

The Study of Green Tax Role on the Effectiveness of Monetary Policy in Iran's Economy with DSGE Approach

Maysam Nasrindoost¹

Mohammad Ali Falahi²

Ali Cheshomi³

Abstract

Pollution and climate change affect countries' economies, especially by reducing total productivity factors. For this reason, the green tax, as the most direct and transparent climate control policy, has attracted the attention of economic policymakers. On the other hand, today, the role of climate change in the success of central banks in implementing monetary policy is also focused on. As a result, the question is raised of whether the effectiveness of the monetary policy in controlling inflation and the production gap increases with the presence of green tax. To answer this question, the E-DSGE model was designed to take into account macroeconomic and climate policy considerations at the same time. The results showed that monetary policy reduces the production gap caused by the climate crisis and controls the resulting inflation. The duration of the implementation of monetary policy does not differ in the presence or absence of the green tax. However, in terms of quantity, in the case where there is a green tax, the monetary policy is more efficient. However, if the green tax rate is large enough, monetary policy is more efficient in terms of time and quantity..

Keywords: climate change; the effectiveness of the central bank's monetary policy; Green tax; ecological economics.

JEL Classification: C68, E12, Q54.

¹ Ph.D. Student in Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, m.nasrindoost@gmail.com

² Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran (Corresponding Author), falahi@um.ac.ir

³ Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, a.cheshomi@um.ac.ir

Introduction

There is a widespread belief that pollution and climate change have a negative impact on countries' economies. For this reason, climate change policies to reduce greenhouse gas concentrations (especially carbon dioxide) have received the attention of policymakers. Green taxation is considered the most direct and transparent approach for determining the price of greenhouse gas emissions. However, imposing taxes is not without costs and can cause significant changes in production and inflation. Hence, this study's question is whether monetary policy's effectiveness in controlling inflation and the output gap in Iran increases when green taxation is in place. Since climate change is long-term, it is expected that green taxation policy, by slowing down the long-term trend of climate change, can help the central bank control inflation through monetary policy. However, in the short term, it will put additional pressure on the general level of prices. As a result, the research hypotheses are: 1) the imposition of a green tax increases the effectiveness of monetary policy in controlling inflation in Iran, and 2) the imposition of a green tax increases the effectiveness of monetary policy in controlling the output gap in Iran. Although separate studies have examined "monetary policy" and "climate change policies" so far, our innovation is that these two types of policies were simultaneously examined for Iran's economy.

Methodology

We used an Environmental Dynamic Stochastic General Equilibrium (E-DSGE) model, a New Keynesian DSGE model with imperfect competition and nominal stickiness extended to include climate and monetary policy sectors. It was designed for Iran's economy, and the periods it takes for the central bank to control inflation and the output gap caused by climate change are compared under two scenarios (with and without a green tax). The model includes households, firms, government, and the central bank. According to the formal approach of "indirect inference," the criterion for selecting parameters is the consistency of the model's results with the theoretical foundations. After specifying the equations and selecting parameter values, the nonlinear equations system was run in Dynare software. The results were consistent with the micro-foundations of macroeconomic issues and indicated the model's reliability for further investigations.

Results and Discussion

Climate change introduces a shock to the entire system. In response to these conditions, if the central bank acts discretionary, the subsequent events cannot be predicted, and it is not the subject of the present study. However, if the central bank adheres to stabilizing growth and inflation, it will consider an expansionary monetary policy to compensate for the negative output gap. Climate change without a green tax decreases the total factors' productivity and return at a decreasing rate, resulting in a permanent reduction in investment, a sharp reduction in capital stock, and an almost permanent reduction in total production in the economy. In addition, a reduction in working hours, a reduction in wages, and, as a result, a reduction in consumption occur. In these circumstances, climate change is enough to incentivize officials, entrepreneurs, or other stakeholders to switch to clean energy. Thus, the reduction in energy consumption is compensated by the use of new and relatively (not absolutely) cheap energy. The expansionary monetary policy reduces interest rates, and savings are converted into consumption for reconstruction. This partially neutralizes the inflationary effects of the expansionary monetary policy. However, where there is also a green tax, the shape of the dynamics caused by climate change is similar to that of a system without a green tax. The range of dynamics of the interest rate, money base growth, and inflation rate (related to monetary policy) is almost the same as in the previous case. With or without a green tax, in any case, a rule-based monetary policy reduces the output gap and controls the inflation caused by the climate crisis. What is important is the length of time that a rule-based monetary policy achieves its goals. In the case of a 10% green tax or not, the duration of monetary policy implementation will not differ. In terms of quantity, a more efficient monetary policy is required for a green tax. According to these results, it seems that the research hypotheses cannot be rejected. Also, it seems that the importance of a rule-based monetary policy has been clarified once again. In other words, controlling recession and inflation after climate crises is added to the benefits of a rule-based monetary policy. As a result, it is recommended that the government has a climate control policy (by green tax) in the face of climate change.

فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد/ سال یازدهم/ شماره ۴/ زمستان ۱۴۰۳/ صفحات ۱۶۸-۱۳۱

بررسی نقش مالیات سبز بر اثربخشی سیاست پولی در اقتصاد ایران با رویکرد DSGE^۱

میثم نسرین دوست

دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه فردوسی مشهد، m.nasrindoost@gmail.com

محمدعلی فلاهی*

استاد گروه اقتصاد دانشگاه فردوسی مشهد، falahi@um.ac.ir

علی چشمی

استادیار گروه اقتصاد دانشگاه فردوسی مشهد، a.cheshomi@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۱

چکیده

آلودگی و تغییر اقلیم، به خصوص از مسیر کاهش بهره‌وری کل عوامل تولید، بر اقتصاد کشورها اثر گذار است. به همین دلیل مالیات سبز، به‌عنوان مستقیم‌ترین و شفاف‌ترین سیاست کنترل اقلیم، مورد توجه سیاست‌گذاران اقتصادی قرار گرفته است. از سوی دیگر، امروزه بر نقش تغییر اقلیم بر موفقیت بانک‌های مرکزی در اجرای سیاست پولی نیز تمرکز شده است. در نتیجه این سؤال طرح می‌شود که آیا هنگام وجود مالیات سبز، اثرگذاری سیاست پولی در کنترل تورم و شکاف تولید بیشتر می‌شود؟ برای پاسخ به آن، مدل E-DSGE طراحی شد تا بتواند همزمان به ملاحظات سیاست‌گذاری کلان اقتصادی و سیاست‌گذاری اقلیم توجه داشته باشد. نتایج نشان داد که سیاست پولی، شکاف تولید ناشی از بحران اقلیم را کاهش می‌دهد و تورم ناشی از آن را نیز کنترل می‌کند. مدت زمان اجرای سیاست پولی در حالت وجود یا نبود مالیات سبز تفاوتی ندارد. اما از نظر مقدار، در حالتی که مالیات سبز وجود دارد، سیاست پولی کارآمدتر است. با این حال، اگر نرخ مالیات سبز به اندازه کافی بزرگ باشد، سیاست پولی از نظر زمانی و مقداری کارآمدتر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، کارایی سیاست پولی، بانک مرکزی، مالیات سبز، اقتصاد اکولوژیکی.

طبقه‌بندی JEL: Q54, E12, C68.

^۱ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول در دانشگاه فردوسی مشهد است.

* نویسنده مسئول

۱-مقدمه

اعتقاد گسترده‌ای وجود دارد که آلودگی و تغییر اقلیم، بر اقتصاد کشورها اثر منفی می‌گذارد که برای نمونه می‌توان به آرمینن و منگاکی^۱ (۲۰۱۹)، عالم و عدیل^۲ (۲۰۱۹)، احمد و همکاران^۳ (۲۰۲۰)، پاندی و همکاران^۴ (۲۰۲۰)، این و ژانگ^۵ (۲۰۲۰)، موتینهو و همکاران^۶ (۲۰۲۰) و مندونکا و همکاران^۷ (۲۰۲۰) مراجعه کرد. به همین دلیل امروزه، سیاست‌های کنترل اقلیم^۸ جهت کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای (و به خصوص دی اکسید کربن) مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گرفته است. مالیات سبز به‌عنوان مستقیم‌ترین و شفاف‌ترین رویکرد برای تعیین قیمت انتشار گازهای گلخانه‌ای در نظر گرفته می‌شود (مک کیبینو همکاران^۹، ۲۰۱۷). با این حال، وضع مالیات، بدون هزینه نیست و می‌تواند از طریق افزایش هزینه تولید، تغییرات قابل توجهی در سطح تولید و تورم ایجاد کند. از این رو، سؤال تحقیق حاضر آن است که آیا هنگام وجود مالیات سبز، اثرگذاری سیاست پولی در کنترل تورم و شکاف تولید در ایران بیشتر می‌شود؟

از آن جایی که تغییرات اقلیم به خودی خود ماهیت بلندمدت دارد، انتظار آن است که سیاست مالیات سبز با کند کردن روند بلندمدت تغییرات اقلیم، بتواند کمک‌کننده بانک‌های مرکزی در کنترل تورم از طریق سیاست پولی باشد^{۱۰}. اما در کوتاه مدت، با افزایش هزینه‌های تولید، فشار مضاعفی بر افزایش سطح عمومی قیمت‌ها وارد می‌کند. در نتیجه، فرضیه‌های تحقیق عبارتند از: (۱) وضع مالیات سبز، اثرگذاری سیاست پولی در کنترل تورم در ایران را افزایش می‌دهد و (۲) وضع مالیات سبز، اثرگذاری سیاست پولی در کنترل شکاف تولید در ایران را افزایش می‌دهد.

¹ Arminen & Menegaki

² Alam & Adil

³ Ahmad et al.

⁴ Pandey et al.

⁵ Xin and Zhang

⁶ Moutinho et al.

⁷ Mendonça et al.

⁸ Climate Change Politics

⁹ McKibbin et al.

^{۱۰} ملکش و همکاران (۱۴۰۰) انواع فرآیندهایی که از طریق آن‌ها سیاست پولی متغیرهای کلان اقتصادی را متأثر می‌کند به خوبی دسته‌بندی و بررسی کرده‌اند.

برای بررسی صحت و سقم فرضیه‌های تحقیق، مدل تعادل عمومی پویای تصادفی زیست محیطی^۱ (E-DSGE) برای اقتصاد ایران طراحی می‌شود و تعداد دوره‌هایی که طول می‌کشد تا بانک مرکزی از طریق سیاست پولی بتواند تورم و شکاف تولید ناشی از بحران تغییر اقلیم را کنترل کند، تحت دو سناریو (وجود و نبود مالیات سبز) مقایسه می‌شود. اگرچه تاکنون مطالعاتی جداگانه به بررسی «سیاست پولی» و «سیاست‌های کنترل تغییرات اقلیم» پرداخته‌اند، اما برای اولین بار در مطالعه حاضر، بررسی همزمان این دو نوع سیاست برای اقتصاد ایران انجام خواهد شد.

طبق تبصره ۱ ماده ۳۸ قانون مالیات بر ارزش افزوده، مالیات سبز ۱ درصدی در اقتصاد ایران عنوان شده است (عامری و میری^۲، ۱۳۹۴). اما همین مالیات ۱ درصدی در ایران، منجر به کاهش ۱/۰۰۵ درصدی مصرف انرژی شده است (فروتان و همکاران^۳، ۱۴۰۰). بنابراین اگرچه موضوع وضع مالیات سبز در ایران دارای سابقه است و پیرامون اثرات آن بر اقتصاد مطالعاتی انجام شده است، اما آثار و برهم‌کنش‌های آن با سایر سیاست‌های اقتصادی مورد توجه نبوده است.

ساختار مقاله حاضر به این صورت است که در بخش دوم، مبانی نظری پژوهش ارائه می‌شود. در بخش سوم، پیشینه تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس، در بخش چهارم، روش تحقیق معرفی می‌شود. نتایج تجربی در بخش پنجم ارائه و بحث با جمع بندی و نتیجه‌گیری در بخش ششم به پایان می‌رسد.

