Journal of Iranian Economic Issues, Institute for Humanities and Cultural Studies (IHCS)
Biannual Journal, Vol. 9, No. 1, Spring and Summer 2022, 49-88
Doi: 10.30465/ce.2021.36053.1649

Modeling the Effects of Oil Price and it's Production Technology Shocks on Iran's Macroeconomic Variables: DSGE Approach

Hossein Tavakolian*

Teimor Mohammadi, Younes Khodaparast*****

Abstract

The Key Role of the Oil Industry in the Iranian Economy Has Caused the Shocks in This Industry to Affect the Entire Economy. In this Study, We have investigated the Effects of Oil Price and Production Technology Shocks on Macroeconomic Variables by Designing a Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) Model. This Model Includes the Household, Firm, Oil, National Development Fund, Government, and Foreign Sectors and the Data of the Years 1352-1396 have been used to Estimate the Parameters. The Results have shown that Oil Price and Technological Shocks have a Positive and Significant Effect on Oil Investment, Employment, Consumption, Government Expenditure, and a Negative Effect on non-oil Investment and GDP. According to Negative Consequence of Oil Price and Technological Shocks on Macroeconomic Situation, Oil Revenue Weaken non-oil Sector. Contrary to Technological Sock, Oil Price Shock has a Negative Impact on Oil Production and Export. The Macroeconomics Mechanism explains that at First Steps Inflation Would Stable Due to the Inflow of Oil Revenues and Increased Imports but then it will Increase Due to High Liquidity.

Keywords: DSGE Model, Oil Industry, Technology Shock, Oil Price Shock, Macroeconomic Variables.

JEL Classification: O13, Q31, Q43.

* Associate Professor of Economics, Faculty of Economics, University of Allameh Tabatabaee, hossein.tavakolian@atu.ac.ir

** Associate Professor of Economics, Faculty of Economics, University of Allameh Tabatabaee, atmahmadi@gmail.com

*** Ph.D. in Oil and Gas Economics, Faculty of Economics, University of Allameh Tabatabaee, (Corresponding Author), u.khodaparast@gmail.com.

Date received: 2021/04/25, Date of acceptance: 2021/10/26

بررسی مسائل اقتصاد ایران، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
دوفصل‌نامهٔ علمی (مقالهٔ پژوهشی)، سال ۹، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱

مدل‌سازی تأثیرات تکانه‌های قیمت نفت و ارتقای تکنولوژی تولید آن در متغیرهای کلان اقتصادی ایران: رویکرد DSGE

حسین توکلیان*

تیمور محمدی، یونس خداپرست*****

چکیده

نقش و جایگاه کلیدی صنعت نفت در اقتصاد ایران موجب شده است که تکانه‌های وارد بر این صنعت در کل اقتصاد تأثیرگذار باشند. ازاین‌رو، در مطالعهٔ حاضر سعی شده است که با طراحی مدل تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE) تأثیرات تکانه‌های قیمت و تکنولوژی تولید نفت در متغیرهای کلان اقتصادی بررسی شوند. این مدل شامل بخش خانوار، بنگاه، نفت، صندوق توسعهٔ ملی، دولت، و بخش خارجی است و برای برآورد پارامترها از داده‌های سال‌های ۱۳۵۲–۱۳۹۶ استفاده شده است. طبق نتایج، هر دو تکانه تأثیر مثبت و معنی‌داری در سرمایه‌گذاری نفتی، اشتغال، مخارج دولت، و مصرف داشته‌اند و درمقابل سرمایه‌گذاری و GDP غیرنفتی را کاهش داده‌اند. بنابراین، می‌توان گفت، درآمدهای نفتی حاصل از این دو تکانه نه‌فقط درجهت تقویت بخش غیرنفتی نبوده، بلکه موجب تضعیف آن شده است. در این بین، تأثیر تکانهٔ قیمت نفت در تولید و صادرات نفت منفی است، حال آن‌که تکانهٔ تکنولوژی در این متغیرها تأثیر مثبت داشته است. در زمینهٔ تأثیرگذاری این تکانه‌ها در تورم نیز باید گفت که ابتدا به‌دلیل ورود درآمدهای نفتی و افزایش واردات تورم کنترل شد، اما درادامه به‌دلیل رشد حجم پول نرخ تورم افزایش یافته است.

* دانشیار دانشکدهٔ اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، hossein.tavakolian@atu.ac.ir

** دانشیار دانشکدهٔ اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، atmahmadi@gmail.com

*** دکترای اقتصاد نفت و گاز، دانشکدهٔ اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی (نویسندهٔ مسئول)
u.khodaparast@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۴

کلیدواژه‌ها: مدل DSGE، صنعت نفت، تکانهٔ تکنولوژی، تکانهٔ قیمت نفت، متغیرهای کلان اقتصادی.

طبقه‌بندی JEL: O13، Q31، Q43.

۱. مقدمه

بخش نفت هم از حیث جایگاه آن در تولید ناخالص داخلی کشور و هم به‌لحاظ سهم درآمدهای ارزی اهمیت زیادی در اقتصاد ایران دارد (اصغرپور و برادران خانیان ۱۳۹۷: ۲) و از بخش‌های کلیدی اقتصاد و دارای ظرفیت‌های بالایی در خلق ارزش‌افزوده و تسریع رشد اقتصادی است. براساس آمارهای بانک مرکزی، در سال ۱۳۹۸ حدوداً ۱۴/۴ درصد از تولید ناخالص داخلی و ۴۸/۸ درصد از کل درآمدهای صادراتی کشور به بخش نفت مربوط بوده است. البته این میزان فقط وابستگی مستقیم بوده و بخش عمده‌ای از درآمدهای غیرنفتی دولت نیز به درآمدهای نفتی وابسته است. این آمار و ارقام همگی نشان‌دهندهٔ نقش بسیار مهم صنعت نفت در اقتصاد ایران است. ازاین‌رو، توجه به عواملی که صنعت نفت و به‌تبع آن درآمدهای نفتی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، حائز اهمیت فراوان است. این عوامل طیف گسترده‌ای دارند که تکانه‌های قیمت نفت از جملهٔ مهم‌ترین آن‌هاست.

مطابق آن‌چه بیان شد، شاید بتوان مهم‌ترین تأثیر تکانه‌های قیمت نفت در کشورهای صادرکننده مانند ایران را بی‌ثباتی درآمد ناشی از نوسانات قیمت نفت دانست که امکان برنامه‌ریزی مستمر و پایدار را برای دولت‌ها منتفی می‌کند و موجب می‌شود که در زمان وفور منابع پروژه‌های نسنجیده شروع شود. این موضوع در ضایع‌شدن منابع تأثیر به‌سزایی دارد و به‌سهم خود موجب اختلال در نظام اقتصادی و درنتیجه کاهش رشد اقتصادی می‌شود (عباسیان و دیگران ۱۳۹۶: ۵۴). علاوه‌براین، تکانه‌های قیمت نفت با تغییر درآمدهای ارزی سایر متغیرهای کلان اقتصادی مانند سطح مصرف و خدمات رفاهی، هزینه‌های جاری و عمرانی دولت، و سطح نقدینگی و به‌تبع آن تورم را متأثر می‌کند. ضمن این‌که، به‌دلیل ارتباط گستردهٔ صنعت نفت با سایر بخش‌های اقتصادی، تغییر سطح فعالیت‌های اقتصادی ناشی از تکانه‌های قیمت نفت درآمد مالیاتی دولت را نیز تحت‌تأثیر قرار می‌دهد.

از دیگر مؤلفه‌های تأثیرگذار در صنعت نفت و وضعیت کلان اقتصادی کشورهای صادرکنندهٔ نفت ارتقای سطح تکنولوژی در این صنعت است. ارتقای تکنولوژی موجب افزایش بهره‌وری عوامل تولید می‌شود که باتوجه‌به این‌که برخی عوامل تولید نظیر کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای در بخش غیرنفتی تولید می‌شوند، تأثیر تکانهٔ تکنولوژی فقط به بخش نفت محدود نخواهد بود. هم‌چنین، با ارتقای تکنولوژی می‌توان انتظار داشت که میزان استخراج از میادین کشور افزایش یابد که این موضوع از کانال درآمدی در متغیرهای اقتصادی تأثیرگذار خواهد بود. تکانهٔ تکنولوژی به‌دلیل اثر جای‌گزینی (مثبت) و اثر درآمدی (منفی) می‌تواند اشتغال کل را تغییر دهد که تأثیر کل آن به برآیند دو اثر جای‌گزینی و اثر درآمدی بستگی دارد.

باتوجه‌به نقش بسیار مهم تکانه‌های قیمت نفت و تکنولوژی تولید آن در صنعت نفت و متغیرهای کلان اقتصادی، در مطالعهٔ حاضر سعی می‌شود تأثیرگذاری این تکانه‌ها در متغیرهای اقتصادی ایران (تولید ناخالص داخلی، مصرف، اشتغال، مخارج دولت، سرمایه‌گذاری، تولید و صادرات نفت، درآمدهای دولت، حجم پول، و تورم) بررسی شود. دراین‌باره باید گفت، بسیاری از مطالعات تأثیر تکانهٔ قیمت نفت در اقتصاد ایران را تجزیه‌وتحلیل کرده‌اند، اما مطالعهٔ حاضر از دو جنبه از سایر مطالعات متمایز است و نوآوری دارد. نخست نحوهٔ مدل‌سازی بخش نفت است که در مطالعات انجام‌شده عمدتاً در قالب دو معادلهٔ اتورگرسیون مرتبهٔ اول برای قیمت و تولید نفت خلاصه و در مدل وارد شده است، اما در مطالعهٔ حاضر سعی می‌شود که با طراحی یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE) و مدل‌سازی جدیدی از بخش نفت برخی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تولید نفت هم‌چون حجم ذخایر اثبات‌شده، فعالیت‌های اکتشافی، سرمایه‌گذاری، و میزان استفاده از کالاهای واسطه‌ای داخلی و خارجی وارد مدل‌های DSGE شود. این امر می‌تواند نتایج تحقیق را واقعی‌تر کند. نوآوری دوم مقاله این است که به‌دلیل مدل‌سازی جدید بخش نفت امکان بررسی تأثیرات تکانه‌های تکنولوژی تولید در متغیرهای کلان اقتصادی نیز فراهم می‌شود که این موضوع در سایر مطالعات مغفول مانده است. در این زمینه، در ادامهٔ این مطالعه ابتدا ادبیات نظری و تجربی مرتبط با موضوع تحقیق بیان می‌شود، سپس مدل DSGE، که برای این منظور طراحی شده است، به‌تفصیل تشریح می‌شود. در بخش چهارم این مطالعه نتایج برآورد مدل تجزیه‌وتحلیل شده است. بخش پایانی به جمع‌بندی و ارائهٔ راه‌کار اختصاص می‌یابد.

۲. ادبیات نظری و تجربی

۱.۲ تکانهٔ قیمت نفت و متغیرهای کلان اقتصادی

از مهم‌ترین تأثیرات تکانهٔ قیمت نفت تأثیر این تکانه در نرخ ارز است که حبیب و دیگران (Habib et al. 2016: 446) آن را از سه کانال مستقیم رابطهٔ مبادله، تأثیر ثروت، و تخصیص مجدد سبد دارایی تشریح کرده‌اند. براساس رابطهٔ مبادله، اگر بخش غیرقابل‌مبادلهٔ کشور اول انرژی‌بری بیش‌تری در مقایسه با بخش درخور مبادله داشته باشد، قیمت محصولات غیرقابل‌مبادله در این کشور در مقایسه با کشور دوم افزایش می‌یابد. این موضوع موجب می‌شود، باتوجه‌به ثابت‌بودن قیمت کالاهای درخورمبادله به‌دلیل تجارت، تورم کشور اول در مقایسه با کشور دوم بیش‌تر شود و به‌تبع آن ارزش پول کشور اول در مقایسه با کشور دوم رشد یابد (Chen and Chen 2007: 399). ایدهٔ کانال ثروت این است که به‌دنبال افزایش قیمت نفت، ثروت (برحسب دلار) به کشورهای صادرکنندهٔ نفت منتقل خواهد شد و این موضوع منعکس‌کنندهٔ بهبود صادرات و تراز تجاری برحسب پول داخلی است. به همین دلیل، انتظار می‌رود با افزایش قیمت نفت ارزش پول کشورهای صادرکنندهٔ نفت افزایش و ارزش پول کشورهای واردکننده کاهش یابد (Beckmann et al. 2017: 10). هم‌چنین، براساس کانال سبد دارایی، تأثیرات قیمت نفت در دلار آمریکا در مقایسه با پول رایج کشورهای صادرکنندهٔ نفت به دو عامل الف) وابستگی ایالات متحده به واردات نفت در مقایسه با سهم صادرات ایالات متحده به کشورهای تولیدکنندهٔ نفت و ب) ترجیحات نسبی صادرات نفت به دارایی‌های دلاری آمریکا بستگی دارد. انتظار می‌رود اگر میزان وابستگی آمریکا به واردات نفت زیاد باشد و کشورهای صادرکنندهٔ نفت به خرید دارایی‌های دلاری تمایل نداشته باشند، نرخ ارز مؤثر کشورهای صادرکنندهٔ نفت افزایش یابد.

تکانه‌های قیمت نفت می‌توانند تورم کشورهای صادرکنندهٔ نفت را متأثر کنند. براساس مطالعهٔ سالیسو و دیگران (Salisu et al. 2017)، افزایش ناگهانی درآمدهای ناشی از تکانهٔ قیمت نفت موجب بهبود وضعیت تراز پرداخت‌ها، کاهش نرخ ارز، و به‌دنبال آن نرخ تورم می‌شود. هم‌چنین، تغییرات نرخ ارز ناشی از تکانه‌های قیمت نفت در میزان بی‌کاری کشورهای نفتی تأثیرگذار است. برای مثال، باتوجه‌به افزایش ارزش پول ملی ناشی از شوک مثبت نفتی، قیمت کالای صادراتی در مقاصد صادراتی افزایش یافته است، درنتیجه تولید و تقاضای نیروی کار در بنگاه‌های وابسته به بازار صادرات کاهش می‌یابد. ازسوی‌دیگر،

افزایش ارزش پول ملی ارزش صادرات از کشورهای دیگر را کاهش می‌دهد، درنتیجه به کاهش شاخص قیمت در بازار داخلی و کاهش تقاضای نیروی کار در بازار داخلی منجر می‌شود (Dai and Xu 2017: 55).

ازسوی‌دیگر، تکانهٔ قیمت نفت با تغییر درآمدهای ارزی می‌تواند سطح مصرف و خدمات رفاهی کشورهای صادرکننده را تغییر دهد. هم‌چنین، تکانهٔ نفت با تغییر رشد اقتصادی کشورهای صادرکنندهٔ نفت درآمد مالیاتی دولت را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. ضمن این‌که، در این کشورها درآمدهای نفتی از مهم‌ترین منابع درآمدی دولت است که تکانه‌های قیمت نفت می‌توانند این درآمدها و به‌تبع آن هزینه‌های جاری و عمرانی دولت را متأثر کنند. علاوه‌براین، درآمدهای نفتی باعث افزایش ذخایر خارجی بانک مرکزی می‌شوند و خالص دارایی‌های خارجی بانک مرکزی را افزایش می‌دهند که به افزایش حجم نقدینگی در اقتصاد منجر می‌شود و این وضعیت مانند سیاست پولی انبساطی عمل می‌کند (Kamps and Beck 2009: 7).

باتوجه‌به تنوع کانال‌های تأثیرگذاری تکانهٔ قیمت نفت در متغیرهای کلان اقتصادی، مطالعات زیادی این تأثیرگذاری را بررسی کرده‌اند. الادونی (Oladunni 2020) با طراحی یک مدل DSGE برای نیجریه، تأثیر تکانه‌های قیمت نفت در متغیرهای کلان اقتصادی را بررسی کرده و دریافته است که با وقوع شوک مثبت قیمت نفت، میزان اشتغال، مصرف، صادرات نفت، تورم، و نرخ ارز افزایش و درمقابل تولید داخلی کاهش می‌یابد. مختارف و دیگران (Mukhtarov et al. 2019) تأثیرات تکانهٔ نفتی در متغیرهای اقتصادی آذربایجان را بررسی کردند و دریافتند که تکانهٔ قیمت نفت تأثیر مثبت و معناداری در رشد اقتصادی، صادرات، و تورم و تأثیر منفی در نرخ ارز دارد. برقولت و لارسن (Bergholt and Larsen 2016) با طراحی یک مدل DSGE، تأثیرات تکانه‌های قیمتی نفت در اقتصاد نروژ را بررسی کردند و دریافتند که شوک‌های متعارف در بازار نفت تقریباً ۱۰ درصد از چرخهٔ تجارت نروژ را توضیح می‌دهند و درمقابل بخش زیادی از تأثیرات سرریز از بخش غیرنفتی، مانند نوآوری در کارآیی سرمایه‌گذاری بین‌المللی، نشئت می‌گیرد.

