



A System Dynamics-Based Model for Sustainability in the Digital Banking Industry

Mohsen Keramatpanah 

PHD student in Industrial Management,
Department of Industrial Management, Faculty
of Management and Accounting, Allameh
Tabataba'i University, Tehran, Iran

**Mohammad Taghi
Taghavifard** *

Professor, Department of Operations
Management and Information Technology,
Faculty of Management and Accounting,
Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Maghsoud Amiri 

Professor, Department of Operations
Management and Information Technology,
Faculty of Management and Accounting,
Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Mehdi Shamizanjani 

Professor, Department of IT Management,
Faculty of IT Management, University of
Tehran, Tehran, Iran

Abstract

With the expansion of digital technologies and fundamental changes in the financial services ecosystem, the banking industry is facing new challenges on the path toward sustainable development. In this regard, the present study aims to propose a model for achieving sustainability in digital banking within Iran's private banking sector. To this end, key variables were initially identified through a review of the relevant literature and subsequently validated using the fuzzy Delphi method with input from subject matter experts. To analyze the relationships among the variables and determine their systemic structure, Interpretive Structural Modeling (ISM) was employed. Subsequently, a comprehensive digital banking sustainability model was developed and simulated using a system dynamics approach and related software

* Corresponding Author: dr.taghavifard@gmail.com

How to Cite: Keramatpanah, M., Taghavifard, M. T., Amiri, M., Shamizanjani, M. (2025). A System Dynamics-Based Model for Sustainability in the Digital Banking Industry, *Industrial Management Studies*, 22(75), 113-173.

tools. The results of the model analysis indicate that the development of technological infrastructure, enhancement of information security, improvement of customer experience, effective collaboration with regulatory bodies, and standardization of digital processes are key drivers in realizing sustainability in digital banking. Scenario analysis further reveals that simultaneous improvement of these components, by reinforcing positive feedback loops, can lead to sustainable growth and lasting competitive advantage for private banks. In this context, attention to sustainability requirements in digital banking and the development of related models can contribute to reducing operational costs in the banking network, optimizing energy consumption, increasing financial inclusion, and delivering more efficient services, thereby facilitating sustainable development. The primary contribution of this study is the development of an analytical and practical framework based on system dynamics modeling, which can support private banks in formulating strategies for sustainable digital transformation and serve as a roadmap for improving their economic, social, and environmental performance. The findings of this research can assist policymakers, banking executives, and researchers in the digital banking domain to better understand the factors influencing sustainability and to design effective interventions.

Introduction

As the banking industry experiences rapid digitalization driven by emerging technologies and evolving customer expectations, the necessity of aligning digital transformation with sustainability imperatives has become increasingly evident. This shift transcends traditional financial performance and calls for banking institutions to engage with social and environmental responsibilities while sustaining innovation. Particularly in developing economies such as Iran, the dual challenge of digital modernization and sustainable development presents a unique strategic frontier. In response to these dynamics, the present study proposes a comprehensive and dynamic model of sustainable digital banking, focusing on the private banking sector in Iran.

Research Background

While digitalization and sustainability have been widely studied, there exists a significant gap in integrated models that account for the

systemic interactions between the two domains. The prevailing literature tends to analyze digital banking from a technological perspective, often overlooking its environmental and social consequences (Del Carmen, 2022; Migliorelli & Dessertine, 2023). Similarly, sustainability-focused frameworks rarely include the disruptive potential of digital technologies such as blockchain, artificial intelligence (AI), and mobile banking. Some studies have suggested the relevance of digital sustainability in areas like waste reduction, financial inclusion, and eco-efficiency (Castro et al., 2021; Di Vaio et al., 2021), yet empirical applications remain sparse. By building on these foundations, this research aims to bridge conceptual and practical gaps by designing a policy-oriented, simulation-based model grounded in a system thinking approach.

Materials and Methods

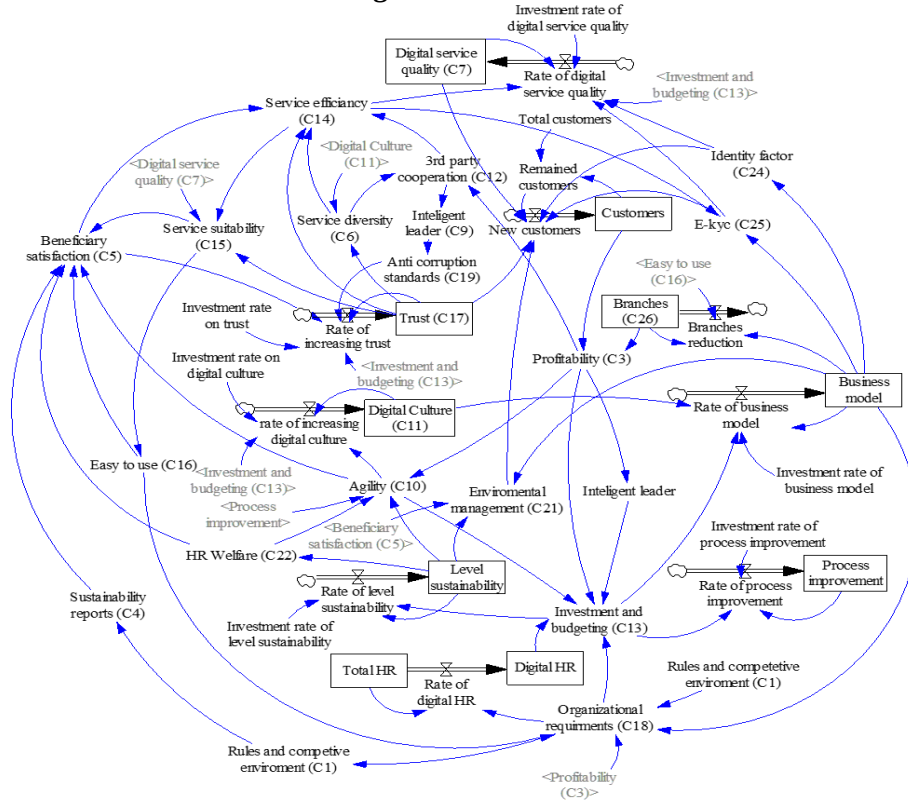
This study adopted a hybrid methodology by integrating three complementary techniques—Fuzzy Delphi, Interpretive Structural Modeling (ISM), and System Dynamics (SD). Initially, a structured literature review spanning 2016 to 2023 was conducted using scholarly databases such as Scopus and Google Scholar. This led to the identification of 26 preliminary variables, which were refined and validated through expert consensus using the Fuzzy Delphi method. Experts were selected based on their experience in digital transformation initiatives and their roles in IT, innovation, or strategic planning within private banks. The Delphi rounds applied fuzzy logic to quantify agreement levels, ensuring rigor in variable selection. To structure the relationships among the validated variables, ISM was employed. This method facilitated the construction of a hierarchical framework to determine which variables serve as inputs, intermediaries, and outputs in the sustainability process. The final phase involved constructing a system dynamics model with feedback loops and flow diagrams to simulate the behavior of key sustainability indicators over time and under different scenarios. The sustainability model incorporated variables reflecting organizational, technological, social, and environmental dimensions. These include elements such as process improvement, trust, profitability, service quality, digital culture, smart leadership, electronic KYC, stakeholder satisfaction, employee welfare, and business model adaptability. By embedding these interconnected elements into the system structure, the model is

designed to capture the complexity of digital sustainability transitions in a banking context.

Data Analysis and Findings

The system dynamics model as shown in Figure (1) was simulated across multiple scenarios to understand how different policy strategies would influence long-term outcomes. The simulation process ensured that model behavior aligned with historical data and logical expectations. Scenario analysis provided valuable insights into how banks can prioritize investments and strategic decisions to balance economic growth with sustainability. For instance, increasing investment in digital infrastructure and employee training led to noticeable gains in trust, customer acquisition, and organizational resilience. Similarly, enhancing authentication systems and E-KYC protocols improved operational efficiency while supporting environmental and social performance through reduced paperwork and increased accessibility. Findings confirmed that sustainability in digital banking is best achieved through a synergistic approach that combines internal cultural transformation with technological innovation and regulatory collaboration. Variables such as digital culture, smart leadership, and business model flexibility played a central role in facilitating systemic resilience. The results emphasize that merely focusing on digital upgrades is insufficient without aligning human capital and governance frameworks with sustainability objectives. Scenario comparisons further revealed that a balanced investment strategy targeting both operational excellence and environmental awareness yields the most robust outcomes.

Figure 1:SD model



Conclusion

The results of this research highlight the imperative for private banks in Iran and similar emerging markets to adopt integrated strategies that harmonize digital transformation with sustainability goals. This study makes a significant contribution by constructing and validating a system dynamics model that incorporates 26 interdependent variables derived from theory and practice, offering a holistic view of the sustainability landscape in digital banking. The model is unique in that it not only captures the technological enablers of sustainable banking but also embeds social and environmental dimensions, reflecting the true complexity of this transformation. The integration of Fuzzy Delphi and ISM methods with SD modeling allows for both structural clarity and dynamic simulation, enabling banks to test and adjust strategies before implementation. By embedding feedback loops and behavioral equations, the model delivers actionable insights into how

various factors—such as trust, service quality, organizational agility, and stakeholder alignment—can collectively drive sustainability in the digital era. This comprehensive approach moves beyond linear planning, providing a real-time decision-making tool for managers, regulators, and researchers alike.

- **Further Research Ideas**

Future research can extend the current model by integrating real-time behavioral data through machine learning algorithms or agent-based modeling, offering more granular and predictive insights. Comparative studies across multiple banking systems or geographic regions would also enhance generalizability. In addition, introducing ESG indicators and green finance parameters could further enrich the environmental scope of the model. Finally, longitudinal studies using historical banking data can help validate the dynamic behavior of the system across different economic cycles.

- **Managerial Suggestions**

From a managerial perspective, several strategic recommendations emerge. First, banks should prioritize long-term investment in digital literacy and workforce development to foster a resilient culture aligned with sustainability values. Second, integrating advanced E-KYC and biometric verification tools can enhance customer trust and operational transparency. Third, collaborative governance involving fintechs, third parties, and regulatory bodies is essential for ecosystem resilience. Fourth, it is crucial to continuously monitor and update business models to reflect technological, societal, and environmental shifts. Finally, the adoption of sustainability-oriented performance metrics should be institutionalized to ensure that growth and digitalization are guided by ethical and ecological responsibility.

Keywords: Digital Transformation, Digital Banking, Sustainability, System Dynamics, Policy Making.



مدلی مبتنی بر پویایی سیستم برای پایداری در صنعت بانکداری دیجیتال

- دانشجوی دکتری رشته مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی تهران، ایران *  محسن کرامت پناه
- استاد گروه مدیریت عملیات و فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران  محمدتقی تقوی فرد
- استاد گروه مدیریت عملیات و فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران  مقصود امیری
- استاد گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران  مهدی شامی زنجانی

چکیده

با گسترش فناوری‌های دیجیتال و تغییرات بنیادین در اکوسیستم خدمات مالی، صنعت بانکداری با چالش‌های جدیدی در مسیر توسعه پایدار مواجه شده است. در این راستا، پژوهش حاضر باهدف ارائه مدلی برای پایداری بانکداری دیجیتال در بانک‌های خصوصی ایران انجام شد. بدین منظور ابتدا با مرور ادبیات موضوع، متغیرهای اصلی شناسایی گردید و سپس از طریق روش دلفی فازی، تأیید نهایی متغیرها با مشارکت خبرگان صورت گرفت. به منظور تحلیل روابط میان متغیرها و تعیین ساختار سیستمی آن‌ها، از مدل‌سازی تفسیری-ساختاری استفاده شد. در ادامه، با بهره‌گیری از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم و نرم‌افزارهای مرتبط، مدل جامع پایداری بانکداری دیجیتال طراحی و شبیه‌سازی گردید. نتایج حاصل از تحلیل مدل نشان می‌دهد که توسعه زیرساخت‌های فناورانه، ارتقاء امنیت اطلاعات، بهبود تجربه مشتری، همکاری اثربخش با نهادهای رگولاتوری و استانداردسازی فرآیندهای

دیجیتال از عوامل کلیدی در تحقق پایداری در بانکداری دیجیتال محسوب می‌شوند. همچنین، تحلیل سناریوها حاکی از آن است که بهبود هم‌زمان این مؤلفه‌ها، با ایجاد تقویت در حلقه‌های بازخورد مثبت، می‌تواند منجر به رشد پایدار و مزیت رقابتی پایدار برای بانک‌های خصوصی گردد. در این راستا، توجه به الزامات پایداری در بانکداری دیجیتال و توسعه مدل‌های مرتبط با آن می‌تواند به کاهش هزینه‌های عملیاتی شبکه بانکی، بهینه‌سازی مصرف انرژی، افزایش شمول مالی و ارائه خدمات کارآمدتر کمک کرده و زمینه‌ساز توسعه پایدار شود. دستاورد اصلی این پژوهش، ارائه چارچوبی تحلیلی-کاربردی مبتنی بر مدل دینامیک سیستم است که می‌تواند بانک‌های خصوصی را در تدوین استراتژی‌های تحول دیجیتال پایدار یاری رسانده و به‌عنوان نقشه راهی برای بهبود عملکرد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد. یافته‌های پژوهش می‌تواند به سیاست‌گذاران، مدیران بانکی و محققان حوزه بانکداری دیجیتال در شناخت بهتر عوامل مؤثر بر پایداری و طراحی اقدامات مؤثر کمک نماید.

کلیدواژه‌ها: تحول دیجیتال، پایداری بانکداری، پویایی سیستم، سیاست‌گذاری.

مقدمه

اگرچه بخش بانکی نسبت به صنایع تولیدی تأثیرات محیط‌زیستی کمتری دارد، اما مطالعات نشان می‌دهند که پایداری و حرکت به سوی خدمات سبز، می‌تواند سودآور باشد؛ بنابراین، برای تداوم و کارآمدی کسب‌وکار، تدوین راهبردهای بلندمدت در این زمینه ضروری است. (Nosratabadi and et al., 2020).

در عصر جدید، با پیشرفت سریع فناوری، بانک‌ها نقش مهمی در بازتعریف روش‌های سنتی خدمات و حرکت به سوی بانکداری دیجیتال دارند. تحول دیجیتال به بهره‌گیری از دانش، اطلاعات و داده‌های دیجیتال در کنار سایر منابع مانند نیروی کار و سرمایه برای ارائه محصولات و خدمات اشاره دارد. (Al-Okaily et al., 2023).

ازاین‌رو بانکداری نوین در کشور نیز متأثر از تحولات دیجیتال روندهای مختلف من جمله بانکداری بر مبنای رمزارزها، بانکداری اجتماعی، بانکداری باز و شکل گرفته است (DeYoung & Yom, 2020). در سال‌های اخیر، یکی از روندهای مهم حرکت صنعت بانکداری به سمت بانکداری دیجیتال بوده است. این تحول با تمرکز بر تسهیم داده‌ها و همکاری بین مؤسسات مالی، باهدف افزایش سودآوری، رضایت مشتری، ارتقاء محبوبیت و تمایز برند و کاهش هزینه‌های زیرساختی دنبال می‌شود. (Zalan & Toufaily, 2020).

تحول دیجیتال در جامعه امروز نقشی کلیدی دارد و با پدیده‌هایی مانند پایداری، نوآوری، ارزش‌های اجتماعی و منافع اقتصادی در تعامل است؛ بررسی هم‌زمان این عوامل اهمیت زیادی دارد. (Geels, 2013).

لونگو^۱ و همکاران (۲۰۱۵)، مفهوم دیجیتال پایدار در چهار بُعد تعریف می‌شود: فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی. بُعد فنی به استفاده از زیرساخت‌های دیجیتال و روندهای نوین اشاره دارد و بُعد اقتصادی بر تولید ثروت و ارزش افزوده تأکید می‌کند. بُعد اجتماعی شامل مسئولیت‌پذیری و دسترسی عمومی به خدمات است و بُعد زیست‌محیطی بر

حفظ منابع در کنار توسعه اقتصادی تمرکز دارد. لذا پایداری و دیجیتالی سازی به عنوان دو روند اساسی در شکل دهی به اقتصاد و جامعه و محیط زیست شناخته می شوند (Castro and et al., 2021). بانکداری دیجیتال پایدار به تعاملات مالی در بستر فناوری های نوینی مانند پرداخت موبایلی، تأمین مالی جمعی، داده های کلان، هوش مصنوعی، بلاکچین و اینترنت اشیا می پردازد و هدف آن دستیابی به رشد متوازن و توسعه پایدار است (Singh, 2022).

در پژوهش های فعلی، مطالعات اندکی به موضوع پایداری در امور مالی دیجیتال پرداخته اند. در این میان، می توان دو جنبه اصلی را برای این مفهوم شناسایی کرد: نخست، چگونگی بهره گیری از فناوری های دیجیتال برای ترویج امور مالی پایدار؛ دوم، چگونگی ارتقاء پایداری خود فناوری های مالی دیجیتال. با توجه به نبود مفاهیم جهان شمول و استانداردهای یکنواخت در زمینه پایداری، درک عمیق از این موضوع با چالش هایی همراه است. در ادبیات موجود، به ضرورت های مختلفی برای تحقق این هدف اشاره شده است، از جمله این موارد ایجاد چارچوب های ارزیابی جهانی برای اندازه گیری اثرات زیست محیطی فناوری های دیجیتال، تدوین معیارهایی برای ارزیابی کیفیت و پایداری محصولات مالی دیجیتال و بررسی میزان تأثیر فناوری های کلیدی همچون بلاکچین بر محیط زیست. با وجود این تلاش ها، هنوز چارچوب مفهومی یکپارچه ای برای «پایداری امور مالی دیجیتال» شکل نگرفته است (Del Carmen, 2022).

در بررسی شبکه بانکی کشور، نتایج نشان می دهد که بانک های دولتی عمدتاً اقدامات سطحی و روبنایی در حوزه دیجیتال انجام داده اند، در حالی که بانک های خصوصی، هرچند با تکیه بر ساختار سنتی، گام های مؤثرتری در جهت تحول دیجیتال برداشته اند. با این حال، فاصله معناداری میان تحقق تحول دیجیتال و استقرار پایداری در این بانک ها مشاهده می شود (Rajabzadeh et al., 2021).

بنابراین، با توجه به روند روزافزون دیجیتالی شدن در صنعت بانکداری و هم زمان اهمیت فزاینده ی پایداری محیط زیستی و اجتماعی، بانک های خصوصی ایران با چالش هایی در پیاده سازی الگوهای پایداری همگام با تحول دیجیتال مواجه شده اند. بعلاوه

با توسعه روزافزون فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری، موضوعاتی چون مصرف بالای انرژی، افزایش ضایعات دیجیتال، استفاده گسترده از اقلام مصرفی دیجیتال و رشد هزینه‌های عمومی شبکه بانکی به چالش‌های پنهان این تحول تبدیل شده‌اند. علاوه بر این، بانک‌ها در مسیر دیجیتال شدن باید به تضمین رفاه جامعه، حفظ سودآوری پایدار و ارتقاء امنیت اطلاعات مشتریان نیز توجه ویژه داشته باشند. در حال حاضر، شکاف معناداری میان تلاش‌های تحول دیجیتال و تحقق اهداف پایداری در شبکه بانکی کشور وجود دارد. عدم وجود چارچوب‌های جامع و مدل‌های مفهومی برای تبیین روابط میان متغیرهای پایداری در بانکداری دیجیتال، ضرورت انجام پژوهش‌های هدفمند در این زمینه را ایجاب می‌کند. این پژوهش به دنبال پاسخ به این مسئله است که چگونه می‌توان مدلی جامع برای پایداری بانکداری دیجیتال در بانک‌های خصوصی ایران طراحی نمود تا همگامی با تحولات فناورانه و الزامات توسعه پایدار را تضمین کند.

مرور ادبیات

پیشینه نظری پژوهش

بررسی متون و منابع جدید پایداری و بانکداری نشان می‌دهد که در پروژه‌های تحقیقاتی بانکداری پایدار، رویکردهایی مطرح شده‌اند که علاوه بر نگاه رقابتی و درآمدزایی، مسئولیت بیشتری نسبت به محیط زیست و جامعه به عنوان هسته اصلی مأموریت خود در نظر گرفته شده است (Migliorelli & Dessertine, 2023). بانک‌ها تشویق می‌شوند اقداماتی مانند کاهش مصرف انرژی، مدیریت پسماند و کاهش انتشار کربن انجام دهند که ضمن کاهش هزینه‌ها، به بهبود تصویر برند و تحقق مسئولیت‌های زیست محیطی آن‌ها کمک می‌کند. همچنین ارائه محصولات مالی در راستای توسعه پایدار، مانند حمایت از مقابله با تغییرات اقلیمی و کاهش فقر، از دیگر توصیه‌های پژوهشی است (Fotiadis et al., 2024). در مسیر بانکداری پایدار، بررسی الگوهای مدل کسب و کار پایدار اهمیت دارد. پژوهش‌ها به الگوهایی مانند جایگزینی فرآیندهای دیجیتال، نقش نظارتی و تشویق به کفایت اشاره دارند که مورد استقبال مشتریان قرار گرفته و به کاهش آثار زیست محیطی و

تعامل بهتر با ذینفعان کمک می کنند (Grames & Pizzi, 2025).

در بررسی پایداری در عصر تحول دیجیتال (۲۰۰۲)، اشاره شده است که از فناوری اینترنتی برای رشد اقتصادی، رفاه اجتماعی و کاهش فشار بر محیط زیست استفاده می شد. این فناوری در حوزه هایی مانند توسعه دانش، شفافیت اطلاعات، مدیریت، ارتباطات و دسترسی ۲۴ ساعته پتانسیل بالایی دارد (Di Vaio et al., 2021). با وجود رشد قابل توجه پایداری، ادغام آن با فناوری های دیجیتال هنوز به اندازه کافی مورد بحث قرار نگرفته است و تغییر مدل های کسب و کار برای مقابله با چالش های اقتصادی و اجتماعی ضروری به نظر می رسد (De vaio and et al., 2021; George et al., 2020).

در سال ۲۰۲۳، بانکداری دیجیتال نسل ۵ با استفاده از تکنولوژی های پیشرفته مانند هوش مصنوعی و تحلیل داده های کلان، به تحول گسترده ای در مدل های کسب و کار بانکی منجر شده است. این تحولات نه تنها بر کارایی و سرعت خدمات تأثیر گذاشته، بلکه به ویژه بر جنبه های اجتماعی، زیست محیطی و اقتصادی نیز تأکید دارد. بانک ها با تحلیل دقیق رفتار مشتریان از طریق هوش مصنوعی و داده های کلان، قادر به ارائه خدمات مالی شخصی سازی شده و مشاوره های هوشمند هستند که در راستای ارتقای رفاه اجتماعی و توسعه پایدار قرار می گیرد. این تغییرات به ویژه در ارتباط با اهداف توسعه پایدار سازمان ملل، به ویژه در زمینه های اقتصادی چرخشی و حفاظت از محیط زیست، نمایان می شود. گزارش های اخیر نشان می دهند که بانک ها با سرمایه گذاری در پروژه های سبز و چرخشی به کاهش ضایعات و بهینه سازی منابع پرداخته اند که علاوه بر بهبود عملکرد مالی، موجب تقویت مسئولیت اجتماعی و خلق ارزش پایدار در سطح جامعه شده است (Valentina and Otilia, 2025).

بانکداری ۵,۰ در دوران تحول دیجیتال می تواند بانک ها را به کارایی و اقتصاد پایدار هدایت کند. برای رقابت با رقبای دیجیتال، بانک ها باید مدل های کسب و کار خود را بازآفرینی کنند و مسائل محیطی، اجتماعی و حاکمیتی (ESG) را در استراتژی های خود ادغام کنند. هوش مصنوعی و همکاری انسان و ماشین اساس کسب و کار در عصر صنعت

۵,۰ خواهند بود (Nicolleti, 2021). بانک‌ها باید بهینه‌سازی منابع و روابط با مشتریان را اولویت دهند و مدل‌های مسئولیت‌پذیر اجتماعی را دنبال کنند. بانکداری ۵,۰ به آن‌ها کمک می‌کند تا در حفظ محیط‌زیست نقش ایفا کرده و با استفاده از نوآوری‌های دیجیتال، کارایی را افزایش و اثرات منفی اقتصادی و اجتماعی را کاهش دهند (فدرال رزرو^۱، ۲۰۲۰). یکی از اصول پایداری در بانکداری دیجیتال، صرفه‌جویی منابع است که بهینه‌سازی روابط با مشتریان، شرکا و طرف‌های سوم را شامل می‌شود. همکاری کارآمد بین افراد و راه‌حل‌ها بر اقتصاد، اکولوژی و جامعه تأثیرگذار است (Shezler, 2017). پژوهشگران مختلف به بررسی عوامل تأثیرگذار بر پایداری مالی دیجیتال پرداخته‌اند. برای مثال، تقی‌زاده و رسولی‌نژاد (۲۰۲۲) بر شفافیت، مسئولیت‌پذیری توسعه‌دهندگان و نقش رگولاتوری تأکید دارند. همچنین، آذر و همکاران (۲۰۲۱) نشان داده‌اند که مدیریت تعامل با مشتری و کاهش شعبات فیزیکی بر پایداری بانکداری دیجیتال اثرگذار است.

پیشینه تجربی پژوهش

پژوهشی به بررسی نقش بانک‌ها در تحقق اهداف توسعه پایدار پرداخته و نشان می‌دهد که سیاست‌های بانک‌ها می‌توانند ۶ هدف از ۱۶ هدف توسعه پایدار را محقق کنند. این اهداف شامل حذف فقر، ریشه‌کنی گرسنگی، سلامتی، آموزش با کیفیت، برابری جنسیتی و آب پاک هستند. پژوهش اشاره می‌کند که وام‌های خرد و بانکداری موبایلی به کاهش فقر، افزایش امنیت غذایی و بهبود سلامت کمک می‌کنند. همچنین، خدمات بانک‌ها مانند پس‌انداز و بیمه به تاب‌آوری خانواده‌ها در برابر مشکلات سلامتی و ارتقای آموزش و برابری جنسیتی کمک می‌کند (Nwagwu, 2020).

همان‌طور که توسط ریو کاسترو^۲ و همکاران (۲۰۲۱) و برنر^۳ و هارتل (۲۰۲۱) ذکر شده است، پایداری و تحول دیجیتال به‌عنوان روندهای بزرگی هستند که اقتصاد و جامعه و محیط‌زیست را شکل می‌دهند، اگرچه در نگاه اول این دو مقوله متفاوت به نظر می‌رسند

1. Federal Reserve
2. Rio Castro
3. Bernner

(جورج و همکاران، ۲۰۲۰). نویسندگانی مانند گبهارد^۱ (۲۰۱۷) و اوزبرگ^۲ (۲۰۱۷) آن‌ها را تغییردهنده‌های اصلی بازی در نظام‌های اجتماعی و زیست‌محیطی می‌دانند. با این حال، پیوند مثبت بین پایداری و دیجیتالی شدن به وضوح مشخص نشده است و نوآوری‌های فناورانه می‌توانند ضمن ایجاد فرصت‌های اقتصادی، چالش‌هایی در زمینه‌های اجتماعی و زیست‌محیطی نیز به همراه داشته باشند (Smith and et al., 2010).

در ادامه در جدول ۱ برخی از تحقیقات انجام‌شده تلفیقی تئوری پایداری و رویکردهای دیجیتالی شدن در صنایع مختلف ارائه شده است.

جدول ۱. کاربرد تئوری پایداری و رویکرد دیجیتالی شدن در ادبیات موضوع صنایع مختلف

حوزه کسب و کار	نویسنده	روش‌ها	شکل اطلاعات
صنایع غذایی	(Cook et al., 2021)	مدل‌سازی معادلات ساختاری	مقادیر قطعی
بانکداری سبز	(Ma et al., 2023)	مطالعه موردی	داده‌های توصیفی
تولید	(Kunkel & Matthess, 2020)	تحلیل رگرسیون چندگانه	مقادیر قطعی
بانکداری دیجیتال	(Gurendrawati et al., 2024)	مدل‌سازی معادلات ساختاری	مقادیر قطعی
بانکداری دیجیتال	(Çokçetin, 2018)	مطالعه موردی	داده‌های توصیفی
بانکداری اسلامی	(Yusuf et al., 2024)	نگاشت ذهنی	داده‌های فازی
فروشگاه‌های زنجیره‌ای	(Samsioe & Fuentes, 2021)	تحلیل محتوا	داده‌های کیفی
انرژی	(Velasco-Herrejon et al., 2022)	تحلیل کیفی	مصاحبه ساختار نیافته
گردشگری	(Tiago et al., 2021)	مطالعه موردی / تحلیل محتوا	داده‌های سری
بانکداری اجتماعی	(Starnawska, 2021)	مطالعه موردی	داده توصیفی

با توجه به جدول (۱) می‌توان به این نکته رسید که محققان صنایع یا بخش‌های خاص را

-
1. Gebhardt
 2. Osburg

ترجیح می‌دهند. این مطلب از بررسی مقالات مختلف نگاشته شده است. جدول ذکر شده تنها تأکید دوباره بر اهمیت پایداری و تحول دیجیتال است به گفته‌ای در ادبیات موضوع اشاره می‌کنیم در دیگر صنایع نیز این تلفیق مهم است. بعلاوه یکی از شکاف‌های تحقیق نیز این است که در برخی صنایع این تلفیق بکار رفته ولی در بانکداری به‌ندرت استفاده شده است.

شانکار و تیواری^۱ (۲۰۲۳) در پژوهش خود با عنوان پایداری بانکداری در عصر تحول دیجیتال با اشاره به این به شناسایی عوامل حیاتی موفقیت بانکداری تلفن همراه پایدار پرداخته‌اند و به حریم خصوصی، امنیت و راحتی کاربران به‌عنوان عوامل کلیدی اشاره کرده‌اند. بانک‌های تجاری به‌عنوان یک صنعت خدماتی، نقش مهمی در تخصیص منابع مالی برای فعالیت‌های انسانی و اقتصادی برای رونق نه تنها برای امروز، بلکه فردا ایفا می‌کنند. علاوه بر این، نقش بانک‌ها تأمین مالی یک اقتصاد باثبات و پایدار است (Alexander, 2014). همه‌گیری کووید-۱۹ خدمات مالی دیجیتال را متحول کرده و شمول مالی دیجیتال برای دسترسی همه به خدمات مالی ضروری است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که کشورهای در حال توسعه به‌ویژه در آسیا، از شمول مالی دیجیتال برای کاهش فقر استفاده می‌کنند، اما همچنان چالش‌هایی در دسترسی و استفاده از خدمات وجود دارد. پژوهشگران پیشنهاد کرده‌اند که زیرساخت‌های دیجیتال باید بهبود یابد و آموزش مالی تقویت شود تا شمول مالی دیجیتال به‌طور یکنواخت در کشورها گسترش یابد (Tay and etal., 2022).

نقد شکاف‌های موجود در ادبیات پژوهش

با بررسی مبانی نظری و پیشینه تحقیق در حوزه بانکداری دیجیتال و پایداری، مشخص شد که بخش عمده‌ای از مطالعات پیشین عمدتاً بر جنبه‌های فنی و فناوری‌های نوین در تحول دیجیتال تمرکز داشته‌اند. در حالی که ابعاد اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی مرتبط با مفهوم پایداری کمتر مورد توجه قرار گرفته است. مطالعات موجود اغلب به‌صورت موردی

یا در سطح نظری به اهمیت تحول دیجیتال اشاره کرده‌اند، اما ارتباط نظام‌مند میان تحول دیجیتال و شاخص‌های پایداری در صنعت بانکداری، به‌ویژه در قالب یک مدل جامع و بومی‌سازی شده برای بانک‌های خصوصی ایران، به‌طور کافی تبیین نشده است. همچنین نقد اصلی بر ادبیات موجود این است که بسیاری از پژوهش‌ها به‌صورت منفک به بررسی روندهای دیجیتال یا سیاست‌های پایداری پرداخته‌اند و تحقیقاتی که این دو روند را به‌صورت هم‌زمان و در تعامل با یکدیگر تحلیل کرده باشند، محدودند. این در حالی است که تحول دیجیتال می‌تواند هم فرصت‌ها و هم تهدیدهای مهمی برای تحقق توسعه پایدار ایجاد کند و نیازمند تحلیل‌های چندبعدی و سیستمی است. در این پژوهش، با شناسایی این شکاف‌ها، تلاش شده است تا با تلفیق روش‌های کیفی و کمی، مدلی جامع برای تحلیل پایداری در بانکداری دیجیتال طراحی شود که شامل سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی باشد. هدف از این کار، ارائه چارچوبی منسجم است که بتواند بانک‌های خصوصی را در مواجهه با چالش‌های تحول دیجیتال و الزامات پایداری یاری رساند و شکاف موجود در ادبیات را تا حد امکان کاهش دهد.

متغیرهای پایداری بانکداری دیجیتال

در سال‌های اخیر پژوهشگران مختلف تلاش کردند تا متغیرهای کلیدی پایداری در بانکداری عصر تحول دیجیتال را بررسی کنند. به‌عنوان نمونه باتیستا و فرانسیسکو^۱ (۲۰۱۸)، گزارش‌های پایداری ابزار مهمی در این زمینه برای ارزیابی کردند. آن‌ها این فرصت را برای اندازه‌گیری توسعه پایدار سازمان‌ها در یک مجموع خاص از استانداردها و شاخص‌ها ارائه می‌دهند. اندازه‌گیری توسعه پایدار سازمان در یک مجموعه خاص از استانداردها و شاخص‌ها که به سازمان فرصتی برای بهبود شفافیت، ارزش بازار، شهرت و مشروعیت خود می‌دهند. علاوه بر این، آن‌ها یک ابزار مهم هستند که به توسعه و تکامل سیستم عامل کمک می‌کنند و روابط متقابل بین ابعاد اجتماعی، اقتصادی و محیطی را نشان می‌دهند. همچنین پژوهشگران از عناصر اصلی حرکت دیجیتال و مدیریت پایداری در صنعت

1. Batista & Francisco

بانکداری می‌توان به نیروی انسانی اشاره کرده‌اند. لذا نیروهای عصر دیجیتال نیازمند داشتن دانش عمومی نسبت به فناوری‌های نوین می‌باشند. لذا آموزش نیروی انسانی با توجه به اکوسیستم دیجیتال و سطوح سازمانی یک ضرورت است و آموزش برنامه‌ریزی شده و مدون جزء کلیدی‌ای مثل کار تیمی، برقراری ارتباطات اجتماعی به‌علاوه بهبود مستمر و یادگیری بلندمدت نیاز دارند (Klus and etal., 2019; Noja and etal., 2022; Su and etal., 2023; Kalfaoglu, 2021).

بانک‌ها امروزه سرمایه‌گذاری عظیمی بر روی روندهای دیجیتال گذاشته‌اند به‌علاوه این سرمایه‌گذاری در کنار توجه به محصولات محیط‌زیست دوست و کاهش کربن از جمله روندهایی است با فرآیندهای تصمیم‌سازی ادغام شده‌اند (Kalfaoglu, 2021). لذا سرمایه‌گذاری در این حوزه اشاره دارد به اینکه رشد بانک‌های آینده از طریق سرمایه‌گذاری در روندهای جدید تحول دیجیتال مثل هوش مصنوعی، بلاک چین، امنیت مجازی و رباتیک کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمدها مرهون اخذ تصمیمات صحیح سرمایه‌گذاری دیجیتال است. لذا تعیین اولویت‌های سرمایه‌گذاری و تدوین مؤلفه‌های آن جهت حصول نتیجه در دیجیتال کردن بانک‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است (Molla and etal., 2012; Kumar and etal., 2019).

پس از انجام بررسی جامع مطالعات مرتبط با در نظر گرفتن پایگاه‌های اطلاعاتی علمی مانند Scopus و Google Scholar بین سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۳، ما ۲۶ متغیر اولیه برای مدل‌سازی پایداری بانکداری دیجیتال در ایران شناسایی کردیم. اصطلاحات کلیدی «بانکداری دیجیتال سبز» یا «پایداری مالی دیجیتال» یا «بانکداری پایدار در عصر صنعتی چهارم» به‌طور خاص در جستجوها مورد تأکید بودند. ما این متغیرهای شناسایی شده را با ۸ متخصص درگیر در بخش‌های تحول دیجیتال بانک‌های مورد مطالعه و دانشگاهیان متخصص از طریق مصاحبه‌های حضوری مورد بررسی قرار دادیم. متغیرهای سطوح میانه در مدل روابط تفسیری- ساختاری نشان‌دهنده این بودند که رهبری هوشمند در کنار متغیرهای مدل کسب‌وکار و حاکم بودن فرهنگ دیجیتال نقش حیاتی در وصل کردن

زیربنا و سطوح بالایی سیستم را دارد. نقش رهبری هوشمند و یا به عبارتی به کارگیری توانمندی‌های سازمانی و دیجیتال در رسیدن به پایداری بسیار حیاتی است. لذا هر چه مدیریت هوشمند قوی‌تر باشد سازمان در اتخاذ تصمیمات عملکرد بهتر و در بهره‌گیری از نوآوری کارآمدتر و در نتیجه پایداری مناسب خواهد رسید.

متدولوژی

در این پژوهش با تلفیقی از رویکردهای دلفی فازی و مدل‌سازی تفسیری-ساختاری و پویایی سیستم برای استخراج متغیرهای پایداری بانکداری دیجیتال و تهیه نمودار علی-معلولی و نمودار جریان و تحلیل سناریوها پژوهش استفاده شده است. روش پژوهش به کار برده شده از نوع هدف، کاربردی و از حیث روش گردآوری داده‌ها پیمایشی و از حیث روش از یک پژوهش ترکیبی کمی-کیفی است. در این پژوهش برای پوشش مباحث نظری پژوهش با مرور منابع موجود، کتب تخصصی و عمومی، مقالات و نشریات تخصصی، اسناد و مدارک موجود در سازمان‌ها و همچنین برای جمع‌آوری داده‌های میدانی از مصاحبه و بهره‌گیری از نظرات افراد خبره استفاده می‌شود. همان‌طور که گفته شد پس از انجام بررسی جامع مطالعات مرتبط و موجود با در نظر گرفتن پایگاه‌های اطلاعاتی علمی مانند Scopus و Google Scholar بین سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۳، ما ۲۶ متغیر اولیه برای مدل‌سازی پایداری بانکداری دیجیتال در ایران شناسایی کردیم پس از آن با استفاده از روش دلفی فازی، متغیرهای مؤثر تأیید شدند. جامعه آماری این پژوهش شامل خبرگان فعال در حوزه بانکداری دیجیتال در بانک‌های خصوصی ایران است. معیارهای انتخاب خبرگان، شامل عضویت در دایره‌های تحول دیجیتال، هوشمندسازی یا فناوری اطلاعات، تسلط عملی و نظری بر موضوع پژوهش و تمایل به مشارکت بود. برای دقت بیشتر، تنها افرادی انتخاب شدند که دارای حداقل ۱۰ سال سابقه کاری مرتبط و مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد یا دارای پست سازمانی کارشناس ارشد و یا هم‌تراز آن در سازمان مربوطه بودند. نمونه‌گیری به روش هدفمند و در دسترس انجام شد. در مجموع، ۱۰ خبره در فرایند دلفی فازی مشارکت کردند.

در ادامه برای تدوین پیش فرض‌ها و حلقه‌های علی-معلولی از رویکرد مدل‌سازی تفسیری-ساختاری بهره گرفته شد و نهایتاً جهت تدوین سیاست‌ها از رویکرد پویایی‌شناسی استفاده شده است. در این پژوهش، مرز مدل بر مبنای متغیرهای پایداری در حوزه بانکداری دیجیتال تعیین شده است. ابتدا ۲۶ متغیر اصلی مرتبط با ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پایداری از مرور ادبیات معتبر استخراج گردید. سپس این متغیرها با استفاده از روش دلفی فازی و با مشارکت خبرگان بانکی تأیید شدند. برای تحلیل روابط میان متغیرها و ایجاد ساختار منطقی، از مدل‌سازی تفسیری-ساختاری استفاده گردید. در فرآیند تعیین مرز مدل، عواملی که صرفاً به جنبه‌های فنی یا ویژگی‌های نرم‌افزاری خاص محدود می‌شدند (نظیر مشخصات فنی نرم‌افزارها یا تکنولوژی‌های رمزنگاری پیشرفته) به دلیل فاصله داشتن از هدف پایداری، از مدل کنار گذاشته شدند. در مقابل، فناوری‌هایی که کارکرد آن‌ها علاوه بر جنبه فنی، دارای نقش برجسته در ارتقاء شفافیت، امنیت، دسترسی عادلانه به خدمات مالی و تسهیل فرآیندهای پایدار در بانکداری دیجیتال بودند، در مرز مدل حفظ شده و مورد تحلیل قرار گرفتند. این مرزبندی با برگزاری جلسات تخصصی با خبرگان حوزه بانکداری دیجیتال و توسعه پایدار، مورد ارزیابی قرار گرفت و اجماع بر این بود که تمرکز بر شاخص‌های کلیدی پایداری و شمول فناوری‌های اثرگذار، می‌تواند نمایانگر عوامل حیاتی موفقیت در بانکداری دیجیتال پایدار باشد. در نتیجه، مرز مدل پژوهش با رویکردی هدفمند، علمی و مبتنی بر نیازهای واقعی صنعت بانکداری خصوصی ایران تعیین شده و دارای روایی نظری و کاربردی مناسبی است. در شکل (۱) زیر مراحل انجام پژوهش نشان داده شده است.

شکل ۱. طرح پژوهش



یافته ها

استفاده از روش دلفی فازی برای تصمیم گیری گروهی می تواند ابهام درک مشترک از نظرات کارشناسان را برطرف کند. روش دلفی فازی مزایای بسیاری دارد که از جمله آنها

می توان به کسب نظر کارشناسان و اجماع، بعلاوه پیش بینی روند و تعامل با موضوعات تحقیق بدون محدودیت زمانی و مکانی اشاره کرد. این مزایا از دلایل مهم است تا این تکنیک توسط پژوهشگران برای گزینش متغیرهای پایداری بانکداری دیجیتال انتخاب شود (Debnath et al., 2023). روش دلفی فازی در این مطالعه بر اساس مراحل ارائه شده توسط چنگ^۱ و لین (۲۰۰۹) اجرا شده است که در آن، فرآیند زمانی کامل در نظر گرفته می شود که اختلاف میانگین دو دور متوالی روش دلفی فازی کمتر از ۰٫۱ باشد. در نهایت، بر اساس مقدار اختلاف بین دور اول و دوم پرسشنامه دلفی فازی (جدول ۲)، تمامی متغیرهای مورد بررسی توسط متخصصان تأیید شدند.

جدول ۲. یافته های نهایی روش دلفی فازی

اختلاف	دور دوم	دور اول	متغیر	منبع	کد
۰٫۰۶۲	۰٫۶۹۸	۰٫۷۶	قوانین و محیط رقابتی	(Adel, 2022)	C1
۰٫۰۴۱	۰٫۸۳۳	۰٫۷۹۲	بهبود فرآیندها	(Adel, 2022)	C2
۰٫۰۸۳	۰٫۶۷۷	۰٫۷۶	سودآوری	(Torre and et al., 2021)	C3
۰٫۰۶۲	۰٫۷۵	۰٫۶۸۸	گزارش های پایداری	(Batista and et al., 2018)	C4
۰٫۰۸۳	۰٫۸۹۶	۰٫۸۱۳	رضایت ذینفعان	(Pavia and et al., 2021)	C5
۰٫۰۲۱	۰٫۷۹۲	۰٫۷۷۱	گوناگونی خدمات	(Hyvönen, 2011)	C6
۰	۰٫۸۷۵	۰٫۸۷۵	کیفیت خدمات دیجیتال	(Amiri and et al., 2023)	C7
۰٫۰۸۳	۰٫۸۷۵	۰٫۷۹۲	نیروی انسانی دیجیتال	(Amiri and et al., 2023)	C8
۰٫۰۴۲	۰٫۹۱۷	۰٫۸۷۵	رهبری هوشمند	(Amiri and et al., 2023)	C9
۰٫۰۸۳	۰٫۷۰۸	۰٫۶۲۵	چابکی	(Amiri and et al., 2023)	C10
۰٫۰۳۱	۰٫۷۷۱	۰٫۷۴	فرهنگ دیجیتال	(Dastranj and et al., 2018)	C11
۰٫۰۱۱	۰٫۷۱۹	۰٫۷۰۸	همکاری با طرف سوم	(Amiri and et al., 2023)	C12
۰٫۰۶۲	۰٫۸۷۵	۰٫۸۱۳	سرمایه گذاری و بودجه بندی	(Amiri and et al., 2023)	C13
۰٫۰۸۳	۰٫۸۹۶	۰٫۸۱۳	کارایی خدمات	(Suu and et al., 2023)	C14
۰٫۰۷۳	۰٫۷۴۰	۰٫۸۱۳	تناسب خدمات	(Kalfaoglou, 2021)	C15
۰٫۰۱	۰٫۸۳۳	۰٫۸۲۳	خدمات کاربر آسان	(Arias, 2018)	C16
۰٫۰۴۲	۰٫۹۱۷	۰٫۸۷۵	اعتماد	(Büyükoçkan and et al., 2020)	C17

اختلاف	دور دوم	دور اول	متغیر	منبع	کد
۰,۰۷۱	۰,۶۲۵	۰,۶۹۶	الزامات سازمانی	(Molla and et al., 2012)	C18
۰,۰۲	۰,۸۱۳	۰,۸۳۳	استانداردهای ضدفساد	(Kumar and et al., 2019)	C19
۰,۰۸۴	۰,۷۷۱	۰,۹۱۷	پایداری سطوح سازمانی	(Park and et al., 2020)	C20
۰,۳۰۵	۰,۷۱۹	۰,۸۷۵	مدیریت ضایعات و محیط زیست	(Habert and et al., 2020)	C21
۰	۰,۹۱۷	۰,۹۱۷	رفاه و سلامت کارکنان	(Pavia and et al., 2021)	C22
۰,۰۸۴	۰,۸۳۳	۰,۹۱۷	مدل کسب و کار	(Amiri and et al., 2023)	C23
۰	۰,۹۱۷	۰,۹۱۷	عوامل احراز هویت	(Arner and et al., 2020)	C24
۰,۰۶۲	۰,۹۱۷	۰,۹۱۷	شناخت الکترونیک مشتریان	(Arner and et al., 2020)	C25
۰,۰۴۱	۰,۸۳۳	۰,۷۶	کاهش شعب	(Tsindeliani and et al., 2022)	C26

مدل سازی تفسیری-ساختاری ابزار قدرتمند کیفی در حوزه های مختلف و تکنیکی مناسب برای تحلیل تأثیر یک متغیر در دیگر متغیر است. این روش به ایجاد روابط پیچیده میان متغیرهای سیستم و جهت دادن به آنها کمک می کند. از آن جهت که قضاوت گروهی از افراد تعیین کننده روابط میان متغیرهاست، این روش تفسیری است و از آن جهت که اساس روابط یک ساختار سراسری از مجموعه ای پیچیده از متغیرها استخراج شده، ساختاری است. بعلاوه قدرت تفسیر شهودی تر از ماهیت سیستم را نسبت به رویکردی همچون دیمتل ارائه می دهد. گام های این روش به طور خلاصه در قالب نتایج در ادامه نشان داده شده است (Yang and et al., 2024):

گام اول: ماتریس روابط به صورت $A = |a_{ij}| n \times n$ همان طور که در فرمول (۱) نشان داده شده است ایجاد شود.

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & X_i \text{ influences on } X_j \\ 0, & X_i \text{ no influence on } X_j \end{cases} \quad \text{معادله (۱)}$$

جایی که a_{ij} نشانگر رابطه بین متغیر X_i و X_j می باشد و n تعداد متغیرهای چاینداری بانکداری دیجیتال می باشند. وقتی $a_{ij} = 0$ است این بدین معنی می باشد که بین متغیر X_i و X_j رابطه ای و اثری وجود ندارد. وقتی $a_{ij} = 1$ است این بدین معنی می باشد که X_i بر X_j اثر

دارد.

گام دوم: با محاسبه‌ی ماتریس روابط M ، ماتریس دسترسی M می‌تواند از طریق عملیات بولی به دست آید.

$$(A + I)^1 \neq (A + I)^2 \neq \dots \neq (A + I)^k \quad \text{معادله (۲)}$$

که در آن I ماتریس همانی و K یک عدد صحیح مثبت است.

گام سوم: تقسیم‌بندی ماتریس دسترسی به سطوح مختلف. بر اساس ماتریس دسترسی M ، استخراج سطوح عناصر مطابق فرمول (۲) انجام می‌شود.

$$A(X_i) = R(X_i) \cap Q(X_i) = R(X_i) \quad \text{معادله (۳)}$$

در اینجا، مجموعه دسترسی $R(X_i)$ مجموعه‌ای از متغیرهای ستون را نشان می‌دهد که متناظر با متغیر دارای "۱" در ردیف مربوط به متغیر X_i در ماتریس دسترسی هستند. مجموعه پیش‌نیاز $Q(X_i)$ مجموعه‌ای از متغیرهای ردیف را نشان می‌دهد که متناظر با متغیر دارای "۱" در ستون مربوط به X_i در ماتریس دسترسی هستند. مجموعه مشترک $A(X_i)$ حاصل اشتراک مجموعه دسترسی و مجموعه پیش‌نیاز است. متغیرهایی که در یک ردیف قرار دارند، به یک سطح تعلق دارند و پیکان‌ها جهت تأثیر بین عوامل را نمایش می‌دهند. در نهایت، ساختار سلسله‌مراتبی چندسطحی ترسیم می‌شود.

از آنجا که روابط میان متغیرها به خوبی درک نشده‌اند، ساخت مستقیم یک نمودار علی در پویایی سیستم دشوار است. روش ISM می‌تواند یک نمودار سلسله‌مراتبی ارائه کند که قابل تنظیم به یک نمودار حلقه بازخورد در پویایی سیستم باشد مدل‌سازی تفسیری-ساختاری باهدف تقسیم‌بندی مسئله به سطوح مختلف و مدیریت مؤثر روابط میان متغیرها طراحی شده است، به گونه‌ای که ساختار کلی واضح و قابل فهم باشد. روش ISM به صورت زیر به کار گرفته شده است:

گام ۴: تحلیل روابط میان متغیرهای پایداری بانکداری دیجیتال با مشورت با خبرگان صنعت بانکی انجام شد. روابط میان ۲۶ متغیر پایداری بانکداری دیجیتال تعیین گردید و سپس ماتریس مجاورت A مطابق با معادله (۱) و همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده شده

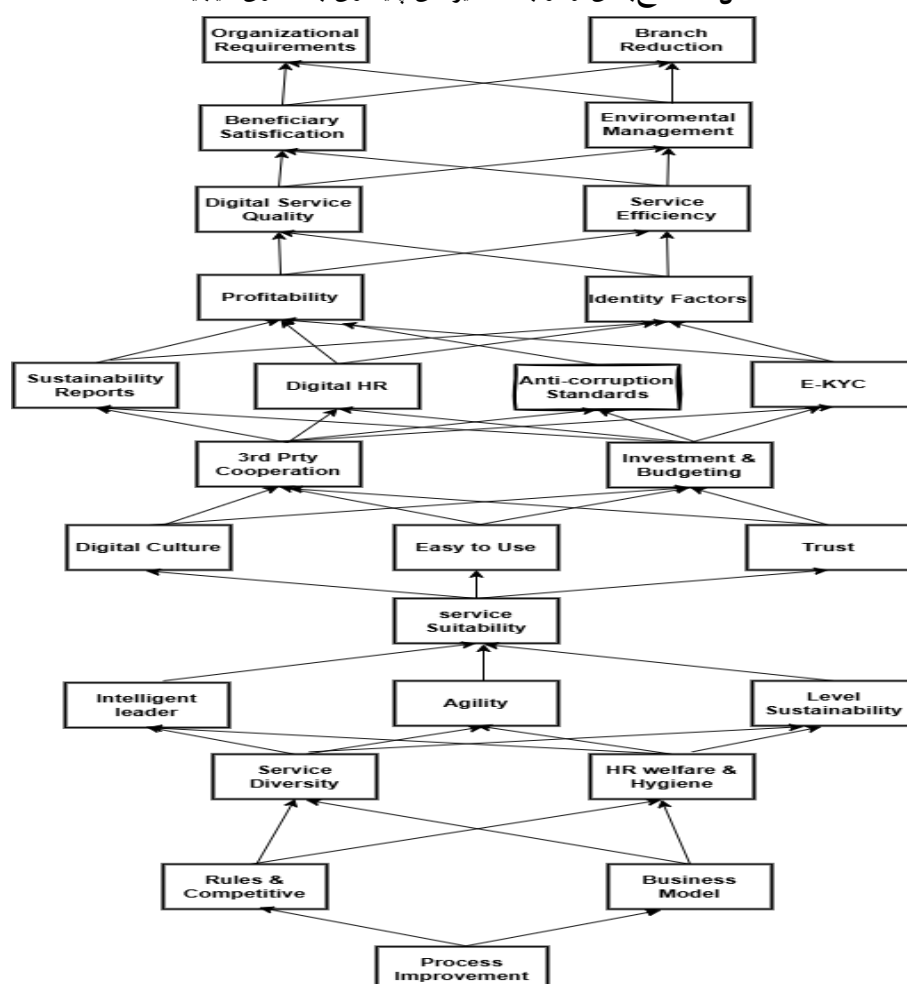
[illegible]

شکل ۳. ماتریس دسترسی

[illegible]

گام ۶: پس از به دست آوردن ماتریس دسترسی M ، طبق گام سوم روش ISM، این ماتریس به چندین ناحیه به طور دقیق تقسیم می شود. سپس یک مدل ساختار سلسله مراتبی چندلایه ایجاد می شود که سلسله مراتب داخلی و روابط متقابل بین عناصر سیستم را منعکس می کند و مسیرهای تعامل و تأثیرگذاری بین عناصر را آشکار می سازد. این مدل در شکل (۴) نشان داده شده است (که در آن، پیکانها جهت علت به معلول را نشان می دهند).

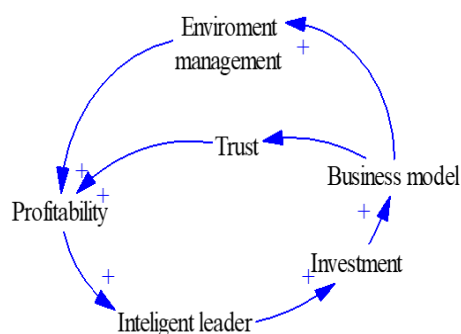
شکل ۴. سطح بندی و ارتباط متغیرهای پایداری بانکداری دیجیتال



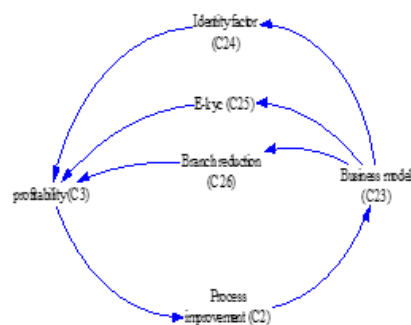
در ادامه، مسیرهای اصلی از شکل (۴) به دست می‌آید و این مسیرها پس از دریافت نظر خبرگان حمایت مهمی برای ترسیم نمودار پیش فرض‌های دینامیک سیستم در ادامه پژوهش فراهم می‌کنند که در شکل‌های (۲) تا (۴) برخی از این پیش فرض‌ها به‌عنوان نمونه نشان داده شده است. ایده اصلی این مقاله آن است که نمودار جهت‌دار چندسطحی حاصل از روش مدل‌سازی تفسیری-ساختاری را به نمودار علی‌پویایی‌شناسی سیستم (SD) تبدیل کرده و سپس به‌صورت کمی به بررسی رابطه و شدت تعامل بین متغیرهای پایداری بانکداری دیجیتال بپردازد. کلید این رویکرد در ساخت مدل ترکیبی ISM-SD است. از آنجا که نمودارهای مدل‌سازی معمولاً پیچیده‌اند و ممکن است بین متغیرهای پایداری ارتباط‌های چرخه‌ای وجود داشته باشد، ابتدا این نمودارها به نمودارهای حلقه بازخورد SD تبدیل شده و سپس مدل پویایی سیستم ساخته می‌شود (Yang and et al., 2024).

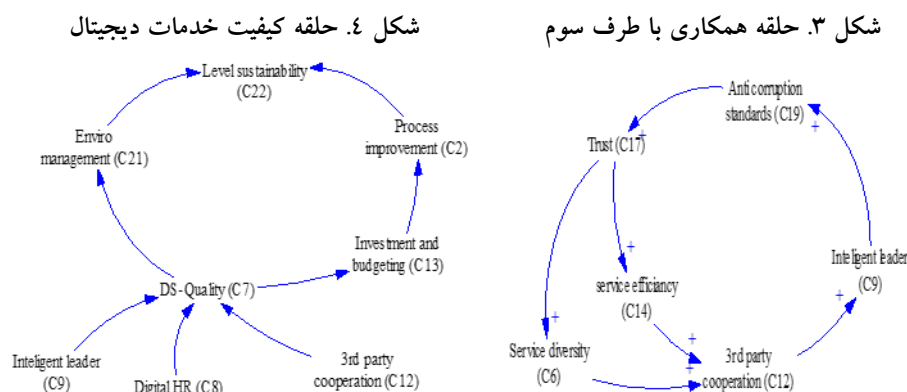
با توجه به ساختار علی-معلولی روابط میان متغیرها اقتباس می‌شوند و سپس با استفاده از ادبیات موضوع و نظرات خبرگان به‌عنوان پیش فرض‌های اعتبار بخشی می‌شوند. با توجه به محدودیت پژوهش برخی از مهم‌ترین پیش فرض‌ها از ۱۴ حلقه جهت به‌کارگیری در مدل جریان انباشت به شرح شکل‌های (۲) نشان داده شده است.

شکل ۳. حلقه رهبری هوشمند



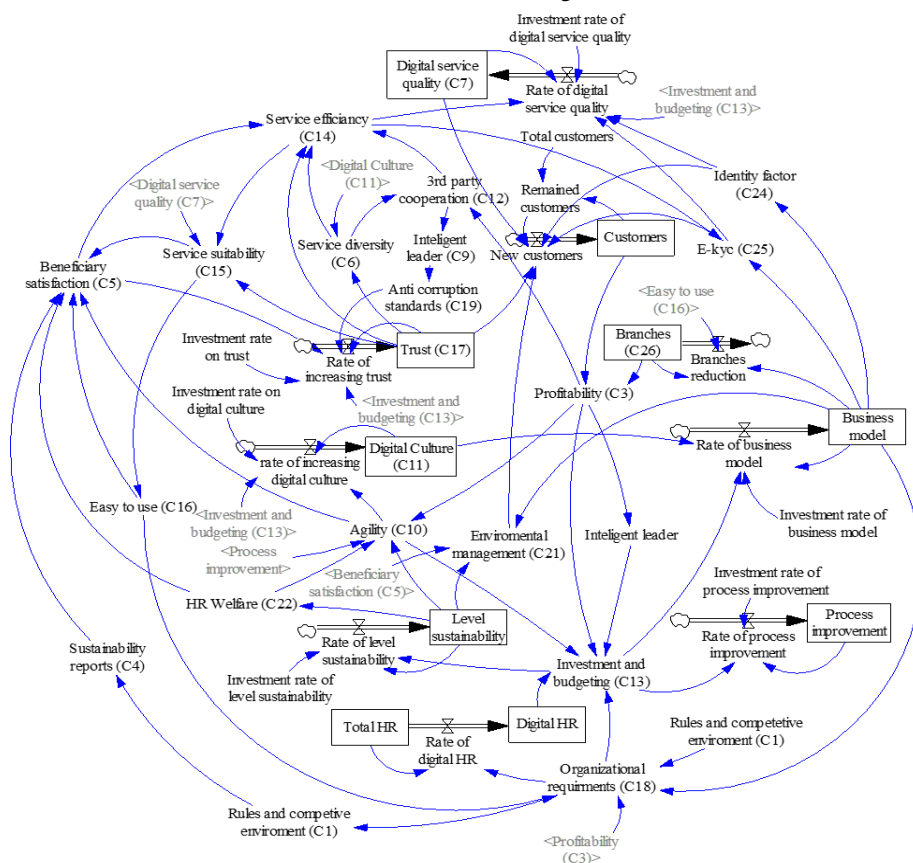
شکل ۲. حلقه مدل کسب و کار





نمودارهای علی- معلولی نیز برای نمایش نحوه تأثیر علت بر معلول بوده و ابزاری مهم برای نشان دادن ساختار بازخوردی موجود در سیستم‌ها به شمار می‌روند. نمودار حالت- جریان یکی دیگر از نمودارهای بسیار مهم در رویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها هستند که ساختار بازخوردی در نمودارهای علی-معلولی را در قالب متغیرهای حالت و جریان بازنمایی کرده و مبنایی را برای تصمیم‌گیری فراهم می‌آورند. شناسایی روابط و معادلات بین متغیرها و میزان تأثیرگذاری هریک از آنها از ضروریات ساخت این نمودار بوده و بدین سبب از این نمودار می‌توان به‌منظور شبیه‌سازی سیستم موردبررسی استفاده نمود (Mokgohloa and etal., 2022). متغیرهای حالت در این مدل به ترتیب مشتریان، کیفیت خدمات دیجیتال، شعبات، اعتماد، مدل کسب و کار، فرهنگ دیجیتال، پایداری سطوح، بهبود فرآیند و نیروی انسانی دیجیتال می‌باشند. در تعیین معادلات مدل این پژوهش علاوه بر اطلاعات مدل ساختاری موجود در مورد مطالعاتی از نظرات خبرگان و مدل‌ساز نیز استفاده شده است. برخی از ضرایب معادلات به علت آنکه جز اطلاعات محرمانه مورد مطالعه محسوب می‌شود، با توجه به تجربه و نظر پژوهشگران، توسط ایشان برآورد شده است و دیگر روابط با توجه به اطلاعات مدل‌سازی و مصاحبه با خبرگان موضوع تعیین شده است (آزاده^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). دیاگرام حالت جریان مربوطه نیز در شکل (۵) قابل مشاهده است.

شکل ۵. نمودار جریان-حالت



لذا با توجه به مطالب بیان شده در بالا بعد از ساخت مدل جریان نیاز است تا مدل ریاضی به آن اضافه شود؛ به عبارت دیگر برای اینکه بتوان مدل را شبیه سازی کرد نیاز است پارامتر و مقادیر ثابت برآورد و فرمول بین متغیرها تعیین شود. لذا در این مقاله با استفاده از جلسات مصاحبه فردی با برخی از خبرگان مسئله شامل ۱ نفر از واحد فناوری و ۲ نفر از واحد تحول دیجیتال و ۱ مدیر ارشد به برآورد پارامترها و تعیین فرمول بین متغیرها پرداخته شد. روابط زیر فرمول متغیرهای حالت و نرخ آن‌ها را نشان می‌دهد در این پژوهش جهت استخراج فرمول‌ها از پژوهش‌های مربوطه نیز علاوه بر نظرات خبرگان نیز استفاده شده است (Marzbani Moghani and etal., 2024; Khoshnevis, 2022; Hussein and etal., 2017; Mokghola and etal., 2022; Pruyt, 2010).

جدول ۳. متغیرهای مورد استفاده در فرمول بندی مدل

Nomenclature Parameters		Rc	مشتریان باقی مانده
		Dsq	کیفیت خدمات دیجیتال
		Eu	سهولت کاربرد
		Dc	فرهنگ دیجیتال
T	اعتماد	Ir_{dc}	نرخ سرمایه گذاری بر فرهنگ دیجیتال
Tr	نرخ اعتماد	Dcr	نرخ فرهنگ دیجیتال
IB	سرمایه گذاری و بودجه	A	چابکی
Ir_t	سرمایه گذاری بر اعتماد	Nc	مشتریان جدید
Bs	رضایت مشتریان	$E - kyc$	شناخت الکترونیک مشتریان
Acs	استانداردهای ضد فساد	Em	مدیریت ضایعات و محیط زیست
Bm	مدل کسب و کار	If	عوامل هویت
OLS	پایداری سطوح سازمانی		

برخی معادلات و روابط ریاضی حاکم بر مدل جریان در جدول (۴) مشاهده می شوند.

جدول ۴. معادلات پژوهش

متغیرها	معادلات
اعتماد	$\int_{2016}^{2023} \text{اعتماد} + \text{اعتماد}_0$ (نرخ اعتماد)
شعبات	0 (سهولت کاربرد + مدل کسب و کار, $B > 0$) if then else
فرهنگ دیجیتال	چابکی * سرمایه و بودجه * سرمایه برگزاری فرهنگ دیجیتال * (فرهنگ دیجیتال - 1)
پایداری سطوح	$\int_{2016}^{2023} \text{پایداری سطوح} + \text{پایداری سطوح}_0$ (نرخ پایداری سطوح)
نرخ اعتماد	رضایت ذینفعان + نرخ سرمایه بر اعتماد * (C13) سرمایه و بودجه * (C17) اعتماد - (1) عوامل هویت * 6.01619e+012 / (C19) استانداردهای ضد فساد + (C5) (C25) شناخت الکترونیک مشتریان * (C24)
کل نیروی انسانی	INTEG (نرخ کارکنان دیجیتال - 100000)

متغیرها	معادلات
تناسب خدمت	اعتماد + (0.5, 1, (C14) کارایی خدمات) I تأخیر ۱ + (C7) کیفیت خدمات دیجیتال (C17))/3
نرخ بهبود فرآیند	سرمایه گذاری و بودجه * سرمایه گذاری بر بهبود فرآیندها * ((بهبود فرآیندها - 1), 0) max (C13)
نرخ پایداری سطوح	*نرخ پایداری سطوح سازمانی * ((پایداری سطوح سازمانی - 1), 0) max (C13) سرمایه گذاری و بودجه
نرخ افزایش فرهنگ دیجیتال	سرمایه گذاری بر فرهنگ * ((C11) فرهنگ دیجیتال - 1), 0) max (C10) چابکی * (C13) سرمایه گذاری و بودجه * دیجیتال
نرخ کیفیت خدمات دیجیتال	نرخ سرمایه گذاری کیفیت خدمات * ((C7) کیفیت خدمات دیجیتال - 1), 0) max دیجیتال شناخت الکترونیک مشتریان * (C24) عوامل هویت * (C13) سرمایه گذاری و بودجه * (C14) کارایی خدمات * (C25)
نرخ مدل کسب و کار	سرمایه گذاری و *نرخ سرمایه گذاری بر مدل کسب و کار * ((مدل کسب و کار - 1), 0) max (C11) فرهنگ دیجیتال * (C13) بودجه
مشتریان جدید	مشتریان باقی مانده * ((C7) شناخت الکترونیک مشتریان * (C25) مدیریت ضایعات و محیط زیست * (C21) عوامل هویتی * (C24) اعتماد (C17))))
مدیریت ضایعات و محیط زیست	(C26) شعبات/پایداری سطوح سازمانی * (C5) مشتریان باقی مانده
کاهش شعبات	((C16) سهولت کاربرد * مدل کسب و کار * ((C26) شعبات)
الزامات سازمانی	قوانین و محیط رقابتی + (C16) سهولت کاربرد * مدل کسب و کار - 1 / (1 + EXP (C3) سودآوری + (C1))

بعلاوه متغیرها در جدول (۳) شرح داده شده است. بر اساس مدل ساخته شده و منطق

مدلی مبتنی بر پویایی سیستم برای پایداری در صنعت بانکداری دیجیتال؛ کرامت پناه و همکاران | ۱۴۳

ارتباطی میان هر معادله‌ی متغیر حالت، با بهره‌گیری از توابع دیفرانسیلی، خطی، نمایی، تصادفی، تأخیری و جدول، شبیه‌سازی سیستم به صورت معقول و مؤثر انجام شده است. در این پژوهش، فرمول‌بندی روابط ریاضی بین متغیرهای مدل پایداری بانکداری دیجیتال با رویکردی ترکیبی از تحلیل نظری، داده‌های میدانی و اجماع خبرگان انجام گرفت. در مرحله نخست، بر مبنای خروجی مدل‌سازی تفسیری-ساختاری، روابط علی میان متغیرها استخراج شد و حلقه‌های علی-معلولی اولیه به عنوان پیش فرض‌های دینامیکی تعریف گردید. این فرآیند مطابق با رویکرد مرسوم توسعه مدل‌های پویایی سیستم که بر استخراج فرضیات حلقوی از تحلیل ساختاری تأکید دارند، انجام شد (Richardson, 2011; Georgiadis & Besiou, 2022).

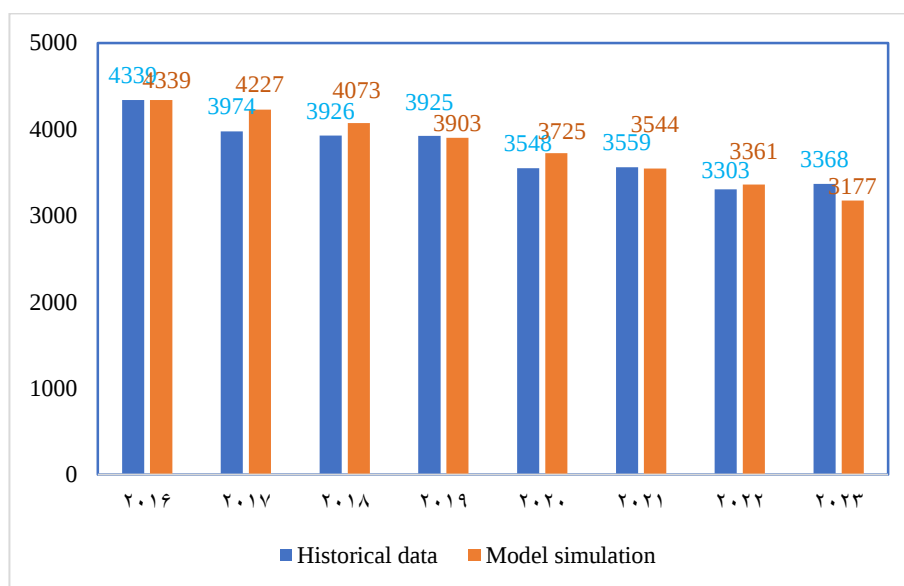
در ادامه، این حلقه‌های پیش فرض مبنای توسعه مدل انباشت-جریان قرار گرفتند. در این مدل، متغیرهای کلیدی به صورت انباشت‌ها و تغییرات در طول زمان به عنوان جریان‌ها تعریف شده‌اند. برای هر رابطه، با توجه به ماهیت تعامل، نوع تابع ریاضی انتخاب شد؛ به گونه‌ای که روابط دارای رفتار اشباع‌شونده با توابع سیگموئیدی، روابط با رشد یا افت سریع با توابع نمایی، روابط ساده با توابع خطی ضربداری و روابط دارای تأخیر زمانی با توابع Delay مدل شدند (Pappas et al., 2022; Bai & Sarkis, 2020).

علاوه بر این، متغیرها جهت برقراری مقیاس همگن، در بازه [۰, ۱] نرمال‌سازی شدند، رویکردی که در پژوهش‌های اخیر در حوزه تحول دیجیتال پایدار به عنوان یک ضرورت تحلیل مقایسه‌ای مطرح شده است (Galati et al., 2021). در نهایت، صحت و اعتبار ساختار معادلات و فرم توابع، از طریق بازبینی‌های چندمرحله‌ای با مشارکت خبرگان بانکی و تحلیل حساسیت دینامیکی در این مقاله تأیید گردید (Dwivedi et al., 2023). در ادامه پس از ورود تمامی روابط ریاضی بین متغیرها جهت اعتبار سنجی مدل ارائه شده مدل از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳ با گام‌های زمانی ۰,۰۱۵ شبیه‌سازی شد و سپس جهت تحلیل سناریو مدل تا افق ده ساله یعنی سال ۲۰۳۳ اجرا گردید.

تست و آزمون مدل

قبل از ارزیابی سیاست‌ها و سناریوها، می‌بایست از صحت مدل اطمینان حاصل شود. در این بخش، پس از انجام شبیه‌سازی مدل، به ارزیابی اعتبار آن پرداخته شده است. استرمن در کتاب «پویایی‌شناسی کسب و کار» به معرفی روش‌هایی همچون آزمون‌های حدی، ارزیابی ساختاری برای تأمین اطمینان از اعتبار مدل در دستیابی به اهداف تعیین شده پرداخته است (استرمن، ۲۰۰۰). در آزمون بازسازی رفتار مرجع، رفتار شبیه‌سازی شده متغیر تعداد شعب برای بانک‌های مورد مطالعه با مقدار واقعی آن مقایسه گردید. پارامتر MAE برای این متغیر ۲٫۹ درصد به دست آمد که حاکی از دقت بالای مدل در شبیه‌سازی است. (شکل ۶).

شکل ۶. مقایسه مقادیر شبیه‌سازی شده و تاریخی در خصوص متغیر تعداد شعب
(MAE=2.9%)

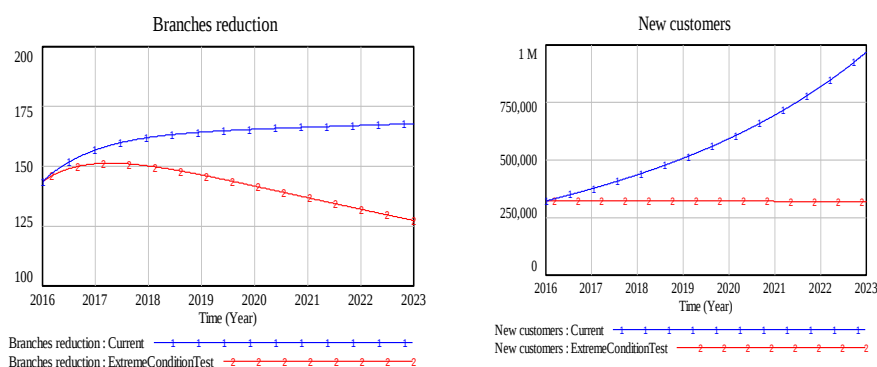


در آزمون حدی، نیز هیچ‌گونه رفتار نامعقول یا غیرمنتظره‌ای با تغییر پارامترها به مقادیر حدی خود دیده نشد. به عنوان مثال، فرض کنیم مقدار متغیر «سرمایه گذاری و بودجه بندی» به طور ناگهانی به صفر برسد. در این حالت، مدل با هیچ رفتار غیرمنطقی روبه‌رو نمی‌شود و

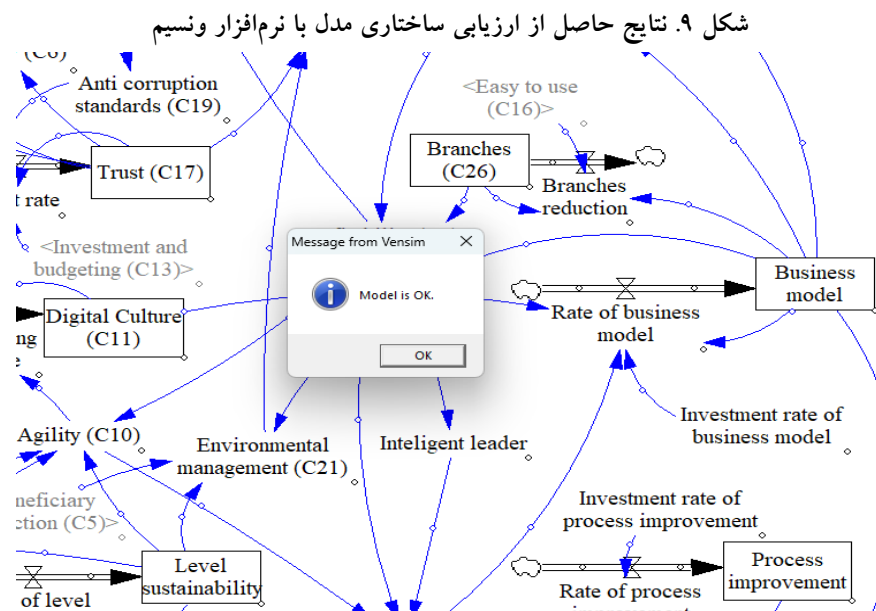
تغییرات متغیرها به طور طبیعی و مطابق با انتظارات خود رخ می دهد. برای نمونه در شکل ۷، مشاهده می شود در صورتی که بودجه و سرمایه گذاری بر روی فناوری دیجیتال به صورت ناگهانی صفر شود، تعداد مشتریان جدیدی که از خدمات دیجیتال استفاده می کنند، به طور قابل توجهی کاهش می یابد. همچنین، کاهش شیب تند تعداد شعب بانک نیز مطابق با شکل ۸ از بین خواهد رفت. به طور کلی، رفتار متغیرها در این شرایط، همچنان منطبق با الگوهای منطقی و قابل انتظار است.

شکل ۷. نتایج آزمون حدی در خصوص
تعداد مشتریان جدید استفاده کننده از خدمات
بانکداری دیجیتال

شکل ۸. نرخ کاهش تعداد شعب بانک در آزمون
حدی



آزمون ارزیابی ساختاری مدل نیز با کمک نرم افزار ونسیم انجام شد و نتایج حاصل از این ارزیابی مطابق با شکل ۹ حاکی از تأیید اعتبار مدل می باشد. این نتایج تأیید می کنند که ساختار مدل به خوبی طراحی شده و قادر است روابط و ارتباطات مورد انتظار را به درستی بازنمایی کند.



همچنین، کاهش زمان گام نیز هیچ تأثیری بر خروجی‌های مدل نداشت و از منظر آزمون خطای انتگرال ۱ نیز اعتبار مدل تأیید شد. این یافته به این معناست که مدل در برابر تغییرات زمان گام شبیه‌سازی مقاوم است و قادر است نتایج ثابتی را ارائه دهد که خود نشان‌دهنده ثبات و قابلیت اطمینان مدل می‌باشد. به‌طور کلی، این نتایج اعتبار مدل را تقویت کرده و اطمینان بیشتری نسبت به قابلیت‌های آن در تحلیل و پیش‌بینی رفتار سیستم فراهم می‌آورد.

طراحی و ارزیابی سیاست‌ها (سناریو)

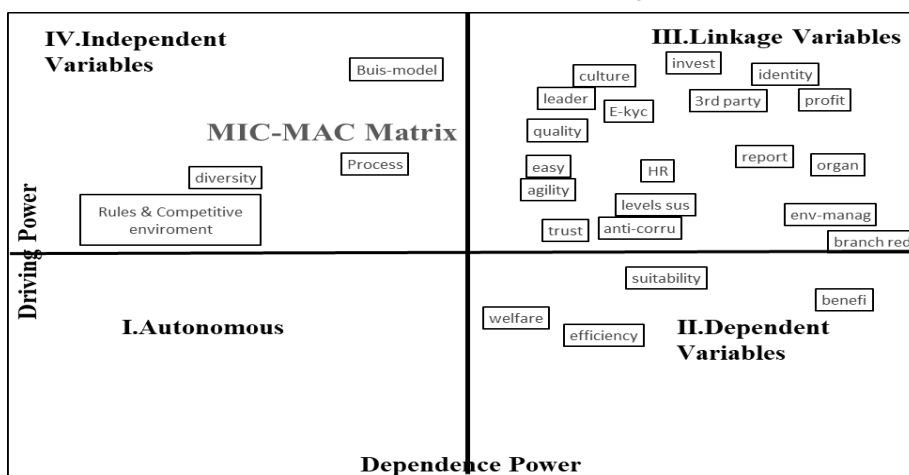
در این بخش با استفاده از سازوکارهای بازخوردی تعریف‌شده برای مدل، سیاست‌ها و سناریوهای مختلف برای تداوم متغیرهای پایداری بانکداری دیجیتال بررسی می‌شوند. با توجه اینکه تهیه گزارش‌ها و بررسی نتایج حاصله به‌صورت سالیانه است، واحد زمانی شبیه‌سازی (سال) انتخاب شده است. برای تعیین سناریوهای کلیدی، ابتدا با استفاده از روش میک مک (MICMAC) و با توجه به شکل ۹ روابط میان متغیرها از نظر میزان اثرگذاری و پذیرش تحلیل شد. نتایج این تحلیل نشان داد که متغیرهایی دارای بالاترین میزان اثرگذاری و پذیرش هستند و

1. Integration Error Test

مدلی مبتنی بر پویایی سیستم برای پایداری در صنعت بانکداری دیجیتال؛ کرامت پناه و همکاران | ۱۴۷

به عنوان اهرم‌های اصلی مدل شناسایی شدند. در ادامه، این متغیرها در جلسات تخصصی با خبرگان حوزه بانکداری دیجیتال و توسعه پایدار مورد ارزیابی قرار گرفت و با اجماع نظر خبرگان، این سناریوها با توجه به متغیرهای کلیدی پایداری بانکداری دیجیتال تأیید شدند. به این ترتیب، انتخاب نهایی سناریوها بر مبنای تلفیق تحلیل کمی (میک مک) و تحلیل کیفی (نظر خبرگان) صورت گرفته است (Singh and et al., 2024).

شکل ۱۰. دسته‌بندی متغیرها (MIC-MAC)



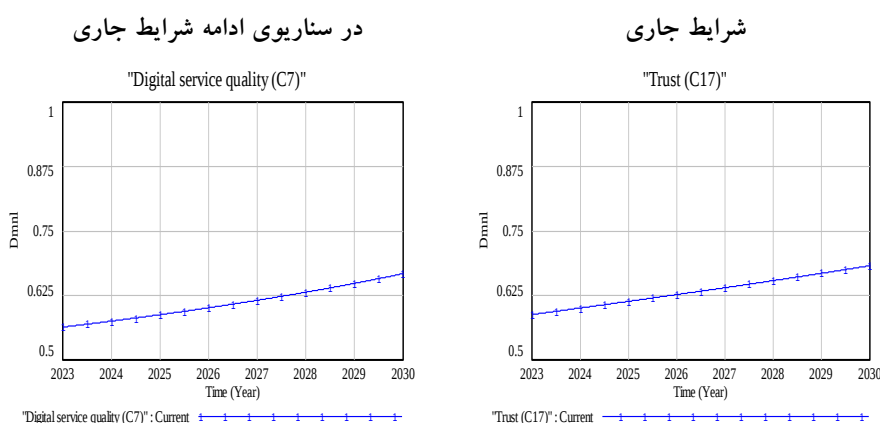
بر این اساس، پنج سناریوی کلیدی تدوین گردید. سناریوی نخست، «ادامه شرایط جاری»، بر پایه حفظ روندهای موجود بدون مداخله معنادار تعریف شد. سناریوی دوم، «افزایش سرمایه‌گذاری در فرآیندهای سازمانی، بهبود مدل کسب و کار و ارتقاء فرهنگ دیجیتال»، باهدف تسریع تحول دیجیتال داخلی ترسیم گردید. سناریوی سوم بر «بهبود کیفیت خدمات دیجیتال» تمرکز دارد که اهمیت فزاینده تجربه کاربری را منعکس می‌کند. سناریوی چهارم، «ارتقاء سامانه‌های شناسایی دیجیتال و عوامل احراز هویت بر تقویت امنیت و تسهیل احراز هویت دیجیتال تأکید دارد. نهایتاً سناریوی پنجم با عنوان «بهبود پایداری در سطوح سازمانی» به بررسی اثرات تحکیم ساختارها و فرآیندهای پشتیبان تحول دیجیتال می‌پردازد. این سناریوها به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که طیف متنوعی از آینده‌های

ممکن را پوشش دهند و امکان تحلیل پویایی‌های سیستم تحت شرایط متفاوت را فراهم آورند (Galati et al., 2021; Kumar et al., 2022).

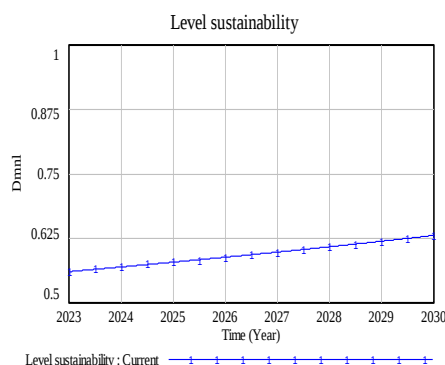
سناریو اول: ادامه شرایط جاری

در سناریوی ادامه شرایط جاری، فرض بر این است که تمامی پارامترهای موجود در مدل پویایی‌شناسی سیستم‌ها همانند گذشته و بدون تغییر باقی بمانند. به بیان دیگر، تمامی متغیرها و عوامل مؤثر بر سیستم به صورت ثابت و با همان مقادیر و روابط قبلی عمل می‌کنند. این سناریو این امکان را می‌دهد که به بررسی و تحلیل نتایج حاصل از ادامه وضعیت موجود پرداخته شود. شکل (۱۰) نشان می‌دهد در طی ده سال آتی، رفتار متغیر میزان اعتماد با رفتار رشد افزایش می‌یابد. متغیر کیفیت درک شده و مورد انتظار استفاده از خدمات بانکی نیز مطابق با شکل (۱۱) است. شکل (۱۲) و (۱۳) نیز نشان‌دهنده افزایش سطح پایداری در سطوح سازمانی و سوددهی حاصل از به کارگیری پایداری است. بعلاوه از تحلیل توأماً دو شکل (۱۴) و (۱۵) می‌توان هم‌زمان افزایش فرهنگ زیست در دوره دیجیتال و افزایش تعداد مشتریان را پی برد. به طور کلی، این نتایج نشان‌دهنده یک روند مثبت و رو به رشد در چابکی، سهولت استفاده و پذیرش خدمات دیجیتال در صنعت بانکداری است که می‌تواند به بهبود عملکرد و رقابت‌پذیری بانک‌ها در آینده منجر شود.

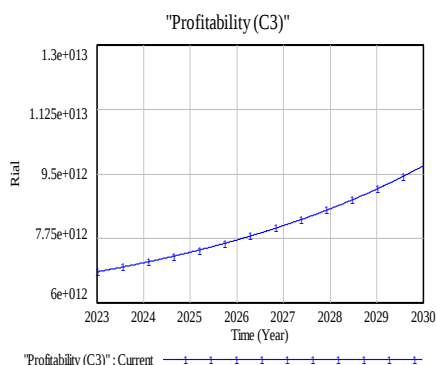
شکل ۱۰. رفتار متغیر اعتماد در سناریوی ادامه شکل ۱۱. رفتار متغیر کیفیت خدمات دیجیتال



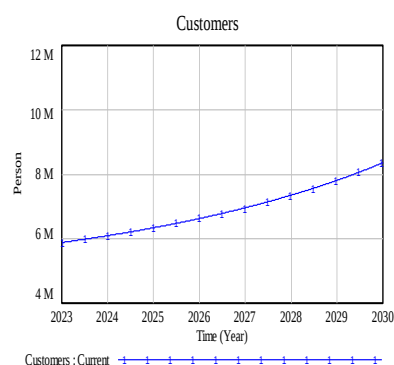
شکل ۱۲. رفتار متغیر پایداری سطوح عملیاتی
در سناریوی ادامه شرایط جاری



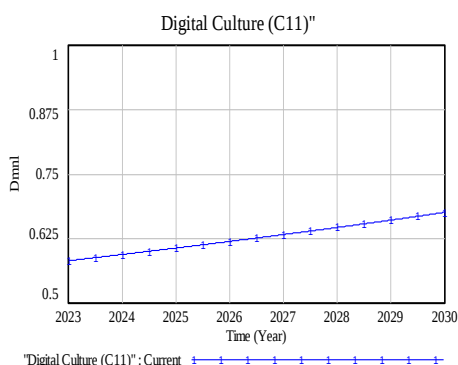
شکل ۱۳. رفتار متغیر سوددهی در سناریوی
ادامه شرایط جاری



شکل ۱۴. رفتار متغیر تعداد مشتریان در
سناریوی ادامه شرایط جاری



شکل ۱۵. رفتار متغیر فرهنگ دیجیتال در
سناریوی ادامه شرایط جاری

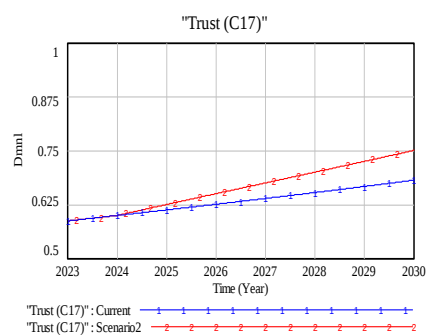
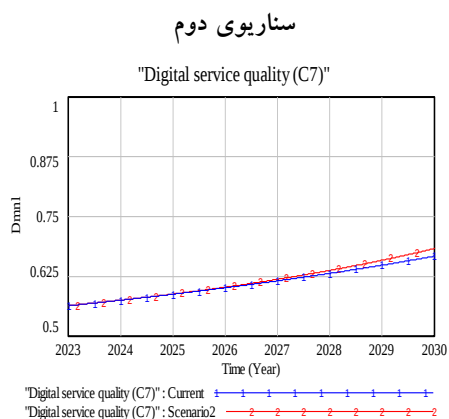


سناریوی دوم: افزایش سرمایه گذاری بر روی فرآیندهای سازمانی، بهبود مدل کسب و کار و ارتقاء فرهنگ دیجیتال

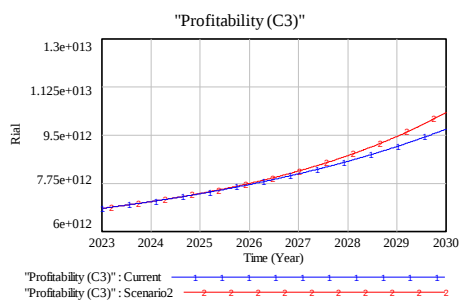
در سناریوی دوم، تمرکز سیاست گذاری بر افزایش دو برابری سرمایه گذاری در فرآیندهای سازمانی، بهبود مدل کسب و کار و ارتقاء فرهنگ دیجیتال بوده است. این اقدامات، باهدف توانمندسازی درون سازمانی و افزایش سطح اعتماد و پذیرش فناوری های نو در میان ذی نفعان صورت گرفته اند. نتایج حاصل از شبیه سازی مدل پویایی سیستم نشان

می‌دهد که این راهبرد موجب رشد چشم‌گیر برخی شاخص‌های کلیدی عملکرد شده است. در مقایسه با سناریوی پایه، سطح اعتماد خط قرمز رنگ در مدل از حدود ۶۰ درصد به ۷۵ درصد افزایش یافته که بیانگر نقش مؤثر فرهنگ‌سازی دیجیتال و بازآفرینی ساختارهای کسب‌وکار در جلب اعتماد مشتریان است. همچنین، کیفیت خدمات دیجیتال با جهشی محدود اما معنادار، از مقدار ۰٫۶۰ به ۰٫۶۵ رسیده است. این افزایش، هرچند نسبتاً جزئی به نظر می‌رسد، اما در چارچوب بهبودهای فرآیندی و توسعه زیرساخت‌های داخلی قابل توجه است. در بُعد اقتصادی، سوددهی سازمان از حدود 9.5×10^{12} ریال به 1.125×10^{13} ریال افزایش یافته است که نمایانگر ارتقاء بهره‌وری ناشی از بهبود در ساختارهای داخلی و رضایت بیشتر مشتریان است. همچنین، تعداد مشتریان دیجیتال با افزایشی ۱ میلیونی، رشد داشته است؛ موضوعی که می‌تواند به ارتقاء تجربه کاربری و افزایش اعتماد عمومی نسبت داده شود. با این حال، شاخص پایداری سازمانی در این سناریو تغییر محسوسی نداشته و تقریباً در سطح ۶۰ درصد باقی مانده است که نشان می‌دهد پایداری بلندمدت نیازمند سیاست‌های مکمل در حوزه منابع انسانی، محیط‌زیست و ریسک‌پذیری ساختاری است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که گرچه اصلاحات ساختاری و فرهنگی می‌توانند تأثیر مستقیم بر اعتماد و سوددهی داشته باشند، اما برای دستیابی به پایداری پایدارتر، نیاز به مداخلات چندبعدی‌تری وجود دارد. مطالعات اخیر نیز بر اهمیت این هم‌افزایی تأکید دارند. به عنوان نمونه، پژوهشی در این زمینه نشان داده که افزایش سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های فرآیندی و فرهنگی، تنها در صورتی منجر به پایداری سازمانی می‌شود که با تغییر در سیاست‌های منابع انسانی و نوآوری در مدل کسب‌وکار همراه باشد (Nguyen and et al., 2021). با اعمال این سناریو رفتار متغیرهای مدل مطابق با شکل‌های (۱۶) یعنی اعتماد و (۱۷) یعنی کیفیت خدمات دیجیتال و (۱۸) یعنی سطح پایداری سازمانی و (۱۹) یعنی سودآوری و (۲۰) یعنی مشتریان می‌باشد.

شکل ۱۶. رفتار متغیر اعتماد در سناریوی دوم

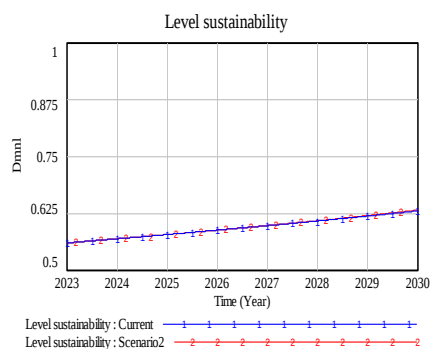


شکل ۱۹. رفتار متغیر سوددهی در سناریوی دوم



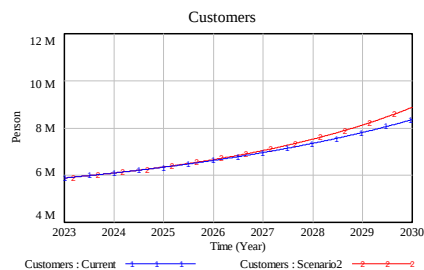
شکل ۱۸. رفتار متغیر پایداری سطوح

عملیاتی در سناریوی دوم



شکل ۲۰. رفتار متغیر تعداد مشتریان

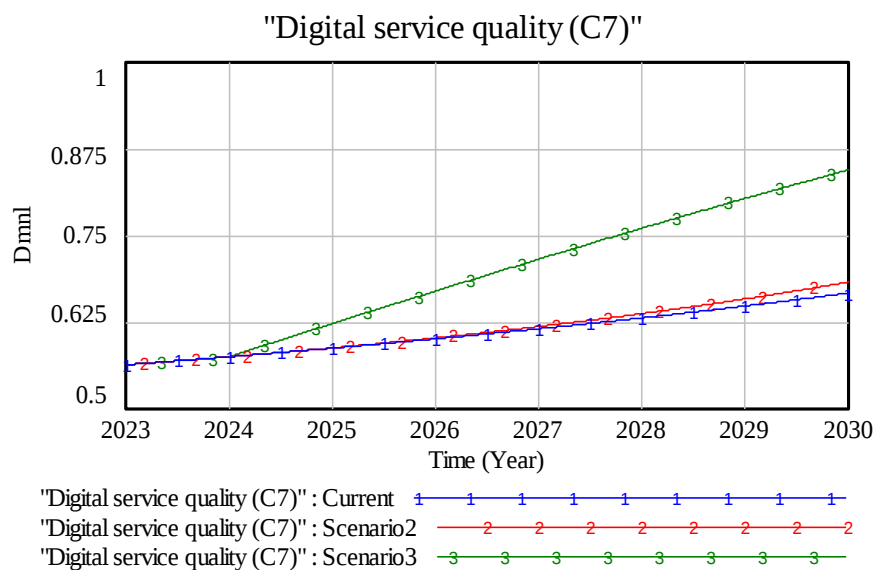
در سناریوی دوم



سناریو سوم: بهبود کیفیت خدمات دیجیتال

در سناریوی سوم، فرض بر این است که با تخصیص سرمایه مناسب، بتوان کیفیت خدمات دیجیتال را به طور مؤثری ارتقاء داد. در این سناریو، انجام سرمایه گذاری‌ها به گونه‌ای انجام می‌شود که کیفیت این خدمات از سال ۲۰۲۳ به بعد با یک روند مشخص و تدریجی افزایش یابد. به طور خاص، فرض بر این است که افزایش کیفیت خدمات دیجیتال از یک نقطه پایه آغاز می‌شود و با توجه به تخصیص بودجه، این افزایش کیفیت به صورت مستمر و پیوسته تا سال ۲۰۳۰ ادامه یابد. در نهایت، همان‌طور که در شکل ۱۶ نشان داده شده است، انتظار می‌رود که این کیفیت در سال ۲۰۳۰ به ۸۵ درصد برسد که نشان‌دهنده استانداردهای مطلوب و مطلوب خدمات دیجیتال است.

شکل ۱۶. رفتار متغیر کیفیت خدمات دیجیتال در سناریوی سوم

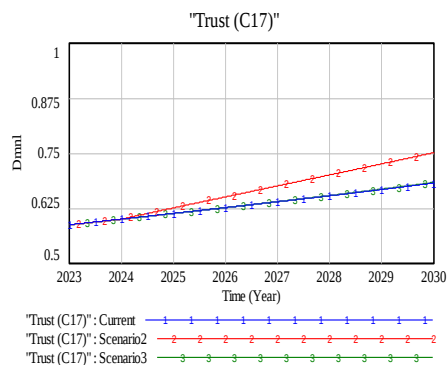


در این سناریو، انتظار می‌رود که رفتار متغیرهای مدل به صورت شکل‌های ۱۷ تا ۲۲ تغییر یابد. یکی از نکات مهم درباره کیفیت خدمات این است که تأثیر آن بر میزان اعتماد، به صورت مستقیم و خطی نیست. به همین دلیل، رفتار متغیر اعتماد که در شکل ۱۷ با رنگ

سبز به تصویر کشیده شده است، تغییرات چندانی را نشان نمی‌دهد. در این سناریو، اگر آن را با سناریوی دوم مقایسه کنیم، به وضوح می‌توان مشاهده کرد که تأثیر این حالت بر جنبه محیط زیستی پایداری کمتر است. به عبارتی دیگر، اقدامات لازم برای بهبود کیفیت خدمات دیجیتال، به طور مستقیم با محدودیت‌های زیست محیطی کمتری مواجه خواهد شد و لذا انتظار نمی‌رود متغیرهایی مانند سطح پایداری سازمان و فرهنگ دیجیتال تغییرات قابل توجهی را نشان دهند. با وجود تمرکز بر بهبود کیفیت خدمات، سایر متغیرهای کلیدی در این سناریو تغییراتی متفاوت با دو سناریوی پیشین از خود نشان داده‌اند. سطح اعتماد مشتریان در مقایسه با سناریوی اول تفاوت معناداری ندارد و تقریباً در همان سطح باقی می‌ماند که می‌توان آن را به تمرکز کمتر بر سرمایه‌گذاری در حوزه فرهنگ دیجیتال نسبت داد. شاخص مدیریت ضایعات و محیط‌زیست در این سناریو نسبت به سناریوی دوم کاهش یافته ولی همچنان بهتر از سناریوی اول ارزیابی می‌شود که بیانگر اثرات جانبی مثبت بهبود کیفیت دیجیتال بر عملکرد زیست محیطی است. از منظر عملکرد سازمانی، شاخص پایداری سطوح سازمانی تغییر محسوسی را نسبت به سناریوهای دیگر تجربه نکرده و همچنان در محدوده میانی باقی مانده است. در مقابل، درآمد سازمان در پایان سال ۲۰۳۰ نسبت به دو سناریوی دیگر بهبود بیشتری یافته است؛ به ویژه نسبت به سناریوی اول، این افزایش درآمد چشم‌گیرتر است. تعداد مشتریان دیجیتال نیز در این سناریو بیشتر از سناریوی اول و کمتر از سناریوی دوم گزارش شده که نشان‌دهنده تأثیر مستقیم کیفیت خدمات بر جذب مشتری است. در عین حال، متغیر فرهنگ دیجیتال در این سناریو در سطحی پایین‌تر از سناریوی دوم باقی مانده است، چراکه سرمایه‌گذاری مستقیمی بر توسعه فرهنگ دیجیتال در نظر گرفته نشده و تمرکز صرفاً بر بهبود فنی خدمات بوده است.

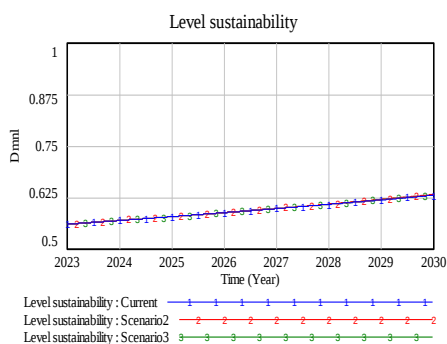
شکل ۱۷. رفتار متغیر اعتماد

در سناریوی سوم



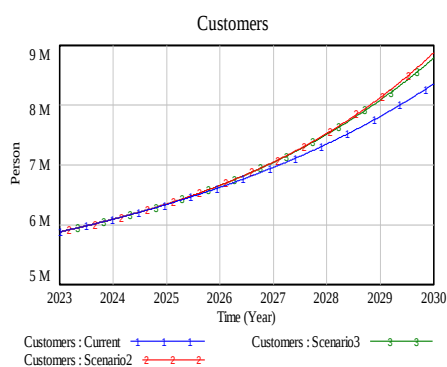
شکل ۱۹. رفتار متغیر پایداری سطوح عملیاتی

در سناریوی سوم



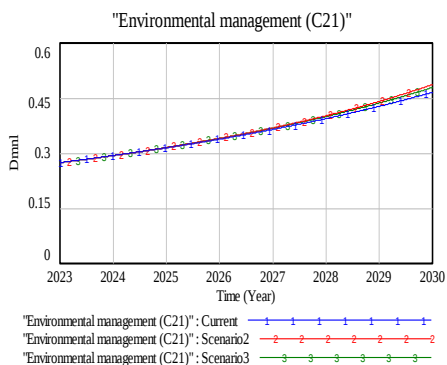
شکل ۲۱. رفتار متغیر تعداد مشتریان در

سناریوی سوم



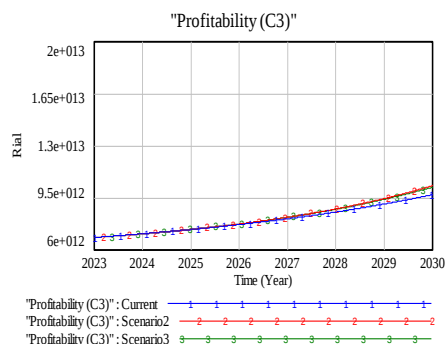
شکل ۱۸. رفتار متغیر مدیریت ضایعات

و محیط زیست در سناریوی سوم



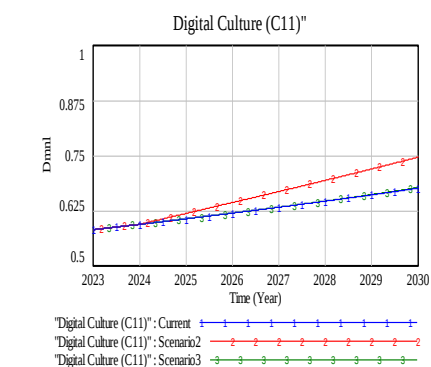
شکل ۲۰. رفتار متغیر سوددهی در سناریوی

سوم



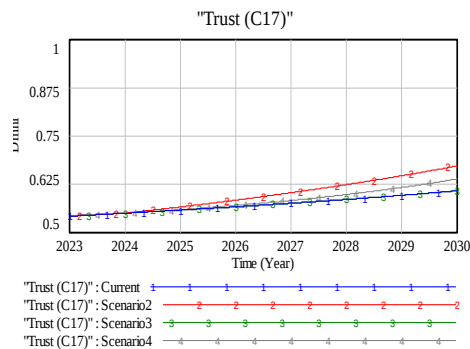
شکل ۲۲. رفتار متغیر فرهنگ دیجیتال در

سناریوی سوم

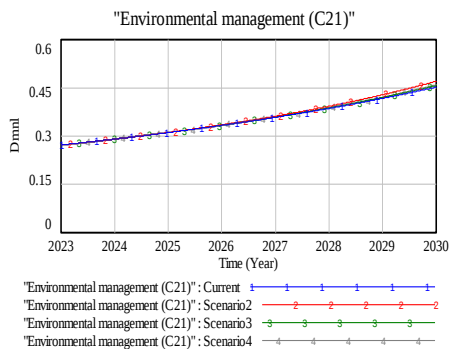


سناریو چهارم: ارتقاء متغیرهای شناخت الکترونیک مشتریان (E-kyc) و عامل احراز هویت در سناریوی چهارم، استراتژی اصلی بر ارتقاء متغیرهای مرتبط با شناخت الکترونیک مشتری (E-KYC) و احراز هویت دیجیتال متمرکز است. در این مسیر، طی یک دوره زمانی هفت ساله، میزان سرمایه گذاری و توسعه در این حوزه به صورت دو برابری نسبت به وضعیت پایه افزایش یافته است. هدف از این رویکرد، تسهیل تعاملات دیجیتال با مشتریان، بهینه سازی فرآیندهای اعتبارسنجی و افزایش اعتماد در استفاده از خدمات دیجیتال بوده است. نتایج مدل سازی پویایی سیستم نشان می دهد که این سناریو با توجه به شکل های (۲۶) و (۲۷) با خط بنفش رنگ بیشترین تأثیر را بر سودآوری و جذب مشتریان داشته است؛ به طوری که شاخص های مالی سازمان نسبت به سایر سناریوها رشد بیشتری را تجربه کرده اند. در این سناریو، سودآوری سازمان طی یک بازه زمانی هفت ساله، از حدود 10×7 ریال به $10^{13} \times 1.125$ ریال افزایش یافته است؛ به عبارتی، رشد قابل توجهی در حدود ۶۰ درصدی در شاخص سودآوری حاصل شده که ناشی از بهینه سازی فرایندهای E-KYC و احراز هویت دیجیتال می باشد. این امر را می توان ناشی از بهبود چشم گیر در فرایندهای ورود مشتریان، کاهش خطاهای عملیاتی و افزایش امنیت دانست که به طور مستقیم بر رضایت مشتری و نرخ استفاده از خدمات دیجیتال تأثیر گذاشته اند. در عین حال، شاخص های اعتماد در شکل (۲۳)، پایداری سازمانی در شکل (۲۵) و عملکرد زیست محیطی و ضایعات در شکل (۲۴) نیز روندی صعودی اما با شیب ملایم داشته اند. این شاخص ها در این سناریو نسبت به وضعیت پایه بهبود یافته اند، اما همچنان در سطحی پایین تر از مقادیر ثبت شده در سناریوی دوم به رنگ قرمز در شکل ها باقی مانده اند، چرا که در این سناریو تمرکز کمتری بر فرهنگ سازی دیجیتال و بهبود مدل های سازمانی شده است.

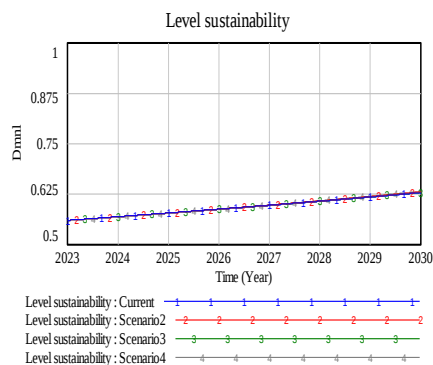
شکل ۲۳. رفتار متغیر اعتماد در سناریوی چهارم



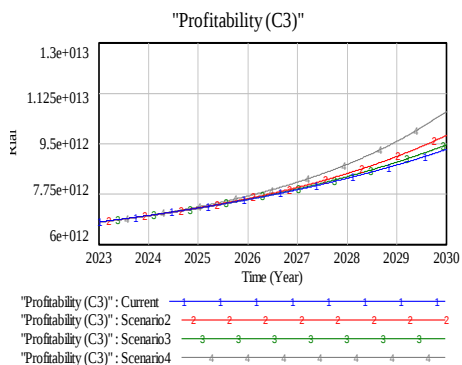
شکل ۲۴. رفتار متغیر مدیریت ضایعات و محیط زیست در سناریوی چهارم



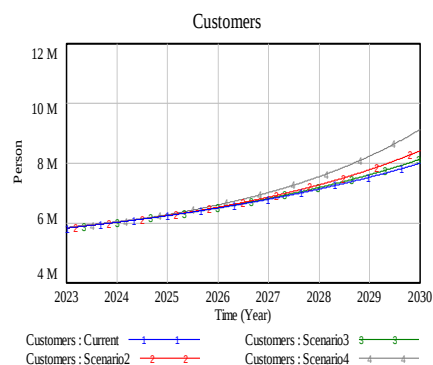
شکل ۲۵. رفتار متغیر پایداری سطوح عملیاتی در سناریوی چهارم



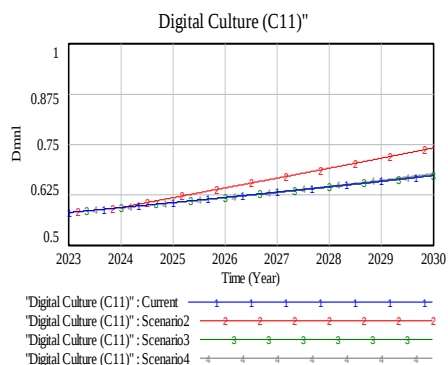
شکل ۲۶. رفتار متغیر سوددهی در سناریوی چهارم



شکل ۲۷. رفتار متغیر تعداد مشتریان در سناریوی چهارم



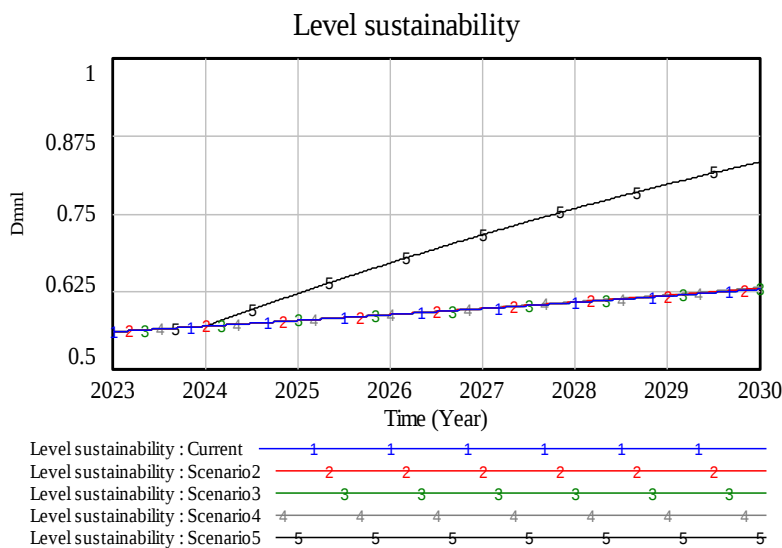
شکل ۲۸. رفتار متغیر فرهنگ دیجیتال در سناریوی چهارم



سناریو پنجم: بهبود در زمینه پایداری سطوح

در سناریوی پنجم با توجه به شکل (۲۹) که با خط مشکی روند نشان داده شده است، راهبرد اصلی بر ارتقاء پایداری سطوح سازمانی و همچنین بهبود عملکرد زیست محیطی از طریق مدیریت بهینه ضایعات متمرکز شده است. در این سناریو، شاخص پایداری سطوح از حدود ۶۰ درصد در سال پایه ۲۰۲۳ با روندی پیوسته و مستمر به سطح ۸۵ درصد در سال ۲۰۳۰ افزایش یافته است. این رشد چشم گیر که در شکل ۳۰ قابل مشاهده است، بیانگر تحقق تدریجی اهداف پایداری از طریق اصلاح فرایندهای درون سازمانی و سیاست گذاری های توسعه محور می باشد.

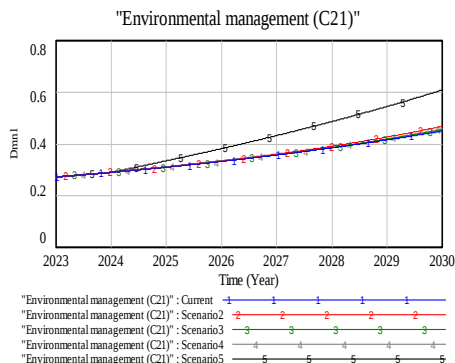
شکل ۲۹. رفتار متغیر پایداری سطوح عملیاتی در سناریوی پنجم



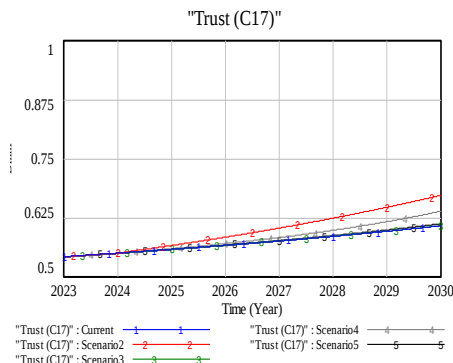
شاخص اعتماد در شکل (۳۰) نیز در این سناریو هم تراز با سناریوی جاری رشد ملایمی را تجربه کرده است. در شکل (۳۱)، شاخص مدیریت ضایعات و زیست محیطی نشان دهنده رشدی تند از مقدار اولیه ۰,۳ در سال ۲۰۲۳ به حدود ۰,۶ در سال ۲۰۳۰ است که با خط مشکی رنگ نمایش داده شده است. این رشد می تواند ناشی از سرمایه گذاری در

فناوری‌های سبز و فرآیندهای پایدار سازمانی باشد. از منظر اقتصادی، شاخص سودآوری در این سناریو نسبت به سناریوهای اول، دوم و سوم افزایش بیشتری را نشان می‌دهد و در برخی دوره‌ها با سناریوی دوم هم‌تراز بوده است؛ اما همچنان در سطحی پایین‌تر از سناریوی چهارم قرار دارد. در شکل (۳۲)، این تفاوت به‌روشنی قابل مشاهده است. همچنین، جذب مشتری جدید در این سناریو رشدی حدود دو میلیون نفر طی دوره هدف را نشان می‌دهد که در شکل (۳۳) با خط مشکی رنگ مشخص شده است. در خصوص فرهنگ دیجیتال، این شاخص در سطحی مشابه با سناریوهای جاری، اول، دوم و سوم باقی مانده و پایین‌تر از سناریوی چهارم است، چراکه تمرکز اصلی این سناریو بر پایداری و محیط‌زیست بوده و سرمایه‌گذاری مستقیمی در حوزه فرهنگ دیجیتال صورت نگرفته است.

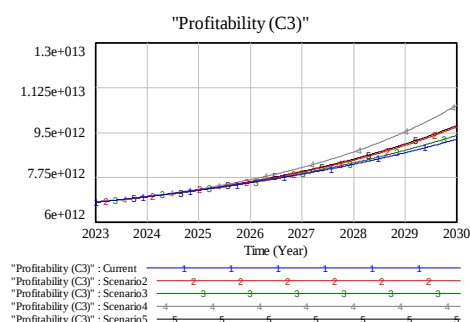
شکل ۳۱. رفتار متغیر مدیریت ضایعات و زیست محیطی در سناریوی پنجم



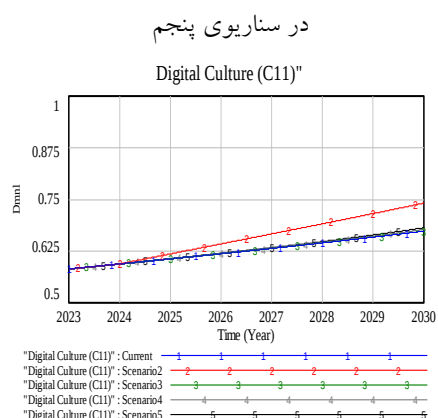
شکل ۳۰. رفتار متغیر اعتماد در سناریوی پنجم



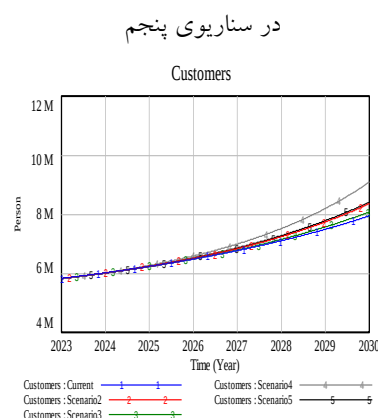
شکل ۳۲. رفتار متغیر سوددهی در سناریوی پنجم



شکل ۳۴. رفتار متغیر فرهنگ دیجیتال



شکل ۳۳. رفتار متغیر تعداد مشتریان



بحث و نتیجه گیری

نتایج شبیه سازی و تحلیل سناریوهای مختلف نشان می دهد که در صنعت بانکداری، استقرار پایداری در حوزه بانکداری دیجیتال مستلزم سرمایه گذاری های قابل توجهی در عوامل مرتبط با پایداری است. چنین سرمایه گذاری هایی می تواند منجر به افزایش سودآوری، بهبود پایداری در سطح سازمانی و افزایش تعداد مشتریان شود. سایر عوامل، از جمله ابزارهای مرتبط با روندهای دیجیتالی در فرآیندهای شناسایی و احراز هویت مشتری، همکاری با طرف های ثالث، متغیرهایی مانند کیفیت خدمات دیجیتال و مدیریت محیط زیست و کاهش ضایعات، دارای اهمیت ثانویه در تأثیرگذاری بر پویایی سیستم پایداری بانکداری دیجیتال هستند. به طور کلی، بر اساس سناریوهای

موردبررسی و تحلیل صنعت بانکداری، اولویت‌بندی پایداری در عصر دیجیتال انتظار می‌رود که مزایای مالی، اجتماعی و زیست‌محیطی قابل توجهی را برای سازمان‌ها و جامعه به همراه داشته باشد.

بنابراین، توصیه می‌شود که شبکه بانکی اقداماتی را برای تقویت تدابیر امنیتی باهدف افزایش اعتماد و حفاظت از تراکنش‌های مشتریان و ذی‌نفعان انجام دهد. همچنین، باید تلاش‌هایی برای ارتقا و به‌روزرسانی ساختار آموزشی نیروی کار دیجیتال متناسب با فناوری‌ها و روندهای نوین صورت گیرد تا دانش فنی، تخصص و الزامات پایداری بهبود یابد.

توسعه زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، همراه با همکاری با سیاست‌گذاران، باید ازجمله اهداف شبکه بانکی باشد. علاوه بر این، توسعه زیرساخت‌های دیجیتال باهدف کاهش هزینه‌ها، افزایش چابکی سازمانی و پایش بهترین شیوه‌های بازار از طریق همکاری با طرف‌های ثالث، فن‌تک‌ها و دیگر بازیگران نوظهور و دانش‌بنیان باید در اولویت سازمان‌ها قرار گیرد.

همچنین، به پژوهشگران توصیه می‌شود که سایر صنایع را نیز بررسی کرده و یافته‌های این مطالعه را با آن‌ها مقایسه کنند. شناسایی متغیرهای اضافی با جزئیات کمی و کیفی بیشتر و توسعه مدل‌هایی با استفاده از روش‌های ریاضی، ابتکاری و هوش مصنوعی یکپارچه نیز پیشنهاد می‌شود. سایر پیشنهادها شامل بررسی شکاف عملکردی در پایداری دیجیتال در صنایع و کسب‌وکارهای مختلف، انجام پژوهش‌های کاربردی برای تدوین دستورالعمل‌ها و استانداردهای پایداری در عصر تحول دیجیتال و تولید گزارش‌های دوره‌ای مبتنی بر این استانداردها است.

درنهایت، پیشنهاد می‌شود که مدیران پایداری آموزش‌دیده و دفاتر و کمیته‌های پایداری در سازمان‌ها، صنایع و کسب‌وکارها برای افزایش کارایی عملیاتی ایجاد شوند. همچنین، پژوهشگران می‌توانند تأثیر فناوری‌های نوظهوری مانند یادگیری ماشین را بر تحلیل رفتار مشتری و ارائه خدمات شخصی‌سازی شده بررسی کنند. آن‌ها

می توانند تفاوت عملکرد بانک های کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته را در اجرای سیاست های پایداری دیجیتال مطالعه کنند. در پژوهش های آینده، سناریوهای شبیه سازی شده می توانند به حوزه هایی مانند مدیریت ریسک، مقررات بانکداری دیجیتال و تأثیرات جغرافیایی گسترش یابند. بررسی پتانسیل فناوری هایی مانند بلاک چین، بانکداری باز و اینترنت اشیا برای ارتقای پایداری در بانکداری دیجیتال نیز مفید خواهد بود. در نهایت، در صورت امکان، می توان بررسی کرد که چگونه فناوری های دیجیتال می توانند به بهبود دسترسی افراد کم درآمد و ساکنان مناطق دورافتاده به خدمات بانکی کمک کنند.

ارزیابی انتقادی پژوهش (روش ها و یافته ها)

با وجود ارائه ی یک مدل پویایی شناسی جامع برای پایداری بانکداری دیجیتال و تحلیل سناریوهای مختلف، یافته های پژوهش نیازمند تحلیل انتقادی دقیق تری هستند. نخست آن که اگرچه نتایج به روشنی تأثیر مثبت متغیرهایی مانند کیفیت خدمات دیجیتال، اعتماد مشتریان و پایداری سازمانی را بر عملکرد بانک ها نشان می دهد، اما این روابط عمدتاً بر پایه ی مدل سازی مفهومی و قضاوت خبرگان شکل گرفته اند. استفاده از روش دلفی فازی با مشارکت تنها ۱۰ خبره، اگرچه در ادبیات رایج است، اما ممکن است نتواند بازتاب دهنده ی کامل تنوع دیدگاه ها و شرایط واقعی صنعت بانکداری کشور باشد. این محدودیت، به ویژه در تعیین وزن و اهمیت متغیرها، می تواند موجب سوگیری های احتمالی در نتایج شود.

در بخش مدل سازی ساختاری و دینامیکی نیز، برخی از پارامترها به صورت ذهنی و با تکیه بر برآوردهای غیرمستقیم یا قضاوت های کارشناسی تعیین شده اند. این رویکرد ممکن است دقت شبیه سازی را کاهش داده و تعمیم پذیری یافته ها را محدود کند. افزون بر این، عوامل برونزا نظیر تغییرات سریع فناوری یا سیاست های کلان اقتصادی که می توانند به شدت بر پویایی سیستم اثرگذار باشند، در مدل لحاظ نشده اند. از منظر ارتباط با ادبیات موضوع، برخی از نتایج با مطالعات پیشین هماهنگ است؛ در

این پژوهش تلاش شده است تا یافته‌های به دست آمده نه تنها در چارچوب مدل سازی مفهومی و سناریوهای شبیه سازی بررسی شوند، بلکه در پرتو ادبیات موضوع نیز مورد تحلیل قرار گیرند. به ویژه، نتایج حاصل از سناریوهایی چون ارتقاء فرهنگ دیجیتال، بهبود فرآیندهای سازمانی و توسعه مدل کسب و کار با مطالعاتی مانند *Nicolleti (2021)* و *Nguyen et al. (2021)* هم راستا بوده و بر نقش میانجی گرانه این مؤلفه‌ها در ارتقاء پایداری تأکید دارند. همچنین، یافته‌های پژوهش در خصوص اثرگذاری سرمایه گذاری بر کیفیت خدمات دیجیتال، امنیت اطلاعات و شفافیت فرآیندها با رویکردهای پیشنهادی *George et al. (2020)*، *Castro et al. (2021)* و *Singh (2022)* هم خوانی دارد. از سوی دیگر، در بخش هایی از مدل، از جمله تأثیر متقابل شناخت الکترونیکی مشتری (E-KYC) بر عملکرد زیست محیطی، روابط جدیدی استخراج شده است که در پژوهش های پیشین کمتر به آن ها پرداخته شده و می تواند به عنوان توسعه ی نظری مدل های موجود تلقی شود. همچنین، طراحی مدل سه بعدی (اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی) برای تبیین پایداری در بانکداری دیجیتال، پاسخی به خلأ موجود در اغلب مطالعات پیشین است که صرفاً به یک بعد یا به تحلیل های توصیفی و جزیره ای در بانکداری بسنده کرده بودند. بدین ترتیب، پژوهش حاضر ضمن هم سویی با چارچوب های نظری موجود، گامی در جهت تلفیق منسجم آن ها در قالب یک مدل بومی سازی شده و کاربردی برداشته است.

در نهایت، یکی از محدودیت های قابل توجه پژوهش، فقدان استفاده از داده های واقعی میدانی یا طولی جهت آزمون تجربی مدل است. از آنجا که مدل ارائه شده صرفاً در محیط شبیه سازی مورد بررسی قرار گرفته، یافته ها بیشتر جنبه ی پیشنهادی و امکان سنجی دارند تا اثبات علمی قطعی داشته باشند.

پیشنهادهای مدیریتی

برای مقابله با چالش ها و بهبود پایداری در بانکداری دیجیتال، این بخش توصیه های مدیریتی استخراج شده از تحلیل های انجام شده را ارائه می دهد. این توصیه ها شامل

موارد زیر است:

طراحی مدل‌های کسب و کار تطبیقی به مدیران بانک‌ها اجازه می‌دهد در مواجهه با تغییرات سریع فناوری و مقررات جدید، خدمات خود را به سرعت بازطراحی و به بازار عرضه کنند. برای اجرای این رویکرد، لازم است ساختارهای تصمیم‌گیری درون بانک‌ها چابک‌تر شوند و تیم‌های بین‌رشته‌ای در زمینه فناوری اطلاعات، بازاریابی و عملیات تشکیل گردد. این اقدام موجب افزایش پایداری مالی و حفظ سهم بازار در محیط‌های پرتلاطم دیجیتال خواهد شد.

برای کاهش خطرات امنیتی در بانکداری دیجیتال و افزایش اعتماد مشتریان، ایجاد شبکه‌های داده‌ای امن باید در اولویت قرار گیرد. این شبکه‌ها باید قادر به مقابله با حملات سایبری و تهدیدات جدید باشند. بانک‌ها باید از فناوری‌های پیشرفته مانند فناوری بلاکچین، رمزنگاری پیشرفته و سیستم‌های احراز هویت چندعاملی استفاده کنند. این اقدامات موجب کاهش احتمال نفوذ غیرمجاز و دسترسی به اطلاعات حساس مشتریان می‌شود. همچنین با افزایش امنیت داده‌ها، اعتماد مشتریان به خدمات دیجیتال بانک‌ها تقویت شده و این امر به ارتقاء نرخ پذیرش خدمات دیجیتال کمک خواهد کرد. درنهایت، این امنیت برای پایداری بانک‌ها در دنیای دیجیتال و حفاظت از اعتبار آن‌ها حیاتی است.

بانکداری سبز به عنوان یکی از استراتژی‌های کلیدی برای تحقق توسعه پایدار، نقش مهمی در کاهش اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های بانکی ایفا می‌کند. بانک‌ها باید اقدامات مشخصی در راستای کاهش ردپای کربنی خود اتخاذ کنند، از جمله استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر (مانند انرژی خورشیدی و بادی) برای تأمین انرژی مراکز داده و زیرساخت‌های دیجیتال. همچنین بهینه‌سازی مصرف انرژی در شعب دیجیتال و دیتاسنترها، توسعه خدمات بدون کاغذ و ترویج امضای الکترونیکی در قراردادهای، از جمله دیگر اقدامات سبز قابل اجرا هستند. برای پیاده‌سازی مؤثر بانکداری سبز، لازم است بانک‌ها سیاست‌های داخلی مشخصی برای پایداری زیست‌محیطی

تدوین کرده و این سیاست‌ها را در کلیه بخش‌های عملیاتی خود ادغام کنند. این اقدامات علاوه بر کمک به حفظ محیط زیست، موجب ارتقای تصویر برند بانک، افزایش مسئولیت اجتماعی شرکتی و جذب مشتریان آگاه به مسائل محیط‌زیستی خواهد شد. در نهایت، بانک‌هایی که در مسیر بانکداری سبز حرکت می‌کنند، نه تنها به الزامات قانونی و استانداردهای جهانی پاسخ می‌دهند، بلکه موقعیت رقابتی قوی‌تری در بازارهای آینده پیدا خواهند کرد.

برای ارزیابی صحیح‌تر و جامع‌تر عملکرد بانک‌ها در عصر دیجیتال، ضروری است که علاوه بر شاخص‌های اقتصادی سنتی، معیارهای پایداری اجتماعی و زیست محیطی نیز در نظر گرفته شوند. به‌ویژه در ایران که با چالش‌های محیط‌زیستی و اجتماعی روبه‌رو است، بانک‌ها باید شاخص‌هایی مانند استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در زیرساخت‌های دیجیتال، کاهش مصرف کاغذ و ارائه خدمات بدون کاغذ و دسترسی به خدمات مالی برای اقشار محروم را در نظر بگیرند. این شاخص‌ها نه تنها موجب کاهش تأثیرات منفی بانک‌ها بر محیط زیست می‌شود، بلکه به تقویت مسئولیت اجتماعی بانک‌ها کمک کرده و می‌تواند در جذب مشتریان آگاه به مسائل زیست محیطی و اجتماعی در بازار رقابتی ایران مؤثر باشد. همچنین، با توجه به افزایش رقابت در عرصه بانکداری دیجیتال، این رویکرد می‌تواند به عنوان یک مزیت رقابتی برای بانک‌ها محسوب شده و موجب افزایش اعتماد عمومی و وفاداری مشتریان شود. حمایت از استارت‌آپ‌ها و فین‌تک‌ها: تقویت اکوسیستم‌هایی که همکاری با استارت‌آپ‌ها را تشویق کرده و نوآوری‌های آن‌ها را در خدمات بانکی به کار گیرند. در راستای تحقق پایداری بانکداری دیجیتال در ایران، لازم است بانک‌ها با حمایت هدفمند از استارت‌آپ‌ها و فین‌تک‌ها، اکوسیستمی نوآور و پایدار ایجاد کنند. این حمایت می‌تواند شامل سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز، ترویج خدمات مالی فراگیر و توسعه راهکارهای دیجیتال کم‌مصرف و کم‌هزینه باشد. همکاری با فین‌تک‌ها به بانک‌ها امکان می‌دهد تا خدمات مالی را به شیوه‌ای سریع‌تر، کم‌هزینه‌تر

مدلی مبتنی بر پویایی سیستم برای پایداری در صنعت بانکداری دیجیتال؛ کرامت پناه و همکاران | ۱۶۵

و سازگارتر با محیط زیست به مشتریان عرضه کرده و بدین ترتیب هم به ارتقای پایداری اقتصادی، هم اجتماعی و هم زیست محیطی کمک کنند.

محدودیت های پژوهش

این تحقیق با وجود گستردگی موضوع و روش های مختلف تحقیقاتی که استفاده شده است، با محدودیت هایی نیز روبه رو بوده است. برخی از این محدودیت ها عبارت اند از:

یکی از محدودیت های این تحقیق عدم دسترسی به داده های دقیق و به روز از بانک ها و مؤسسات مالی در ایران بوده است. بخصوص بانک های دولتی که این امر باعث شد که بیشتر داده های استفاده شده از منابع عمومی و گزارش های بین المللی استخراج شوند که ممکن است به طور کامل منعطف با شرایط داخلی ایران نباشند. لذا انجام پژوهش های میدانی با دسترسی به داده های واقعی از بانک ها و مؤسسات مالی داخلی بخصوص دولتی برای بهبود دقت مدل ها و اعتبار نتایج پیشنهاد می گردد. در نظر نگرفتن فاکتورهایی از قبیل نظام و چارچوب اقتصادی و سیاسی کشور و تأثیر تحریم های بانک مرکزی و شبکه بانکی از جمله دیگر محدودیت های این پژوهش است. تحلیل تأثیر عوامل اقتصادی-سیاسی (مانند تحریم های بین المللی یا نوسانات اقتصادی داخلی) بر میزان موفقیت بانکداری دیجیتال پائیدار در مطالعات آینده به صورت سرفصل مجزا پیشنهاد می گردد.

از دیگر محدودیت های این رساله در این بوده است که بانک خاصی در ایران تاکنون به طور ویژه به بررسی و تدوین چارچوب های پایداری بانکداری دیجیتال حداقل به صورت یک پروژه سازمانی در سطح شبکه نپرداخته است. از این رو امکان پژوهش میدانی و یا پیمایش سلب شده است و به منظور ارائه مدل به ایده های خبرگان بسنده شده است. لذا به شبکه بانکی پیشنهاد اجرای مطالعات موردی در زمینه پایداری دیجیتال می گردد.

با توجه به شرایط خاص اقتصادی و تحریم ها، اجرای بسیاری از مدل های دیجیتال

در بانکداری ایران محدود است؛ بنابراین، نتایج این تحقیق ممکن است نتایج مشابه در کشورهای دیگر را به دقت منعکس نکند. لذا بررسی سناریوهای مختلف توسعه بانکداری دیجیتال در ایران تحت شرایط تحریم یا تغییرات احتمالی سیاسی-اقتصادی و توسعه مدل‌های مقاوم‌تی پیشنهاد می‌گردد.

تعارض منافع

تعارض منافع ندارم.

ORCID

Mohammad Taghi
Taghavifard

 <https://orcid.org/0000-0002-4886-2860>

Mohsen Keramatpanah

 <https://orcid.org/0000-0002-4886-2860>

Maghsoud Amiri

 <https://orcid.org/0000-0002-4212-2079>

Mehdi Shamizanjani

 <https://orcid.org/0000-0002-0650-2584>

References

1. Alexander, K. (2014). *Stability and sustainability in banking reform: Are environmental risks missing in Basel III?* Retrieved from <https://ssrn.com/abstract=2376404>
2. Al-Okaily, M., Khassawneh, A., Bataineh, H., & Dahabiyeh, L. A. (2023). Digital transformation and financial performance: Evidence from banking sector. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(1), 100300. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100300>
3. Azadeh, S., Aslizadaeh, A., Khakzar Bafruei, M., & Etemadi, A. (2023). Development of a dynamic model of bank strategy in uncertainty using the SD approach. *Financial Management Strategy*, 11(2), 203–226.
4. Bai, C., & Sarkis, J. (2020). A supply chain transparency and sustainability technology appraisal model for blockchain technology. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2142–2162. DOI: 10.1080/00207543.2019.1708989
5. Batista, A. A. D. S., & Francisco, A. C. D. (2018). Organizational sustainability practices: A study of the firms listed by the corporate sustainability index. *Sustainability*, 10(1), 226. <https://doi.org/10.3390/su10010226>
6. Brenner, B., & Hartl, B. (2021). The perceived relationship between digitalization and ecological, economic, and social sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 315, Article 128128. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128128>
7. Cheng, J. H., Lee, C. M., & Tang, C. H. (2009). An application of fuzzy Delphi and fuzzy AHP on evaluating wafer supplier in semiconductor industry. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 6(5), 756–767.
8. Çokçetin, G. (2018). Digital sustainability in the banking and finance sector. In *Sustainability in a Digital World. CSR, Sustainability, Ethics & Governance*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66592-4_5
9. Cook, S., Jackson, E. L., Fisher, M. J., Baker, D., & Diepeveen, D. (2021). Embedding digital agriculture into sustainable Australian food systems: Pathways and pitfalls to value creation. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/14735903.2021.1941170>
10. Debnath, B., Bari, A. M., de Jesus Pacheco, D. A., & Karmaker, C. L. (2023). An integrated Best–Worst Method and Interpretive Structural Modeling approach for assessing the barriers to circular economy implementation. *Decision Analytics Journal*, 7, 100250. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100250>

11. Del Carmen Sandoval Velasco, M. (2022). The digital finance and sustainability nexus: In search of a conceptual approach to “sustainable digital finance.” *Florence School of Banking and Finance*. <https://fbf.eui.eu/the-digital-finance-and-sustainability-nexus-in-search-of-a-conceptual-approach-to-sustainable-digital-finance/>
12. Del Río Castro, G., González Fernández, M. C., & Uruburu Colsa, Á. (2021). Unleashing the convergence amid digitalization and sustainability towards pursuing the Sustainable Development Goals (SDGs): A holistic review. *Journal of Cleaner Production*, 280, 122204. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122204>
13. Del Río Castro, G., González Fernández, M. C., & Uruburu Colsa, Á. (2021). Unleashing the convergence amid digitalization and sustainability towards pursuing the Sustainable Development Goals (SDGs): A holistic review. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124491. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124491>
14. DeYoung, R., & Yom, C. (2020). On the Fintech Revolution: Interpreting the Forces of Innovation, Disruption, and Transformation in Financial Services. *Journal of Economics and Business*, 108, 105930. <https://doi.org/10.1016/j.jeconbus.2019.105930>
15. Di Vaio, A., Palladino, R., Hassan, R., & Escobar, O. (2020). Artificial intelligence and business models in the sustainable development goals perspective: A systematic literature review. *Journal of Business Research*, 121, 283–314. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.08.019>
16. Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Ismagilova, E., Aarts, G., Coombs, C., Crick, T., ... & Williams, M. D. (2023). Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 71, 102642. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.002
17. Federal Reserve. (2020, December). Federal Reserve Board announces it has formally joined the Network of Central Banks and Supervisors for Greening the Financial System, or NGFS, as a member. *Federal Reserve Report*. Retrieved from <https://www.federalreserve.gov/newsevents/pressreleases/other20201215a.htm>
18. Fotiadis, A. K., Jiang, L., & Stylios, C. D. (2024). Banks' Role in Achieving Sustainable Development Goals: A Systematic Literature Review. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 14(1), 1–21. <https://doi.org/10.1080/20430795.2023.2175045>
19. Galati, A., Tulone, A., Crescimanno, M., & Schimmenti, E. (2021). Digital banking for sustainability: challenges and opportunities in the age of transformation. *Sustainability*, 13(15), 8424 DOI: 10.3390/

su13158424

20. Gebhardt, C. (2017). Humans in the loop: The clash of concepts in digital sustainability in smart cities. In T. Osburg & C. Lohrmann (Eds.), *Sustainability in a Digital World: New Opportunities Through New Technologies* (pp. 85–93). *Springer International Publishing*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66592-4_9
21. Geels, F. W. (2013). The impact of the financial–economic crisis on sustainability transitions: Financial investment, governance and public discourse. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 6, 67–95. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2012.11.004>
22. George, G., Merrill, R. K., & Schillebeeckx, S. J. D. (2020). Digital sustainability and entrepreneurship: How digital innovations are helping tackle climate change and sustainable development. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 45(5), 999–1027. <https://doi.org/10.1177/1042258719899425>
23. Georgiadis, P., & Besiou, M. (2022). Dynamic modeling for sustainability transitions: A review and research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 332, 130093. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.130093
24. Grames, J., & Pizzi, S. (2025). Sustainable Business Models in Banking: Patterns and Customer Perception. *Business Strategy and the Environment*. <https://doi.org/10.1002/bse.3459>
25. Gurendrawati, E., Musyaffi, A.M., Rofiqah, I., Widawati, Y., Oktavia, R., & Karmila, E. (2024). Digital Banking Channel Sustainability: Is It Effective to Use? *Journal of Sustainability Science and Management*.
26. Hussien, M. I., & Aziz, R. A. E. (2017). System dynamics modeling and simulation for e-banking: The Egyptian context. *IBIMA Business Review*, 2017, 1–17. <https://doi.org/10.5171/2017.191523>
27. Kalfaoglou, F. (2021). ESG risks: A new source of risks for the banking sector. *Bank of Greece Economic Bulletin*, (53). Retrieved from <https://www.bankofgreece.gr/Publications/EconomicBul53.pdf>
28. Khoshnevis, M., & Faezy Razi, F. (2022). Designing a dynamic model of banking services sustainable supply chain management using system dynamics (Case study: Mehr Iran Bank). *Journal of Industrial Engineering International*, 4(3), 90.
29. Klus, M. F., Lohwasser, T. S., Holotiuk, F., & Moormann, J. (2019). Strategic alliances between banks and FinTechs for digital innovation: Motives to collaborate and types of interaction. *The Journal of Entrepreneurial Finance*, 21(1), Article 2. Retrieved from <https://digitalcommons.pepperdine.edu/jef/vol21/iss1/2/>
30. Kumar, A., Mangla, S. K., Luthra, S., & Rana, N. P. (2022). Social

- sustainability in digital banking: a multi-methodological approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 178, 121587. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121587>
31. Kumar, K., & Prakash, A. (2019). Examination of sustainability reporting practices in Indian banking sector. *Asian Journal of Sustainability and Social Responsibility*, 4(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s41180-019-0027-5>
32. Kunkel, S., & Matthess, M. (2020). Digital transformation and environmental sustainability in industry: Putting expectations in Asian and African policies into perspective. *Environmental Science & Policy*, 112, 318–329. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.06.022>
33. Longo, F., Padovano, A., & Umbrello, S. (2020). Value-oriented and ethical technology engineering in industry 5.0: A human-centric perspective for the design of the factory of the future. *Applied Sciences*, 10(12), 4182. <https://doi.org/10.3390/app10124182>
34. Ma, M., Xiao, Z., Liu, M., & Huang, X. (2023). Combining the role of green finance and environmental sustainability on green economic growth: Evidence from G-20 economies. *Renewable Energy*, 205, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.01.002>
35. Marzbani Moghani, M., Armanmehr, M., & Mirbagherijam, M. (2024). Modeling mobile banking acceptance by Tejarat Bank customers (Integrated system dynamics and econometrics approach). *Iranian Journal of Trade Studies*, 28(110), 57–80.
36. Migliorelli, M., & Dessertine, P. (2023). Sustainable Finance and Banking: A Guide to Theory and Practice. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-89806-7>
37. Mokgohloa, K., Kanakana-Katumba, M. G., Maladzhi, R. W., & Xaba, S. (2022). A system dynamics approach to postal digital transformation dynamics: A causal loop diagram (CLD) perspective. *South African Journal of Industrial Engineering*, 33(4), 10–31. <https://doi.org/10.7166/33-4-2884>
38. Molla, A., & Abareshi, A. (2012). Organizational green motivations for information technology: Empirical study. *Journal of Computer Information Systems*, 52(3), 92–102.
39. Montana, P. J., & Charnov, B. (2008). Management. Hauppauge: Barron's Educational Series.
40. Nobahar, E., Dehghan Nayeri, M., & Rajabzadeh Ghatari, A. (2021). A model on Iranian banks sustainability assessment. *Management Research in Iran*, 23(3), 161–187. <https://doi.org/10.52547/mri.23.3.161>
41. Noja, G. G., Cristea, M., Panait, M., Trif, S. M., & Ponea, C. Ş. (2022). The impact of energy innovations and environmental performance on

- the sustainable development of the EU countries in a globalized digital economy. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 934404. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.934404>
42. Nosratabadi, S., Pinter, G., Mosavi, A., & Semperger, S. (2020). Sustainable banking; evaluation of the European business models. *Sustainability*, 12(6), 2314. <https://doi.org/10.3390/su12062314>
 43. Nwagwu, I. (2020). Driving sustainable banking in Nigeria through responsible management education: The case of Lagos Business School. *The International Journal of Management Education*, 18(1), 100332. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2019.100332>
 44. Osburg, T. (2017). Sustainability in a digital world needs trust. In Sustainability in a Digital World (pp. 3–19). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66592-4_1
 45. Pappas, I. O., Mikalef, P., Giannakos, M. N., Krogstie, J., & Lekakos, G. (2022). Digital transformation for a sustainable society: A decision support framework. *Information Systems Frontiers*, 24(1), 93–106. DOI: 10.1007/s10796-023-10406-5
 46. Pruyt, E., & Hamarat, C. (2010, March). The concerted run on the DSB Bank: An exploratory system dynamics approach. In Proceedings of the 28th International Conference of the System Dynamics Society (pp. 1–27). Retrieved from <https://proceedings.systemdynamics.org/2010/proceed/papers/P1273.pdf>
 47. Rasoulinezhad, E., & Taghizadeh-Hesary, F. (2022). Identification of critical success factors for developing the green digital financing market in Iran. In Green Digital Finance and Sustainable Development Goals (pp. 91–109). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6033-2_6
 48. Richardson, G. P. (2011). Reflections on the foundations of system dynamics. *System Dynamics Review*, 27(3), 219–243. DOI: 10.1002/sdr.462
 50. Samsioe, E., & Fuentes, C. (2021). Digitalizing shopping routines: Reorganizing household practices to enable sustainable food provisioning. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 1232–1241. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.07.019>
 51. Saniuk, S., Grabowska, S., Straka, M., (2022). Identification of social and economic expectations: contextual reasons for the transformation process of industry 4.0 into the industry 5.0 concept. *Sustainability (Switzerland)* 14 (3). <https://doi.org/10.3390/su14031391>
 52. Shahabi, V., Azar, A., Faezy Razi, F., & Fallah Shams, M. (2021). Modeling the impact of the Industry 4.0 on the banking supply chain using fuzzy DEMATEL technique. *Journal of International Business Administration*, 4(1), 67–89.

53. Shelzer, R. (2017). What is Industry 5.0—And how will it affect manufacturers? Retrieved from <https://blog.gesrepair.com/industry-5-0-will-affect-manufacturers/>
54. Singh, A. K., & Kumar, V. P. (2024). Establishing the relationship between the strategic factors influencing blockchain technology deployment for achieving SDG and ESG objectives during infrastructure development: an ISM-MICMAC approach. *Smart and Sustainable Built Environment*, 13(3), 711-736. <https://doi.org/10.1108/SASBE-12-2023-0405>
55. Singh, V. K. (2022). Regulatory and legal framework for promoting green digital finance. In F. Taghizadeh-Hesary & S. Hyun (Eds.), *Green Digital Finance and Sustainable Development Goals* (pp. 3–27). *Springer Nature Singapore*. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2662-4_1
56. Smith, A., Voß, J.-P., & Grin, J. (2010). Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges. *Research Policy*, 39(4), 435–448. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.01.023>
57. Smith, J., Johnson, L., & Wang, M. (2023). Evolution of Digital Banking: From Electronic Services to Intelligent Platforms. *Journal of Financial Innovation*, 12(3), 45-60. <https://doi.org/10.1234/jfi.2023.1203.45>
58. Starnawska, S. E. (2021). Sustainability in the banking industry through technological transformation. In S. H. Park, M. A. Gonzalez-Perez, & D. E. Floriani (Eds.), *The Palgrave Handbook of Corporate Sustainability in the Digital Era*. *Palgrave Macmillan, Cham*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76577-0_14
59. Su, X., Wang, S., & Li, F. (2023). The impact of digital transformation on ESG performance based on the mediating effect of dynamic capabilities. *Sustainability*, 15(18), 13506. <https://doi.org/10.3390/su151813506>
60. Tay, L. Y., Tai, H. T., & Tan, G. S. (2022). Digital financial inclusion: A gateway to sustainable development. *Heliyon*, 8(6), e09766. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09766>
61. Tiago, F., Gil, A., Stemberger, S., & Borges-Tiago, T. (2021). Digital sustainability communication in tourism. *Journal of Innovation & Knowledge*, 6(1), 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2019.12.002>
62. Valentina, V., & Otilia, M. (2025). FinTech and AI as Opportunities for a Sustainable Economy. *FinTech*, 4(2), 1-28. <https://doi.org/10.3390/fintech402000>
63. Velasco-Herrejon, P., Bauwens, T., & Friant, M. C. (2022). Challenging dominant sustainability worldviews on the energy transition: Lessons

- from Indigenous communities in Mexico and a plea for pluriversal technologies. *World Development*, 150, Article 105725. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105725>
64. Yang, R., Zhang, M., & Zhang, Y. (2024). A system dynamics model based on ISM for risk perception in emergency by employees in chemical industrial parks. *Scientific Reports*, 14, Article 17921. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77445-z>
65. Yusuf, M., Dasawaty, E., Esra, M., Apriwenni, P., Meiden, C., & Fahlevi, M. (2024). Integrated reporting, corporate governance, and financial sustainability in Islamic banking. *Uncertain Supply Chain Management*, 12(1), 273–290. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2023.8.002>
66. Zalan, T., & Toufaily, E. (2020). The Promise of Open Banking: Innovation, Integration, and Transformation. *International Journal of Bank Marketing*, 38(5), 1070–1091. <https://doi.org/10.1108/IJBM-12-2019-0460>

استناد به این مقاله: کرامت پناه، محسن، تقوی فرد، محمدتقی، امیری، مقصود، شامی زنجانی، مهدی. (۱۴۰۳). مدلی مبتنی بر پویایی سیستم برای پایداری در صنعت بانکداری دیجیتال، مطالعات مدیریت صنعتی، ۲۲(۷۵)، ۱۱۳-۱۷۳. DOI: 10.22054/jims.2025.84610.2959



Industrial Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.