۲- ادبیات موضوع

۲-۱- مبانی نظری

در مبحث توسعه پایدار، تابع رفاه اجتماعی به صورت تابعی صعودی از کل درآمد، ثبات اقتصاد کلان، سرمایه اجتماعی و سرمایه اکولوژیک در نظر گرفته می‌شود و با استفاده از این مبنای نظری، پایداری دقیق‌تر تعریف و تحلیل‌های رسمی از آن انجام می‌شود (باربیر^۴، ۱۹۸۷). همین نکته که کاهش سرمایه اکولوژیکی و بی‌ثباتی اقتصاد کلان، هردو باعث کاهش رفاه اجتماعی می‌شوند انگیزه‌ای برای بررسی همزمان موضوعات

¹ Dynamic Stochastic General Equilibrium

² Ameri & Miri (2015)

³ Forotan et al. (2021)

⁴ Barbier

سیاست‌های ثبات اقتصاد کلان و سیاست‌های کنترل تغییر اقلیم (به طور خاص در این مقاله، به ترتیب، سیاست پولی و سیاست مالیات سبز) است.

حداقل ۲ پایه نظری برای مطالعه همزمان این دو نوع سیاست وجود دارد (آنه^۱ (۲۰۲۳): ۱) نظریه کینزگرایی زیست محیطی^۲ و ۲) منحنی کوزنتس زیست محیط^۳ که در ادامه تشریح می‌شود.

۱-۱-۲- نظریه کینزگرایی زیست محیطی

معروف‌ترین اثر کینز و همچنین شکل‌دهنده تفکر اقتصادی کینز، نظریه عمومی اشتغال، بهره و پول است. دیدگاه اصلی کینز بر پایه شش نظریه مهم است که یکی از آن‌ها، نظریه ضریب سرمایه گذاری^۴ است. آن‌چه موجب ارتباط موضوعات اقلیمی با سیاست‌گذاری اقتصادی می‌شود، همین نظریه است. بر اساس نظریه ضریب سرمایه گذاری برای افزایش تولید ناخالص ملی باید سرمایه گذاری را افزایش داد. از نظر او در مورد سرمایه گذاری در حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار نیز صادق است: زمانی که سرمایه گذاری در فعالیت‌های حفاظت از محیط زیست افزایش می‌یابد، سلامت مردم بیشتر خواهد شد و آنها ثروت و درآمد بیشتری ایجاد می‌کنند. یا در جهت دیگر، سرمایه گذاری در منابع انرژی تجدیدپذیر یا ایجاد روش‌های صرفه جویی انرژی در تولید به کاهش هزینه‌ها و در نتیجه افزایش درآمد کمک می‌کند. این دیدگاه، کینزگرایی زیست محیطی نامیده می‌شود.

۲-۱-۲- نظریه منحنی کوزنتس زیست محیطی

از نظر اقتصاددانان کلاسیک، مشکل اصلی اقتصاد، کمبود منابع است. آن‌ها مشکل اقتصاد کشورها را کمبود در بهره برداری و استفاده از منابع طبیعی می‌دانستند. در نتیجه، زمانی که بیش از حد بر رشد اقتصادی متمرکز شود، از منابع طبیعی بیش از حد بهره برداری می‌گردد و در عین حال آلودگی در محیط زیست جمع می‌شود. در مقابل، هنگامی که مبحث توسعه اقتصادی، جای رشد اقتصادی را گرفت، این دیدگاه تشویق شد که اگر رشد اقتصادی با حفاظت از محیط زیست همراه نباشد، کیفیت

¹ Anh

² Environmental Keynesianism

³ Environmental Kuznets Curve

⁴ The Theory of Investment Multiplier

زندگی را کاهش می‌دهد. سیاست‌گذاران بر اساس رابطه محیط زیست و توسعه اقتصادی، مفهوم اقتصاد پایدار را تدوین کردند. یکی از تلاش‌ها در این جهت، منجر به ارایه مفهوم منحنی کوزنتس زیست محیطی (منحنی با شکل U معکوس) در سال ۱۹۹۱ شد. در مرحله اول توسعه، تغییر ساختار یک کشور از روستایی به شهری می‌تواند منجر به تخریب محیط زیست شود. این توسعه منجر به انتشار مقدار زیادی از گازهای گلخانه‌ای می‌شود. اما در دوره بعدی ساختار اقتصادی از تولیدی به سمت خدمات تغییر می‌کند و با رشد صنایع کم کربن می‌توان آلودگی‌ها را کاهش داد.^۱

بنابراین، تا حدود بیست سال پیش، روش‌های بررسی مسائل زیست محیطی در علم اقتصاد به این صورت بود که مسأله محیط زیستی را یک پیامد خارجی در نظر می‌گرفتند.^۲ اما دو اتفاق موجب جلب توجهات به اثرات متقابل اقلیم و اقتصاد شد: (۱) شکل‌گیری نظریه مکتب ادوار تجاری حقیقی^۳ (RBC) و الگوهای DSGE و (۲) بحران اقتصادی سال ۲۰۰۷-۲۰۰۸ که طرز فکری را تقویت کرد که تغییر اقلیم را برای ثبات و توسعه اقتصادی خطرناک می‌دید^۴ (ویکنز، ۲۰۰۸).

به همین دلایل، در سال‌های اولیه دهه ۲۰۱۰ مطالعات پیرامون رابطه متقابل تغییر اقلیم و اقتصاد کلان آغاز شد. دو مقاله آنجلوپوس^۵ (۲۰۱۰) و فیشر و اسپرینگبورن^۶ (۲۰۱۱) از اولین تحقیقاتی بودند که با استفاده از مدل DSGE رابطه انتشار گازهای گلخانه‌ای و چرخه‌های تجاری را بررسی کردند (امروزه مدل‌های DSGE که برای بررسی ملاحظات اقتصاد - اقلیم به کار می‌رود را E-DSGE^۸ می‌نامند). سپس، در سال ۲۰۱۶ موج تحقیقاتی با عنوان کلی اقتصاد کلان محیط‌زیست^۹ شکل گرفت (هاسلر^{۱۰} و

^۱ برای دیدن جزئیات بیشتر در این خصوص، فطرس و نسرین دوست (۱۳۸۸) را ببینید.

^۲ برای مطالعه بیشتر نظریه‌های مختلف در خصوص اثرات رشد اقتصادی بر محیط زیست برقی اسکویی و همکاران (۱۳۹۱) را ببینید.

^۳ Real Business-Cycle Theory

^۴ برای دیدن جزئیات بیشتر در خصوص بحران مالی سال ۲۰۰۷ و بروز نوسانات اقتصادی و ادوار تجاری تحویلی و همکاران (۱۴۰۰) را ببینید.

^۵ Wickens

^۶ Angelopoulos

^۷ Fischer & Springborn

^۸ Environmental DSGE

^۹ Environmental Macroeconomics

^{۱۰} Hassler et al.

همکاران، ۲۰۱۶). ادبیات موجود در حوزه رابطه متقابل اقلیم - اقتصاد به کانال‌هایی اشاره می‌کند که از طریق آنها گرم شدن تدریجی زمین می‌تواند نرخ رشد بالقوه اقتصاد را کاهش دهد. نادیده گرفتن این اثرات به طور بالقوه می‌تواند بانک‌های مرکزی را به قضاوت نادرست از ارزیابی شکاف تولید و فشار تورمی^۱ سوق دهد (برای جزئیات بیشتر باترن^۲ (۲۰۱۸) را ببینید). از سوی دیگر، در یک افق زمانی کوتاه‌تر، برخی رویدادهای شدید مرتبط با آب‌وهوا می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کل اقتصاد و تورم داشته باشد و مقامات سیاست پولی را ملزم به واکنش مناسب (بسته به واکنش تولید و تورم به این رویدادها) کند.

در عمل، بانک‌های مرکزی بسته به بزرگی بلای طبیعی و برآورد تأثیر آن بر شکاف تولید، واکنش‌های متفاوتی نسبت به بلایای طبیعی نشان داده‌اند. هاینن و همکاران^۳ (۲۰۱۶) دریافتند که رویدادهای آب و هوایی شدید در کشورهای در حال توسعه، اثر تورمی بزرگی دارد. این نتیجه توسط پارکر^۴ (۲۰۱۸) نیز تأیید شده است.

به همین دلایل، امروزه بر نقش تغییر اقلیم بر موفقیت بانک‌های مرکزی در اجرای سیاست پولی تمرکز شده است. برای روشن شدن موضوع، دو حالت زیر را در نظر بگیرید: (۱) هنگامی که هدف سیاست پولی، تحریک رشد اقتصادی است. اگر به هر دلیل، اقتصادی وارد رکود شده باشد، سیاست‌های طرف تقاضا و مشخصاً سیاست پولی سعی دارد تا ضمن توجه به کنترل تورم، شکاف تولید را کاهش دهد. در این وضعیت، سیاست پولی انبساطی موجب فشار برای افزایش تقاضای کالاها می‌شود (هنیف و همکاران^۵، ۲۰۱۹). بنابراین در کنار تحریک رشد اقتصادی، مصرف انرژی نیز افزایش می‌یابد و موجب انتشار CO₂ بیشتر می‌شود (کینگوان و همکاران^۶، ۲۰۲۰). به همین دلیل احمد و خطاک^۷ (۲۰۲۰) بیان می‌دارند که سیاست پولی فقط ابزار مهمی برای

^۱ برای بررسی شواهدی از آثار تورمی سیاست پولی در اقتصاد ایران، کتابفروش بدری و همکاران (۱۳۹۹) را ببینید.

^۲ Batten

^۳ Heinen et al.

^۴ Parker

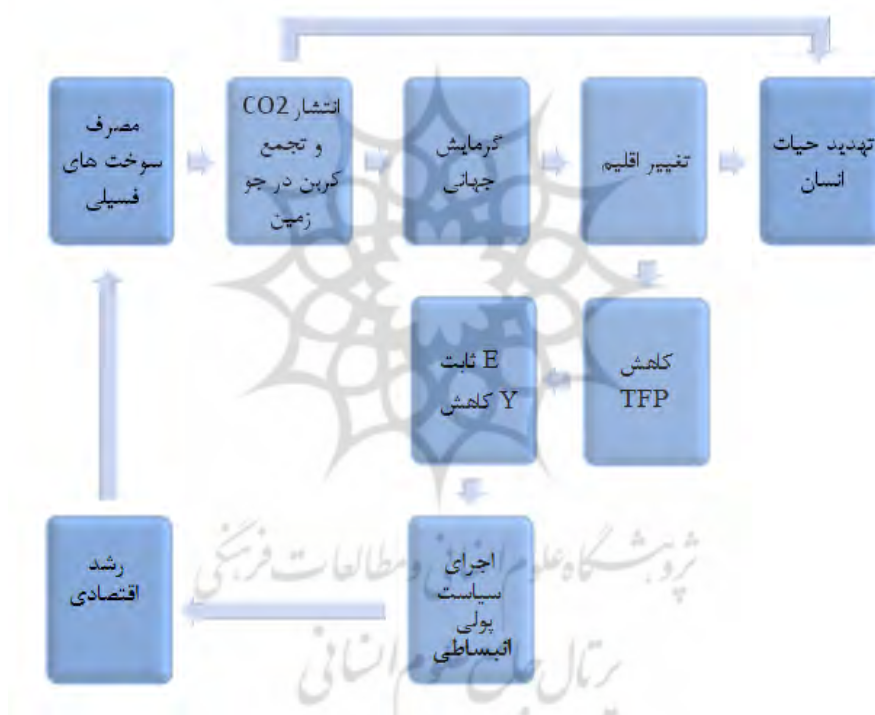
^۵ Hanif et al.

^۶ Qingquan et al.

^۷ Ahmad & Khattak

تحریک رشد اقتصادی نیست، بلکه وسیله سیاستی مهمی نیز برای کنترل انتشار CO₂ است.

۲) هنگامی که هدف سیاست پولی کنترل تورم است، وجود تغییرات اقلیم از مسیر کاهش بهره‌وری کل عوامل تولید، موجب می‌شود تا کنترل تورم توسط بانک‌های مرکزی، مستلزم اجرای سیاست پولی انقباضی شدیدتری باشد. به همین دلیل، هالکس و پازانوس^۱ (۲۰۱۶) به نقش مهم سیاست پولی در تغییر همزمان رشد اقتصادی و آلودگی زیست محیطی اشاره می‌کنند. برای نمونه، در شکل (۱) حالت ۱ ترسیم شده است.