در مطالعات داخلی، کیانی و دیگران (۱۳۹۸) با استفاده از یک مدل DSGE تأثیرات متفاوت ناشی از تکانه‌های نفتی با منشأهای مختلف در کشورهای صادرکننده و واردکنندهٔ نفت را تحلیل کرده‌اند. ایشان دریافتند که تکانه با منشأ عرضهٔ نفت ایران باعث کاهش تولید، تراز تجاری غیرنفتی، اشتغال، تورم، و مصرف کشور می‌شود، درحالی که تکانه با

منشأ طرف تقاضا از طریق افزایش درآمد نفتی باعث افزایش تولید، تراز تجاری غیرنفتی، اشتغال، مصرف، و تورم می‌شود. نادمی و کالمرزی (۱۳۹۷) با طراحی مدل DSGE تأثیرات تکانه‌های قیمت نفت و هم‌چنین شدت تحریم‌ها در نرخ بی‌کاری ایران را بررسی کردند و دریافتند که تکانهٔ مثبت قیمت نفت موجب کاهش بی‌کاری می‌شود و درمقابل شوک منفی قیمت نرخ بی‌کاری را افزایش می‌دهد. دمیری و دیگران (۱۳۹۶) در مطالعهٔ خود به این نتیجه رسیدند که تأثیر مستقیم تکانهٔ نفتی در تراز تجاری ایران مثبت، اما تأثیر غیرمستقیم آن منفی است. درنهایت تأثیر مستقیم در تأثیر غیرمستقیم غلبه می‌کند و تکانهٔ نفتی مثبت سبب بهبود نسبت تراز تجاری کل به تولید ناخالص داخلی، کاهش نسبت تراز تجاری غیرنفتی به تولید ناخالص داخلی و افزایش تولید، سرمایه‌گذاری، و تورم می‌شود. التجائی و ارباب افضلی (۱۳۹۳) تأثیرات نامتقارن تکانه‌های قیمت نفت در متغیرهای کلان اقتصاد ایران را بررسی کردند و دریافتند که تأثیرات تکانه‌های منفی در کاهش رشد اقتصادی بیش‌تر از تأثیرات تکانه‌های مثبت به‌صورت افزایش رشد اقتصادی بوده است. هم‌چنین، نرخ تورم و نرخ رشد مخارج جاری دولت در پاسخ به تکانه‌های مثبت و منفی رفتار کاملاً نامتقارن از خود نشان می‌دهند.

۲.۲ تکانهٔ تکنولوژی تولید نفت و متغیرهای کلان اقتصادی

علاوه‌بر تکانهٔ قیمت نفت، تکانهٔ ارتقای تکنولوژی تولید نفت نیز می‌تواند متغیرهای کلان اقتصادی کشورهای صادرکننده را متأثر کند. از کانال‌های تأثیرگذاری تکانه‌های تکنولوژی افزایش بهره‌وری عوامل تولید نفت است. سرمایه، نیروی کار، و کالاهای واسطه‌ای (تجهیزات موردنیاز برای تولید نفت) از جملهٔ مهم‌ترین نهاده‌ها در فرایند تولید نفت‌اند و بسیاری از آن‌ها در بخش غیرنفتی اقتصاد تولید می‌شوند. ازاین‌رو، تغییر در بهره‌وری این نهاده‌ها ناشی از تکانهٔ تکنولوژی می‌تواند تولید آن‌ها و به‌تبع آن تولید ناخالص داخلی غیرنفتی را متأثر کند. هم‌چنین، ارتقای تکنولوژی می‌تواند با تغییر فرایندهای تولید و به‌کارگیری تجهیزات پیشرفته میزان تولید نفت را افزایش و هزینه‌های تولید را کاهش دهد. برای مثال، استفاده از روش‌های نوین ازدیاد برداشت می‌تواند ضریب بازیافت نفت را افزایش دهد که این امر موجب افزایش میزان برداشت نفت از میادین می‌شود.

مسلماً تغییر در میزان تولید نفت ناشی از تکانهٔ تکنولوژی از طریق افزایش امکان صادرات نفت و کسب درآمدهای ارزی درآمدهای دولت را افزایش می‌دهد. این موضوع

دست دولت را برای افزایش هزینه‌های عمرانی باز می‌کند و به‌تبع آن هزینه‌های نهایی تولید کاهش می‌یابد. این کانال از مهم‌ترین کانال‌های تأثیرگذاری تکانهٔ تکنولوژی در بخش غیرنفتی است. تأثیر تکانهٔ تکنولوژی در اشتغال مبهم است. اگر با ورود درآمدهای نفتی ناشی از تکانهٔ تکنولوژی درآمدهای خانوار افزایش یابد، ممکن است خانوار ساعات کاری خود را کاهش دهند. ازسوی‌دیگر، به‌دلیل افزایش تولید نفت ناشی از تکانهٔ تکنولوژی نیاز به نیروی کار در بخش نفت افزایش می‌یابد. تأثیر نهایی تکانهٔ تکنولوژی در اشتغال به برآیند این دو تأثیر بستگی دارد. تأثیرگذاری تکانهٔ تکنولوژی در تورم کشورهای صادرکنندهٔ نفت نیز مبهم است. ازیک‌طرف، با افزایش تولید و صادرات نفت ناشی از این شوک ورود درآمدهای ارزی به کشور افزایش می‌یابد و این موضوع می‌تواند میزان نقدینگی جامعه و به‌دنبال آن تورم را افزایش دهد. بااین‌حال، تأثیرگذاری منفی در تورم نیز قابل‌تصور است؛ زیرا همان‌طورکه بیان شد با افزایش درآمدهای دولت و میزان سرمایه‌گذاری‌های دولتی، هزینهٔ نهایی تولید کاهش می‌یابد که این امر زمینهٔ کاهش تورم را فراهم می‌کند.

ازآن‌جاکه اکثر کشورهای تولیدکنندهٔ نفت از تکنولوژی‌های پایین استفاده می‌کنند، از اقدامات این کشورها برای دست‌رسی به فناوری‌های به‌روز انعقاد قراردادهای نفتی با شرکت‌های بین‌المللی است. در ایران نیز، که قراردادهای نفتی از نوع خدماتی محسوب می‌شوند، همواره تأکید بر انتقال فناوری موردتوجه جدید قانون‌گذار بوده است. برای مثال، در قراردادهای جدید نفتی (IPC) از چالش‌برانگیزترین پیوست‌ها انتقال فناوری بوده است که نگارندگان این قرارداد یکی از مزیت‌های قراردادهای جدید در مقایسه با قراردادهای قبلی را قابلیت این قراردادها در ارتقای فناوری در صنعت نفت می‌دانند.

بررسی مطالعات خارجی و داخلی در زمینهٔ تأثیرگذاری تکانه‌های تکنولوژی در متغیرهای اقتصادی نشان می‌دهد که در این زمینه مطالعات زیادی انجام نشده است. دراین‌باره، زبیر (Zubair 2019) با طراحی یک مدل DSGE برای نیجریه تأثیرات تکانهٔ تکنولوژی در متغیرهای اقتصادی را بررسی کرد و دریافت که تکانهٔ مثبت بهره‌وری در بخش نفت مصرف، سرمایه‌گذاری حقیقی، تولید نفت، تولید کل، و اشتغال را افزایش و تورم، نرخ ارز، و تولید بخش غیرنفتی را کاهش می‌دهد. مطالعهٔ تبرایی (Tabarraei 2018) برای گروهی از کشورهای صادرکنندهٔ نفت نشان می‌دهد که تکانهٔ تکنولوژی در بخش نفت در تولید ناخالص داخلی، مصرف، و اشتغال تأثیر مثبت دارد و درمقابل تورم، انباشت سرمایه، و هزینه‌های دولت کاهش می‌یابد. بالکی و بورن (Balke and Brown 2018)، با

طراحی یک مدل DSGE، تأثیرات تکانه‌های بهره‌وری در تولید نفت آمریکا در متغیرهای کلان را بررسی کردند و دریافتند که تکانهٔ مثبت موجب افزایش GDP، اشتغال، و تولید نفت و کاهش قیمت و واردات نفت آمریکا شده است.

در مطالعات داخلی، کمی‌سازی تأثیرات تکانهٔ تکنولوژی در بخش نفت چندان مطرح نیست و بیش‌تر بر تحلیل‌های کیفی تأکید شده است. برای مثال، امیرقدوسی و دیگران (۱۳۹۵) آسیب‌شناسی عدم توفیق توسعهٔ تکنولوژیک صنعت نفت ایران را بررسی و باتوجه‌به موضوعاتی هم‌چون سیاست‌گذاری‌های دولت در ایجاد سازوکارهای نهادی مؤثر در صنعت نفت، ایجاد ظرفیت‌های جذب تکنولوژی، و ایجاد دانش از سوی شرکت‌های پیمان‌کار نفتی پیش‌نهادهایی را برای توسعهٔ تکنولوژیک صنعت نفت در ایران ارائه کرده‌اند. درخشان و تکلیف (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای با عنوان «انتقال و توسعهٔ فناوری در بخش بالادستی صنعت نفت ایران» الزامات، چالش‌ها، و راه‌کارهای این موضوع را بیان کردند و دریافتند که اتکا بر سرمایه‌گذاری‌های خارجی در چهارچوب قراردادهای نفتی با شرکت‌های بین‌المللی راه‌کار مناسبی برای انتقال و توسعهٔ تکنولوژی در صنعت نفت نیست، مگر این‌که اولاً رشد دانش‌بنیان و دانش عملیاتی مرتبط با صنعت نفت کشور زمینه‌های مناسبی را برای جذب فناوری فراهم کرده باشد و ثانیاً حضور فعال نهادهای تنظیم‌گر با اهداف نظارت، مدیریت، و بهبود کارآیی در بازار فناوری توانسته باشد زمینه‌های مناسبی را فراهم آورد که بتوان از ظرفیت‌های جذب به‌نحو مؤثری بهره‌برداری کرد.

۳. مدل تعادل عمومی پویای تصادفی

۱.۳ خانوار

در چهارچوب مدل، به‌پیروی‌از ژائو و دیگران (Zhao et al. 2016: 105) و خیابانی و امیری (۱۳۹۳: ۱۴۲)، بخش خانوار مطلوبیت تنزیل‌شدهٔ انتظاری بین‌دوره‌ای خود را با فرایند زیر حداکثر می‌کند:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\frac{1}{1-\eta_c} (C_t)^{1-\eta_c} + \frac{1}{1-\eta_m} \left(\frac{M_t}{P_t} \right)^{1-\eta_m} - \frac{\xi_t}{1+\eta_l} (l_t)^{1-\eta_l} \right] \qquad (۱)$$

به‌گونه‌ای که E_0 عملگر انتظارات، C_t مصرف خصوصی، $\frac{M_t}{P_t}$ ماندهٔ حقیقی پول، l_t سطح اشتغال نیروی کار، و β عامل تنزیل زمان است. در این رابطه، $\frac{1}{\eta_c}$ کشش جانشینی

بین‌دوره‌ای مصرف، $\frac{1}{\eta_m}$ کشش تقاضا برای ماندهٔ حقیقی پول، $\frac{1}{\eta_l}$ کشش عرضهٔ نیروی کـار، و ξ_t شوک عرضهٔ نیروی کار است که از یک فرایند اتورگرسیون درجهٔ یک تبعیـت مـی‌کنـد. مصرف خصوصی (C_t) شامل کالاهای غیرنفتی ($C_{NO,t}$) و نفـت ($C_{O,t}$) بـوده و بـه‌تبعیـت‌از هوو و دیگران (Hou et al. 2016: 23) رابطهٔ آن به‌صورت زیر است:

$$C_t = \left[\gamma_1^{\frac{1}{\chi_1}} \left(C_{NO,t}\right)^{\frac{\chi_1-1}{\chi_1}} + (1-\gamma_1)^{\frac{1}{\chi_1}} \left(Z_{1,t}C_{O,t}\right)^{\frac{\chi_1-1}{\chi_1}}\right]^{\frac{\chi_1}{\chi_1-1}} \quad (۲)$$

در این رابطه، γ_1 سهم کالاهای غیرنفتی از کل مصرف و χ_1 کشش جانشینی بـین‌دوره‌ای مصرف میان کالاهای غیرنفتی و نفت است که هرچه‌قدر بزرگ‌تـر باشـد، کشـش جانشـینی میان این دو نوع کالا بیش‌تر خواهد بود. $Z_{1,t}$ شـوک بهـره‌وری مصـرف نفـت خانوارهـا را نشان می‌دهد که از رابطهٔ ۳ به‌دست می‌آید.

$$Ln(Z_{1,t}) = \rho_{Z_1} Ln(Z_{1,t-1}) + \varepsilon_{Z_1,t} \qquad \varepsilon_{Z_1,t} \sim N(0, \sigma_{Z_1}^2) \quad (۳)$$

قید هزینهٔ خانوار برای کالاهای غیرنفتی و نفت به‌صورت رابطهٔ ۴ خواهد بـود کـه در آن $P_{NO,t}$ شاخص قیمت کالاهای غیرنفتی و $P_{O,t}$ شاخص قیمت کالاهای نفتی است.

$$P_{NO,t}C_{NO,t} + P_{O,t}C_{O,t} = P_tC_t \quad (۴)$$

به‌منظور تعیین سطح بهینهٔ تقاضای خانوار برای کالاهای غیرنفتی و کالاهای نفتی، با حداقل‌سازی مخارج مصرفی (رابطهٔ ۴) نسبت به قیـد رابطـهٔ ۲، مـی‌تـوان سـطح بهینـهٔ مصرف کالاهای غیرنفتی و نفت و هم‌چنـین شـاخص قیمـت کـل را بـه‌صـورت زیـر به‌دست آورد.

$$C_{NO,t} = \gamma_1 \left(\frac{P_{NO,t}}{P_t}\right)^{-\chi_1} C_t \quad (۵)$$

$$C_{O,t} = (1-\gamma_1) \left(\frac{P_{O,t}}{P_t}\right)^{-\chi_1} C_t \quad (۶)$$

$$P_t = \left[\gamma_1 \left(P_{NO,t}\right)^{1-\chi_1} + (1-\gamma_1) \left(P_{O,t}\right)^{1-\chi_1}\right]^{\frac{1}{1-\chi_1}} \quad (۷)$$

ازسوی‌دیگر، قید بودجهٔ واقعی خانوار به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

$$C_t + \Omega_{I,t}I_{NO,t} + m_t + b_t + t_t = w_tL_t + r_t^kK_{NO,t-1} + \frac{m_{t-1}}{\pi_t} + (1+r_{t-1}^B)\frac{b_{t-1}}{\pi_t} + div_t \quad (۸)$$

که w_t نرخ دست‌مزد حقیقی، r_t^k نرخ بازده حقیقی سرمایه، r_{t-1}^B نرخ بازدهی اوراق قرضهٔ داخلی، $\pi_t = \frac{P_t}{P_{t-1}}$ نرخ تورم، $\Omega_{I,t} = \frac{P_{I,t}}{P_t}$ قیمت نسبی سرمایه، $m_t = \frac{M_t}{P_t}$ ماندهٔ حقیقی پول، $b_t = \frac{B_t}{P_t}$ مقدار حقیقی اوراق قرضه، $I_{NO,t}$ سرمایهٔ ناخالص، div_t سود حقیقی توزیع‌شدهٔ بنگاه برای خانوار، و t_t خالص مالیات‌هاست.

رابطهٔ انباشت سرمایه، که ارتباط میان سرمایه‌گذاری و انباشت سرمایه را نشان می‌دهد و به‌منزلهٔ دومین قید خانوارها مطرح است، همانند مطالعهٔ خان و تسوکالاس (Khan and Tsoukalas 2011: 119) به‌صورت زیر فرض شده است.

$$K_{NO,t} = (1-\delta_1)K_{NO,t-1} + \left[1 - S\left(\frac{\varepsilon_{NO,t}^I I_{NO,t}}{I_{NO,t-1}}\right)\right] I_{NO,t} \qquad (۹)$$

در این رابطه، δ نرخ استهلاک، ε_t^I تکانهٔ سرمایه‌گذاری، و $S(\frac{\varepsilon_{NO,t}^I I_{NO,t}}{I_{NO,t-1}})$ تابع هزینهٔ تعدیل سرمایه‌گذاری است. هم‌چنین، فرض می‌شود که تکانهٔ سرمایه‌گذاری از فرایند اتورگرسیون مرتبهٔ اول تبعیت می‌کند.

