Vol. 13, No. 52, Winter (2025)
مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
Quarterly Journal of Applied Economics Studies, Iran (AESI)
Scientific Association of Regional Development Economics

Applied Economics Studies, Iran (AESI)
P. ISSN:2322-2530 & E. ISSN: 2322-472X
Journal Homepage: https://aes.basu.ac.ir/
Scientific Journal of Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.
Publisher: Bu-Ali Sina University. *All rights reserved.*
Copyright©2022, The Authors. This open-access article is published under the terms of the ***Creative Commons****.* **(© The Author(s))**

Bu-Ali Sin University

The Study of Monetary Policy Effectiveness Under Different Climate Change Scenarios in Iran

Maysam Nasrindoost[1], Mohammad Ali Falahi[2], Ali Cheshomi[3]

Type of Article: Research
https://dx.doi.org/10.22084/aes.2024.29701.3711
Received: 2024.08.01; Revised: 2024.09.28; Accepted: 2024.10.20
Pp: 103-133

Abstract

There is a widespread belief that pollution and climate change have a negative effect on the economies of different countries. For this reason, today the climate policies are considered to reduce the concentration of greenhouse gases (especially Carbon Dioxide). In addition, economic policies also have some effects on pollution. In particular, it is said that monetary policy is not only for spurring economic growth but also an important tool for controlling CO2 emission, too. Then, a question is raised here that how does the effectiveness of monetary policy change in controlling inflation under different scenarios of climate change in Iran? The hypothesis of the current research is that monetary policy in controlling inflation is more effective in severe climate changes. For testing, an E-DSGE model was designed so that it can take into account macroeconomic and climate policy considerations at the same time. The results showed that after the occurrence of climate changes, total factors productivity, investment, capital stock and production will decrease and these will be almost permanent if the climate changes are not severe. But the central bank, in the face of extreme climate changes, implements a more extreme expansionary monetary policy. The interest rate will decrease further, and the savings will be converted into consumption for reconstruction and as a result it neutralizes part of the effects of inflation caused by the implementation of such policy. Therefore, “creative destruction” occurs in the case of severe climate change and “no-recovery” occurs in the case of moderate climate change.

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

Citations: Nasrindoost, M., Falahi, M. A. && Cheshomi, A., (2025). “The Study of Monetary Policy Effectiveness Under Different Climate Change Scenarios in Iran”. *Journal of Applied Economics Studies in Iran,* 13(52): 103-133. doi: 10.22084/aes.2024.29701.3711
Homepage of this Article: https://aes.basu.ac.ir/article_5775.html?lang=en

1. Introduction

Increase in the amount of greenhouse gases (especially CO_2) in the atmosphere has caused the greenhouse effect to exceed the standard, reflect less heat and cause global warming (Ikram, 2020). Global warming is the most important cause of what is called climate change (Hughes et al., 2017).

Since humans are part of nature, CO_2 emissions threaten human life both in its initial form and when it eventually leads to climate change. (Ahmad et al., 2020). Today, for this reason, climate change policies have attracted the attention of policymakers to reduce the concentration of greenhouse gases especially carbon dioxide. However, in addition to such policies, economic policies may also affect pollution storage. In particular, Ahmad and Khattak (2020) state that monetary policy is not only an important tool for stimulating economic growth, but also an important policy tool for controlling CO_2 emissions. Also, Halkos and Paizanos (2016) point out the key role of monetary policy in the simultaneous change of economic growth and environmental pollutions. Therefore, the question of the current research is how effectiveness of monetary policy on inflation control in Iran changes when climate changes with different intensities occur? Since the resolution of extreme climate changes requires urgent attention, it is expected that urgent measures by slowing down the process of climate change can help the central bank in controlling inflation through monetary policy. But moderate climate changes, by increasing production costs, put additional pressure on inflation. As a result, the hypothesis here is that monetary policy in controlling inflation is more effective in the case of extreme climate changes than moderate climate changes in Iran.

2. Materials and Methods

The Environmental Dynamic Stochastic General Equilibrium (E-DSGE) model was used for Iran's economy. Then, the number of periods it takes for the central bank to control inflation caused by the climate change crisis through monetary policy under two extreme and moderate climate change scenarios are compared. Although separate studies have investigated "monetary policy" and "climate control policies", but the novelty of our study is the simultaneous examination of these two types of policies for Iran's economy.

Conducting the current study is necessary from at least three point of views. First, based on Iran's National Climate Change Strategy Program, it has been emphasized to consider climate change in future policies and executive actions. Second, because the monetary policy in Iran is discretionary recently (Khorsandi & Eslamloueyan, 2013), so if the policy is to be regulated, it is better to include environmental considerations from beginning, and

third, Iran is one of the countries influenced by the issue of climate change, seriously (Nasseri & Ahadi, 2015). Therefore, it is necessary to use all possible tools (including monetary policy) to control climate change.

3. Discussion

Equilibrium, in DSGE models, reach after sequence of allocations, pricing and policies so that 1) household utility and profits of firms are maximized, 2) all constraints, including government budget constraints, are considered and 3) all markets be cleared. After determining the equilibrium, the next step is to calculate the steady state of the model in which there is no climate change or productivity shocks. Also, there is no need for monetary policy.

The system of equations in this paper are non-linear differential equations that are solved by non-linear methods in which the value of the parameters should be calibrated first. Each parameter is calibrated from related studies. After specifying the equations of the model and calibrating parameters, the system of equations is configured in the form of an M-code file. In the next step, equations and commands are executed in the Dyane 5.4 software. As the first output, the values of variables in the steady state were obtained. The production value in steady state is 0.88. Therefore, households spend 68% of their available time on work. Also, they consume about 74% of their income and save the remaining 26%. The capital stock is 8 times the equilibrium production level. These results are compatible with the micro foundations of macroeconomic issues.

Before examining the dynamics of the model, we must introduce the occurrence of global warming and the effects of climate change into the model. The simplest way is to put the adjusted value of the total factor's productivity ($\widehat{A_t}$) in the production function (see: Leduc et al., 2016). So, we introduce a moderate climate change and a severe one to the core model.

4. Conclusion

Severe and moderate climate changes cause changes in the whole system. As soon as moderate climate change occurs, the total factors productivity will decrease. It is clear that extreme weather events such as floods and storms damage infrastructures and there will be no incentive for new investment or even reconstruction which cause a sharp decrease in capital stock. The fore total production in the economy decreases at the beginning and does not return to its original level even after 40 periods. Climate change also damages the energy infrastructure and destroys the opportunity to invest in modern and clean energy. In

response to these conditions, if the central bank acts with complete discretion, the next events cannot be predicted, and it is not the subject of this research. But if the central bank adheres to stabilization of growth and inflation, it will consider an expansionary monetary policy to compensate the negative production gap. Conducting an expansionary monetary policy to get out of the recession caused by the climate change will reduce the negative production gap, but it will cause inflation.

The form of dynamics, in the case of severe climate change, is similar to the case of moderate one in the other variables, except in the price and energy consumption variables. In this case, the climate changes are severe enough that the authorities, entrepreneurs or other related sections have the motivation to switch to clean energy. Therefore, the reduction in energy consumption is compensated by the use of new and cheap energies. In this case, the central bank implements a more aggressive monetary policy.

The comparison of these results shows that the effectiveness of monetary policy in reducing inflation is higher in the case of severe climate change. According to the results of this paper, controlling recession and inflation after the climate crises are added to the benefits of the rule based monetary policy. As a result, the design and conduction of the rule based monetary policy by the central bank is emphasized. Also, it is recommended that the government must have a climate policy in the face of climate change. Especially in the case of moderate climate events, this importance is twofold because the negative effects of climate change on macroeconomic variables are less in the case of severe climate events. In other words, “creative destruction” occurs in the case of severe climate change and “no-recovery” occurs in the case of moderate climate change.

Acknowledgments

The authors feel it necessary to express their appreciation to the editor and anonymous reviewers of the journal for their contribution to the improvement of the article.

Conflict of Interest

The author declares that there is no conflict of interest while observing publication ethics in referencing.

Observation Contribution

Dr. Mohammad Ali Falahi and Dr. Ali Cheshomi are the first and second supervisors of the thesis, Maysam Nasrindoost is PhD candidate of Monetary Economics and the author of the thesis.

مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
Quarterly Journal of Applied Economics Studies, Iran (AESI)
سال سیزدهم، شمارهٔ ۵۲، زمستان ۱۴۰۳

فصلنامهٔ علمی مطالعات اقتصادیِ کاربردی ایران
شاپای چاپی: ۲۵۳۰-۲۳۲۲؛ شاپای الکترونیکی: ۴۷۲X-۲۳۲۲
وب‌سایت نشریه: https://aes.basu.ac.ir
نشریهٔ گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اقتصادی و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران
حق نشر متعلق به نویسنده(گان) است و نویسنده تحت مجوز Creative Commons Attribution License به مجله اجازه می‌دهد مقالهٔ چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر این‌که حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

بررسی اثربخشی سیاست پولی تحت سناریوهای مختلف تغییرات اقلیم در ایران

میثم نسرین‌دوست[۱]، محمدعلی فلاحی[۲]، علی چشمی[۳]

نوع مقاله: پژوهشی
شناسهٔ دیجیتال: https://dx.doi.org/10.22084/aes.2024.29701.3711
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۱، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۷/۰۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۹
صص: ۱۳۳-۱۰۳

چکیده
اعتقاد گسترده‌ای وجود دارد که آلودگی و تغییر اقلیم، بر اقتصاد کشورها اثر منفی می‌گذارد؛ به‌همین‌دلیل امروزه، سیاست‌های کنترل اقلیم جهت کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای (و به‌خصوص دی‌اکسید کربن) موردتوجه سیاست‌گذاران قرار گرفته است. با این‌حال، علاوه‌بر سیاست‌های مذکور، سیاست‌های اقتصادی نیز بر آلودگی اثر دارند. به‌طور خاص، بیان می‌شود که سیاست پولی فقط ابزار مهمی برای تحریك رشد اقتصادی نیست، بلکه وسیلهٔ سیاستی مهمی هم برای کنترل انتشار دی‌اکسید کربن هم هست. در نتیجهٔ این پژوهش به ذهن متبادر می‌شود که تحت سناریوهای مختلف تغییرات اقلیم در ایران، اثرگذاری سیاست پولی در کنترل تورم چه تغییری می‌کند؟ فرضیهٔ پژوهش حاضر آن است که اثربخشی سیاست پولی در کنترل تورم در حالت وقوع تغییرات اقلیمی شدیدتر، بیشتر است. برای بررسی صحت و سقم این فرضیه، یك مدل E-DSGE طراحی شد تا بتواند هم‌زمان به ملاحظات سیاست‌گذاری کلان اقتصادی و سیاست‌گذاری اقلیم توجه داشته باشد. نتایج نشان‌داد که بعد از بروز تغییرات اقلیم، بهره‌وری کل عوامل تولید، سرمایه‌گذاری، موجودی سرمایه و تولید کاهش می‌یابند و اگر تغییرات اقلیمی شدید نباشد، این کاهش ها تقریباً دائمی خواهند بود؛ اما بانك مرکزی، در مواجهه با تغییرات اقلیم شدید، سیاست پولی انبساطی شدیدتری اجرا می‌کند. نرخ بهره به مقدار بیشتری کاهش می‌یابد و پس‌اندازها به مصرف جهت بازسازی تبدیل می‌شود. همین موضوع، بخشی از آثار تورمی ناشی از اجرای سیاست پولی انبساطی را خنثی می‌کند؛ بنابراین تخریب خلاق در حالت تغییرات اقلیمی شدید و عدم بازیابی در حالت تغییرات اقلیم متوسط روی می‌دهد.

کلیدواژگان: تغییرات اقلیمی، کارایی سیاست پولی، بانك مرکزی، اقتصاد زیست بوم.
طبقه‌بندی JEL: C68, E12, Q54.