شکل (۱): سیاست پولی انبساطی و تأثیر آن بر چرخه رشد اقتصادی-آلودگی

منبع: یافته‌های تحقیق

حال آشکار می‌شود که چگونه اثر سیاست پولی (چه در حالت کنترل تورم و چه در حالت تحریک رشد اقتصادی) به خاطر وجود چرخه منفی رشد اقتصادی - دی اکسید

¹ Halkos & Paizanos

کربن تضعیف می‌شود. به نظر می‌رسد اجرای همزمان سیاست پولی و سیاست کنترل اقلیم بتواند این چرخه بازخوردی منفی را تضعیف کند.

۲-۲- پیشینه تحقیق

مطالعات زیادی به بررسی موضوع مالیات سبز و کارایی سیاست پولی، به طور جداگانه، پرداخته‌اند. اما در نظر گرفتن همزمان ملاحظات مربوط به بخش پولی اقتصاد و محیط زیست، کمتر مورد توجه بوده است. به این دلیل، در بخش پیشینه تحقیق، فقط مرتبط‌ترین مطالعات انجام شده به صورت همزمان (و نه جداگانه) ذکر خواهد شد.

دیشو و کاردیزوا^۱ (۲۰۱۶) با استفاده از مدل E-DSGE به این نتیجه رسیدند که در واکنش به شوک بخش انرژی، وقتی سیاست مالیات کربنی وجود داشته باشد، رفاه اجتماعی بهبود می‌یابد. مک‌کبین و همکاران^۲ (۲۰۱۷) نتیجه می‌گیرند که برای دنیایی که دارای اقلیم مختل شده است، باید به تعامل بین سیاست اقلیم و سیاست پولی توجه شود. در نظر گرفتن هر سیاست به طور جداگانه می‌تواند منجر به نتایجی شود که در انزوا خوب به نظر می‌رسند اما در عمل، عملکرد ضعیفی دارند. آنیچاریکو و دی دیو^۳ (۲۰۱۷) ترکیب بهینه سیاست‌های زیست‌محیطی و پولی در یک مدل کینزی جدید را بررسی کردند. آن‌ها نشان دادند که واکنش بهینه اقتصاد به شوک بهره‌وری به طور اساسی به ابزارهایی که سیاست‌گذاران در دسترس دارند، بستگی دارد. چان^۴ (۲۰۱۹) با به کارگیری مدل E-DSGE، اثر شوک‌های نااطمینانی عرضه و تقاضای کالا را بر انتشار کربن بررسی کرد. از نقطه نظر رفاه اجتماعی، وقتی شوک‌های نااطمینانی ناشی از ترجیحات مصرف‌کننده است، مالیات کربنی بهتر است. کراگستراپ و امان^۵ (۲۰۱۹) نتیجه گرفتند که اگرچه ابزارهای مالی در خط مقدم کنترل تغییرات اقلیم هستند، اما باید با سیاست پولی تکمیل شوند. چان^۶ (۲۰۲۰) با روش E-DSGE سیاست‌های پولی و مالی را در ارتباط با انتشار کربن بررسی کرد. او به این نتیجه رسید که سیاست مالیات

¹ Dissou & Karnizova

² McKibbin et al.

³ Annicchiarico & Di Dio

⁴ Chan

⁵ Krogstrup & Oman

⁶ Chan

کربنی باید با سیاست پولی ترکیب شود. بولتن و همکاران^۱ (۲۰۲۰) بیان می‌دارند که بانک‌های مرکزی به منظور اجتناب از ریسک وظیفه دارند درک خود از ریسک‌های مرتبط با اقلیم را بهبود بخشند. چن و همکاران^۲ (۲۰۲۱) سیاست پولی را با لحاظ تغییرات اقلیم معرفی می‌کنند و سیاست ترکیبی جدید را «سیاست پولی سبز»^۳ یا «سیاست پولی تجمیع شده با اقلیم»^۴ می‌نامند. دکا و ولز^۵ (۲۰۲۱) نتیجه‌گیری می‌کنند که چون ریسک تغییر اقلیم می‌تواند مستقیماً بر مسئولیت‌های اصلی سنتی بانک‌های مرکزی تأثیر بگذارد، همه کشورها باید ریسک‌های فیزیکی و گذار مرتبط با اقلیم را در چارچوب سیاست‌های بانک مرکزی خود بگنجانند تا از بی‌ثبات مالی کلان جلوگیری کنند. براون^۶ (۲۰۲۱) مشخص می‌کند که چگونه خطرات مرتبط با اقلیم به سیستم مالی سرایت می‌کند و چرا بانک‌های مرکزی باید به آن توجه کنند. بلتز و همکاران^۷ (۲۰۲۲) نتیجه می‌گیرند که وضعیت استقلال بانک مرکزی در کنار رشد اقتصادی، اصلی‌ترین عوامل تعیین‌کننده انتشار آلودگی هستند. کونرات و ودریمارو^۸ (۲۰۲۲) نتیجه گرفتند که مالیات کربنی، تورم را به طور قابل ملاحظه افزایش نمی‌دهد. به ویژه، مطالعه آن‌ها به این نتیجه رسید که فشار تورم در کشورهایی با بانک مرکزی مستقل، کمتر است. کوناوتور و همکاران^۹ (۲۰۲۲) بیان می‌دارند که تدوین سیاست پولی نیز برای کنترل اقلیم بسیار با اهمیت است و به این نتیجه رسیدند که بانک‌های مرکزی باید، اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت شوک‌های عرضه ناشی از رویدادهای اقلیمی بر سطوح عمومی قیمت‌ها را در تدوین سیاست‌های خود در نظر بگیرند. کانزیش و کونرات^{۱۰} (۲۰۲۳) به بررسی اثر سیاست مالیات کربنی بر اقتصاد کشورهای اروپایی پرداختند. تجزیه و تحلیل آن‌ها دو یافته کلیدی را نشان داد: اول، مالیات کربنی با موفقیت انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد و دوم، سیاست پولی نقش مهمی در

¹ Bolton et al.

² Chen et al.

³ Green monetary policy

⁴ Climate-augmented monetary policy

⁵ Dikau & Volz

⁶ Braun

⁷ Bletsas et al.

⁸ Konradt & Weder di Mauro

⁹ Kunawotor et al.

¹⁰ Känzig & Konradt

کنترل اقلیم ایفاء می‌کند. یونوار و یلدان^۱ (۲۰۲۳) به این نتیجه رسیدند که اتخاذ سیاست پولی سبز می‌تواند توانایی بانک مرکزی را برای دستیابی به هدف خود یعنی ثبات قیمت بهبود بخشد. آنیچاریکو و همکاران^۲ (۲۰۲۳) به این نتیجه رسیدند که وجود سیاست پولی که به اندازه کافی به شکاف تولید یا تورم واکنش نشان می‌دهد، می‌تواند نوسانات انتشار آلودگی را کاهش دهد، نااطمینانی در مورد دستیابی به اهداف اقلیمی را کاهش دهد و تورم را تثبیت کند. کومار و مایتی^۳ (۲۰۲۴) نشان دادند که این کشورها نمی‌توانند رشد اقتصادی خود را به دلیل تأثیر نامطلوب افزایش دما بر بهره‌وری کل عوامل حفظ کنند. آن‌ها با استفاده از داده‌های سالهای ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ برای ۲۱ کشور نوظهور (از جمله ایران) به این نتیجه رسیدند که به طور متوسط یک درجه افزایش دما، باعث کاهش تقریباً ۳/۲۲ درصد TFP شده است.

تا آن جایی که جستجو برای ادبیات تحقیق نشان داده است، در بین مطالعات داخلی، تاکنون تلاش علمی برای بررسی همزمان سیاست پولی و سیاست‌های اقلیم (و به طور خاص سیاست مالیات سبز) صورت نگرفته است. با این حال، مطالعات زیر به تحقیق حاضر، بیشترین ارتباط را دارند.

ولیقی زاده^۴ (۱۳۹۸) بیان می‌دارد که تغییرات اقلیمی به صورت مستقیم و غیرمستقیم در زمینه‌های مختلفی اثر قابل توجهی تحمیل می‌نماید. قادری و همکاران^۵ (۱۳۹۹) به این نتیجه رسیدند که اجرای سیاست مالیات سبز بر کاهش انتشار آلاینده‌های زیست محیطی اثر گذار است. ستوده نیا و همکاران^۶ (۱۳۹۹) نشان دادند که همراه با افزایش نرخ مالیات سبز، اگر یک شوک مثبت بر تولید ناخالص داخلی وارد شود، از روند افزایش انتشار گازهای آلاینده کاسته می‌شود و به منظور کاهش انتشار گازهای آلاینده در فرایند رشد اقتصادی، باید نرخ مالیات سبز بیش از ۱۰ درصد اعمال شود. از نظر آن‌ها، در میان سناریوهای مورد بررسی، وضع مالیات سبز ۱۰ درصدی، بهترین سناریو جهت

^۱ Ünüvar & Yeldan

^۲ Annicchiarico et al.

^۳ Kumar & Maiti

^۴ Valighizadeh (2019)

^۵ Ghaderi et al. (2020)

^۶ Sotodeh nia et al. (2020)

افزایش رفاه اجتماعی است. پورمتمقی آلمانی و همکاران^۱ (۱۴۰۱) به رابطه یکی از متغیرهای کلیدی این تحقیق (بهره‌وری کل عوامل تولید) با بحران‌های اقتصادی و مالی و بلایای طبیعی می‌پردازند.

۳- روش تحقیق

برای بررسی صحت و سقم فرضیه‌های تحقیق، به روشی نیاز است که بتواند به صورت همزمان به اقتصاد و اقلیم توجه کند. تاکنون برای در نظر گرفتن این دو ملاحظه، آنچه در ادبیات سیاست‌گذاری اقتصادی و زیست محیطی رایج بوده است، در نظر گرفتن تغییر اقلیم به‌عنوان یک پیامد خارجی بوده است (گلو سوف و همکاران^۲، ۲۰۱۴). این روش بسیار ساده است و همین سادگی سبب شده که تاکنون (۱) ارتباط اقتصاد و اقلیم جداگانه بررسی شود و (۲) فقط به سیاست مالی برای اصلاح پیامد خارجی تغییر اقلیم توجه شود. بنابراین باید روشی انتخاب شود که ارتباط دو سوبه بین شرایط اقتصادی و تغییر اقلیم را لحاظ کند و همچنین فروض و تقسیم بندی‌های سنتی مربوط به وظایف سیاست پولی، مالی و زیست محیطی کنار گذاشته شود. چنین موضوعاتی در قالب یک مدل کلان اقتصادی-اکولوژیکی آشکار می‌شود. در نتیجه، به کارگیری یک مدل خاص از مجموعه مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی زیست محیطی (E-DSGE) مورد نظر پژوهش حاضر است. در واقع این الگو، مدل DSGE معمول کینزی جدید است که رقابت ناقص و چسبندگی اسمی در آن وجود دارد و به گونه‌ای بسط داده می‌شود که بخش‌های اقلیم و سیاست پولی در آن وارد شود.

۳-۱- خانوار

در الگوی کینزی جدید، فرض می‌شود خانوار عرضه کننده عوامل تولید و تقاضا کننده مصرف و دارایی‌های مالی است. عوامل تولید شامل نیروی کار و سرمایه و دارایی‌های مالی نیز شامل نگهداری مانده حقیقی پول و اوراق قرضه در نظر گرفته می‌شود. همچنین فرض می‌شود که ترجیحات خانوارها، همگن است و خانوار عمر نامحدود دارد. فرض می‌شود که خانوارها مطلوبیت انتظاری تنزیل شده طول عمر خود را به صورت زیر بیشینه می‌کنند:

¹ Pourmotaghi et al. (2021)

²² Golosov et al.