هدف خانوارها یافتن مسیرهای بهینه برای مصرف، سرمایه‌گذاری، حجم سرمایه، عرضهٔ نیروی کار، تراز حقیقی پول، و اوراق قرضه است، به‌نحوی‌که تابع مطلوبیت ۱ نسبت به قیود ۸ و ۹ حداکثر شود.

$$\mathcal{L} = \mathrm{E}_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ \left[\frac{1}{1-\eta_c}(C_t)^{1-\eta_c} + \frac{1}{1-\eta_m}\left(\frac{M_t}{P_t}\right)^{1-\eta_m} - \frac{\xi_t}{1+\eta_l}(l_t)^{1+\eta_l}\right] + \lambda_t \left(w_t L_t + r_t^k K_{NO,t-1} + \frac{m_{t-1}}{\pi_t} + (1+r_{t-1}^B)\frac{b_{t-1}}{\pi_t} + div_t - C_t - \Omega_{I,t} I_{NO,t} - m_t - b_t - t_t \right) + \mu_t \left[(1-\delta_1)K_{NO,t-1} + I_{NO,t}\left[1 - S(\frac{\varepsilon_{NO,t}^I I_t}{I_{t-1}})\right] - K_{NO,t}\right] \right\} \qquad (۱۰)$$

در رابطهٔ فوق، $\mathcal{L}$ تابع لاگرانژ، $\lambda_{1,t}$ ضریب لاگرانژ مرتبط با قید بودجه، و $\mu_{1,t}$ ضریب لاگرانژ مربوط به رابطهٔ انباشت سرمایه است. شروط مرتبهٔ اول باتوجه‌به معادلهٔ فوق به‌صورت زیر است:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_t} = 0 \implies C_t^{-\eta_c} - \lambda_t = 0 \quad \implies \quad \lambda_t = C_t^{-\eta_c} \qquad (۱۱)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial l_t} = 0 \implies -\beta^t \xi_t (l_t)^{-\eta_l} + \beta^t \lambda_t w_t = 0 \quad \implies \quad w_t = \frac{\xi_t (l_t)^{-\eta_l}}{C_t^{-\eta_c}} \qquad (۱۲)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial b_t} = 0 \implies -\beta^t \lambda_t + \mathrm{E}_t \beta^{t+1}(1+r_t^B)\frac{\lambda_{t+1}}{\pi_{t+1}} = 0 \implies \mathrm{E}_t \frac{\lambda_t}{\lambda_{t+1}} = \beta \mathrm{E}_t \frac{(1+r_t^B)}{\pi_{t+1}} \qquad (۱۳)$$

با جای‌گذاری رابطهٔ ۱۱ در رابطهٔ ۱۳، معادلهٔ اولر به‌صورت زیر حاصل می‌شود:

$$\mathrm{E}_t \frac{{C_t}^{-\eta_c}}{{C_{t+1}}^{-\eta_c}} = \beta \mathrm{E}_t \frac{(1+r_t^B)}{\pi_{t+1}} \qquad (۱۴)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial m_t} = 0 \implies (m_t)^{-\eta_m} = \lambda_t \left(1 - \beta \mathrm{E}_t \frac{\lambda}{\pi_{t+1}}\right)$$

باتوجه‌به این‌که $\frac{1}{(1+r_t^B)} = \beta E_t \frac{\lambda}{\pi_{t+1}}$، با جای‌گذاری آن در رابطهٔ فوق معادلهٔ تقاضای حقیقی پول به‌صورت زیر به‌دست می‌آید.

$$\Rightarrow (m_t)^{-\eta_m} = \left(\frac{r_t^B}{1+r_t^B}\right) {C_t}^{-\eta_c} \qquad (۱۵)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial I_t} = 0 \implies -\Omega_{I,t} + q_t \left\{1 - S\left(\frac{\varepsilon^I_{NO,t}\, I_{NO,t}}{I_{NO,t-1}}\right) - I_{NO,t}\, \frac{\varepsilon^I_{NO,t}}{I_{NO,t-1}} S'\left(\frac{\varepsilon^I_{NO,t}\, I_{NO,t}}{I_{NO,t-1}}\right)\right\} +$$
$$\beta \mathrm{E}_t \left\{q_{t+1} \varepsilon^I_{NO,t+1} \left(\frac{I_{NO,t+1}}{I_{NO,t}}\right)^2 S'\left(\frac{\varepsilon^I_{NO,t+1}\, I_{NO,t+1}}{I_{NO,t}}\right)\right\} = 0 \qquad (۱۶)$$

در این‌جا $q_t = \frac{\mu_{1,t}}{\lambda_{1,t}}$ همان نرخ نهایی توبین است که برابر با نسبت ارزش بازاری برحسب ارزش جای‌گزینی یا ارزش سرمایهٔ نصب‌شده برحسب هزینهٔ جای‌گزینی است.

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial K_{NO,t}} = 0 \implies \mathrm{E}_t[\beta^{t+1}\, \lambda_{t+1}\, r^k_{t+1}] - \beta^t \mu_t + \mathrm{E}_t[\beta^{t+1}\, \mu_{t+1}\, (1-\delta_1)] = 0$$
$$\Rightarrow q_t = \beta \mathrm{E}_t \left[\frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t}\; r^k_{t+1} + q_{t+1}\,(1-\delta)\right] \qquad (۱۷)$$

معادلهٔ ۱۷ نوعی قیمت‌گذاری برای سرمایه است که بیان می‌کند قیمت نسبی سرمایه برابر با بازدهی موردانتظاری است که در دورهٔ بعد خواهیم گرفت.

۱.۱.۳ مصرف و سرمایه‌گذاری داخلی و وارداتی

همانند مطالعهٔ گالی و موناسیلی (Gali and Monacelli 2005: 709) و اولادونی (Oladunni 2020: 8)، بخشی از کالاهای غیرنفتی مصرفی خانوار در داخل تولید و بخشی از طریق واردات تأمین می‌شود. رابطهٔ ۱۸ شاخص مصرف کالاهای غیرنفتی خانوار ($C_{NO,t}$) را به‌صورت ترکیبی از کالاهای غیرنفتی تولید داخل ($C^D_{NO,t}$) و کالاهای غیرنفتی وارداتی ($C^F_{NO,t}$) معرفی می‌کند.

$$C_{NO,t} = \left[\Upsilon_2^{\frac{1}{\chi_2}} \left(C^D_{NO,t}\right)^{\frac{\chi_2-1}{\chi_2}} + (1-\Upsilon_2)^{\frac{1}{\chi_2}} \left(C^F_{NO,t}\right)^{\frac{\chi_2-1}{\chi_2}}\right]^{\frac{\chi_2}{\chi_2-1}} \qquad (۱۸)$$

که γ_2 سهم کالاهای غیرنفتی داخلی در شاخص کالاهای غیرنفتی و χ_2 کشش بین‌دوره‌ای مصرف میان کالاهای غیرنفتی داخلی و وارداتی است. قید هزینهٔ خانوار برای کالاهای غیرنفتی تولید داخل و کالاهای غیرنفتی وارداتی به‌صورت زیر است:

$$P_{NO,t}^{D}\, C_{NO,t}^{D} + P_{NO,t}^{F}\, C_{NO,t}^{F} = P_{NO,t}\, C_{NO,t} \qquad (۱۹)$$

که در آن $P_{NO,t}^{D}$ قیمت کالاهای غیرنفتی داخلی و $P_{NO,t}^{F}$ قیمت کالاهای غیرنفتی وارداتی است. با حداقل‌سازی مخارج مصرف‌کننده نسبت به قید مصرف سطح مشخصی از مصرف کالاهای غیرنفتی، تقاضای بهینه برای کالاهای غیرنفتی داخلی و وارداتی، و شاخص قیمت کالاهای غیرنفتی به‌دست می‌آید.

$$C_{NO,t}^{D} = \gamma_2 \left(\frac{P_{NO,t}^{D}}{P_{NO,t}}\right)^{-\chi_2} C_{NO,t} \qquad (۲۰)$$

$$C_{NO,t}^{F} = (1-\gamma_2) \left(\frac{P_{NO,t}^{F}}{P_{NO,t}}\right)^{-\chi_2} C_{NO,t} \qquad (۲۱)$$

$$P_{NO,t} = \left[\alpha_2^{\frac{1}{\chi_2}} \left(P_{NO,t}^{D}\right)^{\frac{\chi_2-1}{\chi_2}} + (1-\alpha_2)^{\frac{1}{\chi_2}} \left(P_{NO,t}^{F}\right)^{\frac{\chi_2-1}{\chi_2}}\right]^{\frac{\chi_2}{\chi_2-1}} \qquad (۲۲)$$

دربارهٔ سرمایه‌گذاری خانوار نیز فرایندی مشابه با مصرف وجود دارد و فرض می‌شود که کل سرمایه‌گذاری‌ها به‌صورت ترکیبی از کالاهای سرمایه‌ای تولید داخل و وارداتی و به‌شکل زیر است:

$$I_{NO,t} = \left[\varpi_1^{\frac{1}{\gamma_1}} \left(I_{NO,t}^{D}\right)^{\frac{\gamma_1-1}{\gamma_1}} + (1-\varpi_1)^{\frac{1}{\gamma_1}} \left(I_{NO,t}^{F}\right)^{\frac{\gamma_1-1}{\gamma_1}}\right]^{\frac{\gamma_1}{\gamma_1-1}} \qquad (۲۳)$$

در این‌جا نیز $I_{NO,t}^{D}$ میزان کالای سرمایه‌ای داخلی و $I_{NO,t}^{F}$ کالای سرمایه‌ای وارداتی است. ϖ_1 نشان‌دهندهٔ سهم کالای سرمایه‌ای داخلی و γ_1 کشش جانشینی بین کالاهای سرمایه‌ای داخلی و وارداتی است. ازاین‌رو، قید هزینهٔ خانوار برای سرمایه‌گذاری به‌صورت زیر است که در آن $P_{NO,t}^{ID}$ و $P_{NO,t}^{IF}$ به‌ترتیب قیمت کالای سرمایه‌ای داخلی و وارداتی هستند.

$$P_{NO,t}^{ID}\, I_{NO,t}^{D} + P_{NO,t}^{IF}\, I_{NO,t}^{F} = P_{NO,t}^{I}\, I_{NO,t} \qquad (۲۴)$$

با حداقل‌سازی مخارج سرمایه‌گذاری نسبت به قید ۲۳، تقاضا برای کالای سرمایه‌ای داخلی و وارداتی و هم‌چنین شاخص قیمت سرمایه‌گذاری کل به‌صورت زیر حاصل می‌شود:

$$I_{NO,t}^{D} = \varpi_1 \left(\frac{P_{NO,t}^{ID}}{P_{NO,t}^{I}}\right)^{-\gamma_1} I_{NO,t} \qquad (۲۵)$$

$$I_{NO,t}^{F} = (1-\varpi_1) \left(\frac{P_{NO,t}^{IF}}{P_{NO,t}^{I}}\right)^{-\gamma_1} I_{NO,t} \qquad (۲۶)$$

$$P_{NO,t}^{I} = \left[\varpi_1^{\frac{1}{\gamma_1}} \left(P_{NO,t}^{ID}\right)^{\frac{\gamma_1-1}{\gamma_1}} + (1-\varpi_1)^{\frac{1}{\gamma_1}} \left(P_{NO,t}^{IF}\right)^{\frac{\gamma_1-1}{\gamma_1}}\right]^{\frac{\gamma_1}{\gamma_1-1}} \qquad (۲۷)$$

۲.۳ بنگاه‌های تولیدکنندهٔ غیرنفتی

۱.۲.۳ بنگاه تولیدکنندهٔ کالای واسطه‌ای

این بنگاه‌ها در موقعیت رقابت کامل فعالیت می‌کنند و به‌پیروی‌از مطالعهٔ بودنستررین و دیگران (Bodenstein et al. 2011: 171)، با ترکیب نهادهٔ نفت ($X_{O,t}$) و نهادهٔ ترکیبی (VA_t) در فرایند زیر به تولید کالاهای واسطه‌ای (y_t^{NO}) اقدام می‌کنند.

$$y_t^{NO}(i) = \left[(\Gamma_Y)^{\frac{1}{\varphi_1}} (VA_t)^{\frac{\varphi_1-1}{\varphi_1}} + (1-\Gamma_Y)^{\frac{1}{\varphi_1}} \left(Z_{2,t}X_{O,t}\right)^{\frac{\varphi_1-1}{\varphi_1}}\right]^{\frac{\varphi_1}{\varphi_1-1}} \qquad (۲۸)$$

در این رابطه، Γ_Y سهم نهادهٔ ترکیبی از تولید کالاهای غیرنفتی و φ_1 کشش جانشینی بین نهادهٔ ترکیبی و نهادهٔ نفت در تولید کالای غیرنفتی است. $Z_{2,t}$ نیز شوک بهره‌وری مصرف نفت در بخش تولید کالای واسطه‌ای است که به‌صورت رابطهٔ ۲۹ تعیین می‌شود. هم‌چنین، نهادهٔ ترکیبی از ترکیب نیروی کار و سرمایه، که به‌ترتیب با قیمت‌های w_t و r_t^k از خانوار دریافت می‌شود، براساس تابع کاپ‌داگلاس (۳۰) تولید می‌شود.

$$Ln\left(\mathrm{Z}_{2,\mathrm{t}}\right) = +\rho_{Z_2} Ln\left(\mathrm{Z}_{2,\mathrm{t}-1}\right) + \varepsilon_{Z_2,t} \qquad \varepsilon_{Z_2,t} \sim N(0, \sigma_{Z_2}^2) \qquad (۲۹)$$

$$VA_t(i) = A_t^{VA}\left(L_{NO,t}\right)^{\theta_1}\left(K_{NO,t-1}\right)^{1-\theta_1} \qquad (۳۰)$$

مسئلهٔ پیش‌روی بنگاه‌های واسطه‌ای حداقل‌سازی هزینهٔ مقید به تابع تولید (۳۱) است:

$$\min_{L_t,K_{t-1},X_{O,t}} \mathrm{E} = w_t L_{NO,t} + r_t^k K_{NO,t-1} + \Omega_{O,t}X_{O,t} + \psi_{,t}(i)\Bigg\{y_t^{NO}(i) - \left[(\Gamma_Y)^{\frac{1}{\varphi_1}} \left(A_t^{VA}\left(L_{NO,t}\right)^{\theta_1}\left(K_{NO,t-1}\right)^{1-\theta_1}\right)^{\frac{\varphi_1-1}{\varphi_1}} + (1-\Gamma_Y)^{\frac{1}{\varphi}} \left(Z_{2,t}X_{O,t}\right)^{\frac{\varphi_1-1}{\varphi_1}}\right]^{\frac{\varphi_1}{\varphi_1-1}}\Bigg\} \qquad (۳۱)$$

در مسئلهٔ حداقل‌سازی فوق، $\psi_t(i)$ هزینهٔ نهایی تولید کالای واسطه‌ای iام و $\Omega_{O,t}$ قیمت نفت است. شروط مرتبهٔ اول مسئلهٔ فوق به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\frac{\partial \mathrm{E}}{\partial L_{NO,t}} = 0 \implies w_t - \psi_{,t}(i)\,\theta_1\big(y_t^{NO}(i)\big)^{\frac{1}{\varphi_1}}(\Gamma_Y)^{\frac{1}{\varphi_1}}\frac{1}{L_{NO,t}}\big(VA_t(i)\big)^{\frac{\varphi_1-1}{\varphi_1}} = 0 \qquad (۳۲)$$

$$\frac{\partial \mathrm{E}}{\partial K_{t-1}} = 0 \implies r_t^k - \psi_{,t}(i)(1-\theta_1)\big(y_t^{NO}(i)\big)^{\frac{1}{\varphi_1}}(\Gamma_Y)^{\frac{1}{\varphi_1}}\frac{1}{K_{NO,t-1}}\big(VA_t(i)\big)^{\frac{\varphi_1-1}{\varphi_1}} = 0 \qquad (۳۳)$$

$$\frac{\partial \mathrm{E}}{\partial X_{O,t}} = 0 \implies \Omega_{O,t} - \psi_{,t}(i)\big(y_t^{NO}(i)\big)^{\frac{1}{\varphi_1}}(1-\Gamma_Y)^{\frac{1}{\varphi_1}}\big(Z_{2,t}\big)^{\frac{\varphi_1-1}{\varphi_1}}\big(X_{O,t}(i)\big)^{-\frac{1}{\varphi_1}} = 0 \qquad (۳۴)$$

از دو رابطهٔ ۳۲ و ۳۳ داریم:

$$\implies \quad r_t^k\theta_1\,K_{NO,t-1} = w_t(1-\theta_1)\;L_{NO,t} \qquad (۳۵)$$

ازسوی‌دیگر، از دو رابطهٔ ۳۲ و ۳۴ داریم:

$$\implies \quad X_{O,t}(i) = (\theta_1)^{-\varphi_1}\left(\frac{1-\Gamma_Y}{\Gamma_Y}\right)\frac{1}{Z_{2,t}}\left(\frac{w_t L_{NO,t}}{\Omega_{O,t}}\right)^{\varphi_1}\big(VA_t(i)\big)^{1-\varphi_1} \qquad (۳۶)$$