*. این مقاله مستخرج از رسالهٔ دکتری نویسندهٔ اول در دانشگاه فردوسی مشهد است.
۱. دانشجوی دکتری اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
Email: m.nasrindoost@gmail.com
۲. استاد گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران (نویسندهٔ مسئول).
Email: falahi@um.ac.ir
۳. استادیار گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
Email: a.cheshomi@um.ac.ir

ارجاع به مقاله: نسرین‌دوست، میثم؛ فلاحی، محمدعلی؛ و چشمی، علی، (۱۴۰۳). «بررسی اثربخشی سیاست پولی تحت سناریوهای مختلف تغییرات اقلیم در ایران». مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۱۳(۵۲): ۱۰۳-۱۳۳. doi: 10.22084/aes.2024.29701.3711
صفحهٔ اصلی مقاله در سامانهٔ نشریه: https://aes.basu.ac.ir/article_5775.html

۱. مقدمه

بعد از انقلاب صنعتی و استفاده بیشتر انسان از سوخت‌های فسیلی، میزان انتشار دی‌اکسید کربن[۱] افزایش یافت، به‌طوری‌که در عصر حاضر حدود ۹۰ ٪ انتشار CO_2 ، ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی است (بوگل و فیرمودر[۲]، ۲۰۱۲). این افزایش منجر شد که امروزه میزان تجمع کربن در اتمسفر، ۱/۵ برابر ۲۰۰ سال پیش باشد (کینگ[۳] و همکاران، ۲۰۱۷). افزایش حجم گازهای گلخانه‌ای (به‌ویژه CO_2) در جو، باعث شده است تا اثر گلخانه‌ای از حد استاندارد خارج شود، گرمای کمتری بازتابش شود و گرمایش جهانی[۴] رخ دهد (اکرام[۵]، ۲۰۲۰). گرمایش جهانی، مهم‌ترین علت آن چیزی است که «تغییر اقلیم» نامیده می‌شود (هوگز و همکاران[۶]، ۲۰۱۷). تغییر اقلیم به تغییرات در شدت یا فراوانی شرایط آب‌وهوایی (شامل: دما، رطوبت، بارندگی، غلظت ابر و باد) گفته می‌شود؛ البته اقلیم زمین در تاریخ خودش تغییر می‌کند، ولی این تغییرِ طبیعی، در چرخه‌های بسیار طولانی رخ می دهد؛ بنابراین آن‌چه در ادبیات پژوهش‌های حوزهٔ زیست‌محیطی، تغییر اقلیم گفته می‌شود، تغییرات سریع شرایط زمین در ۵۰ سال اخیر است.

مطابق با «فرضیهٔ زیست‌محیطی کوزنتس»[۷]، رشد اقتصادی می‌تواند تغییرات قابل‌توجهی در وضعیت آلودگی و اقلیم ایجاد کند[۸]؛ اما از طرف دیگر، از آنجایی‌که انسان نیز جزئی از طبیعت است؛ بنابراین انتشار CO_2 هم در شکل اولیهٔ خود و هم زمانی‌که درنهایت منجر به تغییر اقلیم شود، حیات انسان را تهدید می‌کند. اعتقاد گسترده‌ای وجود دارد که آلودگی و تغییر اقلیم، بر اقتصاد کشورها اثر منفی می‌گذارد (ر. ک. به: «احمد»[۹] و همکاران (۲۰۲۰)، «آرمینن» و «منگاکی»[۱۰] (۲۰۱۹)، «عالم» و «عدیل»[۱۱] (۲۰۱۹)، «پاندی»[۱۲] و همکاران (۲۰۲۰)، «این» و «ژانگ»[۱۳](۲۰۲۰)، «موتینهو» و همکاران[۱۴] (۲۰۲۰) و «مندونکا» و همکاران[۱۵] (۲۰۲۰)؛ به‌همین دلیل امروزه، سیاست‌های کنترل اقلیم[۱۶] جهت کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای (و به‌خصوص دی‌اکسید کربن) موردتوجه سیاست‌گذاران قرار گرفته است؛ با این‌حال، علاوه‌بر سیاست‌های کنترل اقلیم، سیاست‌های اقتصادی نیز ممکن است بر ذخیره آلودگی اثر بگذارد. به‌طور خاص، «احمد» و «خطاک»[۱۷] (۲۰۲۰) بیان می‌دارند که سیاست پولی فقط ابزار مهمی برای تحریک رشد اقتصادی نیست، بلکه وسیلهٔ سیاستی مهمی هم برای کنترل انتشار CO_2 است.

---

[1] CO_2
[2] Bogle & Fairweather
[3] King et al.
[۴] دانشمندان سایر عوامل مانند تغییر شدت نور خورشید را هم در گرمایش جهانی مدنظر دارند، ولی بخش عمدهٔ آن را ناشی از فعالیت‌های انسان در انتشار کربن می‌دانند.
[5] Ikram
[6] Hughes et al.
[7] Environmental Kuznets hypothesis
[۸] برای دیدن جزئیات بیشتر در این‌خصوص، «فطرس» و «نسرین‌دوست» (۱۳۸۸) را ببینید.
[9] Ahmad et al.
[10] Arminen & Menegaki
[11] Alam & Adil
[12] Pandey et al.
[13] Xin & Zhang
[14] Moutinho et al.
[15] Mendonça et al.
[16] Climate Change Politics
[17] Ahmad & Khattak

هم‌چنین، «هالکس» و «پایزانوس»[1] (۲۰۱۶) به نقش مهم سیاست پولی در تغییر هم‌زمان رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی اشاره می‌کنند.

پرسش و فرضیهٔ پژوهش: بنابر موارد یاد شده، پرسش پژوهش حاضر آن است که، آیا هنگام بروز تغییرات اقلیم (با شدت‌های مختلف)، اثرگذاری سیاست پولی در کنترل تورم در ایران چه تغییری می‌کند؟ از آنجایی‌که رفع تغییرات اقلیم شدید نیازمند رسیدگی فوری است، انتظار آن است که اقدامات فوری با کند کردن روند تغییرات اقلیم، بتواند به بانک مرکزی در کنترل تورم ازطریق سیاست پولی نیز کمک کند؛ اما تغییرات اقلیمی متوسط، با افزایش هزینه‌های تولید، فشار مضاعفی بر افزایش سطح عمومی قیمت‌ها وارد می‌کند. درنتیجه، فرضیهٔ پژوهش عبارت است از: اثرگذاری سیاست پولی در کنترل تورم در ایران در صورت وقوع تغییرات اقلیمی شدید، بیشتر از اثربخشی آن هنگام رخ ادن تغییرات اقلیمی متوسط است.

برای بررسی صحت و سقم فرضیهٔ پژوهش، مدل تعادل عمومی پویای تصادفی زیست‌محیطی[2] (E-DSGE) برای اقتصاد ایران طراحی می‌شود و تعداد دوره‌هایی که طول می‌کشد تا بانک مرکزی ازطریق سیاست پولی بتواند تورم ناشی از بحران تغییر اقلیم را کنترل کند، تحت دو سناریوی تغییرات اقلیم شدید و متوسط مقایسه می‌شود[3]؛ اگرچه تاکنون مطالعاتی جداگانه به بررسی «سیاست پولی» و «سیاست‌های کنترل تغییرات اقلیم» پرداخته اند، اما برای اولین‌بار در مطالعهٔ حاضر، بررسی هم‌زمان این دو نوع سیاست برای اقتصاد ایران انجام خواهد شد.

انجام پژوهش حاضر، حداقل سه ضرورت دارد؛ ۱) برنامهٔ راهبرد ملی تغییر اقلیم ایران، ناظر به حکمرانی تغییر اقلیم در سیاست‌ها و اقدامات اجرایی آینده در کشور است. ۲) چون درحال‌حاضر، سیاست پولی در اقتصاد ایران کاملاً صلاحدیدی است (خورسندی و اسلاملوییان، ۱۳۹۱) پس اگر قرار باشد سیاست پولی قاعده‌مند شود، بهتر است از همان ابتدا ملاحظات زیست‌محیطی در آن لحاظ شود؛ و ۳) ایران ازجمله کشورهای مهم تأثیرپذیر از موضوع تغییر اقلیم است (ناصری و احدی، ۱۳۹۵)؛ بنابراین استفاده از همهٔ امکانات ممکن (ازجمله: سیاست پولی) برای کنترل تغییرات اقلیم ضروری است.

ساختاربندی پژوهش حاضر به این‌صورت است که، در بخش دوم، مبانی نظری پژوهش ارائه می‌شود. در بخش سوم، پیشینهٔ پژوهش مورد بررسی قرار خواهد گرفت؛ سپس، در بخش چهارم روش پژوهش تبیین می‌شود. نتایج تجربی در بخش پنجم ارائه و بحث با جمع‌بندی و نتیجه‌گیری نیز در بخش ششم به پایان می‌رسد.

۲. مبانی نظری

مفهوم توسعهٔ پایدار تاکنون به روش‌های گوناگون تعریف شده است، اما محوری‌ترین ایده، مربوط به کمیسیون جهانی محیط‌زیست و توسعه[4] معروف به «کمیسیون برانتلند»[5] است (دهشیری، ۱۳۹۴). براساس این تعریف،

---

[1] Halkos & Paizanos
[2] Dynamic Stochastic General Equilibrium
[3] ملکش و همکاران (۱۴۰۰) انواع فرآیندهایی که ازطریق آن‌ها سیاست پولی متغیرهای کلان اقتصادی را متأثر می‌کند، به خوبی دسته‌بندی و بررسی کرده‌اند.
[4] world commission on environment & development
[5] The Brundtland Commission

توسعه‌ای پایدار است که بتواند احتیاجات نسل حاضر را بدون فدا کردن توانایی نسل‌های آینده برای برآورده سازی نیازمندی‌هایشان تأمین کند؛ اما کاهش سرمایهٔ زیست‌بوم[۱] و بی‌ثباتی اقتصاد کلان، هردو باعث کاهش رفاه اجتماعی می‌شوند (باربیر[۲]، ۱۹۸۷). همین موضوع، انگیزه‌ای برای بررسی هم‌زمان موضوعات سیاست‌های ثبات اقتصاد کلان و سیاست‌های کنترل تغییر اقلیم می‌شود. مطالعات اقتصادی–اقلیمی، یعنی مدل‌هایی که موضوعات کلان اقتصادی و تغییر اقلیم را به‌طور هم‌زمان بررسی می‌کنند، از دههٔ ۱۹۹۰م. و با سلسله مطالعات «نوردهاوس» انجام شده است (مانند: نوردهاوس[۳]، ۱۹۹۱ یا ۱۹۹۳). به‌نظر می‌رسد یک مدل هم‌زمان بهتر می‌تواند تغییر اقلیم را وارد اقتصاد کلان کند (ر. ک. به: نوردهاوس[۴] (۲۰۱۴)، گلوساو[۵] و همکاران (۲۰۱۴) و هاسلر[۶] و همکاران (۲۰۱۶).

تاحدود ۲۰سال پیش، روش‌های بررسی مسائل زیست‌محیطی در علم اقتصاد به این‌صورت بود که مسأله محیطزیستی را یک پیامد خارجی درنظر می‌گرفتند و مطابق با روش‌های سنتی اقتصاد بخش عمومی، راه‌هایی برای درونی‌کردن و تعدیل این آثار خارجی طراحی می‌شد[۷]. چنان دیدگاهی به‌نوعی تداعی‌کنندهٔ این طرز فکر است که فعالیت اقتصادی، موجب ایجاد آلودگی می‌شود. این طرز فکر، به‌جهت علّیت عکس (یعنی این‌که آلودگی هم می‌تواند بر فعالیت اقتصادی اثر بگذارد) توجهی نداشت. شاید یک دلیل این بی‌توجهی، عدم توسعهٔ روش‌هایی بود که بتواند آثار اقتصاد و محیطزیست را به‌صورت کلان و در یک مجموعهٔ وسیع از متغیرها بررسی کند. تا این‌که نظریهٔ «مکتب ادوار تجاری حقیقی»[۸] (RBC) شکل‌گرفت و الگوهای DSGE مدل‌سازی شدند. پس از آن، اقتصاد کلان به‌صورت مدرن درآمد و اقتصاد به‌شکل سیستم تعادل عمومی پویای تصادفی که منعکس‌کنندهٔ تصمیمات جمیع افراد درمورد متغیرهایی که مربوط به گذشته و آینده است، توصیف شد (ویکنز[۹]، ۲۰۰۸). بعد از چنان پیشرفتی در بررسی‌های اقتصاد کلان، یک عامل دیگر هم موجب جلب توجهات به اثرات متقابل اقلیم و اقتصاد شد؛ بحران اقتصادی سال ۲۰۰۷–۲۰۰۸م. که، طرز فکری را تقویت کرد که تغییر اقلیم را برای ثبات و توسعهٔ اقتصادی خطرناک می‌دید[۱۰]. این تفکر جدید به‌همراه ظهور ابزارهای مدرن بررسی‌های اقتصاد کلان، موجب شد تا بررسی‌های کلان اقتصاد–اقلیم شکل بگیرد. به‌همین دلایل، در سال‌های اولیهٔ دههٔ ۲۰۱۰م. مطالعات پیرامون رابطهٔ متقابل تغییر اقلیم و اقتصاد کلان آغاز شد. دو مقالهٔ «آنجلوپوس»[۱۱] (۲۰۱۰) و «فیشر» و «اسپرینگبورن»[۱۲] (۲۰۱۱) از اولین تحقیقاتی بودند که با استفاده از مدل DSGE رابطهٔ انتشار گازهای گلخانه‌ای و چرخه‌های تجاری را بررسی کردند (امروزه مدل‌های DSGE که برای بررسی ملاحظات اقتصاد–اقلیم به‌کار

---

[1] Ecological capital
[2] Barbier
[3] Nordhaus
[4] Nordhaus
[5] Golosov et al.
[6] Hassler et al.

