



Original Research Article

Resilience of Macroeconomic Variables and Environmental Quality under the Central Bank Digital Currencies (CBDC) Shock**

Mehdi Soltaninejad¹ , Ali Raeispour Rajabali^{*2} ,
Mohsen Zayandehroodi³ 

1. Ph.D. Student in Economics, Department of Economics, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Economics, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran.
3. Associate Professor, Department of Economics, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran.

Received: 13 January 2025

Revise: 20 April 2025

Accepted: 08 July 2025

Abstract

Central bank digital currency (CBDC), as a novel form of central bank liability, entails both potential benefits and risks for macroeconomic performance and environmental sustainability. This study develops a stochastic dynamic general equilibrium (DSGE) model to investigate the resilience of macroeconomic variables and environmental quality in response to CBDC issuance shocks. The model is calibrated using seasonal data from the Iranian economy over the period 2004–2022 and simulated under alternative scenarios with varying degrees of price stickiness. The findings indicate that consumption, non-oil output, and aggregate production increase following a CBDC shock, whereas inflation exhibits a delayed response. The expansion in production, however, leads to a deterioration in environmental quality. Furthermore, variations in price stickiness do not alter the qualitative dynamics of the model but significantly affect the magnitude of responses, with stronger effects observed under flexible price conditions. These results suggest that economies characterized by greater price flexibility exhibit higher responsiveness but lower stability, whereas price stickiness enhances resilience to CBDC shocks.

Keywords: Central bank digital currency, Resilience, Price stickiness, Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE).

JEL Classification: C11, E31, E58.

* **Corresponding Author:** Ali Raeispour Rajabali **E-mail:** raeispour@iauk.ac.ir **Tel:** +989133409351

** **Note:** This article is derived from the doctoral dissertation of *Mehdi Soltaninejad* in Economics at Kerman Branch, Islamic Azad University, Iran.

Cite This Article (APA): Soltani Nejad, M., Raeispour Rajabali, A. & Zayandehroodi, M. (2025). Resilience of Macroeconomic Variables and Environmental Quality under the The Central Bank Digital Currencies (CBDC) Shock. *Journal of Economic Policies and Research*, 5(1), 195-217. <https://doi.org/10.22034/jepr.2025.142933.1227>

Homepage of this Article: https://jepr.uok.ac.ir/article_63924.html?lang=en



© The Author(s), 2026. *Economic Policies and Research*, Published online by University of Kurdistan. This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Introduction

Central banks have historically fulfilled their mandate by issuing physical currency as a core component of monetary policy. However, the global decline in cash usage, coupled with the rapid expansion of digital payment systems, has fundamentally transformed the monetary landscape. The COVID-19 pandemic has further accelerated the transition toward digital financial instruments.

Simultaneously, the proliferation of digital currencies and non-cash payment mechanisms has introduced new challenges to monetary sovereignty and financial system stability. In response, central banks have increasingly explored the issuance of CBDCs as a complementary form of sovereign money.

CBDCs offer several potential advantages, including enhanced financial inclusion, improved monetary policy transmission, and reduced reliance on illicit financial channels. Nonetheless, they may also pose significant risks, such as increased systemic vulnerability and adverse environmental externalities. Inadequate design and implementation could amplify financial instability and weaken economic resilience.

Given the limited empirical evidence on CBDCs due to their recent emergence, this study aims to contribute to the literature by examining the macroeconomic and environmental implications of CBDC shocks within a DSGE framework.

Methodology

The study employs a calibration-based approach to parameterize the DSGE model. Parameters are selected to minimize the discrepancy between simulated outputs and observed macroeconomic indicators for Iran over the period 2004–2022. The dataset is detrended using constant 2011 prices, applying the Hodrick–Prescott filter ($\lambda = 677$) within the EViews environment.

Results and Discussion

Simulation results demonstrate that a CBDC issuance shock leads to an increase in consumption, non-oil output, and GDP, while inflation responds with a temporal lag. The expansion in economic activity, however, exerts downward pressure on environmental quality.

These outcomes can be attributed to enhanced transaction efficiency and reduced informational frictions associated with CBDC adoption, which stimulate short-term economic activity. Over time, these effects diminish, and inflationary pressures emerge.

Environmental quality is influenced by two countervailing forces: increased production intensifies pollution, whereas CBDC adoption reduces environmental degradation through decreased reliance on physical currency and lower transaction-related emissions. The model results indicate that the adverse effects of increased production dominate.

Conclusion

The analysis reveals that variations in price stickiness do not affect the directional responses of macroeconomic and environmental variables to CBDC shocks but significantly influence their magnitude. Specifically, economies with flexible prices exhibit stronger but less stable responses, whereas price stickiness enhances resilience.

Accordingly, policymakers should consider implementing CBDC frameworks that stimulate aggregate demand while maintaining macroeconomic stability and mitigating environmental impacts.

Additional information

Authors' Contributions

This article is derived from the Doctoral dissertation of *Mehdi Soltaninejad* in the field of economics, conducted under the supervision of Dr. **Ali Raispour Rajabali** and with the advisement of Dr. **Mohsen Zayandehroudi**, in the Department of Economics, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Financial Support

The authors received no financial support for the research and publication of this article.

Acknowledgements

The authors of this article consider it necessary to acknowledge the moral supporters of their research. They would like to express their sincere gratitude to the Islamic Azad University of Kerman for providing the essential conditions for conducting this research through its moral support. They also wish to thank all those who contributed to enhancing the quality of this article with their constructive comments and guidance. Their support has not only enriched the content of the research but has also served as an additional motivation for the authors.

ORCID

- | | |
|---|---|
|  <i>Mehdi Soltaninejad</i> | https://orcid.org/0009-0007-1129-586X |
|  <i>Ali Raeispour Rajabali</i> | https://orcid.org/0000-0001-6380-0927 |
|  <i>Mohsen Zayandehroodi</i> | https://orcid.org/0000-0001-8109-0455 |

تاب‌آوری متغیرهای کلان اقتصاد و کیفیت زیست‌محیطی در شرایط مواجهه با تکانه ارز دیجیتال بانک مرکزی (CBDC)**

مهدی سلطانی نژاد^۱  ، علی رئیس پور رجبعلی^{۲*}  ، محسن زاینده‌رودی^۳  

۱. دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران.

۲. استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران.

۳. دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۴

چکیده

ارز دیجیتال بانک مرکزی، به‌عنوان شکل سوم پول بانک مرکزی، مزایا و تهدیدهای بالقوه‌ای برای عملکرد اقتصاد و کیفیت زیست‌محیطی به همراه دارد. نظر به اهمیت این موضوع، انگیزه مطالعه حاضر طراحی یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی باهدف بررسی تاب‌آوری متغیرهای کلان اقتصاد و کیفیت زیست‌محیطی در مواجهه با تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی است. به این منظور، پس از مقداردهی پارامترها بر اساس اطلاعات فصلی اقتصاد ایران طی دوره زمانی ۱۴۰۱:۰۲ - ۱۳۸۳:۰۱، در سناریوهای مختلف و باتوجه به درجه چسبندگی قیمت‌ها، شبیه‌سازی الگو انجام شده است. نتایج نشان داد که مصرف، تولید غیرنفتی و تولید کل در پاسخ به تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی افزایش می‌یابند؛ اما تورم با وقفه واکنش نشان می‌دهد. به دلیل افزایش تولید، کیفیت زیست‌محیطی کاهش می‌یابد. علاوه بر این، مقایسه نتایج حاصل از تغییر در درجه چسبندگی اقتصاد، نشان می‌دهد که پویایی تمامی متغیرها در پاسخ به تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی تغییر نکرده است و فقط شدت آن در سناریو عدم وجود چسبندگی قیمت‌ها، شدیدتر است؛ بنابراین، در یک اقتصاد باوجود چسبندگی قیمت‌ها، تاب‌آوری متغیرهای تولید، تورم، مصرف و کیفیت زیست‌محیطی در برابر تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی بیشتر است. توصیه می‌شود بانک مرکزی با انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی، ضمن تحریک سمت تقاضای اقتصاد (مصرف)، شرایط افزایش تولید را فراهم نماید.

واژگان کلیدی: ارز دیجیتال بانک مرکزی، تاب‌آوری، چسبندگی قیمت‌ها، تعادل عمومی پویای تصادفی.

طبقه‌بندی JEL: E11, E31, E58.

* نویسنده مسئول: علی رئیس پور رجبعلی آدرس رایانامه: raeispour@iauk.ac.ir تلفن تماس: ۰۹۱۳۳۴۰۹۳۵۱

** یادداشت: مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه دکتری مهدی سلطانی نژاد در رشته علوم اقتصادی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان است.

استناد به مقاله (APA): سلطانی نژاد، مهدی، رئیس پور رجبعلی، علی و زاینده‌رودی، محسن. (۱۴۰۴). تاب‌آوری متغیرهای کلان اقتصاد و کیفیت زیست‌محیطی در شرایط مواجهه با تکانه ارز دیجیتال بانک مرکزی (CBDC). نشریه سیاست‌ها و تحقیقات اقتصادی، ۵(۱)، ۱۹۵-۲۱۷.

<https://doi.org/10.22034/jepr.2025.142933.1227>

https://jepr.uok.ac.ir/article_63924.html

صفحه اصلی مقاله در سامانه نشریه:

۱. مقدمه

برای قرن‌ها، بانک‌های مرکزی جهت ارائه پول نقد به مردم به‌عنوان بخشی از اهداف سیاست عمومی خود مورد اعتماد بوده‌اند. با این حال، با کاهش استفاده از پول نقد، پرداخت‌های دیجیتال سریع‌تر ظاهر شده و حجم و دامنه آن در سراسر جهان افزایش یافته است (Alfar et al., 2023). از سوی دیگر، همه‌گیری کووید-۱۹ احتمالاً روند جایگزینی پول نقد با پول دیجیتال و روش‌های پرداخت جایگزین را تسریع کرد (Bank for International Settlements, 2020). علاوه بر این، استدلال شده است که در عصر دیجیتال، رشد پرداخت‌های غیر نقد و افزایش ارزش‌های دیجیتال نه تنها امتیازات پولی بانک‌های مرکزی را به چالش می‌کشد، بلکه تهدیدهای جدیدی را برای ثبات و یکپارچگی سیستم مالی ایجاد می‌کند (Perret, 2019). این تغییرات و چالش‌های مهم، بانک‌های مرکزی را برانگیخته است تا به تکامل بیشتر انتشار شکل جدیدی از پول مانند ارز دیجیتال بانک مرکزی (CBDC)^۱ توجه کند (Barontini & Holden, 2019).

در کنار پول نقد و ذخایر بانکی، ارز دیجیتال بانک مرکزی شکل سومی از پول بانک مرکزی است. بر اساس گزارش شورای آتلانتیک، تا ماه سپتامبر ۲۰۲۴، ۱۳۰ کشور و اتحادیه ارز که ۹۸ درصد از تولید ناخالص داخلی جهانی را تشکیل می‌دهند، در حال بررسی یک ارز دیجیتال بانک مرکزی هستند. در ماه مه ۲۰۲۰، این تعداد تنها ۳۵ کشور بود (Arvidsson et al., 2024). استدلال‌های ارائه شده در مورد انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی موضوعات گسترده‌ای را شامل می‌شود؛ مانند تأثیر احتمالی ارز دیجیتال بانک مرکزی (CBDC) بر کارایی نظام پرداخت، واسطه‌گری ذخایر بانکی، بحران‌های نقدینگی، و مکانیسم انتقال سیاست پولی (Yanagawa & Lee et al., 2019). پذیرش ارز دیجیتال بانک مرکزی مزایای متعددی برای اقتصاد (Chuen et al., 2021; Williamson, 2022; Barrdear & Kumhof, 2022; Kwon et al., 2022; Teo, 2021) و به‌ویژه تاب‌آوری متغیرهای کلان اقتصادی دارد (Adrian & Mancini-Griffoli, 2021): یکی از این مزایا، بهبود شمول مالی است (Náñez Alonso et al., 2020; Ozili, 2022; Ahiabenu, 2022; Ozili, 2022). کنترل بر سیاست‌های پولی و سیاست‌های کلان اقتصادی و کاهش (از طریق اجرای آن) استفاده از سایر ابزارهای پرداخت مربوط به فعالیت‌های غیرقانونی (Ozili, 2022). با این حال، انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی ممکن است تهدیدهای بالقوه‌ای برای بخش‌های مختلف اقتصاد (Davoodalhosseini, 2022; Kumhof & Noone, 2021) و کیفیت زیست‌محیطی (Yang et al., 2023) داشته باشد. در این راستا، پیاده‌سازی نادرست ارز دیجیتال بانک مرکزی می‌تواند ریسک‌های سیستماتیک را افزایش داده و از این مجرا، موجب کاهش تاب‌آوری شود (Brunnermeier et al., 2021). بنابراین، طراحی و اجرای اصولی و ایمن ارز دیجیتال بانک مرکزی برای کاهش آسیب‌پذیری اقتصاد در برابر تکانه‌ها اهمیت دارد. اگرچه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی توجه مطالعات را در سراسر جهان به خود جلب کرده است، اما کمبود مطالعات تجربی در مورد ارز دیجیتال بانک مرکزی وجود دارد؛ زیرا این مفهوم نسبتاً جدید است.

1. The Central Bank Digital Currencies (CBDC).

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران از سال ۱۴۰۱ در حال تجزیه و تحلیل فرصت‌ها و تهدیدهای مربوط به انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی است. در این راستا، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران هدف خود را از انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی در آینده، بسترسازی برای توسعه اقتصاد دیجیتال در کشور و پاسخ به نیازمندی‌های مربوط به حوزه پرداخت در اقتصاد دیجیتال، اعلان کرده است. با عنایت به ابعاد وسیع و ماهیت کمتر شناخته شده و بین‌رشته‌ای این پدیده، بررسی الزامات و اثرات توسعه ارز دیجیتال بانک مرکزی از لحاظ اقتصادی و زیست‌محیطی ضروری به نظر می‌رسد (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۴۰۱).

نظر به اهمیت موارد مطرح شده، انگیزه اصلی این پژوهش، درک اثر تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی بر تاب‌آوری متغیرهای کلان اقتصادی و زیست‌محیطی با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE)^۱ است. در الگوی ارز دیجیتال بانک مرکزی طراحی شده، تابع مطلوبیت نسبت به مصرف افزایشی و نسبت به ساعات کار کاهش‌ی است؛ بنابراین اثر تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی بر روی مصرف، تولید و تورم، تاب‌آوری اقتصاد را نشان می‌دهد. در این الگو، پاسخ متغیرهای مصرف، تولید و تورم به درجه چسبندگی‌های موجود در اقتصاد وابسته است. به عبارت دیگر، با توجه به تعریف تاب‌آوری - چگونگی برگشت تولید به سطح بلندمدت خود پس از مواجهه با تکانه، پارامتر چسبندگی قیمت، عامل تعیین‌کننده تاب‌آوری اقتصاد به شمار می‌رود (گلدوست و همکاران، ۱۳۹۸)؛ بنابراین نوآوری اصلی این پژوهش، شبیه‌سازی اثر تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی بر متغیرهای مصرف، تولید، تورم در سطوح مختلف چسبندگی قیمت‌ها (در قالب دو الگوی کینزی جدید^۲ و ادوار تجاری حقیقی^۳ که در الگوی اول یا پایه، مقدار چسبندگی قیمت‌ها غیر صفر و در الگوی دوم، مقدار چسبندگی قیمت‌ها نزدیک به صفر در نظر گرفته شده) است. علاوه بر این، ارزیابی پایداری زیست‌محیطی در مواجهه با تکانه ارز دیجیتال بانک مرکزی، نوآوری دیگر پژوهش حاضر است. در این راستا، سؤالات پژوهش به صورت ذیل ارائه شده است:

- ۱) در الگوی کینزی جدید، تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی چگونه مصرف را تحت تأثیر قرار می‌دهد؟
- ۲) در یک الگوی کینزی جدید، تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی چگونه تولید را تحت تأثیر قرار می‌دهد؟
- ۳) در یک الگوی کینزی جدید، تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی چگونه تورم را تحت تأثیر قرار می‌دهد؟
- ۴) در یک الگوی کینزی جدید، تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی چگونه کیفیت زیست‌محیطی را تحت تأثیر قرار می‌دهد؟

۵) آیا در چارچوب یک الگوی ادوار تجاری حقیقی، تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی پویایی‌های مصرف، تولید، تورم و کیفیت زیست‌محیطی را تغییر می‌دهد؟

یافته‌های این پژوهش، اطلاعات ارزشمندی را در اختیار سیاست‌گذاران اقتصادی و تصمیم‌گیران حوزه زیست‌محیطی در شناسایی نقاط قوت و ضعف انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی قرار می‌دهد.

1. The Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE).
 2. New Keynesian (NK).
 3. Real Business Cycle (RBC).

ادامه پژوهش به این شرح سامان‌دهی شده است: در بخش دوم و سوم، به ترتیب، مبانی نظری و پیشینه تجربی مرتبط با موضوع مرور شده است؛ بخش چهارم به توصیف الگوی پژوهش اختصاص یافته است؛ در بخش پنجم توابع ضربه - پاسخ به تکانه ارز دیجیتال بانک مرکزی ارائه شده است؛ جمع‌بندی و ارائه پیشنهادها بخش آخر پژوهش حاضر است.

۲. ادبیات پژوهش

۲-۱. مبانی نظری

نوآوری مالی در دهه گذشته پس از ظهور فناوری مالی (فین‌تک^۱) به سرعت رشد کرده است. این توسعه سریع، رفتار انسان را در چندین جنبه از جمله انجام معاملات مالی (Ashworth & Goodhart, 2020) و بهبود شمول مالی (Allen et al., 2022) به طور قابل توجهی تغییر داده است. رمزارز که به‌عنوان یک ارز دیجیتال شناخته می‌شود، از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۱ به طور فزاینده‌ای محبوب شد. با این حال، عرضه محدود ارز دیجیتال در مقایسه با تقاضای آن، منجر به افزایش قیمت ارزهای دیجیتال و دارایی‌های با پشتوانه رمزارز شد (Katsiampa et al., 2019). این موضوع باعث شد که ارز دیجیتال به یک دارایی ارزشمند و سودآور تبدیل شود. علاوه بر این، نوسانات بالای ارزهای دیجیتال (عمدتاً به دلیل تغییرات تقاضا) باعث شد که استفاده از آن به‌عنوان وسیله مبادله، غیرقابل اعتماد شود (Ozili, 2022)؛ بنابراین، هدف بانک‌های مرکزی انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی به‌عنوان یک ارز دیجیتال جایگزین با ریسک‌های کمتر و قابلیت اطمینان بیشتر در مقایسه با سایر ارزهای دیجیتال است تا به چالش‌های بازار ارزهای دیجیتال پاسخ دهند.

صندوق بین‌المللی پول (IMF)^۲ ارز دیجیتال بانک مرکزی را به‌عنوان یک شکل دیجیتال قابل دسترسی گسترده از ارز فیات یک کشور تعریف می‌کند که می‌تواند یک ادعای قانونی برای بانک مرکزی باشد. به عبارت دیگر، ارز دیجیتال بانک مرکزی به‌عنوان پول دیجیتالی شناخته می‌شود که توسط بانک مرکزی یا بدهی بانک‌های مرکزی انتشاردهنده پشتیبانی و تخصیص می‌یابد (Chorzempa, 2021; Kiff et al., 2022). علاوه بر این، یک بانک مرکزی می‌تواند یک ارز دیجیتال بانک مرکزی با ویژگی‌های مشابه با پول نقد، سپرده‌های بانکی و دارایی‌های دارای بهره طراحی کند (Agur & Dell'Ariccia, 2022). اخیراً ارز دیجیتال بانک مرکزی در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته است، با این حال، معرفی ارز دیجیتال بانک مرکزی از نظر ملاحظات قانونی، تکنولوژیکی و سیاسی چالش‌برانگیز است (Chen & Siklos, 2022).

بسته به نحوه طراحی ارز دیجیتال بانک مرکزی، انتشار آن می‌تواند تاب‌آوری اقتصاد را تحت تأثیر قرار دهد: (۱) تولید، تورم و مصرف شرایط پایدار را از طریق سه مجرا افزایش می‌دهد: الف) کاهش در نرخ‌های بهره واقعی، به دلیل کاهش مقدار بدهی‌های معوق و جایگزینی آن با ارز دیجیتال بانک مرکزی با بهره کم؛ ب) کاهش در مالیات‌های تحریفی در نتیجه هزینه کم‌تر تأمین مالی دولت؛ و ج) کاهش هزینه‌های مبادله به دلیل افزایش

1. Fintech

2. International Monetary Fund (IMF)

نقدینگی در کل اقتصاد. ۲) ارز دیجیتال بانک مرکزی تثبیت ادوار تجاری را از طریق دسترسی سیاست‌گذاران به ابزار مقدار یا نرخ بهره ارز دیجیتال بانک مرکزی، بهبود می‌بخشد. ۳) ملاحظات ثبات مالی معمولاً به انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی نیز کمک می‌کند، مشروط بر این‌که ترتیبات انتشار به‌خوبی طراحی شده باشد (Barrdear & Kumhof, 2021).

ازسوی دیگر، اگرچه ارزهای دیجیتال بانک مرکزی ارزهای رمزنگاری شده نیستند، اما عملکرد آن‌ها نیاز به استفاده از انرژی دارد. انتشار دی‌اکسیدکربن و سایر گازهای آلاینده عواملی هستند که بر پایداری ارز دیجیتال بانک مرکزی تأثیر می‌گذارد. در این راستا، کشورهایی که منابع تولید برق پاک‌تری دارند، می‌توانند ارز دیجیتال بانک مرکزی خود را به شیوه‌ای پایدارتر مدیریت کنند (Náñez Alonso, 2023). یانگ و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه خود بیان می‌کنند که "ارز دیجیتال بانک مرکزی انتشار دی‌اکسید گوگرد و اکسید نیتروژن را کاهش می‌دهد". به‌صورت مشابه، دینگ و همکاران (۲۰۲۲) تأکید کردند که در تحت شرایط خاصی، فعالیت مالی دیجیتال می‌تواند ظرفیت کاهش دی‌اکسیدکربن را بهبود بخشد. در مجموع، همان‌طور که اوزبلی (۲۰۲۲) خاطرنشان می‌کند، ظهور ارزهای دیجیتال بانک مرکزی به بانک‌های مرکزی فرصتی را ارائه می‌دهد تا سهم مهمی در گذار به سمت یک اقتصاد چرخه‌ای، پایدار و درجه تاب‌آوری بالاتر داشته باشند. بانک‌های مرکزی می‌توانند از دو طریق در گذار به اقتصاد چرخه‌ای مشارکت کنند: ۱) با در دسترس قرار دادن ارز دیجیتال بانک مرکزی برای کسب‌وکارهای چرخه‌ای و دیگر بازیگران اقتصاد چرخه‌ای و ۲) با بررسی این‌که چگونه ویژگی‌های طراحی ارز دیجیتال بانک مرکزی می‌تواند از اهداف اقتصاد چرخه‌ای پشتیبانی کند.

مفهوم تاب‌آوری برای اولین مرتبه توسط بوم‌شناسان حدود ۵۰ سال پیش مطرح شد (Holling, 1973). این مفهوم برای پدیده‌های کوتاه‌مدت (Rose, 2004; Bruneau et al., 2003) و بلندمدت، مانند تغییرات آب‌وهوایی (Timmerman, 1981; Dovers & Handmer, 1992) مطرح شد. تاب‌آوری می‌تواند در سه سطح انجام شود:

- اقتصاد خرد: رفتار فردی بنگاه‌ها، خانوارها یا سازمان‌ها؛

- اقتصاد بخشی: بخش اقتصادی، بازار فردی یا گروه تعاونی؛

- اقتصاد کلان: همه بخش‌ها و بازارها با هم ترکیب و آثار تعاملی در نظر گرفته می‌شود (Rose, 2007).

تاب‌آوری اقتصادی به‌عنوان توانایی اقتصاد ناشی از سیاست برای مقاومت یا بازیابی از آثار تکانه‌های برون‌زا تعریف می‌شود. در این راستا، شاخصی از تاب‌آوری اقتصادی پیشنهاد شده است که کفایت سیاست‌ها را در چهار حوزه گسترده، یعنی ثبات اقتصاد کلان، کارایی بازار اقتصاد خرد، حکمرانی خوب و توسعه اجتماعی اندازه‌گیری می‌کند (Briguglio, 2008). برخی از مفاهیم مورد استفاده در شاخص تاب‌آوری بایستی با احتیاط مورد استفاده قرار گیرد؛ انتخاب متغیرهایی که شاخص را تشکیل می‌دهند تا حدودی ذهنی است. بررسی دقیق‌تری از این معیارها در بریگوگلیو و گالیا^۱ (۲۰۰۳) و فروگیا^۲ (۲۰۰۷) ارائه شده است. در این مطالعه، پارامتر چسبندگی قیمت‌ها به‌عنوان عامل تعیین‌کننده تاب‌آوری استفاده شده است.

1. Briguglio & Galea (2003)

2. Farrugia (2007)

۲-۲. پیشینه پژوهش

محمودی و همکاران (۱۴۰۳) در بررسی اثر انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی بر تغییرات سیاست‌های پولی ایران طی دوره ۱۳۹۹-۱۳۸۵ از روش پویایی سیستم استفاده کرده‌اند. نتایج نشان داد که با انتشار ارز دیجیتال، ضریب فزاینده پول کاهش پیدا کرده و میزان عرضه پول را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، ارز دیجیتال بانک مرکزی به دلیل شباهت ماهیت با اسکناس و مسکوک، می‌تواند قدرت خلق نقدینگی را توسط بانک‌ها کاهش دهد^۱، بنابراین بانک مرکزی می‌تواند از این ابزار، به‌عنوان سیاست پولی انقباضی جهت کنترل تورم استفاده کند.

سلطانی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۳) به تحلیل اثر گسترش ارز دیجیتال بانک مرکزی بر تاب‌آوری اقتصاد ایران با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی و داده‌های فصلی در دوره زمانی ۱۳۸۳:۱-۱۴۰۱:۲ پرداختند. نتایج نشان می‌دهد افزایش انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی، موجب افزایش نرخ بهره ارز دیجیتال بانک مرکزی و کاهش نرخ بهره حقیقی می‌شود که افزایش تولید ناخالص داخلی به همراه دارد. افزایش تولید، به کاهش تورم و افزایش نرخ ارز حقیقی و ذخایر خارجی بانک مرکزی منجر می‌شود. علاوه بر این، نظر به افزایش شفافیت در اقتصاد و کاهش هزینه مبادله، مخارج دولت و نسبت کسری بودجه دولت به تولید ناخالص داخلی کاهش یافته است. کاهش تورم و نسبت کسری بودجه دولت به تولید ناخالص داخلی، و افزایش ذخایر خارجی بانک مرکزی به افزایش تاب‌آوری اقتصادی منجر شده است.

اسفندیار و محمدی (۱۴۰۲) به ارزیابی آثار اقتصادی انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی در چارچوب یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی طی دوره زمانی ۱۳۸۸:۱-۱۴۰۰:۴ برای ایران پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی ضمن متنوع‌سازی ابزارهای بانک مرکزی، موجب ارتقای اثرگذاری سیاست‌های پولی در صورت وقوع تکانه‌های بیرونی (طرف عرضه و تقاضا) می‌گردد.

سکوتی و همکاران (۱۴۰۱) اثر انتشار ارز دیجیتال بیت‌کوین بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب جهان را طی دوره ۲۰۱۸-۲۰۱۰ بررسی کردند. به این منظور، از رهیافت غیرخطی الگوی خود توضیح برداری با وقفه‌های گسترده استفاده کردند. نتایج حاکی از اثر مثبت ارز دیجیتال بر رشد اقتصادی است.

آباد و همکاران^۲ (۲۰۲۴) به بررسی تأثیر ارز دیجیتال بانک مرکزی بر چارچوب عملیاتی سیاست پولی و کل اقتصاد کلان منطقه یورو در دوره ۲۰۱۹-۱۹۹۹ پرداختند. برای این منظور، یک الگوی کینزی جدید با بانک‌های ناهمگون، یک بازار بین‌بانکی اصطکاکی (عدم تقارن اطلاعاتی و ریسک اعتباری)، یک بانک مرکزی با تسهیلات سپرده‌گذاری و وام‌دهی و ترجیحات خانوار برای دارایی‌های نقدی مختلف طراحی کردند. نتایج نشان داد که پذیرش ارز دیجیتال به معنای کاهش تقریباً معادل سرمایه‌گذاری سپرده بانک‌ها است. با این حال، این مشکل، تأثیر نسبتاً کمی بر وام‌دهی بانک‌ها به اقتصاد واقعی و بر سرمایه‌گذاری کل و تولید ناخالص داخلی دارد.

۱. هنگامی که بخش خصوصی به‌جای نگهداری پول در حساب‌های بانکی، ارز دیجیتال بانک مرکزی را انتخاب می‌کنند، این امر موجب کاهش سپرده‌های بانکی می‌شود. از آنجا که یکی از منابع اصلی اعطای وام، سپرده‌های بانکی است، کاهش سپرده‌ها می‌تواند به کاهش توانایی بانک‌ها در خلق نقدینگی منجر شود.

2. Abad et al. (2024)

نانز آلونسو^۱ (۲۰۲۳) در مطالعه خود باهدف پاسخگویی به این سؤال که آیا ارزشهای دیجیتال بانک مرکزی می‌توانند سبز و پایدار باشند؟ نمونه‌ای از ۳۴ کشور یا حوزه ارزی را در دوره زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۵ مورد بررسی قرار دادند. در واقع، آن‌ها، درصد ارزشهای دیجیتال بانک مرکزی را که می‌توانند سبز یا پایدار در نظر گرفته شوند باتوجه به هر کشور یا منطقه ارزی محاسبه کردند. در این راستا، آن‌ها یک الگوی رگرسیون خطی طراحی کردند که در آن، برای هر امتیازی که یک کشور به دست می‌آورد، یک واحد پولی انتشار یافته در قالب ارز دیجیتال بانک مرکزی سبز/پایدار^۲ در نظر گرفته شده است. این امتیازها بر اساس چهار متغیر قیمت برق برای خانوارها و مشاغل، تولید برق تجدیدپذیر و انتشار CO₂ تنظیم می‌شود. نتایج نشان می‌دهد کشورهای پور و بریتانیا بیشتری از ارزشهای دیجیتال بانک مرکزی سبز/پایدار در گردش انتشار دهند، کشورهای منطقه یورو و بریتانیا خواهند بود.

یه و همکاران^۳ (۲۰۲۳) به ارزیابی نقش عدم تقارن در تعیین رابطه بین بلاک‌چین^۴ و سرمایه‌گذاری سبز با شرایط زیست-محیطی با استفاده از تکنیک خود توضیح برداری با وقفه توزیعی غیر خطی (NARDL)^۵ پرداخته‌اند. به این منظور آن‌ها از داده‌های ایالات متحده آمریکا در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ استفاده کردند یافته‌ها نشان می‌دهد که رابطه نامتقارن بین ارزشهای رمزنگاری شده و مصرف سوخت زیستی در کوتاه‌مدت و بلندمدت وجود دارد. به طور مشابه، عدم تقارن بین استفاده از انرژی تجدیدپذیر و مصرف سوخت زیستی نیز وجود دارد.

سیاری فودین و بختیار^۶ (۲۰۲۲)، به بررسی آثار اقتصادی انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی در چارچوب یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی برای اندونزی طی دوره زمانی ۲۰۱۹-۱۹۹۶ پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که ارز دیجیتال بانک مرکزی تعدادی از مزایای اقتصادی کلان را ارائه می‌دهد. هزینه مبادله کم‌تری که توسط ارز دیجیتال بانک مرکزی ارائه می‌شود، خانوارها را تشویق می‌کند تا با استفاده از ارز دیجیتال بانک مرکزی بیشتر مصرف کنند و در نتیجه خرید با پول نقد را کاهش می‌دهند. علاوه بر این، قیمت کالاهای شمارش شده در ارز دیجیتال بانک مرکزی کاهش یافت، درحالی‌که شاخص عمومی قیمت تقریباً در حالت ثابت است که منجر به کاهش جزئی تورم می‌شود.

ریورا مورنو و تریانا مونتانو^۷ (۲۰۲۲)، به بررسی ارز دیجیتال بانک مرکزی در کلمبیا با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی طی دوره زمانی ۲۰۱۹:۴-۲۰۰۷:۱ پرداختند. آن‌ها چگونگی رفتار چرخه تجاری یک اقتصاد در حال توسعه تحت تأثیر انتشار این نوع پول به‌عنوان ابزار سیاست پولی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاکی از آن است که ارز دیجیتال بانک مرکزی توانایی بهبود اثربخشی سیاست پولی را دارد و بسته به ماهیت تکانه، واکنش متغیرهای مربوطه ممکن است تقویت یا کاهش یابد.

1. Nández Alonso (2023)

۲. CBDC سبز بر خلاف نوع عادی آن، به ملاحظات زیست‌محیطی (انتشار CO₂، تولید برق از منابع تجدیدپذیر و غیره) توجه دارد.

3. Ye et al. (2023)

4. Blockchain

5. The Nonlinear Autoregressive Distributed Lag (NARDL)

6. Syarifuddin & Bakhtiar (2022)

7. Rivera Moreno & Triana Montaña (2022)

۲-۳. نوآوری پژوهش

مرور ادبیات نشان می‌دهد که در مطالعات انجام شده، اثر انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی بر تاب‌آوری اقتصادی (کسری بودجه دولت، ذخایر خارجی بانک مرکزی، وضعیت سلامت) بررسی شده است، اما اثر این تکانه بر تاب‌آوری متغیرهای کلان اقتصاد (تولید، تورم و مصرف) و شرایط زیست‌محیطی موردتوجه قرار نگرفته است؛ بنابراین، سهم اصلی این مطالعه در ادبیات موجود، ارزیابی اثر انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی بر تاب‌آوری متغیرهای کلان اقتصاد و شرایط زیست‌محیطی ایران در چارچوب یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

۳-۱. توصیف الگو

ترجیحات خانوارها در تابع مطلوبیت، شامل دنباله‌ای از مصرف حقیقی C_t ، مانده‌های حقیقی پول m_t و مانده‌های حقیقی ارز دیجیتال بانک مرکزی dc_t ، عرضه کار N_t و کیفیت زیست‌محیطی Q_t است. هر خانوار، مطلوبیت انتظاری دوران زندگی خود را حداکثر می‌کند:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ C_t^{1-\sigma_c} / 1 - \sigma_c + (\psi_m / 1 - \sigma_m) m_t^{1-\sigma_m} + (\psi_d / 1 - \sigma_d) dc_t^{1-\sigma_d} - \psi_n N_t + \psi_q Q_t \right\} \quad (1)$$

که در آن E_0 ارزش انتظاری عملگر، $0 < \beta < 1$ عامل تنزیل تابع مطلوبیت، ψ_q ، ψ_n ، ψ_m و ψ_d به ترتیب پارامتر عدم ترجیحات عرضه کار، وزن کیفیت زیست‌محیطی، وزن مانده‌های حقیقی پول و ارز دیجیتال بانک مرکزی در تابع مطلوبیت خانوار است. علاوه بر این، σ_c معکوس کشش جانشینی بین دوره‌های مصرف، σ_m و σ_d ضریب مرتبط با کشش تقاضای پول و ارز دیجیتال بانک مرکزی است. موجودی سرمایه اقتصاد بر اساس قانون حرکت ذیل تکامل می‌یابد:

$$K_{t+1} = (1 - \delta^k) K_t + I_t \quad (2)$$

که در آن، K_t موجودی سرمایه، I_t سرمایه‌گذاری و δ^k نرخ استهلاک سرمایه است. براین اساس، هر خانوار با محدودیت بودجه ذیل مواجه است:

$$w_t \cdot N_t + r_t^k \cdot K_t + (1 - \delta^k) K_t + m_{t-1} / \pi_t + R_{t-1}^b b_{t-1} / \pi_t + R_{t-1}^d dc_{t-1} / \pi_t + D_t - C_t - K_{t+1} - m_t - dc_t - b_t - Tax_t \geq 0 \quad (3)$$

که در آن، w_t نرخ حقیقی دستمزد، r_t^k نرخ حقیقی اجاره سرمایه، R_{t-1}^b نرخ بهره اوراق مشارکت، R_{t-1}^d نرخ بهره ارز دیجیتال بانک مرکزی، $\pi_t = p_t / p_{t-1}$ نرخ تورم (ناخالص)، b_t اوراق مشارکت، D_t سود حقیقی سهام و Tax_t خالص مالیاتی یکجا است.

حداکثرسازی تابع مطلوبیت نسبت به محدودیت بودجه، منجر به استخراج شرایط مرتبه اول خانوار می‌شود:

$$C_t: \quad \lambda_t = 1 / C_t^{\sigma_c} \quad (4)$$

$$N_t: \quad \lambda_t \cdot w_t = \psi_n \quad (5)$$

$$K_{t+1}: \quad \lambda_t = \beta E_t \lambda_{t+1} \{ r_{t+1}^k + (1 - \delta^k) \} \quad (6)$$

$$m_t: \quad \lambda_t = \left(\psi_m / m_t^{\sigma_m} \right) + \beta E_t \lambda_{t+1} (1 / \pi_{t+1}) \quad (7)$$

$$dc_t: \quad \lambda_t = \left(\psi_d / dc_t^{\sigma_d} \right) + \beta E_t \lambda_{t+1} (R_t^d / \pi_{t+1}) \quad (8)$$

$$b_t: \quad \beta E_t (\lambda_{t+1} / \lambda_t) = \pi_{t+1} / R_t \quad (9)$$

با حل هم‌زمان رابطه ۴ و ۹، معادله اولر مصرف استخراج شده است:

$$\beta \left\{ \left(C_t^{\sigma_c} / C_{t+1}^{\sigma_c} \right) (R_t^b / \pi_{t+1}) \right\} = 1 \quad (10)$$

حل هم‌زمان رابطه ۶ و ۹، معادله فیشر را نتیجه می‌دهد:

$$R_t^b / \pi_{t+1} = \{ r_{t+1}^k + (1 - \delta^k) \} \quad (11)$$

باتوجه به معادله‌های ۷ و ۹، معادله تقاضای پول استخراج شده است:

$$\psi_m / m_t^{\sigma_m} = 1 / C_t^{\sigma_c} \left\{ R_t^b - 1 / R_t^b \right\} \quad (12)$$

حل هم‌زمان رابطه ۸ و ۹، معادله تقاضای ارز دیجیتال بانک مرکزی را نتیجه می‌دهد:

$$\psi_d / dc_t^{\sigma_d} = 1 / C_t^{\sigma_c} \left\{ R_t^b - R_t^d / R_t^b \right\} \quad (13)$$

الف - بنگاه‌ها

بنگاه تولیدکننده کالای نهایی بر اساس یک تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES) کالاهای واسطه‌ای را ترکیب می‌کند:

$$Y_t \leq \int_0^1 [Y_{jt}^{\psi-1} dj]^{\frac{\psi}{\psi-1}}, \quad \psi > 1 \quad (14)$$

در این تابع، ψ کشش جانشینی ثابت بین کالاهای واسطه‌ای است. بنگاه تولیدکننده کالای نهایی با توجه به قیمت اسمی (P_t) محصول خود، میزان استفاده از کالای واسطه‌ای (Y_{jt}) را به گونه‌ای تعیین می‌کند که سودش حداکثر شود:

$$P_t Y_t - \int_0^1 P_{jt} Y_{jt} dj \quad (15)$$

در رابطه ۱۵، Y_t از رابطه ۱۴ جای‌گذاری شدن و شرط حداکثرسازی سود تولیدکننده کالای نهایی حاصل می‌شود:

$$Y_{jt} = \left(\frac{P_{jt}}{P_t} \right)^{-\psi} Y_t \quad (16)$$

رابطه ۱۶، تابع تقاضای دیکسیت - استیگلیتز برای کالای واسطه‌ای j است که با قیمت‌های نسبی رابطه معکوس و با محصول نهایی رابطه مستقیم دارد. شاخص قیمت کالای نهایی به صورت ذیل است:

$$P_t = \left[\int_0^1 P_{jt}^{(1-\psi)} dj \right]^{\frac{1}{1-\psi}} \quad (17)$$

بنگاه‌های تولیدکننده کالای واسطه‌ای با استفاده از نیروی کار N_t ، سرمایه فیزیکی K_{jt} ، فناوری کل A_t ، کالاهای ناهمگن z تولید می‌کنند:

$$Y_{jt} = A_t K_{jt}^\alpha (N_t)^{1-\alpha} \quad (18)$$

A_t فناوری مشترک میان بنگاه‌های واسطه‌ای است و از یک فرایند خود توضیح مرتبه اول تبعیت می‌کند:

$$\ln\left(\frac{A_t}{A}\right) = \rho_a \ln\left(\frac{A_{t-1}}{A}\right) + \varepsilon_t^a, \quad \varepsilon_t^a \sim N(0, \sigma_a^2) \quad (19)$$

حداقل‌سازی هزینه بنگاه نسبت به تابع تولید، تقاضای کار و هزینه نهایی حقیقی را نتیجه می‌دهد:

$$w_t / r_t^k = \left\{ (1 - \alpha) / \alpha \right\} K_t / N_t \quad (20)$$

$$mc_t = \left(1 / A_t\right) \left(w_t / (1 - \alpha)\right)^{(1-\alpha)} \left(r_t^k / \alpha\right)^\alpha \quad (21)$$

در رابطه ۲۱، mc_t هزینه نهایی حقیقی است. بنگاه قیمت خود را به گونه‌ای تعدیل می‌کند که ارزش تنزیل یافته سود حداکثر شود. در هر دوره، نسبت $1 - \theta$ بنگاه‌ها می‌توانند قیمت خود را به صورت بهینه تعیین کنند. دیگر بنگاه‌ها قیمت خود را بر اساس تورم دوره گذشته با استفاده از پارامتر $\gamma_p \in [0, 1]$ شاخص‌بندی می‌کنند. با حداکثرسازی ارزش تنزیل یافته سود بنگاه، معادله منحنی فیلیپس کینزی جدید به صورت خطی استخراج می‌شود:

$$\hat{\pi}_t = \left[\gamma_p / (1 + \beta \gamma_p) \right] \hat{\pi}_{t-1} + \left[\beta / (1 + \beta \gamma_p) \right] \hat{\pi}_{t+1} + \left[(1 - \theta)(1 - \beta \theta) / \theta(1 + \beta \gamma_p) \right] (\widehat{mc}_t) \quad (22)$$

ب - بخش خارجی

در این الگو، صادرات فقط شامل صادرات نفت است. بر اساس فرض، درآمدهای حاصل از صادرات نفت از یک فرایند خود توضیح مرتبه اول تبعیت می‌کند:

$$\ln\left(\frac{O_t}{O}\right) = \rho_o \ln\left(\frac{O_{t-1}}{O}\right) + \varepsilon_t^o, \quad \varepsilon_t^o \sim N(0, \sigma_o^2) \quad (23)$$

علاوه بر این، رابطه تراز پرداخت‌ها (حقیقی) به صورت ذیل است:

$$re_t \cdot fr_t = \left(re_t \cdot fr_{t-1} / \pi_t^f \right) + re_t \cdot \omega \cdot O_t \quad (24)$$

fr_t خالص ذخایر خارجی حقیقی بانک مرکزی، re_t نرخ ارز حقیقی، ω سهمی از درآمدهای نفتی است که دولت به صورت مستقیم به بانک مرکزی می‌فروشد و π_t^f سطح تورم خارجی است که از یک فرایند خود توضیح مرتبه اول پیروی می‌کند:

$$\ln\left(\frac{\pi_t^f}{\pi^f}\right) = \rho_o \ln\left(\frac{\pi_{t-1}^f}{\pi^f}\right) + \varepsilon_t^{\pi^f}, \quad \varepsilon_t^{\pi^f} \sim N(0, \sigma_{\pi^f}^2) \quad (25)$$

ج - دولت و بانک مرکزی

دولت مخارج خود را از محل درآمدهای نفتی O_t ، مالیات Tax_t ، انتشار اوراق مشارکت b_t و خلق پول da_t تأمین مالی می‌کند. قید بودجه پویای دولت به صورت ذیل معرفی می‌شود:

$$G_t + R_{t-1}^b b_{t-1} / \pi_t + R_{t-1}^d dc_{t-1} / \pi_t = Tax_t + re_t \cdot \omega \cdot O_t + (da_t - da_{t-1}) + b_t + dc_t \quad (26)$$

بر اساس فرض، مخارج دولت و خلق پول داخلی به ترتیب از روابط ۲۷ و ۲۸ تبعیت می‌کنند:

$$\ln\left(\frac{G_t}{G}\right) = \rho_g \ln\left(\frac{G_{t-1}}{G}\right) + \varepsilon_t^g, \quad \varepsilon_t^g \sim N(0, \sigma_g^2) \quad (27)$$

$$da_t = \left(da_{t-1} / \pi_t \right) + (1 - \omega) re_t \cdot O_t \quad (28)$$

در راستای معرفی مقام پولی، ترازنامه بانک مرکزی به صورت رابطه ذیل معرفی می‌شود:

$$m_t + dc_t = da + re_t \cdot fr_t \quad (29)$$

بانک مرکزی، عرضه حقیقی پول را در هر دوره با نرخ رشد γ مدیریت می‌کند:

$$\gamma_t = \frac{M_t/P_t}{M_{t-1}/P_t} = \frac{M_t/P_t}{M_{t-1}/P_{t-1}} \cdot \frac{P_t}{P_{t-1}} = \frac{m_t}{m_{t-1}} \cdot \pi_t \quad (30)$$

در این راستا، بانک مرکزی قاعده ذیل را برای نرخ رشد γ اتخاذ می‌کند:

$$\frac{\gamma_t}{\bar{\gamma}} = \left(\frac{\gamma_{t-1}}{\bar{\gamma}}\right)^{\rho_\gamma} \left[\left(\frac{\pi_{t-1}}{\bar{\pi}}\right)^{\lambda^\pi} \left(\frac{GDP_{t-1}}{GDP}\right)^{\lambda^g}\right] S m_t \quad (31)$$

λ^π ضریب اهمیت تورم و λ^g ضریب اهمیت تولید در تابع عکس‌العمل بانک مرکزی و $S m_t$ تکانه سیاست پولی است. همچنین، بانک مرکزی عرضه ارز دیجیتال خود را بر اساس قاعده ذیل مدیریت می‌کند:

$$dc_t = \rho_{dc} dc_{t-1} + (1 - \rho_{dc}) [\phi_d \cdot S d_t \cdot GDP_{SS}] \quad (32)$$

ρ_{dc} پارامتر ماندگاری (هموارسازی) عرضه ارز دیجیتال بانک مرکزی، $\phi_d \cdot GDP_{SS}$ مقدار باثبات ارز دیجیتال بانک مرکزی و $S d_t$ تکانه سیاست انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی است.

د- کیفیت زیست‌محیطی

کیفیت زیست‌محیطی در طول زمان بر اساس رابطه ذیل تعدیل می‌یابد (Angelopoulos et al, 2013):

$$Q_{t+1} = (1 - \delta^q) \bar{Q} + \delta^q Q_t - P o_t + v \cdot Gov_t \quad (33)$$

که در آن، Q_{t+1} کیفیت زیست‌محیطی در زمان $t + 1$ ، \bar{Q} کیفیت محیط‌زیست بدون آلودگی، δ^q میزان پایداری زیست‌محیطی و v درصد مخارج محافظت از محیط‌زیست به کل مخارج دولت است. جریان آلودگی $P o_t$ به‌عنوان محصول جانبی فرایند تولید در نظر گرفته شده است:

$$P o_t = Z_t Y_t - \eta \cdot dc_t \quad (34)$$

Z_t شاخص فناوری آلودگی با میزان نسبت انتشار آلودگی به تولید است که از یک فرایند خود توضیح مرتبه اول پیروی می‌کند. η درصدی از انتشار dc است که موجب کاهش آلودگی می‌شود.

نوآوری دیگر پژوهش حاضر، اضافه نمودن ارز دیجیتال بانک مرکزی به رابطه ۳۴ است. درحالی‌که شبکه کارت کم‌ترین اثر زیست‌محیطی را از منظر مصرف انرژی دارد^۱، ارز دیجیتال بانک مرکزی روش پرداختی است که از بیشترین شباهت و زیرساخت به آن، برخوردار است. از آنجایی‌که مشروعیت ارز دیجیتال بانک مرکزی توسط اعتماد بانک‌های مرکزی پشتیبانی می‌شود، ارز دیجیتال بانک مرکزی نیازی به اثبات مشروعیت از طریق ساختار تکنولوژیکی خود ندارد؛ بنابراین، ارز دیجیتال بانک مرکزی به اجماع انرژی فشرده یا سازوکارهای استخراج مورد استفاده توسط یک ارز دیجیتال نیاز ندارد، بنابراین مصرف انرژی آن کم‌تر است (در مقایسه با سیستم کارت اعتباری) (Lee & Park, 2022).

۱. شبکه کارت یا کارت بانک که به سیستم‌های الکترونیکی انجام تراکنش مالی اطلاق می‌شود به دلایل: کاهش مصرف کاغذ، کاهش سفرهای حضوری، مدیریت زباله و غیره، اثرات مثبت بر کیفیت زیست‌محیطی دارد.

جدول ۱: مقداردهی پارامترهای الگو

پارامتر	توضیحات	مقدار	منبع
β	فاکتور تنزیل	۰/۹۷	بهرامی و قریشی (۱۳۹۰)
α	سهم سرمایه در تولید	۰/۵	پاشازانوس و همکاران (۱۳۹۹)
δ^k	نرخ استهلاک سرمایه	۰/۰۱۴	کمیجانی و توکلیان (۱۳۹۱)
ψ_n	عدم ترجیحات عرضه کار	۳/۲۵	پاشازانوس و همکاران (۱۳۹۹)
ψ_m	وزن مانده حقیقی پول در تابع مطلوبیت	۰/۰۳۷	تنظیم ^۱
ψ_d	وزن مانده حقیقی CBDC در تابع مطلوبیت	۰/۱۲۵	تنظیم
σ^c	معکوس کشش جانشینی بین دوره‌ای مصرف	۱/۵۷۱	کمیجانی و توکلیان (۱۳۹۱)
σ^m	ضریب مرتبط با کشش تقاضای پول	۲/۳۹	کمیجانی و توکلیان (۱۳۹۱)
σ^d	ضریب مرتبط با کشش تقاضای CBDC	۱/۵	تنظیم
γ_p	پارامتر چسبندگی قیمت	۰/۵۱ - ۱	سناریوسازی
θ	درصد بنگاه‌هایی که قادر به تعدیل قیمت خود نیستند	۰/۵	کمیجانی و توکلیان (۱۳۹۱)
λ^π	ضریب اهمیت تورم در تابع عکس‌العمل بانک مرکزی	-۱/۰۷	کمیجانی و توکلیان (۱۳۹۱)
λ^g	ضریب اهمیت تولید در تابع عکس‌العمل بانک مرکزی	-۲/۳۵	کمیجانی و توکلیان (۱۳۹۱)
δ^q	میزان پایداری زیست‌محیطی	۰/۰۷	هراتی و همکاران (۱۳۹۳)
ϕ_d	میزان انتشار CBDC درصد از GDP	۰/۲	تنظیم
ν	درصد مخارج محافظت از محیط‌زیست به کل مخارج دولت	۰/۰۱	رستم‌زاده و نصیرآبادی (۱۳۹۶)
η	پارامتر آلودگی مرتبط با انتشار CBDC	۰/۰۱	تنظیم
ρ_a	ضریب فرایند خود توضیح بهره‌وری	۰/۷۵	حسینی و اصغریور (۱۴۰۰)
ρ_g	ضریب فرایند خود توضیح مخارج دولت	۰/۶۶	حسینی و اصغریور (۱۴۰۰)
ρ_o	ضریب فرایند خود توضیح درآمدهای نفتی	۰/۴۴	حسینی و اصغریور (۱۴۰۰)
ρ_{sm}	ضریب فرایند خود توضیح تکانه سیاست پولی	۰/۷۹	حسینی و اصغریور (۱۴۰۰)
ρ_{sd}	ضریب فرایند خود توضیح تکانه عرضه CBDC	۰/۶	تنظیم
ρ_{π^*}	ضریب فرایند خود توضیح تورم هدف	۰/۸	حسینی و اصغریور (۱۴۰۰)
ρ_{π^f}	ضریب فرایند خود توضیح تورم خارجی	۰/۷۸	حسینی و اصغریور (۱۴۰۰)
ε_t^a	خطای استاندارد تکانه بهره‌وری	۰/۰۵	—
ε_t^g	خطای استاندارد تکانه مخارج دولت	۰/۰۵	—
ε_t^o	خطای استاندارد تکانه درآمدهای نفتی	۰/۰۵	—
ε_t^{sm}	خطای استاندارد تکانه سیاست پولی	۰/۰۵	—
ε_t^{sd}	خطای استاندارد تکانه عرضه CBDC	۰/۰۵	—
$\varepsilon_t^{\pi^*}$	خطای استاندارد تکانه تورم هدف	۰/۰۵	—
$\varepsilon_t^{\pi^f}$	خطای استاندارد تکانه تورم خارجی	۰/۰۵	—

منبع: یافته‌های پژوهش

۱. این پارامتر به نحوی تنظیم شده است که از یک‌سو مبتنی بر میانی نظری مربوط و از سوی دیگر توابع ضربه-پاسخ از توجیه نظری برخوردار باشند.

۵- قید تسویه بازارها

محدودیت تسویه بازارها در رابطه ۳۵ ارائه شده است:

$$Y_t + re_t \cdot O_t = C_t + I_t + G_t \quad (35)$$

که در رابطه (۳۵)، مجموع تولید کالای نهایی غیرنفی Y_t و درآمدهای نفی $re_t \cdot O_t$ به مصرف نهایی خانوارها C_t ، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی I_t و مخارج دولتی G_t تخصیص می‌یابد. مطالعه حاضر، با احتساب شرایط مرتبه اول خانوارها، بنگاه‌های تولیدکننده کالاهای واسطه و نهایی، بخش خارجی، دولت و بانک مرکزی، کیفیت زیست‌محیطی، شرایط تسویه بازارها، شامل ۳۳ متغیر و ۳۳ معادله است^۱.

و - مقداردهی پارامترهای الگو

در این پژوهش، از روش مقداردهی^۲ جهت تحلیل الگو استفاده شده است. مقداردهی پارامترها به گونه‌ای انجام شده است که بیشترین نزدیکی میان داده‌های شبیه‌سازی شده توسط الگو و آمارهای دنیای واقعی در دوره ۱۴۰۱:۰۲ - ۱۳۸۳:۰۱ حاصل گردد (جدول ۱). داده‌های پژوهش به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۹۰، با استفاده از نرم‌افزار ایویوز^۳ و فیلتر هدریک - پرسکات^۴ ($\lambda = 677$) روندزایی شده‌اند.

پس از مقداردهی پارامترها و اجرای الگوهای طراحی شده در برنامه داینار^۵، بایستی خوبی برازش الگو ارزیابی گردد. به این منظور، در جدول ۲ گشتاورهای حاصل از الگو با گشتاورهای واقعی داده‌های فصلی متغیرهای اقتصاد ایران شامل تولید، مصرف و سرمایه‌گذاری مقایسه شده است. نتایج مقایسه گشتاورهای حاصل از شبیه‌سازی الگوی کینزی جدید (NK)^۶ با گشتاورهای واقعی، حاکی از موفقیت الگو در شبیه‌سازی اطلاعات متغیرها در اقتصاد ایران است.

جدول ۲: گشتاورهای حاصل از شبیه‌سازی الگوی الگوی کینزی جدید (NK) با داده‌های واقعی

نام متغیر	انحراف معیار		نوسانات نسبی	
	الگو	داده‌های واقعی	الگو	داده‌های واقعی
تولید غیرنفی	۰/۰۰۷۷	۰/۰۰۳۱	۱	۱
مصرف	۰/۰۱۵	۰/۰۱	۱/۹۴	۳/۲۲
تورم	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۳۳	۰/۴۶	۱/۰۶

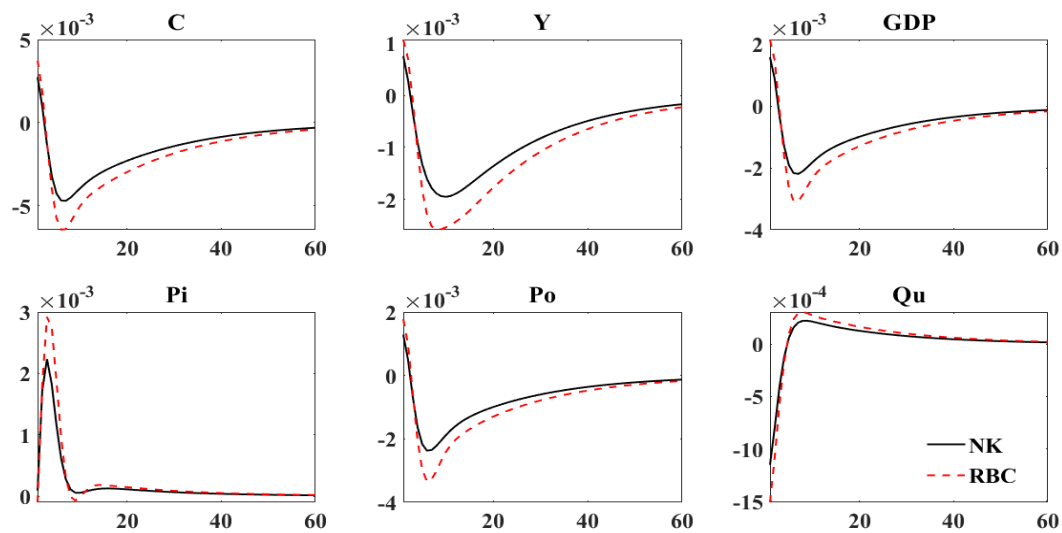
منبع: یافته‌های پژوهش

۱. فرم لگاریتم‌خطی معادلات الگو نزد نویسنده مسئول مقاله است و در صورت نیاز قابل ارائه می‌باشد.

2. Calibration
3. EViews
4. the Hedrick-Prescott filter
5. Dynare
6. New Keynesian (NK).

۴. یافته‌های پژوهش

شکل (۱) پاسخ متغیرهای منتخب الگو را نسبت به تکانه ارز دیجیتال بانک مرکزی در حالت وجود (NK) و عدم وجود چسبندگی قیمت (RBC)، نشان می‌دهد. در شکل (۱) چسبندگی قیمت $(\gamma_p=0/5)$ با خطوط ممتد سیاه و عدم چسبندگی قیمت $(\gamma_p=1)$ با خط چین قرمز نشان داده شده است. به عبارت دیگر، شکل (۱) تاب‌آوری منتخبی از متغیرهای کلان اقتصادی را در مواجهه با تکانه سیاست پولی نامتعارف (انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی) و در دو شرایط کینزی جدید و کلاسیک جدید مقایسه کرده است.



شکل ۱. توابع ضربه - پاسخ به تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی در شرایط وجود و عدم وجود چسبندگی قیمت

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که مشخص است، مصرف، تولید غیرنفتی و تولید کل، در همان دوره وقوع تکانه ارز دیجیتال بانک مرکزی، با افزایش مواجه شده‌اند؛ اما تورم در دوره صفر واکنش بسیار کم‌تری از خود نشان داده است. نتایج این بخش از پژوهش با مطالعات سیاری‌فودین و بختیار (۲۰۲۲) و سکوتی و همکاران (۱۴۰۱) است. در مورد متغیرهای زیست‌محیطی، آلودگی هوا که نتیجه برآیند متغیرهای تولید و ارز دیجیتال بانک مرکزی است (افزایش تولید و ارز دیجیتال بانک مرکزی به ترتیب منجر به افزایش و کاهش آلودگی هوا می‌شوند) افزایش‌یافته و متعاقب آن، کیفیت زیست‌محیطی با کاهش مواجه شده است. به‌طور کلی، هنگامی که چسبندگی قیمت وجود دارد، واکنش تورم، تولید و مصرف در مواجهه با تکانه ارز دیجیتال بانک مرکزی، نسبت به شرایطی که چسبندگی قیمت وجود ندارد، کم‌تر است. به‌طور مشابه، متغیرهای آلودگی هوا و کیفیت زیست‌محیطی همین شرایط را نشان می‌دهند.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در عصر دیجیتال، رشد پرداخت‌های غیر نقد و افزایش ارزش‌های دیجیتال، نه تنها امتیازات پولی بانک‌های مرکزی را به چالش می‌کشد، بلکه تهدیدهای جدیدی را برای ثبات و یکپارچگی سیستم مالی ایجاد می‌کند. این تغییرات و چالش‌های مهم، بانک‌های مرکزی را به انتشار شکل جدیدی از پول (ارز دیجیتال بانک مرکزی) برانگیخت. پذیرش ارز دیجیتال بانک مرکزی مزایای متعددی برای اقتصاد و به‌ویژه تاب‌آوری متغیرهای کلان اقتصادی دارد: بهبود شمول مالی، حفظ کنترل بر سیاست‌های پولی و سیاست‌های کلان اقتصادی و کاهش استفاده از سایر ابزارهای پرداخت. با این حال، انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی ممکن است تهدیدهای بالقوه‌ای برای بخش‌های مختلف اقتصاد و کیفیت زیست‌محیطی به همراه داشته باشد. در این راستا، طراحی و اجرای نادرست ارز دیجیتال بانک مرکزی می‌تواند ریسک‌های سیستماتیک را افزایش داده و از این مجرا، موجب کاهش تاب‌آوری گردد؛ بنابراین، طراحی و اجرای اصولی ارز دیجیتال بانک مرکزی برای کاهش آسیب‌پذیری اقتصاد اهمیت دارد. نظر به اهمیت این موضوع، انگیزه اصلی این پژوهش، درک اثر تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی بر تاب‌آوری متغیرهای کلان اقتصادی و زیست‌محیطی با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی بود.

در الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی طراحی شده، تابع مطلوبیت نسبت به مصرف افزایشی و نسبت به ساعات کار کاهشی است؛ بنابراین اثر تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی بر روی مصرف، تولید و تورم، تاب‌آوری اقتصاد را نشان می‌دهد. در این الگو، پاسخ متغیرهای مصرف، تولید و تورم به درجه چسبندگی‌های موجود در اقتصاد وابسته است. نتایج نشان داد که مصرف، تولید غیرنفتی و تولید کل در پاسخ به تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی افزایش می‌یابند؛ اما تورم با وقفه واکنش نشان می‌دهد. به دلیل افزایش تولید، کیفیت زیست‌محیطی کاهش می‌یابد. بنابراین، انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی موجب افزایش شفافیت در اقتصاد و کاهش هزینه مبادله می‌شود. این مسئله موجب افزایش مصرف و تولید برای دوره زمانی کوتاه‌مدتی می‌شود و بی‌درنگ شروع به کاهش می‌کنند. کاهش تولید منجر به افزایش تورم خواهد شد. آلودگی هوا از دو متغیر تولید (اثر منفی) و انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی (اثر مثبت) متأثر است. انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی به دلیل انجام تراکنش‌های کم‌تر و کاهش احتیاج به چاپ پول، آلودگی کم‌تری ایجاد کرده و به بهبود کیفیت زیست‌محیطی کمک می‌کند. نتایج در این الگو، کاهش کیفیت زیست‌محیطی به دلیل افزایش تولید را نشان می‌دهد. مقایسه نتایج حاصل از تغییر در درجه چسبندگی اقتصاد (مقایسه الگوی کینزی جدید و الگوی ادوار تجاری حقیقی)، نشان می‌دهد که پویایی تمامی متغیرها در پاسخ به تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی تغییر نکرده است و فقط شدت آن در سناریو عدم وجود چسبندگی قیمت‌ها (الگوی ادوار تجاری حقیقی)، شدیدتر است؛ بنابراین، در یک اقتصاد با وجود چسبندگی قیمت‌ها (الگوی کینزی جدید)، تاب‌آوری متغیرهای تولید، تورم، مصرف و کیفیت زیست‌محیطی در برابر تکانه ارز دیجیتال بانک مرکزی بیشتر است. پس، توصیه می‌شود که بانک مرکزی با انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی ضمن تحریک سمت تقاضای اقتصاد (مصرف)، شرایط افزایش تولید را فراهم نماید.

توضیحات تکمیلی

مشارکت نویسندگان

این مقاله برگرفته از رساله دکتری، **مهدی سلطانی نژاد** در رشته علوم اقتصادی است که تحت راهنمایی دکتر **علی رئیس‌پور رجبعلی** و دکتر **محسن زاینده‌رودی** در گروه اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان انجام شده است.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافع در این پژوهش وجود ندارد.

حامی مالی

نویسندگان هیچ‌گونه حمایت مالی برای تحقیق، تألیف و انتشار این مقاله دریافت نکرده‌اند.

سپاسگزاری (تقدیر و تشکر)

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند تا از حامیان مادی و معنوی پژوهش خود قدردانی کنند. بدین‌وسیله از دانشگاه آزاد اسلامی کرمان که با حمایت‌های معنوی خود، شرایط لازم برای انجام این تحقیق را فراهم کردند، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند. همچنین، از تمامی افرادی که با نظرات سازنده و راهنمایی‌های خود در بهبود کیفیت این مقاله نقش داشته‌اند، تشکر می‌کنند. حمایت‌های ایشان نه تنها به غنای محتوای پژوهش کمک کرده، بلکه انگیزه‌ای مضاعف برای نویسندگان بوده است.

شناسه ارکید (ORCID)

<https://orcid.org/0009-0007-1129-586X>

مهدی سلطانی نژاد



<https://orcid.org/0000-0001-6380-0927>

محسن زاینده‌رودی



<https://orcid.org/0000-0001-8109-0455>

علی رئیس‌پور رجبعلی



منابع و مأخذ

اسفندیار، حسین و محمدی، تیمور. (۱۴۰۲). ارزیابی اقتصادی انتشار رمز ریال با رهیافت تعادل عمومی پویای تصادفی. *نشریه پژوهش‌های اقتصادی ایران*. انتشار آنلاین از تاریخ ۱۶ اسفند ۱۴۰۲. <https://doi.org/10.22054/ijer.2024.74533.1198>

بهرامی، جاوید و قریشی، نیره سادات. (۱۳۹۰). تحلیل سیاست پولی در اقتصاد ایران با استفاده از یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی. *نشریه مدل‌سازی اقتصادی*، ۵(۱۳)، ۱-۲۲. <https://sanad.iau.ir/fa/Article/995398>

پاشا زانوس، پگاه، بهرامی، جاوید، توکلین، حسین و محمدی، تیمور. (۱۳۹۹). نقش ادغام مالی بین‌المللی بر نوسانات تولید و تورم در اقتصاد ایران: رهیافت تعادل عمومی پویای تصادفی. *تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، ۱۱(۳۹)، ۴۴-۷. <http://jemr.khu.ac.ir/article-1-1933-fa.html>

حسینی، نیلوفر سادات و اصغرپور، حسین. (۱۴۰۰). درجه عبور نرخ ارز و آثار تکانه پولی در یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی. *پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، ۱۱(۴۲)، ۱۳۱-۱۵۴. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22285954.1400.11.42.3.6>

رستم‌زاده، پرویز و شهره نصیرآبادی. (۱۳۹۶). نقش مالیات‌های مستقیم زیست‌محیطی بر روی کیفیت محیط‌زیست در مدل رشد درون‌زا در ایران. *نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۴(۳)، ۳۵-۵۸. https://ecoj.tabrizu.ac.ir/article_6743.html

- سلطانی‌نژاد، محمود، رئیس‌پور رجبعلی، علی، زاینده‌رودی، محسن. (۱۴۰۳). تحلیل اثر گسترش ارز دیجیتال بانک مرکزی بر تاب‌آوری اقتصادی. *جستارهای اقتصادی با رویکرد اسلامی*، ۲۱(۴۲)، ۱-۱۹.
<https://doi.org/10.30471/iee.2024.10166.2414>
- کمیحانی، اکبر و توکلیان، حسین. (۱۳۹۱). سیاست‌گذاری پولی تحت سلطه مالی و تورم هدف ضمنی در قالب یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی برای اقتصاد ایران. *تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، ۳(۸)، ۸۷-۱۱۷.
<http://jemr.khu.ac.ir/article-1-539-fa.html>
- گلدوست، محمد جلال، نجفی‌زاده، سید عباس، فخرحسینی، سید فخرالدین و سرلک، احمد. (۱۳۹۸). تاب‌آوری متغیرهای اقتصاد کلان ایران در برابر شوک سیاست پولی و ارزی در مدل DSGE. *نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۶(۲)، ۱-۲۸.
https://ecoj.tabrizu.ac.ir/article_9127.html
- محمودی، شکوه، جلائی، سید عبدالمجید، صادقی، زین‌العابدین و شکیبایی، علیرضا. (۱۴۰۳). بررسی اثرات انتشار ارز دیجیتال ملی بر سیاست‌های پولی ایران با استفاده از روش پویایی سیستم. *پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، ۲۴(۱)، ۱۳۴-۱۱۹.
<http://ecor.modares.ac.ir/article-18-65783-fa.html>
- هراتی، جواد، اسلاملوئیان، کریم، شرزهای، غلامعلی و امینی، تکتیم. (۱۳۹۳). بررسی ارتباط رشد - آلودگی در چارچوب یک الگوی رشد درون‌زای تعمیم‌یافته: یک الگوی کالیبره شده برای اقتصاد ایران. *مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۳(۱۰)، ۳۳-۵۸.
<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23222530.1393.3.10.3.7>

References

- Abad, J., Nuño Barrau, G., & Thomas, C. (2024). *CBDC and the operational framework of monetary policy*. BIS Working Papers. no 1126. <https://www.bis.org/publ/work1126.htm>
- Adrian, T., & Mancini-Griffoli, T. (2021). *Digital forms of money could be a boon for emerging market and lower-income economies if the transition is well managed and regulated*. International Monetary Fund.
<https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2021/06/online/digital-money-new-era-adrian-mancini-griffoli.htm>
- Agur, I., Ari, A., & Dell’Ariccia, G. (2022). Designing central bank digital currencies. *Journal of Monetary Economics*, 125, 62-79. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2021.05.002>
- Ahiabenu, K. (2022). A Comparative Study of the Design Frameworks of the Ghanaian and Nigerian Central Banks’ Digital Currencies (CBDC). *FinTech*, 1(3), 235-249.
<https://www.mdpi.com/2674-1032/1/3/19>
- Alfar, A. J. K., Kumpamool, C., Nguyen, D. T. K., & Ahmed, R. (2023). The determinants of issuing central bank digital currencies. *Research in International Business and Finance*, 64, 101884.
<https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2023.101884>
- Allen, F., Gu, X., & Jagtiani, J. (2022). Fintech, Cryptocurrencies, and CBDC: Financial Structural Transformation in China. *Journal of International Money and Finance*, 124, 102625.
<https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2022.102625>
- Angelopoulos, K., Economides, G., & Philippopoulos, A. (2013). First-and second-best allocations under economic and environmental uncertainty. *International Tax and Public Finance*, 20(3), 360-380. <https://doi.org/10.1007/s10797-012-9234-z>
- Arvidsson, N., Harahap, F., Urban, F., & Nurdawati, A. (2024). *Potential Climate Impact of Retail CBDC Models*. Sveriges Riksbank Working Paper Series, 437.
<https://www.riksbank.se/globalassets/media/rapporter/working-papers/2024/no.-437-potential-climate-impact-of-retail-cbdc-models.pdf>

- Ashworth, A., & Goodhart, C. A. E. (2020). The surprising recovery of currency usage. *International Journal of Central Banking*, 16(3), 239-277. <http://eprints.lse.ac.uk/id/eprint/105303>
- Bahrami, J., & ghoreyshi, S. (2011). Analyzing the Monetary Policy in Iran Economy by Using a Dynamic Stochastic General Equilibrium Model. *Economic Modeling*, 13(5), 1-22. [In persian] <http://sanad.iau.ir/fa/Article/995398>
- Bank for International Settlements (BIS). (2020). *Central Bank Digital Currencies: foundational principles and core features*. <https://www.bis.org/publ/othp33.htm>
- Barontini, C., & Holden, H. (2019). *Proceeding with Caution - A Survey on Central Bank Digital Currency*. BIS Paper, 101. <https://ssrn.com/abstract=3331590>
- Barrdear, J., & Kumhof, M. (2022). The macroeconomics of central bank digital currencies. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 142, 104148. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2021.104148>
- Briguglio, L., & Galea, W. (2003). *Updating the economic vulnerability index*. https://www.researchgate.net/publication/239532719_Updating_the_economic_vulnerability_index
- Briguglio, L., Cordina, G., Farrugia, N., & Vella, S. (2008). *Economic vulnerability and resilience*. United Nations research paper 55. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/45146/1/571437761.pdf>
- Bruneau, M., Chang, S. E., Eguchi, R. T., Lee, G. C., O'Rourke, T. D., Reinhorn, A. M., Shinozuka, M., Tierney, K., Wallace, W. A., & von Winterfeldt, D. (2003). A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. *Earthquake Spectra*, 19(4), 733-752. <https://doi.org/10.1193/1.1623497>
- Brunnermeier, M. K., James, H., & Landau, J.-P. (2021). *The digitalization of money Bank for International Settlements*, Working Papers No 941. <https://www.bis.org/publ/work941.pdf>
- Central Bank of Iran. (2022). Draft Digital Rial Document. <https://cbi.ir/page/24583.aspx>
- Chen, H., & Siklos, P. L. (2022). Central bank digital currency: A review and some macro-financial implications. *Journal of Financial Stability*, 60, 100985. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2022.100985>
- Chorzempa, M. (2021). China, the United States, and central bank digital currencies: how important is it to be first?. *China Economic Journal*, 14(1), 102-115. <https://doi.org/10.1080/17538963.2020.1870278>
- Chuen, D. L. K., & Teo, E. (2021). *The New Money: The Utility of Cryptocurrencies and the Need for a New Monetary Policy*. In E. Kaili & D. Psarrakis (Eds.), *Disintermediation Economics: The Impact of Blockchain on Markets and Policies* (pp. 111-172). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65781-9_7
- Davoodalhosseini, S. M. (2022). Central bank digital currency and monetary policy. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 142, 104150. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2021.104150>
- Ding, X., Gao, L., Wang, G., & Nie, Y. (2022). Can the development of digital financial inclusion curb carbon emissions? Empirical test from spatial perspective. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1045878>
- Dovers, S. R., & Handmer, J. W. (1992). Uncertainty, sustainability and change. *Global Environmental Change*, 2(4), 262-276. [https://doi.org/10.1016/0959-3780\(92\)90044-8](https://doi.org/10.1016/0959-3780(92)90044-8)
- Esfandiari, H., & Mohammadi, T. (2024). Macroeconomic Analysis of RamzRial: A DSGE Approach. *Iranian Journal of Economic Research*. Available Online from 06 March 2024 <https://doi.org/10.22054/ijer.2024.74533.1198> [In persian]

- Farrugia, N. (2007). Conceptual issues in constructing composite indices. *Occasional Papers on Islands and Small States*, 2, 1-41. <https://www.um.edu.mt/library/oar/handle/123456789/40235>
- Goldoust, M., Najafizadeh, S. A., Fakhre Hosaini, S. F., & Sarlak, A. (2019). Resilience of Macroeconomic Variables of the Iranian Economy against Monetary Policy Shock Based On the DSGE Model. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 6(2), 1-28. https://eco.j.tabrizu.ac.ir/article_9127_141e25ae4201d7966e2acbd5c476237e.pdf [In persian]
- Harati, j., Eslamloeeian, k., Sharzaee, g. a., & Amini, t. (2014). An Investigation of the Relationship between Growth and Pollution in the Framework of a Generalized Endogenous Growth Model: A Calibrated Model for Iranian Economy. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 3(10), 33-58. https://aes.basu.ac.ir/article_820_94c9133c6bed53e399300ef08be2f588.pdf [In persian]
- Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1-23. <http://www.jstor.org/stable/2096802>
- Hosseini, N. S., & Asgharpur, H. (2021). Exchange Rate Pass-Through and the Effects of Monetary Shock in a DSGE Model. *Economic Growth and Development Research*, 11(42), 154-131.[In persian] <https://doi.org/10.30473/egdr.2019.48777.5416>
- Kiff, J., Alwazir, J., Davidovic, S., Farias, A., Khan, A., Khiaonarong, T., Malaika, M., K Monroe, H., Sugimoto, N., Tourpe, H., & Zhou, P. (2020). *A Survey of Research on Retail Central Bank Digital Currency*. IMF Working Paper, 2020/104. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2020/06/26/A-Survey-of-Research-on-Retail-Central-Bank-Digital-Currency-49517>
- Komijani, A., & Tavakolian, H. (2012). Monetary Policy under Fiscal Dominance and Implicit Inflation Target in Iran: A DSGE Approach [Applicable]. *Journal of Economic Modeling Research*, 3(8), 87-117.[In persian] <http://jemr.khu.ac.ir/article-1-539-fa.html>
- Kumhof, M., & Noone, C. (2021). Central bank digital currencies — Design principles for financial stability. *Economic Analysis and Policy*, 71, 553-572. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2021.06.012>
- Kwon, O., Lee, S., & Park, J. (2022). Central bank digital currency, tax evasion, and inflation tax. *Economic Inquiry*, 60(4), 1497-1519. <https://doi.org/10.1111/ecin.13091>
- Lee, D. K. C., Yan, L., & Wang, Y. (2021). A global perspective on central bank digital currency. *China Economic Journal*, 14(1), 52-66. <https://doi.org/10.1080/17538963.2020.1870279>
- LEE, S., & PARK, J. (2022). environmental implications of a central bank digital currency. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099143507042228192/pdf/IDU0110707310d28b041b70bb560cc1f4b1f41d4.pdf>
- Mahmoodi, s., Jalaei, S. A., Sadeghi, Z., & Shakibai, A. (2024). Investigating the effects of issuing national digital currency on Iran's monetary policies using the system dynamics method. *The Economic Research (Sustainable Growth and Development)*, 24(1), 119-134. <https://doi.org/10.22034/24.1.119> [In persian]
- Náñez Alonso, S. L. (2023). Can Central Bank Digital Currencies be green and sustainable?. *Green Finance*, 5(4), 603-623. <https://doi.org/10.3934/GF.2022017>
- Náñez Alonso, S. L., Jorge-Vazquez, J., & Reier Forradellas, R. F. (2020). Detection of Financial Inclusion Vulnerable Rural Areas through an Access to Cash Index: Solutions Based on the Pharmacy Network and a CBDC. Evidence Based on Ávila (Spain). *Sustainability*, 12(18), 7480. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/18/7480>

- Ozili, P. K. (2022). Central Bank Digital Currency in Nigeria: Opportunities and Risks. In S. Grima, E. Özen, & H. Boz (Eds.), *The New Digital Era: Digitalisation, Emerging Risks and Opportunities* (Vol. 109A, pp. 125-133). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/S1569-37592022000109A008>
- Ozili, P. K. (2022). Circular Economy and Central Bank Digital Currency. *Circ Econ Sustain*, 2(4), 1501-1516. <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00170-0>
- Pasha Wanous, P., Vahrami, J., Tavakkolian, H., & Mohammadi, T. (2020). The Role of International Financial Integration in Production and Inflation Fluctuations in Iran: Using a Dynamic Stochastic General Equilibrium Model [Applicable]. *Journal of Economic Modeling Research*, 11(39), 7-44. <https://doi.org/10.29252/jemr.10.39.7> [In persian]
- Perret, V. (2019). Cash for the digital age: opportunities, risks and impacts of Central Bank Digital Currencies, *Observatoire de la Finance*. https://www.obsfin.ch/wp-content/uploads/Document/2019-Report_CBDC_INT_English.pdf
- Rivera Moreno, P. N., & Triana Montaña, K. L. (2022). Central Bank Digital Currency in a Developing Economy: A Dynamic Stochastic General Equilibrium Analysis. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:cpm:dynare:074>
- Rose, A. (2004). Defining and measuring economic resilience to disasters. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 13(4), 307-314. <https://doi.org/10.1108/09653560410556528>
- Rose, A. (2007). Economic resilience to natural and man-made disasters: Multidisciplinary origins and contextual dimensions. *Environmental Hazards*, 7(4), 383-398. <https://doi.org/10.1016/j.envhaz.2007.10.001>
- Rostamzadeh, P., & Nasirabadi, S. (2017). The Role of Indirect Environmental Taxation in Endogenous Growth Model on Environmental Quality in Iran. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 4(3), 35-58. https://ecoj.tabrizu.ac.ir/article_6743_ef8dfc280fbbda858498d68942dab660.pdf [In persian]
- Soltani Nejad, M., Raeispour Rajab Ali, A., & Zayandehroodi, M. (2024). The Investigation of the Effect of the Central Bank's Digital Currency Expansion on Economic Resilience. *Journal of Economic Essays; an Islamic Approach*, 21(42), 1-19. <https://doi.org/10.30471/iee.2024.10166.2414> [In persian]
- Syarifuddin, F., & Bakhtiar, T. (2022). The Macroeconomic Effects of an Interest-Bearing CBDC: A DSGE Model. *Mathematics*, 10(10), 1671. <https://www.mdpi.com/2227-7390/10/10/1671>
- Timmerman, P. (1981). *Vulnerability, Resilience and the Collapse of Society: A Review of Models and Possible Climatic Applications*. Institute for Environmental Studies, University of Toronto. <https://books.google.com/books?id=XOAJAQAAMAAJ>
- Williamson, S. D. (2022). Central bank digital currency and flight to safety. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 142, 104146. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2021.104146>
- Yanagawa, N., & Yamaoka, H. (2019). Digital Innovation, Data Revolution and Central Bank Digital Currency. Bank of Japan Working Paper Series, No. 19-E-2.
- Yang, Q., Zheng, M., & Wang, Y. (2023). The Role of CBDC in Green Finance and Sustainable Development. *Emerging Markets Finance and Trade*, 59(15), 4158-4173. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2023.2185096>
- Ye, W., Wong, W.-K., Arnone, G., Nassani, A. A., Haffar, M., & Faiz, M. F. (2023). Crypto currency and green investment impact on global environment: A time series analysis. *International Review of Economics & Finance*, 86, 155-169. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2023.01.030>