با جای‌گذاری مقدار تعادلی $L_{NO,t}$ و $K_{NO,t-1}$ در رابطهٔ ۳۰، مقدار تعادلی VA_t به‌دست می‌آید. سپس، با جای‌گذاری مقدار تعادلی $X_{O,t}$ و VA_t در تابع تولید (رابطهٔ ۲۸) می‌توان هزینهٔ نهایی تولید را به‌صورت زیر به‌دست آورد:

$$mc_t = \psi_{,t} = \Big\{\Gamma^{\varphi}\big[(1-\theta)^{-(1-\theta)}(\theta)^{-\theta}(A_t^{VA})^{-1}(r_t)^{1-\theta}{w_t}^{\theta}\big]^{1-\varphi}(1-\Gamma)^{\varphi}\big(p_{O,t}\big)^{1-\varphi}\Big\}^{\frac{1}{1-\varphi}} \qquad (۳۷)$$

هدف بعدی بنگاه‌های واسطه‌ای تعیین سطحی از قیمت است که جریان سود آن را طی یک دورهٔ زمانی حداکثر کند. در این مرحله، بنگاه‌ها با مسئلهٔ چسبندگی قیمت مواجه‌اند. ازاین‌رو، برای واردکردن فرض چسبندگی قیمت از روش کالوو (Calvo 1983) استفاده می‌شود. کالوو به‌منظور الگوسازی چسبندگی قیمت از مبانی احتمال استفاده کرده است و بنگاه‌های واسطه‌ای اقتصاد را به دو دسته تقسیم می‌کند. دسته‌ای از بنگاه‌ها با احتمال ς درصد ($\varsigma \in [0,1]$) قیمت خود را ثابت نگه می‌دارند و بقیهٔ بنگاه‌ها با احتمال «۱– ς»

درصد دوباره قیمت بهینهٔ جدید انتخاب می‌کنند (توکلیان و صارم ۱۳۹۶: ۱۴۶). بنابراین، برای ς درصد از بنگاه‌هایی که به تعدیل قیمت خود قادر نیستند، قیمت در هر دوره باتوجه‌به تورم دورهٔ قبل به‌صورت زیر شاخص‌بندی می‌شود:

$$P_{NO,t}(i) = \left(\pi_{NO,t-1}\right)^{\tau} P_{NO,t-1}(i) \qquad (۳۸)$$

$\pi_{NO,t} = \frac{P_{NO,t}}{P_{NO,t-1}}$ نرخ ناخالص تورم کالای واسطه‌ای و τ پارامتر درجهٔ شاخص‌بندی قیمت است. مسئلهٔ بنگاه‌هایی که در دورهٔ t به تعدیل قیمت خود قادرند، انتخاب قیمت $P_{NO,t}^{*}(i)$ به‌نحوی است که جمع انتظاری و تنزیل‌شدهٔ سود باتوجه‌به تابع تقاضای کالای واسطه به‌وسیلهٔ تولیدکنندگان نهایی حداکثر شود. این مسئله به‌صورت زیر است:

$$max\ _{P_{NO,t}(i)}\ E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\varsigma\beta)^j \frac{\lambda_{1,t+j}}{\lambda_{1,t}} \left[\left(\frac{\prod_{k=0}^{j-1} (\pi_{NO,t+k})^{\tau}}{P_{NO,t+j}} \right)^{1-\chi_y} (1-\chi_y) \left(P_{NO,t}^{*}\right)^{-\chi_y} - mc_{t+j}(-\chi_y) \left(\frac{\prod_{k=0}^{j-1} (\pi_{NO,t+k})^{\tau}}{P_{NO,t+j}} \right)^{-\chi_y} \left(P_{NO,t}^{*}\right)^{-\chi_y - 1} \right] Y_{t+j}^{NO} = 0 \qquad (۳۹)$$

شرط مرتبهٔ اول رابطهٔ فوق بعد از ساده‌سازی به‌صورت زیر خواهد بود:

$$P_{NO,t}^{*} = \frac{E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\varsigma\beta)^j \frac{\lambda_{1,t+j}}{\lambda_{1,t}} mc_{t+j} \left(\frac{P_{NO,t+j}}{\prod_{k=0}^{j-1} (\pi_{NO,t+k})^{\tau}} \right)^{\chi_y} Y_{t+j}^{NO}}{Q_t E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\varsigma\beta)^j \frac{\lambda_{1,t+j}}{\lambda_{1,t}} \left(\frac{P_{NO,t+j}}{\prod_{k=0}^{j-1} (\pi_{NO,t+k})^{\tau}} \right)^{\chi_y - 1} Y_{t+j}^{NO}} \qquad (۴۰)$$

با تقسیم رابطهٔ ۴۰ بر $P_{NO,t}$ و با تعریف $\mu = \frac{\chi_y}{\chi_y - 1}$، $Q_t = \frac{P_{NO,t}^{*}}{P_{NO,t}}$، $\frac{\lambda_{1,t+j}}{\lambda_{1,t}} = \left(\frac{C_{t+j}}{C_t}\right)^{-\partial}$ و $C_{t+j} = Y_{t+j}^{NO}$ رابطهٔ فوق به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\left[E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\varsigma\beta)^j \left(\frac{P_{NO,t+j}}{P_{NO,t}} \right)^{(\chi_y - 1)} \left(\frac{P_{NO,t-1}}{P_{NO,t+j-1}} \right)^{\tau(\chi_y - 1)} \left(Y_{t+j}^{NO}\right)^{1-\partial} \right] Q_t = \mu \left[E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\varsigma\beta)^j \left(\frac{P_{NO,t+j}}{P_{NO,t}} \right)^{(\chi_y - 1)} \left(\frac{P_{NO,t-1}}{P_{NO,t+j-1}} \right)^{\tau(\chi_y - 1)} \left(Y_{t+j}^{NO}\right)^{1-\partial} \right] \qquad (۴۱)$$

ازسوی‌دیگر، باتوجه‌به این‌که در هر دوره ς درصد از بنگاه‌ها قیمت خود را از رابطهٔ ۳۸ و $1-\varsigma$ درصد باقی‌مانده نیز قیمت بهینهٔ خود ($P_{NO,t}^{*}$) را از طریق رابطهٔ ۳۹ تعیین می‌کنند، شاخص قیمت کالای داخلی به‌صورت زیر خواهد بود.

$$P_{NO,t} = \left[\varsigma\left(\pi_{NO,t-1}^{\tau} P_{NO,t-1}\right)^{1-\chi_y} + (1-\varsigma)\left(P_{NO,t}^{*}\right)^{1-\chi_y}\right]^{\frac{1}{1-\chi_y}} \qquad (۴۲)$$

با لگاریتم خطی‌کردن رابطهٔ ۴۱ و لحاظ معادلهٔ ۴۲، منحنی فیلیپس نئوکینزی به‌صورت لگاریتم خطی زیر به‌دست می‌آید:

$$\hat{\pi}_t = \frac{\tau}{1+\beta\tau}\hat{\pi}_{t-1} + \frac{\beta}{1+\beta\tau}\mathrm{E}_t\hat{\pi}_{t+1} + \frac{(1-\varsigma\beta)(1-\varsigma)}{(1+\beta\tau)\varsigma}\widehat{mc}_t \qquad (۴۳)$$

۲.۲.۳ بنگاه تولیدکنندهٔ کالای نهایی

فرض می‌شود تولیدکنندهٔ کالای نهایی کالای تولیدشدهٔ تولیدکنندگان واسطه‌ای را از طریق تکنولوژی CES زیر ترکیب می‌کند:

$$y_t^{NO} = \left[\int_0^1 y_t^{NO}(i)^{\frac{\chi_y-1}{\chi_y}}\, di\right]^{\frac{\chi_y}{\chi_y-1}} \qquad (۴۴)$$

χ_y کشش قیمتی تقاضای کالای i‌ام است. تولیدکنندگان کالای نهایی حداکثرکردن سود از طریق تعیین مقدار بهینهٔ کالا را دنبال می‌کنند و تابع هدف آن‌ها به‌صورت زیر است:

$$\max_{y_t^{NO}(i)} \mathcal{L} = P_{NO,t}\left[\int_0^1 y_t^{NO}(i)^{\frac{\chi_y-1}{\chi_y}}\, di\right]^{\frac{\chi_y}{\chi_y-1}} - \int_0^1 P_{NO,t}(i)\, y_t^{NO}(i)\, di \qquad (۴۵)$$

در این‌جا $P_{NO,t}$ قیمت کالای نهایی و $P_{NO,t}(i)$ قیمت کالای واسطه‌ای است. با حل مسئلهٔ فوق، تابع تقاضای کالای واسطه‌ای به‌صورت رابطهٔ ۴۶ به‌دست می‌آید که با جای‌گذاری آن در رابطهٔ ۴۴ شاخص قیمت کالای تولیدکننده به‌صورت رابطهٔ ۴۷ حاصل می‌شود.

$$y_t^{NO}(i) = \left(\frac{P_{NO,t}(i)}{P_{NO,t}}\right)^{-\chi_y} y_t^{NO} \qquad (۴۶)$$

$$P_{NO,t} = \left[\int_0^1 \left(P_{NO,t}(i)\right)^{(1-\chi_y)}\, di\right]^{\frac{1}{1-\chi_y}} \qquad (۴۷)$$

۳.۳ بنگاه واردکننده

این بنگاه‌ها کالاهای همگن را از بازارهای جهانی خریداری و به کالای نهایی تبدیل می‌کنند. درنهایت، این کالاها از سوی خانوار به‌منزلهٔ کالای مصرفی و سرمایه‌ای یا از سوی بنگاه‌های صنعت نفت به‌منزلهٔ کالای واسطه‌ای و سرمایه‌ای خریداری می‌شوند. کالاهای

نهایی وارداتی ترکیبی از j کالای متمایز است که با فناوری تولید زیر از سوی بنگاه‌های واردکننده عرضه می‌شوند.

$$IM_t^F = \left[\int_0^1 IM_t^F(i)^{\frac{\chi_{IM}^F-1}{\chi_{IM}^F}}\, di\right]^{\frac{\chi_{IM}^F}{\chi_{IM}^F-1}} \qquad (۴۸)$$

که χ_{IM}^F کشش قیمتی تقاضا برای کالاهای وارداتی است. واردکنندگان حداکثرسازی سود را دنبال می‌کنند و تابع هدف آن‌ها به‌صورت زیر خواهد بود.

$$\max_{IM_t^F(i)} \mathcal{L} \quad P_{IM,t}\left[\int_0^1 IM_t^F(i)^{\frac{\chi_{IM}^F-1}{\chi_{IM}^F}}\, di\right]^{\frac{\chi_{IM}^F}{\chi_{IM}^F-1}} - \int_0^1 P_{IM,t}(i)\, IM_t^F(i)\, di \qquad (۴۹)$$

با حل مسئلهٔ فوق تابع تقاضای کالاهای مصرفی، که هرکدام از بنگاه‌های واردکننده با آن مواجه‌اند، به‌صورت رابطهٔ ۴۹ به‌دست می‌آید که با جای‌گذاری آن در رابطهٔ ۴۸ شاخص قیمت کالای وارداتی (۵۰) حاصل می‌شود.

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial IM_t^F} = 0 \qquad \Longrightarrow \qquad IM_t^F(i) = \left(\frac{P_{IM,t}(i)}{P_{IM,t}}\right)^{-\chi_{IM}^F} IM_t^F \qquad (۵۰)$$

$$P_{IM,t} = \left[\int_0^1 \left(P_{IM,t}(i)\right)^{(1-\chi_{IM}^F)}\, di\right]^{\frac{1}{(1-\chi_{IM}^F)}} \qquad (۵۱)$$

باتوجه‌به این‌که واردکنندگان در وضعیت رقابت انحصاری کالای خود را عرضه می‌کنند، قدرت قیمت‌گذاری دارند و از این حیث چهارچوب تعیین قیمت از سوی بنگاه‌های وارداتی مشابه چهارچوب درنظر گرفته‌شده برای بنگاه‌های واسطه‌ای است. به این منظور، همانند مدل آدولفسون و دیگران (Adolfson et al. 2007: 484) از روش کالوو (Calvo 1983) استفاده شده و مسئلهٔ نامقید بنگاه‌های واردکنندهٔ کالاهای وارداتی به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

$$max_{\ P_{IM,t}(i)}\ E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\varsigma_{IM}\beta)^j \frac{\lambda_{IM,t+j}}{\lambda_{IM,t}} \left[\left(\frac{\prod_{k=0}^{j-1}(\pi_{IM,t+k})^{\tau_{IM}} P_{IM,t}(i)}{P_{IM,t+j}}\right)^{1-\chi_{IM}^F} - mc_{IM,t+j}\left(\frac{\prod_{k=0}^{j-1}(\pi_{IM,t+k})^{\tau_{IM}} P_{IM,t}(i)}{P_{IM,t+j}}\right)^{-\chi_{IM}^F}\right] IM_{t+j}^F(i) \qquad (۵۲)$$

در رابطهٔ ۵۲، $mc_{IM,t+J}$ هزینهٔ نهایی حقیقی بنگاه واردکننده است که از تقسیم هزینهٔ نهایی اسمی به شاخص قیمت کالای وارداتی به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$mc_{IM,t+J} = \frac{MC_{IM,t+J}}{P_{IM,t+J}} = \frac{S_{t+J}P^{W}_{IM,t+J}}{P_{IM,t+J}} \qquad (۵۳)$$

در آن S_{t+J} نرخ ارز اسمی و $P^{W}_{IM,t+J}$ قیمت جهانی کالای وارداتی است. در این‌جا فرض می‌شود که بنگاه‌های واردکننده قیمت را بیش‌تر از هزینهٔ خرید خود در نظر می‌گیرند و سود می‌کنند. در این حالت $mc_{IM,t+J}$ برابر با شکاف قانون قیمت واحد و بیان‌گر میزان انحراف قیمت جهانی کالاهای وارداتی از قیمت آن در بازار داخلی است (منظور و تقی‌پور ۱۳۹۴). همانند آن‌چه برای بنگاه تولیدکنندهٔ کالای واسطه‌ای انجام شد، پس از محاسبهٔ شرط مرتبهٔ اول از رابطهٔ ۵۲، شاخص قیمت کالای وارداتی به‌صورت زیر تعیین می‌شود.

$$P_{IM,t} = \left[\varsigma_{IM}\left(\left(\pi_{IM,t}\right)^{\tau_{IM}}P_{IM,t}\right)^{1-\chi^{F}_{IM}} + (1-\varsigma_{IM})\left(P^{*}_{IM,t}\right)^{1-\chi^{F}_{IM}}\right]^{\frac{1}{1-\chi^{F}_{IM}}} \qquad (۵۴)$$

می‌توان رابطهٔ پویایی‌های تورم کالای مصرفی وارداتی را به‌صورت لگاریتم خطی به‌صورت زیر به‌دست آورد:

$$\hat{\pi}_{IM,t} = \frac{\tau_{IM}}{1+\beta\tau_{IM}}\hat{\pi}_{IM,t-1} + \frac{\beta}{1+\beta\tau_{IM}}\mathrm{E}_t\hat{\pi}_{IM,t+1} + \frac{(1-\beta\varsigma_{IM})(1-\varsigma_{IM})}{(1+\beta\tau_{IM})\varsigma_{IM}}\widehat{mc}_{IM,t} \qquad (۵۵)$$

۴.۳ بخش نفت

در این مطالعه برای الگوسازی بخش نفت از مدل برقولت و دیگران (Bergholt et al. 2019) با تغییرات اندک استفاده شده است. نخست این‌که مؤلفه‌هایی هم‌چون تولید فعلی و ازبین‌رفتن ذخایر دورهٔ قبل به‌دلیل عدم رعایت موازین تولید صیانتی از میدان در رابطهٔ ذخایر نفت لحاظ شده است. دوم این‌که بخش نفت به دو قسمت تقسیم می‌شود. قسمت اول شرکت‌های زنجیرهٔ عرضه‌اند که کالاها و خدماتی را تولید می‌کنند که برای تولید نفت استفاده می‌شوند. این شرکت‌ها با استفاده از نیروی کار، سرمایه، و کالاهای واسطه‌ای که از بخش غیرنفتی دریافت می‌کنند، خدماتی از جنس تولید نفت را به شرکت ملی نفت ارائه می‌دهند. ازاین‌رو، ارتباط بخش نفتی با بخش غیرنفتی از این طریق برقرار می‌شود و تأثیرگذاری بخش نفت فقط مختص کانال ورود درآمدهای ارزی ناشی از صادرات نفت

نخواهد بود. قسمت دوم همان شرکت ملی نفت است که با استفاده از خدمات تولیدی بخش اول نفت را استخراج می‌کند.