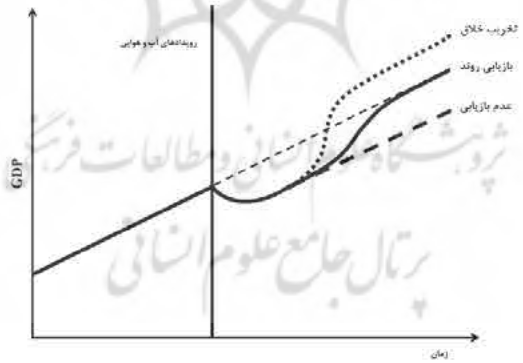
[۷] برای دیدن جزئیات بیشتر درباره مبانی نظری اقلیم– اقتصاد، Anh (2023) را ببینید.

[8] Real business-cycle theory
[9] Wickens

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

[11] Angelopoulos
[12] Fischer & Springborn

می‌رود را E-DSGE[1] می‌نامند)؛ سپس، در سال ۲۰۱۶م. موج تحقیقاتی با عنوان کلی اقتصاد کلان محیط‌زیست[2] شکل‌گرفت (هاسلر[3] و همکاران، ۲۰۱۶). حالا دیگر رابطهٔ متقابل بین اقلیم و اقتصاد فراتر از یک بحث سادهٔ پیامدهای خارجی رفته است؛ به‌طوری که اخیرا بر نقش بانک های مرکزی در کنترل اقلیم و نقش اقلیم در کیفیت عملکرد سیاست پولی توجه شده است. سه فرضیه رقیب که تأثیر فجایع زیست محیطی بر تولید را در کوتاه مدت و بلندمدت توصیف می‌کنند عبارتند از (ر. ک. به: هیسانگ و جینا[4](۲۰۱۴): ۱) فرضیهٔ «تخریب خلاق[5]» استدلال می‌کند که پس از یک بلای طبیعی، ممکن است دوره‌ای از رشد سریع‌تر وجود داشته باشد؛ مثلاً بعد از بلای طبیعی، کمک‌های بین‌المللی صورت می‌گیرد و سرمایهٔ از دست رفته جایگزین می‌شود و به‌همین دلیل تقاضا برای کالاها و خدمات افزایش می‌یابد و اقتصاد را در مسیر تولید ناخالص داخلی بالاتری نسبت به قبل از رویداد قرار می‌دهد. ۲) فرضیهٔ «بازیابی روند»[6] استدلال می‌کند که، پس از کاهش رشد به خاطر بلای طبیعی، سطح درآمد درنهایت باید از طریق یک دورهٔ رشد سریع‌تر از متوسط، به روند قبل از فاجعه بازگردد. این بازگشت باید اتفاق بیفتد؛ زیرا زمانی‌که سرمایه به‌دلیل یک بلایای طبیعی از بین می‌رود و نسبتاً کمیاب می‌شود، تولید نهایی سرمایه افزایش می‌یابد و باعث تخصیص مجدد منابع به نواحی ویران می‌شود. ۳) فرضیهٔ «عدم بازیابی»[7] استدلال می‌کند که بلایا با از بین بردن مستقیم سرمایهٔ مولد یا با تخریب کالاهای مصرفی بادوام (مانند: خانه‌ها) که با استفاده از وجوهی جایگزین می‌شوند که اگر بلای طبیعی رخ نمی‌داد، به سرمایه‌گذاری‌های مولد تخصیص می‌یافت؛ بنابراین، رشد کاهش می‌یابد. در این مورد، هیچ بازگشتی اتفاق نمی‌افتد، زیرا تخصیص مجدد منابع نمی‌تواند اثر منفی یک بلای طبیعی بر بهره‌وری را جبران کند؛ در حالی‌که محصول پس از فاجعه ممکن است در بلندمدت به رشد خود ادامه دهد، به‌طور دائم پایین‌تر از مسیر پیش از فاجعه خواهد بود.



شکل ۱: اثرات احتمالی بلایای طبیعی بر تولید ناخالص داخلی (منبع: باتن[8]، ۲۰۱۸).

Fig. 1: Possible effects of natural disasters on GDP (Source: Batten, 2018)

[1] Environmental DSGE
[2] Environmental macroeconomics
[3] Hassler et al.
[4] Hsiang & Jina
[5] creative destruction
[6] recovery to trend
[7] no recovery
[8] Batten

در عمل، بانک‌های مرکزی بسته به بزرگی بلای طبیعی و تخمین تأثیر آن بر شکاف تولید، واکنش‌های متفاوتی نسبت به بلایای طبیعی نشان‌داده‌اند.

۳. پیشینهٔ پژوهش

مطالعات زیادی به بررسی موضوع تغییرات اقلیم و کارایی سیاست پولی، به‌طور جداگانه، پرداخته‌اند؛ اما درنظر گرفتن هم‌زمان ملاحظات مربوط به بخش پولی اقتصاد و محیط‌زیست، کمتر موردتوجه بوده است؛ به این‌دلیل، در بخش پیشینهٔ پژوهش، فقط مرتبط‌ترین مطالعات انجام شده به‌صورت هم‌زمان (و نه جداگانه) ذکر خواهد شد. در قسمت مبانی نظری پژوهش، ملاحظه شد که موضوع پژوهش حاضر بسیار جدید است. به‌همین دلیل، ادبیات پژوهش نمی‌تواند فراتر از حداکثر ۱۰ سال قبل بوده باشد. به‌علاوه، اگرچه مطالعاتی در داخل کشور وجود دارند که از مدل‌های DSGE درمورد موضوعاتی مانند «بررسی شوک‌های ارزی، نفتی و انرژی» استفاده کرده‌اند، اما سابقهٔ تحقیقی درمورد مدل E-DSGE و هم‌چنین تمرکز به رابطهٔ سیاست پولی–اقلیم یافت نشد؛ در ادامه، چند مطالعه که بیشترین ارتباط را با موضوع پژوهش حاضر دارند، معرفی خواهند شد.

«مک کبین»[1] و همکاران (۲۰۱۷) استدلال می‌کنند که در دنیایی با محدودیت کربن و ازنظر اقلیمی مختل‌شده، سیاست اقلیم و سیاست پولی باید به‌طور هم‌زمان اجرا شوند. درنظر گرفتن هر سیاست به‌طور جداگانه می‌تواند منجر به نتایجی شود که در انزوا خوب به‌نظر می‌رسند اما در عمل، عملکرد ضعیفی دارند. «آنیچاریکو» و «دی دی»[2] (۲۰۱۷) ترکیب بهینهٔ سیاست‌های زیست‌محیطی و پولی در یک مدل کینزی جدید را بررسی کردند. آن‌ها نشان‌دادند که این ترکیب به ابزارهایی که سیاست‌گذاران در دسترس دارند، شدت انحرافاتی که باید به آن‌ها رسیدگی شود و نحوهٔ تعامل آن‌ها بستگی دارد. «ولز»[3] (۲۰۱۷) به بررسی میزان تأثیر عوامل محیطی بر اهداف متعارف بانک‌های مرکزی می‌پردازد و تحلیلی نظری از موارد موافقت و مخالفت بانک‌های مرکزی برای پاسخ به چالش‌های زیست‌محیطی ارائه می‌کند. «کراگستراپ» و «امان»[4] (۲۰۱۹) به بررسی ادبیات به‌سرعت درحال رشد درمورد نقش ابزارهای سیاست‌های کلان اقتصادی و مالی در کنترل تغییرات اقلیم پرداخته‌اند. آن‌ها نتیجه گرفتند که اگرچه ابزارهای مالی در خط مقدم کنترل تغییرات اقلیم هستند، اما باید با ابزارهای سیاست مالی و پولی تکمیل شوند. «چان»[5] (۲۰۲۰) با روش E-DSGE سیاست‌های پولی و مالی را در ارتباط با انتشار کربن بررسی کردند؛ این مقاله بیان می‌دارد که نباید در طراحی و اجرای سیاست‌های پولی، پیامدهای زیست‌محیطی نادیده گرفته شود. «بولتن»[6] و همکاران (۲۰۲۰) بیان می‌دارند که تغییرات اقلیمی چالش‌های جدیدی را برای بانک‌های مرکزی ایجاد کرده است؛ ازنظر آنان، حل مشکل پیچیدهٔ اقلیم، مستلزم اقدام جمعی هماهنگی بین بسیاری از بازیگران، ازجمله: دولت، بخش خصوصی، جامعهٔ مدنی و جامعهٔ بین‌المللی است؛ بنابراین، بانک‌های مرکزی می‌توانند نقش بیشتری

[1] McKibbin et al.
[2] Annicchiarico & Di Dio
[3] Volz
[4] Krogstrup & Oman
[5] Chan
[6] Bolton et al.

در کمک به هماهنگ کردن اقدامات برای مبارزه با تغییرات اقلیمی داشته باشند. «چن»[۱] و همکاران (۲۰۲۱) سیاست پولی را با لحاظ تغییرات اقلیم معرفی می‌کنند و سیاست ترکیبی جدید را «سیاست پولی سبز»[۲] یا «سیاست پولی تجمیع شده با اقلیم»[۳] می‌نامند. آن‌ها نتیجه می‌گیرند که ضرایب سیاست پولی متداول، هنگامی‌که به سیاست اقلیم هم توجه شود، بهتر تعیین می‌شود. «دکا» و «ولز»[۴] (۲۰۲۱) بررسی می‌کنند که چگونه باید توجه به ریسک‌های مرتبط با اقلیم در دستور کار بانک‌های مرکزی قرار گیرد. آن‌ها نتیجه‌گیری می‌کنند که چون ریسک تغییر اقلیم می‌تواند مستقیماً بر مسئولیت‌های اصلی سنتی بانک‌های مرکزی تأثیر بگذارد، همهٔ کشورها باید ریسک فیزیکی و ریسک گذار مرتبط با اقلیم را در چارچوب سیاست‌های بانک مرکزی خود بگنجانند تا از بی‌ثبات مالی کلان جلوگیری کنند. «براون»[۵] (۲۰۲۱) مشخص کرده است که چگونه خطرات مرتبط اقلیم به سیستم مالی سرایت می‌کند و چرا بانک‌های مرکزی باید به آن توجه کنند. پژوهش «بلتز»[۶] و همکاران (۲۰۲۲) رابطهٔ بین سیاست‌های مالی و پولی، ویژگی‌های بانک مرکزی و انتشار دی‌اکسید کربن و گازهای گلخانه‌ای را کمّی‌سازی کرده است. داده‌ها از ۹۵ کشور در بازهٔ زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹م. تهیه شده است. آن‌ها نتیجه می‌گیرند که وضعیت استقلال بانک مرکزی در کنار رشد اقتصادی، اصلی‌ترین عوامل تعیین‌کنندهٔ انتشار آلودگی هستند.

«کناوتور»[۷] و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی تأثیرات تغییرات اقلیم، بر تورم کلی و تورم قیمت مواد غذایی و پیامدهای آن‌ها برای سیاست پولی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بانک‌های مرکزی باید، اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت شوک‌های عرضهٔ ناشی از رویدادهای اقلیمی بر سطوح عمومی قیمت‌ها را در تدوین سیاست‌های خود درنظر بگیرند. «کانزیک» و «کونرات»[۸] (۲۰۲۳) نشان‌دادند، مالیات کربنی با موفقیت انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد و سیاست پولی نقش مهمی در کنترل اقلیم ایفاء می‌کند. «یووار» و «یلدان»[۹] (۲۰۲۳) با نشان‌دادن این‌که بانک مرکزی سبز در کشوری با تورم بالا، بیشتر یک نیاز است تا یک گزینه، دریافتند که سبز کردن سیاست پولی لزوماً با الزامات هدف‌گذاری تورم و ثبات مالی در تضاد نیست. «آنیچاریکو» و همکاران[۱۰] (۲۰۲۳) به این نتیجه می‌رسند که سیاست پولی می‌تواند انتظارات را تثبیت کند و به روند سبز شدن اقتصاد کمک کند؛ هم‌چنین یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد وجود سیاست پولی که به اندازهٔ کافی به شکاف تولید یا تورم واکنش نشان می‌دهد، می‌تواند نوسانات انتشار آلودگی را کاهش دهد، عدم اطمینان درمورد دستیابی به اهداف اقلیمی را کاهش دهد و تورم را تثبیت کند؛ بنابراین فشار بر قیمت‌ها را که ناشی از سیاست اقلیمی سخت‌گیرانه بوده است، کاهش می‌دهد. «کومار» و «مایتی»[۱۱] (۲۰۲۴) این‌طور بیان می‌دارند که اغلب اقتصادهای نوظهور، استراتژی های کاهش تغییرات اقلیم را نادیده می‌گیرند و رشد اقتصادی را در اولویت قرار می‌دهند؛ اما مطالعهٔ آن‌ها نشان می‌دهد که این‌گونه کشورها نمی‌توانند رشد اقتصادی خود را به‌دلیل تأثیر نامطلوب افزایش دما بر بهره‌وری کل عوامل حفظ کنند.