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(c_t, 1 - L_t, m_t) \quad (۱)$$

در این رابطه، E_0 عملگر انتظارات عقلایی، β^t عامل تنزیل که $0 < \beta^t < 1$ ، c_t مصرف خانوار، L_t ساعات کار و m_t مانده حقیقی پول خانوار است. $U(\cdot)$ را تابع مطلوبیتی به شکل تبعی کولی و پروسکات^۱ (۱۹۹۵) در نظر می‌گیریم. این تابع، تصریح لگاریتمی زیر دارد:

$$U(c_t, 1 - L_t, m_t) = \gamma_1 \text{Log} c_t + \gamma_2 \text{Log}(1 - L_t) + (1 - \gamma_1 - \gamma_2) \text{Log} m_t \quad (۲)$$

که γ_1 و γ_2 پارامترهای استاندارد ترجیحات هستند. در نظر گرفتن این شکل تابع مطلوبیت، سبب می‌شود تا ضمن این که خواص و ویژگی‌هایی که در بالا به آن اشاره شد، حفظ شده و محاسبات نیز ساده‌تر باشد. قید بودجه اسمی خانوار نیز عبارت است از:

$$(1 + \tau_t^c) p_t c_t + p_t I_t + B_t - B_{t-1} + M_t - M_{t-1} = (1 - \tau_t^l)(p_t w_t L_t) + (1 - \tau_t^k)(r_t - \delta) p_t k_{t-1} + p_t g_t^{tr} \quad (۳)$$

که در اینجا: τ_t^c نرخ مالیات بر مصرف خصوصی $0 \leq \tau_t^c < 1$ ، τ_t^k نرخ مالیات بر درآمد حاصل از کار $0 \leq \tau_t^k < 1$ ، τ_t^l نرخ مالیات بر درآمد فیزیکی، B_t اوراق قرضه دولتی، M_t پول نگهداری شده، r_t نرخ بازدهی سرمایه، w_t دستمزد هر ساعت کار، L_t ساعات کار، r_t نرخ بهره، δ نرخ استهلاک سرمایه و g_t^{tr} پرداخت‌های انتقالی یکجای پرداخت شده به خانوار است. بنابراین قید بودجه حقیقی مصرف کننده عبارت است از:

$$(1 + \tau_t^c) c_t + k_t - k_{t-1} + m_t - \left(\frac{1}{\pi_t}\right) m_{t-1} + b_t = (1 - \tau_t^l)(w_t L_t) + (1 - \tau_t^k)(r_t - \delta) k_{t-1} + \left(\frac{b_{t-1}}{\pi_t}\right)(1 + r_t) + g_t^{tr} \quad (۴)$$

فرض می‌شود که تمامی درآمد مالیاتی دولت، به شکل پرداخت‌های انتقالی یکجا به مصرف کننده بر می‌گردد. به این ترتیب، مدل ساده سازی شده و نیازی به در نظر

^۱ Cooley & Prescott

گرفتن پیچیدگی‌های خاص در شرایط بخش دولت نیست. همچنین سرمایه فیزیکی به این شکل تعریف می‌شود:

$$k_t = (1 - \delta)k_{t-1} + I_t \quad (5)$$

که I سرمایه گذاری انجام شده و δ نرخ استهلاک سرمایه است.

۳-۲- بنگاه‌ها

فرض می‌شود که N بنگاه وجود دارد که کالای واسطه‌ای تولید می‌کنند و یک بنگاه هم کالای نهایی تولید می‌کند. بازار کالاهای واسطه‌ای رقابت ناقص و بازار کالای نهایی، رقابت کامل است. بازار عوامل تولید و بخصوص انرژی رقابتی فرض می‌شود.

۳-۲-۱- بنگاه تولید کننده کالای نهایی

مطابق تابع تولید معرفی شده توسط دگزیت و استگلitz^۱ (۱۹۷۷) تولید کننده، کالای نهایی (y_t) را با استفاده از $y_{t,j}$ کالای واسطه‌ای تولید می‌کند به طوری که داریم:

$$y_t = \left[\sum_{j=1}^N (y_{t,j})^{\frac{\xi-1}{\xi}} \right]^{\frac{\xi}{\xi-1}}, j=1,2,\dots,N \quad (6)$$

در رابطه بالا $\xi > 1$ کشش جانشینی بین کالاهای واسطه‌ای است. همچنین فرض می‌شود که $\sum_{j=1}^N \lambda_j = 1$ است. پارامتر ξ نشان دهنده مارک-آپ است.

۳-۲-۲- بنگاه تولید کننده کالای واسطه‌ای

فرض می‌شود هر کدام از N بنگاه واسطه‌ای، تابع تولید $y_{t,j} = A_t F(L_t, K_t, E_t)$ را دارند که در آن A_t بهره‌وری کل عوامل تولید و L_t ، K_t و E_t به ترتیب نهاده‌های سرمایه، نیروی کار و انرژی (سوخت‌های فسیلی) هستند^۲. این تابع شرایط زیر را دارد:

$$F_L > 0, F_K > 0, F_E > 0, F_{LL} < 0, F_{KK} < 0, F_{EE} < 0 \quad (7)$$

شکل تبعی کاب-داگلاس می‌تواند شرایط بالا را داشته باشد، بنابراین:

$$y_{t,j} = \widehat{A}_t k_{t,j}^{\alpha_1} L_{t,j}^{\alpha_2} E_{t,j}^{1-\alpha_1-\alpha_2} \quad (8)$$

^۱ Dixit & Stiglitz

^۲ در واقع بیشتر مطالعات با روش DSGE به متغیر بهره‌وری کل عوامل تولید و اثر تکنانه‌های آن بر تولید تأکید کرده‌اند. برای نمونه عطار و همکاران (۱۳۹۸) را ببینید.

$\widehat{A}_t$ بهره‌وری کل عوامل تولید تعدیل شده است که بعداً در مورد آن توضیح داده خواهد شد. هر بنگاه با این هزینه روبرو است:

$$C_{t,j} = w_t L_{t,j} + r_t K_{t,j} + (1 + \tau_t^e) p_t^e E_{t,j} \quad (9)$$

در رابطه بالا τ_t^e نرخ مالیات سبز است که بر هر واحد از مصرف انرژی وضع می‌شود.

۳-۲-۳- بخش تولیدکننده انرژی

برای سادگی الگو، فرض می‌شود که فقط یک بنگاه تولید کننده انرژی وجود دارد که از سوخت فسیلی برای تولید انرژی استفاده می‌کند. این بنگاه که محصول خود (یعنی انرژی) را به سایر بنگاه‌های واسطه‌ای می‌فروشد، دارای تابع سود اسمی زیر است:

$$D_t^e = \sum_{s=0}^t \beta^s (P_s^e - C^e) E_s \quad (10)$$

که p_s^e قیمت نسبی هر واحد انرژی و C^e هزینه تولید یک واحد انرژی (برای سادگی ثابت فرض می‌شود)، S_0 ذخیره محلی سوخت فسیلی و E_s واحدهای انرژی فروخته شده است. می‌توان رابطه بالا را به صورت تابع سود حقیقی زیر نوشت:

$$d_t^e = \sum_{s=0}^t \beta^s (p_s^e - c^e) E_s \quad (11)$$

$$\sum_{s=0}^t E_s \leq S_0 \quad (12)$$

۳-۳- اقلیم، گازهای گلخانه‌ای، تغییرات دمای جهان و تابع خسارت^۱

همانطور که در تابع تولید مشاهده گردید به جای بهره‌وری کل عوامل تولید (A) از مقدار تعدیل یافته آن $(\widehat{A}_t)$ استفاده شد. در واقع داریم:

$$\widehat{A}_t \equiv e^{-\varphi(T_t - T_0)} A_t \quad (13)$$

که در رابطه بالا، T_t متوسط دمای فعلی جهان و T_0 متوسط دمای جهان قبل از انقلاب صنعتی است.

حالا باید رابطه بالا، ساده سازی شود. برای این کار از روشی که اخیراً در ادبیات اقلیم توسعه یافته، استفاده می‌شود. در این روش که توسط براک و ژپادیس^۲ (۲۰۱۷) استفاده شده است، به جای آن که انتشار CO_2 به تجمع کربن مرتبط شود و سپس

^۱ اطلاعات این بخش بیشتر مربوط به رشته اکولوژی است ولی برای تکمیل الگوی تحقیق حاضر لازم است. برای دانستن اطلاعات بیشتر (2014) Pierrehumbert را مطالعه کنید.

^۲ Brock & Xepapadeas

تجمع کربن به تغییرات دما ربط داده شود، مستقیماً انتشار CO_2 به تغییرات دما متصل می‌شود. این روش را واکنش کربن - اقلیم^۱ (CCR) می‌نامند. در واقع CCR بیانگر تغییر خالص دما به ازای یک واحد انتشار CO_2 است. مقدار CCR تقریباً ثابت فرض می‌شود و از روی داده‌های تاریخی تغییرات دما و کربن برآورد می‌شود. رابطه دما- CO_2 که در بالا توضیح داده شد را واکنش اقلیم گذرا به انتشار CO_2 یا $TCRE$ ^۲ هم می‌نامند. عدد $TCRE$ را با Δ نشان می‌دهند. بر اساس مطالعه مک دوگال^۳ (۲۰۱۶) بهترین برآوردی که از Δ شده است حدوداً بین ۰/۸ تا ۲/۵ درجه سانتیگراد به ازای هر تن کربن است. رایج است که مقدار Δ را با سناریوهای قوی (۱/۷) و متوسط (۰/۵) و مقدار ψ را متوسط (۰/۵) در نظر می‌گیرند (لدو و همکاران^۴ (۲۰۱۶) و نوردهاوس^۵ (۲۰۰۸) را ببینید).

۴-۳- دولت

در الگوهای کینزی جدید که در آن‌ها دولت وجود دارد، قید بودجه دولت بر حسب مقادیر اسمی به این شکل بیان می‌شود:

$$B_t - B_{t-1} + M_t - M_{t-1} + p_t \tau_t^c c_t + \tau_t^K (p_t r_t k_{t-1}) + \tau_t^L (p_t w_t L_t) + p_t \tau_t^E E_t = r_{t-1} b_{t-1} + p_t g_t^{tr} \quad (۱۴)$$

که $B_t - B_{t-1}$ اوراق قرضه منتشر شده جدید، $M_t - M_{t-1}$ انتشار پول جدید، $p_t \tau_t^c c_t$ درآمد ناشی از مالیات بر مصرف، $\tau_t^K (p_t r_t k_{t-1})$ درآمد ناشی از مالیات بر سرمایه، $\tau_t^L (p_t w_t L_t)$ درآمد ناشی از مالیات بر درآمد حاصل از کار، $E_t p_t \tau_t^E$ درآمد ناشی از مالیات سبز، $r_{t-1} b_{t-1}$ سود پرداختی به اوراق قرضه دوره قبل و $p_t g_t^{tr}$ مخارج پرداخت‌های انتقالی از طرف دولت است. برای سادگی مدل فرض می‌شود که تمام درآمدهای مالیاتی فوق، به صورت یکجا و در قالب پرداخت‌های انتقالی به مصرف کننده بر می‌گردد.

۵-۳- بانک مرکزی و سیاست پولی

همانطور که می‌دانیم، قاعده پولی بانک مرکزی (یا قاعده سیاست پولی) رابطه‌ای است که بر اساس آن، بانک مرکزی نسبت به نوسان در شرایط اقتصاد واکنش می‌دهد. در این

^۱ Carbon-climate response

^۲ Transient climate response to CO_2 emissions

^۳ MacDougall

^۴ Leduc et al.

^۵ Nordhaus

رابطه، متغیر سمت چپ را ابزار سیاست پولی می‌نامند که بیشتر نرخ بهره اسمی (R_t) و در برخی از اقتصادها (مانند اقتصاد ایران) پایه پولی است. دقیق تر این که به طور کلی دو قاعده معروف در این زمینه وجود دارد: قاعده فلداشتاین و استاک^۱ (۱۹۹۴) و قاعده مک‌کالم^۲ (۱۹۸۷). در اولی ابزار پولی بانک مرکزی حجم پول (M_2) و در دومی نرخ رشد پایه پولی است. اما قاعده مک‌کالم، معروف تر و کاربردی تر است (توکلیان و صارم، ۱۳۹۸) و به همین دلیل در این مقاله از این قاعده استفاده می‌شود:

$$\dot{M}_t = \rho_M \dot{M}_{t-1} + (1 - \rho_M) \{ \phi^\pi (\pi_t - \bar{\pi}) + \phi^y (y_t - \bar{y}) \} \quad (15)$$

در اینجا $\bar{\pi}$ ، $\bar{y}$ مقادیر هدف و ϕ^π ، ϕ^y ضرایب واکنش سیاست پولی هستند. در این رابطه، $\dot{M}_t$ نرخ رشد پایه پولی امسال است که به سه عنصر: نرخ رشد پایه پولی دوره قبل (با ضریب ρ_M)، شکاف تورم و شکاف تولید واکنش می‌دهد.