۱.۴.۳ سرمایه‌گذاری در بخش نفت

سرمایه‌گذاری در بخش نفت به‌صورت ترکیبی از کالاهای سرمایه‌ای تولید داخل و وارداتی به‌صورت زیر خواهد بود.

$$I_{O,t} = \left[(\varpi_2)^{\frac{1}{\gamma_2}} \left(I^D_{O,t}\right)^{\frac{\gamma_2-1}{\gamma_2}} + (1-\varpi_2)^{\frac{1}{\gamma_2}} \left(I^F_{O,t}\right)^{\frac{\gamma_2-1}{\gamma_2}}\right]^{\frac{\gamma_2}{\gamma_2-1}} \quad (۵۶)$$

$$I^D_{O,t} = I_{NIOC,t} + \beta_F F_t + \varepsilon^{NIOC}_t \quad (۵۷)$$

که $I^D_{O,t}$ کالای سرمایه‌ای داخلی و $I^F_{O,t}$ کالای سرمایه‌ای وارداتی است. ϖ_2 نشان‌دهندهٔ سهم کالای سرمایه‌ای داخلی و γ_2 کشش جانشینی بین کالاهای سرمایه‌ای داخلی و وارداتی است. $I_{NIOC,t}$ میزان سرمایه‌گذاری شرکت ملی نفت از منابع داخلی خود و $\beta_F F_t$ میزان سرمایه‌ای است که صندوق توسعهٔ ملی برای سرمایه‌گذاری در بخش بالادستی صنعت نفت و گاز اختصاص می‌دهد. هم‌چنین، فرض می‌شود که قیمت سرمایه‌گذاری داخلی و وارداتی در بخش نفتی به‌ترتیب برابر با قیمت کالای مصرفی داخلی و وارداتی است. بنابراین، قید هزینهٔ بنگاه‌ها برای سرمایه‌گذاری در این بخش به‌صورت زیر است:

$$P^D_{NO,t}\, I^D_{O,t} + P^F_{NO,t}\, I^F_{O,t} = P^I_t\, I_{O,t} \quad (۵۸)$$

با حداقل‌سازی رابطهٔ ۵۸ نسبت به قید ۵۶، تقاضا برای کالای سرمایه‌ای داخلی (۵۹) و وارداتی (۶۰) بخش نفت استخراج می‌شود و با جای‌گذاری آن‌ها در رابطهٔ ۵۸ قیمت سرمایه‌گذاری کل بخش نفت به‌صورت رابطهٔ ۶۱ به‌دست می‌آید.

$$I^D_{O,t} = \varpi_2 \left(\frac{P^D_{NO,t}}{P^I_t}\right)^{-\gamma_2} I_{O,t} \quad (۵۹)$$

$$I^F_{O,t} = (1-\varpi_2) \left(\frac{P^F_{NO,t}}{P^I_t}\right)^{-\gamma_2} I_{O,t} \quad (۶۰)$$

$$P^I_t = \left[\varpi_2 \left(P^D_{NO,t}\right)^{1-\gamma_2} + (1-\varpi_2) \left(P^F_{NO,t}\right)^{1-\gamma_2}\right]^{\frac{1}{1-\gamma_2}} \quad (۶۱)$$

هم‌چنین، رابطهٔ انباشت سرمایه در بخش نفت به‌صورت معادلهٔ ۶۲ فرض شده که در آن δ_2 نرخ استهلاک و $S(\frac{I_{O,t}}{I_{O,t-1}})$ تابع هزینهٔ تعدیل سرمایه‌گذاری است.

$$K_{O,t} = (1-\delta_2)K_{O,t-1} + \left[1 - S\left(\frac{I_{O,t}}{I_{O,t-1}}\right)\right] I_{O,t} \qquad (۶۲)$$

۲.۴.۳ شرکت‌های زنجیرهٔ عرضه در بخش نفت

تابع تولید شرکت‌های موجود در زنجیرهٔ عرضه به‌صورت زیر است:

$$y_{S,t} = (X_{S,t})^{\theta_x}(K_{O,t-1})^{\theta_k}(L_{O,t})^{\theta_l} \qquad (۶۳)$$

در رابطهٔ فوق، $y_{S,t}$ میزان تولید کالاهای زنجیرهٔ عرضهٔ صنعت نفت، $X_{S,t}$ نهاده‌های واسطه‌ای (قطعات، تجهیزات، و مواد موردنیاز برای استخراج)، $K_{O,t-1}$ سرمایه، و $L_{O,t}$ نیروی کار است. مسئلهٔ حداکثرسازی بنگاه به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$MAX_{L_{O,t},K_{O,t},X_{S,t}}\ E = SR_t\Omega_{S,t}\left[A_t^S\ (X_{S,t})^{\theta_x}(K_{O,t-1})^{\theta_k}(L_{O,t})^{\theta_l}\right] - \Omega_{XS,t}\ X_{S,t} - r_t^k K_{O,t-1} - w_t L_{O,t} \qquad (۶۴)$$

شروط مرتبهٔ اول مسئله، که نشان‌دهندهٔ تقاضا برای هر عامل تولید است، به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\frac{\partial \mathrm{E}}{\partial X_{S,t}} = 0 \quad \Longrightarrow \quad X_{S,t} = \theta_x SR_t \frac{\Omega_{S,t}}{\Omega_{XS,t}} y_{S,t} \qquad (۶۵)$$

$$\frac{\partial \mathrm{E}}{\partial K_{O,t}} = 0 \Longrightarrow K_{O,t-1} = \theta_k SR_t \frac{\Omega_{S,t}}{r_t^k}\ y_{S,t} \qquad (۶۶)$$

$$\frac{\partial \mathrm{E}}{\partial L_{O,t}} = 0 \quad \Longrightarrow L_{O,t} = \theta_l\ SR_t \frac{\Omega_{S,t}}{w_t}\ y_{S,t} \qquad (۶۷)$$

در این‌جا نیز بخشی از نهاده‌های واسطه‌ای موردنیاز شرکت‌های فعال در زنجیرهٔ عرضه در داخل تولید شده است و بخشی دیگر از طریق واردات تأمین می‌شود. بنابراین، از این طریق می‌توان ارتباط بخش نفت را با بخش غیرنفتی با جزئیات بیش‌تری بررسی کرد. رابطهٔ ۶۸ شاخص تولید نهادهٔ واسطه را به‌صورت ترکیبی از نهاده‌های واسطه‌ای داخلی ($X_{S,t}^D$) و وارداتی ($X_{S,t}^F$) نشان می‌دهد. در این‌جا، Γ_X سهم نهاده‌های واسطه‌ای داخلی، φ_2 کشش جانشینی بین نهاده‌های واسطه‌ای داخلی و وارداتی، و $Z_{3,t}$ شوک بهره‌وری مصرف نهادهٔ داخلی است.

$$X_{S,t}=\left[(\Gamma_X)^{\frac{1}{\varphi_2}}\left(Z_{3,t}X_{S,t}^{D}\right)^{\frac{\varphi_2-1}{\varphi_2}}+(1-\Gamma_X)^{\frac{1}{\varphi_2}}\left(X_{S,t}^{F}\right)^{\frac{\varphi_2-1}{\varphi_2}}\right]^{\frac{\varphi_2}{\varphi_2-1}} \quad (۶۸)$$

اگر $P_{NO,t}^{D}$ قیمت نهاده‌های واسطه‌ای داخلی و $P_{NO,t}^{F}$ قیمت نهاده‌های واسطه‌ای وارداتی باشد، قید بودجهٔ بنگاه‌های زنجیرهٔ عرضه به‌صورت زیر خواهد بود:

$$P_{NO,t}^{D}\,X_{S,t}^{D}+P_{NO,t}^{F}\,X_{S,t}^{F}=P_{XS,t}\,X_{S,t} \quad (۶۹)$$

با حداقل‌سازی هزینهٔ بنگاه‌ها (۶۹) نسبت به قید تقاضای سطح مشخصی از نهاده‌های واسطه‌ای (۶۷)، تقاضای بهینهٔ نهاده‌های واسطه‌ای داخلی (۷۰) و وارداتی (۷۱) به‌دست می‌آید. با جای‌گذاری این توابع تقاضا در رابطهٔ ۶۹ شاخص قیمت نهاده‌های واسطه‌ای بخش زنجیرهٔ عرضهٔ نفت (۷۲) حاصل می‌شود.

$$X_{S,t}^{D}=\Gamma_X\left(\frac{P_{NO,t}^{D}}{P_{XS,t}}\right)^{-\varphi_2}\frac{1}{Z_{3,t}}\,X_{S,t} \quad (۷۰)$$

$$X_{S,t}^{F}=(1-\Gamma_X)\left(\frac{P_{NO,t}^{F}}{P_{XS,t}}\right)^{-\varphi_2}X_{S,t} \quad (۷۱)$$

$$P_{XS,t}=\left[\Gamma_X(\frac{1}{Z_{3,t}})\left(P_{NO,t}^{D}\right)^{1-\varphi_2}+(1-\Gamma_X)\left(P_{NO,t}^{F}\right)^{1-\varphi_2}\right]^{\frac{1}{1-\varphi_2}} \quad (۷۲)$$

۳.۴.۳ شرکت ملی نفت ایران

قسمت دوم بخش نفت همان شرکت ملی نفت است که با ترکیب خدمات تولیدی بخش اول ($y_{S,t}$) و ذخایر نفت اثبات‌شده در میادین ($R_{O,t}$)، به‌صورت زیر نفت تولید می‌کند.

$$Y_{O,t}=Z_{O,t}\left(R_{O,t}\right)^{\theta_2}\left(y_{S,t}\right)^{1-\theta_2} \quad (۷۳)$$

$$Ln\left(\mathrm{Z}_{O,\mathrm{t}}\right)=\rho_{Z_O}Ln\left(\mathrm{Z}_{O,\mathrm{t}-1}\right)+\varepsilon_{Z_O,t} \qquad \varepsilon_{Z_1,t}\sim N(0,\sigma_{Z_1}^{2}) \quad (۷۴)$$

در این‌جا $Y_{O,t}$ تولید نفت و $Z_{O,t}$ شوک تکنولوژی تولید نفت است. رابطه‌ای که برای $R_{O,t}$ درنظر گرفته شده به‌صورت زیر است (۷۵) که در آن $\rho_d R_{O,t-1}$ درصدی از ذخایر نفتی دورهٔ قبل است که به‌دلیل عدم رعایت موازین تولید صیانتی از بین رفته و $\rho_{Yo}Y_{O,t}$ نیز ذخایر نفتی اضافه‌شده در دورهٔ جاری ناشی از عملیات اکتشاف است.

$$\mathrm{R}_{\mathrm{O,t}}=\mathrm{R}_{\mathrm{O,t-1}}-\rho_{\mathrm{d}}\mathrm{R}_{\mathrm{O,t-1}}-\mathrm{Y}_{\mathrm{O,t}}+\rho_{\mathrm{Y_O}}\mathrm{Y}_{\mathrm{O,t}}\Longrightarrow R_{O,t}=\rho_R R_{O,t-1}-(1-\rho_{Yo})\,Y_{O,t} \quad (۷۵)$$

باتوجه‌به این موارد، شرکت ملی نفت به‌دنبال حداکثرسازی ارزش حال انتظاری سود خود باتوجه‌به قید تابع تولید نفت (۷۳) و قانون حرکت ذخایر نفت (۷۵) به‌شکل زیر است:

$$\mathcal{L} = \mathbb{E}_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta_t \left\{ \left[\left(\Omega_{O,t}^{W} \left(Z_{O,t} \left(R_{O,t} \right)^{\theta_2} \left(y_{s,t} \right)^{1-\theta_2} \right) \right) - \Omega_{S,t}\, y_{S,t} - \Omega_{R,t}\, R_{O,t} \right] + \lambda_{O,t} \left[R_{O,t} - \rho_R R_{O,t-1} + (1-\rho_{Yo}) \left(Z_{O,t} \left(R_{O,t} \right)^{\theta_2} \left(y_{S,t} \right)^{1-\theta_2} \right) \right] \right\} \quad (۷۶)$$

در این‌جا β_t عامل تنزیل و $\Omega_{O,t}^{W} = \frac{P_{O,t}^{W}}{P_t^{W}}$، $\Omega_{R,t} = \frac{P_{R,t}}{P_t^{W}}$ و $\Omega_{S,t} = \frac{P_{S,t}}{P_t^{W}}$ به‌ترتیب قیمت حقیقی نفت جهانی، ذخایر نفتی، و خدمات نفتی هستند. شروط مرتبهٔ اول از مسئلهٔ حداکثرسازی شرکت نفت به‌صورت زیر خواهد بود.

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial y_{s,t}} = 0 \implies \Omega_{S,t} = (1-\theta_2) \left[\frac{Y_{O,t}}{y_{s,t}}\, \Omega_{O,t}^{W} - (1-\rho_{Yo}) \frac{Y_{O,t}}{y_{s,t}} \lambda_{O,t} \right] \quad (۷۷)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial R_{O,t}} = 0 \implies \Omega_{R,t} = \theta_2 \left[\frac{Y_{O,t}}{R_{O,t}}\, \Omega_{O,t}^{W} - (1-\rho_{Yo}) \frac{Y_{O,t}}{R_{O,t}} \lambda_{O,t} \right] + \lambda_{O,t} - \beta \rho_R \mathbb{E}_t \lambda_{O,t+1} \quad (۷۸)$$

۵.۳ صندوق توسعهٔ ملی

همانند مدل صیادی و دیگران (۱۳۹۵: ۶۱)، فرض می‌شود انباشت ذخایر صندوق توسعهٔ ملی ($\mathrm{NDF_t}$) در هر دوره از فرایند زیر تبعیت می‌کند:

$$NDF_t = NDF_{t-1} + \alpha_F \left(P_{O,t}^{W} O_{E,t} \right) + \alpha_{ND} ND_t - F_t \quad (۷۹)$$

که α_{F} سهم صندوق از درآمدهای صادرات نفت، $\mathrm{F_t}$ تسهیلات اعطایی صندوق، و α_{ND} درصدی از خالص بدهی بنگاه‌های دریافت‌کنندهٔ تسهیلات به صندوق است که در هر دوره به صندوق بازپرداخت می‌شود. چنان‌چه فرض کنیم ϕ_{F} درصد از منابع صندوق در هر دوره تسهیلات داده می‌شود، آن‌گاه $\mathrm{F_t} = \phi_{\mathrm{F}} \mathrm{NDF_t}$ خواهد بود که با جای‌گذاری آن در رابطهٔ ۷۹ و تقسیم بر شاخص CPI داریم:

$$ndf_t = ndf_{t-1} + \alpha_F SR_t\, \Omega_{O,t}^{W} O_{E,t} + \alpha_{ND} nd_t - \phi_F ndf_t \quad (۸۰)$$

خالص حقیقی بدهی‌های بنگاه‌های دریافت‌کنندهٔ تسهیلات به صندوق از رابطهٔ ۸۱ مدل‌سازی شده که در آن α_{ND} درصدی از بازگشت تسهیلات اعطایی به صندوق در هر دوره و rd سود تسهیلات اعطایی صندوق است ($\mathrm{f_t} = \phi_{\mathrm{F}} \mathrm{ndf_t}$).

$$\Longrightarrow \quad nd_t = nd_{t-1} + (1+rd)\phi_F ndf_t - \alpha_{ND} nd_t \qquad (۸۱)$$

۶.۳ بخش دولت و بانک مرکزی

باتوجه‌به عدم استقلال بانک مرکزی در ایران، دولت و مقام پولی به‌صورت کارگزاری واحد در نظر گرفته می‌شود. دولت به‌دنبال تأمین مالی هزینه‌هاست و به این منظور از درآمدهای حاصل از فروش نفت، فروش اوراق مشارکت، و دریافت مالیات بهره می‌گیرد. درصورتی که سه منبع درآمدی مذکور برای تأمین هزینه‌های دولت کافی نباشد، باتوجه‌به فرض عدم استقلال بانک مرکزی دولت می‌تواند بخشی از هزینه‌های خود را از طریق استقراض از بانک مرکزی تأمین مالی کند که به‌معنای خلق پول است. ازاین‌رو، قید بودجهٔ حقیقی دولت به‌صورت زیر است:

$$G_t + \frac{(1+r^B_{t-1})b_{t-1}}{\pi_t} = t_t + SR_t(1-\alpha_F-\alpha_{NIOC})\,\Omega^W_{O,t}O_{E,t} - b_t + \Delta gd_{t_t} \qquad (۸۲)$$

در این رابطه α_F و α_{NIOC} به‌ترتیب سهم صندوق توسعهٔ ملی و شرکت ملی نفت ایران از درآمدهای دلاری فروش نفت است که هرساله در قانون بودجهٔ کشور تعیین می‌شود. هم‌چنین، $\mathrm{SR_t}$ نرخ ارز حقیقی، $O_{E,t}$ حجم صادرات نفت، Δgd_{t_t} درآمد دولت از محل خلق پول، و G_t مخارج دولت است. به‌پیروی‌از خیابانی و امیری (۱۳۹۳: ۱۵۵)، فرض می‌شود که مخارج دولت (G_t) تابعی کاپ‌داگلاس از درآمدهای نفتی ($gor_t = \mathrm{SR_t}\,(1-\alpha_F-\alpha_{NIOC})\Omega^W_{O,t}\mathrm{O_{E,t}}$)، خالص درآمدهای مالیاتی (t_t)، و شوک مخارج دولت ($\varepsilon_{G,t}$) به‌شکل زیر است.