---

[1] Chen et al.
[2] Green monetary policy
[3] Climate-augmented monetary policy
[4] Dikau & Volz
[5] Braun
[6] Bletsas et. al.
[7] Kunawotor et. al.
[8] Känzig & Konradt
[9] Ünüvar & Yeldan
[10] Annicchiarico & et al.
[11] Kumar & Maiti

تا آنجایی‌که جستجو برای ادبیات پژوهش نشان داده است، در بین مطالعات داخلی، تاکنون تلاش علمی برای بررسی هم‌زمان سیاست پولی و سیاست‌های اقلیم (و به‌طور خاص سیاست مالیات سبز) صورت نگرفته است؛ با این‌حال، مطالعات پیش‌رو به پژوهش حاضر، بیشترین ارتباط را دارند: «ولیقی‌زاده» (۱۳۹۸) بیان می‌دارد که اگرچه، موضوع نوسانات اقلیمی و اثرات اقتصادی آن در زندگی انسان موضوع جدیدی نیست، ولی از لحاظ اقتصادی هزینه‌های مالی آن بسیار سنگین و حتی برای برخی نواحی و کشورها طاقت‌فرسا و آسیب‌رسان خواهد بود. «پورمتقی‌آلمانی» و همکاران (۱۴۰۱) به این نتیجه می‌رسند که مخاطرات طبیعی جزء جدایی‌ناپذیر زندگی امروز بشر هستند که دستیابی به توسعهٔ اقتصادی را تحت‌تأثیر قرار می دهد.

در این پژوهش، بررسی سیاست پولی و سیاست‌های اقلیم (و به‌طور خاص سیاست مالیات سبز) به‌صورت هم‌زمان صورت می‌گیرد و اثرات تغییرات اقلیم در دوحالت تغییر اقلیم متوسط و شدید، بحث و بررسی می‌شود.

٤. روش پژوهش

برای بررسی صحت و سقم فرضیهٔ پژوهش، به روشی نیاز است که بتواند به‌صورت هم‌زمان به اقتصاد و اقلیم توجه کند. به‌کارگیری یک مدل خاص از مجموعه مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی زیست‌محیطی (E-DSGE) موردنظر پژوهش حاضر است؛ درواقع این الگو، مدل DSGE معمول کینزی جدید است که رقابت ناقص و چسبندگی اسمی در آن وجود دارد و آن‌چنان بسط داده می‌شود که بخش‌های اقلیم و سیاست پولی در آن وارد شود (اکونومودیس و ژاپاداز[1]، ۲۰۱۸).

٤-١. خانوار

در الگوی کینزی جدید، فرض می‌شود خانوار عرضه‌کنندهٔ عوامل تولید و تقاضاکنندهٔ مصرف و دارایی‌های مالی است. عوامل تولید نیز، نیروی کار و سرمایه و دارایی‌های مالی، نگه‌داری ماندهٔ حقیقی پول و اوراق‌قرضه درنظر گرفته می‌شود؛ هم‌چنین فرض می‌شود که ترجیحات خانوارها، همگن است و خانوار عمر نامحدود دارد. فرض می‌شود که خانوارها مطلوبیت انتظاری تنزیل‌شده طول عمر خود را بیشینه می‌کنند:

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

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. $U(\,)$ را تابع مطلوبیتی به فرم تبعی (کولی و پرسکات[2]، ۱۹۹۵) درنظر می‌گیریم؛ این تابع، تصریح لگاریتمی دارد:

$$U(c_t, 1 - L_t, m_t) = \gamma_1 Log c_t + \gamma_2 Log(1 - L_t) + (1 - \gamma_1 - \gamma_2) Log m_t \qquad (۲)$$

که γ_1 و γ_2 پارامترهای استاندارد ترجیحات هستند. درنظر گرفتن این شکل تابع مطلوبیت، سبب می‌شود تا ضمن این‌که خواص و ویژگی‌هایی که در سطور پیشین به آن اشاره شد، حفظ شود؛ محاسبات نیز ساده‌تر باشد. قید بودجهٔ اسمی خانوار نیز عبارت است از:

---

[1] Economides & Xepapadeas
[2] Cooley & Prescott

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

که در آن : τ_t^c نرخ مالیات بر مصرف خصوصی $0 \le \tau_t^c < 1$، τ_t^k نرخ مالیات بر درآمد سرمایهٔ $0 \le \tau_t^k < 1$، τ_t^L نرخ مالیات بر درآمد حاصل از کار $0 \le \tau_t^L < 1$ ، I_t سرمایه‌گذاری در سرمایهٔ فیزیکی، B_t اوراق‌قرضهٔ 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 یکجا پرداخت شده به خانوار است؛ بنابراین قید بودجهٔ حقیقی مصرف‌کننده عبارت است‌از:

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

فرض می‌شود که تمامی درآمد مالیاتی دولت، به شکل پرداخت‌های انتقالی یکجا به مصرف‌کننده برمی‌گردد؛ به این‌ترتیب، مدل ساده‌سازی شده و نیازی به درنظر گرفتن پیچیدگی‌های خاص در شرایط بخش دولت نیست؛ هم‌چنین سرمایهٔ فیزیکی به این شکل تعریف می‌شود:

$$k_t = (1-\delta)k_{t-1} + I_t \quad (۵)$$

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

٤-۲. 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 است و بازار کالای نهایی، رقابت کامل است. بازار عوامل تولید و به‌خصوص انرژی رقابتی فرض می‌شود.

٤-۲-۱. بنگاه تولیدکنندهٔ کالای نهایی

مطابق با تابع تولید معرفی‌شده توسط «دگزیت و «استگلیتز»[1] (۱۹۷۷) تولیدکننده، کالای نهایی (y_t) را با استفاده از $y_{t.j}$ کالای واسطه‌ای تولید می‌کند؛ به‌طوری‌که j=1,2,…,N و

$$y_t = [\sum_{j=1}^{N}(y_{t.j})^{\frac{\xi-1}{\xi}}]^{\frac{\xi}{\xi-1}} \quad (۶)$$

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

[1] Dixit & Stiglitz

٤-۲-۲. بنگاه تولیدکنندهٔ کالای واسطه‌ای

فرض شود، هرکدام 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 k_t ، L_t و E_t به‌ترتیب نهاده‌های سرمایه، نیروی کار و انرژی (سوخت‌های فسیلی) می‌باشند[۱]؛ این تابع شرایط زیر را دارد:

$$F_L > 0\ , F_K > 0\ , F_E > 0, F_{LL} < 0, F_{KK} < 0, F_{EE} < 0 \qquad (۷)$$

فرم تبعی به شکل کاب–داگلاس، می‌تواند شرایط بالا را داشته باشد، بنابراین:

$$y_{t.j} = \widehat{A_t} k_{t.j}^{\alpha_1} L_{t.j}^{\alpha_2} E_{t.j}^{1-\alpha_1-\alpha_2} \qquad (۸)$$

$\widehat{A_t}$ بهره‌وری کل عوامل تولید تعدیل شده است که بعداً درمورد آن توضیح داده خواهد شد؛ هر بنگاه با این هزینه روبه‌رو است:

$$C_{t.j} = w_t L_{t.j} + r_t K_{t.j} + (1 + \tau_t^e) p_t^e E_{t.j} \qquad (۹)$$

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

٤-۲-۳. بخش تولیدکنندهٔ انرژی

برای سادگی الگو، فرض شود که فقط یک بنگاه تولیدکنندهٔ انرژی وجود دارد که از سوخت فسیلی برای تولید انرژی استفاده می‌نماید؛ این بنگاه که محصول خود (یعنی انرژی) را به سایر بنگاه های واسطه‌ای می‌فروشد، دارای تابع سود اسمی زیر است:

$$D_t^e = \sum_{s=0}^{t} \beta^t \, (P_s^e - C^e) E_s \qquad (۱۰)$$

که p_s^e قیمت نسبی هر واحد انرژی و c^e هزینه تولید یک واحد انرژی (برای سادگی ثابت فرض می‌شود)، S_0 ذخیرهٔ محلی سوخت فسیلی و E_s واحدهای انرژی فروخته شده است؛ می‌توان رابطهٔ بالا را به‌صورت تابع سود حقیقی نوشت:

$$d_t^e = \sum_{s=0}^{t} \beta^t \, (p_s^e - c^e) E_s \qquad (۱۱)$$

$$\sum_{s=0}^{t} E_s \leq S_0 \qquad (۱۲)$$

٤-۳. اقلیم، گازهای گلخانه‌ای، تغییرات دمای جهان و تابع خسارت[۲]

در تابع تولید دیدیم که به‌جای بهره‌وری کل عوامل تولید (A) از مقدار تعدیل‌یافتهٔ آن $(\widehat{A_t})$ استفاده شد؛ در واقع:

$$\widehat{A_t} \equiv e^{-\Theta(T_t - T_0)} A_t \qquad (۱۳)$$

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

---

[۱] درواقع بیشتر مطالعات با روش DSGE به متغیر بهره‌وری کل عوامل تولید و اثر تکانه‌های آن بر تولید تأکید کرده‌اند؛ برای نمونه، عطار و همکاران (۱۳۹۸) را ببینید.

[۲] اطلاعات این بخش بیشتر مربوط به رشتهٔ اکولوژی (زیست‌بوم) است، ولی برای تکمیل الگوی تحقیق حاضر لازم است؛ برای اطلاع بیشتر به پیرهومبر (۲۰۱۴) مراجعه شود.

بنابراین $e^{-\Theta(T_t-T_0)}$ تابع خسارت[1] به تولید برحسب دمای کره‌زمین است. پارامتر Θ نیز «کشش خسارت محصول»[2] نام دارد. پس، $\widehat{A_t}$ بهره‌وری کل عوامل تولید تعدیل شده، اثرات معین تغییرات اقلیم را بر تابع تولید نشان می‌دهد. از اینجا مشخص می‌شود که هر بنگاه تولیدکنندهٔ کالای واسطه‌ای در هنگام مصرف انرژی با دو اثر متضاد روبه‌رو می‌شود؛ از یک‌سو با مصرف بیشتر انرژی، تولید بیشتری خواهد داشت و از سوی دیگر، مصرف سوخت فسیلی بیشتر، موجب افزایش انتشار CO_2 بیشتر، افزایش دمای کره‌زمین، تغییر اقلیم، کاهش بهره‌وری کل عوامل تولید و نهایتاً کاهش تولید می‌گردد.

در مدل‌های ارزیابی یکپارچه، سه منبع (مخزن) ذخیرهٔ کربن[3] درنظر گرفته می‌شود؛ کربن در جو، کربن سطح اقیانوس و کربن اعماق اقیانوس (نوردهاوس و ژتور[4]، ۲۰۱۳)؛ با این فرض، تابعی به‌نام «تابع اجبار تابشی»[5] تعریف می‌شود که عبارت است از: حاصل تفاضل انرژی تابشی خورشید که جذب کره‌زمین شده است، از انرژی بازتابش شده از زمین به فضا. این تابع با رابطهٔ معروف زیر نشان داده می‌شود:

$$F_t = \eta Log_2\left(\frac{S_t^{AT}}{S_{t=1750}^{AT}}\right) + F_t^{EX} \qquad (۱۴)$$

در رابطهٔ بالا S_t^{AT} و $S_{t=1750}^{AT}$ تجمع کربن به‌ترتیب در سال t و سال ۱۷۵۰ (قبل از انقلاب صنعتی) را نشان می‌دهد. کشش (یا حساسیت) اقلیم[6] نیز با η مشخص شده است. F_t^{EX} هم اجبار تابشی خارجی[7] است. اگر $F_t > 0$ اجبار تابشی مثبت داریم و زمین گرم می‌شود و اگر $F_t < 0$ اجبار تابشی منفی داریم و زمین سرد می‌شود.

«گولساف» و همکاران[8] (۲۰۱۴) از روی رابطهٔ اجبار تابشی، خسارت وارده به تولید را به‌صورت تابع نمایی از تجمع کربن تعریف می‌کنند:

$$e^{-\psi(S_t^{AT}-S_{t=1750}^{AT})} \qquad (۱۵)$$

این تابع را «تابع خسارت به تولید» به‌دلیل ناهنجاری کربن هم می‌گویند. این تابع، درواقع از ترکیب تابع خسارت بر حسب ناهنجاری دما ($e^{-\Theta(T_t-T_0)}$) و تابع تغییرات تجمع کربن برحسب ناهنجاری دما به‌دست می‌آید. در این رابطه ψ کشش خسارت وارده به تولید ناشی از تغییرات تجمع کربن است. حالا باید تابع خسارت، ساده‌سازی شود. برای این‌کار از روشی که اخیراً در ادبیات اقلیم توسعه یافته است، استفاده می‌کنیم. این روش توسط «ماتیوز» و همکاران[9] (۲۰۱۲) ، «پیرهومبر»[10] (۲۰۱۴)، «هاسلر» و همکاران[11] (۲۰۱۶) و «براک» و «ژپاپادز»[12] (۲۰۱۷) استفاده شده است. در این روش به‌جای آن که انتشار CO_2 به تجمع کربن مرتبط شود و سپس تجمع کربن به تغییرات دما ربط داده شود، مستقیماً انتشار CO_2 به تغییرات دما لینک می‌شود. این روش را واکنش کربن–اقلیم[13] (CCR)

[1] Damage function
[2] Damage elasticity of output
[3] Carbon reservoir
[4] Nordhaus and Sztorc
[5] radiative forcing function
[6] climate sensitivity
[7] external forcing
[8] Golosove et al.
[9] Matthews et al.
[10] Pierrehumbert
[11] Hassler et al.
[12] Brock & Xepapadeas
[13] Carbon-climate response

می‌نامند. درواقع 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 سازمند (یعنی کربنی که به‌دست انسان ایجاد شده، نه کربن موجود در طبیعت) برآورد می‌شود. رابطهٔ دما–CO_2 که در بالا توضیح داده شد را واکنش اقلیم گذرا به انتشار CO_2 یا ($TCRE$)[1] هم می‌نامند. درواقع $TCRE$ هم اثرات فیزیکی و هم شیمیایی و بیوشیمیایی انتشار CO_2 بر اقلیم را در خود جای می‌دهد. عدد $TCRE$ را با Λ نشان می‌دهند و این‌گونه تعریف می‌شود:

$$\Lambda = \frac{\Delta T(t)}{CE(t)} \qquad (۱۶)$$

صورت کسر تغییرات دما و مخرج آن مقدار تجمعی انتشار کربن تا زمان t می‌باشد.

