



## The Investigation of the Effect of the Central Bank's Digital Currency Expansion on Economic Resilience

Mehdi Soltaninejad<sup>1</sup> , Ali Raeispour Rajabali<sup>2</sup>  
Mohsen Zayandehroodi<sup>3</sup>

1. PhD Student in International Economics, Faculty of Literature and Humanities, Islamic Azad University, Kerman Branch, Kerman, Iran.

[mehdi.soltaani@gmail.com](mailto:mehdi.soltaani@gmail.com)

2. Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Literature and Humanities, Islamic Azad University, Kerman Branch, Kerman, Iran.

[raeispour@iauk.ac.ir](mailto:raeispour@iauk.ac.ir)

3. Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Literature and Humanities, Islamic Azad University, Kerman Branch, Kerman, Iran.

[m\\_roody2000@yahoo.com](mailto:m_roody2000@yahoo.com)

Received: 2024/05/22; Accepted: 2024/10/14

### Extended Abstract

**Introduction:** Globalization and digitization, especially the emergence of innovative payment solutions from fintech and large technology companies, have prompted central banks to consider upgrading payment system infrastructure as well as the broader concept and provision of money. The supposed trend towards a cashless "society" has prompted central banks to consider issuing currency in digital form, known as "sovereign digital currencies" or "central bank digital currencies" (CBDCs). This issue has increased the interest of policymakers and scientific communities in digital currencies of the central bank. The introduction of Central Bank Digital Currencies will mark the beginning of a new monetary era. A recent survey found that central banks representing a fifth of the world's population are likely to issue a CBDC "very soon," while 80 percent of central banks worldwide are considering issuing a CBDC.

On the other hand, the COVID-19 pandemic has raised public concerns about the transmission of the virus through cash, thus increasing calls for the development of contactless payment methods such as CBDC.

In general, one of the main goals of CBDC is to increase access to central bank reserves beyond the small territory of commercial banks for the general public; a concept sometimes referred to as "reserves for all". Therefore, cash will no





Research Institute of  
Hawzah and University

## Economic Essays

Journal homepage: <https://iee.rihu.ac.ir/>



### Original Article

longer be the only form of central bank money through which people can trade and save; rather, these things can be done with the reserves deposited in the central bank.

CBDCs can reduce costs. They can be provided through digital wallets on mobile devices, reducing the costs associated with maintaining physical bank accounts and transaction fees. CBDCs may also lower the price of cross-border (and possibly domestic) payments by reducing intermediaries in the normal transaction chain through closer connectivity or direct access to central bank clearing accounts.

The central bank's digital currencies can increase the resilience of the economy against shocks by increasing the efficiency of the payment system. However, its incorrect implementation may lead to increased systematic risks that reduce resilience. Therefore, the basic and safe design and implementation of the central bank's digital currency is important to maintain the resilience of the economy against shocks.

According to the above, the main motivation of the present study is to explore the effect of the central bank's digital currency expansion on the resilience of Iran's economy using a dynamic stochastic general equilibrium model.

**Methodology:** In this paper, a dynamic stochastic general equilibrium model was presented and estimated using the Bayesian approach and seasonal data in the period of 03.20.2004-06.22.2022.

The parameters of the model are estimated using the Bayesian approach and the Random Walk Metropolis-Hastings algorithm. In this regard, the data of the observable variables of the model include seasonally adjusted data of GDP with and without oil, consumption expenditures, investment expenditures, government expenditures, foreign reserves of the central bank, consumer price index, and the growth rate of money has been used.

**Discussion and Results:** The results of the Markov Chain Monte Carlo diagnostic test of Brooks and Gelman (1989) showed that the parameter estimates are appropriate and reliable. The results showed that the increase in CBDC issuance causes an increase in the interest rate and a decrease in the real interest rate, which reduces the demand for cash, and increases the GDP, employment hours, and economic growth. This part of the results of the current research is consistent and similar with the results of Varshosaz et al. (2021), and Sokooti et al. (2022). The increase in production led to a decrease in inflation and an increase in the real exchange rate and foreign reserves of the central bank. This part of the results of the present study was consistent and similar to the results of the study of Barrdear and Kumhof (2022). Furthermore, considering the increase in transparency in the economy and the decrease in transaction costs, consumption expenditures and investment expenditures increased; and government spending and the ratio of government budget deficit to GDP decreased.

In this research, following Briguglio and Galea (2003) and Farrugia (2007), the components of the central bank's foreign reserves, the ratio of government budget deficit to GDP, and inflation were used to analyze economic resilience: The reduction of inflation and the ratio of government budget deficit to GDP, and on the other hand, the increase of foreign reserves of the central bank, have led to an increase in economic resilience.

**Policy recommendations:** According to the results of the estimation of the model, it is suggested that the government, as a monetary authority, manage its expenses by issuing CBDC and thereby reduce the budget deficit. On the other hand, with the release of this type of currency and increased transparency in the economy, as an expansion policy, the requirements and circumstances will be created to increase economic growth.



Research Institute of  
Hawzah and University

## Economic Essays

Journal homepage: <https://iee.rihu.ac.ir/>



### Original Article

**Declaration of Competing Interest:** The authors have no conflicts of interest to declare that are relevant to the content of this article.

**Acknowledgments:** We thank anonymous reviewers for their useful comments greatly contributing to improving our work.

**JEL Classifications:** C11, E31, E58.

**Keywords:** Central Bank Digital Currency, Economic resilience, Dynamic Stochastic General Equilibrium model, Bayesian estimation.

**Cite this article:** Mehdi Soltaninejad & Ali Raeispour Rajabali & Mohsen Zayandehroodi. (2024), "The Investigation of the Effect of the Central Bank's Digital Currency Expansion on Economic Resilience", Economic Essays, 21(42), 1-19.





## تحلیل اثر گسترش ارز دیجیتال بانک مرکزی بر تاب‌آوری اقتصادی

مهدی سلطانی‌نژاد<sup>۱</sup>، علی رئیس‌پور رجبعلی<sup>۲</sup>  
محسن زاینده‌رودی<sup>۳</sup>

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

[mehdi.soltaani@gmail.com](mailto:mehdi.soltaani@gmail.com)

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

[raeispour@iauk.ac.ir](mailto:raeispour@iauk.ac.ir)

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

[m\\_roody2000@yahoo.com](mailto:m_roody2000@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۳

## چکیده گسترده

**مقدمه:** جهانی‌شدن و دیجیتالی‌شدن، به‌ویژه ظهور راه‌حل‌های پرداخت نوآورانه از سوی شرکت‌های فین‌تک و فناوری بزرگ، مانند بی‌پال، علی‌پی، وی چتپی یا لیبرا، بانک‌های مرکزی را بر آن داشته است که به ارتقای زیرساخت‌های سیستم پرداخت و همچنین، مفهوم گسترده‌تر و ارائه پول فکر کنند. گرایش فرضی به سمت «جامعه بدون پول نقد» بانک‌های مرکزی را بر آن داشت تا به فکر انتشار ارز به شکل دیجیتالی باشند که به‌عنوان «ارزهای دیجیتال حاکمیتی» یا «ارزهای دیجیتال بانک مرکزی» شناخته می‌شوند. این موضوع، موجب افزایش علاقه سیاست‌گذاران و محافل علمی به ارزهای دیجیتال بانک مرکزی شده است. معرفی ارزهای دیجیتال بانک مرکزی (CBDCs) آغاز یک دوره پولی جدید را نشان خواهد داد. نتایج یک نظرسنجی در سال ۲۰۲۰ نشان داد بانک‌های مرکزی که یک پنجم جمعیت جهان را نمایندگی می‌کنند، احتمالاً «خیلی زود» CBDC را انتشار می‌دهند؛ درحالی‌که ۸۰ درصد بانک‌های مرکزی در سراسر جهان روی انتشار یک CBDC مطالعه می‌کنند. از سوی دیگر، همه‌گیری کووید-۱۹ نگرانی‌های عمومی را در مورد انتقال ویروس از طریق پول نقد ایجاد کرد و در نتیجه درخواست‌ها برای توسعه روش‌های پرداخت بدون تماس مانند CBDC را افزایش داد.

به‌طور کلی، یکی از اهداف اصلی CBDC، افزایش دسترسی به ذخایر بانک مرکزی فراتر از قلمرو کوچک بانک‌های تجاری برای عموم مردم است؛ مفهومی که گاه از آن به‌عنوان «ذخایر برای همه» یاد می‌شود. بنابراین، پول نقد دیگر تنها شکل پول بانک مرکزی نخواهد بود که مردم می‌توانند از طریق آن معامله و پس‌انداز کنند؛ بلکه این کارها را می‌توان با ذخایر سپرده شده در بانک مرکزی انجام داد. CBDCها می‌توانند هزینه‌ها را کاهش دهند. آنها را می‌توان از طریق کیف پول‌های دیجیتال در دستگاه‌های تلفن همراه ارائه کرد و هزینه‌های مربوط به نگهداری حساب‌های بانکی فیزیکی و کارمزد تراکنش‌ها را کاهش داد. همچنین، CBDCها ممکن است با کاهش واسطه‌ها در زنجیره تراکنش عادی از طریق اتصال نزدیک‌تر یا دسترسی مستقیم به حساب‌های تسویه بانک مرکزی، قیمت پرداخت‌های فرامرزی (و احتمالاً داخلی) را کاهش دهند.

**روش تحقیق:** در این مقاله، یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی با استفاده از رویکرد بی‌زین و داده‌های فصلی در دوره زمانی ۱۳۸۳:۰۱-۱۴۰۱:۰۲ برآورد شده است.





## نوع مقاله: پژوهشی

پارامترهای الگو با استفاده از رویکرد بیزین و الگوریتم Random Walk Metropolis-Hastings برآورد شده است. در این راستا داده های متغیرهای قابل مشاهده الگو شامل داده های فصلی تعدیل شده تولید ناخالص داخلی با نفت و بدون نفت، مخارج مصرفی، مخارج سرمایه گذاری، مخارج دولت، ذخایر خارجی بانک مرکزی، شاخص قیمت مصرف کننده و نرخ رشد پول است.

**بحث و نتایج:** نتایج آزمون تشخیصی زنجیره مارکوف-مونت کارلو بروکز و گلنن (۱۹۸۹) نشان می دهد برآورد پارامترها مناسب بوده و قابل اتکا هستند. نتایج نشان می دهد افزایش انتشار CBDC، موجب افزایش نرخ بهره  $R^d$  و کاهش نرخ بهره حقیقی  $r^k$  می شود که کاهش تقاضا برای پول نقد، و افزایش تولید ناخالص داخلی، ساعات اشتغال و رشد اقتصادی را به همراه دارد. این بخش از نتایج پژوهش حاضر، با نتایج مطالعه ورشوساز و همکاران (۱۳۹۹) و سکوتی و همکاران (۱۴۰۱) هماهنگ و مشابه است. افزایش تولید به کاهش تورم و افزایش نرخ ارز حقیقی و ذخایر خارجی بانک مرکزی منجر می شود. این بخش از نتایج مقاله، با نتایج مطالعه باردیر و کمهوف (۲۰۲۲) هماهنگ و مشابه است. همچنین، نظر به افزایش شفافیت در اقتصاد و کاهش هزینه مبادله، مخارج مصرفی، مخارج سرمایه گذاری افزایش یافتند و مخارج دولت و نسبت کسری بودجه دولت به GDP کاهش یافته است.

در این پژوهش به پیروی از بریگو گلیو و گالیا (۲۰۰۳) و فاروژیا (۲۰۰۷)، از مؤلفه های ذخایر خارجی بانک مرکزی  $re_t \cdot fr_t$ ، نسبت کسری بودجه دولت به تولید ناخالص داخلی  $BD_t / GDP_t$  و تورم  $\pi_t$  جهت تحلیل تاب آوری اقتصادی  $ER_t$  استفاده شد:

$$ER_t = re_t \cdot fr_t - \frac{BD_t}{GDP_t} - \pi_t$$

$$BD_t = G_t - Tax_t$$

کاهش تورم و نسبت کسری بودجه دولت به GDP، و از سوی دیگر، افزایش ذخایر خارجی بانک مرکزی به افزایش تاب آوری اقتصادی منجر شده است.

**توصیه های سیاستی:** با توجه به نتایج برآورد الگو، پیشنهاد می شود که دولت به عنوان مقام پولی، با انتشار CBDC، مخارج خود را مدیریت کرده و از این طریق کسری بودجه کاهش یابد. از سوی دیگر، با انتشار این نوع ارز و افزایش شفافیت در اقتصاد، به عنوان یک سیاست انبساطی، شرایط برای افزایش رشد اقتصادی و به دنبال آن افزایش تاب آوری اقتصادی مهیا خواهد شد.

**اعلامیه تعارض منافع:** نویسندگان هیچ گونه تضاد منافی برای اعلام مرتبط با محتوای این مقاله ندارند.

**قدردانی ها:** ما از داوران ناشناس برای نظرات مفیدشان که تا حد زیادی به بهبود کار ما کمک می کنند، تشکر می کنیم.

**واژگان کلیدی:** ارز دیجیتال بانک مرکزی، تاب آوری اقتصادی، رشد اقتصادی، تعادل عمومی پویای تصادفی، برآورد بیزین.

**استناد:** مهدی سلطانی نژاد، علی رئیس پور رجبعلی، محسن زاینده رودی (۱۴۰۳)، «تحلیل اثر گسترش ارز دیجیتال بانک مرکزی بر تاب آوری

اقتصادی»، مجله جستارهای اقتصادی، ۲۱(۴۲)، صص ۱-۱۹.

## ۱. مقدمه

جهانی شدن و دیجیتالی شدن، به ویژه ظهور راه حل های پرداخت نوآورانه از سوی شرکت های فین تک و فناوری بزرگ، مانند پی پال،<sup>۱</sup> علی پی،<sup>۲</sup> وی چت پی<sup>۳</sup> یا لیبرا،<sup>۴</sup> بانک های مرکزی را بر آن داشته است که به ارتقای زیرساخت های سیستم پرداخت و همچنین، مفهوم گسترده تر و ارائه پول فکر کنند. گرایش فرضی به سمت «جامعه بدون پول نقد» بانک های مرکزی را بر آن داشت تا به فکر انتشار ارز به شکل دیجیتالی باشند که به عنوان «ارزهای دیجیتال حاکمیتی»<sup>۵</sup> یا «ارزهای دیجیتال بانک مرکزی»<sup>۶</sup> شناخته می شوند. این موضوع، موجب افزایش علاقه سیاست گذاران و محافل علمی به ارزهای دیجیتال بانک مرکزی شده است (فراری ماینسو، مهل و استراکا،<sup>۷</sup> ۲۰۲۲، ص ۵۵). معرفی ارزهای دیجیتال بانک مرکزی (CBDCs) آغاز یک دوره پولی جدید را نشان خواهد داد (لابور و همکاران،<sup>۸</sup> ۲۰۲۱، ص ۶۶۴). نتایج یک نظرسنجی در سال ۲۰۲۰ نشان داد بانک های مرکزی که یک پنجم جمعیت جهان را نمایندگی می کنند، احتمالاً «خیلی زود» CBDC را انتشار می دهند؛ در حالی که ۸۰ درصد بانک های مرکزی در سراسر جهان روی انتشار یک CBDC مطالعه می کنند (بوآر، هولدن و وادسورث،<sup>۹</sup> ۲۰۲۰، ص ۲). در این راستا و نظر به شتاب گرفتن دیجیتالی شدن اقتصاد، بیشتر بانک های مرکزی در سراسر جهان در حال بررسی یا انتشار CBDC هستند (سودربرگ و همکاران،<sup>۱۰</sup> ۲۰۲۳، ص ۴). از سوی دیگر، همه گیری کووید-۱۹ نگرانی های عمومی را در مورد انتقال ویروس از طریق پول نقد ایجاد کرد و در نتیجه درخواست ها برای توسعه روش های پرداخت بدون تماس مانند CBDC را افزایش داد (آور و کورنلی و فراست،<sup>۱۱</sup> ۲۰۲۰، ص ۱).

به طور کلی، یکی از اهداف اصلی CBDC، افزایش دسترسی به ذخایر بانک مرکزی فراتر از قلمرو کوچک بانک های تجاری برای عموم مردم است؛ مفهومی که گاه از آن به عنوان «ذخایر برای همه»<sup>۱۲</sup> یاد می شود. بنابراین، پول نقد دیگر تنها شکل پول بانک مرکزی نخواهد بود که مردم می توانند از طریق آن معامله و پس انداز کنند؛ بلکه این کارها را می توان با ذخایر سپرده شده در بانک مرکزی انجام داد (توبین،<sup>۱۳</sup> ۱۹۸۷، ص ۱۱).

ارز دیجیتال بانک مرکزی می تواند با افزایش کارایی نظام پرداخت ها، تاب آوری اقتصاد<sup>۱۴</sup> را در برابر تکانه ها افزایش دهد (آدریان و مانچینی-گریفولی،<sup>۱۵</sup> ۲۰۲۱، ص ۳)؛ اما پیاده سازی نادرست آن ممکن است به افزایش ریسک های سیستماتیک منجر شود که تاب آوری را کاهش می دهد (برونر مایر،<sup>۱۶</sup> ۲۰۲۱، ص ۲۲). بنابراین، طراحی و اجرای اصولی و ایمن ارز دیجیتال بانک مرکزی برای حفظ تاب آوری اقتصاد در برابر تکانه ها اهمیت دارد.

نظر به موارد مطرح شده، انگیزه اصلی این مقاله، درک اثر گسترش ارز دیجیتال بانک مرکزی بر تاب آوری اقتصاد ایران با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی<sup>۱۷</sup> است. در این راستا، پس از مقدمه، مرور ادبیات مرتبط با موضوع انجام شده است. در بخش سوم یک الگوی DSGE متناسب با ساختار اقتصاد ایران طراحی، و در بخش چهارم پارامترهای الگو برآورد شده است. بخش انتهای مقاله به نتیجه گیری و پیشنهادها اختصاص یافته است.

1. PayPal.
2. Alipay.
3. WeChat Pay.
4. Libra.
5. Sovereign Digital Currencies.
6. Central Bank Digital Currencies (CBDC).
7. Ferrari Minesso, Mehl, & Stracca.
8. Laboure, H.-P. Müller, Heinz, Singh, & Köhling.
9. Boar, Holden, & Wadsworth.
10. Soderberg, Kiff, Bechara, Forte, Kao, Lannquist, Sun, Tourpe, Yoshinaga.
11. Auer, Cornelli, & Frost.
12. Reserves for all.
13. Tobin.
14. Economic Resilience (ER).
15. Adrian & Mancini-Griffoli, IMF 2019.
16. Brunnermeier.
17. Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE).

## ۲. مرور ادبیات

### ۲-۱. ادبیات نظری

ارز دیجیتال بانک مرکزی شکل مجازی ارز فیات<sup>۱</sup> یک کشور است که توسط بانک مرکزی انتشار یافته است (یائو، ۲۰۱۸<sup>۲</sup>، ص ۱). CBDC در ابتدا یک ارز دیجیتال فیات نامیده می‌شد (کریلوف، لیسیتسین و پولیاکوف، ۲۰۱۸<sup>۳</sup>، ص ۶۹)، که از دارایی‌های رمزنگاری معروف مانند بیت کوین،<sup>۴</sup> اتریوم،<sup>۵</sup> بایننس کوین<sup>۶</sup> و غیره الهام می‌گیرد.

CBDCها یک ذخیره امن از ارزش را ارائه می‌دهند. برخلاف سپرده‌های بانکی و دیگر بدهی‌های مؤسسات مالی خصوصی که در معرض ریسک اعتباری و نقدینگی و احتمال ورشکستگی بانک‌ها هستند، CBDC چنین ریسک‌هایی را به همراه نخواهد داشت. به‌عنوان یک بدهی مستقیم بانک مرکزی، CBDCها به اندازه پول نقد فیزیکی ایمن و بدون ریسک خواهند بود. آنها می‌توانند ابزار پرداخت جذابی را برای استفاده در تراکنش‌های شخص به فرد، شخص به تجارت و تجارت به کسب‌وکار ارائه دهند. افزون‌براین، CBDCها به‌عنوان یک وسیله پرداخت الکترونیکی، در غلبه بر محدودیت‌های مربوط به استفاده از پول نقد، مانند نیاز به ملاقات حضوری و تکیه بر شبکه‌های توزیع مانند دستگاه‌های خودپرداز، هم‌تراز با راه‌حل‌های پرداخت سریع خواهند بود. CBDCها می‌توانند هزینه‌ها را کاهش دهند. آنها را می‌توان از طریق کیف پول‌های دیجیتال در دستگاه‌های تلفن همراه ارائه کرد و هزینه‌های مربوط به نگهداری حساب‌های بانکی فیزیکی و کارمزد تراکنش‌ها را کاهش داد. همچنین، CBDCها ممکن است با کاهش واسطه‌ها در زنجیره تراکنش عادی از طریق اتصال نزدیک‌تر یا دسترسی مستقیم به حساب‌های تسویه بانک مرکزی، قیمت پرداخت‌های فرامرزی (و احتمالاً داخلی) را کاهش دهند (داس و همکاران، ۲۰۲۳، ص ۴). CBDCها می‌توانند از نظارت و مقررات پولی بهره‌مند شوند. داده‌های گردش ارز ساختاریافته اجازه می‌دهد مقدار کل اطلاعات جریان سرمایه را می‌توان به‌طور کامل و سریع بررسی و در نتیجه، به مبارزه با فساد، مبارزه با پول‌شویی، مبارزه با تأمین مالی تروریسم و تلاش‌های مبارزه با فرار مالیاتی کمک کرد (ترونیر، ۲۰۲۱<sup>۱۰</sup>، ص ۱۰۱).

در حال حاضر نوآوری فناورانه، به‌طور قابل توجهی دامنه امکاناتی را گسترش داده است که از طریق آن می‌توان یک CBDC را معرفی کرد. در این راستا، CBDCها را می‌توان به روش‌های مختلف و ویژگی‌های فنی متفاوت طراحی کرد (فراری ماینسو، مهل و استراکا، ۲۰۲۲، ص ۵۷). این ویژگی‌ها، شامل این موارد است: آیا CBDC مستقیماً به خانوارها و شرکت‌ها ارائه شود (خرده‌فروشی CBDC) یا غیرمستقیم از طریق بانک‌های تجاری (CBDC عمده‌فروشی) ارائه شود؛ CBDC به مقدار ثابت یا متغیر عرضه شود؛ به CBDC بهره داده شود یا خیر (اور و بوئهم، ۲۰۲۰<sup>۱۱</sup>، ص ۸۶). براساس نحوه طراحی CBDC، انتشار آن می‌تواند تاب‌آوری اقتصاد یک کشور را تحت تأثیر قرار دهد:

۱. تولید ناخالص داخلی شرایط پایدار را از طریق سه کانال افزایش می‌دهد:

الف) کاهش در نرخ‌های بهره واقعی، به دلیل کاهش مقدار بدهی‌های معوق و جایگزینی آن با CBDC با بهره کم؛

ب) کاهش در مالیات‌های تحریفی در نتیجه هزینه کمتر تأمین مالی دولت؛

ج) کاهش هزینه‌های مبادله به دلیل افزایش نقدینگی در کل اقتصاد.

۲. ملاحظات ثبات مالی معمولاً به انتشار CBDC نیز کمک می‌کند؛ مشروط بر اینکه ترتیبات انتشار به‌خوبی طراحی شده باشد (باردیر و

1. Fiat currency

2. Yao.

3. Krylov, Lisitsyn, & Polyakov.

4. Bitcoin.

5. Ethereum.

6. Binance Coin.

7. Das, Mancini Griffoli, Nakamura, Otten, Soderberg, Sole, & Tan.

8. Agarwal, Agarwal, Agarwal, Agarwal.

9. Fernández-Villaverde, Sanches, Schilling, & Uhlig.

10. Tronnier.

11. Auer, & Boehme.



کومهوف،<sup>۱</sup> ۲۰۲۲، ص ۱۰۵). در مطالعه حاضر، تاب‌آوری اقتصادی به توانایی برای بهره‌مندی از تکانه‌های مثبت اشاره دارد. برخی از مفاهیم مورد استفاده در این شاخص باید با احتیاط استفاده شود. انتخاب متغیرهایی که شاخص را تشکیل می‌دهند تا حدودی ذهنی است. با وجود این، باید دقت شود که انتخاب براساس مجموعه‌ای از معیارهای مطلوب مربوط به پوشش مناسب، سادگی و سهولت درک، مقرون به صرفه بودن، مناسب بودن برای مقایسه بین‌المللی و شفافیت باشد. بررسی دقیق‌تری از این معیارها در بریگوگلیو و گالیا<sup>۲</sup> (۲۰۰۳) و فاروژیا<sup>۳</sup> (۲۰۰۷) ارائه شده است. شاخص تاب‌آوری اقتصادی پیشنهادی در مطالعه حاضر براساس متغیرهای ثبات اقتصاد کلان (نسبت کسری بودجه دولت به تولید ناخالص داخلی و تورم) و ذخایر خارجی بانک مرکزی هستند.

## ۲-۲. ادبیات تجربی

زامز و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای با عنوان طراحی ارز دیجیتال بانک مرکزی برای اندونزی: فرآیند شبکه تحلیلی دلفی،<sup>۵</sup> با استفاده از یک فرآیند شبکه تحلیلی و روش دلفی نشان دادند که CBDCs مانند پول نقد مناسب‌ترین طراحی CBDC برای اندونزی است؛ زیرا می‌تواند ثبات مالی را بهبود بخشد و بانکداری سایه را کاهش دهد. تانگ و جیایو<sup>۶</sup> (۲۰۲۱) آثار انتشار ارز دیجیتال بر اقتصاد چین را براساس الگوی DSGE بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که CBDCها می‌توانند نسبت اهرم و ریسک مالی سیستمی را کاهش دهند.

باردیر و کمهوف<sup>۷</sup> (۲۰۲۲) مطالعه‌ای با عنوان اقتصاد کلان بانک مرکزی صادرکننده ارزهای دیجیتال، برای بانک مرکزی انگلستان انجام داده‌اند. هدف این پژوهش، ارزیابی پیامدهای کلان اقتصادی ناشی از صدور ارز دیجیتال توسط بانک مرکزی (CBDC) است. آنها از یک الگوی DSGE استفاده کرده‌اند و نتایج نشان می‌دهد که انتشار CBDC (به میزان ۳۰٪ از تولید ناخالص داخلی) می‌تواند تولید ناخالص داخلی را به طور دائم تا ۳ درصد افزایش دهد که این امر به دلیل کاهش نرخ بهره حقیقی، مالیات‌ها و هزینه‌های معامله پول است.

ریورا مورنو و تریانا مونتانیو<sup>۸</sup> (۲۰۲۲) به بررسی چگونگی رفتار چرخه تجاری یک اقتصاد در حال توسعه تحت تأثیر انتشار CBDC پرداخته‌اند. آنها با استفاده از یک الگوی DSGE نشان می‌دهند که CBDC توانایی بهبود اثربخشی سیاست پولی را دارد و براساس ماهیت تکانه، پاسخ متغیرهای مربوطه ممکن است تقویت یا کاهش یابد.

فراری مینسو، مهل و استراکا<sup>۹</sup> (۲۰۲۲) پیامدهای اقتصادی معرفی ارز دیجیتال بانک مرکزی (CBDC) را بررسی کرده‌اند. آنها یک CBDC را به فهرست دارایی‌های پولی موجود در یک الگوی استاندارد DSGE دو کشور با اصطکاک مالی اضافه کرده و مجموعه وسیعی از ویژگی‌های فنی جایگزین را در طراحی CBDC در نظر گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که وجود CBDC سرریزهای بین‌المللی تکانه‌ها را تا حد قابل توجهی تقویت می‌کند و در نتیجه، ارتباطات بین‌المللی را افزایش می‌دهد؛ اما بزرگی این آثار به‌طور اساسی به طراحی CBDC بستگی دارد.

گلدوست و همکاران (۱۳۹۸) به ارزیابی تاب‌آوری متغیرهای کلان اقتصاد در مواجهه با تکانه‌های پولی و ارزی در قالب یک الگوی DSGE پرداخته‌اند. در این راستا، آنها از داده‌های دوره زمانی ۱۳۴۵-۱۳۹۵ استفاده کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد پاسخ تورم به تکانه سیاست پولی و ارزی، به مقدار پارامتر چسبندگی قیمت بستگی دارد و تاب‌آوری تورم در اقتصاد با افزایش مقدار پارامتر چسبندگی قیمت، افزایش بیشتری از خود نشان می‌دهد. تاب‌آوری متغیر تولید در برابر تکانه‌های پولی و ارزی، با افزایش پارامتر چسبندگی قیمت، بیشتر می‌شود.

دشتبانی و همکاران (۱۳۹۸) اثر رشد پرداخت‌های الکترونیکی بر سهم اسکناس و مسکوک از پول را بررسی کرده‌اند. در این راستا، از الگوی تقاضای پول بامول - توبین<sup>۸</sup> و از مبانی الگوی عرضه پول تی‌گن استفاده و در پنج کشور منتخب طی دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۵

1. Barrdear, & Kumhof.

2. Briguglio, & Galea.

3. Farrugia.

4. Zams, Indrastuti, Pangera, Hasniawati, Zahra, & Fauziah.

5. The analytic network processes.

6. Tong, & Jiayou.

7. Rivera Moreno, & Triana Montaña.

8. Baumol, & Tobin.



ارزیابی شده است. نتایج نشان می‌دهد توسعه ابزارهای پرداخت الکترونیکی، سهم اسکناس و مسکوک را از پول کاهش می‌دهد. ورشوساز و همکاران (۱۳۹۹) اثر گسترش پول‌های مجازی را بر تقاضای پول در قالب یک الگوی DSGE طی دوره زمانی ۱۳۶۸-۱۳۹۶ بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد افزایش تقاضا برای پول‌های مجازی به کاهش تقاضا برای پول رسمی منجر شده و متعاقب آن درآمد ناشی از چاپ پول کاهش می‌یابد.

سکوتی و همکاران (۱۴۰۱) به ارزیابی اثر ارز دیجیتال بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب جهان پرداخته‌اند. در این مطالعه، از تکنیک اقتصادسنجی پانل دیتا با رهیافت غیرخطی الگوی خود توضیح برداری با وقفه‌های گسترده و دوره زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد ارز دیجیتال اثر مثبت بر رشد اقتصادی دارد و ضریب اثرگذاری در بلندمدت بیشتر از کوتاه‌مدت است. بنابراین، با افزایش انتشار ارز دیجیتال در سطح جهان، این نوع ارز می‌تواند آثار قابل ملاحظه‌ای بر متغیرهای کلان اقتصادی در کشورهای مختلف جهان داشته باشد.

مرور ادبیات تجربی نشان می‌دهد تاکنون اثر گسترش انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی بر تاب‌آوری اقتصاد ایران ارزیابی نشده است. این مقاله نخستین مطالعه داخلی است که با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی تصادفی پویا بیزین، به دنبال رفع این شکاف مطالعاتی تا حد ممکن است.

### ۳. توصیف الگو

#### ۳-۱. خانوارها

خانوار نمونه، هدف حداکثرسازی مجموع تنزیل شده مطلوبیت‌های افق برنامه‌ریزی مدت عمر خود را دنبال می‌کند. ترجیحات خانوار، شامل دنباله‌ای از مصرف، ساعات فراغت و خدمات نقدینگی است:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \{ \ln C_t + \psi_l \ln L_t + \psi_z \ln z_t \}, \quad (1)$$

که در آن  $E_0$  ارزش انتظاری عملگر،  $0 < \beta < 1$  عامل تنزیل تابع مطلوبیت و  $C_t$  مصرف،  $L_t$  ساعات فراغت و  $z_t$  خدمات نقدینگی در دوره  $t$  است.  $\psi_l$  و  $\psi_z$  به ترتیب پارامتر ترجیحات فراغت و خدمات نقدینگی در تابع مطلوبیت خانوار است.

خدمات نقدینگی از نگهداری مانده حقیقی پول نقد  $m_t$  و ارز دیجیتال بانک مرکزی  $dc_t$ ، بر اساس تجمیع‌کننده با کشش جانشینی

ثابت<sup>۱</sup> حاصل می‌شود:

$$z_t = \left[ m_t^{\frac{\eta-1}{\eta}} + dc_t^{\frac{\eta-1}{\eta}} \right]^{\frac{\eta}{\eta-1}} \quad (2)$$

که در آن، کشش جانشینی بین اشکال مختلف پول است. موجودی سرمایه اقتصاد بر اساس قانون حرکت زیر تکامل می‌یابد:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t - \left( \frac{\phi_k}{2} \right) \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} - 1 \right)^2 I_t \quad (3)$$

که در این معادله،  $K_t$  موجودی سرمایه،  $I_t$  سرمایه‌گذاری،  $\left( \frac{\phi_k}{2} \right) \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} - 1 \right)^2 I_t$  هزینه تعدیل سرمایه‌گذاری،  $\phi_k$  پارامتر

هزینه تعدیل سرمایه و  $\delta$  نرخ استهلاک سرمایه است. حداکثرسازی (۱) منوط به محدودیت بودجه است:

$$W_t \cdot N_t + R_t^k \cdot K_t + M_{t-1} + R_{t-1}^d \cdot DC_{t-1} + R_{t-1}^b \cdot B_{t-1} + P_t D_t - P_t C_t - P_t I_t - M_t - DC_t - B_t \geq 0 \quad (4)$$

با تقسیم رابطه ۴ بر شاخص قیمت، محدودیت بودجه حقیقی خانوار به صورت ذیل بازنویسی شده است:

$$w_t \cdot N_t + r_t^k \cdot K_t + \frac{m_{t-1}}{\pi_t} + R_{t-1}^b \cdot b_{t-1} / \pi_t + R_{t-1}^d \cdot dc_{t-1} / \pi_t + D_t - C_t - I_t - m_t - dc_t - b_t \geq 0 \quad (5)$$

در رابطه ۵،  $w_t = W_t / P_t$  نرخ حقیقی دستمزد،  $r_t^k = R_t^k / P_t$  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)،  $m_t = M_t / P_t$  مانده حقیقی پول،  $dc_t$  مانده حقیقی ارز دیجیتال

بانک مرکزی،  $b_t$  اوراق مشارکت و  $D_t$  سود حقیقی سهام است.

حداکثرسازی تابع مطلوبیت نسبت به محدودیت بودجه و معادله (۳) به استخراج شرایط بهینه‌سازی خانوار منجر می‌شود:

$$C_t: \quad \lambda_t = 1/C_t \quad (۶)$$

$$N_t: \quad \lambda_t \cdot w_t = \psi_l / (1 - N_t) \quad (۷)$$

$$K_{t+1}: \quad Q_t = \beta E_t \lambda_{t+1} [r_{t+1}^k + Q_{t+1}(1 - \delta^k)] \quad (۸)$$

$$I_t: \quad \lambda_t = Q_t - Q_t \left( \frac{\phi_k}{2} \right) \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} - 1 \right)^2 + 2Q_t \cdot \phi_k \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} - 1 \right) + \beta E_t Q_{t+1} \cdot \phi_k \left( \frac{I_{t+1}}{I_t} - 1 \right)^2 \left( \frac{I_{t+1}}{I_t} - 1 \right) \quad (۹)$$

$$m_t: \quad \left( \frac{\psi_z}{z_t} \right) \left( \frac{z_t}{m_t} \right)^{\frac{1}{\eta}} = \lambda_t \left[ \frac{(R_t^b - 1)/R_t^b}{(R_t^b - R_t^d)/R_t^b} \right] \quad (۱۰)$$

$$z_t: \quad \left( \frac{\psi_z}{z_t} \right) \left( \frac{z_t}{d_t} \right)^{\frac{1}{\eta}} = \lambda_t \left[ \frac{(R_t^b - R_t^d)/R_t^b}{R_t^b} \right] \quad (۱۱)$$

$$b_t: \quad \beta E_t \left( \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \right) = \pi_{t+1} / R_t \quad (۱۲)$$

### ۳-۲. بنگاه‌ها

بنگاه تولیدکننده کالای نهایی تحت یک تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES) فعالیت می‌کند:

$$Y_t \leq \int_0^1 [Y_{jt}^{\frac{\psi-1}{\psi}} dj]^{\frac{\psi}{\psi-1}}, \quad \theta > 1 \quad (۱۳)$$

که در آن،  $\psi$  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:

$$P_t Y_t - \int_0^1 P_{jt} Y_{jt} dj \quad (۱۴)$$

در رابطه ۱۴،  $Y_t$  از رابطه ۱۳ جای‌گذاری شده و شرط حداکثرسازی سود تولیدکننده کالای نهایی حاصل می‌شود:

$$Y_{jt} = \left( \frac{P_{jt}}{P_t} \right)^{-\psi} \cdot Y_t \quad (۱۵)$$

رابطه ۱۵، 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:

$$P_t = \left[ \int_0^1 P_{jt}^{(1-\psi)} dj \right]^{\frac{1}{1-\psi}} \quad (۱۶)$$

بنگاه‌های تولیدکننده کالای واسطه‌ای با استفاده از نیروی کار  $N_t$ ، سرمایه فیزیکی  $K_{jt}$ ، فناوری کل  $A_t$ ، و بر پایه تابع کاب-داگلاس، کالاهای ناهمگن  $j$  تولید می‌کنند:

$$Y_{jt} = A_t K_{jt}^\alpha (N_t)^{1-\alpha} \quad (۱۷)$$

که در آن  $A_t$  فناوری مشترک میان بنگاه‌های واسطه‌ای است و از یک فرآیند خودتوضیح مرتبه اول تبعیت می‌کند:

$$\ln \left( \frac{A_t}{\bar{A}} \right) = \rho_a \ln \left( \frac{A_{t-1}}{\bar{A}} \right) + \varepsilon_t^a, \quad \varepsilon_t^a \sim N(0, \sigma_a^2) \quad (۱۸)$$

که در آن  $\bar{A} > 0$  سطح وضعیت باثبات فرآیند بهره‌وری کل عوامل تولید،  $0 < \rho_a < 1$  پارامتر ماندگاری خودتوضیح مرتبه اول و  $\varepsilon_t^a$  انحراف معیار بهره‌وری کل عوامل تولید هستند. حداقل‌سازی هزینه بنگاه نسبت به تابع تولید، تقاضای کار و هزینه نهایی حقیقی را نتیجه می‌دهد:

$$w_t / r_t^k = \left\{ \frac{(1-\alpha)/\alpha}{1-\alpha} \right\} K_t / N_t^{1-\alpha} \left( S_t \cdot r_t^k / \alpha \right)^\alpha \quad (۱۹)$$

$$m_c t = \left( 1 / A_t \right) \left( w_t / (1-\alpha) \right) \left( S_t \cdot r_t^k / \alpha \right)^\alpha \quad (۲۰)$$

در رابطه ۲۰،  $m_c t$  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 براساس تورم دوره گذشته با استفاده از پارامتر  $\gamma_p \in [0, 1]$  شاخص‌بندی می‌کنند. با حداکثرسازی ارزش تنزیل یافته سود بنگاه، معادله منحنی فیلپس تلفیقی کینزی

$$\hat{\pi}_t = \left[ \gamma_p / (1 + \beta \gamma_p) \right] \hat{\pi}_{t-1} + \left[ \beta / (1 + \beta \gamma_p) \right] \hat{\pi}_{t+1} + \left[ (1 - \theta)(1 - \beta \theta) / \theta(1 + \beta \gamma_p) \right] (\widehat{mc}_t) \quad (21)$$

جدید به صورت خطی استخراج می شود:

### ۳-۳. بخش خارجی

در الگوی طراحی شده، صادرات تنها شامل صادرات نفت است. فرض بر این است که درآمدهای حاصل از صادرات نفت از یک فرآیند خودتوضیح مرتبه اول پیروی می کند:

$$\ln \left( \frac{O_t}{\bar{O}} \right) = \rho_o \ln \left( \frac{O_{t-1}}{\bar{O}} \right) + \varepsilon_t^o, \quad \varepsilon_t^o \sim N(0, \sigma_o^2) \quad (22)$$

در رابطه ۲۲،  $O_t$  درآمد نفت در دوره  $t$  و  $\bar{O}$  درآمد حقیقی حاصل از فروش نفت در شرایط پایدار،  $0 < \rho_o < 1$  پارامتر ماندگاری خودتوضیح مرتبه اول و  $\varepsilon_t^o$  انحراف معیار درآمدهای نفتی است. رابطه تراز پرداخت ها (حقیقی) به صورت ذیل است:

$$re_t \cdot fr_t = \left( re_t \cdot fr_{t-1} / \pi_t^f \right) + re_t \cdot \omega \cdot O_t \quad (23)$$

که در آن،  $fr_t$  خالص ذخایر خارجی حقیقی بانک مرکزی،  $re_t$  نرخ ارز حقیقی،  $\omega$  سهمی از درآمدهای نفتی است که دولت به صورت مستقیم به بانک مرکزی می فروشد و  $\pi_t^f$  سطح تورم خارجی است که از یک فرآیند خودتوضیح مرتبه اول پیروی می کند.

### ۳-۴. دولت و بانک مرکزی

دولت مخارج خود را از محل درآمدهای نفتی، مالیات، انتشار اوراق شرکت و خلق پول تأمین مالی می کند. قید بودجه پویای دولت به صورت ذیل معرفی می شود:

$$P_t G_t + R_{t-1}^b B_{t-1} + R_{t-1}^d DC_{t-1} = P_t Tax_t + EX_t \cdot \omega \cdot O_t + (DA_t - DA_{t-1}) + B_t + DC_t \quad (24)$$

که در آن،  $Tax_t$  درآمدهای مالیاتی دولت،  $B_t$  اوراق مشارکت،  $DA_t$  خلق پول داخلی،  $G_t$  مخارج دولت،  $\omega$  میزان فروش مستقیم درآمدهای حاصل از فروش نفت توسط دولت به بانک مرکزی است. رابطه ۲۵ محدودیت بودجه دولت به صورت حقیقی است:

$$G_t + R_{t-1}^b b_{t-1} / \pi_t + R_{t-1}^d dc_{t-1} / \pi_t = Tax_t + re_t \cdot \omega \cdot O_t + (da_t - da_{t-1}) + b_t + dc_t \quad (25)$$

فرض بر این است که مخارج دولت از یک فرآیند خودتوضیح مرتبه اول تبعیت می کنند:

$$\ln \left( \frac{G_t}{\bar{G}} \right) = \rho_g \ln \left( \frac{G_{t-1}}{\bar{G}} \right) + \varepsilon_t^g, \quad \varepsilon_t^g \sim N(0, \sigma_g^2) \quad (26)$$

در رابطه ۲۶،  $\bar{G}$  مقدار شرایط پایدار مخارج دولت،  $\rho_g$  پارامتر ماندگاری خودتوضیح مرتبه اول و  $\varepsilon_t^g$  انحراف معیار مخارج دولت هستند. خلق پول داخلی از فرآیند ذیل پیروی می کند:

$$da_t = \left( da_{t-1} / \pi_t \right) + (1 - \omega) re_t \cdot O_t \quad (27)$$

فرض بر این است که مالیات ها  $Tax_t$  دارای دو جزء قطعی و تصادفی هستند؛ جزء قطعی، مالیات بر درآمد بنگاه ها  $T_t^f$  است و جزء تصادفی سایر درآمدهایی  $T_t^x$  است که در یک دوره زمانی به حساب دولت واریز می شود.

$$Tax_t = T_t^f + T_t^x \quad (28)$$

مالیات بر درآمد بنگاه ها به صورت درصدی از درآمد فروش آن ها محاسبه می شود:

$$T_t^f = tr \cdot Y_t \quad (29)$$

در رابطه ۲۹،  $tr$  نرخ مالیات بر درآمد است و جز تصادفی  $T_t^x$  از یک فرآیند خودتوضیح مرتبه اول پیروی می کند:

$$\ln \left( \frac{T_t^x}{\bar{T}^x} \right) = \rho_{tx} \ln \left( \frac{T_{t-1}^x}{\bar{T}^x} \right) + \varepsilon_t^{tx}, \quad \varepsilon_t^{tx} \sim N(0, \sigma_{tx}^2) \quad (30)$$

در رابطه ۳۰،  $T_t^x$  درآمد مالیاتی (تصادفی) در دوره  $t$  و  $\bar{T}^x$  درآمد حقیقی مالیات در وضعیت پایدار،  $0 < \rho_{tx} < 1$  پارامتر ماندگاری خودتوضیح مرتبه اول و  $\varepsilon_t^{tx}$  انحراف معیار درآمدهای مالیاتی است. ترازنامه بانک مرکزی به صورت رابطه ذیل معرفی می شود:

$$M_t + DC_t = DA_t + EX_t \cdot FR_t \quad (31)$$

در رابطه ۳۱،  $DA_t$  اعتبارات داخلی و  $FR_t$  ذخایر خارجی و  $EX_t$  نرخ ارز اسمی است. فرض بر این است که بانک‌ها نیز در تملک دولت هستند. بنابراین، خالص بدهی دولت به بانک مرکزی، خالص بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی را نیز شامل می‌شود. با استفاده از شاخص قیمت‌ها رابطه ۳۱ به صورت حقیقی بازنویسی شده است:

$$m_t + dc_t = da + re_t \cdot fr_t \quad (32)$$

بانک مرکزی عرضه حقیقی پول را در هر دوره با نرخ رشد  $\gamma$  مدیریت می‌کند:

$$\gamma_t = \frac{M_t/P_t}{M_{t-1}/P_t} = \frac{M_t/P_t}{M_{t-1}/P_{t-1}} \cdot \frac{P_t}{P_{t-1}} = \frac{m_t}{m_{t-1}} \cdot \pi_t \quad (33)$$

در این راستا، بانک مرکزی قاعده ذیل را برای نرخ رشد  $\gamma$  اتخاذ می‌کند:

$$\frac{\gamma_t}{\bar{\gamma}} = \left(\frac{\gamma_{t-1}}{\bar{\gamma}}\right)^{\rho_\gamma} \left[\left(\frac{\pi_{t-1}}{\bar{\pi}}\right)^{\lambda^\pi} \left(\frac{GDP_{t-1}}{GDP}\right)^{\lambda^g}\right] Sm_t, \quad (34)$$

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

$$dc_t = \rho_{dc} dc_{t-1} + (1 - \rho_{dc}) [\phi_d \cdot Sd_t \cdot GDP_{ss}] \quad (35)$$

در رابطه ۳۵،  $\rho_{dc}$  پارامتر ماندگاری (هموارسازی) عرضه ارز دیجیتال بانک مرکزی،  $\phi_d \cdot GDP_{ss}$  مقدار باثبات ارز دیجیتال بانک مرکزی و  $Sd_t$  تکانه سیاست انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی است.

### ۳-۵. قید تسویه بازارها

محدودیت تسویه بازارها توسط رابطه زیر ارائه می‌شود:

$$Y_t + re_t \cdot O_t = C_t + I_t + G_t \quad (36)$$

در رابطه ۳۶، مجموع تولید کالای نهایی غیرنفتی  $Y_t$  و درآمدهای نفتی  $re_t \cdot O_t$  به مصرف نهایی خانوارها  $C_t$ ، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی  $I_t$  و مخارج دولتی  $G_t$  تخصیص می‌یابد.

## ۴. برآورد الگو و تجزیه و تحلیل یافته‌ها

### ۴-۱. برآورد الگو

پارامترهای الگو، با استفاده از رویکرد بیزین و الگوریتم گام تصادفی متروپولیس-هستینگز<sup>۱</sup> برآورد شده است. در این راستا، از داده‌های متغیرهای قابل مشاهده الگو شامل داده‌های تعدیل شده فصلی تولید ناخالص داخلی با و بدون نفت، مخارج مصرفی، مخارج سرمایه‌گذاری، مخارج دولت، ذخایر خارجی بانک مرکزی، شاخص قیمت مصرف‌کننده و نرخ رشد پول در دوره ۱۳۸۳:۰۱-۱۴۰۱:۰۲ استفاده شده است. نتایج حاصل از برآورد بیزین پارامترها در جدول (۱) آمده است:

جدول ۱: برآورد پارامترهای الگو

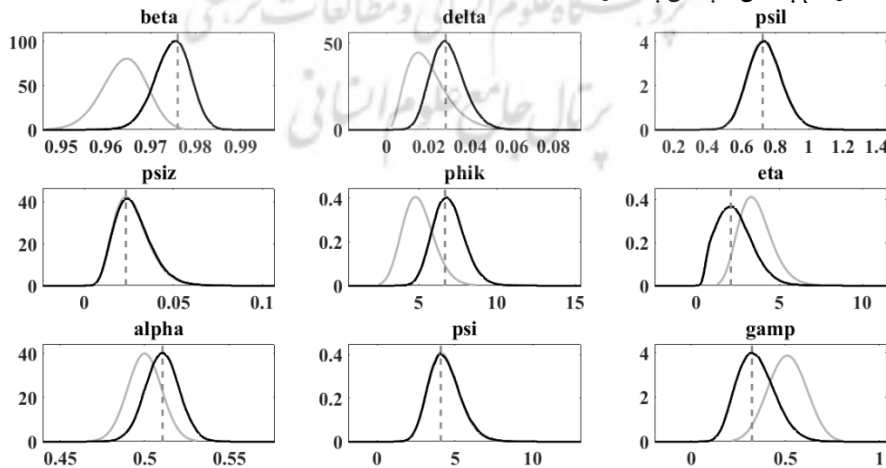
پارامتر	توضیحات	توزیع پیشین	میانگین پیشین	میانگین پسین	فاصله اطمینان ۹۵%
$\beta$	نرخ تنزیل	بتا	۹۶۴/۰	۹۷۴/۰	۰/۹۶۶ [۰/۹۸۲]
$\delta$	نرخ استهلاک	بتا	۰۲/۰	۰۲۹/۰	۰/۰۱۴ [۰/۰۴۵]
$\psi_l$	وزن فراغت در تابع مطلوبیت	گاما	۷۴/۰	۷۴۰۵/۰	۰/۰۵۵ [۰/۹۴]
$\psi_z$	وزن خدمات نقدینگی در تابع مطلوبیت	گاما	۰۲۷/۰	۰۲۷۳/۰	۰/۰۰۹ [۰/۰۴]
$\phi_k$	پارامتر هزینه تعدیل سرمایه	گاما	۵	۹۱/۶	۰/۰۳ [۵/۸۶]

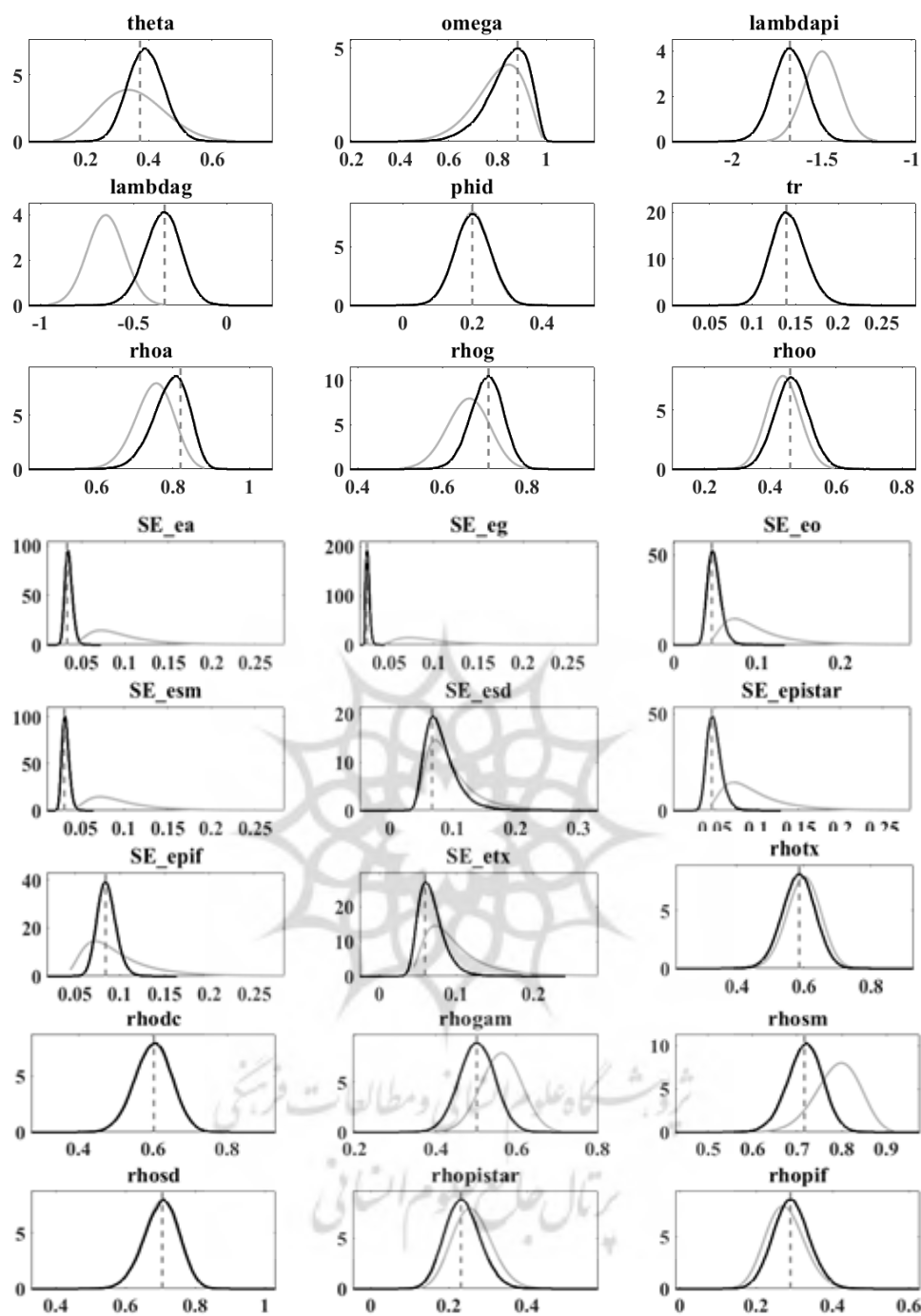
1. Random Walk Metropolis-Hastings algorithm.

$]\frac{31}{4}, \frac{47}{0}[$	$\frac{31}{2}$	$\frac{58}{3}$	گاما	کشش جانشینی بین اشکال مختلف پول	$\eta$
$]\frac{52}{0}, \frac{49}{0}[$	$\frac{51}{0}$	$\frac{5}{0}$	بتا	سهم سرمایه در تولید	$\alpha$
$]\frac{38}{6}, \frac{6}{42}[$	$\frac{34}{4}$	$\frac{33}{4}$	گاما	کشش جانشینی بین کالاهای واسطه‌ای	$\psi$
$]\frac{54}{0}, \frac{16}{0}[$	$\frac{34}{0}$	$\frac{0}{51}$	بتا	شاخص بندی قیمت	$\gamma_p$
$]\frac{50}{2}, \frac{28}{0}[$	$\frac{39}{0}$	$\frac{25}{0}$	بتا	احتمال عدم تغییر قیمت	$\theta$
$]\frac{97}{0}, \frac{67}{0}[$	$\frac{83}{0}$	$\frac{8}{0}$	بتا	میزان فروش درآمدهای نفتی به بانک مرکزی	$\omega$
$]\frac{48}{-1}, \frac{86}{-1}[$	$\frac{67}{-1}$	$\frac{5}{-1}$	نرمال	اهمیت تورم در تابع عکس العمل بانک مرکزی	$\lambda^\pi$
$]\frac{15}{-1}, \frac{53}{-1}[$	$\frac{34}{-1}$	$\frac{65}{-1}$	نرمال	اهمیت تولید در تابع عکس العمل بانک مرکزی	$\lambda^g$
$]\frac{29}{0}, \frac{10}{10}[$	$\frac{19}{0}$	$\frac{2}{0}$	بتا	انتشار CBDC (درصد از GDP)	$\phi_d$
$]\frac{181}{0}, \frac{10}{20}[$	$\frac{142}{0}$	$\frac{142}{0}$	بتا	نرخ مالیات بر درآمد	$tr$
$]\frac{87}{0}, \frac{7}{0}[$	$\frac{0}{79}$	$\frac{0}{75}$	بتا	ضریب فرآیند خود توضیح بهره‌وری	$\rho_a$
$]\frac{77}{0}, \frac{63}{0}[$	$\frac{70}{30}$	$\frac{66}{0}$	بتا	ضریب فرآیند خود توضیح مخارج دولت	$\rho_g$
$]\frac{0}{56}, \frac{0}{26}[$	$\frac{0}{46}$	$\frac{0}{44}$	بتا	ضریب فرآیند خود توضیح درآمدهای نفتی	$\rho_o$
$]\frac{69}{0}, \frac{50}{40}[$	$\frac{0}{601}$	$\frac{0}{6}$	بتا	ضریب فرآیند خود توضیح CBDC	$\rho_{dc}$
$]\frac{58}{0}, \frac{45}{0}[$	$\frac{0}{501}$	$\frac{0}{562}$	بتا	ضریب فرآیند خود توضیح رشد پول	$\rho_\gamma$
$]\frac{79}{0}, \frac{63}{0}[$	$\frac{0}{71}$	$\frac{0}{79}$	بتا	ضریب فرآیند خود توضیح تکانه سیاست پولی	$\rho_{sm}$
$]\frac{79}{0}, \frac{60}{10}[$	$\frac{0}{702}$	$\frac{0}{7}$	بتا	ضریب فرآیند خود توضیح تکانه عرضه CBDC	$\rho_{sd}$
$]\frac{0}{23}, \frac{14}{0}[$	$\frac{0}{23}$	$\frac{0}{26}$	بتا	ضریب فرآیند خود توضیح تورم هدف	$\rho_{\pi^*}$
$]\frac{38}{0}, \frac{20}{10}[$	$\frac{0}{29}$	$\frac{0}{27}$	بتا	ضریب فرآیند خود توضیح تورم خارجی	$\rho_{\pi^f}$
$]\frac{67}{0}, \frac{48}{0}[$	$\frac{0}{58}$	$\frac{0}{6}$	بتا	ضریب فرآیند خود توضیح مالیات	$\rho_{tx}$
$]\frac{0}{44}, \frac{0}{27}[$	$\frac{0}{35}$	$\frac{0}{1}$	معکوس گاما	خطای استاندارد تکانه بهره‌وری	$\varepsilon_t^a$
$]\frac{0}{29}, \frac{0}{22}[$	$\frac{0}{26}$	$\frac{0}{1}$	معکوس گاما	خطای استاندارد تکانه مخارج دولت	$\varepsilon_t^g$
$]\frac{0}{64}, \frac{0}{33}[$	$\frac{0}{48}$	$\frac{0}{1}$	معکوس گاما	خطای استاندارد تکانه درآمدهای نفتی	$\varepsilon_t^o$
$]\frac{0}{41}, \frac{0}{25}[$	$\frac{0}{33}$	$\frac{0}{1}$	معکوس گاما	خطای استاندارد تکانه سیاست پولی	$\varepsilon_t^{sm}$
$]\frac{13}{0}, \frac{0}{41}[$	$\frac{0}{81}$	$\frac{0}{1}$	معکوس گاما	خطای استاندارد تکانه عرضه CBDC	$\varepsilon_t^{sd}$
$]\frac{0}{66}, \frac{0}{33}[$	$\frac{0}{49}$	$\frac{0}{1}$	معکوس گاما	خطای استاندارد تکانه تورم هدف	$\varepsilon_t^{\pi^*}$
$]\frac{10}{5}, \frac{0}{65}[$	$\frac{0}{85}$	$\frac{0}{1}$	معکوس گاما	خطای استاندارد تکانه تورم خارجی	$\varepsilon_t^{\pi^f}$
$]\frac{10}{1}, \frac{0}{39}[$	$\frac{0}{67}$	$\frac{0}{1}$	معکوس گاما	خطای استاندارد تکانه مالیات	$\varepsilon_t^{tx}$

منبع: یافته‌های پژوهش

شکل (۱) نشان دهنده توزیع پیشین و پسین پارامترهاست.



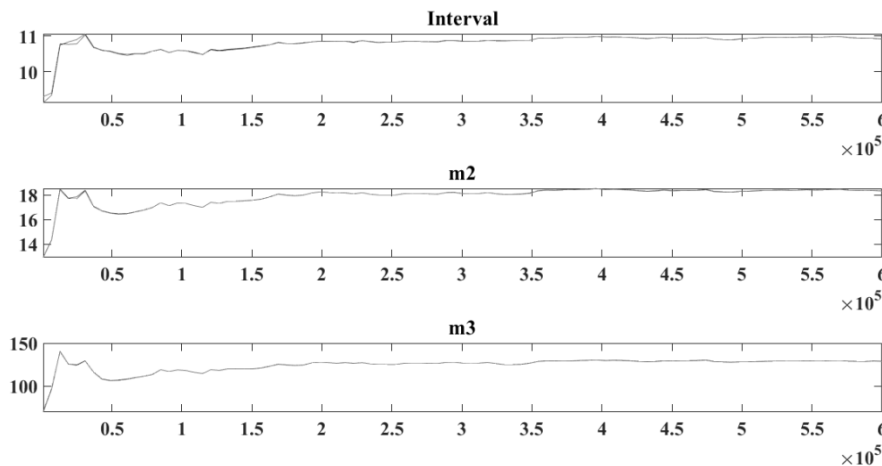


شکل ۱: توزیع‌های پیشین و پسین پارامترهای الگو

منبع: یافته‌های پژوهش

در شکل (۲)، آزمون تشخیصی زنجیره مارکوف-مونت کارلو<sup>۱</sup> بروکز و گلمن<sup>۲</sup> (۱۹۸۹) نشان‌دهنده همگرایی واریانس درون نمونه‌ای و بین نمونه‌ای پارامترهاست؛ بنابراین برآورد پارامترها مناسب بوده و قابل اتکا هستند.

1. Monte Carlo Markov Chain (MCMC).  
2. Brooks, & Gelman.

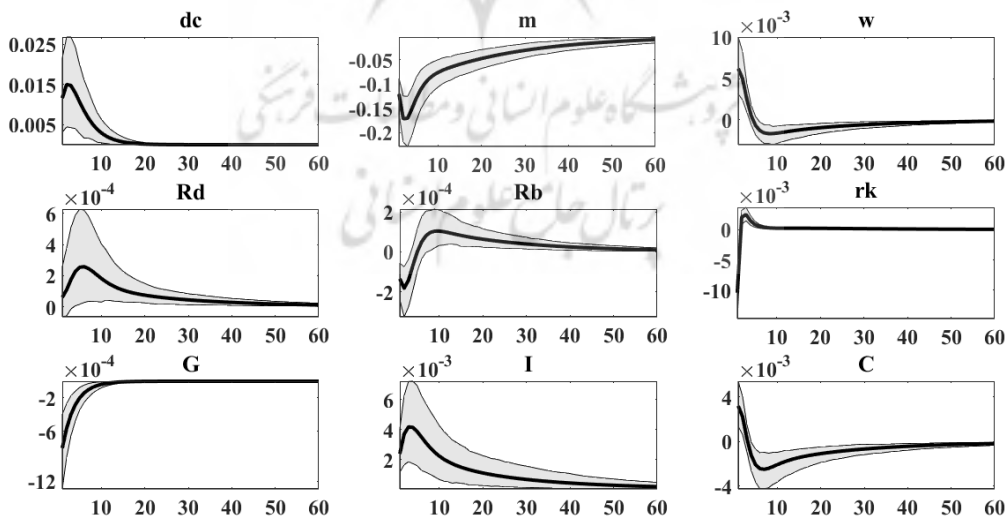


شکل ۲: آزمون تشخیصی چند متغیره بروکز و گلמן

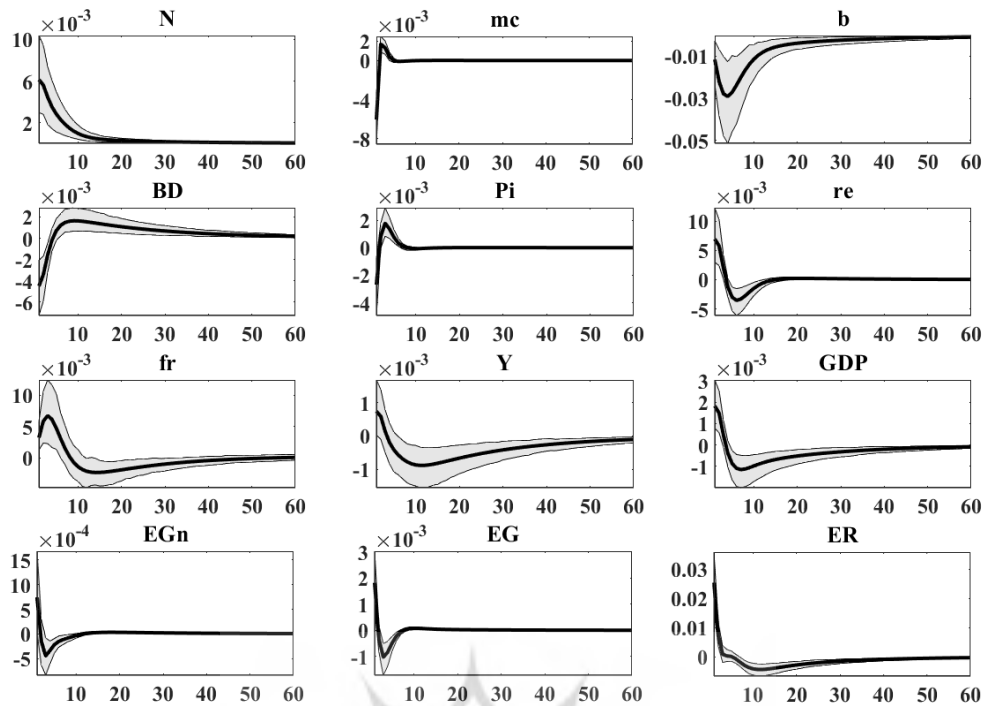
منبع: یافته‌های پژوهش

۲-۴. توابع ضربه-پاسخ به تکانه‌های انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی

در شکل (۳) نحوه اثرگذاری تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی بر متغیرهای کلان اقتصاد ایران ارائه شده است. برای تحریک تقاضای خانوار برای CBDC، نرخ بهره مرتبط با آن افزایش یافته است. افزایش تقاضای CBDC به کاهش تقاضای پول، اوراق مشارکت و متعاقب آن نرخ بهره اسمی منجر شده است. نظر به کاهش هزینه مبادله، مخارج مصرفی و سرمایه‌گذاری خانوار افزایش و مخارج دولت کاهش یافته است. ازسوی دیگر، ویژگی قابلیت ردیابی CBDC به افزایش شفافیت اقتصاد، افزایش تولید ناخالص داخلی و رشد اقتصادی از طریق کاهش نرخ بهره حقیقی منجر شده است. با توجه به کاهش تورم، نرخ ارز حقیقی و ذخایر خارجی بانک مرکزی افزایش یافته است. کاهش نسبت کسری بودجه دولت به GDP و تورم، و همچنین، افزایش ذخایر خارجی بانک مرکزی، افزایش تاب‌آوری اقتصاد (ER) را به همراه داشته است.







شکل ۳: توابع ضربه - پاسخ متغیرهای الگو نسبت به تکانه انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی

منبع: یافته‌های پژوهش

##### ۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادهای پژوهش

شتاب گرفتن دیجیتالی شدن اقتصاد از یک سو، و از سوی دیگر همه‌گیری کووید-۱۹ موجب افزایش درخواست‌ها برای توسعه روش‌های پرداخت بدون تماس مانند CBDC شده است. بنابراین، اکثر بانک‌های مرکزی در حال مطالعه نحوه و میزان انتشار CBDC هستند؛ اما برای نیل به آثار مثبت انتشار ارز دیجیتال بانک مرکزی، پیاده‌سازی اصولی و صحیح آن از اهمیت چشمگیری برخوردار است و تنها در این صورت است که CBDC می‌تواند با افزایش شفافیت در اقتصاد و کارایی نظام پرداخت‌ها، تاب‌آوری اقتصاد را افزایش دهد. نظر به اهمیت این موضوع، انگیزه اصلی پژوهش حاضر، درک اثر گسترش ارز دیجیتال بانک مرکزی بر تاب‌آوری اقتصاد ایران با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی است. پارامترهای الگو، با استفاده از رویکرد بیزین و الگوریتم گام تصادفی متروپولیس-هستینگز برآورد شده است.

در این راستا، از داده‌های متغیرهای قابل مشاهده الگو شامل داده‌های تعدیل‌شده فصلی تولید ناخالص داخلی با و بدون نفت، مخارج مصرفی، مخارج سرمایه‌گذاری، مخارج دولت، ذخایر خارجی بانک مرکزی، شاخص قیمت مصرف‌کننده و نرخ رشد پول در دوره ۱۳۸۳:۰۱-۱۴۰۱:۰۲ استفاده شده است. نتایج آزمون تشخیصی زنجیره مارکوف-مونت کارلو بروکز و گلמן (۱۹۸۹) نشان می‌دهد برآورد پارامترها مناسب بوده و قابل اتکا هستند. نتایج نشان می‌دهد افزایش انتشار CBDC، موجب افزایش نرخ بهره  $R^d$  و کاهش نرخ بهره حقیقی  $r^k$  می‌شود که کاهش تقاضا برای پول نقد، و افزایش تولید ناخالص داخلی، ساعات اشتغال و رشد اقتصادی را به همراه دارد. این بخش از نتایج پژوهش حاضر، با نتایج مطالعه ورشوساز و همکاران (۱۳۹۹) و سکوتی و همکاران (۱۴۰۱) هماهنگ و مشابه است. افزایش تولید به کاهش تورم و افزایش نرخ ارز حقیقی و ذخایر خارجی بانک مرکزی منجر می‌شود. این بخش از نتایج مقاله، با نتایج مطالعه باردیر و کمهوف (۲۰۲۲) هماهنگ و مشابه است. همچنین، نظر به افزایش شفافیت در اقتصاد و کاهش هزینه مبادله، مخارج مصرفی، مخارج سرمایه‌گذاری افزایش یافتند و مخارج دولت و نسبت کسری بودجه دولت به GDP کاهش یافته است.

در این پژوهش به پیروی از بریگوگلیو و گالیا (۲۰۰۳) و فاروژیا (۲۰۰۷)، از مؤلفه‌های ذخایر خارجی بانک مرکزی  $re_t$ ،  $ft_t$ ، نسبت کسری بودجه دولت به تولید ناخالص داخلی  $BD_t/GDP_t$  و تورم  $\pi_t$  جهت تحلیل تاب‌آوری اقتصادی  $ER_t$  استفاده شد:

$$ER_t = re_t \cdot fr_t - \frac{BD_t}{GDP_t} - \pi_t$$

$$BD_t = G_t - Tax_t$$

کاهش تورم و نسبت کسری بودجه دولت به GDP، و ازسوی دیگر، افزایش ذخایر خارجی بانک مرکزی به افزایش تاب‌آوری اقتصادی منجر شده است. با توجه به نتایج برآورد الگو، پیشنهاد می‌شود که دولت به‌عنوان مقام پولی، با انتشار CBDC، مخارج خود را مدیریت کرده و از این طریق کسری بودجه کاهش یابد. ازسوی دیگر، با انتشار این نوع ارز و افزایش شفافیت در اقتصاد، به‌عنوان یک سیاست انبساطی، شرایط برای افزایش رشد اقتصادی و به‌دنبال آن افزایش تاب‌آوری اقتصادی مهیا خواهد شد.



## منابع

۱. دشتبانی، یاور؛ حسینی، سیدشمس‌الدین؛ معمارنژاد، عباس و محسن مهرآرا (۱۳۹۸). «اثر پرداخت‌های الکترونیکی بر سهم اسکناس و مسکوک از پول در ایران و کشورهای منتخب». *مجله اقتصاد مالی*، ۴۷(۱۳)، ۱۵۵-۱۷۴.  
<https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/1523841>
۲. سکوتی، شهریار؛ دیزجی، منیره؛ پایتختی اسکوئی، سیدعلی و رقیه حسن‌زاده (۱۴۰۱). «تأثیر ارزش دیجیتال بر رشد اقتصادی در کشورهای منتخب جهان». *مجله اقتصاد کاربردی*، ۱۲(۴۰)، ۳۹-۵۰.  
<https://doi.org/10.30495/jae.2022.66593.1411>
۳. گلدوست، محمدجلال؛ نجفی‌زاده، سیدعباس؛ فخرحسینی، سیدفخرالدین و احمد سرلک (۱۳۹۸). «تاب‌آوری متغیرهای اقتصاد کلان ایران در برابر شوک سیاست پولی و ارزی در مدل DSGE». *فصلنامه علمی نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۶(۲)، ۱-۲۸.  
[https://ecoj.tabrizu.ac.ir/article\\_9127.html](https://ecoj.tabrizu.ac.ir/article_9127.html)
۴. ورشوساز، بهناز؛ حسینی، سیدشمس‌الدین؛ غفاری، فرهاد و عباس معمارنژاد (۱۳۹۹). «اثر گسترش پول‌های مجازی (بیت کوین) بر تقاضای پول رسمی ایران در قالب مدل CIA». *مجله پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۲۸(۹۶)، ۴۱۵-۴۴۸.  
<https://doi.org/10.52547/qjerp.28.96.415>
5. Adrian, T., & Mancini-Griffoli, T. (2021). The Rise of Digital Money. *Annual Review of Financial Economics*, 13(1), 1-16.  
<https://doi.org/10.1146/annurev-financial-101620-063859>
6. Agarwal, J. D., Agarwal, M., Agarwal, A., & Agarwal, Y. (2021). Economics of Cryptocurrencies: Artificial Intelligence, Blockchain, and Digital Currency. In *Information for Efficient Decision Making* (pp. 331-430).  
[https://doi.org/10.1142/9789811220470\\_0013](https://doi.org/10.1142/9789811220470_0013)
7. Auer, R., & Böhme, R. (2020). The Technology of Retail Central Bank Digital Currency. *BIS Quarterly Review*, 1-16.  
<https://ssrn.com/abstract=3561198>
8. Auer, R., Cornelli, G., & Frost, J. (2020). Covid-19, cash, and the future of payments. *BIS*, 3, 1-9.  
<https://www.bis.org/publ/bisbull03.pdf>
9. Barrdear, J., & Kumhof, M. (2022). The macroeconomics of central bank digital currencies. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 142, 104-148.  
<https://doi.org/10.1016/j.jedc.2021.104148>
10. Boar, C., Holden, H., & Wadsworth, A. (2020). *Impending Arrival - a Sequel to the Survey on Central Bank Digital Currency*. (Vol. 107). Bank for International Settlements.  
<https://ideas.repec.org/b/bis/bisbps/107.html>
11. Briguglio, L., & Galea, W. (2003). Updating the economic vulnerability index.  
[https://www.researchgate.net/publication/239532719\\_Updating\\_the\\_economic\\_vulnerability\\_index](https://www.researchgate.net/publication/239532719_Updating_the_economic_vulnerability_index)
12. Brunnermeier, M. K. (2021). Central Bank Digital Currency. *Finance & Development*, 58(1), 20-32.
13. Das, M., Mancini Griffoli, T., Nakamura, F., Otten, J., Soderberg, G., Sole, J., & Tan, B. (2023). Implications of Central Bank Digital Currencies for Monetary Policy Transmission. *International Monetary Fund*.
14. Farrugia, N. (2007). Conceptual issues in constructing composite indices. *Occasional Papers on Islands and Small States*, 2, 1-41.
15. Fernández-Villaverde, J., Sanches, D., Schilling, L., & Uhlig, H. (2021). Central bank digital currency: Central

- banking for all? *Review of Economic Dynamics*, 41, 225-242.  
<https://doi.org/10.1016/j.red.2020.12.004>.
16. Ferrari Minesso, M., Mehl, A., & Stracca, L. (2022). Central bank digital currency in an open economy. *Journal of Monetary Economics*, 127, 54-68. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2022.02.001>.
17. Krylov, G., Lisitsyn, A., & Polyakov, L. (2018). COMPARATIVE ANALYSIS OF VOLATILITY OF CRYPTOCURRENCIES AND FIAT MONEY. *Finance: Theory and Practice*, 22, 66-89.  
<https://doi.org/10.26794/2587-5671-2018-22-2-66-89>.
18. Laboure, M., H.-P. Müller, M., Heinz, G., Singh, S., & Köhling, S. (2021). Cryptocurrencies and CBDC: The Route Ahead. *Global Policy*, 12(5), 663-676.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1758-5899.13017>.
19. Rivera Moreno, P. N., & Triana Montaña, K. L. (2022). Central Bank Digital Currency in a Developing Economy: A Dynamic Stochastic General Equilibrium Analysis.
20. Tong, W., & Jiayou, C. (2021). A study of the economic impact of Central Bank Digital Currency under global competition. *China Economic Journal*, 14, 1-24.  
<https://doi.org/10.1080/17538963.2020.1870282>.
21. Tronnier, F. (2021, 2021). Privacy in Payment in the Age of Central Bank Digital Currency. *Privacy and Identity Management*, Cham.
22. Yao, Q. (2018b). A systematic framework to understand central bank digital currency. *Science China Information Sciences*, 61(3), 033101.  
<https://doi.org/10.1007/s11432-017-9294-5>
23. Zams, B. M., Indrastuti, R., Pangersa, A. G., Hasniawati, N. A., Zahra, F. A., & Fauziah, I. A. (2020). DESIGNING CENTRAL BANK DIGITAL CURRENCY FOR INDONESIA: THE DELPHI-ANALYTIC NETWORK PROCESS. *Bulletin of Monetary Economics and Banking*, 23(3).  
<https://doi.org/10.21098/bemp.v23i3.1351>.