$$G_t = f(gor_t, t_t) = (gor_t)^{\nu}.(t_t)^{1-\nu}.(e)^{\varepsilon_{G,t}} \qquad (۸۳)$$

۱.۶.۳ ترازنامهٔ بانک مرکزی

همانند مطالعهٔ ولی‌بیگی و دیگران (۱۳۹۶: ۲۱)، فرم حقیقی ترازنامهٔ بانک مرکزی به‌صورت زیر است که m_t پایهٔ پولی است (سکه و اسکناس دردست مردم و ذخایر قانونی بانک‌ها نزد بانک مرکزی)، gd_{t} خالص بدهی‌های دولت به بانک مرکزی و $\mathrm{fr_t}$ خالص دارایی‌های خارجی بانک مرکزی است که از رابطهٔ ۸۵ به‌دست می‌آید.

$$m_t = gd_t + SR_t fr_t \qquad (۸۴)$$

$$fr_t = \frac{fr_{t-1}}{\pi_t^W} + (1 - \alpha_F - \alpha_{NIOC})\Omega_{O,t}^W O_{E,t} - IM_t \qquad (۸۵)$$

۲.۶.۳ سیاست پولی

برای مدل‌سازی نحوهٔ کنترل نرخ رشد پایهٔ پولی، مطابق با روش توکلیان و صارم (۱۳۹۶: ۱۶۵)، فرض می‌کنیم مقام پولی پایهٔ پولی را در هر دوره با نرخ μ مدیریت می‌کند. هم‌چنین، برای نرخ رشد μ رابطهٔ اتورگرسیون مرتبهٔ اول (۸۷) لحاظ شده است.

$$\mu_t = \frac{M_t}{M_{t-1}} = \frac{\frac{M_t}{P_t}}{\frac{M_{t-1}}{P_{t-1}}} \cdot \frac{P_t}{P_{t-1}} = \frac{m_t}{m_{t-1}} \pi_t \qquad (۸۶)$$

$$Ln(\mu_t) = \rho_\mu Ln(\mu_{t-1}) + \varepsilon_t^\mu, \qquad \varepsilon_t^\mu \sim N(0, \sigma^\mu) \qquad (۸۷)$$

۳.۶.۳ سیاست‌گذاری نرخ ارز

برای تصریح قاعدهٔ سیاستی نرخ ارز باید گفت که بانک مرکزی سیاست مدیریت شناور نرخ ارز را با دو هدف دنبال می‌کند. هدف نخست حفظ رقابت‌پذیری در اقتصاد است و برای این مهم شکاف بین تورم داخلی و خارجی را در نظر می‌گیرد. هدف دوم حفظ ذخایر ارزی کشور است. باتوجه‌به این امر، براساس مطالعهٔ پیریس و ساکس‌گارد (Peiris and Saxegaard 2010: 267)، قاعدهٔ سیاست ارزی کشور را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$\frac{\Delta S_t}{\Delta S} = \left(\frac{\Delta S_{t-1}}{\Delta S}\right)^{k_0} \left(\frac{\pi_t}{\pi_t^W}\right)^{k_1} \left(\frac{\frac{SR_t * fr_t}{m_t}}{\frac{SR * fr}{m}}\right)^{k_2} \varepsilon_{S,t} \qquad (۸۸)$$

در این رابطه، ΔS_t تغییر در نرخ اسمی ارز، π_t نرخ تورم داخلی، π_t^W نرخ تورم خارجی، و ε_t^s شوک نرخ ارز است که از یک رابطهٔ اتورگرسیون مرتبهٔ اول تبعیت می‌کند.

۷.۳ تسویهٔ بازار کالا

از ویژگی‌های بارز مدل‌های DSGE تسویهٔ کامل بازارهاست که مفهوم آن برابری عرضه و تقاضا برای کالاهای داخلی است. به این منظور، تولید کل برابر با تولید بخش غیرنفتی به‌علاوهٔ تولید نفتی درنظر گرفته می‌شود.

$$Y_t = Y_{o,t} + Y_{No,t} \quad (۸۹)$$

$$Y_{O,t} = O_{E,t} + C_{O,t} + X_{O,t} \quad (۹۰)$$

$$Y_{No,t} = C_{NO,t} + I_t + G_t + \mathrm{X}^{D}_{\mathrm{s,t}} - IM_t \quad (۹۱)$$

$$IM_t = C^F_{NO,t} + X^F_{s,t} + I^F_t \quad (۹۲)$$

$$I_t = I_{O,t} + I_{NO,t} \quad (۹۳)$$

$$I^F_t = I^F_{O,t} + I^F_{NO,t} \quad (۹۴)$$

$$L_t = L_{O,t} + L_{NO,t} \quad (۹۵)$$

۴. برآورد مدل و تجزیه‌وتحلیل نتایج

در مطالعهٔ حاضر ابتدا معادلات مدل لگاریتم خطی شده و برای برآورد مدل از روش مقداردهی به پارامترها و رویکرد بیزی استفاده شده است. برای این منظور از داده‌های سال‌های ۱۳۵۲–۱۳۹۶ استفاده شده است که از بانک اطلاعات سری زمانی بانک مرکزی، آمارنامهٔ سالیانهٔ اوپک، و صندوق توسعهٔ ملی اخذ شده‌اند و روندزدایی به‌روش فیلتر هدریک پرسکات (Hodrick-Prescott) روی آن‌ها انجام شده است. بسیاری از پارامترها و نسبت‌های مورداستفاده در مدل به برآورد نیاز نداشته و از داده‌های اقتصاد ایران یا مطالعات انجام‌شده استخراج شده که در جدول ۱ آمده است. در این جدول، پارامترهای ζ (خیابانی و امیری ۱۳۹۳)، $\bar{r}^B$ (پرمه و دیگران ۱۳۹۵)، و ϖ_1 (دمیری و دیگران ۱۳۹۶) نیز کالیبره شده‌اند.

جدول ۱. نسبت‌ها و پارامترهای کالیبره‌شده

متغیر	مقدار	متغیر	مقدار	متغیر	مقدار	متغیر	مقدار
ζ	۱/۱	$\bar{r}^k$	۰/۰۸۶	Υ_1	۰/۹۶۳۶	ζ_R	۰/۵۹۴۰۴۶۴
ϖ_1	۰/۴۰۶۰۸۱	Υ_2	۰/۹۰۹۶۸۵	Γ_Y	۰/۹۲۸	α_F	۰/۳
$\bar{r}^B$	۰/۲	ϖ_2	۰/۷۸۱۳۸۸	β_F	۰/۳۸	α_{ND}	۰/۲
ϕ_F	۰/۱۵	φ_F	۱/۲۰۲۸۵۶	Γ_X	۰/۵۱	φ_{ndf}	۲/۵۰۴۳۱
β_{NIOC}	۰/۴۲۲۹۸	φ_{YR}	۰/۰۰۰۳۴	φ_S	۲/۵	ψ_{ndf}	۰/۵۴۳۱۵۴

متغیر	مقدار	متغیر	مقدار	متغیر	مقدار	متغیر	مقدار
ψ_S	۰/۷۸	φ_R	۰/۰۲۳۲۴۷۴	ψ_R	۰/۰۰۷۳۳۲۴	rd	۰/۰۶
α_{NIOC}	۰/۱۴۵	φ_{fr}	۰/۱۰۲۷۷۹	φ_{IM}	۱/۵۷۲۸۳۰	φ_m	۰/۳۹۳۲۰۶
ψ_m	۰/۵۹۹۰۶۸	φ_Y	۰/۳۲۰۷۴۸	ψ_Y	۰/۶۷۹۲۵۲	φ_{YO}	۰/۶۶۵۹۷۱
ψ_{YO}	۰/۲۰۰۴۱۶	ζ_{YO}	۰/۱۳۳۶۱۲	φ_{YNO}	۰/۵۱۷۳۲۰	ψ_{YNO}	۰/۳۲۶۰۳۱
ζ_{YNO}	۰/۲۹۲۴۱۵	ψ_{XSD}	۰/۱۶۸۱۳۱	ψ_{IMNO}	۰/۳۰۳۸۹۷	ψ_{IO}	۰/۰۳۴۰۶۱
ψ_{INO}	۰/۹۶۵۹۳۹	ζ_{CNOF}	۰/۱۴۷۷۳۸	chico1	۲/۳	chico2	۱/۵
ζ_{IOF}	۰/۰۱۲۹۵۳	ζ_{INOF}	۰/۹۸۷۰۴۶	ζ_{XSF}	۰/۳۱۳۳۸۱	ζ_{IF}	۰/۶۳۷۱۶۸
φ_{LO}	۰/۰۹۵۶۴۳	φ_{LNO}	۰/۹۰۳۵۵۷				

منبع: یافته‌های پژوهش

برای برآورد پارامترها به‌روش بیزی از داده‌های تولید ناخالص داخلی نفتی، مصرف نفت در بخش خانوار و بخش تولید، سرمایه‌گذاری، اشتغال، مخارج دولت، درآمدهای مالیاتی، حجم پول، رشد نرخ ارز اسمی بازار غیررسمی، قیمت نفت، و CPI آمریکا استفاده شده است. در این رویکرد با استفاده از الگوریتم متروپولیس ـ هستینگز (با دو نمونهٔ موازی و حجم نمونهٔ ۱/۸ میلیون)، پارامترها با نرم‌افزار داینر (Dynare) در محیط matlab برآورد شده‌اند. برای برآورد پارامترها به‌روش بیزی، ابتدا براساس ویژگی‌های پارامترها میانگین و توزیع پیشین پارامترها تعیین می‌شوند، سپس مد پسین و فاصلهٔ اطمینان ۹۰ درصدی پارامترها با استفاده از ترکیب توزیع تابع راست‌نمایی و احتمال پیشین براساس اطلاعات داده‌های واقعی و قضیهٔ بیزی به‌دست می‌آید که در جدول ۲ نتایج این برآوردها آمده است.

جدول ۲. مقادیر پیشین و برآورد پارامترهای مدل

پارامتر	توزیع پیشین	میانگین پیشین	میانگین پسین	انحراف معیار پسین
عکس کشش جانشینی بین‌دوره‌ای مصرف (η_c)	گاما	۱/۵۷	۱/۶۰۴۲	۰/۰۲۹۳
نرخ تنزیل زمانی (β)	بتا	۰/۹۶۵	۰/۹۶۱۹	۰/۰۶۳۷
نرخ استهلاک بخش غیرنفتی (δ_1)	بتا	۰/۰۴۵	۰/۰۸۲۸	۰/۰۲۴۴
کشش جانشینی مصرف کالای نفتی و غیرنفتی (χ_1)	گاما	۰/۵	۰/۴۹۸۶	۰/۰۱۰۰
کشش جانشینی مصرف کالای غیرنفتی داخلی و وارداتی (χ_2)	گاما	۱/۵۶	۱/۵۵۷۴	۰/۰۴۸۳

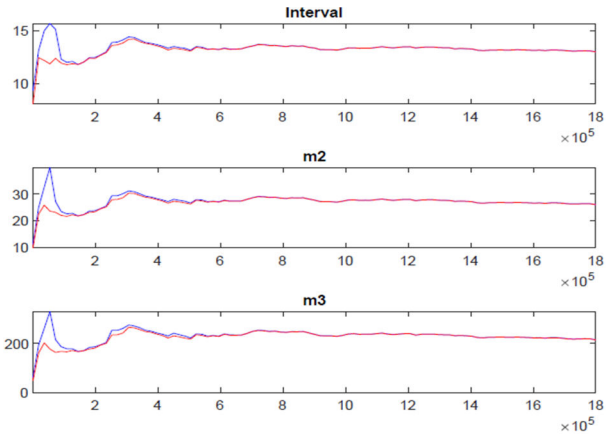
پارامتر	توزیع پیشین	میانگین پیشین	میانگین پسین	انحراف معیار پسین
کشش جانشینی کالای سرمایه‌ای غیرنفتی داخلی و وارداتی (γ_1)	گاما	۱/۵	۱/۴۹۹۲	۰/۰۱۹۷
عکس کشش عرضهٔ کار (η_l)	گاما	۲/۲۱	۲/۲۱۵۶	۰/۰۲۰۱
عکس کشش تقاضای ماندهٔ حقیقی پول (η_m)	گاما	۲/۳۹	۲/۳۸۹۳	۰/۰۲۰۳
کشش جانشینی نیروی کار و سرمایه در تابع تولید نهادهٔ ترکیبی (θ_1)	بتا	۰/۵۸	۰/۶۳۴۸	۰/۰۴۲۵
کشش جانشینی نهادهٔ ترکیبی و نهادهٔ نفت (φ_1)	بتا	۰/۳۵	۰/۲۷۶۴	۰/۰۱۷۶
درجهٔ شاخص‌بندی قیمت داخلی (τ)	بتا	۰/۷۱۵	۰/۷۱۸۷	۰/۰۲۱۳
درصد بنگاه‌هایی که به تعدیل قیمت قادر نیستند (ς)	بتا	۰/۶۵۷	۰/۶۳۱۸	۰/۰۲۰۰
درجهٔ شاخص‌بندی قیمت کالای وارداتی (τ_{IM})	بتا	۰/۵۰۰۸	۰/۵۰۰۶	۰/۰۱۹۳
درصد بنگاه‌هایی که به تعدیل قیمت کالای وارداتی قادر نیستند (ς_{IM})	بتا	۰/۱۹۸۶	۰/۱۹۹۷	۰/۰۲۰۹
کشش جانشینی کالای سرمایه‌ای نفتی داخلی و وارداتی (γ_2)	گاما	۰/۶۴	۰/۶۳۹۷	۰/۰۲۰۱
نرخ استهلاک بخش نفتی (δ_2)	بتا	۰/۰۷۹	۰/۰۸۱۲	۰/۰۲۰۴
سهم نهادهٔ واسطه‌ای در تابع تولید بنگاه‌های تولیدکنندهٔ خدمات تولید نفت (θ_x)	بتا	۰/۴۸	۰/۴۹۳۷	۰/۰۴۹۳
سهم سرمایه در تابع تولید بنگاه‌های تولیدکنندهٔ خدمات تولید نفت (θ_k)	بتا	۰/۳	۰/۳۰۳۵	۰/۰۵۰۹
سهم نیروی کار در تابع تولید بنگاه‌های تولیدکنندهٔ خدمات تولید نفت (θ_l)	بتا	۰/۲۲	۰/۲۲۰۲	۰/۰۴۸۰
کشش جانشینی نهادهٔ واسطه‌ای داخلی و وارداتی (φ_2)	گاما	۰/۶	۰/۶۰۱۴	۰/۰۲۰۱
سهم ذخایر در تابع تولید نفت (θ_2)	گاما	۰/۳	۰/۲۹۷۲	۰/۰۴۸۳
درصد جای‌گزین‌شدن ذخایر نسبت به تولید (ρ_{Yo})	گاما	۰/۹۸	۰/۹۷۸۸	۰/۰۵۰۶
یک منهای درصدی از ذخایر که به‌دلیل عدم رعایت موازین تولید صیانتی از بین می‌رود (ρ_R)	بتا	۰/۹۵	۰/۹۴۹۷	۰/۰۲۰۷
کشش درآمدهای نفتی (ν)	بتا	۰/۷۴	۰/۷۱۱۰	۰/۰۲۱۳
ضریب درآمد در معادلهٔ مالیات (ρ_t)	بتا	۰/۵۹	۰/۵۹۲۳	۰/۰۵۱۱
ضریب خودرگرسیون در معادلهٔ رشد نقدینگی (ρ_μ)	بتا	۰/۵۳۱	۰/۴۲۴۹	۰/۰۱۲۶
ضریب اهمیت خودرگرسیون نرخ ارز در تابع سیاست ارزی (k_0)	نرمال	۰/۸۷۹۲	۰/۸۸۳۶	۰/۰۳۹۸