چون فرض شئه بود که Λ ثابت است، پس رابطهٔ بین تغییرات جهانی دما و مقدار تجمعی انتشار دی‌اکسید کربن خطی است. طبق بحث «مک دوگل»[2] (۲۰۱۶) بهترین برآوردی که از Λ شده است حدوداً بین ۰.۸ تا ۲.۵ درجهٔ سانتی‌گراد به ازای هر تن کربن (TtC) است.

٤-٤. دولت

در الگوهای کینزی جدید که در آن‌ها دولت وجود دارد، قید بودجهٔ دولت برحسب مقادیر اسمی به این شکل بیان می‌گردد:

$$B_t - B_{t-1} + M_t - M_{t-1} + p_t\tau_t^c c_t + \tau_t^K(p_t r_t k_{t-1}) + \tau_t^L(p_t w_t L_t) + p_t\tau_t^e E_t = r_{t-1}b_{t-1} + p_t g_t^{tr} \qquad (۱۷)$$

که $B_t - B_{t-1}$ اوراق‌قرضه منتشر شده جدید، $M_t - M_{t-1}$ پول چاپ شده جدید، $p_t\tau_t^c c_t$ درآمد ناشی از مالیات بر مصرف، $\tau_t^y(p_t r_t k_{t-1})$ درآمد ناشی از مالیات بر درآمد حاصل از 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 اوراق‌قرضهٔ دورهٔ قبل و $p_t g_t^{tr}$ مخارج پرداخت‌های انتقالی از طرف دولت است. واضح است که $b_t, \tau_t^c, \tau_t^y, \tau_t^e, g_t, g_t^{tr}$ ابزارهای سیاست مالی دولت هستند؛ اما در این مطالعه و از آنجایی‌که فقط بر سیاست پولی تمرکز شده است، برای سادگی مدل فرض می‌شود که تمام درآمدهای مالیاتی فوق، به‌صورت یکجا و در قالب پرداخت‌های انتقالی به مصرف‌کننده برمی‌گردد.

٤-٥. بانک مرکزی و سیاست پولی

همان‌طورکه می‌دانیم، قاعدهٔ پولی بانک مرکزی (یا قاعدهٔ سیاست پولی) رابطه‌ای است که براساس آن، بانک مرکزی نسبت به نوسان در شرایط اقتصاد واکنش می‌دهد. در این رابطه، متغیر سمت چپ را ابزار سیاست پولی می‌نامند که بیشتر نرخ بهره اسمی (R_t) و در برخی از اقتصادها (مانند اقتصاد ایران) پایهٔ پول است. دقیق‌تر این که به‌طورکلی دو قاعدهٔ معروف در این‌زمینه وجود دارد؛ «قاعدهٔ فلداشتاین و استاک»[3] (۱۹۹۴) و «قاعده مک کالم»[4] (۱۹۸۷). در اولی ابزار پولی بانک مرکزی حجم پول (M_2) است و در دومی نرخ رشد پایهٔ پولی، ابزار سیاست

[1] Transient climate response to co2 emissions
[2] MacDougal
[3] Feldstein & Stock
[4] McCallum

پولی است. اما قاعدهٔ مک کالم، معروف‌تر و کاربردی‌تر است (توکلیان و صارم، ۱۳۹۸) و به‌همین دلیل در این پژوهش از این قاعده استفاده می‌شود:

$$\dot{M}_t = \rho_M \dot{M}_{t-1} + (1-\rho_M)\{\emptyset^{\pi}(\pi_t - \tilde{\pi}) + \emptyset^{y}(y_t - \tilde{y})\} \qquad (۱۸)$$

که $\tilde{y}, \tilde{\pi}$ مقادیر هدف هستند و $\emptyset^{\pi}, \emptyset^{y}$ ضرایب واکنش سیاست پولی می‌باشند. در این رابطه، $\dot{M}_t$ نرخ رشد پایهٔ پولی امسال است که به سه عنصر واکنش می‌دهد؛ نرخ رشد پایهٔ پولی دورهٔ قبل (با ضریب ρ_M)، شکاف تورم و شکاف تولید.

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

$$\dot{M}_t = \rho_M \dot{M}_{t-1} + (1-\rho_M)\{\emptyset^{\pi}(\pi_t - \tilde{\pi}) + \emptyset^{y}(y_t - \tilde{y})\} + \varepsilon^{M} \qquad (۱۹)$$

۵. تحلیل‌های تجربی

تعادل الگو عبارت است از توالی تخصیص‌ها، قیمت‌گذاری‌ها و سیاست‌گذاری‌ها به‌طوری‌که ۱) مطلوبیت خانوار بیشینه شود، ۲) سود همهٔ بنگاه‌ها بیشینه شود، ۳) همهٔ قیود ازجمله قید بودجه دولت برقرار باشد، و ۴) تمام بازارها تسویه شوند[۱]. بعد از مشخص‌شدن تعادل اقتصاد، گام بعدی محاسبهٔ وضعیت پایدار[۲] الگو است. در حالت پایدار، تغییرات اقلیم وجود ندارد $(\Lambda = ۰)$ و شوک‌های مربوط به بهره‌وری نیز وجود ندارد $(\varepsilon^{A} = ۰)$. از آنجایی‌که در حالت ایستا، در وضعیت تعادلی هستیم، پس $\pi_t = \tilde{\pi}$ و $y_t = \tilde{y}$ است و درنتیجه به سیاست‌گذاری پولی هم نیازی نیست.

سیستم معادلات معرفی‌شده در بخش قبل، معادلات دیفرانسیل غیرخطی است که با روش‌های غیرخطی حل می‌شود. برای حل آن، باید ابتدا مقدار پارامترها را مشخص کرد. طبق بحث «کنوا»[۳] (۲۰۰۷)، مقداردهی پارامترها به استفاده از روش‌های اقتصادسنجی برای محاسبهٔ 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؛ ازطرف دیگر، برآوردهای اقتصادسنجی ممکن است موجب بروز مشکل تکینی تصادفی[۴] شود (برای جزئیات بیشتر ر. ک. به: توکلیان و صارم، ۱۳۹۶)؛ بنابراین، در این مطالعه، هر پارامترها از روی مطالعات مرتبط تعیین می‌شود. مقادیر انتخاب شده در جدول (۱) خلاصهٔ شده‌اند. درخصوص انتخاب چند پارامتر، لازم است نکاتی مطرح گردد؛ پارامتر Λ نشان‌دهندهٔ حساسیت اقلیم به آلودگی است. در مطالعات تغییرات اقلیم، «لدو» و همکاران[۵] (۲۰۱۶) دو مقدار $\Lambda = ۱.۷$ و $\Lambda = 0.۵$ را به‌ترتیب برای رویدادهای اقلیمی شدید و متوسط برآورد کرده‌اند؛ هم‌چنین، مقدار پارامتر کشش خسارت در تابع تولید (ψ) به این روش مشخص می‌شود؛ «نوردهواس»[۶] (۲۰۰۸)

---

[۱] خوانندگان گرامی می‌توانند در صورت لزوم معادلات تعادلی الگو را ازطریق پست الکترونیکی نویسندهٔ اول درخواست نمایند.

[2] Steady state
[3] Canova
[4] Stochastic singularity problem
[5] Leduc et al.
[6] Nordhaus

برآورد کرد که ناهنجاری دمایی به اندازهٔ ۶ درجهٔ سانتی‌گراد، به اندازهٔ ۳۰٪ به *GDP* خسارت می‌زند. با توجه به آن‌چه در پیش‌تر بیان شد، این به آن معنی است که:

$$۰.۷ = e^{-۶\psi} \rightarrow \psi = ۰.۰۵۹ \qquad (۲۰)$$

سومین پارامتر، درجهٔ چسبندگی قیمت (ξ) می‌باشد که وجود آن در الگوهای *DSGE* کینزی جدید لازم است. همان‌طورکه در محاسبات قبل مشاهده شد، عبارت $\frac{\xi}{(\xi-۱)}$ نشان‌دهندهٔ جزء مارک–آپ می‌باشد. طبق بحث «صباغ‌کرمانی» و همکاران (۱۳۸۹)، انتظار می‌رود در کشورهای با تورم زیاد، درجهٔ چسبندگی قیمت کم باشد. هم‌چنین در مطالعهٔ «شهیکی‌تاش» و همکاران (۱۳۹۶) جزء مارک–آپ در بیشتر صنایع ایران، اندکی بیشتر از یک (مثلاً ۱.۱) است؛ به‌همین دلیل، این پارامتر برای اقتصاد ایران برابر با ۷ درنظر گرفته شد ($\frac{۷}{۷-۱} = ۱.۱$). درنهایت، ρ_M در معادلهٔ سیاست پولی (رابطهٔ ۱۹) برای اقتصاد ایران مقدار نزدیک به یک دارد. «شاه‌حسینی» و «بهرامی» (۱۳۹۲)، این مقدار را ۰.۸۹ محاسبه کردند و «محمدی و «باقری‌پرمهر» (۱۳۹۴) این مقدار را برابر ۰.۸۶ درنظر گرفتند. باید توجه‌داشت که هرچه‌قدر مقدار این پارامتر کمتر باشد، موضوعاتی که برای بررسی صحت و سقم فرضیهٔ این پژوهش لازم است روشن شود، ظاهرتر می‌شوند.

جدول ۱: مقادیر پارامترهای مدل

Tab. 1: Values of model parameters (Source: Research Findings)

پارامتر	شرح	مقدار	منبع
β	عامل تنزیل	۰.۹۸	مطالعات ذکر شده در متن
$\gamma_۱$	پارامتر مصرف در تابع مطلوبیت	۰.۱۳۸۹	رئیسی و همکاران (۱۳۹۶) و صباغ‌کرمانی و همکاران (۱۳۸۹)
$\gamma_۲$	پارامتر فراغت در تابع مطلوبیت	۰.۳۹۸۶	رئیسی و همکاران (۱۳۹۶) و صباغ‌کرمانی و همکاران (۱۳۸۹)
$۱-\gamma_۱-\gamma_۲$	پارامتر مانده حقیقی پول در تابع مطلوبیت	۰.۴۶۲۵	رئیسی و همکاران (۱۳۹۶) و صباغ‌کرمانی و همکاران (۱۳۸۹)
$\alpha_۱$	کشش تولیدی سرمایه	۰.۴۲۶	اسلاملوئیان و استادزاد (۱۳۹۵)
$\alpha_۲$	کشش تولیدی نیروی کار	۰.۲۲۱	اسلاملوئیان و استادزاد (۱۳۹۵)
$۱-\alpha_۱-\alpha_۲$	کشش تولیدی انرژی	۰.۳۵۳	اسلاملوئیان و استادزاد (۱۳۹۵)
δ	نرخ استهلاک سرمایه	۰.۰۳۲	مطالعات ذکر شده در متن
ξ	درجه چسبندگی قیمت	۷	صباغ‌کرمانی و همکاران (۱۳۸۹)
τ^c	نرخ مالیات بر مصرف	۰.۰۹	محاسبات تحقیق
τ^L	نرخ مالیات بر درآمد حاصل از کار	۰.۱	محاسبات تحقیق
$\emptyset^\pi$	اهمیت بانک مرکزی به هدف تورمی	-۱.۵۴۸	کاویانی (۱۴۰۰)
$\emptyset^y$	اهمیت بانک مرکزی به هدف تولید	-۱.۷	کاویانی (۱۴۰۰)
Λ	حساسیت اقلیم	۱.۷	لدو و همکاران[1] (۲۰۱۶)
ψ	کشش خسارت در تابع تولید	۰.۵	نوردهواس[2] (۲۰۰۸)
ρ_A	ضریب خودهمبستگی شوک بهره‌وری	۰.۷۳	مطالعات ذکر شده در متن
ρ_M	ضریب خودهمبستگی سیاست پولی	۰.۸۶	محمدی و باقری پرمهر (۱۳۹۴)

(منبع: یافته‌های تحقیق).