از طرف دیگر، قاعده‌ای را که بانک مرکزی از طریق آن به شکاف تولید و تورم واکنش می‌دهد، باید با یک شوک تصادفی همراه کرد. در غیر این صورت مدل نمی‌تواند حالت تصادفی بودن خود را حفظ کند. پس:

$$\dot{M}_t = \rho_M \dot{M}_{t-1} + (1 - \rho_M) \{ \phi^\pi (\pi_t - \bar{\pi}) + \phi^y (y_t - \bar{y}) \} + \varepsilon^M \quad (16)$$

اگر $\rho_M = 1$ باشد، یعنی بانک مرکزی در مواجهه با نوسانات تولید و تورم، کاملاً صلاح‌دید عمل می‌کند. این مقدار برای اقتصاد ایران برابر واحد نیست اما مقدار نزدیک به یک دارد. شاه‌حسینی و بهرامی (۱۳۹۲)، این مقدار را ۰/۸۹ محاسبه کردند و محمدی و باقری پرمهر (۱۳۹۴) این مقدار را برابر ۰/۸۶ در نظر گرفتند.

۴- تحلیل‌های تجربی

همانطور که در بخش قبل مشاهده شد، الگوی مورد استفاده در این مقاله، شامل خانوار، بنگاه، دولت و بانک مرکزی است. تعادل این الگو موضوع بخش حاضر است.^۳

^۱ Feldstein & Stock

^۲ McCallum

^۳ خواننده گرامی می‌تواند در صورت لزوم معادلات تعادلی الگو را از طریق پست الکترونیکی نویسنده اول، درخواست نماید. همچنین، سیستم معادلات مورد استفاده در این پژوهش در پیوست مقاله قابل مشاهده است.

۴-۱- وضعیت پایدار

در حالت پایدار^۱، تغییرات اقلیم وجود ندارد ($\Lambda = 0$) و شوک‌های مربوط به بهره‌وری نیز وجود ندارد ($\varepsilon^A = 0$). از آن جایی که در حالت ایستا، در وضعیت تعادلی هستیم، پس $\pi_t = \bar{\pi}$ و $y_t = \bar{y}$ است و در نتیجه به سیاست گذاری پولی هم نیازی نیست. همچنین از آن جایی که موضوع تغییرات اقلیم مطرح نیست، نیازی هم به سیاست مالیات سبز وجود ندارد ($\tau_t^E = 0$). درنهایت در حالت ایستا، چسبندگی قیمت هم موضوعیت ندارد ($\frac{\xi-1}{\xi} = 1$).

۴-۲- کالیبراسیون پارامترهای الگو

برای مقداردهی (کالیبراسیون) به پارامترها دو راه وجود دارد: برآوردهای اقتصادسنجی و یا مقداردهی بر اساس مطالعات قبلی. طبق بحث کنوا^۲ (۲۰۰۷)، مقداردهی پارامترها به استفاده از روش‌های اقتصادسنجی برای محاسبه آن‌ها، اولویت دارد. زیرا هدف پژوهش در الگوی DSGE توضیح واقعیت اقتصادی از طریق بررسی پویایی الگو است و مقداردهی، یک راهبرد برای یافتن خواص پویایی اقتصاد است. از طرف دیگر، برآوردهای اقتصادسنجی ممکن است موجب بروز مشکل تکینگی تصادفی^۳ شود؛ زیرا در الگوهای DSGE تعداد معادلات زیاد است و کل اقتصاد را شامل می‌شود، پس تعداد متغیرهای کنترل^۴، بیشتر از متغیرهای وضعیت است (برای جزئیات بیشتر، توکلیان و صارم (۱۳۹۸) را ببینید). همچنین روتمبرگ و وودفورد^۵ (۱۹۹۷)، یک رویکرد رسمی که به نام «استنتاج غیرمستقیم»^۶ معروف است را بنیان گذاشتند. در این رویکرد، ملاک انتخاب پارامترها، مطابقت نتایج الگو با مبانی نظری است. فلسفه وجودی این روش، آن است که استخراج مقادیر پارامترهای سیاستی از طریق داده‌ها ممکن نیست (مثلاً تابع سیاستی بانک مرکزی مشخص نیست) لذا مقادیر مربوط به این پارامترها به گونه ای انتخاب می‌شود که نتایج حاصل از الگو، با نظریه‌های خرد پایه اقتصاد کلان همخوانی

^۱ Steady state

^۲ Canova

^۳ stochastic singularity problem

^۴ متغیرهایی که به منظور حصول اطمینان از اینکه آیا روی روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته تأثیر دارند یا خیر، ثابت نگه داشته می‌شوند.

^۵ Rotemberg & Woodford

^۶ Indirect Inference

داشته باشد. در این مقاله، هر یک از پارامترها بر اساس مطالعات مرتبط تعیین می‌شود که در جدول (۱) خلاصه شده‌اند. درخصوص انتخاب چند پارامتر، لازم است نکاتی مطرح شود:

جدول (۱): مقادیر پارامترهای مقداردهی شده الگو

پارامتر	شرح	مقدار	منبع
β	عامل تنزیل	۰/۹۸	مطالعات ذکر شده در متن
δ	نرخ استهلاک سرمایه	۰/۰۳۲	
ρ_A	ضریب خودهمبستگی شوک بهره وری	۰/۷۳	
γ_1	پارامتر مصرف در تابع مطلوبیت	۰/۱۳۸۹	رئیزی و همکاران (۱۳۹۶) صباغ کرمانی و همکاران (۱۳۸۹)
γ_2	پارامتر فراغت در تابع مطلوبیت	۰/۳۹۸۶	
$1 - \gamma_1 - \gamma_2$	پارامتر مانده حقیقی پول در تابع مطلوبیت	۰/۴۶۲۵	
α_1	کشش تولیدی سرمایه	۰/۴۲۶	اسلاملوئیان و استاذزاد (۱۳۹۵)
α_2	کشش تولیدی نیروی کار	۰/۲۲۱	
$1 - \alpha_1 - \alpha_2$	کشش تولیدی انرژی	۰/۳۵۳	
ξ	درجه چسبندگی قیمت	۷	صباغ کرمانی و همکاران (۱۳۸۹)
τ^c	نرخ مالیات بر مصرف	۰/۰۹	محاسبات تحقیق
τ^L	نرخ مالیات بر درآمد حاصل از کار	۰/۱	
$\emptyset^\pi$	اهمیت بانک مرکزی به هدف تورمی	-۱/۵۴۸	کاویانی (۱۴۰۰)
$\emptyset^\gamma$	اهمیت بانک مرکزی به هدف تولید	-۱/۷	
Λ	حساسیت اقلیم	۱/۷	لدو و همکاران ^۱ (۲۰۱۶)
ψ	کشش خسارت در تابع تولید	۰/۵	نوردواس ^۲ (۲۰۰۸)
ρ_M	ضریب خودهمبستگی سیاست پولی	۰/۸۶	محمدی و باقری پرمهر (۱۳۹۴)

منبع: یافته‌های تحقیق

۳-۴- نتایج حاصل از الگو

پس از آن که تصریح معادلات الگو مشخص شد و مقادیر پارامترها انتخاب شد، سیستم معادلات (پیوست مقاله) به همراه مقادیر پارامترها در قالب یک فایل متنی^۳ پیکربندی

^۱ Leduc et al.

^۲ Text file

^۳ M-code

می‌شود. در مرحله بعد، متن حاوی متغیرها، معادلات و دستورات، در برنامه نرم افزاری داینر^۱ اجرا می‌شود. در این مطالعه، از آخرین نسخه برنامه داینر (Dynare 5.4) استفاده شده است. مقادیر متغیرها در شرایط با ثبات، در جدول (۲) خلاصه شده است.

جدول (۲): مقادیر متغیرها در شرایط با ثبات

متغیر	مقدار	نسبت به $\bar{y}$
π	۰	
$\overline{gtr}$	۰	
$\bar{m}$	۴۴/۳	
$\bar{p}^e$	۲/۴	
$\bar{w}$	۰/۶	
$\bar{r}$	۰/۰۵۱	
$\bar{E}$	۰/۱۳	
$\bar{l}$	۰/۶۸	
$\bar{k}$	۷/۳	۸/۳
$\bar{I}$	۰/۳۳۴	۰/۲۶۶
$\bar{c}$	۰/۶۵	۰/۷۳۸
$\bar{y}$	۰/۸۸	۱
$\bar{A}$	۱	

منبع: یافته‌های تحقیق

مطابق با جدول بالا، خانوارها، ۶۸ درصد موهبت زمان در اختیار خود را صرف کار می‌کنند. همچنین، آن‌ها حدود ۷۴ درصد درآمد خود را مصرف و ۲۶ درصد بقیه را پس انداز می‌کنند. موجودی سرمایه ۸ برابر سطح تولید تعادلی است. همچنین طبق رابطه مبادله $(M.V=P.Y)$ ، سرعت گردش پول $V = \frac{Y}{m} = \frac{100}{44.3} = 1/98$ آشنا (۱۴۰۲) میانگین سرعت گردش پول را در اقتصاد ایران در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۷ برابر با ۱/۸۹ برآورد کرده است. در یک مطالعه دیگر، عزیزی (۱۳۸۲) به میانگین ۲/۱ برای دوره زمانی ۱۳۴۰ تا ۱۳۷۷ رسیده بود. این نزدیکی مقادیر برآورد شده با مقدار به دست آمده در این پژوهش، اطمینان بخش احتمال درستی نتایج است. همچنین، این نتایج با پایه‌های خرد موضوعات کلان

^۱ Dynare

اقتصادی سازگاری دارد. این نکات، بیانگر قابل اعتماد بودن الگو برای بررسی‌های بعدی است.

ایجاد تغییرات اقلیمی ($\Delta = 1/7$)، شوکی را به کل سیستم وارد می‌کند که در شکل (۱) به تصویر درآمده است. در واکنش به این شرایط، اگر بانک مرکزی کاملاً صلاح‌دیدی عمل کند، اتفاقات بعدی قابل پیش بینی نیست، و موضوع پژوهش حاضر هم نیست. اما اگر بانک مرکزی، حداقل تا حدی که در معرفی مدل و در قالب پارامتر ρ_M به آن اشاره شد، به تثبیت رشد و تورم پایبند باشد، برای جبرأت شکاف منفی تولید، سیاست پولی انبساطی در نظر می‌گیرد. این سیاست، ابتدا شدید و سپس با وضعیت کاهنده، تا حدود ۱۰ دوره ادامه می‌یابد. اجرای سیاست پولی انبساطی برای خروج از رکود ناشی از وقوع تغییرات اقلیمی ممکن است موجب کم شدن شکاف منفی تولید می‌شود، اما تورم ایجاد می‌کند. با این حال، به طوری که در شکل (۲) قابل مشاهده است، تورم در دوره اول فقط حدود ۰/۵ درصد افزایش می‌یابد و با سرعت زیاد در کمتر از ۱۰ دوره، حذف می‌شود.^۱ در ادامه نرخ بهره کاهش می‌یابد و پس اندازه‌ها به مصرف (جهت بازسازی) تبدیل می‌شود. همین موضوع بخشی از آثار تورمی ناشی از اجرای سیاست پولی انبساطی را خنثی می‌کند.

