۹-	۰/۳۶۹-	۰/۴۵۷-	۰/۵۱۱-	۰/۵۴۹-
Y ₋₁	۰/۱۰۴-	۰/۱۲۷-	۰/۱۵۴-	۰/۱۸۵-	۰/۲۱۹-
Rewr	۰/۱۳۱-	۰/۱۶۰-	۰/۱۷۳-	۰/۱۹۳-	۰/۲۳۴-
Roil	۰/۱۰۰-	۰/۱۴۶-	۰/۰۸۳-	۰/۱۴۲-	۰/۰۷۹-
RR	۰/۰۴۳	۰/۰۳۵	۰/۰۲۳	۰/۰۱۸	۰/۰۱۲
Rm ₁	۰/۸۱۳	۰/۷۹۶	۰/۷۷۸	۰/۷۲۴	۰/۶۵۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

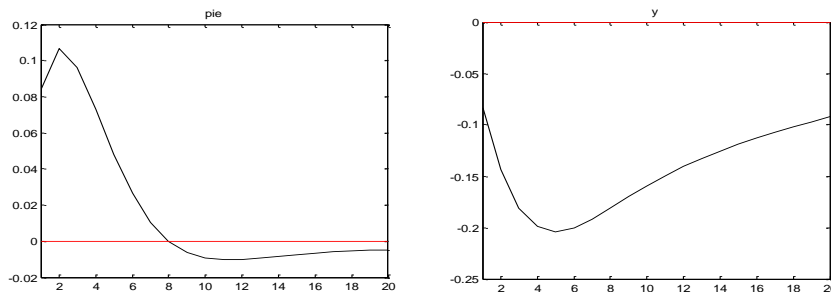
نتایج قواعد بهینه پولی در تعیین قاعده سیاست پولی بهینه ایران نشان داد، متغیرهای نرخ تورم، رشد قیمت نسبی انرژی، رشد شکاف تولید، رشد نرخ ارز حقیقی، رشد درآمد حقیقی نفت، نرخ سود حقیقی و رشد پایه پولی دوره قبل از عوامل تعیین کننده قاعده بهینه دوره جاری به شمار می‌آیند (α_i ها، تحت وزن‌های سیاستی مختلف، متفاوت است).

۴-۵- واکنش بهینه بانک مرکزی

قاعده بهینه سیاست پولی تحت $\lambda = 0.2$ و $v = 0.5$ در جدول (۴) انتخاب شد (در واقع فرض شده اولویت سیاست‌گذار پولی کنترل تورم، به ویژه در شرایط افزایش قیمت انرژی، باشد و لذا وزن تورم بزرگتر از وزن تولید در نظر گرفته شده است. بهر حال تحت فروض مختلف نتایج متفاوت خواهد بود). با جایگزین کردن این قاعده بهینه در قسمت (۴-۱-۳) به جای معادله (۳۲)، الگوی طراحی شده دوباره حل شد تا نتایج مقایسه گردد. نمودار (۵) اثر یک شوک به اندازه یک انحراف معیار در قیمت انرژی بر تولید و تورم را با استفاده از قاعده بهینه نشان می‌دهد. در این نمودار ملاحظه می‌شود که شوک قیمت انرژی منجر به افزایش تورم خواهد شد اما این افزایش پایدار نمانده و تقریباً پس از ۸ فصل اثر آن خنثی می‌گردد. شوک قیمت انرژی در این حالت نیز منجر به کاهش تولید و رکود شده که بیشترین مقدار آن بعد از ۴ فصل به اندازه ۰/۲ درصد خواهد بود و به مرور از اندازه این اثر کاسته می‌شود. مقایسه نمودار (۵) با دو نمودار (۱) و (۲) نشان می‌دهد که استفاده از سیاست پولی بهینه تأثیر قابل توجهی بر کنترل تورم خواهد

داشت. در واقع با استفاده از قاعده بهینه پولی نه تنها اثر پایدار تورم کنترل می‌شود بلکه اندازه تورم نیز کاسته می‌شود. این در حالی است که اثرات رکودی افزایش قیمت انرژی نسبت به سناریوی اول، کمتر بوده است.

نمودار ۵: اثر شوک قیمت انرژی بر تولید و تورم



مأخذ: یافته‌های تحقیق (سمت راست تولید و چپ تورم)

۵- نتیجه‌گیری

بررسی تاثیر قیمت انرژی بر عملکرد اقتصاد کلان اگرچه موضوعی است که بسیار مورد توجه اقتصاددانان قرار گرفته اما این موضوع آن‌چنان که باید مورد توجه سیاست‌گذاران نبوده است. شوک قیمت انرژی در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل ۱۹۸۰ میلادی، نشان از اهمیت قابل توجه قیمت انرژی در عملکرد اقتصاد کلان داشت. این موضوع سبب شد تا اهمیت موضوع بیش از پیش نمایان شود. پایین بودن قیمت انرژی در ایران طی سالیان متمادی و وابستگی دولت به درآمدهای نفت، باعث شد تا وابستگی اقتصاد ایران به انرژی بالا باشد. لذا تغییرات قیمت انرژی اثرات قابل توجهی بر اقتصاد کلان ایران خواهد داشت. در این بین نقش سیاستگذاران، به ویژه سیاستگذاران پولی در خنثی کردن اثرات منفی شوک قیمت انرژی حائز اهمیت است. بر این اساس هدف این مطالعه، طراحی یک الگوی تعادل عمومی تصادفی پویا (DSGE) با توجه به واقعیات اقتصاد ایران و بررسی نقش سیاستگذار پولی بوده است. در این راستا با در نظر گرفتن مصرف انرژی در سبد مصرفی خانوار به عنوان کالای مصرفی به طور جداگانه و نیز لحاظ انرژی در تابع تولید به عنوان نهاد، مکانیزم‌های اثرگذاری در هردو بخش عرضه و تقاضای الگو مورد توجه قرار گرفت. جهت بررسی نقش سیاستگذار پولی در جریان یک شوک قیمت انرژی، دو سناریو در نظر گرفته شد. ابتدا در بخش پولی، رفتار بانک مرکزی

به صورت صلاحدیدی در جهت کاهش شکاف تولید، انحراف تورم از تورم هدف و انحراف نرخ ارز در نظر گرفته شده است. با استخراج معادلات شرایط مرتبه اول بهینه‌سازی در بخش خانوار، بنگاه و سایر بخش‌های مختلف اقتصادی و لگاریتمی-خطی کردن معادلات، الگو حل شد. با انجام کالیبراسیون برای مقادیر پارامترهای الگو، گشتاورهای دوم (انحراف معیار، کوواریانس و اتوکوواریانس) متغیرهای الگو و داده‌های واقعی، جهت برآزش نیکویی الگو مورد مقایسه قرار گرفت. سپس با اتکا به الگوی حل شده، توابع واکنش تکانه‌ای برای شوک‌های الگو به دست آمد. نتایج توابع واکنش تکانه‌ای نشان داد، یک شوک در قیمت انرژی (به اندازه یک انحراف معیار) منجر به کاهش تولید، افزایش تورم و نیز کاهش مصرف خصوصی و سرمایه‌گذاری می‌گردد.

در سناریوی دوم به جای معادله بانک مرکزی در الگوی طراحی شده، از یک قاعده بهینه پولی استفاده شد که این قاعده از کمینه‌سازی تابع زیان بانک مرکزی نسبت به محدودیت‌های اقتصاد استخراج شد. مجدداً با حل الگو، اثر شوک قیمت انرژی بر دو متغیر کلیدی اقتصاد کلان (تولید و تورم) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از قاعده بهینه پولی برای سیاست‌گذار، منجر به کاهش اثرات تورمی (به لحاظ اندازه و پایداری) و تا حدودی اثرات رکودی می‌شود. لذا با توجه به نتایج این تحقیق به سیاستگذاران پولی توصیه می‌شود به جای استفاده رفتارهای صلاحدیدی از قواعد بهینه پولی تحت هدفگذاری تورمی انعطاف‌پذیر استفاده کنند.

فهرست منابع:

- اینتریلگیتور، میشل. (۱۳۶۸). بهینه سازی ریاضی، ترجمه محمد حسین پورکاظمی، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی. چاپ اول.
- خلیلی عراقی، منصور، حامد شکوری و محمد زنگنه. (۱۳۸۸). تعیین قاعده بهینه سیاست پولی در اقتصاد ایران با استفاده از تئوری کنترل بهینه، مجله تحقیقات اقتصادی، ۴۴ (۸۸): ۶۹-۹۴.
- درگاهی، حسن و کبری شربت اوغلی. (۱۳۸۹). قاعده بهینه سیاست پولی در شرایط تورمی اقتصاد ایران. مجله تحقیقات اقتصادی، ۴۵ (۹۳): ۱-۲۷.
- درگاهی، حسن و مجتبی قربان‌نژاد. (۱۳۹۰). تعیین رشد حجم پول بهینه در اجرای سیاست هدفمندی یارانه حامل‌های انرژی: رویکرد هدفگذاری تورمی انعطاف پذیر، مجله اقتصاد و الگوسازی دانشگاه شهید بهشتی، ۵ و ۶: ۱-۳۱.
- درگاهی، حسن و مهدی هادیان. (۱۳۹۵). ارزیابی آثار تکانه‌های پولی و مالی با تاکید بر تعامل ترازنامه نظام بانکی و بخش حقیقی اقتصاد ایران: رویکرد DSGE. فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد، ۳(۱): ۱-۲۸.
- نیلی، مسعود. (۱۳۸۹). ارزیابی پیامدهای اصلاح نظام یارانه انرژی (با تاکید بر صنعت، خانوار، بودجه عمومی دولت و اقتصاد کلان). پگهان اندیشه، تهران.
- Adam, k. (2006). Optimal Monetary Policy with Imperfect Common Knowledge. *Journal of Monetary Economics* 54: 267-301.
- Altig, D., L. Christiano, M. Eichenbaum & J. Linde. (2003). The Role of Monetary Policy in The Propagation of Technology Shocks. Manuscript, Northwestern University.
- Bernanke, B.S. (1983). Irreversibility, Uncertainty and Cyclical Investment. *Quarterly Journal of Economics*, 98, 85-106.
- Bernanke, B.S. (1983). Non-Monetary Effects of The Financial Crisis in The Propagation of The Great Depression. *The American Economic Review*, 73(3): 257-276.
- Blanchard, O. & J. Gali. (2007). The Macroeconomic Effects of Oil Price Shocks: Why are The 2000s so Different from the 1970s? NBER Working paper No. 13368.
- Bodenstein, M., C.J. Erceg & L. Guerrieri. (2011). Oil Shocks and External Adjustment. *Journal of International Economics*, 83(2): 168-184.

- Bugarin, M.S., M.K. Muinhos, J.R. Silva & M. Araújo. (2005). The Effect of Adverse Oil Price Shocks on Monetary Policy and Output Using A Dynamic Small Open Economy General Equilibrium Model with Staggered Price for Brazil. Central Bank of Chile, Working Papers No. 348.
- Christiano, L., M. Eichenbaum & C. Evans. (2005). Nominal Rigidities and The Dynamic Effects of A Shock To Monetary Policy. *Journal of Political Economy*, 113(1): 1-45.
- De Fiore, F., G., Lombardo. & V. Stebunovs. (2006). Oil Price Shocks, Monetary Policy Rules and Welfare. *Computing in Economics and Finance 2006 402*, Society for Computational Economics.
- Del Negro, M. & F. Schorfheide. (2013). DSGE Model-Based Forecasting. *Handbook of Economic Forecasting*, Elsevier.
- Dhawan, R. & K. Jeske. (2006). Energy Price Shocks and the Macroeconomy: The Role of Consumer Durable. Federal Reserve Bank of Atlanta, Working Paper 2006-09.
- Finn, M.G. (2000). Perfect Competition and The Effects of Energy Price Increases on Economic Activity. *Journal of Money, Credit, and Banking*, 32: 400-416.
- Glain, P. (2007). The Optimal Monetary Policy Rule for The European Central Bank. Department of Economics. University of Pisa.
- Guender, V.A. (2003). Optimal Monetary Policy Under Inflation Targeting Based on an Instrument Rule. *Economics Letters*. 78(1): 55-58.
- Hamilton, J.D. (2008). Oil and the Macroeconomy. From The New Palgrave Dictionary of Economics, Second Edition, 2008 Edited by Steven N. Durlauf and Lawrence E. Blum.
- Jondeau, E. & H. L. Bihan. (2002). Evaluating Monetary Policy Rule in Estimated Forward-Looking Models. A Comparison of US and German monetary policies. *The Econometrics of Policy Evaluation*, 67/68: 357-388.
- Kilian, L. (2007). The Economic Effects of Energy Price Shocks. *Journal of Economic Literature*, 46(4): 871-909.
- Kormilitsina, A. (2008). Optimal Monetary Policy and Oil Price Shocks. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the Department of Economics, Duke University.