[1] Leduc et al.
[2] Nordhaus

پس از آن‌که تصریح معادلات الگو مشخص شد و مقادیر پارامترها انتخاب گردید، سیستم معادلات به‌همراه مقادیر پارامترها در قالب یک فایل‌نویسه[1] پیکربندی می‌شود. در مرحلهٔ بعد، نویسه حاوی متغیرها، معادلات و دستورات، در برنامهٔ نرم‌افزاری «داینر»[2] اجرا می‌شود؛ در این مطالعه، از آخرین نسخهٔ برنامهٔ داینر (Dynare ۵.۴) استفاده شده است. مقادیر متغیرها در شرایط با ثبات، مطابق آن‌چه در جدول (۲) خلاصه شده است، حاصل شد.

جدول ۲ مقادیر متغیرها در شرایط با ثبات

Tab. 2: Values of variables in steady state (Source: Research Findings)

متغیر	π	$\overline{gtr}$	$\overline{m}$	$\overline{p^e}$	$\overline{w}$	$\bar{r}$	$\bar{E}$	$\bar{l}$	$\bar{k}$	$\bar{I}$	$\bar{c}$	$\bar{y}$	$\bar{A}$
مقدار	۰	۰	۴۴.۳	۲.۴	۰.۶	۰.۰۵۱	۰.۱۳	۰.۶۸	۷.۳	۰.۲۳۴	۰.۶۵	۰.۸۸	۱
نسبت به $\bar{y}$									۸.۳	۰.۲۶۶	۰.۷۳۸	۱	

(منبع: یافته‌های تحقیق).

مطابق با جدول بالا، مقدار تولید در وضعیت باثبات ۰.۸۸ است. این مقدار از آنجا ناشی می‌شود که کل موهبت زمان در دسترس افراد برابر واحد نرمال شده است؛ هم‌چنین فرض واحد بودن بهره‌وری کل عوامل تولید، منجر به چنین نتیجه‌ای شده است. مشاهده می‌شود که خانوارها، ۶۸ ٪ موهبت زمان در اختیار خود را صرف کار می‌کنند؛ هم‌چنین، آن‌ها حدود ۷۴٪ درآمد خود را مصرف و ۲۶٪ بقیه را پس‌انداز می‌نمایند. موجودی سرمایه ۸ برابر سطح تولید تعادلی است؛ هم‌چنین طبق رابطهٔ مبادله (M.V=P.Y)، سرعت گردش پول $V = \frac{Y}{m} = \frac{۰.۸۸}{۴۴.۳} = ۱.۹۸$ محاسبه می‌شود. توجه شود که در جدیدترین مطالعه، «آشنا» (۱۴۰۲) میانگین سرعت گردش پول را در اقتصاد ایران و در دورهٔ زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۷ برابر با ۱.۸۹ برآورد کرده است. در یک مطالعهٔ دیگر، «عزیزی» (۱۳۸۲) به میانگین ۲.۱ برای دورهٔ زمانی ۱۳۴۰ تا ۱۳۷۷ رسیده بود. این نزدیکی مقادیر برآورد شده با مقدار به‌دست آمده در این پژوهش، اطمینان بخش احتمال درستی نتایج است؛ هم‌چنین، این نتایج با پایه‌های خُرد موضوعات کلان اقتصادی سازگاری دارد.

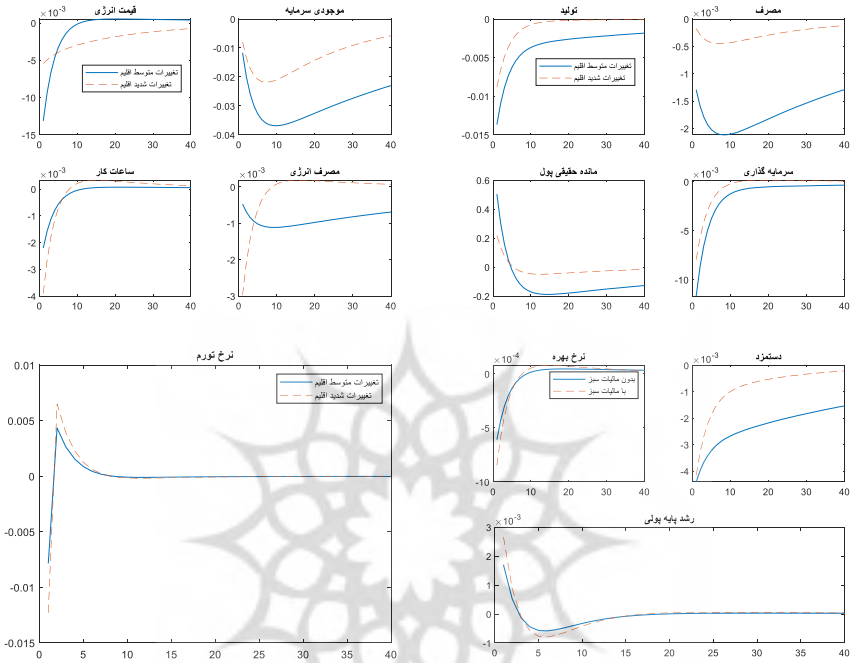
آن‌چه در نتایج مدل‌های DSGE مهم است، پویایی‌های مدل و پیش‌بینی واکنش متغیرهای درونزا در اثر ضربه (شوک) یک یا چند متغیر برون‌زا است. قبل از بررسی چنان پویایی‌هایی باید وقوع گرمایش جهانی و اثرات تغییر اقلیم را به الگو وارد کرد؛ همان‌طورکه در بخش پیشین بحث شد، ساده‌ترین راهی که برای این‌منظور رایج است جای‌گذاری مقدار تعدیل‌یافتهٔ بهره‌وری کل عوامل تولید $(\widehat{A_t})$ ، به جای (A) در تابع تولید است. در این رابطه، رایج است که مقدار Λ را با سناریوهای قوی (۱.۷) و متوسط (۰.۵) و مقدار ψ را متوسط (۰.۵) درنظر می‌گیرند (ر. ک.

[1] M-code
[2] Dynare

به: لدو و همکاران[1]، ۲۰۱۶). پس ابتدا به مدل پایه‌ای که از آن نتایج ایستا استخراج شده بود، یک تغییر اقلیم متوسط ($\Lambda = ۰.۵$) و سپس شدید ($\Lambda = ۱.۷$) معرفی می‌گردد.

٦. نتیجه‌گیری

ایجاد تغییرات اقلیمی شدید و متوسط، تغییراتی را در کل سیستم ایجاد می‌کند که در شکل (۲) مقایسه شده است.



شکل ۲: پویایی همزمان دو حالت تغییرات اقلیم متوسط و شدید (منبع: یافته‌های تحقیق).

Fig. 2: Simultaneous dynamics of moderate and severe climate changes (Source: Research Findings)

همان‌طورکه مشخص است، به‌محض وقوع تغییر اقلیم متوسط، بهره‌وری کل عوامل تولید کاهش می‌یابد. این شوک طی حدود ۱۵ الی ۲۰ دوره، با نرخ کاهنده از بین خواهد رفت. واضح است که رویدادهای شدید آب و هوایی مانند سیل و طوفان به زیرساخت‌ها خسارت وارد می‌کند و از طرف دیگر، در کشوری که تغییرات اقلیمی وجود دارد و برای آن اقدامی صورت نگرفته، انگیزهٔ سرمایه‌گذاری جدید و یا حتی بازسازی وجود نخواهد داشت؛ بنابراین، کاهش سرمایه‌گذاری به‌طوری‌که حتی بعد از ۴۰ دوره به مقدار اولیه خود برنگردد؛ هم‌چنین از بین رفتن زیرساخت‌ها، عدم بازسازی آن‌ها و کاهش سرمایه‌گذاری موجب کاهش شدید در موجودی سرمایه می‌شود. اگرچه کاهش موجودی سرمایه بعد از ۱۰ دوره روند کاهشی خواهد یافت، اما حداقل تا ۴۰ دورهٔ آینده (و احتمالاً مدت‌ها پس از آن) به سطح اولیه برنمی‌گردد. درنتیجه کاهش بهره‌وری کل عوامل تولید، کاهش سرمایه‌گذاری و موجودی سرمایه، تولید کل در اقتصاد، در ابتدا ۱.۵ ٪ کاهش می‌یابد و حتی تا ۴۰ دورهٔ بعد نیز به سطح اولیهٔ خود بازنمی‌گردد.

[1] Leduc et al.

این بدان‌معنی است که تغییرات اقلیم اثر منفی ماندگارتری بر تولید (نسبت به بهره‌وری) دارد. این موضوع به‌دلیل خسارت‌هایی است که تغییرات اقلیم می‌تواند بر زیرساخت ها وارد کند؛ هم‌چنین، تغییرات اقلیمی متوسط، با تعطیلی مشاغل و کوچک کردن اقتصاد، موجب کاهش ساعات کار، کاهش دستمزد و درنتیجهٔ کاهش مصرف (تا ۲٪ سطح اولیه) می‌شود. کاهش شدید مصرف انرژی در کنار کاهش قیمت انرژی، جنبهٔ مثبتی از اثرات تغییرات اقلیم نیست؛ زیرا کاهش مصرف انرژی تقریباً دائمی خواهد بود؛ درحالی‌که قیمت انرژی پس از حدود ۱۰ دوره حتی بیشتر از سطح اولیهٔ خود می‌شود. این بدان‌معنی است که تغییرات اقلیم بر زیرساخت های انرژی هم آسیب می‌زند و فرصت سرمایه‌گذاری در انرژی‌های مدرن و پاک را از بین می‌برد. در واکنش به این‌شرایط، اگر بانک مرکزی کاملاً صلاح‌دیدی عمل کند، اتفاقات بعدی قابل پیش‌بینی نیست، و موضوع پژوهش حاضر هم نیست؛ اما اگر بانک مرکزی، حداقل تاحدی که در معرفی مدل و در قالب پارامتر ρ_M به آن اشاره شد، به تثبیت رشد و تورم پای‌بند باشد، برای جبران شکاف منفی تولید، سیاست پولی انبساطی درنظر می‌گیرد (همان‌طورکه در شکل مشخص است، نرخ بهرهٔ کاهش و حجم پول افزایش یافته است). این سیاست، ابتدا شدید و سپس با وضعیت کاهنده، تا حدود ۱۰ دوره ادامه می‌یابد؛ اگرچه پس از دورهٔ ۱۰، این سیاست ادامه دارد، اما به‌دلیل جبران ۱٪ از ۱.۵٪ کاهش تولید، ملایم‌تر خواهد بود. اجرای سیاست پولی انبساطی برای خروج از رکود ناشی از وقوع تغییرات اقلیمی موجب کم‌شدن شکاف منفی تولید می‌شود، اما تورم نیز ایجاد می‌کند. با این‌حال، به‌طوری‌که در شکل (۲) قابل مشاهده است، تورم در دورهٔ اول فقط حدود ۰.۵ ٪ افزایش می‌یابد و با سرعت زیاد در کمتر از ۱۰ دوره، حذف می‌شود[۱].

در حالت وقوع تغییرات اقلیم شدید ($\Lambda = ۱.۷$) ، شکل پویایی‌ها به‌جز در موارد قیمت و مصرف انرژی، در سایر متغیرها مشابه حالت تغییرات اقلیم متوسط است. در این حالت، تغییرات اقلیم به‌قدر کافی شدید هست که مقامات، کارآفرینان یا سایر ذی‌نفعان، انگیزه برای روی‌آوردن به انرژی‌های پاک داشته باشند؛ بنابراین کاهش مصرف انرژی با استفاده از انرژی‌های جدید و نسبتاً (نه مطلقاً) ارزان، جبران می‌شود؛ هم‌چنین، در حالت تغییرات شدید اقلیمی، کاهش اولیه در متغیر مصرف کمتر است؛ اما کاهش اولیه در تولید تقریباً مشابه حالت قبل است (به خاطر بیاوریم که در حالت تغییرات اقلیمی شدید، انگیزه برای بازسازی زیرساخت‌ها بیشتر است و این بخشی از رکود را جبران کرده است. این موضوع با پویایی موجودی سرمایه در این حالت، سازگاری دارد). در این حالت، بانک مرکزی سیاست پولی انبساطی شدیدتری اجرا می‌کند. این موضوع نیز با مطالب مذکور در سطور پیشین دربارهٔ افزایش انگیزهٔ خروج از رکود و بازسازی زیرساخت انرژی مطابقت دارد. درنتیجه، نرخ بهره به مقدار بیشتری کاهش می‌یابد و پس‌اندازها به مصرف جهت بازسازی تبدیل می‌شود؛ همین موضوع بخشی از آثار تورمی ناشی از اجرای سیاست پولی انبساطی را خنثی می‌کند[۲]. به‌همین دلیل نیز، باوجود شدیدتر بودن سیاست پولی انبساطی، اما افزایش ماندهٔ حقیقی پول کمی کمتر است. اما به‌دلیل افزایش بیشتر تقاضا، تورم با اختلاف ناچیزی (حداکثر حدود ۰.۲٪) بیشتر است. بانک مرکزی در دوره‌های اولیهٔ ایجاد تغییرات اقلیم شدید، سیاست پولی قوی‌تری اجرا می‌کند؛ اما شدت سیاست پولی بانک مرکزی در هر دو صورت (تغییرات اقلیمی متوسط یا شدید)، بعد از حدود ۵ دوره، شبیه می‌شود.