پارامتر	توزیع پیشین	میانگین پیشین	میانگین پسین	انحراف معیار پسین
ضریب اهمیت تورم در تابع سیاست ارزی (k_1)	نرمال	−۱/۸۰۲۸	−۱/۸۰۰۰	۰/۰۵۰۳
ضریب اهمیت ذخایر خارجی در تابع سیاست ارزی (k_2)	نرمال	−۱/۷۱۶۱	−۱/۶۴۳۶	۰/۰۵۰۳
ضریب خودرگرسیون تکانهٔ عرضهٔ نیروی کار (ρ_ξ)	بتا	۰/۷۴۱۶	۰/۶۷۵۸	۰/۰۵۳۸
ضریب خودرگرسیون تکانهٔ کارآیی مصرف نفت در بخش خانوار (ρ_{Z_1})	بتا	۰/۸	۰/۷۹۵۲	۰/۰۲۱۳
ضریب خودرگرسیون تکانه کارآیی مصرف نفت در بخش تولید (ρ_{Z_2})	بتا	۰/۸	۰/۷۹۳۹	۰/۰۱۹۳
ضریب خودرگرسیون تکانهٔ تکنولوژی نفت ρ_{Z_O}	بتا	۰/۷	۰/۶۹۶۷	۰/۰۴۶۹
ضریب خودرگرسیون تکانهٔ سرمایه‌گذاری در بخش غیرنفتی (ρ_{NO}^I)	بتا	۰/۸	۰/۷۸۷۵	۰/۰۲۰۷
ضریب خودرگرسیون تکانهٔ بهره‌وری نهادهٔ واسطه‌ای داخلی (ρ_{Z_3})	بتا	۰/۸	۰/۷۹۶۹	۰/۰۲۱۵
ضریب خودرگرسیون تکانهٔ مخارج دولت (ρ_G)	بتا	۰/۸	۰/۷۴۴۴	۰/۰۵۴۲
ضریب خودرگرسیون تکانهٔ نرخ ارز (ρ_S)	بتا	۰/۸	۰/۸۲۵۷	۰/۰۴۰۹
ضریب خودرگرسیون تکانهٔ قیمت نفت ($\rho_{\Omega_{ow}}$)	بتا	۰/۸	۰/۶۴۵۰	۰/۰۵۴۲
ضریب خودرگرسیون تکانهٔ تورم جهانی (ρ_{π^w})	بتا	۰/۹۵	۰/۹۴۹۶	۰/۰۰۵۰
انحراف معیار تکانهٔ عرضهٔ نیروی کار (σ_ξ)	گامای معکوس	۰/۱	۰/۳۹۰۴	۰/۰۴۴۵
انحراف معیار تکانهٔ کارآیی مصرف نفت در بخش خانوار (σ_{Z_1})	گامای معکوس	۰/۱	۰/۲۲۲۵	۰/۰۲۴۲
انحراف معیار تکانهٔ کارآیی مصرف نفت در بخش تولید (σ_{Z_2})	گامای معکوس	۰/۱	۰/۱۰۴۲	۰/۰۱۳۵
انحراف معیار تکانهٔ تکنولوژی نفت (σ_{Z_O})	گامای معکوس	۰/۱	۰/۱۷۴۶	۰/۰۱۹۴
انحراف معیار تکانهٔ بهره‌وری نهادهٔ واسطه‌ای داخلی (σ_{Z_3})	گامای معکوس	۰/۱	مقدار انتخابی متناسب با اقتصاد ایران	
انحراف معیار تکانهٔ سرمایه‌گذاری در بخش غیرنفتی (σ_{NO}^I)	گامای معکوس	۰/۱	۱/۲۱۳	۰/۲۳۶۳
انحراف معیار تکانهٔ نرخ ارز (σ_S)	گامای معکوس	۰/۱	۰/۶۰۳۶	۰/۰۷۲۲

پارامتر	توزیع پیشین	میانگین پیشین	میانگین پسین	انحراف معیار پسین
انحراف معیار تکانهٔ مخارج دولت (σ_G)	گامای معکوس	۰/۱	۰/۲۲۸۱	۰/۰۲۵۵
انحراف معیار تکانهٔ رشد نقدینگی (σ_{mu})	گامای معکوس	۰/۱	۰/۲۶۰۹	۰/۰۲۹۱
انحراف معیار تکانهٔ مالیات (σ_t)	گامای معکوس	۰/۱	۰/۱۸۰۵	۰/۰۱۸۹
انحراف معیار تکانهٔ قیمت نفت (σ_{OW})	گامای معکوس	۰/۱	۰/۲۹۶۷	۰/۰۳۱۷
انحراف معیار تکانهٔ تورم جهانی ($\sigma_{\pi w}$)	گامای معکوس	۰/۱	۰/۰۱۶۰	۰/۰۰۱۷

منبع: یافته‌های پژوهش

آزمون تشخیصی بروکز و گلمن (Brooks and Gelman) نیز صحت تخمین پارامترها و قابل‌اتکابودن آن‌ها را تأیید می‌کند. براساس این آزمون، اگر واریانس درون‌نمونه‌ای و بین‌نمونه‌ای تمام پارامترها به هم نزدیک و درنهایت به مقدار ثابتی هم‌گرا شود، می‌توان گفت نتایج برآورد رویکرد بیزی با استفاده از روش MCMC صحت مناسبی دارند. همان‌گونه‌که در نمودار ۱ آمده است، زنجیره‌ها هم‌گرا شده و به مقدار ثابتی میل کرده‌اند که از صحت برآورد پارامترها نشان دارد.



نمودار ۱. آزمون تشخیصی بروکز و گلمن برای کلیهٔ پارامترها

منبع: یافته‌های پژوهش

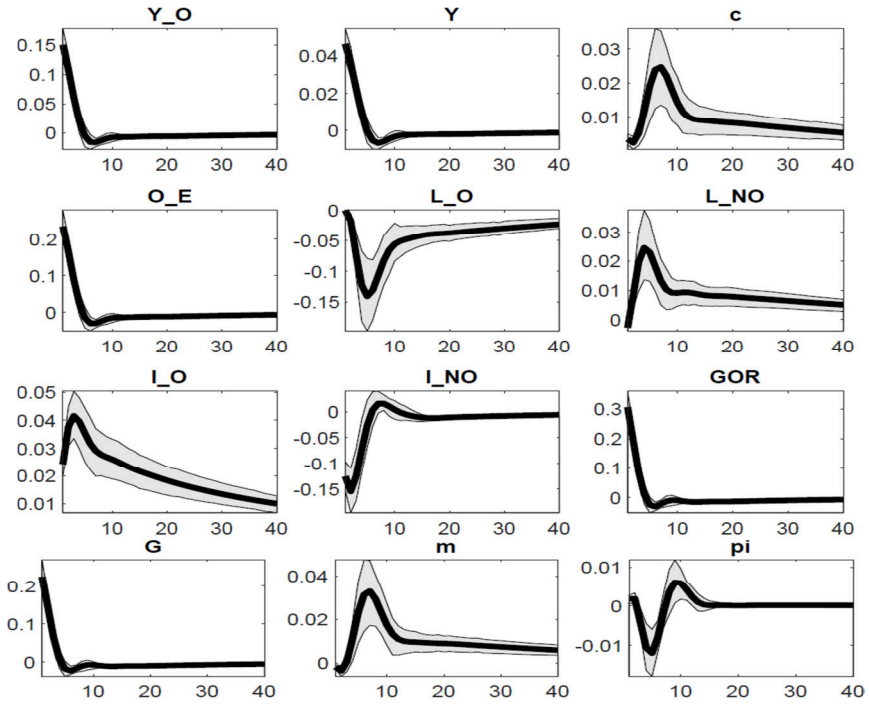
نمودار ۲ واکنش متغیرهای کلان اقتصادی به تکانهٔ تکنولوژی تولید نفت را نشان می‌دهد. براساس نمودار ۲، تکانهٔ یک‌درصدی تکنولوژی تولید نفت را به‌میزان ۰/۱۵ درصد افزایش داده و تأثیر آن بعد از هشت دوره خنثی شده است. ارتقای تکنولوژی از طریق بالابردن بازدهی و عملکرد چاه‌ها، کاهش مدت زمان حفر چاه‌های جدید، و بهبود مدیریت مخازن نفتی، امکان افزایش تولید نفت را فراهم کرده است و درمقابل می‌تواند هزینه‌های تولید را کاهش دهد.

با وقوع تکانهٔ تکنولوژی تولید ناخالص داخلی غیرنفتی کاهش می‌یابد. در توضیح این وضعیت باید گفت که، با افزایش درآمدهای نفتی حاصل از صادرات نفت، واردات کالاهای قابل‌مبادله افزایش می‌یابد و تولیدکنندگان این کالاها با مشکل مواجه می‌شوند. ضمن این‌که به‌دلیل تزریق درآمدهای ارزی به اقتصاد و کاهش نرخ ارز قیمت کالاهای صادراتی افزایش می‌یابد و این موضوع با کاهش قدرت رقابتی بخش‌های تولیدکنندهٔ غیرنفتی در تولید این بخش‌ها تأثیر منفی خواهد گذاشت. مجموعهٔ موارد فوق موجب می‌شود که باوجود افزایش تولید ناخالص داخلی کل (نفتی و غیرنفتی)، بخشی از تأثیرات مثبت تزریق درآمدهای نفتی ناشی از تکانهٔ تکنولوژی نفت به اقتصاد خنثی شود. تأثیر این تکانه در مصرف نیز مثبت است؛ زیرا ازیک‌طرف به‌دلیل افزایش تولید دست‌رسی به کالای نفتی افزایش می‌یابد و این امر در افزایش مصرف کل تأثیرگذار است. ازطرف‌دیگر، به‌دلیل افزایش درآمدهای نفتی و به‌دنبال آن واردات بیش‌تر کالاهای مصرفی، زمینهٔ افزایش مصرف فراهم شده است.

تکانهٔ تکنولوژی صادرات نفت را ۰/۲ درصد افزایش می‌دهد. هم‌چنین تکانهٔ تکنولوژی تولید نفت میزان اشتغال کل را افزایش، اما اشتغال در بخش نفت را کاهش داده است. دراین‌باره، می‌توان گفت که تکنولوژی تولید در صنعت نفت عموماً بر سرمایه متکی است و ارتقای آن موجب کاهش اشتغال در این بخش می‌شود. بااین‌حال، اشتغال در بخش غیرنفتی افزایش یافته است؛ زیرا همان‌طورکه بیان شد، به‌دلیل سرمایه‌محوربودن صنعت نفت، ارتقای تکنولوژی نیاز به کالاهای سرمایه‌ای و واسطه‌ای را افزایش می‌دهد. عمدهٔ این کالاها در بخش غیرنفتی اقتصاد تولید می‌شود و از این حیث ارتقای تکنولوژی با تقویت تقاضا در بخش غیرنفتی، اشتغال در این بخش را افزایش خواهد داد. باتوجه‌به برآیند اثر ارتقای تکنولوژی تولید نفت بر میزان اشتغال در بخش نفتی و غیرنفتی، نتایج نشان می‌دهد که اشتغال کل در واکنش به این تکانه افزایش می‌یابد.

تکانهٔ تکنولوژی سرمایه‌گذاری نفتی را نیز افزایش می‌دهد؛ زیرا دو منبع سرمایه‌گذاری در بخش نفت، یعنی منابع داخلی شرکت ملی نفت و منابع صندوق توسعهٔ ملی، به‌دلیل رشد درآمدهای نفتی افزایش می‌یابند. بنابراین، زمینه برای افزایش سرمایه‌گذاری در بخش نفت فراهم خواهد شد. ازسوی‌دیگر، به‌دلیل‌این‌که تکانهٔ تکنولوژی هزینه‌های تولید نفت را کاهش می‌دهد، به‌نوعی با صرفه‌جویی در هزینه‌ها، منابع درآمدی شرکت ملی نفت را افزایش می‌دهد و درنتیجه سرمایه‌گذاری در بخش نفتی افزایش می‌یابد. بااین‌حال، در بخش غیرنفتی سرمایه‌گذاری کاهش می‌یابد که در توضیح آن می‌توان گفت که افزایش مخارج دولت به برون‌رانی سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و کاهش سرمایه‌گذاری در بخش غیرنفتی منجر شده است.

تکانهٔ تکنولوژی از کانال افزایش صادرات نفت درآمدهای نفتی دولت را نیز افزایش داده است. این موضوع توانایی هزینه‌کرد دولت را افزایش می‌دهد و درنتیجه مخارج دولت در واکنش به تکانهٔ تکنولوژی افزایش یافته است. از تأثیرات دیگر تکانهٔ تکنولوژی افزایش حجم پول است؛ زیرا با افزایش صادرات نفت، پایهٔ پولی (ذخایر ارزی بانک مرکزی) و متعاقب آن حجم پول افزایش می‌یابد. نتایج مطالعهٔ حاضر این وضعیت را تأیید می‌کند؛ زیرا به‌دنبال وقوع تکانهٔ مثبت تکنولوژی، حجم پول افزایش و تأثیرات آن به‌آرامی کاهش می‌یابد. در زمینهٔ نحوهٔ تأثیرگذاری تکانهٔ تکنولوژی در تورم نیز باید یادآور شد که در ادبیات نظری تأثیر این تکانه مبهم است؛ زیرا ازیک‌طرف با افزایش حجم پول تورم در کشور افزایش می‌یابد و ازطرف‌دیگر، به‌دلیل کاهش هزینه‌های ناشی از افزایش واردات، امکان کاهش تورم نیز وجود دارد. باتوجه‌به این توضیح، همان‌طورکه نمودار ۲ نشان می‌دهد، براثر این تکانه نرخ تورم ابتدا کاهش و درادامه افزایش می‌یابد. در توضیح آن باید گفت که براثر تکانهٔ تکنولوژی نفت، بانک مرکزی ابتدا با افزایش درآمدهای نفتی، از طریق پایین‌نگه‌داشتن نرخ ارز و افزایش واردات کالاها و خدمات، نرخ تورم را کنترل می‌کند، اما درادامه که دلارهای نفتی به ذخایر خارجی بانک مرکزی تبدیل می‌شود، این سیاست نمی‌تواند تداوم پیدا کند و درنتیجه نرخ تورم افزایش می‌یابد.



نمودار ۲. توابع واکنش آنی تکانهٔ تکنولوژی تولید نفت

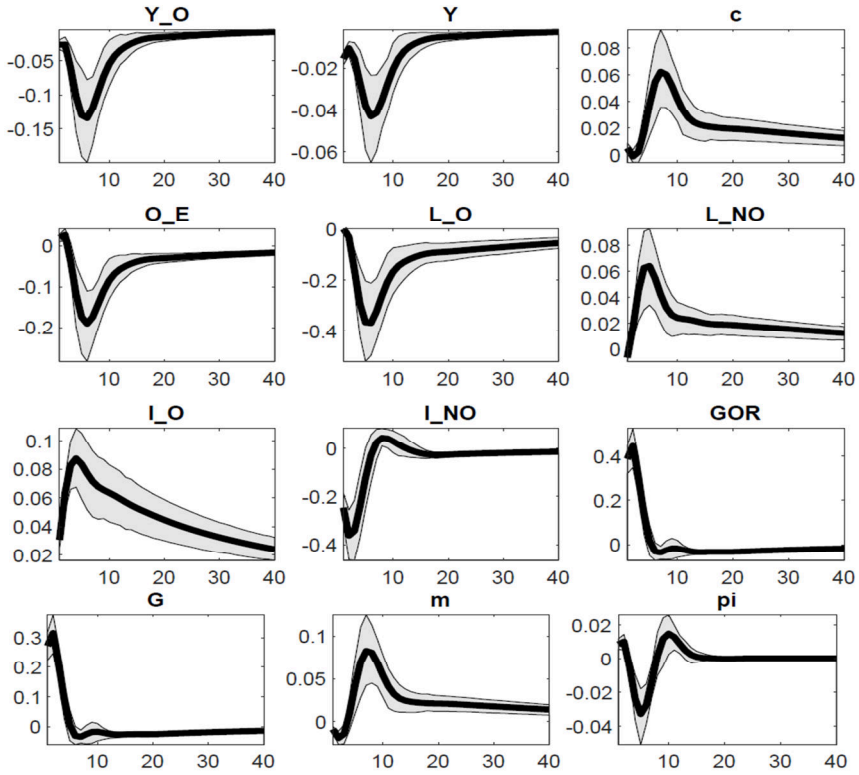
منبع: یافته‌های پژوهش

در نموار ۳ تأثیر تکانهٔ مثبت قیمت نفت در متغیرهای کلان اقتصادی قابل‌مشاهده است. براساس نتایج، تکانهٔ قیمت نفت موجب کاهش تولید نفت ایران خواهد شد. شاید از دلایل این امر دست‌یابی کافی به درآمدهای ارزی موردنیاز بودجه (به‌دنبال افزایش قیمت نفت) و هم‌چنین اولویت‌یافتن سیاست‌های تولید صیانتی از میادین و به‌تبع آن کاهش فشار به مخازن باشد. مطابق آن‌چه درمورد تکانهٔ تکنولوژی بیان شد، در این‌جا نیز به‌دلیل ورود منابع ارزی به کشور و به‌دنبال آن افزایش واردات و کاهش قدرت رقابتی تولیدکنندگان داخلی، تأثیر تکانهٔ قیمت نفت در تولید ناخالص داخلی غیرنفتی منفی بوده است. ازاین‌رو، تکانهٔ قیمت نفت موجب کاهش تولید ناخالص داخلی کل شده است. هم‌چنین، با وقوع یک تکانهٔ مثبت قیمت نفت، مصرف کل افزایش می‌یابد؛ زیرا به‌دلیل افزایش درآمدهای نفتی واردات کالاها افزایش می‌یابد و این موضوع موجب افزایش سطح مصرف در کشور خواهد شد. در این بین، واکنش اشتغال کل به تکانهٔ قیمت نفت مثبت بوده و موجب شده است که تا سه دوره اشتغال افزایش یابد و سپس تأثیر آن به‌آرامی تخلیه می‌شود. اگر اشتغال

را به‌تفکیک بخش نفت و غیرنفت بررسی کنیم، خواهیم دید که تکانهٔ مثبت قیمت نفت اشتغال نفتی را کاهش داده است که کاهش تولید نفت عامل اصلی کاهش اشتغال در بخش نفت بوده است. بااین‌حال، در بخش غیرنفتی اشتغال افزایش یافته است.