- Leduc, S. & K.Sill. (2004). A quantitative Analysis of Oil-Price Shocks, Systematic Monetary Policy and Economic Downturns. *Journal of Monetary Economics*, 51: 781–808.
- Mattesini, F. & S. Nistico. (2010). Trend Growth and Optimal Monetary Policy. *Journal of Macroeconomics*, 32: 797-815.
- Medina, J.P. & C. Soto. (2005). Oil Shocks and Monetary Policy in an Estimated DSGE Model for A Small Open Economy. Central Bank of Chile, Working paper, N.353.
- Milani, F. (2009). Expectations, Learning and The Changing Relationship Between Oil Prices and The Macroeconomy. *Energy Economics*, 31(6): 827-837.
- Moura, M. & A. de Carvalho (2010). What can Taylor rules say about monetary policy in Latin America?. *Journal of Macroeconomics*, 32(1): 392-404.
- Natal, J-M. (2012). Monetary Policy Response to Oil Price Shocks. *Journal of Money, Credit and Banking*, Blackwell Publishing, 44(1): 53-101.
- Pindyck, R.S. (1991). Irreversibility, Uncertainty and Investment. *Journal of Economic Literature*, American Economic Association, 29(3), 1110-48.
- Radde. S. (2009). An Energy-Augmented New Keynesian Dsge Model for The Analysis of The Role of Systematic Monetary Policy in The Oil Price-Macroeconomy Relationship. BA, Diskussions Papiere Van Der Universität Bayreuth.
- Sanchez, M. (2008). Oil shock And Endogenous Markup: Results From an Estimated EURO Area DSGE Mode, European Central Bank, Working Paper Series, No 860.
- Semko R. (2013). Optimal economic policy and oil prices shocks in Russia. EERC Working Paper Series 13/03e, EERC Research Network, Russia and CIS.
- Smets, F. & R. Wouters. (2003). An Estimated Stochastic Dynamic General Equilibrium Model of The Euro Area. *Journal of the European Economic Association*, 1: 1123-75.
- Woodford, M. (2003). *Interest and Prices: Foundations of A Theory of Monetary Policy*. Princeton University Press.

پیوست:

آزمون‌های مربوط به معادله تقاضای کل

نوع آزمون	آماره آزمون	سطح زیر منحنی پس از کمیت آماره آزمون	نتیجه آزمون (در سطح اطمینان ۹۵ درصد)
خودهمبستگی سریالی جملات اخلاص	F=1.38	P=0.27	جملات خطا دارای خودهمبستگی پیاپی نیستند
تصریح صحیح مدل	F=0.05	P=0.81	تصریح الگو درست انجام شده است
نرمال بودن جملات اخلاص	X ² =0.33	P=0.83	جملات خطا دارای توزیع نرمال است
واریانس ناهمسانی	F=0.09	P=0.76	جملات خطا دچار واریانس ناهمسانی نیستند

آزمون‌های مربوط به معادله منحنی فیلیپس

نوع آزمون	آماره آزمون	سطح زیر منحنی پس از کمیت آماره آزمون	نتیجه آزمون (در سطح اطمینان ۹۵ درصد)
خودهمبستگی جملات اخلاص	F=1.37	P=0.25	جملات خطا دارای خودهمبستگی پیاپی نیستند
تصریح صحیح مدل	F=1.22	P=0.54	تصریح الگو درست انجام شده است
نرمال بودن جملات اخلاص	X ² =0.49	P=0.67	جملات خطا دارای توزیع نرمال است
واریانس ناهمسانی	F=0.82	P=0.54	جملات خطا دچار واریانس ناهمسانی نیستند