---

[۱] با توجه داشت که تورم درلحظه وقوع تغییرات اقلیم (به‌دلیل کاهش شدید انتظارات تورمی، ناشی از اثرات روانی بحران) به‌صورت لحظه‌ای کاهش‌یافته است.

[۲] برای بررسی شواهدی از آثار تورمی سیاست پولی در اقتصاد ایران، «کتابفروش‌بدری» و همکاران (۱۳۹۹) را ببینید.

به‌همین دلیل نیز، در دوره‌های اولیهٔ حالت تغییرات اقلیمی متوسط، تورم بیشتر از دوره‌های اولیه حالت تغییرات اقلیمی شدید است؛ با این‌حال، بعد از ۵ دوره، نرخ تورم در هر دو حالت شبیه می‌شود. همواره تولید، در حالت تغییرات اقلیمی شدید، بیشتر از حالت متوسط بوده است که دلایل آن قبلاً بیان شد.

مقایسهٔ این نتایج نشان می‌دهد که کارایی سیاست پولی در کاهش تورم، در حالت بروز تغییرات اقلیمی شدید، بیشتر است. با توجه به نتایج این پژوهش، به‌نظر می‌رسد یک‌بار دیگر اهمیت وجود سیاست پولی قاعده‌مند روشن شده است؛ به‌عبارت بهتر، کنترل رکود و تورم بعد از بروز بحران‌های اقلیمی، به مزایای سیاست پولی قاعده‌مند، اضافه می‌شود. درنتیجه، به طراحی و اجرای سیاست پولی قاعده‌مند توسط بانک مرکزی تاکید می‌شود؛ هم‌چنین، توصیه می‌شود که دولت در مواجهه با تغییرات اقلیم دارای سیاست کنترل اقلیم باشد. به‌خصوص درمورد وقایع اقلیمی متوسط، این اهمیت دو چندان است؛ زیرا همان‌طورکه در پیش‌تر بیان شد، آثار منفی تغییرات اقلیمی بر متغیرهای اقتصاد کلان، در حالت وقایع اقلیمی شدید کمتر است. به‌عبارت بهتر، در حالت تغییرات اقلیمی شدید، فرضیهٔ تخریب خلاق و یا فرضیهٔ بازیابی روند صدق می‌کند، اما در حالت تغییرات اقلیم متوسط، شرایط شبیه آن‌چه در فرضیهٔ عدم بازیابی مطرح شد می‌باشد؛ زیرا شدید نبودن آن مانع از طراحی و اجرای راه‌حل‌های سیاستی می‌شود.

سپاسگزای

در پایان، نویسندگان مقاله برخود لازم می‌دانند که از سردبیر و داوران ناشناس مقاله به خاطر رفع نواقص و بهبود مقاله قدردانی نمایند.

درصد مشارکت نویسندگان

نویسندگان اعلام می‌دارند که به‌دلیل استخراج مقاله از رسالهٔ دکتری، نگارش توسط نویسندهٔ اول، با راهنمایی نویسندگان دوم و سوم انجام شده است.

تضاد منافع

نویسندگان ضمن رعایت اخلاق نشر در ارجاع‌دهی، نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

کتابنامه

– اسلاملوئیان، کریم؛ و استادزاد، علی‌حسین، (۱۳۹۵). «برآورد تابع تولید مناسب برای ایران با وجود نهاده انرژی و تحقیق و توسعه: روش الگوریتم ژنتیک». *پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، (۱)۱۶: ۲۱–۴۸. DOR: 20.1001.1.17356768.1395.16.1.1.4

– آشنا، ملیحه، (۱۴۰۲). «رابطهٔ اقتصاد غیررسمی و سرعت گردش پول در ایران». *مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۱۲(۴۷): ۷۳–۹۹. https://doi.org/10.22084/aes.2023.28005.3603

– پورمتقی‌آلمانی، صفیه؛ شاه‌آبادی، ابوالفضل؛ و مهرگان، نادر، (۱۴۰۱). «اثر بهره‌وری کل عوامل، نهاد و فراوانی منابع طبیعی بر تاب آوری اقتصادی». *مطالعات و سیاست‌های اقتصادی*، ۱۸(۲): ۷-۳۶. https://doi.org/10.22096/esp.2022.130922.1374

– تحویلی، علی؛ سحابی، بهرام؛ یاوری، کاظم؛ و مهرگان، نادر، (۱۴۰۰). «شوک نفت، سیاست پولی و اثر وثیقه‌ای در اقتصاد ایران». *مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*،۱۰(۳۷): ۵۱-۲۷. https://doi.org/10.22084/aes.2020.22151.3111

– توکلیان، حسین؛ و صارم، مهدی، (۱۳۹۸). *الگوهای* DSGE *در نرم‌افزار* Dynare *(الگوسازی، حل و برآورد مبتنی‌بر اقتصاد ایران)*. *انتشارات پژوهشکده پولی و بانکی*، شابک: ۹۷۸۶۰۰۷۷۹۶۱۹۱

– خورسندی، مرتضی؛ و اسلاملوییان، کریم، (۱۳۹۱). «سیاست پولی قاعده مند یا صلاحدیدی؟ تحلیلی نظری در انتخاب راهبرد مناسب». *راهبرد اقتصادی*، ۱(۱): ۱۰۷-۱۲۴. https://econrahbord.csr.ir/article_103208.html

– دهشیری، محمدرضا.(۱۳۹۴). «جهانی شدن و توسعهٔ پایدار». *مطالعات توسعه اجتماعی ایران*، ۷(۴): ۴۵-۶۶. https://sspp.iranjournals.ir/article_914.html

– رئیسی‌گاوگانی، زهرا سادات؛ محمدی، تیمور؛ غفاری، فرهاد؛ و معمارنژاد، عباس، (۱۳۹۶). «اثر نامتقارن تکانه‌های سیاست مالی بر اقتصاد ایران: الگوی DSGE با تقریب مرتبهٔ دوم». *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۲۳(۷۷): ۳۷ -۷۲. https://doi.org/10.22054/ijer.2018.10147

– شاه‌حسینی، 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. https://ijer.atu.ac.ir/article_2772.html

– شهیکی‌تاش، محمدنبی؛ شریف‌کریمی، محمد؛ رضائی، الهام؛ و کرانی، عبدالرضا، (۱۳۹۶). «بررسی سهم درآمدی نیروی کار، مارک آپ قیمت و کشش جانشینی سرمایه و نیروی کار (مطالعه صنایع کارخانه‌ای)». *پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، ۱۷(۳): ۱-۲۴. DOR: 20.1001.1.17356768.1396.17.3.5.9

– صباغ‌کرمانی، مجید؛ یاوری، کاظم؛ حسینی‌نسب، سیدابراهیم؛ و موسوی‌نیک، سیدهادی، (۱۳۸۹). «بررسی اثر حاکمیت مالی بر رفاه اجتماعی ایران در چارچوب یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE)». *اقتصاد و الگوسازی*، ۱(۴): ۱۸۳-۲۱۵. https://ecoj.sbu.ac.ir/article_57506.html

– عزیزی، فیروزه، (۱۳۸۲). «روش‌های برآورد سرعت گردش تعادلی پول و آزمون تجربی بی‌ثباتی آن در ایران (۱۳۷۷-۱۳۴۰)». *برنامه ریزی و بودجه*، ۸(۱): ۳۱-۴۹. dor: 20.1001.1.22519092.1382.8.1.3.0

– 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*، ۶(۱): ۱۸۳-۲۱۴. https://ecoj.tabrizu.ac.ir/article_8438.html?lang=fa

– 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.

– کاویانی، میثم، (۱۴۰۰). «رفتار تورم در اقتصاد ایران تحت شوک های کلان اقتصادی: رویکرد DSGE». *سیاست‌های مالی و اقتصادی*، ۹(۳۳): ۱۳۷-۱۷۷. https://doi.org/10.52547/qjfep.9.33.137

– کتابفروش‌بدری، آرش؛ میرزاپورباباجان، اکبر؛ و اکبری‌مقدم، بیت‌اله، (۱۳۹۹). «تأثیر شوک‌های سیاست پولی بر پویایی قیمت گروه کالاهای صنعتی منتخب در ایران». *نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۷(۲): ۱۲۹-۱۵۴. https://doi.org/10.22034/ecoj.2020.11155

– محمدی، تیمور؛ و باقری‌پرمهر، شعله، (۱۳۹۴). «استخراج چسبندگی قیمتی در اقتصاد ایران در قالب مدل تعادل عمومی پویای تصادفی». *تحقیقات مدلسازی اقتصادی*، ۶(۲۲): ۳۳-۵۹. https://doi.org/10.18869/acadpub.jemr.6.22.33

– ملکش، اسماعیل؛ مهرگان، نادر؛ عرفانی، علیرضا؛ و ابونوری، اسمعیل، (۱۴۰۰). «تعیین ناهمگنی رفتار وام‌دهی بانک‌ها در واکنش به سیاست پولی». *مطالعات و سیاست‌های اقتصادی*، ۸(۱): ۱۹۷-۲۲۰. https://doi.org/10.22096/esp.2021.130956.1375

– ناصری، محسن؛ و احدی، محمدصادق، (۱۳۹۵). «ارزیابی سیاست‌های جمهوری اسلامی ایران درخصوص تغییر اقلیم». *راهبرد اجتماعی فرهنگی*، ۲۱(۵): ۲۱- ۴۸. https://rahbordfarhangi.csr.ir/article_126196.html

– ولیقی‌زاده، علی، (۱۳۹۸). «تبیین اثرات اقتصادی تغییرات اقلیمی در حیات جوامع انسانی». *فضای جغرافیایی*. ۱۶(۶۷): ۱۶۱-۱۹۸. https://geographical-space.ahar.iau.ir/article-1-3412-fa.html

- Ahmad, M. & Khattak, S. I., (2020). “Is aggregate domestic consumption spending (ADCS) per capita determining CO_2 emissions in South Africa?”. *A new perspective. Envir. Resour. Econ.*, 75: 529-552. http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-3412-fa.html. (In Persian).

- 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”. *Environ. Ecol. Stat.*, 27: 203-232. https://doi.org/10.1007/s10651-020-00442- 8

- Alam, R. & Adil, M. H., (2019). "Validating the environmental Kuznets curve in India: ARDL bounds testing framework". *OPEC Energy Rev.*, 43: 277-300. https://doi.org/10.1111/opec.12156

- Angelopoulos, K., Economides, G. & Philippopoulos, A., (2010). *What is the best environmental policy?* Taxes, permits and rules under economic and environmental uncertainty. CESifo Working Paper Series No. 2980. https://doi.org/10.2139/ssrn.1571058

- Anh, T. D., (2023). "The Theoretical Framework on the Impact of Monetary Policy on Environmental Pollution". *Journal of Social and Political Sciences,* 6(3): 209-216. https://doi.org/10.51847/DcFBvBTVOw

- Annicchiarico, B. & Di Dio, F., (2017). "GHG emissions control and monetary policy". *Environmental and Resource Economics,* 67(4): 823-851. https://doi.org/10.1007/s10640-016-0007-5

- Annicchiarico, B., Di Dio, F. & Diluiso, F., (2023). *Climate Actions, Market Beliefs, and Monetary Policy.* European Commission, JRC Working Papers in Economics and Finance, 2022/14. https://doi.org/10.2139/ssrn.4066585

- Arminen, H. & Menegaki, A. N., (2019). "Corruption, climate and the energy-environment-growth nexus". *Energy Econ.*, 80: 621-634. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.02.009

- Ashena, M., (2023). "The Relationship Between the Informal Economy and the Velocity of Money in Iran". *Journal of Applied Economics Studies in Iran,* 12(47): 73-99. https://doi.org/ 10.22084/aes.2023.28005.3603 (In Persian).

- Attar, Kh., Fatahi, Sh. & Sohaili, K., (2018). "Investigating the Impact of Total Factor Productivity Shocks of Agricultural, Industrial and Services Sectors on the Macro and Sectoral Variables of Iran's Economy: DSGE Approach". *Quarterly Journal of Applied Economic Theory,* 6(1): 183-214. https://ecoj.tabrizu.ac.ir/article_8438_0.html (In Persian).

- Azizi, F., (2012). "Methods of estimating the equilibrium of money circulation and experimental test of its instability in Iran (1377-1340)". *Planning and Budgeting Quarterly*, 8(1); 31-49. https://jpbud.ir/article-1-794-fa.html (In Persian).

