نشریه علمی (فصلنامه) پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی شماره ۹۴
سال بیست و هشتم، تابستان ۱۳۹۹، صفحه ۶۶ - ۳۵

ارزیابی تجربی رویکرد پولی به نظریه پیشرفت فنی درون‌زا

ساعده عزیزی ثالث
دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد، دانشگاه مازندران
azizi.saede@gmail.com
امیرمنصور طهرانچیان
دانشیار دانشکده امور اقتصادی و اداری دانشگاه مازندران (نویسنده مسئول)
m.tehranchian@umz.ac.ir
احمد جعفری صمیمی
استاد دانشکده امور اقتصادی و اداری دانشگاه مازندران
jafarisa@umz.ac.ir
حسین توکلیان
دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی
tavakolianh@gmail.com

بخش تولید به دلیل رابطه مستقیم با رشد اقتصادی، همواره یکی از مهترین بخش‌های اقتصاد یک کشور محسوب می‌شود. با رونق بخش تولید، سایر بخش‌های اقتصاد رشد کرده و همچنین شاخص‌های کلان اقتصادی بهبود می‌یابند. بنابراین موضوع افزایش تولید و عوامل مؤثر بر آن از دیرباز در ادبیات اقتصادی مورد توجه اقتصاددانان بوده است. به همین منظور نظریات رشد اقتصادی و نظریات چرخه‌های تجاری به دنبال کشف و توضیح عوامل مؤثر بر تولید بوده‌اند. در این بین، پیشرفت فنی به دلیل اثرگذاری بیشتر نسبت به سایر عوامل، جزء عوامل اصلی اثرگذار بر رشد تولید در نظر گرفته شده است. در الگوهای جدید رشد، پیشرفت فنی عاملی درون‌زا معرفی شده است که خود از سایر متغیرها اثر می‌گیرد. علاوه بر این، سیاست پولی یکی از ابزارهای اصلی سیاست‌گذاران است که می‌تواند بر متغیرهای اصلی اقتصاد اثرگذار باشد. با توجه به نظریه رشد شومپیتر و اثبات اثرگذاری سیاست پولی بر رشد اقتصادی، پژوهش حاضر به دنبال بررسی اثر تکانه‌های انبساطی سیاست پولی بر پیشرفت فنی در ایران با استفاده از الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی در دوره ۱۳۸۳-۱۳۹۶ است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تکانه افزایش حجم پایه پولی از مسیر افزایش میزان سرمایه‌گذاری در سرمایه دانش باعث افزایش رشد فناوری می‌شود. توجه به تأثیر سیاست‌های پولی بر پیشرفت فنی در شرایط رکود-تورمی که نیاز به افزایش تولید در اقتصاد وجود دارد، به خصوص برای مقام سیاست‌گذار پولی که به تحریک عرضه در اقتصاد می‌اندیشد، توصیه سیاستی مقاله حاضر است.

طبقه‌بندی JEL: O42, O32, E52, E37,C53
واژگان کلیدی: پیشرفت فنی، رشد درون‌زا، سیاست پولی، تعادل عمومی پویای تصادفی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۲۳

۱. مقدمه[۱]

دامنه وسیع اثرگذاری و تأثیرپذیری، رشد اقتصادی را به یکی از مهم‌ترین شاخص‌های اقتصاد کلان در ارزیابی عملکرد اقتصادی جوامع تبدیل کرده است. عوامل زیادی در رسیدن به رشد اقتصادی تأثیرگذارند، اما در این بین، پیشرفت فنی یکی از کلیدی‌ترین عوامل محسوب می‌شود (وودروف[۲]، ۲۰۱۹). دلیل اهمیت ویژه پیشرفت فنی در بین نظریه پردازان اقتصادی این است که، پیشرفت فنی می‌توان در بازه زمانی کوتاه‌تری رشدی پایدار را به‌دست دهد. بنابر ملاحظات نظری، پیشرفت فنی نقش بسیار مهمی در دستیابی به رشد بلندمدت اقتصادی ایفا می‌کند (دونو-ادونسو[۳] و همکاران ، ۲۰۱۶). همچنین برخی مشاهدات تجربی مانند آداک[۴] (۲۰۱۵) نیز تأکیدی بر این امر است و نشان دهنده جایگاه مهم پیشرفت فنی در رشد اقتصادی است.

با اثبات اهمیت پیشرفت فنی در رشد اقتصادی، شناسایی عوامل تأثیرگذار بر این متغیر نیز حائز اهمیت است. با توجه به مطالعات انجام شده در این خصوص، متغیرهای مختلفی از جمله، مخارج تحقیق و توسعه، میزان تحصیلات، تعداد متخصصین، کیفیت نیروی انسانی، سیاست مالی دولت و سایر عوامل مورد بررسی قرار گرفته و اثرگذاری آنها تأیید شده است. اما به دلیل وجود نگرش در خصوص خنثی بودن اثرات سیاست پولی، اهمیت این نوع سیاست مورد توجه قرار نگرفته بود. شومپیتر جزء اولین اقتصاددانانی بود که به اهمیت اعتبار و پول در رشد اقتصادی اشاره کرده است. از نظر وی پول شرط لازم کارآفرینی است و کارآفرین برای آغاز تولید به منابع مالی که به شکل اعتبارات بانکی به وی تعلق می‌گیرد، احتیاج دارد (چو و کوزی[۵]، ۲۰۱۴).

---

۱. تحقیق حاضر برگرفته از رساله مقطع دکتری «ساعده عزیزی ثالث» در دانشگاه مازندران می‌باشد.

2. Woodruff
3. Donou-adonsou
4. Mehmet adak
5. Chu & Cozzi

علاوه بر شومپیتر، برخی مکاتب اقتصادی دیگر نیز هستند که بر اهمیت اعتبارات بانکی و پول بر رشد و توسعه اقتصادی تأکید دارند. برای مثال کنیز در نظریه عمومی خود پول را عامل مهمی در تولید در نظر گرفته است. در مکتب کمبریج، پول اعتباری نیروی اصلی مؤثر بر اقتصاد تلقی می‌گردد و در مکتب پولی نیز عامل رونق بازار پول در نظر گرفته می‌شود. در کنار موارد گفته شده، پولیون برای بانک‌ها به عنوان ابزاری برای ایجاد تحولات اقتصادی اهمیت ویژه‌ای قائل هستند. در کنار این مکاتب، نظریه مدرن پولی [۱] نیز بر اهمیت و اثرگذاری سیاست‌های پولی بر متغیرهای حقیقی از جمله تولید، اشتغال تأکید کرده است (مک لی و همکاران [۲]، ۲۰۱۴).

با توجه به اهمیت موضوع، هدف اصلی این پژوهش، بررسی اثرگذاری سیاست پولی بر پیشرفت فنی در ایران در نظر گرفته شده است. در این پژوهش، پیشرفت فنی درون‌زا از طریق نوآوری عمودی [۳] و استفاده درون‌زا از فناوری‌های موجود [۴] مورد استفاده قرار گرفته است (بیانچی و کونگ، ۲۰۱۹). در تعادل، رشد بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) به صورت درون‌زا به تجمیع دانش از طریق تحقیق و توسعه (R&D) و نرخ استفاده از فناوری مرتبط است. اثرات سرریز تجمیع دانش بین نوسانات چرخه‌های تجاری و رشد بلند مدت ارتباط برقرار می‌کند.

مقاله حاضر در پنج بخش تنظیم گردیده است. بعد از ارائه مقدمه، در بخش دوم ادبیات نظری مربوطه و تحقیقات سایر محققین ارائه شده، و در بخش سوم، به معرفی روش تحقیق و بسط الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی پرداخته می‌شود. در بخش چهارم به توضیح کالیبراسیون پارامترها و متغیرها، سپس برازش الگو ارزیابی شده و توضیح توابع عکس العمل آنی پرداخته شده است و در نهایت در بخش پنجم، نتیجه گیری و توصیه‌های سیاستی ارائه گردیده است.

---

1. Modern monetary theory
2. McLeay et al.
۳. Vertical Innovation: نوآوری عمودی به معنی نوآوری در کیفیت کالا است. در این مفهوم، بهبود کیفیت کالاها از طریق نوآوری است که امکان دسترسی به بالاترین کیفیت موجود در اقتصاد را به آن کالاها می‌دهد. این مفهوم در مقابل "نوآوری افقی" قرار می‌گیرد که به معنی معرفی کالاهای جدید در اقتصاد است.
4. Endogenous utilization of existing technologies

۲. ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش

از آنجاکه رشد اقتصادی یکی از مهمترین متغیرها در ارزیابی توسعه یافتگی و رفاه یک کشور محسوب می‌شود، بنابراین نظریات متعددی در خصوص این مبحث در مکاتب اقتصادی شکل گرفته است. از جمله اهداف مهم نظریه پردازان رشد اقتصادی، بررسی و معرفی تعیین کننده‌های رشد اقتصادی و نقش آنها در این فرآیند بوده است. به نظر می‌رسد نخستین الگوی منسجم برای توضیح عوامل تعیین کننده رشد متعادل بلندمدت، الگوی رشد هارود–دومار است. هارود و دومار به طور صریح تأکید کردند که محرک اصلی اقتصاد، سرمایه‌گذاری است. دراین الگو متغیرهای نرخ پس‌انداز، نرخ رشد نیروی‌کار، نسبت سرمایه به تولید و نرخ پیشرفت فنی برون‌زا فرض شده‌اند. بنابراین احتمال دستیابی به رشد متعادل براساس شرط لبه چاقو[1] بسیار اندک است (داگاتا و فرنی[2]، ۲۰۰۳).

سولو، در دهه ۱۹۵۰ تلاش کرد تا کاستی‌های الگوی هارود و دومار را رفع کند. سولو فرض ثابت بودن نسبت سرمایه به تولید را تغییر داد. از این رو، الگویی به‌دست آورد که می‌توانست یک تعادل پایدار را معرفی کند. این الگو به دلیل فرض ثابت در نظر گرفتن پیشرفت فنی مورد انتقاد اقتصادانان قرار گرفت. بنابراین دسته دیگری از الگوهای رشد مطرح شدند. در این الگوها، پویایی و پیشرفت اقتصادی یک جامعه از طریق تابع پیشرفت فنی آن جامعه اندازه‌گیری می‌شود و هر چه نرخ رشد سرمایه‌گذاری و تولید، به تبع آن پیشرفت‌های فنی بیشتر باشد، پویایی اقتصاد افزایش می‌یابد. به دلیل وجود کاستی‌های متعدد در نظریه رشد نئوکلاسیک، دور بعدی نظریه‌های رشد از اواخر دهه ۱۹۸۰ با نظریه‌های پل رومر تحت عنوان نظریه رشد درون‌زا ارائه شدند. این الگو، رشد اقتصادی را نتیجه نیروهای درون‌زای سیستم در نظر می‌گیرد. نظریه‌های رشد درون‌زا به دو دسته تقسیم می‌شوند: دسته اول، علت رشد بلندمدت پایدار را انباشت سرمایه انسانی می‌دانند. این الگوها به الگوهای رشد مبتنی بر سرمایه انسانی مشهورند (لوکاس[3]، ۱۹۸۸). دسته دوم شامل الگوهایی

1. knife Edge Condition
2. D’Agata & Freni
3. Lucas

هستند که در آنها پیشرفت فنی نتیجه سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه است (رومر، ۱۹۹۰، گروسمن و هلپمن [۱]، ۱۹۹۱ و آگیون و هوویت [۲] ، ۱۹۹۲).

هم‌زمان با نظریه‌های رشد اقتصادی، نظریه‌های چرخه تجاری نیز به دنبال توضیح دلایل رشد اقتصادی و نوسانات تولید بوده‌اند. با وجودی‌که کینز با اتکای بر نظریه شتاب، تغییرات تقاضای کل را دلیل اصلی نوسانات و چرخه‌های تجاری معرفی کرد (تچرنوا [۳] ،۲۰۰۸)، اما نقش تحولات فنی و نوآوری در ایجاد چرخه‌های تجاری برای نخستین بار توسط شومپیتر مورد تأکید قرار گرفت. در سال ۱۹۳۹، شومپیتر که از او به عنوان پیشرو در نظریه نوآوری و کارآفرینی نام برده می‌شود، در اثر معروف خود، "چرخه‌های تجاری: یک تحلیل نظری، تاریخی و آماری از فرآیند سرمایه داری " ، به توضیح نقش نوآوری و جایگاه پیشرفت فنی در ایجاد چرخه‌های تجاری و تخریب خلاق پرداخته بود. منظور شومپیتر از نوآوری، همان تخریب خلاق است و تخریب خلاق در تعریف شومپیتر، برهم زدن نظم موجود و تعامل اقتصادی برای نظم و تعادل جدید است (سوئدبرگ [۴] ، ۲۰۰۷).

از اوایل دهه ۱۹۵۰، فریدمن، شوارتز و فلپس در دانشگاه شیکاگو مکتب جدیدی را پایه‌گذاری کردند که در ادبیات اقتصاد پولی، از آن به عنوان "پول گرایان سنتی" نام می‌برند. فریدمن و پیروان او بر پایه نظریه مقداری پول فیشر و فرضیه انتظارات تطبیقی دو نقش متفاوت برای پول تعریف کردند. در نقش کوتاه‌مدت، پول یک متغیر اثرگذار بر متغیرهای واقعی مانند تولید و اشتغال است. در یک نقش بلندمدت، پول تنها بر متغیرهای اسمی نظیر تورم و دستمزدها تأثیر می‌گذارد. به این ترتیب تغییرات حجم پول می‌تواند سبب نوسانات تولید در کوتاه مدت شود (پالی [۵] ، ۲۰۱۴).

از اوایل دهه ۱۹۶۰، لوکاس ، سارجنت و والاس با استفاده از فرضیه انتظارات عقلایی به ترمیم دیدگاه‌های مکتب کلاسیک پرداختند. کلاسیک‌های جدید به رهبری لوکاس نظریه دوره‌های تجاری پولی را گسترش دادند. در این نظریه که ایده کلیدی آن، اطلاعات است، اختلاف بین قیمت‌های واقعی و مورد انتظار (قیمت‌های نسبی) که به دلیل سیاست‌های پیش بینی نشده پولی

1. Grossman & Helpman
2. Aghion & Howitt
3. Tcherneva
4. Swedberg
5. Palley

روی می‌دهد، دلیل نوسانات تولید است. در دهه ۱۹۸۰، کینگ و پلوسر نظریه ادوار تجاری حقیقی را معرفی و گسترش دادند. تا آن زمان، تصور عموم اقتصاددانان بر این باور بود که یک مسیر رشد باثبات، تعادلی و بلندمدت وجود دارد که تولید در اطراف آن نوسان می‌کند. آنها معتقد بودند که با پیشرفت فنی، مسیر رشد تعادلی بلندمدت تغییر می‌کند (کینگ و پلوسر[1]، ۱۹۸۴).

با وجود تلاش علمی گسترده کینگ و پلوسر، مواردی مشاهده نشده است که آنها توضیح دهند تغییرات فنی به چه دلیلی روی می‌دهند. در حقیقت چه در الگوهای اولیه ادوار تجاری حقیقی و چه در الگوی نسل دوم آنها که پول در الگو وارد می‌شود و در نهایت خنثی است، "پیشرفت فنی" به عنوان عامل چرخه‌های تجاری، برون‌زا است. یک جمع‌بندی از نظریه‌های ادوار تجاری حقیقی شومپیتر، کینگ و پلوسر تأکید بر نقش پیشرفت فنی به عنوان عامل چرخه‌های تجاری است که در آنها پیشرفت فنی، برون‌زاست. این دیدگاه تا زمان معرفی نظریات رشد رومر ادامه داشته است. تأکید بر نقش پیشرفت فنی در فرآیند رشد اقتصادی، ایجاد چرخه‌های تجاری و اثبات درون‌زا بودن آن، یافتن عوامل تعیین کننده و مؤثر بر پیشرفت فناوری را به موضوعی جنجالی در مباحث رشد اقتصادی تبدیل کرد (نمت[2]، ۲۰۰۹).

در الگوی رومر، پیشرفت فنی درون‌زا به‌واسطه جستجوی ایده‌های جدید که توسط محققین از طریق اختراع ارائه می‌شود حاصل می‌گردد. در نظریات اخیر رشد، علاوه بر سرمایه فیزیکی، سرمایه‌انسانی و فعالیت‌های تحقیق و توسعه نیز به عنوان عوامل مؤثر بر رشد در نظر گرفته شده‌اند. از یک سو، معرفی فناوری‌های جدید با افزایش بهره‌وری مرتبط است (گوردون[3]، ۲۰۱۰)، و از سوی دیگر افزایش فعالیت‌های نوآورانه که از طریق مخارج تحقیق وتوسعه (R&D) محاسبه می‌شود، با تأمین مالی تجهیزات ارتباط نزدیک دارد. شاهد بر این مورد افزایش عرضه منابع مالی برای تجهیزات در دهه ۱۹۹۰ میلادی است که منجر به گسترش مخارج تحقیق وتوسعه در آن دوره شده

1. King & Plosser
2. Nemet
3. Gordon

است. این درحالی‌است که در دهه ۲۰۰۰ به دلیل کاهش عرضه منابع مالی، در مخارج تحقیق و توسعه کاهش مشاهده می‌شود (براون[1]، ۲۰۰۹).

برای مثال، در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۳، ارتباط بین توسعه مالی و رشد اقتصادی در آمستردام دوره ۱۶۴۰ – ۱۷۹۴، انگلستان دوره ۱۷۲۰–۱۸۵۰، آمریکا دوره ۱۷۹۰ تا ۱۸۵۰ و ژاپن دوره ۱۸۸۰ تا ۱۹۱۳ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که منابع مالی قابل دسترس جهت تحرک منابع در دوره‌های توسعه اقتصادی سریع با اهمیت است. زیرا بانک‌ها و سایر واسطه‌های مالی، سرمایه‌گذاری و مبادلات را توسط افزایش اطلاعات، افزایش میزان وجوه، تسهیل پرداخت‌ها و تأمین سرمایه ارتقاء می‌دهند. در همه موارد نهادهای مالی جهت تسهیل در تأمین مالی خارجی تجارت و صنعت و کاهش محدودیت‌های مالی بنگاه‌ها به‌وجود آمده‌اند. در این مطالعه تحلیل‌های رگرسیونی مقطعی نیز بر روی داده‌ها انجام شد. نتایج نشان داد که افزایش عمق مالی در دوره‌های اولیه توسعه معنی‌دارتر از دوره‌های بلوغ اقتصادی بوده است (روسیو[2]، ۲۰۰۳).

علاوه بر این مطالعه، لیختنبرگ و سیگل[3] (۱۹۹۱)، هال و مایرس[4] (۱۹۹۵)، دیلینگ–هانسن[5] و همکاران (۱۹۹۹) و گولک و ون پوتلسبرگ[6] (۲۰۰۱) نیز به بررسی تأثیر مخارج تحقیق و توسعه بر پیشرفت فنی پرداختند و دریافتند که مخارج تحقیق و توسعه بر پیشرفت فنی تأثیر مثبت و معناداری دارد.

علاوه بر موارد گفته شده، فناوری از متغیرهای زیادی از جمله نیروی کار ماهر (با تحصیلات عالیه یا آموزش‌های فنی)، مخارج تحقیق و توسعه، سرمایه‌گذاری در بخش نیروی انسانی و تجهیزات و سایر عوامل اثرپذیری دارد. در این بین به دلیل نگرش رایج در خصوص خنثی بودن اثر پول بر متغیرهای حقیقی اقتصاد، به نقش سیاست پولی توجه زیادی نشده است. ازجمله نظریات اقتصادی که به نقش پول در ارتقا نوآوری در اقتصاد پی‌برد، نظریه رشد شومپیتر است. طبق این نظریه رشد اقتصادی بر پایه فرآیندهای تخریب خلاق مبتنی بر ابداع شکل می‌گیرند. از نظر شومپیتر تخریب خلاق توسط "کار آفرین‌ها[7]" رخ

1. Brown
2. Rousseau
3. Lichtenberg & Siegel
4. Hall & Mairesse
5. Dilling-Hansen
6. Guellec & Van Pottelsberghe
7. Entrepreneurs

می‌دهد. کارآفرینان عاملی هستند که ترکیبات جدید عوامل تولید را معرفی می‌کنند و تنها نوآوری دارند. از نظر وی این افراد باید دو ویژگی "دارا بودن دانش فنی به منظور ایجاد نوآوری"، و "دسترسی آسان به منابع مالی" را داشته باشند (شومپیتر[1]، ۱۹۳۴).

چو و کوزی[2] (۲۰۱۶) اثر سیاست پولی بر پیشرفت فنی را از مسیر مخارج تحقیق و توسعه به‌طور غیرمستقیم بررسی کردند. علاوه برمطالعه فوق که نشان دهنده تأثیر غیرمستقیم سیاست پولی از مسیر مخارج تحقیق و توسعه بر پیشرفت فنی است، برخی مطالعات مانند روبینی و سالای مارتین[3] (۱۹۹۱)،گوردون[4] (۱۹۹۳)، راجان و زینگالاس[5] (۱۹۹۸)، پاپادموس[6] (۲۰۰۳)، آگیون و هویت (۲۰۰۵) و چو و کوزی (۲۰۱۴) نیز به مطالعه تأثیر مستقیم سیاست‌های پولی بر پیشرفت فنی پرداختند.

دسترسی به منابع مالی برای کارآفرین‌ها منجر به تأثیرگذاری پول و اعتبار و در نتیجه سیاست پولی بر ایجاد فناوری می‌شود. تغییرات فنی به فعالیت‌های کارآفرینان و فعالیت کارآفرینان به ظهور کارآفرینان جدید و تولید اعتبار بستگی دارد. هدف اصلی کار آفرین از نوآوری، کسب سود است. سود با ایجاد نوآوری و تا زمان عمومی شدن آن نوآوری ادامه خواهد داشت. در مدل شومپیتر نوآوری کارآفرین باید توسط توسعه اعتبارات مالی تأمین مالی شود. نوآوری ایجاد شده باید مشوق سرمایه‌گذاران در سرمایه‌گذاری برای تولید نوآوری جدید باشد (فستر و ناسیکا[7]، ۲۰۰۹).

بین وثیقه‌پذیری سرمایه فیزیکی و سرمایه دانش تفاوت وجود دارد. بنابراین، تا زمانی‌که کارآفرین محصول خود را به برندی معتبر تبدیل کند، دریافت اعتبار بانکی برای کارآفرین می‌تواند مشکلاتی داشته باشد. در الگو فرض می‌شود که سرمایه‌گذاری توسط خلق اعتبار بانکی تأمین مالی می‌شود. این کار باعث افزایش رشد اقتصادی می‌شود. بنابراین، سیاست پولی که توانایی اثرگذاری

1. Schumpeter
2. Chu & Cozzi
3. Roubini & Sala-i-Martin
4. Gordon
5. Rajan & Zingales
6. Papademos
7. Festré and Nasica

بر اعتبارات بانکی را دارد، می‌تواند از این کانال بر تأمین مالی کارآفرینان و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و در نتیجه بر فناوری اثرگذار باشد (گارسیا و ماسیا[1]، ۲۰۱۷).

برای مثال، چو، کوزی و فوروکاوا[2] (۲۰۱۳) به تحلیل ارتباط بین سیاست پولی و انتقال فناوری بین دو کشور چین و آمریکا پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان داده است که افزایش نرخ بهره اسمی (به عنوان سیاست پولی) در آمریکا (به عنوان کشور صادرکننده فناوری) باعث کاهش در نرخ فناوری آمریکا می‌شود و باعث کاهش شکاف درآمدی بین چین و آمریکا می‌گردد. از طرفی کاهش نرخ بهره اسمی در چین (کشور وارد کننده فناوری) باعث کاهش نرخ انتقال فناوری می‌شود و شکاف درآمدی دو کشور را زیاد می‌کند.