تکانهٔ مثبت قیمت نفت سرمایه‌گذاری در بخش نفتی را افزایش داده است؛ زیرا با افزایش قیمت نفت به‌دلیل بالارفتن منابع داخلی شرکت ملی نفت و صندوق توسعهٔ ملی (به‌منزلهٔ دو عامل تقویت‌کنندهٔ سرمایه‌گذاری در بخش نفت) سرمایه‌گذاری در بخش نفت افزایش می‌یابد. بااین‌حال، سرمایه‌گذاری در بخش غیرنفتی کاهش یافته است. در این‌جا نیز همان توضیحاتی که درمورد تأثیر تکانهٔ تکنولوژی تولید نفت در سرمایه‌گذاری غیرنفتی بیان شد، به‌دلیل افزایش واردات و کاهش قدرت رقابتی تولیدکنندگان داخلی، تولید غیرنفتی کم شده و این امر انگیزهٔ سرمایه‌گذاری بخش خصوصی را کاهش داده است. ضمن این‌که افزایش تورم جهانی و به‌تبع آن قیمت کالاهای سرمایه‌ای نیز می‌تواند از دلایل کاهش سرمایه‌گذاری‌ها در بخش غیرنفتی مطرح شود.

صادرات نفت، که از تولید نفت در کشور متأثر است، در واکنش به تکانهٔ مثبت قیمت نفت کاهش می‌یابد. در این بین، اگرچه صادرات نفت کاهش یافته، اما درآمدهای نفتی و مخارج دولت افزایش داشته است؛ زیرا کاهش صادرات با افزایش قیمت نفت جبران شده است. هم‌چنین، به‌دلیل افزایش درآمدهای نفتی ناشی از افزایش قیمت نفت، حجم پول افزایش یافته و این موضوع سبب شده است که واکنش متغیر تورم به تکانهٔ قیمت نفت، بعد از کاهش اولیه، مثبت شود.



نمودار ۳. توابع واکنش آنی تکانهٔ قیمت نفت

منبع: یافته‌های پژوهش

۵. نتیجه‌گیری

در مطالعهٔ حاضر تلاش شد که با طراحی یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی و مدل‌سازی بخش نفت تأثیرات تکانه‌های تکنولوژی و قیمت نفت در متغیرهای کلان اقتصادی ایران بررسی شود. نتایج تخمین مدل به‌روش بیزین نشان داد که وقوع تکانهٔ تکنولوژی تولید نفت و تولید ناخالص داخلی کل را افزایش می‌دهد، اما تولید ناخالص غیرنفتی کاهش می‌یابد که دلیل آن می‌تواند افزایش واردات ناشی درآمدهای نفتی و به‌تبع آن آسیب به تولیدات داخلی باشد. هم‌چنین، با وقوع این تکانه صادرات نفت و مصرف کل افزایش یافته است. در این بین، تأثیر تکانهٔ تکنولوژی در اشتغال و سرمایه‌گذاری به تفکیک‌بخشی حاکی است که این تکانه اشتغال بخش نفت را کاهش و سرمایه‌گذاری در این بخش را افزایش داده است. در بخش غیرنفتی عکس این حالت (اشتغال افزایش و

سرمایه‌گذاری) اتفاق افتاده است. ازاین‌رو، برآیند این متغیرها موجب شده است که اشتغال کل افزایش و سرمایه‌گذاری کل کاهش یابد. تکانهٔ تکنولوژی، درآمدهای نفتی، و مخارج دولت حجم پول را نیز افزایش داده، اما تورم اندکی کاهش یافته است.

در زمینهٔ تأثیرات تکانهٔ مثبت قیمت نفت نیز باید گفت که این تکانه تولید نفت را کاهش داده است که به دلایلی هم‌چون پی‌گیری سیاست تولید صیانتی از میادین و کاهش فشار به مخازن در زمانی‌که هدف درآمدی بودجه محقق شده است، می‌توان اشاره کرد. این تکانه مصرف کل را افزایش داده، اما به‌دلیل کاهش تولید نفت موجب کاهش صادرات آن شده است. در این‌جا نیز تولید ناخالص داخلی غیرنفتی در واکنش به تکانهٔ مثبت قیمت نفت کاهش یافته است. هم‌چنین، باوجود کاهش صادرات نفت، افزایش قیمت جهانی نفت درآمدهای دولت و به‌تبع آن مخارج را افزایش داده است. گفتنی است، به‌دلیل افزایش منابع ارزی بانک مرکزی ناشی از تکانهٔ مثبت قیمت نفت، حجم پول افزایش یافته که این امر تأثیری مثبت در تورم داشته است.

با درنظرگرفتن مجموع نتایج می‌توان گفت که مهم‌ترین پی‌آمدهای مثبت تکانهٔ تکنولوژی تولید نفت افزایش تولید ناخالص داخلی برپایهٔ رشد تولید نفت مبتنی‌بر ارتقای تکنولوژی، افزایش صادرات نفت، سرمایه‌گذاری نفتی، اشتغال کل، درآمدهای دولت، و کاهش تورم بوده است. هم‌چنین، پی‌آمدهای مثبت تکانهٔ قیمت نفت را می‌توان افزایش سرمایه‌گذاری بخش نفت، اشتغال کل، درآمدها، و مخارج دولت دانست. ازاین‌رو، باتوجه‌به نقش بسیار مهم تکانه‌های تکنولوژی در صنعت نفت و اقتصاد کلان، ارتقای تکنولوژی در این صنعت و هم‌چنین توجه به جنبه‌های توسعهٔ توان علمی و فنی صنعت باید در دستورکار قرار گیرد. تحقق این مهم موجب می‌شود که توسعهٔ صنعت نفت برپایهٔ تکنولوژی انجام شود و درجهت ایجاد شکوفایی در اقتصاد ملی گام اساسی برداشته شود. برای این منظور، استفاده از دانش شرکت‌های سازندهٔ تجهیزات نفتی، شرکت‌های خدماتی مشاوره‌ای، و شرکت‌های مهندسی و ساخت خارجی می‌تواند راه‌گشا باشد، کمااین‌که بسیاری از شرکت‌های بزرگ بین‌المللی راه‌برد خرید تکنولوژی از این شرکت‌ها را در پیش گرفته‌اند. البته قراردادهای نفتی نیز می‌توانند منشأ ورود تکنولوژی در صنعت نفت باشند، مشروط به این‌که ظرفیت‌های فنی برای جذب دانش عملیاتی در بخش بالادستی و آگاهی از دانش های بنیادین و وجود سازوکارهای مناسب برای ارتقای آن‌ها در کشور وجود داشته باشند.

درمقابل پی‌آمدهای منفی مشترک دو تکانهٔ تکنولوژی تولید و قیمت نفت کاهش سرمایه‌گذاری و تولید ناخالص داخلی غیرنفتی است که مهم‌ترین دلیل این امر افزایش واردات، ازبین‌رفتن قدرت رقابت تولیدکنندگان داخلی ناشی از ورود منابع ارزی به کشور، و مدیریت ناصحیح این منابع است. بنابراین، می‌توان گفت که درآمدهای نفتی نه‌فقط درجهت تقویت بخش غیرنفتی نبوده، بلکه موجب تضعیف آن شده و بیش‌ترین نقش را تأمین هزینه‌های دولت داشته است. بنابراین، پیش‌نهاد می‌شود که در دوره‌های افزایش درآمدهای نفتی این درآمدهای مازاد در صندوق توسعهٔ ملی ذخیره شود تا از پی‌آمدهای منفی وارد بر اقتصاد جلوگیری شود. ضمن این‌که اختصاص سهم بیش‌تری از منابع صندوق به بخش غیرنفتی باید مدنظر قرار گیرد تا از این طریق بخش غیرنفتی تقویت شود. اکنون حدود ۳۸ درصد از درآمدهای صندوق توسعهٔ ملی صرف اعطای تسهیلات به بخش بالادست نفت و گاز می‌شود و اگر تسهیلات اعطایی به پالایشگاه‌ها و پتروشیمی‌ها را به آن اضافه کنیم، سهم بخش نفت و گاز به بیش از ۶۰ درصد می‌رسد (عمدهٔ این تسهیلات به بخش دولتی و شبه‌دولتی مربوط است). این امر نشان می‌دهد که هدف اصلی تشکیل صندوق، یعنی تبدیل عواید ناشی از فروش نفت و گاز به ثروت‌های مولد و سرمایه‌های زایندهٔ اقتصادی و هم‌چنین تقویت بخش خصوصی، چندان موردتوجه قرار نگرفته و بازنگری اساسی در مدیریت این دارایی‌ها باید در اولویت قرار گیرد.

کتاب‌نامه

اصغرپور، حسین و زینب برادران خانیان (۱۳۹۷)، «اثرات نامتقارن درآمدهای نفتی بر کسری بودجهٔ دولت در ایران: رویکرد رگرسیون کوانتایل»، *بررسی مسائل اقتصاد ایران*، س ۵، ش ۲.

التجائی، ابراهیم و محمد ارباب افضلی (۱۳۹۳)، «بررسی تأثیرات نامتقارن شوک‌های قیمت نفت بر متغیرهای کلان اقتصادی ایران»، *بررسی مسائل اقتصاد ایران*، س ۱، ش ۱.

امیرقدسی و دیگران (۱۳۹۵)، «آسیب‌شناسی عدم توفیق توسعهٔ تکنولوژیک صنعت نفت ایران از طریق مطالعهٔ تطبیقی با کشور نروژ»، *مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی*، س ۶، پیاپی ۲۱.

پرمه، زورار و دیگران (۱۳۹۵)، «بررسی اثر تکانه‌های اقتصادی بر متغیرهای کلان بخش کشاورزی با استفاده از مدل تعادل عمومی پویای تصادفی»، فصل‌نامهٔ *پژوهش‌نامهٔ بازرگانی*، پیاپی ۸۰ .

توکلیان، حسین و مهدی صارم (۱۳۹۶)، *الگوهای DSGE در نرم‌افزار Dynare (الگوسازی، حل، و برآورد مبتنی‌بر اقتصاد ایران)*، تهران: پژوهشکدهٔ پولی و بانکی.

خیابانی، ناصر و حسین امیری (۱۳۹۳)، «جایگاه سیاست‌های پولی و مالی ایران با تأکید بر بخش نفت با استفاده از مدل‌های DSGE»، س ۱۴، پیاپی ۵۴.

درخشان، مسعود و عاطفه تکلیف (۱۳۹۴)، «انتقال و توسعهٔ فناوری در بخش بالادستی صنعت نفت ایران: ملاحظاتی در مفاهیم، الزامات، چالش‌ها و راه‌کارها»، پژوهش‌نامهٔ *اقتصاد انرژی ایران*، س ۴، پیاپی ۱۴.

دمیری، فاطمه و دیگران (۱۳۹۶)، «تأثیر تکانهٔ نفتی بر تراز تجاری و متغیرهای کلان اقتصاد ایران با استفاده از یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی»، فصل‌نامهٔ *مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، س ۶، پیاپی ۲۳.

صیادی، محمد و دیگران (۱۳۹۵)، «تکانه‌های تصادفی و مدیریت درآمدهای نفتی در ایران، رویکرد تعادل عمومی تصادفی پویا (DSGE)»، *پژوهش‌نامهٔ اقتصادی*، س ۱۶، پیاپی ۶۱.

عباسیان، عزت‌الله و دیگران (۱۳۹۶)، «اثرات غیرخطی درآمدهای نفتی بر رفاه اجتماعی در ایران»، فصل‌نامهٔ علمی ـ پژوهشی *رفاه اجتماعی*، س ۱۷، ش ۶.

کیانی، علی و دیگران (۱۳۹۸)، «تأثیر منشأ تکانه‌های قیمت نفت بر پویایی‌های اقتصاد کلان در یک کشور عمدهٔ صادرکنندهٔ نفت: یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی باز»، *تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، س ۱۰، پیاپی ۳۸.

منظور، داود و انوشیروان تقی‌پور (۱۳۹۴)، «تنظیم یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE) برای اقتصاد باز کوچک صادرکنندهٔ نفت: موردمطالعه ایران»، فصل‌نامهٔ *پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، س ۲۳، پیاپی ۷۵.

نادمی، یونس و هانیه صداقت کالمرزی (۱۳۹۷)، «بررسی اثر شوک‌های قیمتی نفت و تحریم‌های اقتصادی بر رژیم‌های بی‌کاری در ایران با استفاده از رهیافت مارکوف سوئیچینگ»، پژوهش‌نامهٔ *اقتصاد انرژی ایران*، س ۷، پیاپی ۲۶.

ولی‌بیگی، حسن و دیگران (۱۳۹۶)، «تحلیل اثر سیاست‌های پولی و مالی بر تجارت خارجی در ایران با رویکرد DSGE»، *پژوهش‌نامهٔ بازرگانی*، س ۲۱، پیاپی ۸۳.

Adolfson, M. et al. (2007), "Bayesian Estimation of an Open Economy DSGE Model with Incomplete Pass-Through", *Journal of International Economics*, vol. 72, no. 2.

Balke, N. S. and S. P. Brown (2018), "Oil Supply Shocks and the US Economy: An Estimated DSGE Model", *Energy Policy*, vol. 116.

Beckmann, J. et al. (2017), "The Relationship between oil Prices and Exchange Rates: Theory and Evidence", US Energy Information Administration Working Paper Series.

Bergholt, D. and V. Larsen (2016), "Business Cycles in an Oil Economy: Lessons from Norway", *Norges Bank Research*, vol. 16.

Bergholt, D. et al. (2019), "Business Cycles in an Oil Economy", *Journal of International Money and Finance*, vol. 96.

Bodenstein, M. et al. (2011), "Oil Shocks and External Adjustment", *Journal of International Economics*, vol. 83, no. 2.

Calvo, G. A. (1983), "Staggered Contracts and Exchange Rate Policy", in: *Exchange Rates and International Macroeconomics*, University of Chicago Press.

Chen, S. S. and H. C. Chen (2007), "Oil Prices and Real Exchange Rates", *Energy Economics*, vol. 29, no. 3.

Dai, M. and J. Xu (2017), "Firm-Specific Exchange Rate Shocks and Employment Adjustment: Evidence from China", *Journal of International Economics*, vol. 108.

Gali, J. and T. Monacelli (2005), "Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy", *The Review of Economic Studies*, vol. 72, no. 3.

Habib, M. M. et al. (2016), "Global Exchange Rate Configurations: Do Oil Shocks Matter?", *IMF Economic Review*, vol. 64.

Hou, K. et al. (2016), "Oil Price Shocks and Their Transmission Mechanism in an Oil-Exporting Economy: A VAR Analysis Informed by a DSGE Model", *Journal of International Money and Finance*, vol. 68.

Kamps, A. and R. Beck (2009), "Petrodollars and Imports of oil Exporting Countries", ECB Working Paper, no. 1012.

Khan, H. and J. Tsoukalas (2011), "Investment Shocks and the Comovement Problem", *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 35, no. 1.

Mukhtarov, S. et al. (2020), "The Effect of Oil Prices on Macroeconomic Variables: Evidence from Azerbaijan", *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 10, no. 1.

Oladunni, S. (2020), "Oil Price Shocks and Macroeconomic Dynamics in an Oil-Exporting Emerging Economy: A New Keynesian DSGE Approach", *CBN Journal of Applied Statistics*, vol. 11, no. 1.

Peiris, S. J. and M. Saxegaard (2010), "An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model for Monetary Policy Analysis in Mozambique", *IMF Staff Papers*, vol. 57, no. 1.

Salisu, A. A. et al. (2017), "Modelling Oil Price-Inflation Nexus: The Role of Asymmetries", *Energy*, vol. 125, no. c.

Tabarraei, M. H. R. et al. (2018), "Business Cycle with Bank Intermediation in Oil Economies", International Monetary Fund.

Zhao, L. et al. (2016), "The Effects of Oil Pricehocks on Output and Inflation in China", *Energy Economics*, vol. 53.

Zubair, A. (2019), *Multisector Small Open Economy DSGE Model for Oil Exporting Countries: The Case of Nigeria*, Doctoral Dissertation, Cardiff University.