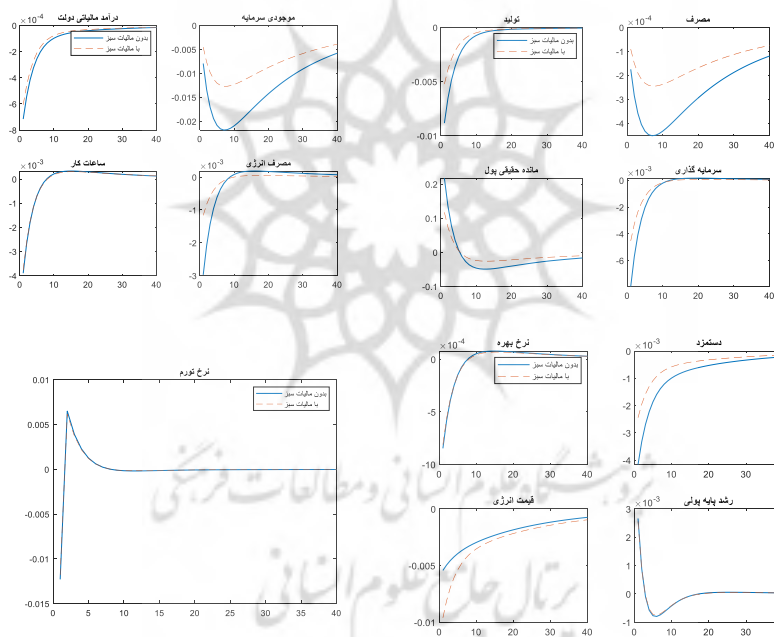
حالا که یک الگوی اقتصادی-اقلیمی بررسی و مشاهده شد که آثار تغییرات اقلیم بر متغیرهای مهم اقتصاد کلان چگونه است، لازم است تا به بررسی صحت و سقم فرضیه‌های تحقیق پرداخته شود. برای این منظور، فرض می‌شود که دولت مالیات سبزی با نرخ ۱۰ درصد به ازای هر واحد مصرف سوخت فسیلی وضع کند. به این دلیل نرخ مالیات سبز ۱۰ درصد در نظر گرفته شده است که با توجه به انتخاب پارامترها و معادلات الگو، این نرخ باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا پویایی‌ها در طول زمان آشکارتر شود. این نرخ با مطالعه ستوده نیا و همکاران (۱۳۹۹) نیز سازگاری دارد. بنابراین، در ادامه، تغییرات اقلیم شدیدی در سیستمی اتفاق می‌افتد که در آن مالیات سبز ۱۰ درصد وجود دارد.

^۱ توجه شود که تورم در لحظه وقوع تغییرات اقلیم (به دلیل کاهش شدید انتظارات تورمی، ناشی از اثرات روانی بحران) به صورت لحظه‌ای کاهش یافته است.

جدول (۳): رشد پایه پولی، تورم و تولید طی ۴۰ دوره مورد نظر تحقیق

دوره	رشد پایه پولی			تورم			تولید		
	نرخ مالیات سبز			نرخ مالیات سبز			نرخ مالیات سبز		
	%۰	%۱۰	%۲۵	%۰	%۱۰	%۲۵	%۰	%۱۰	%۲۵
تعداد دوره رسیدن به رقم صفر	۱۵	۱۵	۱۱	۲۲	۲۲	۲۲	۴۰	۴۰	۲۶
میانگین	-۰/۴۵	-۰/۴۳	-۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۲۰	-۹/۵۸	-۶/۱۰	-۵/۵۰
انحراف معیار	۳۴/۵	۱۵/۵	۲۷/۵	۵۶/۲۳	۵۵/۲۲	۴۹/۲۳	۸۴/۱۸	۱۲/۱۱	۵۹/۱۱

منبع: یافته‌های تحقیق



شکل (۲): مقایسه وجود و عدم وجود مالیات سبز (در حالت وقوع تغییرات اقلیم)

منبع: یافته‌های تحقیق

۵- نتیجه‌گیری

ایجاد تغییرات اقلیمی، شوکی را به کل سیستم اقتصاد - اقلیم وارد می‌کند که آثار آن به شرح زیر خلاصه شده است:

(الف) وقوع تغییرات اقلیمی در غیاب مالیات سبز:

کاهش بهره‌وری کل عوامل تولید و برگشت آن با نرخ کاهنده، بعد از ۲۰ دوره، کاهش دائمی سرمایه‌گذاری و کاهش شدید در موجودی سرمایه که اگرچه بعد از ۱۰ دوره روند کاهشی دارد اما حداقل تا ۴۰ دوره آینده (و احتمالاً مدت‌ها پس از آن) به سطح اولیه بر نمی‌گردد. همچنین کاهش تقریباً دائمی تولید کل در اقتصاد (در مرحله قبل از اتخاذ سیاست پولی توسط بانک مرکزی)، کاهش ساعات کار، کاهش دستمزد و در نتیجه کاهش مصرف اتفاق می‌افتد. تغییرات اقلیم به اندازه‌ای هست که مقامات، کارآفرینان یا سایر ذینفعان، انگیزه برای روی آوردن به انرژی‌های پاک داشته باشند. بنابراین کاهش مصرف انرژی با استفاده از انرژی‌های جدید و نسبتاً (نه مطلقاً) ارزان، جبران می‌شود. اتخاذ سیاست پولی انبساطی توسط بانک مرکزی، نرخ بهره را کاهش می‌دهد و پس از آن به مصرف جهت بازسازی تبدیل می‌شود. همین موضوع بخشی از آثار تورمی ناشی از اجرای سیاست پولی انبساطی را خنثی می‌کند. سرانجام در مرحله پس از اجرای سیاست پولی، کاهش شکاف منفی تولید و افزایش اولیه تورم و رفع آن پس از ۱۰ دوره روی می‌دهد.

ب) وقوع تغییرات اقلیمی در حالتی که مالیات سبز نیز وجود دارد:

شکل پویایی‌های ناشی از تغییر اقلیم که در سیستمی با حضور مالیات سبز رخ می‌دهد در تمام متغیرها مشابه پویایی‌های ناشی از تغییر اقلیم در سیستم فاقد مالیات سبز است. دامنه پویایی‌های نرخ بهره، رشد پایه پولی و نرخ تورم (که مربوط به سیاست پولی هستند)، تقریباً مشابه حالت قبل است. در حالت وجود مالیات سبز، دامنه پویایی قیمت انرژی کمتر و دامنه پویایی مصرف، ابتدا بیشتر و بعد از ۱۰ دوره مشابه حالت بدون مالیات سبز است. یعنی با حضور مالیات سبز، انگیزه استفاده از روش‌های تولید صرفه جویانه و یا استفاده از جایگزین‌ها و یا انرژی‌های پاک برای مصرف کنندگان انرژی وجود داشته است. همین موضوع سبب می‌شود تا با وقوع تغییرات اقلیم، این آمادگی وجود داشته باشد و تا حدودی سبب کاهش دامنه تغییرات قیمت انرژی می‌شود. دامنه پویایی بقیه متغیرها، کمتر از حالت قبل است. مدت زمان اضمحلال پویایی‌ها تقریباً در هر دو حالت مشابه است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که وجود مالیات سبز، موجب می‌شود تا اثرات بروز تغییرات اقلیمی، کاهش داده شود. با و بدون مالیات سبز، در هر صورت سیاست پولی قاعده مند، شکاف تولید ناشی از بحران اقلیم را کاهش می‌دهد و تورم

ناشی از آن را نیز کنترل می‌کند. آنچه مهم است، طول مدت زمانی است که سیاست پولی قاعده مند به اهداف می‌رسد. در حالت وجود یا نبود مالیات سبز ۱۰ درصدی، مدت زمان اجرای سیاست پولی تفاوتی نخواهد داشت. از نظر مقداری در حالتی که مالیات سبز وجود دارد، سیاست پولی کارآمدتر (میانگین رشد پایه پولی کمتر و کم نوسان تر) لازم است. در حالت وجود مالیات سبز، اگرچه میانگین تورم اندکی بیشتر خواهد بود اما رکود ناشی از بحران اقلیمی تقریباً به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر خواهد بود. اگر نرخ مالیات سبز به اندازه کافی بزرگ باشد (مثلاً ۲۵ درصد)، نه تنها سیاست پولی از نظر زمانی کارآمدتر است، بلکه از نظر مقداری هم بانک مرکزی به سیاست پولی کم شدت تر (میانگین رشد پایه پولی کمتر) و با نوسان کمتر (انحراف معیار رشد پایه پولی کمتر) نیاز دارد.

با توجه به این نتایج، به نظر می‌رسد فرضیه‌های تحقیق مبنی بر افزایش کارایی سیاست پولی در کاهش تورم و شکاف تولید، با وجود مالیات سبز را نمی‌توان رد کرد. با توجه به نتایج این پژوهش، به نظر می‌رسد یک بار دیگر اهمیت وجود سیاست پولی قاعده‌مند روشن شده است. به عبارت بهتر، کنترل رکود و تورم بعد از بروز بحران‌های اقلیمی، به مزایای سیاست پولی قاعده‌مند اضافه می‌شود. در نتیجه، بر طراحی و اجرای سیاست پولی قاعده‌مند توسط بانک مرکزی تأکید می‌شود. در نهایت پیشنهاد می‌شود در صورت گذار به یک سیاست پولی قاعده‌مند، ملاحظات زیست‌محیطی و نقشی که بانک مرکزی و سیاست پولی باید در کنترل تغییرات اقلیم ایفاء کند، در نظر گرفته شود. همچنین، توصیه می‌شود که دولت در مواجهه با تغییرات اقلیم، از مالیات سبز به‌عنوان یکی از سیاست‌های کنترل اقلیم استفاده کند.

تضاد منافع

نویسندگان نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

فهرست منابع

۱۳. اسلاملوئیان، کریم و استادزاد، علی حسین (۱۳۹۵). برآورد تابع تولید مناسب برای ایران با وجود نهاده انرژی و تحقیق و توسعه: روش الگوریتم ژنتیک. پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)، ۱۶(۱)، ۴۸-۲۱.
۱۴. آشنا، ملیحه (۱۴۰۲). رابطه اقتصاد غیررسمی و سرعت گردش پول در ایران. فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۱۲(۴۷)، ۹۹-۷۳.
۱۵. برقی اسکویی، محمدمهدی، فلاحی، فیروز و ژنده خطیبی، صونا (۱۳۹۱). تأثیر تولیدات کارخانه‌ای و سرمایه گذاری مستقیم خارجی بر انتشار گاز CO₂ در کشورهای عضو گروه D8. مدل سازی اقتصادی، ۴(۲۰)، ۹۳-۱۰۹.
۱۶. پورمتقی آلمانی، صفیه، شاه آبادی، ابوالفضل و مهرگان، نادر (۱۴۰۱). اثر بهره‌وری کل عوامل، نهاد و فراوانی منابع طبیعی بر تاب آوری اقتصادی. مطالعات و سیاست‌های اقتصادی، ۱۸(۲)، ۳۶-۷.
۱۷. تحویلی، علی، سحابی، بهرام، یآوری، کاظم و مهرگان، نادر (۱۴۰۰). شوک نفت، سیاست پولی و اثر وثیقه‌ای در اقتصاد ایران، مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۱۰(۳۷)، ۵۱-۲۷.
۱۸. توکلیان، حسین و صارم، مهدی (۱۳۹۸). الگوهای DSGE در نرم‌افزار Dynare (الگوسازی، حل و برآورد مبتنی بر اقتصاد ایران). انتشارات پژوهشکده پولی و بانکی.
۱۹. رئیس‌ی گاوگانی، زهرا سادات، محمدی، تیمور، غفاری، فرهاد و معمارنژاد، عباس (۱۳۹۶). اثر نامتقارن تکانه‌های سیاست مالی بر اقتصاد ایران: الگوی DSGE با تقریب مرتبه دوم. فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران، ۲۳(۷۷)، ۷۲-۳۷.
۲۰. ستوده نیا، سلمان، بهنام، مهدی، رزمی، سید محمدجواد و احمدی شادمهری، محمدطاهر (۱۳۹۹). بررسی اثر مالیات سبز بر مصرف انرژی و رفاه اجتماعی در ایران با استفاده از الگوی تعادل عمومی محاسبه پذیر پویای بازگشتی (RDCGE). پژوهشهای رشد و توسعه اقتصادی، ۱۰(۴۰)، ۳۴-۱۵.

۲۱. شاه حسینی، سمیه و بهرامی، جاوید (۱۳۹۲). طراحی یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی کینزی جدید برای اقتصاد ایران با در نظر گرفتن بخش بانکی. *پژوهشهای اقتصادی/ایران*، ۱۷(۵۳)، ۵۵-۸۳.
۲۲. صباغ کرمانی، مجید، یاوری، کاظم، حسینی نسب، سیدابراهیم و موسوی نیک، سیدهادی (۱۳۸۹). بررسی اثر حاکمیت مالی بر رفاه اجتماعی ایران در چارچوب یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE). *اقتصاد و الگو سازی*، ۱(۴)، ۲۱۵-۱۸۳.
۲۳. عامری، ریحانه و میری، اشرف السادات (۱۳۹۴). بررسی مالیات‌های محیط زیست با تاکید بر وضع مالیات سبز در حفظ حقوق محیط زیست در ایران. *مجله اقتصادی*، ۱۱ و ۱۲، ۴۹-۶۴.
۲۴. عزیزی، فیروزه (۱۳۸۲). روش‌های برآورد سرعت گردش تعادلی پول و آزمون تجربی بی ثباتی آن در ایران (۱۳۴۰-۱۳۷۷). *فصلنامه برنامه ریزی و بودجه*، ۸(۱)، ۴۹-۳۱.
۲۵. عطار، خلیل، فتاحی، شهرام و سهیلی، کیومرث (۱۳۹۸). بررسی اثر تکانه بهره‌وری کل عوامل تولید بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات بر متغیرهای کلان و بخشی اقتصاد ایران: رهیافت مدل تعادل عمومی پویای تصادفی. *نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۱۶(۱)، ۱۸۳-۲۱۴.
۲۶. فروتن، فرناز، پژوهان، جمشید، خدادادکاشی، فرهاد و غفاری، فرهاد (۱۴۰۰). بررسی اثرات اعمال مالیات سبز بر مصرف انرژی در ایران. *مجله اقتصاد مالی*، ۵۵، ۵۴-۲۳.
۲۷. فطرس، محمدحسن و نسرین دوست، میثم (۱۳۸۸). بررسی رابطه آلودگی هوا، آلودگی آب، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران ۱۳۵۹ تا ۱۳۸۳. *مطالعات اقتصاد انرژی*، ۶(۲۱)، ۱۱۳-۱۳۵.
۲۸. قادری آزاد، شیوا، خانزادی، محمد و کریمی، شریف (۱۳۹۹). ارزیابی و تحلیل اثرات اجرایی شدن سیاست مالیات سبز بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران. *توسعه و سرمایه*، ۱۱، ۳۵-۵۱.
۲۹. کاویانی، میثم (۱۴۰۰). رفتار تورم در اقتصاد ایران تحت شوک‌های کلان اقتصادی: رویکرد DSGE. *سیاست‌های مالی و اقتصادی*، ۹(۳۳)، ۱۳۷-۱۷۷.

۳۰. کتابفروش بدری، آرش، میرزاپور باباجان، اکبر و اکبری مقدم، بیت اله (۱۳۹۹). تاثیر شوکهای سیاست پولی بر پویایی قیمت گروه کالاهای صنعتی منتخب در ایران. *نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۷(۲)، ۱۲۹-۱۵۴.

۳۱. محمدی، تیمور و باقری پرمهر، شعله (۱۳۹۴). استخراج چسبندگی قیمتی در اقتصاد ایران در قالب مدل تعادل عمومی پویای تصادفی. *تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، ۶(۲۲)، ۳۳-۵۹.

۳۲. ملکش، اسماعیل، مهرگان، نادر، عرفانی، علیرضا و ابونوری، اسمعیل (۱۴۰۰). تعیین ناهمگنی رفتار وام دهی بانک‌ها در واکنش به سیاست پولی. *مطالعات و سیاستهای اقتصادی*، ۸(۱)، ۲۰۱-۲۲۳.

۳۳. ولیقی زاده، علی (۱۳۹۸). تبیین اثرات اقتصادی تغییرات اقلیمی در حیات جوامع انسانی. *فضای جغرافیایی*، ۱۹(۶۷)، ۱۶۱-۱۹۸.

- Ahmad, M., & Khattak, S. I. (2020). Is aggregate domestic consumption spending (ADCS) per capita determining CO2 emissions in South Africa? A new perspective. *Environmental and Resource Economics*, 75(3), 529-552.
- Ahmad, M., Khattak, S. I., Khan, A., & Rahman, Z. U. (2020). Innovation, foreign direct investment (FDI), and the energy-pollution-growth nexus in OECD region: a simultaneous equation modeling approach. *Environmental and Ecological Statistics*, 27, 203-232.
- Alam, R., & Adil, M. H. (2019). Validating the environmental Kuznets curve in India: ARDL bounds testing framework. *OPEC Energy Review*, 43(3), 277-300.
- Ameri, R., & Miri, A. S. (2015). A study of environmental taxes with emphasis on the imposition of green taxes in protecting environmental rights in Iran. *Economic Journal*, 11 and 12, 49-64 (In Persian).
- Angelopoulos, K., Economides, G., & Philippopoulos, A. (2010). *What is the best environmental policy? Taxes, permits and rules under economic and environmental uncertainty* (No. 2980). CESifo Working Paper.
- Anh, T. D. Withdrawn: The Theoretical Framework on the Impact of Monetary Policy on Environmental Pollution.
- Annicchiarico, B., & Di Dio, F. (2017). GHG emissions control and monetary policy. *Environmental and Resource Economics*, 67, 823-851.
- Annicchiarico, B., Di Dio, F., & Diluiso, F. (2024). Climate actions, market beliefs, and monetary policy. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 218, 176-208.
- Arminen, H., & Menegaki, A. N. (2019). Corruption, climate and the energy-environment-growth nexus. *Energy economics*, 80, 621-634.

10. Ashna, M. (2013). The relationship between the informal economy and the velocity of money circulation in Iran. *Iranian Quarterly Journal of Applied Economic Studies*, 12(47), 73-99 (In Persian).
11. Attar, Kh., Fattahi, Sh., & Soheili, K. (2019). Studying the effect of the total factor productivity shock in the agricultural, industrial and service sectors on macro and sectoral variables of the Iranian economy: A stochastic dynamic general equilibrium model approach. *Applied Theories of Economics*, 6(1), 183-211 (In Persian).
12. Azizi, F. (2003). Methods for estimating the equilibrium velocity of money and empirical testing of its instability in Iran (1961-1998). *Planning and Budget Quarterly*, 8(1), 31-49 (In Persian).
13. Badri Ketabforosh, A., Mirzapour Babajan, A., & Akbari Moghadam, B. (2010). The Effect of Monetary Policy Shocks on the Price Dynamics of Selected Industrial Goods in Iran. *Applied Theories of Economics*, 7(2), 129-154 (In Persian).
14. Barghi Oskoui, M. M., Fallahi, F., & Zhende Khatibi, S. (2012). The effect of factory production and foreign direct investment on CO2 emissions in D8 member countries. *Economic Modeling*, 4(20), 93-109 (In Persian).
15. Barrier, E. B. (2017). The concept of sustainable economic development. In *The economics of sustainability* (pp. 87-96). Routledge.
16. Batten, S., Sowerbutts, R., & Tanaka, M. (2016). Let's talk about the weather: the impact of climate change on central banks.
17. Bletsas, K., Oikonomou, G., Panagiotidis, M., & Spyromitros, E. (2022). Carbon dioxide and greenhouse gas emissions: the role of monetary policy, fiscal policy, and institutional quality. *Energies*, 15(13), 4733.
18. Bolton, P., Despres, M., Da Silva, L. A. P., Samama, F., & Svartzman, R. (2020). The green swan. *BIS Books*.
19. Braun, N. (2021). The Role of the European Central Bank in a Sustainable Financial System. *Junior Management Science (JUMS)*, 6(3), 468-488.
20. Brock, W., & Xepapadeas, A. (2017). Climate change policy under polar amplification. *European Economic Review*, 99, 93-112.
21. Canova, F. (2011). *Methods for applied macroeconomic research*. Princeton university press.
22. Chan, Y. T. (2019). The environmental impacts and optimal environmental policies of macroeconomic uncertainty shocks: A dynamic model approach. *Sustainability*, 11(18), 4993.
23. Chan, Y. T. (2020). Are macroeconomic policies better in curbing air pollution than environmental policies? A DSGE approach with carbon-dependent fiscal and monetary policies. *Energy Policy*, 141, 111454.
24. Chen, C., Pan, D., Huang, Z., & Bleischwitz, R. (2021). Engaging central banks in climate change? The mix of monetary and climate policy. *Energy Economics*, 103, 105531.

25. Cooley, T. F. (Ed.). (1995). *Frontiers of business cycle research*. Princeton University Press.
26. Dikau, S., & Volz, U. (2021). Central bank mandates, sustainability objectives and the promotion of green finance. *Ecological economics*, 184, 107022.
27. Dissou, Y., & Karnizova, L. (2016). Emissions cap or emissions tax? A multi-sector business cycle analysis. *Journal of Environmental Economics and Management*, 79, 169-188.
28. de Souza Mendonça, A. K., Barni, G. D. A. C., Moro, M. F., Bornia, A. C., Kupek, E., & Fernandes, L. (2020). Hierarchical modeling of the 50 largest economies to verify the impact of GDP, population and renewable energy generation in CO2 emissions. *Sustainable Production and Consumption*, 22, 58-67.
29. Dixit, A. K., & Stiglitz, J. E. (1977). Monopolistic competition and optimum product diversity. *The American economic review*, 67(3), 297-308.
30. Eslamlouian, K., & Ostadzad, A. H. (2016). Estimation of the appropriate production function for Iran with energy and R&D input: Genetic algorithm method. *Economic Research (Sustainable Growth and Development)*, 16(1), 21-48 (In Persian)
31. Fetros, M. H., & Nasrin Doost, M. (2009). Investigating the relationship between air pollution, water pollution, energy consumption and economic growth in Iran from 1979 to 2004. *Energy Economics Studies*, 6(21), 113-135 (In Persian).
32. Feldstein, M., & Stock, J. H. (1994). The use of a monetary aggregate to target nominal GDP. In *Monetary policy* (pp. 7-69). The University of Chicago Press.
33. Fischer, C., & Springborn, M. (2011). Emissions targets and the real business cycle: Intensity targets versus caps or taxes. *Journal of Environmental Economics and Management*, 62(3), 352-366.
34. Forotan, F., Pajouyan, J., Khodadkashi, F., & Ghaffari, F. (2001). Investigating the effects of implementing a green tax on energy consumption in Iran. *Journal of Financial Economics*, 55, 23-54 (In Persian).
35. Ghaderi Azad, Sh., Khanzadi, M., & Karimi, Sh. (2010). Evaluation and analysis of the effects of implementing a green tax policy on the development of renewable energies in Iran. *Development and Capital*, 11, 35-51 (In Persian).
36. Golosov, M., Hassler, J., Krusell, P., & Tsyvinski, A. (2014). Optimal taxes on fossil fuel in general equilibrium. *Econometrica*, 82(1), 41-88.
37. Halkos, G. E., & Paizanos, E. A. (2016). The effects of fiscal policy on CO2 emissions: evidence from the USA. *Energy policy*, 88, 317-328.
38. Hanif, I., Raza, S. M. F., Gago-de-Santos, P., & Abbas, Q. (2019). Fossil fuels, foreign direct investment, and economic growth have triggered CO2

emissions in emerging Asian economies: some empirical evidence. *Energy*, 171, 493-501.

39. Hassler, J., Krusell, P., & Smith Jr, A. A. (2016). Environmental macroeconomics. In *Handbook of macroeconomics* (Vol. 2, pp. 1893-2008). Elsevier.

40. Heinen, A., Khadan, J., & Strobl, E. (2015). *The inflationary costs of extreme weather*. mimeo. Ecole Polytechnique.

41. Jiang, Q., Khattak, S. I., Ahmad, M., & Lin, P. (2021). Mitigation pathways to sustainable production and consumption: examining the impact of commercial policy on carbon dioxide emissions in Australia. *Sustainable Production and Consumption*, 25, 390-403.

42. Känzig, D. R., & Konradt, M. (2023). *Climate policy and the economy: Evidence from Europe's carbón pricing initiatives* (No. w31260). National Bureau of Economic Research.

43. Kaviani, M. (2001). Inflation behavior in the Iranian economy under macroeconomic shocks: a DSGE approach. *Financial and Economic Policies*, 9(33), 137-177 (In Persian).

44. Konradt, M., & Weder di Mauro, B. (2023). Carbon taxation and greenflation: Evidence from Europe and Canada. *Journal of the European Economic Association*, 21(6), 2518-2546.

45. Krogstrup, S., & Oman, W. (2019). Macroeconomic and financial policies for climate change mitigation: A review of the literature.

46. Kumar, N., & Maiti, D. (2024). Long-run macroeconomic impact of climate change on total factor productivity—Evidence from emerging economies. *Structural Change and Economic Dynamics*, 68, 204-223.

47. Kunawotor, M. E., Bokpin, G. A., Asuming, P. O., & Amoateng, K. A. (2022). The impacts of extreme weather events on inflation and the implications for monetary policy in Africa. *Progress in Development Studies*, 22(2), 130-148.

48. Leduc, M., Matthews, H. D., & de Elía, R. (2016). Regional estimates of the transient climate response to cumulative CO₂ emissions. *Nature Climate Change*, 6(5), 474-478.

49. MacDougall, A. H. (2016). The transient response to cumulative CO₂ emissions: a review. *Current Climate Change Reports*, 2(1), 39-47.

50. Malekesh, E., Mehregan, N., Erfani, A., & Abunouri, E. (2012). Determining the Heterogeneity of Banks' Lending Behavior in Response to Monetary Policy. *Economic Studies and Policies*, 8(1), 201-223 (In Persian).

51. McCallum, B. T. (1987). The development of keynesian macroeconomics.

52. McKibbin, W. J., Morris, A. C., Panton, A., & Wilcoxon, P. (2017). Climate change and monetary policy: Dealing with disruption.

53. Mohammadi, T., & Bagheri Pormehr, Sh. (2015). Extracting Price Stickiness in the Iranian Economy in the Form of a Dynamic Stochastic

General Equilibrium Model. *Economic Modeling Research*, 6(22), 33-59 (In Persian).

54. Moutinho, V., Madaleno, M., & Bento, J. P. (2020). Cointegration and causality: considering Iberian economic activity sectors to test the environmental Kuznets curve hypothesis. *Environmental and Ecological Statistics*, 27(2), 363-413.

55. Nordhaus, W. D. (2007). A review of the Stern review on the economics of climate change. *Journal of economic literature*, 45(3), 686-702.

56. Pandey, S., Dogan, E., & Taskin, D. (2020). Production-based and consumption-based approaches for the energy-growth-environment nexus: evidence from Asian countries. *Sustainable Production and Consumption*, 23, 274-281.

57. Parker, M. (2018). The impact of disasters on inflation. *Economics of Disasters and Climate Change*, 2(1), 21-48.

58. Pierrehumbert, R. T. (2014). Short-lived climate pollution. *Annual review of earth and planetary sciences*, 42(1), 341-379.

59. Poskart, R. (2014). A definition of the concept of economic effectiveness. *Central and Eastern European Journal of Management and Economics (CEEJME)*, 2(3), 179-187.

60. Pourmottaghi Alami, S., Shahabadi, A., & Mehregan, N. (2012). The effect of total factor productivity, institution and abundance of natural resources on economic resilience. *Economic Studies and Policies*, 18(2), 7-36 (In Persian).

61. Rotemberg, J. J., & Woodford, M. (1997). An optimization-based econometric framework for the evaluation of monetary policy. *NBER macroeconomics annual*, 12, 297-346.

62. Raisi-Gavgani, Z. S., Mohammadi, T., Ghaffari, F., & Memarnejad, A. (2017). Asymmetric Effect of Fiscal Policy Shocks on the Iranian Economy: DSGE Model with Second-Order Approximation. *Iranian Quarterly Journal of Economic Research*, 23(77), 37-72 (In Persian).

63. Sabbagh Kermani, M., Yavari, K., Hosseini Nasab, S. E., & Mousavi Nik, S. H. (2010). Investigating the effect of fiscal governance on social welfare in Iran within the framework of a dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) model. *Economics and Modeling*, 1(4), 183-215 (In Persian).

64. Shah Hosseini, S., & Bahrami, J. (2013). Designing a new Keynesian dynamic stochastic general equilibrium model for the Iranian economy considering the banking sector. *Iranian Economic Research*, 17(53), 55-83 (In Persian).

65. Sotoudeh Nia, S., Behname, M., Razmi, S. M. J., & Ahmadi Shadmehri, M. T. (2019). Investigating the effect of green tax on energy consumption and social welfare in Iran using the Recursive Dynamic Computable General

Equilibrium (RDCGE) model. *Economic Growth and Development Research*, 10(40), 34-15 (In Persian).

66. Tahvili, A., Sahabi, B., Yavari, K., & Mehregan, N. (2011) Oil Shock, Monetary Policy and Collateral Effect in the Iranian Economy. *Iranian Applied Economic Studies*, 10(37), 27-51 (In Persian).

67. Tavakolian, H., & Sarem, M. (2019). *DSGE Models in Dynare Software (Modeling, Solving and Estimation Based on the Iranian Economy)*. Monetary and Banking Research Institute Publications (In Persian).

68. Ünüvar, B., & Yeldan, A. E. (2023). Green central banking under high inflation—more of a need than an option: An analytical exposition for Turkey. *Development Policy Review*, 41(6), e12720.

69. Valighi Zadeh, A. (2019). Explaining the economic effects of climate change on the lives of human societies. *Geographic Space*, 19(67), 161-198 (In Persian)

70. Wickens, M. (2011). A Dynamic General Equilibrium Approach.

41. Xin, D., & Zhang, Y. (2020). Threshold effect of OFDI on China's provincial environmental pollution. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120608.

پایوست: سیستم معادلات الگو

همانطور که در بخش سوم بیان شد، الگوی مورد استفاده در این تحقیق، شامل خانوار، بنگاه، دولت و بانک مرکزی است. در آن بخش، معادلات مربوط به هر کدام از این کارگزاران اقتصادی به طور جداگانه شرح داده شد. اکنون می توان همه معادلات مذکور را با هم ترکیب کرد و به یک تعادل متقارن نامتمرکز^۱ (DE) رسید. این تعادل عبارت است از توالی تخصیص ها، قیمت گذاری ها و سیاست گذاری ها به طوری که (۱) مطلوبیت خانوار بیشینه شود. (۲) سود همه بنگاه ها بیشینه شود. (۳) همه قیود از جمله قید بودجه دولت برقرار باشد و (۴) تمام بازارها تسویه شوند.

منظور از متقارن نامتمرکز آن است که علاوه بر موارد فوق، شرایط زیر هم برقرار باشد:

$$y_t \equiv y_{t,j}; k_t \equiv k_{t,j}; L_t \equiv L_{t,j}; E_t \equiv E_{t,j}; \quad (17)$$

خانوار: شرایط مرتبه اول برای بیشینه شدن مطلوبیت مصرف کننده (رابطه ۲) با توجه به قید بودجه (رابطه ۴) عبارت است از:

$$\frac{\partial \iota}{\partial c_t} = 0; \frac{\partial \iota}{\partial L_t} = 0; \frac{\partial \iota}{\partial k_t} = 0; \frac{\partial \iota}{\partial m_t} = 0; \frac{\partial \iota}{\partial b_t} = 0; \quad (18)$$

یعنی:

¹ Decentralized Equilibrium

$$\frac{y_1}{c_t} - \lambda_t(1 - \tau_t^c) = 0 \quad (19)$$

$$-\frac{y_2}{1-l_t} + \lambda_t(1 - \tau_t^l)w_t = 0 \quad (20)$$

$$\beta^t \lambda_t [(1 - \tau_t^k)(r_t - \delta) + 1] - \beta^{t-1} \lambda_{t-1} = 0 \quad (21)$$

$$\frac{(1-\gamma_1-\gamma_2)}{m_t} - \lambda_t + \frac{\lambda_{t+1}}{\pi_{t+1}} = 0 \quad (22)$$

$$-\lambda_t + (1 + r_t) \frac{\lambda_{t+1}}{\pi_{t+1}} = 0 \quad (23)$$

از ترکیب معادله (۱۹) و (۲۰)، ترکیب معادله (۱۹) و (۲۱)، ترکیب معادله (۱۹) و (۲۲) و (۲۳)، به ترتیب شروط مرتبه اول زیر حاصل می‌شود:

$$\frac{1}{1-l_t} = \frac{y_1}{\gamma_r} \times \frac{(1-\tau_t^l)w_t}{(1+\tau_t^c)c_t} \quad (24)$$

$$\frac{(1+\tau_t^c)c_t}{(1+\tau_{t-1}^c)c_{t-1}} = \beta[(1 - \tau_t^l)(r_t - \delta) + 1] \quad (25)$$

$$m_t = \frac{(1-\gamma_1-\gamma_r)}{\gamma_1} c_t \frac{(1+\tau_t^c)}{(1-\frac{1}{1+r_t})} \quad (26)$$

بنگاه: شرایط مرتبه اول برای کمینه شدن هزینه بنگاه (رابطه ۹) با توجه به قید تابع تولید (رابطه ۸) عبارت است از:

$$\frac{\partial cost}{\partial L_{t,j}} = 0; \frac{\partial cost}{\partial K_{t,j}} = 0; \frac{\partial cost}{\partial E_{t,j}} = 0; \quad (27)$$

یعنی:

$$w_t - \lambda_t \alpha_2 \widehat{A}_t k_{t,j}^{\alpha_1} L_{t,j}^{\alpha_2-1} E_{t,j}^{1-\alpha_1-\alpha_2} = 0 \quad (28)$$

$$r_t - \lambda_t \alpha_1 \widehat{A}_t k_{t,j}^{\alpha_1-1} L_{t,j}^{\alpha_2} E_{t,j}^{1-\alpha_1-\alpha_2} = 0 \quad (29)$$

$$(1 + \tau_t^e)p_t^e - \lambda_t(1 - \alpha_1 - \alpha_2) \widehat{A}_t k_{t,j}^{\alpha_1} L_{t,j}^{\alpha_2} E_{t,j}^{1-\alpha_1-\alpha_2} = 0 \quad (30)$$

که با قراردادن این روابط در تابع تولید، داریم:

$$E = \frac{r_t k_t (1-\alpha_1-\alpha_r)}{\alpha_1 p_t^e} \quad (31)$$

با جایگذاری هزینه نهایی اسمی (MC) به جای پارامتر لاگرانژ، بقیه شروط عبارتند از:

$$w_t = \frac{\xi-1}{\xi} \alpha_r \frac{y_t}{L_t} \quad (32)$$

$$r_t = \frac{\xi-1}{\xi} \alpha_1 \frac{y_t}{K_t} \quad (33)$$

$$p_t^e = \frac{\xi-1}{\xi} \frac{(1-\alpha_1-\alpha_r)}{(1+\tau_t^e)} \frac{y_t}{E_t} \quad (34)$$

همچنین قید منابع اقتصاد و رابطه پویایی بهره‌وری کل عوامل تولید عبارتند از:

$$y_t = C_t + I_t + g_t^{tr} \quad (35)$$

$$\ln A_t = (1 - \rho_A) \ln \bar{A} + \rho_A \ln A_{t-1} + \varepsilon^A \quad (36)$$

در نهایت، قید بودجه دولت (رابطه ۱۴)، قاعده سیاست پولی (رابطه ۱۶) به همراه رابطه (۳۷)، تحرک سرمایه (رابطه ۵) و تابع تولید (ترکیب روابط ۸ و ۱۳) نیز DE اقتصاد را تشکیل خواهند داد.

$$\dot{M}_t = \frac{m_t}{m_{t-1}} \pi_t - 1 \quad (37)$$

بنابراین کل سیستم سیاست گذاری اقتصاد اکولوژیکی مورد بررسی ۱۴ معادله (روابط ۵، ۸، ۱۴، ۱۶، ۲۴ تا ۲۶ و ۳۱ تا ۳۷) و ۱۴ مجهول دارد. مجهولات عبارتند از:

$$p_t^e, E_t, y_t, c_t, \pi_t, A_t, w_t, r_t, m_t, I_t, k_t, g_t^{tr}, L_t, \dot{M} \quad (38)$$