تکانه‌های مربوط به تأمین مالی تجهیزات در توضیح نوسانات سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه نقش مهمی دارد. به دلیل وجود اثر سرریز در ذخیره دانش، تکانه‌هایی که بر سرمایه‌گذاری بر تحقیق و توسعه اثر دارند، بر رشد اقتصادی در بلندمدت نیز اثرگذار هستند. در الگوی مورد استفاده در پژوهش حاضر، بهره‌وری عوامل تولید (TFP) از دو جزء درون‌زا و برون‌زا تشکیل شده است. جزء دورن‌زای بهره‌وری نیز شامل دو جزء تجمیع دانش و نرخ استفاده از فناوری است. هردوی این اجزا، باعث می‌شوند تا بهره‌وری به وضعیت اقتصادی مرتبط گردد (بیانچی و همکاران[3]، ۲۰۱۹). علاوه بر این، گورون و کوانتانا[4] (۲۰۱۹)، نشان دادند که تکانه‌های نقدینگی بر روند رشد اقتصادی اثرگذار است و این کار را از طریق یک الگوی رشد درون‌زای تصادفی انجام دادند.

۳. روش تحقیق پژوهش

۳-۱. طراحی مدل تعادل عمومی پویای تصادفی

در این پژوهش، تأثیر سیاست پولی بر پیشرفت فنی عوامل تولید طی دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۳ در ایران مورد ارزیابی قرار گرفت. در پژوهش حاضر از یک چارچوب رشد درون‌زا در یک الگوی تعادل

1. Garcia-Macia
2. Chu, cozzi & furukawa
3. Bianchi, Kung & Morales
4. Guerron-Quintana

عمومی پویای تصادفی در اقتصاد ایران با چسبندگی قیمت‌ها و چسبندگی اطلاعات استفاده شده است. الگو با استفاده از روش بیزی به صورت ساختاری تخمین زده شده است.

برای این منظور با استفاده از مطالعات بیانچی و کونگ (۲۰۱۹) و همتی و توکلیان (۱۳۹۵) یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی کینزی جدید برای اقتصاد بسته ایران طراحی شده است. مدل شامل چهار بخش ۱) خانوار نماینده، ۲) تولیدکننده کالای نهایی، ۳) مجموعه‌ای از تولیدکنندگان کالای واسطه و ۴) دولت و بانک مرکزی است. خانوار مالک نیروی کار و بنگاه است و دستمزد نیروی کار را به‌دست می‌آورد. در بخش تولید، هر تولیدکننده تحت رقابت انحصاری فعالیت می‌کند. در این پژوهش چسبندگی قیمت با استفاده از روش کالوو تعریف شده است،[1] که به‌واسطه اینکه در این پژوهش هدف تعیین تورم نمی‌باشد، برای اقتصاد ایران مناسب است. در ادامه، اهداف مربوط به هر کدام از عوامل اقتصادی، قیود مربوط به تصمیم‌گیری هرکدام از آنها و روابط بهینه‌یابی به تفضیل معرفی می‌شود.

اطلاعات مربوط به متغیرهای پژوهش از بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران استخراج شده است و اطلاعات مربوط به شاخص‌های پیشرفت فنی با استفاده از شاخص سولو محاسبه شده است. جمع‌آوری داده‌ها به روش کتابخانه‌ای است. روش تحلیل داده‌ها و برآورد الگو براساس روش تعادل عمومی پویای تصادفی است. برآورد الگوی معرفی شده در فضای برنامه Dynare تحت نرم افزار MATLAB صورت گرفته است.

ـ بخش خانوار

در این بخش یک خانوار نمونه در نظر گرفته شده است که این خانوار نوعی مالک نیروی کار، سرمایه فیزیکی و سرمایه دانش در اقتصاد است و از مصرف کالاها مطلوبیت کسب می‌کند و به دلیل کار کردن مطلوبیت از دست می‌دهد. این خانوار نمونه ارزش حال مطلوبیت بین‌دوره‌ای خود

---

۱. روش کالوو به شواهد تجربی که از داده‌های خرد جمع‌آوری شده‌اند، نزدیک‌تر است. اسکاری و همکارانش (۲۰۱۰) (Ascari، 2010) در مطالعه خود شواهدی را به نفع برتری آماری تنظیم چسبندگی کالوو ارائه می‌دهند و مطالعه آنها از فقدان شاخص قیمت‌ها در مکانیسم کالوو پشتیبانی می‌کند.

را با انتخاب میزان مصرف، سرمایه‌گذاری، ساعات کار، نرخ بهره‌برداری از سرمایه فیزیکی و سرمایه دانش، اجاره دادن سرمایه‌های فیزیکی و سرمایه دانش به بنگاه‌ها، نگهداری تراز حقیقی پول و اوراق مشارکت حداکثر می‌نماید.

$$\text{MAX } E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t f_{c,t} \left[\frac{1}{1-\sigma_c} \left(C_t^i - H_t\right)^{1-\sigma_c} - \frac{\varphi}{1+\sigma_l} \left(L_t^i\right)^{1+\sigma_l} + \frac{\gamma}{1-\sigma_m} \left(\frac{M_t^i}{P_t}\right)^{1-\sigma_m} \right] \quad (۱)$$

β نشان دهنده نرخ تنزیل، $f_{c,t}$ شوک کلی وارد شده به ترجیحات خانوار، C_t^i مصرف حقیقی خانوار iام، H_t نشان دهنده وجود شکل‌گیری عادت[1] است که به صورت $H_t = hC_{t-1}$ تعریف می‌شود. هر خانوار از مصرف دوره جاری خود مطلوبیت مثبت به‌دست می‌آورد اگر و تنها اگر میزان مصرفش بیشتر از کسر ثابتی (h) از مصرف سرانه کل دوره قبل‌اش (t-1) باشد. L_t^i مجموع نیروی کار عرضه شده از سوی خانوار به بنگاه‌های تولید کننده کالاهای واسطه، $\frac{M_t^i}{P_t}$ تراز حقیقی پول، σ_c عکس کشش جانشینی بین‌زمانی مصرف، σ_m عکس کشش بهره‌ای تقاضای مانده‌های حقیقی پول و σ_l عکس کشش عرضه نیروی کار نسبت به دستمزد حقیقی (عکس کشش عرضه نیروی کار فریش[2]) می‌باشد. شوک ترجیحات بین زمانی نیز از یک فرآیند خودرگرسیونی مرتبه اول به شکل زیر تبعیت می‌کند.

$$logf_{c,t} = \rho_{f_c} logf_{c,t-1} + \varepsilon_t^{f_c} \quad (۲)$$

قید مربوط به حداکثرسازی تابع مطلوبیت بین دوره‌ای، قید بودجه بین زمانی به شکل زیر است:

$$C_t^i + I_{k_t}^{\ i} + I_{n_t}^{\ i} + \frac{M_t^i}{P_t} + \frac{CO_t^i}{P_t} \leq W_t^i L_t^i + \left(r_t^k K_{t-1}^i - \psi_k K_{t-1}^i\right) + \left(r_t^n N_{t-1}^i - \psi_n N_{t-1}^i\right) + LE_t + \frac{M_{t-1}^i}{P_t} + R_{t-1} \frac{CO_{t-1}^i}{P_t} - \frac{T_t^i}{P_t} \quad (۳)$$

درآمد کل به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$Y_t^i = W_t^i L_t^i + \left(r_t^k u_t^k K_{t-1}^i - \psi_k K_{t-1}^i\right) + \left(r_t^n u_t^n N_{t-1}^i - \psi_n N_{t-1}^i\right) + LE_t \quad (۴)$$

در معادله (۴)، (W_t) دستمزد حقیقی، (r_t^k) نرخ حقیقی اجاره سرمایه فیزیکی، (r_t^n) نرخ حقیقی اجاره سرمایه R&D (سرمایه دانش)، (R_{t-1}) نرخ بازده اسمی ناخالص اوراق مشارکت، (T_t) خالص مالیات یکجای پرداختی به دولت از طرف خانوار، (P_t) سطح عمومی قیمت‌ها، $(I_{k,t})$ سرمایه‌گذاری

1. Habit formation
2. Frisch

فیزیکی ناخالص و $(I_{n,t})$ سرمایه‌گذاری ناخالص در دانش است. (ψ_k) و (ψ_n) به ترتیب تابع هزینه بهره‌برداری از سرمایه فیزیکی و سرمایه دانش هستند.

قید دیگری که خانوار با آن روبروست به هزینه تعدیل سرمایه‌گذاری[1] مربوط می‌شود. با توجه به کار بیانچی و کونگ (۲۰۱۹) خانوار دو نوع سرمایه در اختیار دارد، بنابراین معادلات انباشت سرمایه[2] در هر دوره به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$K_{j,t+1} = (1-\delta_k)K_{j,t} + \left[1 - \psi_k\left(I_{k,j,t}/I_{k,j,t-1}\right)\right] I_{k,j,t}\chi_t^k \qquad (۵)$$

$$N_{j,t+1} = (1-\delta_n)N_{j,t} + \left[1 - \psi_n\left(I_{n,j,t}/I_{n,j,t-1}\right)\right] I_{n,j,t}\chi_t^n \qquad (۶)$$

که در این معادلات (δ_k) نرخ استهلاک سرمایه فیزیکی، (δ_n) نرخ استهلاک سرمایه دانش (R&D)، $\psi_k\left(I_{k,j,t}/I_{k,j,t-1}\right)$ تابع هزینه تعدیل سرمایه‌گذاری فیزیکی و $\psi_n\left(I_{n,j,t}/I_{n,j,t-1}\right)$ تابع هزینه تعدیل سرمایه‌گذاری دانش[3] است.

در معادله (5) و (6)، (χ_t^k) و (χ_t^n) به ترتیب شوک وارد شده به تکنولوژی خاص سرمایه‌گذاری[4] فیزیکی و دانش است که در بین تمامی خانوارها مشترک است. فرض می‌شود (χ_t^k) و (χ_t^n) از یک فرآیند خودرگرسیونی به صورت‌های زیر تبعیت می‌کنند:

$$log\chi_t^k = \rho_{\chi^k} log\chi_t^k + \epsilon_t^{\chi^k} \qquad (۷)$$

$$log\chi_t^n = \rho_{\chi^n} log\chi_t^n + \epsilon_t^{\chi^n} \qquad (۸)$$

بنابراین معادله لاگرانژین حداکثر کردن مطلوبیت خانوار با توجه به قیدهای (۴)، (۵) و (۶) به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\text{Max} \quad \Gamma_t = E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ f_{c,t}\left[\frac{1}{1-\sigma_c}\left(C_t^i - H_t\right)^{1-\sigma_c} - \frac{\varphi}{1+\sigma_l}\left(L_t^i\right)^{1+\sigma_l} + \frac{\gamma}{1-\sigma_m}\left(\frac{M_t^i}{P_t}\right)^{1-\sigma_m}\right] + \right.$$
$$\lambda_t\left[W_t^i L_t^i + \left(r_t^k u_t^k K_{t-1}^i - \psi_k K_{t-1}^i\right) + \left(r_t^n u_t^n N_{t-1}^i - \psi_n N_{t-1}^i\right) + LE_t + \frac{M_{t-1}^i}{P_t} + R_{t-1}\frac{CO_{t-1}^i}{P_t} - \right.$$
$$\left.\left.\frac{T_t^i}{P_t} - C_t^i - {I_n}_t^i - {I_k}_t^i - \frac{M_t^i}{P_t} - \frac{CO_t^i}{P_t}\right] + \mu_t\left[(1-\delta_k)K_{j,t} + \left[1 - \psi_k\left(I_{k,j,t}/I_{k,j,t-1}\right)\right] I_{k,j,t}\chi_t^k - \right.\right.$$

1. Investment adjustment cost
2. Capital accumulation equation

۳. هزینه تعدیل بر حسب تغییر سطح سرمایه‌گذاری نسبت به دوره قبل است.

4. Investment-specific technology shock

$$K_{j.t+1}\Big] + \vartheta_t \Big[(1-\delta_n)N_{j.t} + \Big[1 - \psi_n\Big(I_{n.j.t}/I_{n.j.t-1}\Big)\Big] I_{n.j.t}\chi_t^n - N_{j.t+1}\Big]\Big\} \quad (۹)$$

در معادله (۹)، (λ_t)، (μ_t) و (ϑ_t) به ترتیب ضریب لاگرانژ مربوط به قید بودجه خانوار، قانون انباشت سرمایه فیزیکی و قانون انباشت سرمایه دانش است. با محاسبه شرایط مرتبه اول و تعریف Q توبین به صورت نسبت دو ضریب لاگرانژ $(q_t^k = \frac{\mu_t}{\lambda_t})$ و $(q_t^n = \frac{\vartheta_t}{\lambda_t})$ ، چند رابطه حاصل می‌شود که عبارتند از: معادله اویلر مصرف، عرضه نیروی کار، تقاضای تراز حقیقی پول، پویایی قیمت‌گذاری سرمایه‌فیزیکی، پویایی قیمت‌گذاری سرمایه دانش، معادله اویلر سرمایه‌گذاری فیزیکی و معادله اویلر سرمایه‌گذاری در R&D. فرم لگاریتمی خطی شده معادلات مذکور به قرار زیر است:

$$\hat{c}_t=\frac{h}{h+1}\hat{c}_{t-1} + \frac{1}{h+1}E_t\hat{c}_{t+1} - \frac{1-h}{(h+1)\sigma_c}(\hat{R}_t - E_t\hat{\pi}_{t+1}) + \frac{1-h}{(h+1)\sigma_c}(\hat{f}_t - E_t\hat{f}_{t+1})=0 \quad (۱۰)$$

$$\widehat{w}_t= \ \sigma_l\ \hat{l}_t+\frac{\sigma_c}{1-h}(\hat{c}_t - h\hat{c}_{t-1}) \quad (۱۱)$$

$$\widehat{m}_t= \ \frac{\sigma_c}{(1-h)\sigma_m}(\hat{c}_t - h\hat{c}_{t-1}) - \frac{1}{(R-1)\sigma_m}\hat{R}_t \quad (۱۲)$$

$$\hat{q}_t^k=-(\hat{R}_t - E_t\hat{\pi}_{t+1}) +(1-\beta(1-\delta_k))E_t\hat{r}_{t+1}^k + (1-\beta(1-\delta_k))\hat{u}_t^k+\beta(1-\delta_k)E_t\hat{q}_{t+1}^k \quad (۱۳)$$

$$\hat{q}_t^n=-(\hat{R}_t - E_t\hat{\pi}_{t+1}) +(1-\beta(1-\delta_n))E_t\hat{r}_{t+1}^n + (1-\beta(1-\delta_n))\hat{u}_t^n+\beta(1-\delta_n)E_t\hat{q}_{t+1}^n \quad (۱۴)$$

$$\widehat{I_{k}}_t=\frac{1}{(1+\beta)\iota}\hat{q}_t^k+\frac{1}{(1+\beta)}\widehat{I_{k}}_{t-1} - \frac{1}{(1+\beta)}\hat{n}_t + \frac{\beta}{(1+\beta)}E_t\hat{n}_{t+1} + \frac{\beta}{(1+\beta)}E_t\widehat{I_{k}}_{t+1}+\hat{\chi}_t^k \quad (۱۵)$$

$$\widehat{I_{n}}_t=\frac{1}{(1+\beta)\iota}\hat{q}_t^n+\frac{1}{(1+\beta)}\widehat{I_{n}}_{t-1} - \frac{1}{(1+\beta)}\hat{n}_t + \frac{\beta}{(1+\beta)}E_t\hat{n}_{t+1} + \frac{\beta}{(1+\beta)}E_t\widehat{I_{n}}_{t+1}+\hat{\chi}_t^n \quad (۱۶)$$

در این معادلات، کشش تابع هزینه تعدیل سرمایه‌گذاری با ι نشان داده می‌شود. (π_t) نرخ تورم است. نرخ تورم به صورت (P_t/P_{t-1}) تعریف می‌شود. نکته حائز اهمیت در این معادلات برابر بودن هزینه بهره‌برداری از سرمایه با نرخ اجاره سرمایه است. اگر شرط مرتبه اول مربوط به اوراق مشارکت را در وضعیت باثبات بنویسیم به صورت زیر خواهد شد:

$$\bar{\lambda}\text{-}\beta\left[\frac{\bar{\lambda}}{\bar{\pi}}\bar{R}\right] = 0 \ \rightarrow \ \bar{R} = \frac{\bar{\pi}}{\beta} \quad (۱۷)$$

بر اساس معادله (۱۷)، نرخ سود ناخالص در وضعیت باثبات $(\bar{R})$ برابر است با نسبت نرخ تورم در وضعیت باثبات به نرخ تنزیل.

ـ تولید کننده کالای نهایی

بنگاه تولیدکننده کالای نهایی در هر دوره ($y_{j,t}$) واحد از هر کالای واسطه را برای تولید (Y_t) واحد از کالای نهایی، در قیمت اسمی ($P_{j,t}$) خریداری می‌کند تا با تابع تولید با بازده ثابت نسبت به مقیاس زیر به تولید بپردازد:

$$Y_t \leq \left(\int_0^1 (y_{j,t})^{\frac{(\eta_{p,t-1})}{\eta_{p,t}}} dj \right)^{\frac{\eta_{p,t}}{(\eta_{p,t-1})}} \qquad (۱۸)$$

($\eta_{p,t}$) کشش جانشینی بین کالاها و $y_{j,t}$ مقدار کالای واسطه تولید شده توسط بنگاه j است. ($\eta_{p,t}$) به دلیل نشان داده شدن با اندیس t بیانگر متغیر بودن مارک‌آپ (حاشیه سود) در طول زمان است. اگر (ϱ_t) شوک فشار هزینه (شوک عرضه) باشد فرض می‌شود که ($\eta_{p,t} \approx -\varrho_t$). شوک فشار هزینه از طریق نوسانات در کشش جانشینی ($\widehat{\eta_{p_t}}$) ایجاد می‌شود. (ϱ_t) از معادله (۱۹) تبعیت می‌کند و در آن ($\varepsilon_t^{\eta_p}$) می‌تواند به صور شوک مارک‌آپ قیمت تفسیر گردد.

$$log\varrho_t = \left(1 - \rho_{\eta_p}\right) log\varrho + \rho_{\eta_p} log\varrho_{t-1} + \varepsilon_t^{\eta_p} \qquad (۱۹)$$

تولید کننده کالای نهایی به دنبال حداقل کردن هزینه‌های خود است و کالاهایش را در یک بازار رقابت کامل به فروش می‌رساند. بنابراین مسئله پیش‌روی بنگاه به شکل زیر است:

$$\min \int_0^1 P_{j.t}\, y_{j,t}\, dj$$

$$\text{s.t} \quad Y_t \leq \left(\int_0^1 (y_{j,t})^{\frac{(\eta_{p,t-1})}{\eta_{p,t}}} dj \right)^{\frac{\eta_{p,t}}{(\eta_{p,t-1})}} \qquad (۲۰)$$

از حل مسئله بالا تقاضا برای کالای واسطه j ام به شکل زیر به‌دست می‌آید که نشان می‌دهد که تقاضا برای کالای j تابعی از نسبت قیمت آن کالا به سطح عمومی قیمت‌ها و همچنین تولید کل است.

$$y_{j,t} = \left(\frac{P_{j.t}}{P_t}\right)^{-\eta_{p,t}} Y_t \qquad (۲۱)$$

$P_{j.t}$ قیمت کالای واسطه j و (P_t) سطح قیمت کل است. سطح قیمت کل را با توجه به فروض ذکر شده برای این بخش، می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$P_t = \left(\int_0^1 (P_{j.t})^{1-\eta_{p,t}}\, dj \right)^{\frac{1}{1-\eta_{p,t}}} \qquad (۲۲)$$

ـ تولید کننده کالای واسطه‌ای

در این مدل فرض شده است که تعداد j بنگاه تولید کننده کالای واسطه در یک بازار رقابت انحصاری فعالیت می‌کنند، بنابراین سطح نهاده‌های تولید (نیروی کار، سرمایه فیزیکی و سرمایه‌دانش) و قیمت کالای خود را طوری انتخاب می‌کنند که سودشان حداکثر شود. کالای واسطه jبا استفاده از تابع تولید زیر (معادله ۲۳) که به شکل کاب–داگلاس و با بازده ثابت به مقیاس تعریف می‌شود، تولید می‌شود.

$$Y_{j,t} = \left(u^k_{j,t} K_{j,t-1}\right)^{\alpha} \left(Z_{j,t} L_{j,t}\right)^{1-\alpha} \qquad (۲۳)$$

و با توجه به مطالعه بیانچی و کونگ (۲۰۱۹) مقدار TFP (بهره‌وری) اندازه‌گیری شده در سطح بنگاه به شکل زیر تعریف می‌گردد.

$$Z_{j,t} = A_t \left(u^n_{j,t} N_{j,t}\right)^{\eta} \left(u^n_t N_t\right)^{1-\eta} \qquad (۲۴)$$

در معادلات (۲۳) و (۲۴)، (α) سهم سرمایه فیزیکی در تولید، $K_{j,t-1}$ سرمایه فیزیکی، $u^k_{j,t} K_{j,t-1}$ سرمایه فیزیکی مؤثر یا بهره‌برداری شده، $u^n_{j,t} N_{j,t}$ سرمایه دانش مؤثر یا بهره‌برداری شده، $N_{j,t}$ سرمایه دانش، $u^k_{j,t}$ نرخ استفاده (بهره‌برداری) از سرمایه فیزیکی، $u^n_{j,t}$ نرخ استفاده (بهره‌برداری) از تکنولوژی، N_t کل سرمایه موجود R&D که به صورت $N_t = \int_0^1 N_{j,t} dj$ است. $(1-\eta) \in [0,1]$ نشان‌دهنده درجه سرریز به دانش موجود مورد استفاده است. متغیر (A_t) بیانگر شوک بهره‌وری کل ایستای مشترک در میان تمام بنگاه‌هاست که از فرآیند خودرگرسیون مرتبه اول به صورت زیر تبعیت می‌کند:

$$logA_t = \rho_A logA_{t-1} + \epsilon^A_t \qquad (۲۵)$$

مسئله تصمیم‌گیری بنگاه عبارت است از تعیین سرمایه و نیروی کار به نحوی که هزینه‌هایش حداقل شود:

$$MIN\ \Theta_t = w_t L_{j,t} + r^k_t \overline{\overline{K}}_{t-1} + \Gamma_t \left[y_{j,t} - \left(\overline{\overline{K}}_{t-1}\right)^{\alpha} \left(A_t \left(u^n_{j,t} N_{j,t}\right)^{\eta} \left(u^n_t N_t\right)^{1-\eta} L_{j,t} \right)^{1-\alpha} \right] \qquad (۲۶)$$

ضریب لاگرانژین (Γ_t) مربوط به هزینه‌ی نهایی تولید کالا توسط بنگاه واسطه‌ی j ام است. با به‌دست آوردن شرایط مرتبه اول مسئله بهینه‌یابی بالا، به ترتیب تابع تقاضای نیروی کار و همچنین هزینه نهایی بنگاه به شکل زیر به دست می‌آیند:

$$L_t = \frac{(1-\alpha)\, r_t^k \bar{K}_{t-1}}{\alpha w_t} \qquad (۲۷)$$

$$mc_t = \Gamma_t = \frac{w_t^{(1-\alpha)} (r_t^n)^{(1-\alpha)} (r_t^k)^{\alpha}}{A_t \alpha^{\alpha}} \qquad (۲۸)$$

قیمت‌گذاری بنگاه یک مدل کالوو با لحاظ شاخص‌بندی جزئی است. در این مدل فرض شده است که در هر دوره $(1-\omega)$ درصد از بنگاه‌ها که به طور تصادفی انتخاب می‌شوند قادر به تغییر قیمت کالای خود هستند. احتمال تعدیل قیمت از یک فرآیند پوآسون پیروی می‌کند و برون‌زا فرض می‌شود. علاوه بر این، فرض شده است که بنگاه‌هایی که نمی‌توانند بهینه یابی مجدد کنند، قیمت کالای خود را بر اساس معادله زیر تعدیل می‌کنند:

$$P_{j,t} = \left(\frac{P_{t-1}}{P_{t-2}}\right)^{\zeta_p} P_{j,t-1} \qquad (۲۹)$$

(ζ_p) درجه شاخص بندی قیمت است. اگر ($\zeta_p = 0$) باشد آنگاه قیمت کالاهای بنگاه‌هایی که قادر به بهینه‌یابی نیستند دقیقاً قیمت دوره‌ی قبلشان است. اگر ($\zeta_p = 1$) باشد شاخص‌بندی کامل نسبت به تورم گذشته انجام می‌گیرد.

هنگامی که بنگاه j در زمان t فرصت تعدیل قیمت را می‌یابد، قیمتی را انتخاب می‌کند ($P_{j,t}$) که ارزش حال سود حقیقی مورد انتظارش را نسبت به قید تقاضای پیش‌روی بنگاه حداکثر نماید. بنابراین مسئله بهینه‌یابی پیش‌روی بنگاه واسطه به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\max E_t \sum_{k=0}^{\infty} o_{k,t+k} \omega^k y_{j,t+k} \left[\frac{P_{j,t}}{P_{t+k}} \left(\frac{P_{t-1+k}}{P_{t-1}}\right)^{\zeta_p} - mc_{t+k}\right] \qquad (۳۰)$$

$$\text{S.t} \quad y_{j,t} = \left(\frac{P_{j.t}}{P_t}\right)^{-\varsigma_t} Y_t$$

با جای‌گذاری قید در تابع سود بنگاه و مشتق‌گیری نسبت به ($P_{j.t}$)، شرط مرتبه اول به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\frac{\partial \Theta_t}{\partial P_{j,t}} = 0 \rightarrow \frac{P_t^*}{P_t} = \left(\frac{\varsigma_t}{\varsigma_t - 1}\right) \left[\frac{E_t \sum_{k=0}^{\infty} o_{k,t+k} \omega^k Y_{t+k} mc_{t+k} \left[\left(\frac{P_{t+k}}{P_t}\right)^{\varsigma_t}\right]}{E_t \sum_{k=0}^{\infty} o_{k,t+k} \omega^k Y_{t+k} \left[\left(\frac{P_{t+k}}{P_t}\right)^{\varsigma_t - 1} \left(\frac{P_{t-1+k}}{P_{t-1}}\right)^{\zeta_p}\right]}\right] \qquad (۳۱)$$

($P_t^* = P_{j,t}$) قیمت بهینه بنگاه است. بسط تیلور ($\frac{P_t^*}{P_t}$) و حل دو دوره‌ای آن، منحنی فیلیپس هایبرید زیر را به دست می‌دهد:

$$\hat{\pi}_t = \frac{\beta}{1+\beta\zeta_p} E_t\hat{\pi}_{t-1} + \frac{\zeta_p}{1+\beta\zeta_p}\hat{\pi}_{t-1} + \frac{1}{1+\beta\zeta_p}\frac{(1-\beta\omega)(1-\omega)}{\omega}\left(\widehat{mc}_t + \hat{\xi}_{cost,t}\right) \quad (۳۲)$$

($\hat{\xi}_{cost,t}$) در منحنی فیلیپس به عنوان شوک فشار هزینه تفسیر می‌شود. به این ترتیب نرخ تورم در دوره‌ی جاری علاوه بر نرخ تورم انتظاری به نرخ تورم در دوره‌ی قبل نیز بستگی دارد. در نهایت، فرم لگاریتم خطی شده معادلات نهایی در بخش بنگاه تولید کننده کالای واسطه علاوه بر معادله (32) که مربوط به منحنی فیلیپس هیبریدی است، به شرح زیر است:

$$\hat{l}_t = -\widehat{w}_t + (1+\psi^k)\hat{r}_t^k + \hat{k}_{t-1} \quad (۳۳)$$

$$\widehat{mc}_t = \alpha\hat{r}_t^k - (1-\alpha)(\widehat{w}_t + \hat{r}_t^n) - \hat{\alpha}_t \quad (۳۴)$$

$$\hat{y}_t = (1-\alpha)\left(\hat{l}_t + \hat{\alpha}_t\right) + \alpha\hat{k}_{t-1} - \hat{n}_t + (\alpha\psi^k\hat{r}_t^k) + (1-\alpha)\psi^n\,\hat{r}_t^n \quad (۳۵)$$

$$\hat{a}_t = \rho_A\hat{\alpha}_{t-1} + \nu_{t-1} + \varepsilon_t^a \quad (۳۶)$$

$$\hat{k}_t = (1-\delta^k)(\hat{k}_{t-1} - \hat{n}_t) + \delta^k\widehat{I_k}_t + \delta^k\hat{\chi}_t^k \quad (۳۷)$$

$$\hat{n}_t = \left(\frac{1}{1-\delta^n}\right)(\widehat{I_n}_t + \hat{\chi}_t^n) \quad (۳۸)$$

$$\hat{\chi}_t^k = \rho^{\chi^k}\hat{\chi}_{t-1}^k + \varepsilon_t^{\chi^k} \quad (۳۹)$$

$$\hat{\chi}_t^n = \rho^{\chi^n}\hat{\chi}_{t-1}^n + \varepsilon_t^{\chi^n} \quad (۴۰)$$

$$\hat{r}_t^k = \widehat{mc}_t + (1-\alpha)(\hat{u}_t^n + \hat{n}_{t-1} - \hat{u}_t^k) \quad (۴۱)$$

$$\hat{u}_t^k = \hat{r}_t^k(1-\delta^a) \quad (۴۲)$$

$$\hat{u}_t^n = \hat{r}_t^n(1-\delta^n) \quad (۴۳)$$

ـ مدل اطلاعات چسبنده

در مطالعه حاضر، رفتار قیمت‌گذاری بنگاه با الگوی اطلاعات چسبنده مدل‌سازی شده است. منکیو و ریس (۲۰۰۲) نشان دادند که فرض اطلاعات چسبنده (اطلاعاتی که به کندی منتشر می‌شوند) در خصوص وضعیت اقتصاد کلان می‌تواند واکنش کند قیمت‌ها و در نتیجه اثرات حقیقی شوک‌های پولی بر اقتصاد را بهتر توضیح دهد.

فروض اصلی این مدل این است که بنگاه‌ها در هر دوره می‌توانند قیمت خود را تعدیل کنند، اما تنها کسری از بنگاه‌ها $(1-\phi)$ که به طور تصادفی انتخاب می‌شوند می‌توانند اطلاعات جدیدی در مورد وضعیت اقتصاد (متغیرهای اثرگذار بر تصمیمات قیمت‌گذاری بنگاه) به‌دست آورند و در نهایت قیمت بهینه جدیدی را برای کالای خود انتخاب کنند. سایر بنگاه‌ها که اطلاعات جدیدی در مورد شرایط اقتصادی به‌دست نیاورده‌اند با همان قیمت قبلی ادامه می‌دهند. با این توضیحات، اطلاعات جدید در مورد متغیرهای کلیدی با یک تأخیر زمانی به همه بنگاه‌های اقتصادی می‌رسد. با فرض اطلاعات چسبنده، تعدیل قیمت به کندی اتفاق می‌افتد. احتمال به روز رسانی اطلاعات همانند احتمال تعدیل قیمت کالوو تعریف می‌شود.

بنگاه J که o دوره قبل اخرین بار اطلاعاتش را به روز رسانی کرده است، در دوره جاری قیمت زیر را تعیین می‌کند:

$$P_{j,t}^{o} = E_{t-o}P_{j,t}^{*} \qquad (۴۴)$$

یعنی بنگاه براساس آخرین اطلاعات دریافتی در زمان t-o قیمت را در زمان t تعیین می‌نماید. چون بنگاه‌ها یکسان فرض شده‌اند، بنابراین $P_{j,t}^{*} = P_t^{*}$ است، و تمامی بنگاه‌هایی که اطلاعاتشان مربوط به o دوره قبل است قیمت یکسان $(P_{j,t}^{o} = P_t^{o})$ را برای کالای خود تعیین می‌کنند.

$$P_t^{o} = E_{t-o}P_t^{*} \qquad (۴۵)$$

از معادله فوق مشاهده می‌شود، برخلاف مدل کالوو در این مدل، انتظارات گذشته‌نگر هستند. $(1-\phi)$ درصد از بنگاه‌هایی که به طور تصادفی انتخاب می‌شوند، می‌توانند اطلاعات خود را به روز نمایند. یعنی این کسر از بنگاه‌ها به دلیل داشتن اطلاعات کامل، در دوره t قیمت خود را برابر با P_t^{*} تعیین می‌کنند. از (ϕ) درصد بنگاه‌های باقیمانده، $(1-\phi)$ درصد آنها در دوره t-1 اطلاعاتشان را به روز کرده‌اند. در نتیجه کسر $(\phi(1-\phi))$ از بنگاه‌ها قیمت $E_{t-1}P_t^{*}$ را در دوره t انتخاب می‌کنند. به همین ترتیب، $(\phi - (\phi(1-\phi)) = \phi^2)$

ـ دولت

دولت در هر دوره، مخارج مصرفی‌اش را از طریق منابع مختلفی مانند: مالیات، اوراق مشارکت و استقراض از بانک مرکزی (در قالب افزایش بدهی دولت به بانک مرکزی)، تأمین مالی می‌نماید. بنابراین می‌توان قید بودجه‌ی دولت را به صورت معادله (۴۶) تعریف کرد و همچنین فرض می‌شود مخارج دولت به صورت برون‌زا تعیین می‌گردد (معادله ۴۷). ($\bar{G}$) متغیر هزینه‌های دولت است.

$$G_t + i_t \frac{B_{t-1}}{P_t} = \frac{T_t}{P_t} + \frac{B_t}{P_t} - \frac{B_{t-1}}{P_t} + \frac{(M_t - M_{t-1})}{P_t} \quad (۴۶)$$

$$G_t = \rho_g G_{t-1} + \left(1 - \rho_g\right)\bar{G} + \varepsilon_t^g \quad (۴۷)$$

همچنین شرط تسویه‌ی بازار کالا به صورت زیر است:

$$Y_t = C_t + I_{n,t} + I_{k,t} + G_t + u_t^k K_{t-1} + u_t^n N_{t-1} \quad (۴۸)$$

ـ بانک مرکزی

با استناد به مطالعات ختایی و سیفی‌پور (۱۳۸۵)، جلالی نائینی و همتی (۱۳۹۰) در خصوص شناسایی تابع عکس‌العمل بانک مرکزی ایران، نشان داده شد که بانک مرکزی ایران از قاعده‌های مرسوم سیاست پولی مانند قاعده‌ی تیلور و قاعده‌ی مک کالوم تبعیت نمی‌نماید، و همچنین نرخ رشد پایه‌ی پولی به طور فعال به شکاف تولید و نرخ تورم از مقدار هدف واکنش نشان نمی‌دهد. همچنین بر اساس مطالعات داخلی، ضریب وقفه‌ی اول نرخ رشد پایه‌ی پولی (ابزار سیاست گذاری پولی) مثبت و معنادار است و بنابراین می‌توان از فرآیند خودرگرسیونی زیر (معادله ۴۹) برای نرخ رشد پایه پولی ($\mu_{m,t}$) استفاده کرد. علاوه بر آن، نرخ رشد پایه‌ی پولی در دوره‌ی t به صورت رابطه (۵۰) نیز تعریف می‌شود.

$$\mu_{m,t} = \rho_m \mu_{m,t-1} + \nu_{m,t} \quad (۴۹)$$

$$\mu_{m,t} = \frac{M_t}{M_{t-1}} \quad (۵۰)$$

(M_t) حجم پایه‌ی پولی اسمی است. فرم لگاریتم خطی آن بر حسب تراز حقیقی پول به صورت زیر است:

$$\hat{\mu}_{m,t} = \hat{m}_t - \hat{m}_{t-1} + \hat{\pi}_t \quad (۵۱)$$

٤. تجریه و تحلیل الگو

از آنجا که مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی شامل جملات انتظارات عقلایی برخی از متغیرها هستند حل آن از حل مدل‌های پویا بدون وجود انتظارات عقلایی دشوارتر است. به طور کلی در اقتصاد برای حل این الگوها سه روش معرفی می‌شود: روش بلانچارد –کان[1] (۱۹۸۰)، روش کریستیانو[2] (۲۰۰۲) و روش سیمز[3] (۲۰۰۲). با توجه به اینکه تمامی روش‌های ذکر شده نتایج یکسانی را به همراه دارند (اندرسون[4]، ۲۰۰۸) و از آنجا که روش بلانچارد – کان شناخته شده‌ترین روش در این زمینه است، در ادامه، مدل این پژوهش به وسیله روش بلانچارد –کان حل شده است. مدل مورد مطالعه این پژوهش شامل ۲۶ معادله و ۲۶ متغیر است. همچنین تکانه مدل شامل تکانه سیاست پولی و فناوری است.

٤-۱. برآورد پارامترهای الگو

به منظور تعیین پارامترهای این الگو، از روش بیزی استفاده شده است. در این روش اطلاعات پیشین به صورت مقادیر اولیه برای پارامترها در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که اطلاعات درست باشد، روش بیزی به کالیبراسیون تبدیل شده و اگر اطلاعات اولیه اشتباه باشد، روش بیزی به روش حداکثر درستنمایی تبدیل می‌شود (توکلیان و افضلی، ۱۳۹۵).

پس از استخراج شرایط مرتبه اول بهینه‌یابی در بخش‌های قبل، مجموعه معادلات با استفاده از روش اوهلیگ لگاریتم-خطی سازی شده است. بعد از خطی‌سازی، به منظور برآورد پارامترهای الگوی پژوهش از رویکرد بیزی الگوریتم متروپولیس-هستینگز استفاده شده است. در این رویکرد، چگالی پسین پارامترها استخراج شده است.

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش مستخرج از بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران می‌باشد و شامل (داده‌های فصلی، ۱۳۸۳: ۱ تا ۱۳۹۶: ۴) است. برخی از ضرایب مانند نسبت‌های

1. Blanchard and Khan
2. Christiano
3. Sims
4. Anderson

جدول(۱)، در وضعیت تعادل یکنواخت با استفاده از داده‌های اقتصاد ایران برای دوره ذکر شده، به روش زیر محاسبه شده است. ابتدا شکاف تولید به صورت انحراف لگاریتم تولید حقیقی از تولید بالقوه تعریف شده و سپس برای محاسبه تولید بالقوه از فیلتر هودریک-پرسکات استفاده شده است. از آنجاکه تمام متغیرها در الگو به صورت انحراف لگاریتم متغیر از مقدار وضعیت پایدار تعریف شده‌اند، نرخ رشد متغیرها از استخراج فیلتر هودریک-پرسکات با مقدار ۶۷۷ برای پارامتر مربوطه لگاریتم نسبت هر متغیر به مقدار دوره گذشته آن به‌دست آمده است (توکلیان و نائینی، ۱۳۹۵). در ادامه، شاخص‌هایی که بر مبنای داده‌های اقتصاد ایران، می‌توان آنها را با روش بالا محاسبه نمود، در جدول (۱) خلاصه شده‌اند

جدول ۱. نسبت‌های کالیبره شده براساس داده‌های اقتصاد ایران

نماد	توضیح	مقدار
$\bar{c}/\bar{y}$	نسبت مخارج مصرفی به تولید ناخالص داخلی	۰.۵۳
$\bar{k}/\bar{y}$	نسبت سرمایه فیزیکی به تولید ناخالص داخلی	۳.۶۵
$\bar{n}/\bar{y}$	نسبت سرمایه دانش به تولید ناخالص داخلی	۲.۶۶
$\bar{g}/\bar{y}$	نسبت مخارج دولت به تولید ناخالص داخلی	۰.۱۱
$\bar{I}_k/\bar{y}$	نسبت مخارج سرمایه فیزیکی به تولید ناخالص داخلی	۰.۳۳
$\bar{I}_n/\bar{y}$	نسبت مخارج سرمایه دانش به تولید ناخالص داخلی	۰.۴۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش

٤-۲. کالیبره کردن پارامترها

با توجه به شکل لگاریتم-خطی شده معادلات، ضرایب متغیرهایی که به شکل انحراف لگاریتم متغیرها از مقدار باثبات شان نوشته شده‌اند، شامل یک سری از پارامترها هستند که نیاز به کالیبره دارند. این کار به منظور حداکثر انطباق انجام می‌شود و در آن داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های واقعی ارزشگذاری می‌شوند.

پس از کالیبره کردن پارامترها ابتدا باید توزیع، میانگین و انحراف معیار پیشین که برای پارامتر در نظر گرفته شده، تعیین شده و سپس با استفاده از روش بیزی، پارامترها برآورد گردد. توزیع،

میانگین و انحراف معیار پیشین و نتایج حاصل از برآورد بیزی پارامترها و انحراف معیار آنان (یعنی میانگین و انحراف معیار پسین) در جدول (۲) نشان داده شده است.

توزیع پیشین هریک از پارامترها براساس ویژگی‌های آن پارامتر و ویژگی‌های توزیع مورد نظر انتخاب شده است. توزیع پیشین مورد استفاده برای پارامترهای h، α، φ، ψ_k، ψ_n، ρ_a، ρ_g، ρ_m، ρ_f، ρ_{η_p}، ρ_{χ_k}، ρ_{χ_n} توزیع بتا در نظر گرفته شده است، به این دلیل که در توزیع بتا، میانگین، انحراف معیار، حد پایین و حد بالا مشخص می‌شود. برای پارامترهای σ_c، σ_l، σ_m از توزیع گاما، با دامنه صفر تا بی‌نهایت، استفاده شده است، و برای پارامتر ι از توزیع نرمال استفاده شده است. در ادامه با استفاده از الگوریتم متروپولیس-هستینگز به برآورد پارامترهای مورد نظر پرداخته می‌شود. باید این نکته را در نظر داشت که نرخ پذیرش الگو باید بین ۰/۴ – ۰/۲۵ باشد.

نتایج حاصل شده از تخمین پیشین پارامترها، نشان‌دهنده وجود شکل‌گیری عادت و ایجاد چسبندگی اطلاعات مطابق با ادبیات تجربی (برای مثال: همتی و توکلیان، ۱۳۹۵ و صارم، ۱۳۹۳) در اقتصاد ایران است. علاوه بر آن، هزینه انطباق بالاتر برای دانش موجود به سرمایه موجود مرتبط است (برای مثال، $\psi_n'' > \psi_k''$)، که نشان دهنده این مطلب است که پویایی مخارج تحقیق و توسعه نسبت به پویایی سرمایه‌گذاری فیزیکی بادوام‌تر است. علاوه بر این موارد، نرخ استفاده از فناوری با تغییر در نرخ بازدهی نهایی دانش موجود، تغییر می‌یابد. این دو مورد بیانگر این است که تحقیق و توسعه باید در طول زمان ادامه داشته تا نتیجه قابل توجهی داشته باشد.

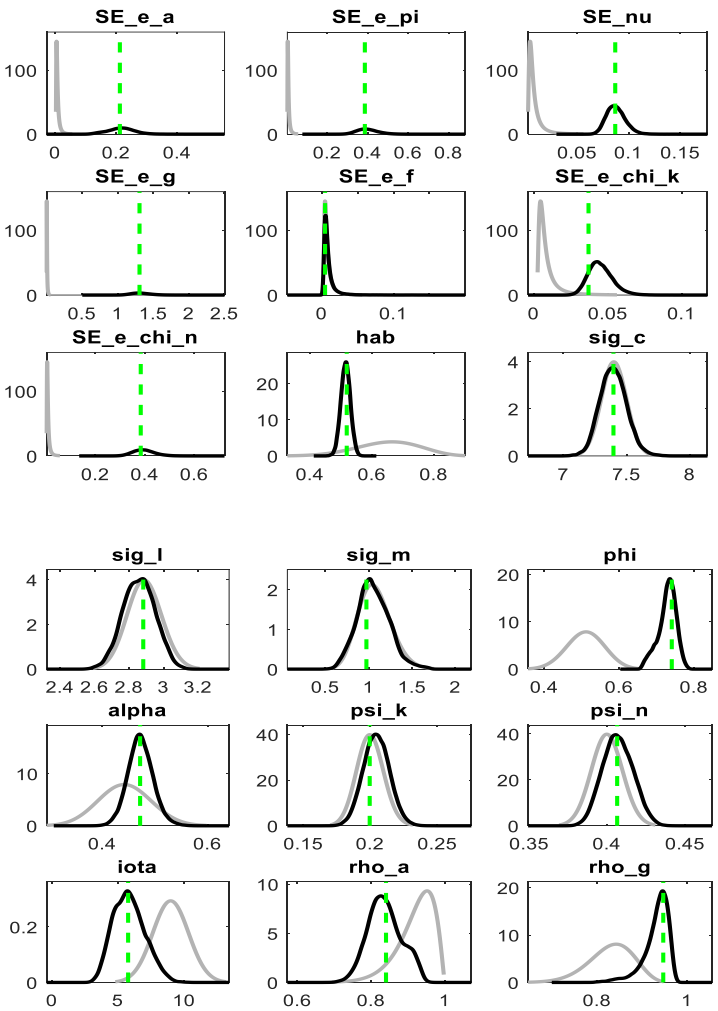
جدول ۲. برآورد پارامترهای الگو

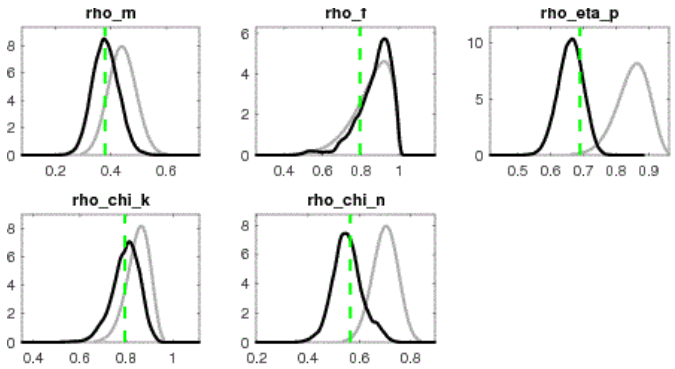
پارامتر	توزیع پیشین	میانگین پیشین	واریانس پیشین	میانگین پسین	فاصله اطمینان ٪۹۰
HAB (H)	بتا	۰/۶۵	۰/۱	۰/۵۱	۰/۵۴ ۰/۴۸
α	بتا	۰/۴۴	۰/۰۵	۰/۴۷	۰/۵۱ ۰/۴۳
φ	بتا	۰/۵۱	۰/۰۵	۰/۷۲	۰/۷۶ ۰/۶۸
ψ_k	بتا	۰/۲۰	۰/۰۱	۰/۲۰	۰/۲۲ ۰/۱۸
ψ_n	بتا	۰/۴۰	۰/۰۱	۰/۴۰	۰/۴۲ ۰/۳۹
ρ_a	بتا	۰/۸۳	۰/۰۵	۰/۸۳	۰/۹۱ ۰/۷۶
ρ_g	بتا	۰/۸۳	۰/۰۵	۰/۹۳	۰/۹۷ ۰/۸۹
ρ_m	بتا	۰/۴۴	۰/۰۵	۰/۳۷	۰/۴۲ ۰/۳۰
ρ_f	بتا	۰/۸۵	۰/۱۰	۰/۸۶	۰/۹۸ ۰/۷۴
ρ_{η_p}	بتا	۰/۸۵	۰/۰۵	۰/۶۷	۰/۷۳ ۰/۶۱
ρ_{χ_k}	بتا	۰/۸۵	۰/۰۵	۰/۷۷	۰/۸۸ ۰/۷۰
ρ_{χ_n}	بتا	۰/۷	۰/۰۵	۰/۵۸	۰/۶۸ ۰/۴۹
σ_m	گاما	۲/۸۹	۰/۱۹	۱/۰۵	۱/۳۷ ۰/۷۴
σ_l	گاما	۲/۸۹	۰/۱۰	۲/۸۵	۳/۰۱ ۲/۷۰
σ_c	گاما	۷/۴۰	۰/۱۰	۷/۳۹	۷/۵۶ ۷/۲۲
ι	نرمال	۹	۱/۳۵	۶/۰۱	۷/۷۶ ۳/۸۸
e_a	گامای معکوس	۱/۰۱	بی‌نهایت	۰/۲۱	۰/۲۸ ۰/۱۳
e_π	گامای معکوس	۰/۰۱	بی‌نهایت	۰/۳۹	۰/۴۸ ۰/۳۱
ν	گامای معکوس	۰/۰۱	بی‌نهایت	۰/۰۸	۰/۱۰ ۰/۰۷
e_g	گامای معکوس	۰/۰۱	بی‌نهایت	۱/۳۲	۱/۵۳ ۱/۱۰
e_f	گامای معکوس	۰/۰۱	بی‌نهایت	۰/۰۰۹	۰/۰۱ ۰/۰۰۲
e_{χ_k}	گامای معکوس	۰/۰۱	بی‌نهایت	۰/۰۴	۰/۰۵ ۰/۰۳
e_{χ_n}	گامای معکوس	۰/۰۱	بی‌نهایت	۰/۳۹	۰/۴۶ ۰/۳۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

چگالی پیشین و چگالی پسین برآوردی پارامترهای الگو بر پایه الگوریتم متروپولیس-هستینگز در شکل (۱)، نشان داده شده است. انطباق چگالی پیشین و چگالی پسین برخی از پارامترها در این نمودار به این معنی است که یا اطلاعات پیشین درباره این پارامترها کاملا صحیح بوده یا اینکه با

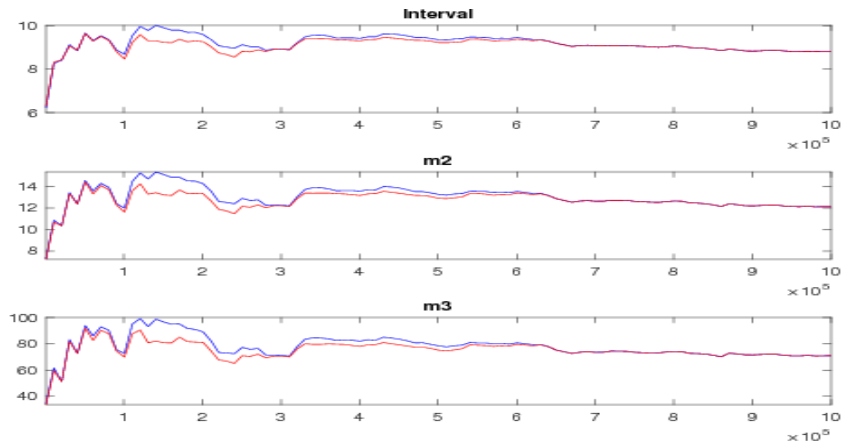
استفاده از داده‌های مورد استفاده نمی‌توان این پارامترها را برآورد کرد. در هر دو صورت، نتیجه آن خواهد بود که این پارامترها به نوعی کالیبره شده‌اند.





شکل ۱. چگالی پیشین و چگالی پسین پارامترهای الگو بر پایه الگوریتم متروپولیس- هستینگز

به منظور بررسی درستی جواب‌های الگو از نمودارهای مونت کارلو با زنجیره مارکوف بروکز و گلمن (۱۹۸۸) (MCMC)، استفاده شده است. اگرنتایج این زنجیره‌ها منطقی باشد، باید رفتار این زنجیره‌ها شبیه به هم باشد یا به سمت یکدیگر همگرا شوند. آزمون بروکز و گلمن (۱۹۸۸) دارای سه شاخص Interval, m2, m3 است که به ترتیب نشان‌دهنده فاصله اطمینان ۸۰ درصدی از میانگین، واریانس و گشتاور سوم پارامترهاست. بر اساس نتایج به‌دست آمده (شکل (۲))، آزمون چندمتغیره واریانس درون‌نمونه‌ای و بین‌نمونه‌ای به مقدار ثابتی همگرا شده‌اند، بنابراین نتایج برآورد رویکرد بیزی با استفاده از روش MCMC از صحت خوبی برخوردار است.



شکل ۲. نمودارهای مونت کارلو با زنجیره مارکوف بروکز و گلمن (۱۹۸۸) (MCMC)

٤-۳. توابع عکس العمل آنی

در جهت بررسی پویایی‌های متغیرهای اصلی الگو نسبت به تکانه‌های مختلف از توابع واکنش آنی که از جمله ابزارهای مهم تحلیل اقتصادی هستند، استفاده می‌شود. پژوهش حاضر به دنبال تأثیر شوک سیاست پولی بر متغیرهای اقتصادی همچون فناوری است، برای این منظور تغییر در حجم پایه پولی (M_0) به عنوان سیاست پولی در الگو تعریف شده است. در ادامه اثر تکانه سیاست پولی و فناوری بر متغیرهای حقیقی و پولی بررسی شده است.

پیش از شروع تحلیل توابع واکنش، باید یادآور شد که پیشرفت فنی (TFP) در این پژوهش از سه جزء تشکیل شده است: شوک ایستای فناوری، نرخ استفاده از فناوری، و ذخیره دانش که به شکل رابطه زیر نشان داده شده است.

$$\text{TFP}= A_t \ . u_t^n . N_t \qquad (۵۲)$$

در معادله (۵۲) دو جزء نرخ استفاده از فناوری (u_t^n) و ذخیره دانش (N_t)، اجزای درون‌زای پیشرفت فنی می‌باشند و شوک ایستای فناوری (A_t) به عنوان جزء برون‌زای پیشرفت فنی معرفی شده است. بنابراین رشد پیشرفت فنی و اجزای درون‌زای پیشرفت فنی به صورت معادلات زیر نوشته می‌شود.

$$\Delta tfp = \Delta a_t + \Delta n_{endogenous,t} \qquad (۵۳)$$

$$\Delta n_{endogenous,t} = \Delta u_t^n + \Delta n_t \qquad (۵۴)$$

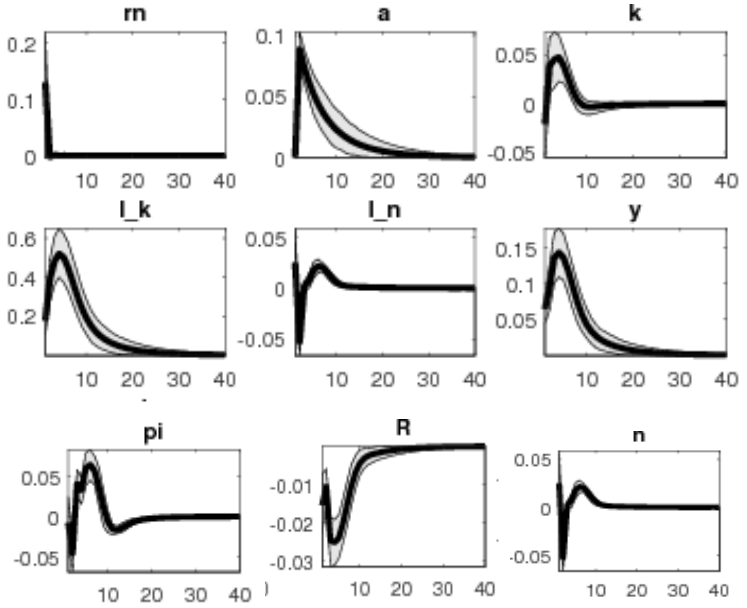
در معادله (۵۴) ، Δn_t ، نشان دهنده تغییر در میزان دانش است.

با در نظر گرفتن توضیحات گفته شده در بالا و همان‌طور که در نمودارهای شکل (۳) مشاهده می‌شود با بروز تکانه سیاست پولی مثبت به اندازه یک انحراف معیار (v) در حقیقت حجم پایه پولی (m) افزایش یابد. از سویی، با توجه به مطالعه همتی و توکلیان (۱۳۹۵) و تأیید وجود اطلاعات چسبنده در اقتصاد ایران، تعدیل قیمت‌ها به کندی اتفاق می‌افتد بدین معنی که تکانه سیاست پولی در ایران با تأخیر بر نرخ تورم اثر می‌گذارد. با وجود چسبندگی اطلاعات در اقتصاد ایران، بیش از

نیمی از بنگاه‌ها در تعیین قیمت کالای خود از اطلاعات قدیمی استفاده می‌کنند. بنابراین در ابتدای بروز تکانه سیاست پولی و افزایش حجم پول، قیمت‌ها تغییر محسوسی نداشته‌اند و بعد از گذشت پنج الی هفت فصل متناسب با شوک افزایش می‌یابند.

از سوی دیگر، طبق نظریه شومپیتر، با افزایش حجم پول، منابع مالی بیشتری در اختیار کارآفرینان قرار خواهد گرفت و با افزایش فعالیت آنها، تولید (y) نیز افزایش می‌یابد که این امر در کنار تغییر ناچیز قیمت‌ها در همان دوره موجب باعث افزایش تقاضا می‌شود.

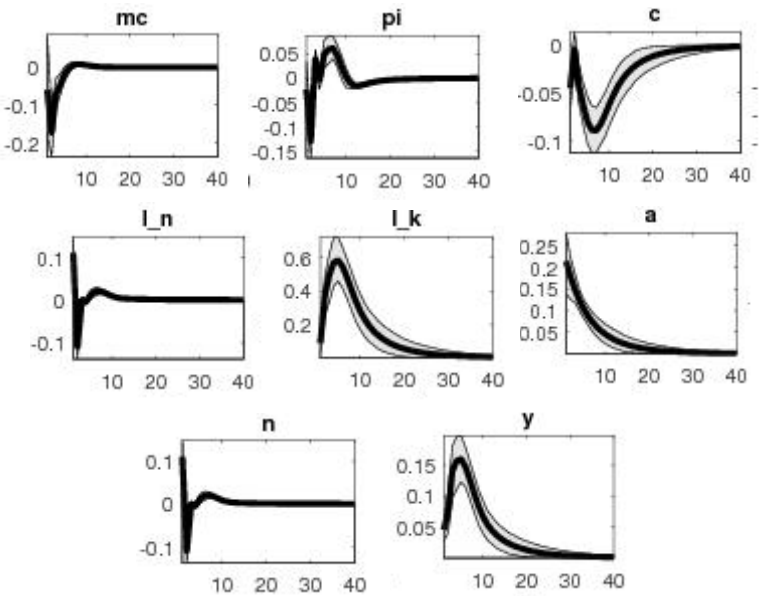
با افزایش تقاضا، نرخ بهره حقیقی (R) کاهش یافته و باعث افزایش انواع سرمایه‌گذاری از جمله سرمایه‌گذاری در کالای فیزیکی (I_k) و سرمایه‌گذاری در دانش (I_n) می‌شود. با افزایش میزان سرمایه‌گذاری در دانش، جز درون‌زای فناوری یعنی ذخیره دانش (n) افزایش یافته و در نتیجه فناوری (a) افزایش می‌یابد.



شکل ۳. توابع واکنش آنی متغیرها نسبت به تکانه پولی مثبت

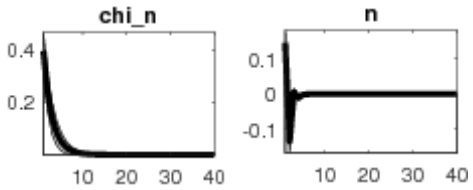
توابع واکنش آنی نسبت به انحراف معیار یک تکانه بهره‌وری مثبت در نمودارهای شکل(۴) نشان داده شده است. این تکانه موجب افزایش بهره‌وری سرمایه دانش (n) شده که این امر به افزایش

تولید (y) و در ادامه افزایش مصرف (c)، سرمایه‌گذاری در سرمایه فیزیکی (I_k) و سرمایه دانش (I_n) می‌شود. با افزایش بهره‌وری، هزینه نهایی (mc) کاهش یافته، پس قیمت تولید کاهش می‌یابد، یعنی تورم (pi) کاهش یافته است. با افزایش میزان سرمایه‌گذاری در سرمایه دانش، جزء درون‌زای فناوری افزایش یافته و در نتیجه افزایش بهره‌وری (a) تأثیر خودافزایی بر خود دارد.



شکل ۴. توابع واکنش آنی متغیرها نسبت به تکانه بهره‌وری مثبت

در نهایت با توجه به معادله (۵۲)، (۵۴) و نمودارهای شکل (۵)، تکانه مثبت نرخ استفاده از سرمایه دانش، منجر به افزایش میزان استفاده از سرمایه دانش (R&D) (ψ_n) شده و در نتیجه منجر به افزایش ذخیره دانش (n) می‌گردد. با افزایش ذخیره دانش، جزء درون‌زای فناوری افزایش یافته و منجر به افزایش بهره‌وری (a) می‌گردد.



شکل ۵. توابع واکنش آنی متغیرها نسبت به تکانه مثبت نرخ استفاده از سرمایه دانش

۵. نتیجه گیری و پیشنهادات

دستیابی به رشد اقتصادی پایدار و بالا از جمله مهم‌ترین اهداف سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان اقتصادی محسوب می‌شود. پیشرفت فنی عاملی مهم و اثرگذار بر رشد کشورها در نظر گرفته‌می‌شود. این مهم به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه از اهمیت زیادی برخوردار است. از این رو الگوها و نظریات متفاوتی در مورد عوامل مؤثر بر پیشرفت فنی در ادبیات اقتصادی ارائه شده است. سیاست پولی یکی از عوامل تأثیرگذار بر پیشرفت فنی می‌باشد که در نظریات جدید مورد توجه قرار گرفته‌است.

در این پژوهش، تأثیر سیاست پولی بر پیشرفت فنی طی دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۳ در ایران با استفاده از روش تعادل عمومی پویای تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفته است. دراین مطالعه حجم پایه پولی به عنوان تکانه سیاست پولی در الگو تعریف شده است که تأثیر این تکانه بر متغیرهای حقیقی و پولی مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج تخمین الگو نشان می‌دهد که در ایران زمانی که تکانه سیاست پولی رخ می‌دهد، به دلیل وجود اطلاعات چسبنده، تأثیر افزایش حجم پایه پولی با وقفه بر قیمت‌ها اثرگذار است و در نتیجه سیاست پولی باعث افزایش متغیرهای حقیقی از جمله سرمایه‌گذاری در دانش می‌شود. این امر معاقبا باعث افزایش فناوری می‌شود.

در الگوی پژوهش حاضر، جزء درون‌زای بهره‌وری عوامل تولید از ذخیره دانش و نرخ استفاده از فناوری تشکیل شده است. این دو جزء باعث بروز نوسانات در رشد اقتصادی می‌شوند. اثرات جانبی مثبت ذخیره دانش باعث ارتباط تکانه‌های اقتصاد کلان و مالی با رشد بلند مدت می‌شود. نتایج نشان داده است که تأمین مالی تجهیز منابع اثر بلندمدت بر رشد دارد که این امر از طریق افزایش میزان سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه حاصل می‌شود. علاوه بر این، با توجه به نتایج

پژوهش، سیاست پولی با اثرگذاری بر جزء درون‌زای بهره‌وری عوامل تولید قادر به افزایش فناوری است. توجه به این نکته ضروری است که سیاست پولی به مانند شمشیر دولبه عمل می‌کند و در صورت عدم توجه به میزان و نحوه استفاده از آن می‌تواند منجر به مشکلات اقتصادی همچوم تورم و بحران بدهی شود. بنابراین باید توجه داشت که سیاست پولی بتواند سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه را در جهت افزایش ذخیره دانش و دستیابی به روش‌های جدید در استفاده از فناوری تشویق کند. برای این منظور باید بر نقدینگی ایجاد شده و در نتیجه اعتبارات تخصیص داده شده از این محل به فعالیت‌های تحقیق و توسعه نظارت وجود داشته باشد. در ادامه به منظور نظارت بهتر و حصول نتایج سریع‌تر، می‌توان الزام ارائه گزارشات ماهانه و یا چندماهه اعتبار گیرندگان به بانک یا نهاد متخصص تعیین شده توسط بانک را وضع نمود.

منابع

توکلیان، حسین و وجیهه افضلی ابرقویی (۱۳۹۵)، "مقایسه عملکرد اقتصاد کلان و رژیم‌های مختلف ارزی با رویکرد (DSGE)"، پژوهشنامه اقتصادی، شماره ۶۱، صص ۸۱-۱۲۵.

جلالی نائینی، احمدرضا و مریم همتی (۱۳۹۰). "بررسی اثر شوک‌های پولی بر ۱۲ گروه اصلی شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی با استفاده از الگوی خود توضیح برداری عاملی تعمیم یافته"، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۴۹، صص ۲۰۵-۲۳۹.

ختایی، محمود و رؤیا سیفی‌پور (۱۳۸۵)، "ابزار و قواعد شناخته شده سیاست‌های پولی در اقتصاد ایران مطالعه موردی: برنامه سوم توسعه اقتصادی و اجتماعی"، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۳، صص ۲۶۷-۲۳۳.

صارم، مهدی (۱۳۹۳)، "انتخاب الگوی قیمت گذاری مناسب برای اقتصاد ایران"، پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، شماره ۷۰، صص ۱۸۰-۱۶۱.

همتی، مریم؛ پدرام، مهدی و حسین توکلیان (۱۳۹۵)،" نقش اطلاعات چسبنده در پویایی‌های تورم در اقتصاد ایران"، پژوهشنامه اقتصادی، شماره ۶۰، صص ۱۵۱-۱۰۷ .

Adak M. (2015). "Technological Progress Innovation and Economic Growth; the case of Turkey", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 195, pp.776 – 782.

Aghion P. and P. Howitt (1988). "Growth and Cycles through Creative Destruction", University of Western Ontario.
Aghion P. and P. Howitt (1992). "A Model of Growth through Creative Destruction Source", *Econometrica*, Vol. 60, No. 2, pp. 323-351.
Anderson G.S. (2008). "Solving Linear Rational Expectations Models: A Horse Race", *Computational Economics*, Vol. 31, No. 2, pp.95-113.
Bianchi F., Kung H. and G. Morales (2019). "Growth, Slowdowns and recoveries*", Journal of Monetary Economics*, Vol. 101, pp.47-63.
Brown J.R., Fazzari S.M. and B.C. Petersen (2009). "Financing Innovation and Growth: Cash flow, External Equity and the 1990s r&d boom". *The Journal of Finance*, Vol.64, No. 1, pp. 151–185.
Christiano L.J., Eichenbaum M. and CH.L. Evans (2005). "Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy", *Journal of Political Economy*, Vol. 113, No. 1, pp.1-45.
Chu A.C. and Y. Furukawa (2013). "Patentability and Knowledge Spillovers of Basic R&D", *Southern Economic Journal*, Vol. 79, No. 4, pp.928-945.
Chu A. and G. Cozzi (2014). "R&D and Economic Growth in a Cash-in-advance Economy". *International Economic Review*, Vol. 55, pp. 507-524.
Chu A.C. and G. Cozzi (2016). "Growth Accounting and Endogenous Technical Change", *Economics Letters*, Vol. 146(C). pp. 147-150.
D'Agata A. and G. Freni (2003). "Structure of Growth Models: A Comparative Survey", The Theory of Economic Growth, A "Classical" Perspective, *Edward Elgar, Cheltenham, UK and Northampton*, MA, USA, pp. 23-41.
Dilling-Hansen M., Eriksson T., Madsen E.S and V. Smith (1999). "Productivity, Competition, Financial Pressure and Corporate Governance: Some Empirical Evidence", *Heidelberg, Physica*, pp. 279-96.
Donou-Adonsou, F., Lim S. and M.A. Math (2016). "Technological Progress and Economic Growth in Sub-Saharan Africa: Evidence from Telecommunications Infrastructure", *International Advances in Economic Research*, Vol. 22, No. 1, pp.65-75.
Festré A. and E. Nasica (2009). "Schumpeter on Money banking and Finance: An Institutionalist Perspective". *European Journal of the History of Economic Thought, Taylor & Francis (Routledge).* Vol. 16, No. 2, pp.325-356.
Garcia-Macia D. (2017). "The Financing of Ideas and the Great Deviation". *International Monetary Fund.*
Gordon R.J. (1993). "The Concept of Capital: Reply, Review of Income and Wealth", *International Association for Research in Income and Wealth*, Vol. 39, No. 1, pp. 10-103.
Gordon R.J. (2010). "Revisiting us Productivity Growth over the Past Century with a view of the Future". *National Bureau of Economic Research.*
Grossman G. and E. Helpman (1991). "Innovation and Growth in the Global Economy", *Cambridg, MIT Press.*
Guellec D. and Van Pottelsberghe de la Potterie B. (2001). "R&D and Productivity Growth: Panel Data Analysis of 16 OECD Countries", *OECD Economic Studies*, Vol.33, pp.103-26.
Guerron-Quintana P.A. and R. Jinnai (2019). "Liquidity Trends and the Great Recession". *Quantitative Economics*,Vol. 10, No. 2, pp. 735-774.

Hall B. and J. Mairesse (1995). "Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms", *Journal of Econometrics*, Vol. 65, pp.263-93.
King R. and C. Plosser (1984). "Money Credit, and Prices in a real Business Cycle", *the American economic review*, Vol. 74, pp. 363-380.
Lichtenberg F.R. and D. Siegel (1991). "The Impact of R&D Investment on Productivity: New Evidence Using Linked R&D-LRD Data", *Economic Inquiry*, Vol. XXIX, pp. 203-28.
Lucas R.E. (1988). "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, Vol. 22, pp. 3–42.
McLeay M., Radia A. and R. Thomas (2014). "Money Creation in the Modern Economy". *Bank of England Quarterly Bulletin*.
Mankiw N. Gregory and Ricardo Reis (2002). "Sticky information versus sticky prices: A proposal to replace the new Keynesian Phillips curve". *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 117, No. 4, pp.1295-1328.
Nemet G.F. (2009). "Demand Pull, Technology Push and Government-Led Incentives for Non-Incremental Technical Change", *Research Policy*, Vol. 38, No. 5, pp.700-709.
Palley T. (2014). "Money Fiscal Policy and Interest Rates: a Critique of Modern Monetary Theory", *Review of Political Economy*, Vol. 27, No. 1, pp. 1–23.
Papademos L. (2003). "Economic Cycles and Monetary Policy", *International Symposium of the Banque de France*, Paris, pp. 293-311.
Rajan R. and L. Zingales (1998). "Financial Dependence and Growth", *American Economic Growth*,Vol. 88, pp. 559-86.
Romer P.M. (1986). "Increasing Returns and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, Vol. 94, pp.1002-1037.
Romer P.M. (1990). "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy*, Vol. 98, pp. 71-102.
Rosenberg N. and C. Frischtak (1994). "Technological Innovation and Long Waves". In Exploring the Black Box: Technology, Economics, and History. Cambridge, UK: Cambridge University Press, pp. 62–84.
Roubini N. and X. Sala-i-Martin (1991). "Financial Repression and Economic Growth", *Journal of Development Economics*, Vol. 39, pp. 5-30.
Rousseau P.L. (2003). "Historical perspectives on Financial Development and Economic Growth", Review, Federal Reserve Bank of St. Louis, issue Jul, pp.81-106.
Schumpeter J.A. (1934). "The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle". Cambridge (Mass.): Harvard University Press.
Solow R. (1957). "Technical Change and Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, pp.312-320.
Swedberg R. (2007). "Rebuilding Schumpeter's Theory of Entrepreneurship", *Conference on Marshall, Schumpeter and Social Science*, Hitotsubashi University.
Tcherneva P.L. (2008). "Keynes's Approach to Full Employment", *Levy Economics Institute*, Annandale-on-Hudson.
Woodruff J. (2019). "Factors Affecting Economic Development and Growth", *smallbussiness.chron*, February 12.