- Bagheri Pormehr, S. & Mohamadi T., (2015). "Surveying Degree of Price Rigidity in Iranian Economy (Dynamic Stochastic General Equilibrium Model)". JEMR., 6 (22) :33-59. http://doi.org/10.18869/acadpub.jemr.6.22.33 (In Persian).

- Barbier, E. B., (1987). "The concept of sustainable economic development". *Environ. Conserv,* 14: 101–110. https://www.jstor.org/stable/44519759

- 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: 4733. https://doi.org/10.3390/en15134733

- Bogle, D. &Fairweather, M., (2012). *22nd European Symposium on Computer Aided Process Engineering*. Elsevier.

- Bolton, P., Despres, M., Pereira da Silva, L. A., Samama, F. & Svartzman, R., (2020). *The green swan: Central banking and financial stability in the age of climate change*. Bank for International Settlements.

- Braun, N., (2021). "The Role of the European Central Bank in a Sustainable Financial System". *Junior Management Science*, 6(3): 468-488. https://doi.org/10.5282/jums/v6i3pp468-488

- Brock W. & Xepapadeas, A., (2017). "Climate change policy under polar amplification". *European Economic Review*, 94: 263-282. https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2017.03.003

- Canova, F., (2007). *Methods for Applied Macroeconomic Research*. Princeton University Press. https://doi.org/10.1515/9781400841028

- 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. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111454

- Chen, C., Pan, D., Bleischwitz, R. & Huang, Z., (2021). "Engaging central banks in climate change? The mix of monetary and climate policy". *Energy Economics*., 103: 105531. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105531

- Cooley T. & Prescott, E., (1995). *Economic growth and fluctuations*. In: Cooley T. (ed), Princeton University Press, Princeton.

- Deshiri, M. R., (2014). "Globalization and sustainable development". *Journal of Iranian Social Development Studies*, 7(4): 64-75. https://ee.journals.pnu.ac.ir/article_2656_ab766e00e37dbc18f1a0b964907879fa.pdf (In Persian).

- Dikau, S. & Volz, U., (2021). "Central bank mandates, sustainability objectives and the promotion of green finance". *Ecological Economics*., 184: 107022. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107022

- Dixit A. K. & Stiglitz, J. E., (1977). "Monopolistic competition and optimum product diversity". *American Economic Review*., 67(3): 297-308. https://www.jstor.org/stable/1813666

- Economides, G. & Xepapadeas, A., (2018). *Monetary policy under climate change* (No. 7021). CESifo Working Paper. https://doi.org/10.2139/ssrn.3200266

- Eslamloueyan, K. & Ostadzad, A. H., (2016). "Estimating a Production Function for Iran with Emphasis on Energy and Expenditure on Research and Development: An

Application of Genetic Algorithm Method". *QJER,* 16 (1): 21-48. http://ecor.modares.ac.ir/article-18-765-fa.html (In Persian).

- 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. https://doi.org/10.3386/w4304

- Fischer, C. & Springborn, M., (2011). "Emissions targets and the real business cycle: Intensity targets versus caps or taxes". *J. Environ. Econ. Manag.*, 62: 352–366. https://doi.org/10.3982/ECTA10217

- Fotros, M. H. & Nasrindoost, M., (2008). "Investigating the relationship between air pollution, water pollution, energy consumption and economic growth in Iran from 1359 to 1383". *Quartery Energy Economics Review,* 6(21): 113-135. https://jiee.atu.ac.ir/article_2757.html (In Persian).

- Golosov, M., Hassler, J., Krusell, P. & Tsyvinski, A., (2014). "Optimal taxes on fossil fuel in general equilibrium". *Econometrica,* 82(1): 41-88. https://doi.org/10.3982/ECTA10217

- Halkos, G. E. & Paizanos, E. A., (2016). "The effects of fiscal policy on CO2 emissions: Evidence from the U.S.A.". *Energy Policy*, 88: 317-328. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.10.035

- Hassler J., Krussel, P. & Smith, T., (2016). "Environmental macroeconomics". In: Taylor, J. and Uhlig, H. (eds) *Handbook of Macroeconomics,* 2b: 1893-2008. https://doi.org/10.1016/bs.hesmac.2016.04.007

- Hsiang, S. M. & Jina, A. S., (2014). *The causal effect of environmental catastrophe on long-run economic growth: evidence from 6,700 cyclones*. NBER Working Paper No. 20352. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. https://doi.org/10.3386/w20352

- Hughes, T. P. et al., (2017). "Global warming and recurrent mass bleaching of corals". *Nature,* 543 (7645): 373–377. https://www.nature.com/articles/nature21707

- Ikram, M., Zhang, Q., Sroufe, R. & Shah, S. Z. A., (2020). "Towards a sustainable environment: The nexus between ISO 14001, renewable energy consumption, access to electricity, agriculture and CO_2 emissions in SAARC countries". *Sustain. Prod. Consum.* 22: 218-230. https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.03.011

- Kanzig, D. R. & Konradt, M., (2023). *Climate Policy and the Economy: Evidence from Europe's Carbon Pricing Initiatives.* NBER Working Papers 31260, National Bureau of Economic https://ssrn.com/abstract=4454880

- Kaviani, M., (20121). "Inflation Behavior in the Iranian Economy under Macroeconomic Shocks: The DSGE Approach". QJFEP, 9 (33): 137-177. http://doi.org/10.52547/qjfep.9.33.137 (In Persian).

- Ketabforoush Badri, A., Mirzapour Babajan, A. & Akbari Moghadam, B., (2019). "The Effect of Monetary Policy Shocks on the Price Dynamics of Industrial Commodities Selected Group in Iran". *Quarterly Journal of Applied Economic Theories,* 7(2): 129-154. http://doi.org/10.22034/ecoj.2020.11155 (In Persian).

- King, A. D., Karoly, D. J. & Henley, B. J., (2017). "Australian climate extremes at 1.5 and 2 degrees of global warming". *Nature Climate Change,* 7: 412–416. https://link.springer.com/article/10.1007/s00376-018-7160-4

- Khorsandi, M. & Eslamloueyan, K., (2012). "Rule vs. Discretionary Monetary Policy: A Theoretical Analysis toward Selecting Appropriate Strategy". *Economic Strategy,* 1(1): 107-124. https://econrahbord.csr.ir/article_103208.html (In Persian)

- Krogstrup, S. & Oman, W., (2019). *Macroeconomic and financial policies for climate change mitigation: A review of the literature.* IMF Working Paper WP/19/185. https://doi.org/10.5089/9781513511955.001

- 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. https://doi.org/10.1016/j.strueco.2023.10.006

- 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. https://doi.org/10.1177/14649934211063357

- Leduc, M., Matthews, H. D. & de Elía, R., (2016). "Regional estimates of the transient climate response to cumulative CO_2 emissions". *Nature Climate Change,* 6(5): 474-478. https://doi.org/10.1038/nclimate2913

- MacDougal, A. H., (2016). "The transient response to cumulative CO_2 emissions: A review". *Current Climate Change Reports,* 2: 39-47. https://link.springer.com/article/10.1007/s40641-015-0030-6

- Matthews H. D., Solomon, S. & Pierrehumbert, R., (2012). "Cumulative carbon as a policy framework for achieving climate stabilization". *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 370: 4365-4379. https://doi.org/10.1098/rsta.2012.0064

- McCallum, B. T., (1987). "The development of keynesian macroeconomics". *American Economic Review,* 72(2): 125-129. https://doi.org/10.1016/0167-4870(88)90037-2

- McKibbin, W. J., Morris, A. C., Wilcoxen, P. J. & Panton, A. J., (2017). *Climate change and monetary policy: Dealing with disruption*. Climate and Energy Economics Discussion Paper, The Brookings Institution. https://doi.org/10.2139/ssrn.3084399

- Mendonça, A. K. D. S., de Andrade Conradi Barni, G., 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 CO_2 emissions". *Sustain. Prod. Consum.*, 22: 58-67. https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.02.001

- Malkesh, E., Mehregan, N., erfani, A. & Abounoori, E., (2021). "Determining the Heterogeneity of Banks Lending Behavior in Response to Monetary Policy". *The Journal of Economic Studies and Policies,* 8(1): 201-223. http://doi.org/10.22096/esp.2021.130956.1375 (In Persian).

- Moutinho, V., Madaleno, M. & Bento, J. P., (2020). "Cointegration and causality: Considering Iberian economic activity sectors to test the environmental Kuznets curve hypothesis". *Environ. Ecol. Stat.*, 27: 363-413. https://doi.org/10.1007/s10651-020-00449-1

- Nasseri, M. & Ahadi, M. S., (2015). "Assessment of the Islamic Republic of Iran's Policy on Climate Change". *Socio-Cultural Strategy Quarterly*, 21(5): 48-21. https://rahbordfarhangi.csr.ir/article_126196.html (In Persian).

- Nordhaus W. & Sztorc, P., (2013). *DICE 2013R: Introduction and User's Manual.* Yale University Technical report. http://www.econ.yale.edu/~nordhaus/homepage/homepage/documents/DICE_Manual_100413r1.pdf

- Nordhaus, W. D., (1993). "Rolling the 'DICE': an optimal transition path for controlling greenhouse gases". *Resource and Energy Economics,* 15(1): 27-50. https://doi.org/10.1016/0928-7655(93)90017-O

- Nordhaus, W. D., (2014). "Estimates of the social cost of carbon: background and results from the RICE-2013 model and alternative approaches". *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists,* 1: 273-312. https://doi.org/10.1086/676035

- Nordhaus, W. D., (1991). "To Slow or Not to Slow: The Economics of The Greenhouse Effect". *The Economic Journal,* 101(407): 920–937. https://doi.org/10.2307/2233864

- Nordhaus, W. D., (2008). "A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change". *Journal of Economic Literature.*, XLV: 686–702. https://doi.org/10.1257/jel.45.3.686

- Nordhaus, W. D. & Yang, Z., (1996). "A regional dynamic general-equilibrium model of alternative climate-change strategies". *American Economic Review,* 86(4): 741–765. https://www.jstor.org/stable/2118303

- Pandey, S., Dogan, E. & Taskin, D., (2020). "Production-based and consumption-based approaches for the energy-growth-environment nexus: Evidence from Asian countries". *Sustain. Prod. Consum.,* 23: 274-281. https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.06.006

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

- Pourmottaghi Almani, S., Shahabadi, A. & Mehregan, N., (2022). "The Effect of Total Factor Productivity, Institution and Natural Resources Abundance on Economic Resilience". *The Journal of Economic Studies and Policies,* 9(2): 36-7. https://doi.org/10.22096/esp.2022.130922.1374 (In Persian).

- Raeisi Gavgani, Z. S., Mohammadi, T., Qhaffari, F. & Memar Nejhad, A., (2018). "The Asymmetric Effects of Fiscal Policy Shocks on Iranian Economy: DSGE Model with Second order Approximation". *Iranian Journal of Economic Research,* 23(77): 37-72. https://doi.org/10.22054/ijer.2018.10147 (In Persian)

- Rotemberg, J. J. & Woodford, M., (1997). "An optimization-based econometric framework for the evaluation of monetary policy". *NBER Macroeconomics Annual,* 12: 297-346. http://www.nber.org/books/bern97-1

- Sabbagh Kermani, M., Yavari, K., Hoseini Nasab, S. E. & Mousavi Nik, S. H., (2011). "Surveying of Fiscal Dominance' Effect on Social Welfare in a Dynamic Stochastic General Equilibrium Model". *Journal of Economics and Modelling,* 1(4): 183-215. https://ijer.atu.ac.ir/article_2772.html (In Persian).

- Shahikitash, M., Karimi, M. S., Rezaei, E. & Korani, A., (2017). "The labor income Shares, the Price Markup, and the Elasticity of Substitution Between Capital and Labor". *QJER,* 17 (3): 1-24. http://ecor.modares.ac.ir/article-18-8745-fa.html (In Persian).

- Tahvili, A., Sahabi, B., Yavari, K. & Mehregan, N., (2021). "Oil Shock, Monetary Policy and Collateral Effect in Iranian Economy". *Journal of Applied Economics Studies in Iran,* 10(37): 27-51. https://doi.org/10.22084/aes.2020.22151.3111 (In Persian).

- Tavaklian, H. & Sarem, M., (2018). *DSGE models in Dynare software (modelling, solving and estimation based on Iran's economy)*. Publications of the Research Institute of Money and Banking, ISBN: 9786007796191

- 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. https://doi.org/10.1111/dpr.12720

- Valigholizadeh, A., (2018). "Explaining the Economic Impacts of Climate Change on the Life of Human Societies". *Geographical Space Quarterly,* 16(67): 161-198. http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-3412-en.html. (In Persian).

- Volz, U., (2017). *On the role of central banks in enhancing green finance.* UN Environment Inquiry Working Paper 17/01. Weitzman, M. L., 1974. Prices vs. quantities. Rev. Econ.

- Wickens, M., (2008). *Macroeconomic Theory: A Dynamic General Equilibrium Approach.* Princeton University Press.

- Xin, D., and Zhang, Y. (2020). Threshold effect of OFDI on China’s provincial environmental pollution. J. Clean. Prod. 258, 120608. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120608

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی