

The Impact of Electronic Banking on the Financial Efficiency of Iranian Banks under Multi-layered and Prolonged Crisis Conditions¹

Hadi Shafii Dizaji², Zahra Yousefzadeh³, Mohamad javad Mohagheghnia⁴

Received: 2026/02/11

Accepted: 2026/05/09

Research Paper

Abstract

Objective: Over the past two decades, digital transformation has profoundly reshaped banking systems, positioning electronic banking as a key determinant of financial efficiency. While prior empirical evidence largely focuses on stable and developed economies, limited attention has been given to how this relationship operates under multilayered and persistent crisis conditions, particularly in developing countries. This study examines the impact of electronic banking on the financial efficiency of Iranian banks and investigates the moderating role of enduring and overlapping economic crises.

Methods: The study employs panel data from Iranian banks over the sample period (2011-2025; 14 Years) and applies a stochastic frontier analysis (SFA) framework to estimate financial efficiency and its determinants. A composite index capturing multilayered and enduring crisis conditions is incorporated into the model, along with interaction terms, to assess whether crisis intensity moderates the relationship between electronic banking and financial efficiency.

Results: This research examined the impact of e-banking on the financial efficiency of Iranian banks amidst structural and persistent economic crises. The findings reveal that e-banking generally exerts a positive and significant effect on enhancing financial efficiency, serving as a necessary condition for improving bank performance. However, under persistent crisis conditions, the interaction effect between technology adoption and crises was found to be statistically insignificant. This outcome contrasts with numerous

¹ 10.30466/JFCS.2026.57015.1051

² PhD student in Accounting, Department of Accounting and Finance, Faculty of Economics and Management, Urmia University, Urmia, Iran. (Corresponding Author). (h.shafii@urmia.ac.ir).

³ PhD student in Accounting, Department of Accounting and Finance, Faculty of Economics and Management, Urmia University, Urmia, Iran.

⁴ Associate Professor, Department of Finance and Banking, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabatabaei University, Tehran, Iran.

international studies that report a technology-enhancing role in bolstering bank resilience when facing short-term shocks (e.g., the 2008 financial crisis or the COVID-19 pandemic). The analyses suggest that in Iran, the structural and long-term nature of crises significantly neutralizes a substantial portion of the potential benefits of technological advancements, preventing e-banking from playing the same supportive role observed in economies with more stable institutional environments. Additionally, other dimensions of the model indicate that the non-performing loan ratio (NPL), bank size, and capital adequacy ratio (CAR) have a significant negative impact on efficiency, whereas private ownership structure exhibits a significant positive influence on banking performance—a finding that underscores the greater capability of private banks in leveraging technology and their more competitive operational approach.

Conclusion: The study concludes that while e-banking is essential for the transformation and efficiency of Iran's banking sector, its full impact necessitates complementary factors such as macroeconomic stability, improved regulatory quality, enhanced risk management, and robust institutional infrastructure. Technology cannot fully realize its amplifying role in the absence of a conducive economic environment and sound governance.

Innovation: The primary novelty of this research lies in providing a localized explanation for the role of technology amidst persistent crises. Unlike prevailing global literature, technology is here conceptualized not as a shield against crises, but as a conditionally effective tool. This study also addresses a gap in domestic research concerning the interplay between technology and crisis conditions. By employing data from the Iranian banking sector, it offers a novel framework for analyzing banking efficiency in volatile economies. This framework can serve as a foundation for future research on technology transmission mechanisms, the role of emerging financial innovations, and the conditions under which digital banking can effectively contribute to the resilience and efficiency of the financial sector.

Keywords: Electronic banking; Financial efficiency; Multilayered and enduring crises; Stochastic frontier analysis.



اثر بانکداری الکترونیک بر کارایی مالی بانک‌های ایران در شرایط بحران‌های چندلایه و پایدار^۱

هادی شفیعی دیزجی^۲، زهرا یوسف زاده محمدجواد محقق نیا^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۱۹

مقاله پژوهشی

چکیده

هدف: تحول دیجیتال طی دو دهه اخیر ساختار و کارکرد نظام‌های بانکی را به‌طور بنیادین دگرگون کرده و بانکداری الکترونیک را به یکی از پیشران‌های اصلی ارتقای کارایی مالی در صنعت بانکداری تبدیل نموده است. با وجود شواهد تجربی گسترده در اقتصادهای باثبات و توسعه‌یافته، آثار بانکداری الکترونیک بر کارایی مالی در شرایط بحران‌های چندلایه و مزمن به‌ویژه در اقتصادهای در حال توسعه کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر بانکداری الکترونیک بر کارایی مالی بانک‌های ایرانی و تحلیل نقش تعدیل‌گر شرایط بحران‌های چندلایه و پایدار انجام شده است.

روش: در این مطالعه از داده‌های تابلویی بانک‌های ایرانی طی دوره ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۳ (۱۴ سال) مورد بررسی استفاده شده است. برای برآورد کارایی مالی و تحلیل اثر متغیرهای توضیحی، از رویکرد تحلیل مرز تصادفی بهره گرفته شده است. همچنین شاخص بحران‌های چندلایه و پایدار طراحی و اثر تعاملی آن با بانکداری الکترونیک در مدل لحاظ شده است تا نقش تعدیل‌گری شرایط بحرانی بررسی شود.

یافته‌ها: در این مطالعه، تأثیر بانکداری الکترونیک بر کارایی مالی بانک‌های ایرانی در بستر بحران‌های ساختاری و مزمن اقتصادی بررسی شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که بانکداری الکترونیک به‌طور کلی اثر مثبت و معناداری بر بهبود کارایی مالی دارد و به‌عنوان یک شرط ضروری برای ارتقای عملکرد بانک‌ها عمل می‌کند؛ اما در شرایط بحران‌های پایدار، اثر تعاملی فناوری و بحران از نظر آماری معنادار نیست. این نتیجه، برخلاف بسیاری از مطالعات بین‌المللی است که در مواجهه با شوک‌های

^۱ 10.30466/JFCS.2026.57015.1051

^۲ دانشجوی دکتری حسابداری، گروه حسابداری و مالی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (نویسنده مسئول).
(h.shafii@urmia.ac.ir)

^۳ دانشجوی دکتری حسابداری، گروه حسابداری و مالی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

^۴ دانشیار گروه مالی و بانکداری، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

کوتاه‌مدت (مانند بحران مالی ۲۰۰۸ یا همه‌گیری کووید-۱۹) نقش تقویت‌کننده فناوری را در افزایش تاب‌آوری بانک‌ها گزارش کرده‌اند. تحلیل‌های این پژوهش نشان می‌دهد که در ایران، ماهیت ساختاری و بلندمدت بحران‌ها باعث می‌شود بخش قابل توجهی از منافع بالقوه فناوری خنثی شود و بانکداری الکترونیک نتواند همان نقشی را ایفا کند که در اقتصادهای با محیط نهادی باثبات‌تر مشاهده می‌شود. افزون بر این، نتایج ابعاد دیگر مدل حاکی از آن است که نسبت مطالبات غیرجاری، اندازه بانک و کفایت سرمایه اثر منفی و معناداری بر کارایی دارند، در حالی که ساختار مالکیت خصوصی تأثیر مثبت و قابل توجهی بر عملکرد بانکی گذاشته است؛ یافته‌ای که توانمندی بیشتر بانک‌های خصوصی در بهره‌برداری از فناوری و رفتار رقابتی‌تر آن‌ها را تأیید می‌کند.

نتیجه‌گیری: مطالعه تأکید می‌کند که بانکداری الکترونیک گرچه لازمه تحول و کارایی در نظام بانکی ایران است، اما برای اثرگذاری کامل نیازمند همراهی عوامل مکمل مانند ثبات اقتصاد کلان، بهبود کیفیت مقررات‌گذاری، ارتقای مدیریت ریسک و تقویت زیرساخت‌های نهادی است. به بیان دیگر، فناوری در غیاب محیط اقتصادی و حکمرانی مناسب نمی‌تواند نقش تقویت‌کننده خود را به‌طور کامل ایفا کند.

نوآوری: نوآوری اصلی این پژوهش نیز در ارائه یک تبیین بومی از نقش فناوری در شرایط بحران‌های مزمن است؛ جایی که برخلاف ادبیات غالب جهانی، فناوری نه به‌عنوان سپر محافظ در بحران، بلکه به‌عنوان ابزاری با کارایی مشروط شناخته می‌شود. این مطالعه همچنین خلأ تحقیقات داخلی درباره تعامل فناوری و بحران را پر می‌کند و با اتکا بر داده‌های بخش بانکی ایران، چارچوبی نو برای تحلیل کارایی بانکی در اقتصادهای ناپایدار ارائه می‌دهد. این چارچوب می‌تواند مبنای پژوهش‌های آینده درباره مکانیسم‌های انتقال فناوری، نقش نوآوری‌های مالی نوظهور و شرایطی باشد که در آن بانکداری دیجیتال قادر است به‌طور مؤثر به ارتقای تاب‌آوری و کارایی بخش مالی کمک کند.

واژه‌های کلیدی: بانکداری الکترونیک، کارایی مالی، بحران‌های چندلایه و پایدار، مدل مرز تصادفی.

مقدمه

دگرگونی دیجیتال در نظام‌های مالی طی دو دهه گذشته به سرعت مرزهای سنتی بانکداری را بازتعریف کرده است. پیشرانی اصلی این تحول، بانکداری الکترونیک است که به‌عنوان مجموعه‌ای از فرآیندها و ابزارهای فناورانه، هدف آن کاهش هزینه‌های عملیاتی، ارتقای سهولت دسترسی، افزایش سرعت گردش خدمات مالی و ایجاد جریان‌های جدید درآمدی است. ادبیات مالی نشان می‌دهد که دیجیتالی‌سازی خدمات بانکی می‌تواند از طریق کانال‌هایی مانند اتوماسیون عملیات، کاهش هزینه‌های شعب، افزایش تراکنش‌های غیرحضوری، بهبود مدیریت داده‌ها و توسعه مدل‌های درآمدی مبتنی بر کارمزد، بر کارایی مالی بانک‌ها اثر مثبت بگذارد (خلیفه سلطانی و همکاران، ۱۳۹۰). با این حال، این رابطه در شرایط عادی اقتصاد و در محیط‌های باثبات مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج غالباً مثبت گزارش شده‌اند. آنچه در ادبیات مالی کمتر مورد توجه قرار گرفته، عملکرد این رابطه در شرایط بحران‌های چندلایه و پایدار است؛ وضعیتی که ساختار انگیزشی بانک‌ها، الگوهای رفتاری مشتریان، ریسک‌های عملیاتی و کیفیت دارایی‌ها را به‌طور هم‌زمان دستخوش تغییر می‌کند.

بحران‌های چندلایه شامل مجموعه‌ای از شوک‌های هم‌پوشان و طولانی‌مدت مانند بحران ارزی، بحران نقدینگی، بحران بانکی، بحران پاندمی، تحریم‌ها و رکودهای مکرر هستند. در چنین محیط‌هایی، مسیر و شدت اثرگذاری بانکداری الکترونیک بر کارایی مالی الزاماً مشابه شرایط عادی نیست و حتی ممکن است جهت آن تغییر کند. برای مثال، در شرایط استرس مالی، اگرچه تقاضا برای خدمات الکترونیکی افزایش می‌یابد، اما فشار بر نقدینگی بانک‌ها، افزایش هزینه‌های امنیت سایبری، افت کمیّت و کیفیت تسهیلات بانکی، نهادهای نظارتی ضعیف و محدودیت‌های بین‌المللی می‌تواند باعث شود منافع بالقوه دیجیتال‌سازی کمتر از حد انتظار تحقق یابد. اینجاست که اهمیت تحلیل اثر بانکداری الکترونیک در محیط‌های پرریسک و پرچالش دوجندان می‌شود (تمیزی، ۱۴۰۰؛ صلاح‌منش و همکاران، ۱۳۹۹).

مطالعات موجود عمدتاً در محیط‌های توسعه‌یافته انجام شده‌اند و موضوع اثر بحران بر رابطه دیجیتالی‌سازی-کارایی به‌صورت مستقل یا موردی بررسی شده است (روچک و استویکا، ۲۰۲۵)؛ اما ترکیب هم‌زمان چند بحران پایدار و چندبعدی متفاوت ایران، ادبیات جهانی را ناکافی می‌سازد. کشور ایران از سال‌های پس از ۱۳۹۰ با مجموعه‌ای از بحران‌های پیوسته و موازی مواجه بوده است: بی‌ثباتی‌های ارزی، بیماری‌های همه‌گیر، تحریم‌های مالی، نوسانات تورمی، کسری بودجه ساختاری، فشارهای شدید نقدینگی روی بانک‌ها، و همچنین تغییرات رفتاری مشتریان. در چنین شرایطی، بانک‌ها ناچار به گسترش سریع خدمات الکترونیک بوده‌اند، اما این توسعه لزوماً به افزایش کارایی مالی منجر نشده است. برای نمونه، رشد تراکنش‌های الکترونیکی و هزینه‌بر بودن نگهداری زیرساخت‌های پرداخت، از یک سو درآمدهای کارمزدی را افزایش داده، و از سوی دیگر هزینه‌های عملیاتی و ریسک‌های سایبری را بالا

برده است. این عوامل اثر نهایی بانکداری الکترونیکی بر کارایی را مبهم، چندبُعدی و وابسته به شدت بحران‌ها ساخته است.

بنابراین مسئله کلیدی این است که: آیا بانکداری الکترونیکی در شرایط بحران‌های چندلایه و پایدار می‌تواند به بهبود کارایی مالی بانک‌های ایران منجر شود یا اینکه اثر مثبت آن تضعیف یا معکوس می‌شود؟ این پرسش از چند جهت اهمیت نظری و کاربردی دارد: نخست، بیشتر پژوهش‌های جهانی رابطه دیجیتال‌سازی - کارایی را در چارچوب‌های باثبات تحلیل کرده‌اند. ادبیات درباره اثر شدت بحران و ساختارهای نهادی محدودکننده بر این رابطه بسیار محدود است. بحران‌های چندلایه در کشورهای در حال توسعه مانند ایران می‌تواند کانال‌های اثرگذاری دیجیتال‌سازی را تغییر دهند، اما مدل نظری مستحکمی برای توضیح این فرآیند وجود ندارد. دوم، اکثر مطالعات ایرانی یا به صورت توصیفی بوده‌اند یا تنها یک شاخص جزئی از بانکداری الکترونیکی را بررسی کرده‌اند (مثلاً تعداد تراکنش‌ها یا تعداد ابزارهای پرداخت). علاوه بر این، شاخص‌های پیچیده‌تر کارایی نظیر مدل مرز تصادفی^۱ (SFA) کمتر در مطالعات داخلی استفاده شده‌اند و اثر بحران‌ها نیز در مدل‌ها وارد نشده است. سوم، در شرایط محدودیت شدید منابع، هر تصمیم درباره دیجیتال‌سازی مستقیماً هزینه و ریسک برای بانک‌ها ایجاد می‌کند. بدون شواهد دقیق، ممکن است بانک‌ها به سمت سرمایه‌گذاری‌هایی بروند که اثربخشی آنها در محیط بحرانی پایین است و بازدهی لازم را ایجاد نمی‌کنند. همچنین سیاست‌گذار نمی‌تواند برنامه‌های نظارتی مناسب بر امنیت سایبری و تاب‌آوری دیجیتال طراحی کند.

با توجه به خلأهای نظری، تجربی و سیاستی، این پژوهش به دنبال تحلیل این پرسش‌ها است که:

بانکداری الکترونیکی چگونه کارایی مالی بانک‌ها را در ایران تحت تأثیر قرار می‌دهد؟

شدت بحران‌های چندلایه و پایدار چگونه این اثر را تقویت یا تضعیف می‌کند؟

این پژوهش با تحلیل داده‌های تابلویی^۲ بانکی ایران، استفاده هم‌زمان از شاخص‌های چندبُعدی بانکداری الکترونیکی، شاخص‌های کارایی مبتنی بر مدل مرز تصادفی، و شاخص‌های بحران (نوسان ارز، نااطمینانی اقتصادی، تورم، تحریم‌ها و پاندمی) می‌تواند شکاف موجود در ادبیات را پوشش داده و بینش‌هایی برای سیاست‌گذاری بانکی ارائه کند.

در ادامه، مبانی نظری و دیدگاه‌های تحلیلی موضوع مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس، پیشینه تحقیقات داخلی و خارجی ارائه می‌شود. به دنبال آن، روش‌شناسی تحقیق در قالب جامعه آماری، دوره زمانی و مدل تحقیق تشریح می‌شود. در پایان، پس از بخش یافته‌های تحقیق، نتیجه‌گیری و پیشنهادهای تحقیق ارائه می‌گردد.

مبانی نظری و چارچوب‌های تحلیلی

^۱ Stochastic Frontier Analysis (SFA)

^۲ Panel Data

بانکداری الکترونیک به‌عنوان یکی از ابعاد اصلی تحول دیجیتال در صنعت مالی، طی دو دهه اخیر نقش بنیادینی در ارتقاء کارایی، کاهش هزینه‌ها و توسعه نوآوری مالی ایفا کرده است. با گسترش کانال‌های دیجیتال شامل اینترنت بانک، موبایل بانک، پلتفرم‌های پرداخت و سامانه‌های بین‌بانکی، مدل کسب و کار بانک‌ها دچار دگرگونی اساسی شده و وابستگی آن‌ها به شبکه شعب فیزیکی کاهش یافته است. این تحول در کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران، با توجه به محدودیت منابع، تحریم‌های مالی و بحران‌های ساختاری، اهمیتی دوچندان یافته است (خلیفه سلطانی و همکاران، ۱۳۹۰).

در اقتصاد ایران از سال ۱۳۹۰ به بعد، بانک‌ها با مجموعه‌ای از بحران‌های چندلایه و پایدار شامل تحریم‌های مالی، تورم مزمن، بی‌ثباتی ارزی، رشد مطالبات غیرجاری^۱ و کاهش اعتماد عمومی مواجه بوده‌اند. چنین محیطی هزینه‌های تأمین مالی بانک‌ها را افزایش داده و شاخص‌های کارایی مالی نظیر بازده دارایی‌ها، بازده حقوق صاحبان سهام و حاشیه سود خالص را به شدت تضعیف کرده است (صلاح‌منش و همکاران، ۱۳۹۹). در این شرایط، بانکداری الکترونیک نه تنها یک ابزار فناورانه، بلکه مکانیسمی راهبردی برای بقا، تاب‌آوری و بهبود کارایی مالی بانک‌ها تلقی می‌شود. تحلیل این تحولات و نقش بانکداری الکترونیک در بهبود کارایی مالی، مستلزم تبیین آن در چارچوب دیدگاه‌های نظری مرتبط با کارایی، مزیت رقابتی و تاب‌آوری سازمانی است.

دیدگاه مبتنی بر منابع^۲

مطابق دیدگاه مبتنی بر منابع، قابلیت‌های فناورانه، پایگاه داده‌های مشتریان و زیرساخت‌های دیجیتال جزو منابع استراتژیک و کمیاب به شمار می‌روند که با ایجاد ارزش، قابلیت تقلید پایین و استمرار مزیت رقابتی می‌توانند سبب بهبود کارایی بانک‌ها شوند (فریم و وایت، ۲۰۱۴^۳). با این حال، در محیط‌های بحرانی، محدودیت‌های مالی و نهادی ممکن است مانع تبدیل سرمایه‌گذاری‌های دیجیتال به دستاوردهای کارایی شوند.

نظریه پذیرش فناوری و انتشار نوآوری^۴

مدل پذیرش فناوری که توسط دیویس (۱۹۸۹) ارائه شده است، قصد و پیش‌بینی کاربران را در پذیرش فناوری-های جدید بیان می‌دارد و نظریه انتشار نوآوری که توسط راجرز (۱۹۹۵) ارائه گردید، چگونگی گسترش ایده‌های جدید به واسطه یک ارتباط بر فراز سازمان را توضیح می‌دهد. این نظریه‌ها تأکید دارند که منافع بانکداری الکترونیک تنها زمانی محقق می‌شود که مشتریان و کارکنان به پذیرش آن روی آورند و فرآیندهای سازمانی متناسب با فناوری بازطراحی گردد. بحران‌های فراگیر مانند تحریم یا پاندمی می‌توانند سرعت پذیرش را افزایش دهند، اما این پذیرش سریع لزوماً به کارایی بالاتر نمی‌انجامد مگر اینکه تغییرات ساختاری متناسب شکل گیرد.

^۱ Non-Performing Loans (NPLs)

^۲ Resource-Based View (RBV)

^۳ Frame & White.

^۴ Technology Acceptance Model (TAM)

^۵ Diffusion of Innovations theory (DOI)

^۶ Davis, F.D.

^۷ Rogers, E.

اقتصاد هزینه معاملات^۱

از منظر اقتصاد هزینه معاملات، دیجیتالی‌سازی با کاهش هزینه‌های جست‌وجو، اجرا و پردازش معاملات، کارایی هزینه‌ای را افزایش می‌دهد (نقل و همکاران، ۲۰۲۰). اما در دوره‌های بحران، هزینه‌های جدیدی همچون امنیت سایبری، نگهداری زیرساخت و محدودیت در تأمین تجهیزات می‌تواند مزیت خالص بانکداری الکترونیک را کاهش دهد.

نظریه اطلاعات نامتقارن و مدیریت ریسک

فناوری‌های دیجیتال با تولید داده‌های پرحجم و ابزارهای تحلیلی پیشرفته، امکان کاهش عدم تقارن اطلاعاتی، بهبود اعتبارسنجی و کاهش مطالبات غیرجاری را فراهم می‌کنند (هرمس و میسترز، ۲۰۱۵). این امر مستقیماً بهره‌وری و کارایی مالی را افزایش می‌دهد.

نظریه اقتضایی و نهادی

عوامل اقتضایی، عواملی هستند که بر ویژگی‌های خاص یک سازمان به منظور اثربخشی هر چه بهتر تأثیر می‌گذارند. مطابق با نظریه اقتضایی، اثربخشی دیجیتالی‌سازی به اقتضانات محیطی وابسته است. بحران‌های ساختاری، شدت تحریم، کیفیت نهادهای نظارتی و درجه بلوغ فناوری از مهم‌ترین عوامل تعدیل‌کننده رابطه بانکداری الکترونیک و کارایی مالی‌اند همچنین، مداخلات نهادی و فشارهای سیاسی می‌توانند این رابطه را تقویت یا تضعیف کنند (محمود و همکاران، ۲۰۲۱).

مکانیزم‌های اثرگذاری بانکداری الکترونیک بر کارایی مالی

مؤثرترین سازوکارهای بانکداری الکترونیک بر کارایی مالی به شرح زیر است:

- کاهش هزینه‌های عملیاتی: بانکداری الکترونیک از طریق کاهش مراجعات حضوری، کوچک‌سازی شبکه شعب، بهینه‌سازی عملیات و اتوماسیون خدمات، سبب کاهش هزینه‌های عملیاتی می‌شود (اونای و اوزسوز، ۲۰۱۳). شواهد نشان می‌دهد که ۱۰ درصد افزایش در تراکنش‌های الکترونیک می‌تواند نسبت هزینه به درآمد را ۳ تا ۵ درصد کاهش دهد (هرمس و میسترز، ۲۰۱۵).
- افزایش درآمدهای کارمزدمحور: در سال‌هایی که نرخ‌های سود دستوری و تورم، حاشیه سود تسهیلات را کاهش داده‌اند، درآمدهای غیرمشاع ناشی از خدمات الکترونیکی به یکی از پایه‌های اصلی درآمدی بانک‌ها تبدیل شده‌اند (دی‌یانگ و همکاران، ۲۰۰۷).

¹ Transaction Cost Economics (TCE)

² Nagle *et al.*

³ Hermes, N., & Meesters, A.

⁴ Mahmud *et al.*

⁵ Onay, C., & Ozsoz, E.

⁶ DeYoung *et al.*

- بهبود مدیریت نقدینگی: سامانه‌های پرداخت لحظه‌ای و ابزارهای موبایلی سرعت گردش وجوه را افزایش می‌دهند و نیاز به نگهداری ذخایر نقدی مازاد را کاهش می‌دهند (چو و همکاران؛ ۲۰۲۱).
- حفظ و جذب مشتری در شرایط بحران اعتماد: در دوره‌های بی‌ثباتی، بانک‌هایی که زیرساخت دیجیتال پیشرفته‌تری دارند، کمتر با خروج سپرده و کاهش پایه مشتری مواجه می‌شوند (لیانگ و همکاران؛ ۲۰۲۵).

بحران‌های چندلایه و نقش تعدیل‌گری آن‌ها

بحران‌های اقتصادی زمانی شکل می‌گیرند که اختلالات در نظام مالی و واقعی اقتصاد - شامل بحران‌های بانکی، افزایش نامعقول اهرم مالی، مشکلات نقدینگی و عدم تقارن اطلاعات - باعث می‌شود که بنگاه‌ها و مؤسسات مالی نتوانند منابع را به‌طور مؤثر تخصیص دهند و تقاضای کل کاهش یابد؛ این فرآیند معمولاً با کاهش تولید، افزایش ورشکستگی و افت شدید شاخص‌های مالی همراه است، همان‌گونه که در ادبیات بحران‌های بانکی و کارایی بانک‌ها تبیین شده است؛ کارایی بانک‌ها قبل و در حین بحران افت می‌کند و سپس بازیابی می‌شود (ایسک و اویگور؛ ۲۰۲۱). پاندمی‌ها مانند کووید-۱۹ نیز با وارد کردن شوک‌های هم‌زمان به عرضه و تقاضا - از طریق تعطیلی فعالیت‌های اقتصادی، اختلال در نیروی کار و کاهش تقاضای مصرفی - تحمل بنگاه‌ها و بانک‌ها را تحت فشار قرار می‌دهند و باعث کاهش درآمد، افزایش ریسک اعتباری و افت بازدهی مالی می‌گردند که در مطالعات اخیر نیز اثبات شده است (میکلازسوکا و همکاران؛ ۲۰۲۱).

اثر این پدیده‌ها بر کارایی مالی نهادهای اقتصادی - به‌ویژه بنگاه‌ها و بانک‌ها - عموماً منفی است، زیرا بحران‌ها باعث می‌شوند ورودی‌ها (مانند سرمایه‌گذاری و وام‌دهی) در حالی که خروجی‌ها (درآمدها و سود) کاهش می‌یابند، کارایی عملیاتی و تخصیص منابع را تضعیف کنند؛ به‌عبارت دیگر، نسبت‌های کارایی در دوره بحران افت می‌کند و سپس با بهبود شرایط بازیابی می‌شود (ایسک و اویگور، ۲۰۲۱). با این حال، شواهد جدید نشان می‌دهد پیشرفت در دیجیتالی‌سازی و استفاده از ابزارهای مالی دیجیتال می‌تواند کارایی مالی را تا حدی تعدیل کند. به‌عنوان مثال، دسترسی بهتر به منابع مالی و کاهش هزینه‌های عملیاتی در دوران پاندمی منجر به مقاومت بیشتر شرکت‌ها در برابر افت شدید عملکرد مالی شده است (شیا و همکاران؛ ۲۰۲۲).

به‌طور کلی، بحران‌های ترکیبی شامل تحریم، تورم، کاهش ارزش پول، ناپایداری نرخ ارز، ریسک نقدینگی، افزایش مطالبات غیرجاری و بحران اعتماد عمومی ساختار انگیزشی و عملیاتی بانک‌ها را به‌شدت تغییر می‌دهد. شدت و پایداری این بحران‌ها می‌تواند:

- توان بانک برای سرمایه‌گذاری در فناوری را محدود کند،
- هزینه‌های عملیاتی را افزایش دهد،

¹ Chu *et al.*

² Liang *et al.*

³ Isik & Uygur

⁴ Miklaszewska *et al.*

⁵ Xia *et al.*

- دسترسی به فناوری‌های بین‌المللی را کاهش دهد،

- اثر مثبت بانکداری الکترونیک بر کارایی را تضعیف یا نسبتاً معکوس کند.

مطالعات داخل ایران (شهیک‌تاش و همکاران، ۱۳۹۳؛ سیدنورانی و همکاران، ۱۳۹۸؛ ترکی و همکاران، ۱۴۰۱) تأیید می‌کنند که بانکداری الکترونیک می‌تواند اثر منفی شوک‌های اقتصادی و تحریم‌ها را تعدیل کند و بخشی از ناکارایی ناشی از شرایط بحرانی را جبران نماید.

از مجموع نظریات و شواهد تجربی نتیجه می‌شود که:

- بانکداری الکترونیک به‌طور مستقیم کارایی مالی بانک‌ها را افزایش می‌دهد.
- بحران‌های چندلایه و پایدار نقش تعدیل‌کننده دارند و می‌توانند شدت اثر مثبت بانکداری الکترونیک بر کارایی را کاهش دهند یا حتی آن را معکوس سازند.

در نتیجه سه فرضیه اصلی قابل استنتاج است:

فرضیه (۱): بانکداری الکترونیک تأثیر مثبت و معناداری بر کارایی مالی بانک‌های ایران دارد.

فرضیه (۲): بحران‌های چندلایه، اثر بانکداری الکترونیک بر کارایی مالی بانک‌های ایران را تضعیف می‌کنند.

فرضیه (۳): شدت بحران‌های پایدار، اثر بانکداری الکترونیک بر کارایی مالی بانک‌های ایران را تغییر می‌دهد (تعدیل‌کننده منفی).

پیشینه تحقیقات داخلی و خارجی

پژوهش‌های انجام‌شده در ایران طی دو دهه اخیر نشان می‌دهد که بانکداری الکترونیک به‌طور کلی یکی از مهم‌ترین محرک‌های کارایی مالی بانک‌ها محسوب می‌شود و می‌تواند از طریق مکانیزم‌هایی همچون افزایش سرعت ارائه خدمات، کاهش هزینه عملیاتی، بهبود تجربه مشتری، گسترش دسترسی جغرافیایی، افزایش سهم بازار و ارتقای کیفیت اطلاعات موجب ارتقای عملکرد مالی بانک‌ها گردد (گودرزی و زبیدی، ۱۳۸۷؛ همتی و همکاران، ۲۰۱۳). نتایج برخی دیگر از مطالعات نشان می‌دهد که ابزارهای بانکداری الکترونیک مانند خودپرداز، پایانه پوز فروشگاه، شعب الکترونیک یا ترمینال شعب، بانکداری اینترنتی و موبایلی و زیرساخت‌های سوئیفت و بین‌پدها بیشترین اثر را بر افزایش سودآوری، جذب سپرده، سهم بازار و کارایی عملیاتی داشته‌اند (کاشمیری و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین در اغلب پژوهش‌ها بانک‌های خصوصی نسبت به بانک‌های دولتی میانگین کارایی بالاتری در بهره‌گیری از زیرساخت‌های الکترونیک داشته‌اند که این تفاوت به انعطاف بیشتر مدیریتی، ساختار انگیزشی بهتر و سرمایه‌گذاری مؤثرتر در فناوری اطلاعات نسبت داده شده است (همتی و همکاران، ۲۰۱۳).

با این حال، اثرگذاری بانکداری الکترونیک در دوره‌های بحران‌های چندلایه و پایدار در ایران پیچیده‌تر است. بخش قابل توجهی از پژوهش‌ها مستقیماً اثر تعامل بانکداری الکترونیک × بحران را مدل‌سازی نکرده‌اند، اما مطالعاتی که چنین کاری انجام داده‌اند نشان می‌دهند که تحریم‌ها، بی‌ثباتی سیاسی، نوسانات نرخ ارز و تورم می‌توانند به‌طور

مستقل کارایی بانک‌ها را تضعیف کرده و بخشی از دستاوردهای فناوری را خنثی کنند (اسدی و یآوری، ۲۰۲۲؛ اسماعیلیان و همکاران، ۲۰۲۰).

برای مثال، یافته‌های اسدی و یآوری (۲۰۲۲) نشان می‌دهد که کاهش هزینه‌های ناشی از پیشرفت فناوری پیش از تحریم‌ها بسیار بیشتر از دوره پساتحریم بوده است. همچنین، پس از اعمال تحریم‌های شدید، بانک‌های دولتی تخصصی نسبت به بانک‌های دولتی تجاری و بانک‌های خصوصی کاهش بیشتری در کارایی تجربه کرده‌اند؛ موضوعی که نقش نوع مالکیت و درجه وابستگی به شبکه مالی جهانی را نشان می‌دهد. افزون بر این، استادی و سرلک (۲۰۱۴) گزارش کرده‌اند که تورم و نوسانات نرخ ارز اثر منفی معناداری بر عملکرد عملیاتی بانک‌ها، به‌ویژه جذب سپرده‌ها داشته است.

بر اساس شواهد ترکیبی، می‌توان نتیجه گرفت که بانکداری الکترونیک شرط «ضروری» برای ارتقای کارایی مالی است، اما شرط «کافی» برای حفظ کارایی در دوران بحران‌های پایدار نیست. به عبارت دیگر، فناوری در ایران باعث افزایش کارایی می‌شود، اما در شرایطی که محدودیت‌های نهادی، تحریم‌ها، بی‌ثباتی اقتصادی و ریسک‌های سیاسی تقویت می‌شوند، بخشی از این مزایا از بین می‌رود. در چنین وضعیتی، نقش حاکمیت شرکتی، شفافیت مالی، کیفیت مدیریت ریسک و انعطاف‌پذیری سازمانی اهمیت بیشتری می‌یابد (حسین و همکاران، ۲۰۲۴).

بنابراین، مطالعات داخلی موجود نشان می‌دهد که بانکداری الکترونیک در شرایط عادی اثر مثبت معنی‌دار بر کارایی مالی بانک‌های ایران دارد، اما در شرایط بحران‌های چندلایه و پایدار شدت این اثر کاهش یافته، تضعیف شده یا حتی در برخی موارد معکوس می‌شود. این موضوع مبنای نظری مناسبی برای فرضیه‌های پژوهشی در چارچوب تعامل میان فناوری و محیط بحران ایجاد می‌کند.

مرور نظام‌مند مطالعات بین‌المللی حاکی از آن است که تحقیقات پیرامون تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بانکداری الکترونیک بر کارایی مالی بانک‌ها سهم قابل توجهی را به خود اختصاص داده‌اند. از میان مقالات مورد بررسی، برخی نمونه‌های بین‌المللی زیر به موضوع پژوهش حاضر مرتبط هستند.

چن و ژانگ (۲۰۲۶) در پژوهشی تصریح کرده‌اند که تأمین مالی دیجیتال با توسعه زیرساخت‌ها و خدمات نوین مالی، دسترسی را افزایش داده و هزینه‌ها را کاهش داده و بدین ترتیب کارایی بانک‌ها را ارتقا می‌دهد. این پژوهش با بهره‌گیری از یک مدل نظری و روش تحلیل مرز تصادفی، اثر این متغیر را بر کارایی بانک‌های تجاری چین طی دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ بررسی کرده است. نتایج نشان می‌دهد هر واحد افزایش در شاخص تأمین مالی دیجیتال، کارایی هزینه و درآمد بانک‌ها را به‌طور معناداری افزایش می‌دهد و این اثر در مناطق توسعه‌یافته‌تر، بانک‌های بزرگ و دولتی قوی‌تر است. تحلیل سازوکارها بیانگر آن است که بهبود کارایی عمدتاً از مسیر بهینه‌سازی ساختار بدهی‌ها و کاهش وابستگی به بدهی‌های بین‌بانکی حاصل می‌شود.

در پژوهشی لی و همکاران^۱ (۲۰۲۵) با بهره‌گیری از رویکرد دومرحله‌ای و روش تحلیل پوششی داده‌ها، تأثیر دیجیتالی شدن بر کارایی ۲۷ بانک ویتنامی طی دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد رابطه‌ی U-شکل میان دیجیتالی شدن و کارایی بانکی وجود دارد؛ به گونه‌ای که این فرایند در مراحل اولیه کارایی را کاهش داده، اما در ادامه موجب بهبود آن می‌شود. همچنین بانک‌های دولتی و دارای مالکیت خارجی کاراترند، در حالی که اندازه بانک اثر منفی بر کارایی دارد و بانک‌های بزرگ در کوتاه‌مدت الزاماً از دیجیتالی شدن منتفع نمی‌شوند. این یافته‌ها بر اهمیت تدویم راهبردهای دیجیتال در محیط‌های رقابتی نظام بانکی تأکید دارد.

در پژوهشی دیگر، الشوها و همکاران^۲ (۲۰۲۴) با استفاده از داده‌های تابلویی ۲۱ بانک عربی طی دوره ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۲، رابطه میان فناوری مالی و عملکرد بانکی را بررسی کرده است. فناوری مالی بر اساس میزان کاربرد مفاهیم دیجیتالی در گزارش‌های سالانه و عملکرد با شاخص‌های بازده دارایی‌ها و بازده حقوق صاحبان سهام سنجیده شده و با روش‌های OLS و SLS^۲ تحلیل شده است. نتایج نشان می‌دهد فناوری مالی اثر مثبت و معناداری بر هر دو شاخص سودآوری دارد و این اثر در دوره همه‌گیری کووید-۱۹ تقویت شده است. یافته‌ها بیانگر نقش فزاینده فناوری‌های مالی در بهبود عملکرد بانک‌ها، به‌ویژه در شرایط بحرانی، است.

در تحقیقی دیگر، نیکویان و همکاران^۳ (۲۰۲۳) با استفاده از رگرسیون اثرات ثابت بر داده‌های تابلویی ۳۲ بانک ویتنامی طی دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱، تأثیر دیجیتالی شدن بر سودآوری بانک‌ها را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد دیجیتالی شدن اثر مثبت و معناداری بر سودآوری دارد و از طریق کاهش نسبت هزینه به درآمد و افزایش درآمدهای غیرمشاع، عملکرد مالی بانک‌ها را بهبود می‌بخشد. هرچند بانک‌های کوچک و بانک‌های با مالکیت دولتی بالاتر سودآوری کمتری دارند، اما دیجیتالی شدن به ارتقای عملکرد آن‌ها کمک می‌کند و اثر آن برحسب اندازه و مالکیت نیز بررسی شده است. این یافته‌ها ضمن توسعه ادبیات موجود، بر اهمیت تدوین راهبردهای مؤثر دیجیتالی در نظام بانکی تأکید دارد.

یافته‌های مطالعه دوران و همکاران^۴ (۲۰۲۲) نشان می‌دهد که در دوره بحران پاندمی، رشد استفاده از تراکنش‌های بدون تماس، توسعه سریع اپلیکیشن‌های بانکداری دیجیتال و ارتقای امنیت تراکنش‌ها نقش کلیدی در حفظ کارایی مالی بانک‌ها ایفا کرده است. همچنین مشخص شده که استفاده از کارت‌های اعتباری در این دوره اثر منفی و استفاده از کارت‌های نقدی اثر مثبت بر عملکرد داشته است. این تفاوت را ناشی از رفتارهای احتیاطی مشتریان، سخت‌گیری در کنترل اعتبار، و تفاوت ریسک‌های اعتباری می‌دانند.

¹ Le et al.

² Alshouha et al.

³ Nguyen et al.

⁴ Doran et al.

⁵ Debit Cards

پژوهش آصف و همکاران^۱ (۲۰۱۹) که اگرچه به بانکداری الکترونیک نمی‌پردازد، اما نشان می‌دهد که کارایی هزینه‌ای بانک‌ها در دوره‌های عادی قادر است احتمال ورشکستگی بانک‌ها را در بحران‌های مالی بعدی ۶۴ تا ۹۵ درصد کاهش دهد. این مطالعه بیان می‌کند که کیفیت مدیریت عامل اصلی پایداری کارایی در دوره‌های بحران است. با این حال، به دلیل آنکه این مطالعه شامل متغیرهای بانکداری الکترونیک نیست، نمی‌توان آن را پشتیبان تجربی مستقیم در چارچوب دیجیتال سازی محسوب کرد.

مطالعه حسن و همکاران^۲ (۲۰۰۵) با استفاده از داده‌های سطح بانکی، به بررسی تأثیر ویژگی‌های درونی بانک‌ها و شرایط کلی محیط مالی بر عملکرد بانک‌های اسلامی در سطح جهانی طی دوره ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۱ می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد که نسبت بالاتر سرمایه و تسهیلات به دارایی‌ها با افزایش سودآوری و کارایی بانک‌های اسلامی همراه است، در حالی که مالیات‌های صریح و ضمنی اثر منفی بر شاخص‌های عملکرد بانکی دارند و شرایط مساعد اقتصاد کلان به بهبود عملکرد کمک می‌کند؛ همچنین برخلاف انتظار، بین سودآوری و هزینه‌های سربار بانک‌ها رابطه مثبت و معناداری مشاهده شده است.

ادبیات موجود بین‌المللی به وضوح نشان می‌دهد که دیجیتال سازی و فناوری‌های مالی می‌توانند محرک اصلی بهبود عملکرد و تاب‌آوری بانک‌ها باشند، اما اثر واقعی آن‌ها به شرایط محیطی، ساختاری، مدیریتی و مرحله توسعه فناوری وابسته است. به عبارت دیگر، دیجیتال سازی یک ابزار راهبردی است که موفقیت آن مستلزم ترکیب با مدیریت کارآمد، اصلاح ساختار بانک و توجه به محیط نهادی و اقتصادی است.

روش‌شناسی تحقیق

این پژوهش از رویکرد کمی-تجربی و مبتنی بر داده‌های تابلویی استفاده می‌کند. هدف اصلی، برآورد اثر مستقیم بانکداری الکترونیک بر کارایی مالی بانک‌ها و بررسی نقش تعدیل‌گر بحران‌های چندلایه و شدت بحران‌های پایدار در این رابطه است. با توجه به ناهمگنی ساختاری بانک‌ها، پویایی کارایی مالی، وجود شوک‌های کلان پایدار و هم‌پوشان، از مدل‌های اقتصادسنجی تابلویی پویا و تعاملی استفاده می‌شود.

جامعه آماری، نمونه و روش نمونه‌گیری

جامعه آماری شامل کلیه بانک‌های تجاری و تخصصی فعال در نظام بانکی ایران (۲۷ بانک) است که طی دوره زمانی مورد مطالعه دارای صورت‌های مالی قابل دسترس و داده‌های مرتبط با خدمات بانکداری الکترونیک بوده‌اند.

دوره زمانی تحقیق از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۴۰۳ (۱۴ سال) است. این بازه زمانی به‌طور هم‌زمان تحریم‌های مالی چندمرحله‌ای، شوک‌های تورمی و ارزی، بحران پاندمی کووید-۱۹ بی‌ثباتی‌های نهادی و سیاسی را در بر می‌گیرد و برای تحلیل «بحران‌های چندلایه و پایدار» مناسب است.

در ادبیات اقتصاد مالی و بانکداری، مفهوم بحران‌های چندلایه و پایدار به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن نظام بانکی و محیط اقتصادی نه با یک شوک مقطعی، بلکه با مجموعه‌ای از شوک‌های هم‌زمان، متداخل و بلندمدت مواجه است که آثار

¹ Assef *et al.*

² Hassan *et al.*

³ COVID-19

آن‌ها در طول زمان انباشته شده و به صورت ساختاری بر عملکرد نهادهای مالی اثر می‌گذارد. این نوع بحران‌ها با ناپایداری‌های کوتاه‌مدت تفاوت دارند، زیرا هم از حیث تنوع منشأ بحران (اقتصادی، سیاسی، نهادی و بین‌المللی) و هم از نظر تداوم زمانی و شدت اثرگذاری، فضای تصمیم‌گیری و کارایی بانک‌ها را به طور بنیادین دگرگون می‌کنند. در چنین شرایطی، کارایی مالی بانک‌ها نه تنها به عوامل درون‌بانکی، بلکه به برهم‌کنش پیچیده‌ای از عوامل برون‌زا و نهادی وابسته می‌شود.

از منظر تحلیلی، بحران‌های چندلایه به بحران‌هایی اطلاق می‌شوند که به طور هم‌زمان در چند سطح و حوزه مختلف بروز می‌یابند و اثرات متقابل آن‌ها یکدیگر را تشدید می‌کند. در مورد نظام بانکی ایران، این لایه‌ها شامل بحران‌های کلان اقتصادی (تورم مزمن، نوسانات شدید نرخ ارز و رکود اقتصادی)، بحران‌های مالی و بانکی (افزایش مطالبات غیرجاری، ناترازی ترازنامه بانک‌ها و محدودیت‌های نقدینگی)، بحران‌های بیرونی و بین‌المللی (تحریم‌های مالی و محدودیت دسترسی به نظام پرداخت بین‌المللی) و بحران پاندمی است. هم‌پوشانی این لایه‌ها موجب می‌شود اثرگذاری ابزارهایی نظیر بانکداری الکترونیک بر کارایی مالی، ماهیتی غیرخطی و وابسته به شرایط محیطی پیدا کند. لازم به توضیح است شاخص بحران چندلایه با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۱ (PCA) ساخته می‌شود تا هم خطی میان متغیرهای بحران کاهش یابد.

در مقابل، بحران‌های پایدار به بحران‌هایی اشاره دارند که نه تنها در بازه زمانی کوتاه‌مدت مرتفع نمی‌شوند، بلکه به صورت مزمن و بلندمدت تداوم یافته و به بخشی از ویژگی‌های ساختاری اقتصاد تبدیل می‌شوند. نمونه‌های بارز این نوع بحران در اقتصاد ایران شامل تداوم تحریم‌های اقتصادی، بی‌ثباتی سیاسی و اقتصادی مزمن، تورم ساختاری و کاهش مستمر قدرت خرید است. شدت و تداوم این بحران‌ها سبب می‌شود که حتی نوآوری‌های فناورانه و ابزارهای دیجیتال، علی‌رغم برخورداری از ظرفیت بالقوه برای افزایش کارایی، نتوانند به طور کامل اثرات مثبت خود را بر عملکرد مالی بانک‌ها محقق سازند. از این رو، در چارچوب پژوهش حاضر، بحران‌های پایدار به عنوان عاملی تعدیل‌کننده منفی در نظر گرفته می‌شوند که می‌توانند رابطه میان بانکداری الکترونیک و کارایی مالی بانک‌ها را تضعیف یا حتی در شرایط حاد، معکوس کنند. به این نکته باید توجه کرد که متغیر شدت بحران پایدار تمایز این پژوهش با مطالعات پیشین است و امکان تحلیل اثرات بلندمدت بحران را فراهم می‌کند.

نمونه‌گیری به صورت هدفمند-حذفی انجام می‌شود. بانک‌هایی انتخاب می‌شوند که:

- در کل دوره زمانی تحقیق فعال بوده‌اند؛
- دارای شخصیت حقوقی بانک بوده و جزء مؤسسات مالی و اعتباری نباشند؛
- در معرض سیاست‌های پولی و نظارتی مشابه قرار داشته باشند.

از این رو، تعداد مشاهدات نیز ۳۷۸ سال - بانک (۲۷ بانک \times ۱۴ سال) می‌باشد که از نوع داده‌های تابلویی است. یادآوری می‌شود که بعد از سال ۱۳۹۸ پنج بانک نظامی کشور در بانک سپه ادغام شدند که به دلیل عدم فعالیت در

^۱ Principal Component Analysis

کل دوره زمانی تحقیق، از جامعه آماری حذف گردید. اطلاعات و آمار متغیرهای استفاده شده در تحقیق از صورت-های مالی ارائه شده در تارنمای بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و بانک‌های دولتی و غیردولتی جمع‌آوری شده است. نگاره ۱ تعداد نمونه‌های انتخابی جامعه آماری را نشان می‌دهد.

نگاره ۱: تعداد نمونه‌های انتخابی

Table 1: Sample size

۳۳ بانک	+ تعداد کل جامعه آماری
۴ بانک	- بانک‌هایی که در کل دوره زمانی تحقیق فعال نبوده‌اند.
۲ مؤسسه	- دارای شخصیت حقوقی مؤسسات مالی و اعتباری نباشند.
۲۷ بانک	= کل نمونه مورد مطالعه

مدل تحقیق

مدل مرز تصادفی (SFA) یک رویکرد اقتصادسنجی برای اندازه‌گیری کارایی بنگاه‌ها، بانک‌ها یا سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده است که نخستین بار توسط آیکنر و همکاران^۱ (۱۹۷۷) و میوسن و دن برویک^۲ (۱۹۷۷) معرفی شد. در این مدل فرض می‌شود که عملکرد مشاهده شده واحد اقتصادی (مانند تولید، سود یا بازده دارایی‌ها) حول یک «مرز بهینه» نوسان می‌کند و انحراف از این مرز ناشی از دو منبع متمایز است: شوک‌های تصادفی و ناکارایی. مدل مرز تصادفی با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی (Maximum Likelihood) این دو منبع را از یکدیگر تفکیک می‌کند و بدین ترتیب امکان برآورد هم‌زمان پارامترهای تابع مرز و سطح ناکارایی را فراهم می‌سازد. مزیت اصلی این مدل نسبت به روش‌های ناپارامتریک مانند روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) آن است که وجود نویز آماری، خطای اندازه‌گیری و شوک‌های کلان اقتصادی را به‌طور صریح در مدل لحاظ می‌کند؛ ویژگی‌ای که این روش را به‌ویژه برای تحلیل کارایی بانک‌ها در شرایط بی‌ثبات و بحرانی بسیار مناسب می‌سازد. به بیان دیگر، این روش، با توجه به تضمین کنترل بر نویزهای تصادفی و شوک‌های کلان، رویکرد مناسبی برای تحلیل داده‌های پانلی با قابلیت تفکیک ناکارآمدی است. لازم به ذکر است که بر اساس ساختار داده و فرضیات مدل، نتایج برآورد شده، تنها نشان‌دهنده همبستگی شرطی بین فناوری و کارایی است و نمی‌توان آن را به‌طور قطعی معادل رابطه علی فرض نمود. علی‌هذا، در این مطالعه مراحل زیر متصور است. در مرحله نخست، کارایی فنی بانک‌ها با استفاده از روش تحلیل مرزی تصادفی برای ۲۷ بانک در دوره ۱۴ ساله برآورد شد. در مرحله دوم، مقادیر برآورد شده کارایی به‌عنوان متغیر وابسته در یک مدل پانلی مورد استفاده قرار گرفت تا رابطه آن با سرمایه‌گذاری فناورانه و سایر متغیرهای کنترلی بررسی شود. اگرچه استفاده از داده‌های پانلی، کنترل اثرات ثابت بانک‌ها و متغیرهای کلان، بخشی از ناهمگنی مشاهده‌نشده را کاهش می‌دهد، اما احتمال وجود درون‌زایی ناشی از علیت معکوس همچنان باقی است؛ بدین معنا

¹ Aigner *et al.*

² Meeusen & Den Broeck

که بانک‌های کارا تر ممکن است به دلیل دسترسی بیشتر به منابع و ظرفیت‌های مدیریتی، به‌طور سیستماتیک سرمایه‌گذاری بیشتری در فناوری انجام دهند. از آنجا که در این پژوهش از ابزارهای برون‌زا یا برآوردگرهای پویا نظیر System-GMM استفاده نشده است، نتایج باید به‌عنوان روابط شرطی و نه روابط علیّ قطعی تفسیر شوند.

مدل‌های مرز تصادفی (SFA) بر اساس مبانی نظری و آزمون فرضیه‌های تدوین شده به شرح زیر است:

$$FE_{it} = \alpha + \beta_1 EB_{it} + \beta_2 SIZE_{it} + \beta_3 OWN_{it} + \beta_4 CAR_{it} + \beta_5 NPL_{it} + \beta_6 LIQ_{it} + v_{it} - v_{it} \quad (1)$$

در مدل مرز تصادفی که برای فرضیه اول تدوین شده است، جزء خطا به‌صورت دو مؤلفه مجزا تعریف می‌شود که هر یک تفسیر اقتصادی متفاوتی دارند. مؤلفه اول، خطای تصادفی (v_{it}) است که معمولاً دارای توزیع نرمال متقارن با میانگین صفر در نظر گرفته می‌شود و اثر شوک‌های برون‌زا، خطاهای اندازه‌گیری، نوسانات اقتصادی، تغییرات مقرراتی و سایر عوامل خارج از کنترل بنگاه یا بانک را منعکس می‌کند. مؤلفه دوم، ناکارایی (u_{it}) است که یک متغیر نامنفی بوده و فاصله واحد مورد بررسی از مرز کارایی بهینه را نشان می‌دهد؛ این جزء بیانگر ضعف‌های مدیریتی، تخصیص نامناسب منابع، یا ساختارهای ناکارایی عملیاتی است که باعث می‌شود عملکرد واقعی کمتر از سطح بالقوه باشد. تفکیک این دو مؤلفه در SFA امکان تمایز میان انحراف ناشی از شرایط تصادفی و انحراف ناشی از ناکارایی واقعی را فراهم می‌سازد و یکی از مهم‌ترین مزیت‌های این روش نسبت به رگرسیون‌های کلاسیک (مانند، OLS) محسوب می‌شود. نمادهای متغیرهای تحقیق، به همراه تعاریف عملیاتی و نحوه محاسبه آن‌ها در نگاره ۲ ارائه شده است. رابطه ۲ مدل مرز تصادفی برای فرضیه دوم تحقیق را نشان می‌دهد.

$$FE_{it} = \alpha + \beta_1 EB_{it} + \beta_2 MCI_{it} + \beta_3 EB \times MCI_{it} + \beta_4 SIZE_{it} + \beta_5 OWN_{it} + \beta_6 CAR_{it} + \beta_7 NPL_{it} + \beta_8 LIQ_{it} + v_{it} - v_{it} \quad (2)$$

در رابطه ۲، متغیر شاخص بحران چند لایه (MCI_{it}) به عنوان متغیر تعدیلگر به مدل اول اضافه می‌شود و اثر تعاملی آن با متغیر مستقل بانکداری الکترونیک ($EB \times MCI_{it}$) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. رابطه ۳ مدل مرز تصادفی برای فرضیه سوم تحقیق را نشان می‌دهد.

$$FE_{it} = \alpha + \beta_1 EB_{it} + \beta_2 MCI_{it} + \beta_3 EB \times MCI_{it} + \beta_4 SCI_{it} + \beta_5 EB \times SCI_{it} + \beta_6 SIZE_{it} + \beta_7 OWN_{it} + \beta_8 CAR_{it} + \beta_9 NPL_{it} + \beta_{10} LIQ_{it} + v_{it} - v_{it} \quad (3)$$

در رابطه ۳، متغیر شدت بحران پایدار (SCI_{it}) به عنوان متغیر تعدیلگر به مدل دوم اضافه می‌شود و اثر تعاملی آن با متغیر مستقل بانکداری الکترونیک ($EB \times SCI_{it}$) مورد سنجش قرار می‌گیرد. گفتنی است که در آزمون‌های آماری، آزمون نرمال بودن نه برای متغیرهای مستقل و نه الزاماً برای متغیر وابسته، بلکه برای جمله خطا یا باقیمانده‌های مدل انجام می‌شود. در رگرسیون‌های کلاسیک، نرمال بودن باقیمانده‌ها شرط اعتبار استنباط آماری است، در حالی که در مدل مرز تصادفی، تنها مؤلفه تصادفی خطا دارای توزیع نرمال فرض می‌شود و مؤلفه ناکارایی ذاتاً غیرنرمال است.

تکرار ۲: تعریف متغیرها، نمادها، نحوه محاسبه و منابع داده

Table 2: Variable definitions, Symbols, Calculation method and Data sources

نوع متغیر	نام متغیر	نماد	تعریف عملیاتی	فرمول / نحوه محاسبه	منبع داده
وابسته	کارایی مالی بانک	FE _{it}	میزان کارایی بانک در تبدیل نهاده‌ها به ستانده‌های مالی	روش مدل مرز تصادفی (SFA) با شاخص‌های مالی	صورت‌های مالی بانک‌ها، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران
وابسته	بازده دارایی‌ها	ROA _{it}	سودآوری بانک نسبت به کل دارایی‌ها	سودخالص/کل دارایی‌ها	صورت‌های مالی بانک‌ها
وابسته	بازده حقوق صاحبان سهام	ROE _{it}	سودآوری بانک نسبت به حقوق صاحبان سرمایه	سود خالص/حقوق صاحبان سرمایه	صورت‌های مالی بانک‌ها
وابسته	شاخص هزینه به درآمد	CIR _{it}	نسبت هزینه به درآمد	کل هزینه‌ها/کل درآمدها	صورت‌های مالی بانک‌ها
مستقل	بانکداری الکترونیک	EB _{it}	سطح توسعه و استفاده از خدمات بانکداری الکترونیک	شاخص ترکیبی (POS, ATM, Internet/Mobile Banking)	بانک مرکزی، شاپرک، گزارش‌های سالانه بانک‌ها
تعدیل‌گر	شاخص بحران چندلایه	MCI _t	شدت هم‌زمان بحران‌های اقتصادی، مالی، نهادی و پاندمی	شاخص ترکیبی (تورم، نرخ ارز، تحریم، بی‌ثباتی و پاندمی)	مرکز آمار ایران، بانک مرکزی و وزارت بهداشت
تعدیل‌گر	شدت بحران‌های پایدار	SCI _t	استمرار و شدت بحران‌ها در طول زمان	متغیر مجازی (اگر شاخص بحران چندلایه بزرگتر از ۰/۶ باشد عدد ۱ و در غیر این صورت صفر)	محاسبه پژوهشگر
تعاملی	تعامل بانکداری الکترونیک و شدت بحران‌های چند لایه	EB _{it} ×MCI _t	اثر شرطی بانکداری الکترونیک تحت شدت بحران چندلایه	حاصل ضرب متغیر مستقل و تعدیل‌گر	محاسبه پژوهشگر
تعاملی	تعامل بانکداری الکترونیک و شدت بحران‌های پایدار	EB _{it} ×SCI _t	اثر شرطی بانکداری الکترونیک تحت شدت بحران پایدار	حاصل ضرب متغیر مستقل و تعدیل‌گر	محاسبه پژوهشگر
مستقل	نسبت کفایت سرمایه	CAR _{it}	توان جذب زیان بانک	حقوق صاحبان سرمایه/کل دارایی‌ها	بانک مرکزی
مستقل	کیفیت دارایی	NPL _{it}	کیفیت دارایی‌های بانک	مجموع بدهی‌ها/کل دارایی‌ها	صورت‌های مالی بانک‌ها
مستقل	نقدینگی	LIQ _{it}	توان ایفای تعهدات کوتاه‌مدت	مجموع نقد و مطالبات کوتاه-مدت/کل دارایی‌ها	صورت‌های مالی بانک‌ها
کنترلی	اندازه بانک	SIZE _{it}	مقیاس فعالیت بانک	لگاریتم طبیعی کل دارایی‌ها	صورت‌های مالی بانک‌ها
کنترلی	نوع مالکیت	OWN _{it}	دولتی یا غیردولتی	متغیر مجازی: (غیردولتی=۱، دولتی=۰)	صورت‌های مالی بانک‌ها

لازم به توضیح است، بحران‌های متعدد محیط مورد مطالعه (مانند تورم، تحریم، رکود، پاندمی، نرخ ارز) ماهیت چندبُعدی دارند و هیچ‌کدام به تنهایی قادر به ارائه تصویری کامل از چالش‌ها و شرایط موجود نیستند. تلفیق این متغیرها در یک شاخص ترکیبی، رویکردی علمی و ضروری برای پوشش جامع ابعاد مختلف بحران، کاهش پیچیدگی مدل با کم کردن تعداد متغیرهای مستقل و جلوگیری از مشکلاتی چون هم‌خطی، و همچنین افزایش اعتبار و قابلیت اطمینان اندازه‌گیری است. این شاخص ترکیبی با ادغام اطلاعات از منابع متعدد، تصویری واقع‌بینانه‌تر و قابل اتکاتر از وضعیت کلی بحران ارائه می‌دهد که تحلیل‌های آماری و اقتصادی را تسهیل می‌کند.

استفاده از شاخص ترکیبی همچنین با مبانی نظری مفاهیم پیچیده مانند «بحران» که ذاتاً چندوجهی هستند، همخوانی بیشتری دارد و امکان عملیاتی کردن این مفاهیم را در قالب کمی فراهم می‌آورد. در تحلیل‌های کلان

اقتصادی، این شاخص‌ها ابزاری کارآمد برای خلاصه کردن حجم بالای داده‌ها و ارزیابی روند کلی وضعیت هستند، که در نهایت منجر به مدل‌های ساده‌تر، قابل تفسیرتر و از نظر آماری قوی‌تر می‌شود و درک عمیق‌تری از روابط بین پدیده‌های اقتصادی پیچیده به دست می‌دهد.

در این پژوهش، متغیر شاخص بحران پایدار (SCI) به صورت دودویی تعریف شده است تا «حضور/عدم حضور» بحران پایدار در هر دوره زمانی به شکلی شفاف و قابل تکرار شناسایی شود. بنابراین، مقدار ۱ بیانگر تحقق حالت بحران پایدار و مقدار ۰ نشان‌دهنده عدم تحقق آن است. انتخاب قالب دودویی به دلیل ماهیت مفهومی بحران پایدار - که در ادبیات پژوهش معمولاً به‌عنوان یک وضعیت گسسته (ظهور/عدم ظهور) تحلیل می‌شود - و همچنین برای افزایش تفسیرپذیری و قابلیت مقایسه یافته‌ها و نتایج میان کشورها/دوره‌ها صورت گرفته است. افزون بر این، دودویی-سازی شاخص امکان اعمال مستقیم آن در مدل‌های اقتصادسنجی که نیازمند متغیر طبقه‌بندی شده یا تفسیر رویدادی هستند را فراهم می‌کند و از تداخل تفسیرهای ناشی از نوسان‌های جزئی در شدت بحران جلوگیری می‌نماید.

آستانه ۰/۶ نیز به‌عنوان یک معیار عملیاتی برای تبدیل شاخص چندلایه به وضعیت دودویی تعیین شده است؛ بدین معنا که چنانچه مقدار شاخص چندلایه بزرگ‌تر از ۰/۶ باشد، بحران پایدار به‌عنوان «رخدادی معنادار» در نظر گرفته می‌شود و SCI برابر ۱ تخصیص می‌یابد، در غیر این صورت SCI برابر ۰ خواهد بود. انتخاب این آستانه بر پایه منطق تجربی تمایز میان نوسانات عادی و سطوح بحرانی معنادار انجام شده است و از آن برای افزایش دقت شناسایی دوره‌های بحرانی استفاده می‌شود. این مقدار، تجربه‌ای رایج در تعیین آستانه‌های بحران در مطالعات مشابه است که به بهترین نحو، میان حساسیت به شناسایی بحران و اجتناب از هشدارهای کاذب تعادل برقرار می‌سازد.

یافته‌های تحقیق

نتایج و یافته‌های توصیفی متغیرهای تحقیق در نگاره ۳ ارائه شده است.

نگاره ۳: یافته‌های توصیفی

Table 3: Descriptive findings

نماد متغیرها	مشاهده	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
FE	۳۷۸	-۰/۰۰۰	۰/۶۴۲	-۵/۶۹۰	۳/۰۲۳
EB	۳۷۸	-۰/۰۱۷	۰/۷۲۹	-۰/۶۵۷	۲/۸۶۷
MCI	۳۷۸	۰/۱۱۲	۰/۵۸۹	-۰/۵۸۲	۲/۱۹۵
SCI	۳۷۸	۰/۲۸۶	۰/۴۵۲	۰	۱
Size	۳۷۸	۱۸/۸۱۸	۱/۰۲۹	۱۳/۹۴۲	۲۳/۰۹۴
CAR	۳۷۸	۰/۲۵۰	۰/۲۲۳	-۰/۰۷۷	۲/۷۱۸
NPL	۳۷۸	۰/۸۷۶	۱/۵۹۱	۰/۱۴۴	۲۹/۹۸۱
LIQ	۳۷۸	۰/۰۵۵	۰/۰۱۱	۰/۰۲۲	۰/۰۸۱
Own	۳۷۸	۳۳ درصد از بانک‌های ایرانی دارای مالکیت دولتی بوده و ۶۷ درصد دارای مالکیت غیردولتی می‌باشند.			

منبع: یافته‌های پژوهش

میانگین کارایی مالی (FE) برابر با $0/000-$ و انحراف استاندارد آن $0/642$ است. این مقادیر نشان می‌دهند که به طور متوسط، کارایی مالی در بانک‌های مورد بررسی نزدیک به صفر بوده و پراکندگی قابل توجهی حول این میانگین وجود دارد (از $5/690-$ تا $3/023$). میانگین منفی ممکن است به عواملی مانند فرضیات مدل سنجش کارایی، یا وجود ناکارایی سیستماتیک در بخشی از بانک‌ها اشاره داشته باشد.

میانگین متغیر بانکداری الکترونیکی (EB) برابر با $0/017-$ با انحراف استاندارد $0/729$ است. این میانگین منفی نیز ممکن است به نحوه محاسبه یا تعریف این شاخص در مدل اشاره کند. دامنه مقادیر این متغیر (از $0/657-$ تا $2/867$) نشان‌دهنده تفاوت‌های زیاد در میزان پیاده‌سازی یا استفاده از خدمات بانکداری الکترونیکی در میان بانک‌های نمونه است.

شاخص بحران چندلایه (MCI) دارای میانگین $0/112$ و انحراف استاندارد $0/589$ است. این شاخص با دامنه مقادیر از $0/582-$ تا $2/195$ ، نشان‌دهنده وجود ابعاد مختلف بحران در سیستم بانکی است. میانگین مثبت و انحراف استاندارد نسبتاً بالا حاکی از آن است که به طور متوسط، درجه‌ای از بحران چندلایه وجود داشته و شدت آن نیز در بانک‌های مختلف متفاوت است.

این متغیر، که مقادیر آن بین 0 و 1 است (میانگین $0/286$)، به نظر می‌رسد یک شاخص شدت بحران پایدار (SCI) باشد. میانگین $0/286$ نشان می‌دهد که تقریباً $28/6\%$ از مشاهدات در معرض شدت بحران پایدار قرار دارند. مقادیر 0 و 1 حاکی از آن است که این متغیر ممکن است وضعیت بحرانی را (۱) در مقابل عدم بحران (۰) یا سطوح مختلف شدت را طبقه‌بندی کند.

آزمون ایستایی متغیرها

به منظور بررسی ایستایی متغیرها و جلوگیری از برآوردهای کاذب، از آزمون ریشه واحد پانلی Im-Pesaran-Shin استفاده شد. نتایج نگراره ۴ نشان می‌دهد که اغلب متغیرها در سطح ایستا هستند، در حالی که برخی متغیرها پس از تفاضل‌گیری مرتبه اول ایستا شدند. بر این اساس، کلیه متغیرهای به کاررفته در مدل مرز تصادفی از شرط ایستایی برخوردار بوده و قابلیت استفاده در برآورد SFA را دارند.

نگاره ۴: نتایج آزمون ایستایی

Table 4: Unit root test results

نماد متغیرها	آماره IPS	Prob	نتیجه
FE	-۱/۸۳۶	۰/۰۳۳	ایستا
EB	-۱۴/۷۷۹	۰/۰۰۰	ایستا
MCI	-۱۵/۲۳۹	۰/۰۰۰	ایستا
SCI	-۲/۱۹۶	۰/۰۱۴	ایستا در تفاضل مرتبه اول
Size	-۴/۰۰۲	۰/۰۰۰	ایستا
CAR	-۶/۰۴۱	۰/۰۰۰	ایستا در تفاضل مرتبه اول

ایستا در تفاضل مرتبه اول	۰/۰۰۰	-۶/۲۱۳	NPL
ایستا	۰/۰۰۰	-۴/۷۰۱	LIQ

منبع: یافته‌های پژوهش

آزمون هم‌خطی چندگانه

به‌منظور بررسی وجود هم‌خطی چندگانه میان متغیرهای توضیحی مدل، از شاخص عامل تورم واریانس (VIF) استفاده شد. نتایج نگاره ۵ نشان می‌دهد که مقدار VIF برای تمامی متغیرها کمتر از ۲ و میانگین VIF برابر با ۱/۴۳ است که به‌طور معناداری کمتر از آستانه بحرانی ۱۰ می‌باشد. این یافته‌ها حاکی از عدم وجود هم‌خطی چندگانه جدی در مدل بوده و نشان می‌دهد که ضرایب برآوردشده از پایداری و اعتبار آماری برخوردار هستند. علاوه بر این، مقادیر معکوس (Tolerance) VIF برای تمامی متغیرها بزرگ‌تر از ۰/۱ بوده که مؤید عدم وجود هم‌خطی شدید است.

نگاره ۵: نتایج آزمون هم‌خطی چندگانه

Table 5: Results of the Multicollinearity Test

1/VIF	VIF	نماد متغیر
۰/۶۰۴	۱/۶۶	CAR
۰/۶۵۱	۱/۵۶	NPL
۰/۶۶۴	۱/۵۱	Size
۰/۶۸۰	۱/۴۷	EB
۰/۷۲۳	۱/۳۸	Own
۰/۹۸۱	۱/۰۲	LIQ
	۱/۴۳	Mean VIF

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج کفایت نمونه‌گیری (KMO) و آزمون بارتلت

پیش از اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، کفایت نمونه‌گیری و مناسب بودن ماتریس همبستگی بررسی شد. نتایج نگاره ۶ نشان می‌دهد که مقدار KMO برای شاخص‌های ترکیبی کارایی مالی (FE)، بانکداری الکترونیک (EB) و بحران‌های چندلایه (MCI) به ترتیب برابر با ۰/۵۰۲، ۰/۶۳۰ و ۰/۶۲۰ بوده و آزمون کرویت بارتلت نیز در سطح ۱ درصد معنادار است (Sig. = 0.001). بنابراین، داده‌ها برای اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی مناسب تشخیص داده شدند.

نگاره ۶: شاخص KMO و آزمون کرویت بارتلت

Table 6: KMO Index and Bartlett's Test of Sphericity

متغیر	شاخص / آزمون	مقدار	سطح معناداری (Sig.)
-------	--------------	-------	---------------------

FE	معیار کفایت نمونه‌گیری (KMO)	۰/۵۰۲	-
	آزمون کرویت بارتل (تقریباً خی-دو)	۳۷/۰۶۲	۰/۰۰۱
EB	معیار کفایت نمونه‌گیری (KMO)	۰/۶۳۰	-
	آزمون کرویت بارتل (تقریباً خی-دو)	۶۰۸/۸۱۴	۰/۰۰۱
MCI	معیار کفایت نمونه‌گیری (KMO)	۰/۶۲۰	-
	آزمون کرویت بارتل (تقریباً خی-دو)	۱۳۲۹/۸۸۲	۰/۰۰۱

منبع: یافته‌های پژوهش

اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)

الف) شاخص ترکیبی کارایی مالی (FE)

اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای شاخص کارایی مالی با استفاده از متغیرهای بازده دارایی‌ها (ROA)، بازده حقوق صاحبان سرمایه (ROE) و نسبت هزینه‌ها به درآمدها (CIR) انجام شد. نگاره ۷ و ۸ نتایج اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی شاخص کارایی مالی را نشان می‌دهد.

نگاره ۷: مقادیر ویژه، درصد واریانس تبیین شده متغیر کارایی مالی (FE)

Table 7: Eigenvalues and Percentage of Variance Explained

مؤلفه	مقدار ویژه	درصد واریانس تبیین شده
مؤلفه ۱	۱/۳۰۸	٪ ۴۳/۶۳
مؤلفه ۲	۰/۹۹۶	٪ ۳۳/۲۳
مؤلفه ۳	۰/۶۹۴	٪ ۲۳/۱۵
$۰/۲۳۱۵ + ۰/۳۳۲۳ + ۰/۴۳۶۳ \approx ۱$		

منبع: یافته‌های پژوهش

نگاره ۸: بارهای عاملی متغیر کارایی مالی (FE)

Table 8: Factor Loadings of the Financial Efficiency Variable

متغیر	مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	تبیین نشده
ROA	۰/۷۰۴۳	۰/۰۵۱۷	۰/۳۴۸۱
ROE	۰/۷۰۱۷	۰/۱۰۰۲	۰/۳۴۵۵
CIR	-۰/۱۰۷۴	۰/۹۹۳۶	۰/۰۰۰۸

منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر سه شاخص مالی ROA، ROE و CIR، دو مؤلفه اصلی استخراج شدند که در مجموع حدود ۷۶/۸ درصد از واریانس کل داده‌ها را تبیین می‌کنند. مؤلفه اول دارای مقدار ویژه ۱/۳۰۸ و سهم واریانس ۴۳/۶ درصد است و عمدتاً نمایانگر بُعد سودآوری بنگاه از طریق همگرایی شاخص‌های ROA و ROE می‌باشد. مؤلفه دوم با مقدار ویژه ۰/۹۹ و سهم ۳۳/۲ درصدی از واریانس کل، به‌طور عمده با متغیر

CIR بارگذاری شده است که بیانگر بُعد کارایی هزینه‌ای بانک‌ها محسوب می‌شود. بنابراین دو مؤلفه استخراج شده ساختار اصلی تغییرات در شاخص‌های مالی مورد بررسی را به‌طور مناسبی توصیف می‌کنند. از میان بارهای عاملی مشاهده‌شده، مؤلفه نخست با ضرایب تقریباً یکسان برای ROA (۰/۷۰۴۳) و ROE (۰/۷۰۱۷) نشان‌دهنده هم‌حرکتی قوی بین شاخص‌های بازده دارایی و بازده حقوق صاحبان سهام است، در حالی که مؤلفه دوم با بار عاملی بسیار بالا برای CIR (۰/۹۹۳۶) و ضرایب پایین برای سایر متغیرها نشان می‌دهد که کارایی عملیاتی بانک‌ها (نسبت هزینه‌های اداری به درآمد) بُعدی مستقل از سودآوری دارد. با توجه به میزان واریانس تبیین شده، این دو مؤلفه را می‌توان به‌عنوان نماگرهای اصلی برای تحلیل ساختار عملکرد مالی بانک‌ها به کار گرفت. ب) شاخص ترکیبی بانکداری الکترونیک (EB) اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای شاخص بانکداری الکترونیک با استفاده از چهار متغیر تعداد دستگاه‌های خودپرداز (ATM)، تعداد پایانه‌های فروشگاهی (POS)، درگاه موبایل بانک (MB) و درگاه اینترنت بانک (IB) انجام شد. نگاره ۹ و ۱۰ نتایج اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی شاخص بانکداری الکترونیک را نشان می‌دهد.

نگاره ۹: مقادیر ویژه، درصد واریانس تبیین شده متغیر بانکداری الکترونیک (EB)

Table 9: Eigenvalues and Percentage of Variance Explained

مؤلفه	مقدار ویژه	درصد واریانس تبیین شده
مؤلفه ۱	۲/۳۳۳	٪ ۵۸/۳۳
مؤلفه ۲	۱/۱۰۳	٪ ۲۷/۵۸
مؤلفه ۳	۰/۳۳۵	٪ ۸/۴
مؤلفه ۴	۰/۲۲۷	٪ ۵/۷
$۰/۰۵۷۰ + ۰/۰۸۴۰ + ۰/۲۷۵۸ + ۰/۵۸۳۳ \approx ۱$		

منبع: یافته‌های پژوهش

نگاره ۱۰: بارهای عاملی متغیر بانکداری الکترونیک (EB)

Table 8: Factor Loadings of the Electronic Banking Variable

متغیر	مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	تبیین نشده
ATM	۰/۵۷۹۸	۰/۱۰۲۷	۰/۲۰۴۱
POS	۰/۶۰۴۶	۰/۰۴۶۲	۰/۱۴۴۸
MB	۰/۱۴۳۵	۰/۹۰۴۲	۰/۰۵۰۱
IB	۰/۵۲۷۰	-۰/۴۱۲۱	۰/۱۶۴۸

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای چهار شاخص ATM، POS، MB و IB نشان می‌دهد که دو مؤلفه اصلی استخراج شده در مجموع ۸۵/۹ درصد از واریانس کل داده‌ها را تبیین می‌کنند. مؤلفه اول با مقدار ویژه ۲/۳۳۳، سهمی معادل ۵۸/۳ درصد از واریانس را توضیح می‌دهد و مؤلفه دوم با مقدار ویژه ۱/۱۰۳، ۲۷/۶ درصد دیگر از تغییرات را

پوشش می‌دهد. این میزان واریانس تبیین شده نشان می‌دهد که دو مؤلفه استخراج شده توان بالایی در خلاصه‌سازی ساختار اطلاعاتی متغیرهای مورد بررسی دارند و می‌توانند به‌عنوان نمایندگان مناسبی برای الگوهای اصلی بانکداری الکترونیک در نمونه پژوهش به کار روند.

از منظر بارهای مؤلفه‌ای، مؤلفه اول بیشترین همبستگی را با POS (۰/۶۰۴۶)، ATM (۰/۵۷۹۸) و IB (۰/۵۲۷۰) نشان می‌دهد و بنابراین می‌توان آن را به‌عنوان بُعد عمومی استفاده از خدمات و زیرساخت‌های بانکداری الکترونیک تفسیر کرد. در مقابل، مؤلفه دوم عمدتاً با MB (۰/۹۰۴۲) بارگذاری شده و بار منفی متوسطی برای IB (۰/۴۱۲۱) دارد؛ از این رو این مؤلفه بیشتر بیانگر بُعد متمایز بانکداری موبایلی در برابر سایر کانال‌های الکترونیکی است. بر این اساس، یافته‌ها حاکی از آن است که ساختار بانکداری الکترونیک در داده‌های این مطالعه عمدتاً در قالب دو بُعد اصلی، یعنی کاربردهای سنتی تر/زیرساختی و بانکداری موبایلی، شکل گرفته است.

(ج) شاخص ترکیبی بحران چندلایه (MCI)

اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای شاخص بحران چندلایه با استفاده از پنج متغیر تورم (Inflation)، تولید ناخالص داخلی (GDP)، نرخ ارز (Currency)، تحریم (Sanctions) و اپیدمی کووید-۱۹ (Pandemic) انجام شد. نگاره ۱۱ و ۱۲ نتایج اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی شاخص بحران چندلایه را نشان می‌دهد.

نگاره ۱۱: مقادیر ویژه، درصد واریانس تبیین شده متغیر بحران چندلایه (MCI)

Table 11: Eigenvalues and Percentage of Variance Explained

مؤلفه	مقدار ویژه	درصد واریانس تبیین شده
مؤلفه ۱	۲/۵۸۱	٪۵۱/۶۳
مؤلفه ۲	۱/۶۰۱	٪۳۲/۰۲
مؤلفه ۳	۰/۴۹۵	٪۹/۹
مؤلفه ۴	۰/۲۷۱	٪۵/۴۱
مؤلفه ۵	۰/۰۵۲	٪۱/۰۴
$۰/۰۱۰۴ + ۰/۰۵۴۱ + ۰/۰۹۹۰ + ۰/۰۳۲۰۲ + ۰/۰۵۱۶۳ \approx ۱$		

منبع: یافته‌های پژوهش

نگاره ۱۲: بارهای عاملی متغیر بحران چندلایه (MCI)

Table 12: Factor Loadings of the Multi-layered Crisis Index (MCI)

متغیر	مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	تبیین نشده
Inflation	۰/۵۱۳۰	-۰/۳۰۲۰	۰/۱۷۴۶
GDP	۰/۵۹۷۴	۰/۰۸۲۷	۰/۰۶۷۶
Currency	۰/۵۶۶۳	۰/۲۴۹۷	۰/۰۷۲۱
Sanctions	۰/۱۴۰۵	۰/۶۵۳۴	۰/۲۶۵۶
Pandemic	۰/۱۹۸۷	-۰/۶۴۲۴	۰/۲۳۷۴

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای پنج متغیر *Pandemic*، *Sanctions*، *Currency*، *GDP*، *Inflation* و *Pandemic* نشان می‌دهد که دو مؤلفه نخست بخش عمده‌ای از تغییرات داده‌ها را تبیین می‌کنند. مقدار ویژه مؤلفه اول برابر ۲/۵۸۱ و سهم آن از واریانس کل ۵۱/۶۳ درصد است، در حالی که مؤلفه دوم با مقدار ویژه ۱/۶۰۱، ۳۲/۰۲ درصد دیگر از واریانس را توضیح می‌دهد. در نتیجه، این دو مؤلفه در مجموع ۸۳/۶۵ درصد از کل واریانس را پوشش می‌دهند که نشان‌دهنده توان بالای آن‌ها در خلاصه‌سازی ساختار اطلاعاتی متغیرهای مورد مطالعه است. از این‌رو، به کارگیری این دو مؤلفه در تحلیل‌های بعدی می‌تواند به کاهش بُعد داده‌ها و نیز جلوگیری از هم‌خطی چندگانه کمک کند.

از منظر بارهای مؤلفه‌ای، مؤلفه اول بیشترین بار را بر *GDP* (۰/۵۹۷۴)، *Currency* (۰/۵۶۶۳) و *Inflation* (۰/۵۱۳۰) دارد؛ بنابراین می‌توان آن را به‌عنوان بُعدی مرتبط با شرایط کلان اقتصادی و ثبات پولی تفسیر کرد. در مقابل، مؤلفه دوم بیشترین بار را بر *Sanctions* (۰/۶۵۳۴) و بار منفی قابل توجهی بر *Pandemic* (۰/۶۴۲۴-) نشان می‌دهد، که این امر بیانگر یک بُعد متمایز از شوک‌های بیرونی و محدودیت‌های برون‌زا است. در همین حال، بارهای نسبتاً پایین‌تر *Sanctions* و *Pandemic* بر مؤلفه اول و نیز بارهای پایین‌تر *GDP* و *Currency* بر مؤلفه دوم، نشان می‌دهد که این دو بُعد از نظر مفهومی تا حد زیادی از یکدیگر تفکیک پذیرند. در مجموع، یافته‌ها حاکی از آن است که ساختار همبستگی میان این متغیرها عمدتاً حول دو محور شرایط اقتصاد کلان و شوک‌ها/اختلالات بیرونی سازمان یافته است.

تخمین مدل مرز تصادفی فرضیه اول (SFA)

به‌منظور اندازه‌گیری کارایی مالی بانک‌ها، از روش مرز تصادفی با استفاده از برآورد حداکثر درست‌نمایی در نرم‌افزار Stata استفاده شد. در این چارچوب، انحراف از مرز کارایی به دو جزء خطای تصادفی و ناکارایی تفکیک گردید. نگاره ۱۳ نتایج تخمین مدل مرز تصادفی را با استفاده از توزیع نرمال بریده شده نشان می‌دهد. به‌منظور اطمینان از پایداری نتایج، مدل مرز تصادفی با دو توزیع متفاوت برای مؤلفه ناکارایی (نیمه‌نرمال و نرمال بریده‌شده) برآورد شد. نتایج نشان داد که در هر دو مشخصه، واریانس ناکارایی و پارامتر γ از نظر آماری معنادار نیستند. این یافته بیانگر آن است که انحراف بانک‌ها از مرز کارایی مالی عمدتاً ناشی از شوک‌های تصادفی و شرایط بحران‌زا بوده و نه ناکارایی مدیریتی. از آنجا که مدل نرمال بریده‌شده انعطاف‌پذیری بیشتری دارد، نتایج آن به‌عنوان مبنای اصلی تحلیل گزارش شده است.

نگاره ۱۳: نتایج تخمین مرز تصادفی (مدل نرمال بریده‌شده)

Table 13: Estimation Results of the Stochastic Frontier (Truncated Normal Model)

متغیر	ضرایب	خطای استاندارد	آماره z	p-مقدار
EB	۰/۱۶۱	۰/۰۴۵	۳/۵۸	۰/۰۰۰
Size	-۰/۲۵۴	۰/۰۳۲	-۷/۸۹	۰/۰۰۰
Own	۰/۱۴۷	۰/۰۶۷	۲/۱۸	۰/۰۲۹
CAR	-۰/۷۰۷	۰/۱۵۶	-۴/۵۴	۰/۰۰۰

۰/۰۰۰	-۸/۰۷	۰/۰۲۱	-۰/۱۷۰	NPL
۰/۰۸۰	-۱/۷۵	۲/۵۶۶	-۴/۴۹۵	LIQ
۰/۰۰۰	۸/۱۶	۰/۶۴۵	۵/۲۶۶	Constant
آماره‌های مؤلفه ناکارایی (نرمال بریده شده)				
۰/۹۹۰	-۰/۰۱	۱۵/۹۹۶	-۰/۱۹۵	μ
-	-	۰/۰۴۸	۰/۲۷۶	σ^2
-	-	۰/۱۵۸	۰/۰۰۱	γ
نتایج شاخص‌های تشخیصی مدل مرز تصادفی				
مقدار		آماره		
۳۷۸		تعداد مشاهدات		
-۲۹۲/۸۴۰۷		Log-likelihood		
۱۸۴/۸۸		Wald χ^2 (6)		
۰/۰۰۰		Prob > χ^2		
رد نشده		Test of no inefficiency ($H_0: \gamma = 0$)		

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج برآورد معادله مرز تصادفی نشان می‌دهد که متغیر بانکداری الکترونیک (EB) و ساختار مالکیت (Own) اثر مثبت و معناداری بر عملکرد مالی بانک‌ها دارند، در حالی که اندازه بانک (Size)، نسبت کفایت سرمایه (CAR) و نسبت مطالبات غیرجاری (NPL) اثر منفی و معناداری بر عملکرد مالی دارند. این یافته‌ها بیانگر آن است که در دوره بحران چندلایه، رشد اندازه و تشدید ریسک اعتباری، فشار منفی قابل توجهی بر عملکرد مالی بانک‌ها وارد کرده است. اثر متغیر نقدینگی (LIQ) منفی ولی در سطح ۱۰ درصد معنادار است که حاکی از نقش دوگانه نقدینگی در شرایط بحران است.

نتایج برآورد مؤلفه ناکارایی در مدل نرمال بریده‌شده نشان می‌دهد که واریانس ناکارایی (σ_u^2) و پارامتر نسبت واریانس‌ها (γ) از نظر آماری معنادار نیستند و مقدار γ به صفر بسیار نزدیک است. علاوه بر این، پارامتر μ که بیانگر میانگین ناکارایی در توزیع نرمال بریده‌شده است نیز معنادار نیست. این یافته‌ها حاکی از آن است که انحراف بانک‌ها از مرز عملکرد مالی عمدتاً ناشی از شوک‌های تصادفی و عوامل برون‌زا بوده و نه ناکارایی مدیریتی سیستماتیک.

نتایج شاخص‌های تشخیصی مدل مرز تصادفی نشان می‌دهد که تعداد مشاهدات ۳۷۸ مورد بوده و مقدار Log-likelihood برآورد شده -۲۹۲/۸۴۰۷ می‌باشد. آزمون Wald χ^2 معناداری مدل ($\chi^2 = 184.88, p < 0.001$) نشان می‌دهد که مجموعه متغیرهای توضیحی به طور معناداری عملکرد مالی بانک‌ها را توضیح می‌دهند. با این حال، آزمون مربوط به عدم وجود مؤلفه ناکارایی ($H_0: \gamma = 0$) رد نشده است ($\text{Prob} > z = 1.000$)، که بیانگر آن است که انحراف بانک‌ها از مرز عملکرد مالی عمدتاً ناشی از شوک‌های تصادفی و عوامل محیطی بیرونی بوده و ناکارایی مدیریتی سیستماتیک نقش معناداری در این دوره نداشته است. این یافته‌ها به وضوح نشان می‌دهند که در شرایط

بحران چندلایه اقتصادی ایران، اختلاف در عملکرد مالی بانک‌ها بیشتر ناشی از عوامل کلان و تصادفی است و تفاوت‌های مدیریتی داخلی به شکل سیستماتیک مشاهده نمی‌شود؛ بنابراین، سیاست‌های اصلاحی و نظارتی باید بیشتر بر تاب‌آوری بانک‌ها در مقابل شوک‌های محیطی تمرکز کنند تا صرفاً به بهبود کارایی داخلی پردازند.

تخمین مدل مرز تصادفی فرضیه دوم (SFA)

برای آزمون فرضیه دوم، مدل مرز تصادفی با اضافه کردن متغیر تعدیل‌گر شاخص بحران چندلایه و اثر تعاملی آن با بانکداری الکترونیک برآورد شد تا نقش شرایط بحرانی کلان بر رابطه بین نوآوری‌های دیجیتال بانک‌ها و کارایی مالی بررسی شود. این تخمین به ما امکان می‌دهد تا اثر تغییرات در شدت بحران‌های ارزی، تورمی و تحریمی بر توانمندی بانک‌ها در بهره‌برداری از بانکداری الکترونیک برای بهبود کارایی مالی را شناسایی کنیم. نتایج اولیه نشان می‌دهد که اثر مستقیم بانکداری الکترونیک بر عملکرد مالی مثبت و معنادار است، اما وقتی شدت بحران افزایش می‌یابد، اثر تعاملی به شکل منفی و قابل توجهی کاهش می‌یابد؛ به عبارت دیگر، کارایی مالی بانک‌ها در شرایط بحران چندلایه کمتر از توان بالقوه ناشی از سرمایه‌گذاری در بانکداری الکترونیک بهره‌برداری می‌کند. نگاره ۱۴ نتایج برآورد مدل مرز تصادفی برای فرضیه دوم را نشان می‌دهد.

نگاره ۱۴: نتایج تخمین مرز تصادفی (مدل نرمال بریده شده)

Table 14: Estimation Results of the Stochastic Frontier (Truncated Normal Model)

متغیر	ضرایب	خطای استاندارد	آماره z	p-مقدار
EB	۰/۱۸۶	۰/۰۴۸	۳/۸۸	۰/۰۰۰
MCI	۰/۰۹۴	۰/۰۵۳	۱/۷۸	۰/۰۷۶
EB×MCI	-۰/۰۳۰	۰/۰۶۳	-۰/۴۷	۰/۶۳۸
Size	-۰/۲۸۵	۰/۰۳۶	-۷/۸۷	۰/۰۰۰
Own	۰/۱۴۱	۰/۰۶۷	۲/۱۰	۰/۰۳۶
CAR	-۰/۶۳۹	۰/۱۵۹	-۴/۰۱	۰/۰۰۰
NPL	-۰/۱۷۹	۰/۰۲۲	۸/۳۱	۰/۰۰۰
LIQ	-۴/۰۸۲	۲/۵۶۵	-۱/۵۹	۰/۱۱۱
Constant	۵/۷۹۸	۰/۷۰۶	۸/۲۲	۰/۰۰۰
آماره‌های مؤلفه ناکارایی (نرمال بریده شده)				
μ	-۰/۱۳۴	۹/۵۹۲	-۰/۰۱	۰/۹۸۹
σ ²	۰/۲۷۴	۰/۰۳۵	-	-
γ	۰/۰۰۱	۰/۱۰۷	-	-
نتایج شاخص‌های تشخیصی مدل مرز تصادفی				
آماره		مقدار		
تعداد مشاهدات		۳۷۸		
Log-likelihood		-۲۹۱/۲۰۳		
Wald χ ² (6)		۱۸۹/۷۹		
Prob > χ ²		۰/۰۰۱		

رد نشده	Test of no inefficiency ($H_0: \gamma = 0$)
---------	---

منبع: یافته‌های پژوهش

ضریب مثبت و معنادار بانکداری الکترونیک نشان می‌دهد که بانک‌هایی که در خدمات الکترونیک سرمایه‌گذاری بیشتری دارند، کارایی مالی بالاتری دارند. این یافته با ادبیات جهانی و داخلی در زمینه بهبود عملکرد مالی با نوآوری‌های دیجیتال همخوانی دارد. ضریب مثبت اما با سطح معنی‌داری کمتر شاخص بحران چند لایه نشان می‌دهد که شدت بحران چند لایه به طور مستقیم تأثیر منفی قابل توجهی بر کارایی مالی ندارد، اما تمایل دارد رابطه مثبت بانکداری الکترونیک با کارایی را تضعیف کند. ضریب منفی و غیرمعنادار اثر تعاملی بیانگر این است که اثر بانکداری الکترونیک بر کارایی مالی در طول بحران چند لایه کاهش می‌یابد، اما در این نمونه تفاوت قابل توجهی ندارد. این نتیجه می‌تواند به دلیل شوک‌های شدید بیرونی و محدودیت منابع در بحران باشد.

در هر دو مدل نرمال و نرمال بریده شده، $\gamma \approx 0$ و آزمون فرض صفر عدم وجود مؤلفه ناکارایی رد نمی‌شود. این امر نشان می‌دهد که در این دوره بحران چند لایه، بیشتر اختلاف در کارایی بانک‌ها ناشی از عوامل تصادفی و شوک‌های محیطی است و ناکارایی مدیریتی سیستماتیک نقشی معنادار ندارد.

معناداری χ^2 Wald بیانگر قدرت مدل در توضیح متغیر وابسته است. مقادیر Log-likelihood مشابه در هر دو مدل ($\approx -291/20$) و عدم تفاوت معنی‌دار بین توزیع نرمال و نرمال بریده شده نشان می‌دهد که انتخاب توزیع تأثیر چندانی بر نتیجه‌گیری ندارد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که در بحران‌های چند لایه، سرمایه‌گذاری در بانکداری الکترونیک اثر مثبتی بر کارایی مالی دارد، اما سیاست‌های مقاوم‌سازی و مدیریت شوک‌های محیطی برای تحقق این مزایا ضروری است. همچنین، ناکارایی داخلی بانک‌ها نقش کمتری نسبت به شوک‌های بیرونی دارد، بنابراین اصلاحات نظارتی باید بر تاب‌آوری کلان بانک‌ها تمرکز کند.

تخمین مدل مرز تصادفی فرضیه سوم (SFA)

برای آزمون فرضیه سوم، مدل مرز تصادفی (SFA) با ورود متغیر تعدیل‌گر شاخص شدت بحران پایدار (SCI) و اثر تعاملی آن با بانکداری الکترونیک ($EB \times SCI$) تخمین زده شد تا مشخص شود آیا شدت پایداری بحران‌های بلندمدت اقتصادی، مالی، ارزی و پاندمی می‌تواند نقش تعدیل‌کننده بر اثر بانکداری دیجیتال بر کارایی مالی ایفا کند یا خیر؟ نگاره ۱۵ نشان‌دهنده نتایج برآورد مدل مرز تصادفی فرضیه سوم تحقیق است.

نگاره ۱۵: نتایج تخمین مرز تصادفی (مدل نرمال بریده شده)

Table 15: Estimation Results of the Stochastic Frontier (Truncated Normal Model)

متغیر	ضرایب	خطای استاندارد	آماره z	p-مقدار	CI ۹۵٪ پایین	CI ۹۵٪ بالا
EB	۰/۱۷۴	۰/۰۵۸	۲/۹۹	۰/۰۰۳	۰/۰۶۰	۰/۲۸۹
MCI	۰/۰۹۳	۰/۰۸۸	۱/۰۶	۰/۲۹۱	-۰/۰۸۰	۰/۲۶۶
EB×MCI	-۰/۰۶۵	۰/۱۱۶	-۰/۵۶	۰/۵۷۵	-۰/۲۹۳	۰/۱۶۳
SCI	۰/۰۰۱	۰/۱۱۲	۰/۰۱	۰/۹۹۳	-۰/۲۱۸	۰/۲۲۰

۰/۳۴۷	-۰/۲۳۹	۰/۷۱۶	۰/۳۶	۰/۱۴۹	۰/۰۵۴	EB×SCI
-۰/۲۱۳	-۰/۳۵۵	۰/۰۰۰	-۷/۸۵	۰/۰۳۶	-۰/۲۸۴	Size
۰/۲۷۳	۰/۰۰۹	۰/۰۳۶	۲/۱۰	۰/۰۶۷	۰/۱۴۱	Own
-۰/۳۲۷	-۰/۹۵۴	۰/۰۰۰	-۴/۰۰	۰/۱۶۰	-۰/۶۴۰	CAR
-۰/۱۳۶	-۰/۲۲۱	۰/۰۰۰	-۸/۲۷	۰/۰۲۲	-۰/۱۷۹	NPL
۰/۹۳۵	-۹/۱۱۷	۰/۱۱۱	-۱/۶۰	۲/۵۶۴	-۴/۰۹۱	LIQ
۷/۲۳۴	۴/۳۶۲	۰/۰۰۰	۷/۹۱	۰/۷۳۳	۵/۷۹۶	Constant
جزئیات پارامترهای ناکارایی و خطای تصادفی						
مقدار			پارامتر			
۰/۵۲۳			sigma_v			
۰/۰۰۶			sigma_u			
۰/۲۷۳			sigma ²			
۰/۰۱۲			lambda			
p ≈ 1			LR test sigma u=0			

منبع: یافته‌های پژوهش

مدل مرز تصادفی با هر دو توزیع، ۳۷۸ مشاهده و χ^2 والدی قابل توجه دارد، که نشان می‌دهد متغیرهای مستقل به طور کلی نقش معناداری در توضیح کارایی مالی بانک‌ها ایفا می‌کنند. Log likelihood مشابه در هر دو مدل (۲۹۱/۱۳۶۲۷-) نشان می‌دهد که تخمین‌ها تقریباً یکسان هستند و استفاده از توزیع نرمال بریده‌شده تفاوت قابل توجهی نسبت به توزیع نرمال پیش فرض ایجاد نکرده است.

ضریب مثبت و معنادار بانکداری الکترونیکی نشان می‌دهد که گسترش خدمات دیجیتال بانک‌ها، باعث افزایش کارایی مالی می‌شود. ضرایب شاخص بحران چندلایه (MCI) و اثر تعاملی آن با متغیر بانکداری الکترونیکی غیر معنادار هستند، که بیانگر این است که بحران کوتاه‌مدت چندلایه تأثیر مستقیمی بر اثر بانکداری دیجیتال بر کارایی مالی ندارد. ضرایب شاخص بحران پایدار (SCI) و تعامل آن با متغیر بانکداری الکترونیکی نیز تقریباً صفر و غیر معنادار هستند، که نشان می‌دهد بحران بلندمدت و اثر تعاملی آن با بانکداری الکترونیکی، نقش تعدیل‌کننده مهمی در کارایی مالی ندارد. سایر متغیرها از قبیل اندازه بانک، نسبت کفایت سرمایه و نسبت وام‌های غیرجاری اثر منفی و معنادار بر کارایی دارند، در حالی که مالکیت بانک اثر مثبت و معنادار دارد.

بر اساس یافته‌های پژوهش، ضریب متغیر MCI در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار است، اما در سطح ۹۵ درصد این معناداری حفظ نمی‌شود. این امر نشان می‌دهد که رابطه مشاهده‌شده میان فشارهای کلان اقتصادی و کارایی مالی، از نظر آماری مرزی و نسبتاً ضعیف است و باید با احتیاط تفسیر شود. اندازه اثر و پهنای فاصله اطمینان نیز مؤید این نکته است که این رابطه احتمالاً وابسته به شرایط نمونه و دوره زمانی بوده و ثبات تعمیم‌پذیری محدودی دارد. بنابراین، این یافته را نه به‌عنوان تأیید قطعی فرضیه، بلکه به‌عنوان نشانه‌ای مقدماتی و هماهنگ با الگوی نظری تفسیر می‌کنیم، الگویی که مطابق آن، فشارهای کلان اقتصادی می‌تواند در برخی شرایط با کاهش کارایی مالی همراه باشد، هر چند شواهد موجود قدرت کافی برای استنتاج قاطع فراهم نمی‌کند.

مقادیر $\sigma_u \approx 0/006$ و $\sigma_v \approx 0/523$ نشان می‌دهد که تقریباً تمام واریانس خطا ناشی از خطای تصادفی است و ناکارایی بانک‌ها سهم بسیار کمی از واریانس کل دارد. آزمون LR برای $H_0: \sigma_u = 0$ غیرمعنادار است ($p \approx 1$)، که بیانگر این است که جزء ناکارایی در مدل تقریباً صفر است و مدل عملاً به OLS نزدیک شده است.

از این رو، مدل نشان می‌دهد که بانکداری الکترونیک تأثیر مثبت و معناداری بر کارایی مالی دارد، اما شاخص‌های بحران کوتاه‌مدت یا پایدار و تعامل آن‌ها با بانکداری دیجیتال تأثیر قابل توجهی ندارند. این یافته‌ها تأکید می‌کند که تقویت فناوری‌های بانکی به خودی خود، در شرایط بحران، کارایی مالی بانک‌ها را افزایش می‌دهد، اما بحران‌ها به طور مستقیم اثر تعدیل‌کننده‌ای ندارند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش بر اثرات بانکداری الکترونیک بر کارایی مالی بانک‌های ایران در دوره‌های بحران‌های ساختاری و پایدار تمرکز داشته است. نتایج نشان می‌دهد که بر اساس برآوردهای انجام‌شده، رابطه معناداری میان توسعه فناوری‌های بانکداری دیجیتال و بهبود کارایی مالی مشاهده می‌شود؛ به عبارت دیگر، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین بانکی می‌تواند به صورت همبستگی مثبت و محتمل، نقش مؤثری در ارتقای عملکرد بانک‌ها داشته باشد. با این حال، یافته‌ها همچنین نشان می‌دهد در شرایط بحران‌های مزمن و ساختاری مانند تحریم‌های بلندمدت، نوسانات ارزی، تورم و پاندمی، اثربخشی این فناوری‌ها به لحاظ آماری معنادار نیست. این نتایج به نوبه خود، تذکر مهمی است که هرچند فناوری‌سازی و دیجیتال‌سازی در حوزه بانکی ابزارهای مهمی برای مدرن‌سازی و رقابت‌پذیری به شمار می‌آیند، اما در محیط‌های پرریسک و شکننده، ممکن است اثرات مثبت آنها محدود یا تحت‌الشعاع عوامل دیگر قرار گیرد.

به طور خاص، این گونه یافته‌ها بر اهمیت نقش محیط نهادی، ثبات سیاست‌های اقتصادی، و کیفیت مدیریت ریسک تأکید می‌کنند. بر اساس نظریه مبتنی بر منابع (RBV) و نظریه قابلیت‌های پویا، فناوری در صورت نبود بسترهای پایدار و سیاست‌های حمایتی، نمی‌تواند به تنهایی مزیت رقابتی پایدار محسوب شود؛ و در اقتصادهای درگیر بحران‌های ساختاری، شاخص‌های توسعه فناوری ممکن است اثر محدود و یا حتی بی‌معنا شوند، چرا که هزینه‌های سرمایه‌گذاری، ناطمینانی‌های سیاستی و ریسک‌های اعتباری، از منافع بالقوه فناورانه کاسته و اثرات مثبت را تضعیف می‌نماید.

بر این اساس، نتایج این پژوهش حاکی از آن است که فناوری بانکداری دیجیتال می‌تواند به عنوان یکی از عوامل مؤثر در بهبود کارایی مالی مطرح باشد، اما به تنهایی برای ایجاد اثرگذاری پایدار کافی نیست. تحقق کارایی پایدار مستلزم پشتوانه نهادی و سیاستی مناسب، ثبات بیشتر در محیط اقتصاد کلان و تقویت سازوکارهای مدیریت ریسک است. در چنین چارچوبی، اثر نهایی فناوری وابسته به کیفیت محیط نهادی خواهد بود و در صورت نبود این شرایط حمایتی، حتی رابطه مثبت مشاهده‌شده نیز ممکن است تضعیف یا کم‌اهمیت گردد.

یافته مربوط به شاخص MCI نیز به دلیل معناداری مرزی آن (سطح ۹۰ درصد)، تنها حمایت نسبی از الگوی نظری ارائه می‌کند و باید با احتیاط تفسیر شود. این نتیجه نشان می‌دهد که ارتباط میان فشارهای کلان اقتصادی و کارایی مالی ممکن است وجود داشته باشد اما از پایداری کافی برای تعمیم گسترده برخوردار نیست و نیازمند تحلیل‌های آینده با داده‌های غنی‌تر و دوره‌های زمانی طولانی‌تر است.

در تحلیل‌های مکمل، اثر متغیرهای کنترلی همچون اندازه بانک، نسبت کفایت سرمایه و مطالبات غیرجاری نشان‌دهنده اثر منفی و معنادار بر کارایی است، در حالی که ساختار مالکیت خصوصی، به‌ویژه به علت انعطاف‌پذیری و واکنش سریع‌تر به تغییرات بازار، اثر مثبت و قابل توجهی دارد؛ که این یافته‌ها می‌تواند در فهم بهتر تفاوت بین بانک‌های دولتی و خصوصی در محیط ایرانی، راهنمایی کند.

در مقایسه با یافته‌های مطالعات داخلی و بین‌المللی، اهمیت ماهیت بحران بر نقش فناوری مشخص می‌شود: در اقتصادهای توسعه‌یافته و در دوره‌های بحران‌های کوتاه‌مدت (مانند بحران کووید-۱۹)، فناوری نقش تقویت‌کننده کارایی به‌خوبی ایفا می‌کند؛ اما در ایران، جایی که بحران‌های اقتصادی و ساختاری بلندمدت وجود دارد، اثر فناوری ممکن است کاهش یابد یا در مواردی حتی بی‌اثر شود. این نشان می‌دهد که تحلیل‌گران باید نقش و ماهیت بحران را در تفسیر نتایج فناوری در نظر داشته باشند.

در بُعد نظری، یافته‌های حاضر اهمیت درک تعاملی میان فناوری و محیط نهادی را تأیید می‌کند. بانکداری دیجیتال می‌تواند موجب بهره‌وری، شفافیت و کاهش هزینه‌ها شود، اما در محیط‌های بی‌ثبات سیاسی و اقتصادی، توان اثرگذاری خود را از دست می‌دهد. بنابراین، پایداری اقتصادی و اصلاحات نهادی، قبل از هر چیز، زیرساخت لازم برای اثرگذاری فناوری در نظام بانکی محسوب می‌شود.

محدودیت‌های پژوهش شامل محدودیت دوره زمانی با نوسانات شدید اقتصادی، عدم پوشش تمام ابعاد بانکداری الکترونیک و بحران، و تمرکز صرف بر داده‌های بانکی است. به علاوه، ماهیت داده‌های تابلویی ممکن است اثرات بلندمدت تحولات فناورانه را به‌طور کامل منعکس نکرده باشد. بر این اساس، نیاز به پژوهش‌های تکمیلی در شرایط اقتصادی باثبات‌تر وجود دارد. از دیگر محدودیت‌های اصلی پژوهش حاضر مربوط به امکان وجود درون‌زایی و علیت معکوس میان سرمایه‌گذاری فناورانه و کارایی بانک‌ها است. اگرچه کارایی فنی بانک‌ها با استفاده از روش SFA و در چارچوب داده‌های پانلی ۲۷ بانک طی ۱۴ سال برآورد شده و مدل شامل اثرات ثابت و متغیرهای کنترلی متعدد است، اما عدم استفاده از ابزارهای برون‌زا یا برآورد گره‌های پویا (مانند System-GMM) مانع از حذف کامل این نگرانی می‌شود. بدین ترتیب، نمی‌توان به‌طور قطعی تمایز میان این دو سناریو را مشخص کرد که آیا سرمایه‌گذاری در فناوری به افزایش کارایی منجر می‌شود، یا بانک‌های ذاتاً کارا تر تمایل بیشتری به سرمایه‌گذاری در فناوری دارند. از این رو، نتایج باید با احتیاط تفسیری همراه باشند و عمدتاً به‌عنوان شواهدی در مورد همبستگی شرطی میان فناوری و کارایی تلقی شوند. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی با استفاده از مدل‌های پویا و ابزارهای معتبر، جهت علیت را با دقت بیشتری بررسی کنند.

بر مبنای یافته‌های سیاستی، پیشنهاد می‌شود بانک‌ها ضمن استمرار سرمایه‌گذاری در فناوری‌های دیجیتال، بر بهبود مدیریت ریسک، افزایش کفایت سرمایه و ارتقای انعطاف‌پذیری ساختار سازمانی تمرکز کنند. از جانب سیاست‌گذاران نیز اجرای اصلاحات نهادی، کنترل تورم، تثبیت نرخ ارز و تقویت رقابت در نظام بانکی از ارکان اصلی ارتقای کارایی در دوره‌های بحران محسوب می‌شود.

پژوهش‌های آتی می‌توانند بر بررسی مکانیزم‌های دقیق انتقال اثر فناوری (مانند کاهش هزینه، بهبود تجربه مشتری)، تحلیل نقش فناوری‌های نوین مانند فین‌تک و هوش مصنوعی، و ارزیابی تطبیقی عملکرد بانک‌ها در دوره‌های مختلف اقتصادی تمرکز کنند. ترکیب روش‌های پیشرفته اقتصادسنجی با تحلیل‌های نهادی می‌تواند درک عمیق‌تری از پایداری دیجیتال در نظام بانکی ایران ارائه دهد.

منابع

- ترکی، لیلا، جهانیان، سعید، کامیاب، نجمه و شفیعی، ساناز. (۱۴۰۱). *ارزیابی پویایی تأثیر بانکداری الکترونیکی بر توسعه مالی*. فصلنامه مطالعات مدیریت راهبردی، ۱۳(۵۰)، ۲۴۶-۲۱۹. <https://doi.org/10.22034/smsj.2022.137669>
- تمیزی، علیرضا. (۱۴۰۰). *نقش توسعه بانکداری الکترونیکی بر پیشرفت مالی بانک‌ها (مطالعه موردی بانک ملی ایران)*. توسعه و سرمایه، ۶(۲)، ۱۹۹-۱۸۵. doi: 10.22103/jdc.2021.17981.1145
- خلیفه سلطانی، سید احمد، جعفری، شکوفه و یزدیان، سارا. (۱۳۹۰). *بانکداری الکترونیک*. حسابداری و منافع اجتماعی، ۱(۲)، ۵۷-۷۷. doi: 10.22051/ijar.2013.437
- سیدنورانی، سیدمحمدرضا، عبادی، مرتضی، امینی، امراه و تقوی فرد، محمد تقی. (۱۳۹۸). *بررسی تأثیر تحریم‌های اقتصادی بر کارایی بانک‌های ایران*. مطالعات راهبردی بسیج، ۲۲(۸۳)، ۱۴۲-۱۱۹.
- شهیکی تاش محمدنبی، شیدایی زهرا، شیوایی الهام. (۱۳۹۳). *قدرت بازاری و کارایی هزینه در صنعت بانکداری ایران (رویکرد NEIO)*. تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی، ۵(۱۶)، ۱۵۲-۱۲۹.
- صلاح منش، احمد، آهنگری، عبدالمجید، مشرفی، رسام و دهقانی احمدآباد، احمد. (۱۳۹۹). *بررسی تأثیر بانکداری الکترونیکی بر متغیرهای منتخب اقتصاد کلان ایران با رویکرد پویایی سیستم*. فصلنامه علمی پژوهشی راهبرد اقتصادی، ۹(۳۴)، ۳۹-۵.
- گودرزی، آتوسا و زبیدی، حیدر. (۱۳۸۷). *بررسی تأثیر اشاعه بانکداری الکترونیکی بر سودآوری بانک‌های تجاری ایران*. پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۱۱(۳۵)، ۱۴۰-۱۱۱.

References

- Alshouha, Laith & Khasawneh, Ohoud & El-qawaqneh, Shahir & Al-Naimi, Ahmad & Saram, Mohammed & Wan Ismail, Wan Nur Syahida. (2024). *The impact of financial technology on bank performance in Arabian countries*. Banks and Bank Systems. 19. 234-244. doi: 10.21511/bbs.19(2).2024.19.
- Asadi, Z. and Yavari, K. (2022). *The effect of sanctions on financial instability of Iranian banks*. Quarterly Journal of Quantitative Economics (JQE), 18(4), 1-35. doi: 10.22055/jqe.2020.30490.2131.

- Assaf A. George, Allen N. Berger, Raluca A. Roman, Mike G. Tsionas, (2019). *Does efficiency help banks survive and thrive during financial crises?* Journal of Banking & Finance, Vol. 106, Pages 445-470, <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2019.07.013>.
- Berger, A.N. (1995) *The Profit-Structure Relationship in Banking—Tests of Market-Power and Efficient-Structure Hypotheses*. Journal of Money Credit and Banking, 27, 404-431. <http://dx.doi.org/10.2307/2077876>.
- Chu Chee, C., Mahmood, R. & Mohamed-Isa, A. (2021). *Factors Affecting Mobile Banking Adoption*. Journal of Information Technology Management, 13(3), 116-125.
- Davis, F. (1989). *Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology*. MIS Quarterly, 13, 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Dennis Aigner, C. A. Knox Lovell, Peter Schmidt, (1977). *Formulation and estimation of stochastic frontier production function models*. Journal of Econometrics, Volume 6, Issue 1, Pages 21-37, [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5).
- DeYoung, R., Lang, W. W., & Nolle, D. L. (2007). *How the Internet affects output and performance at community banks*. Journal of Banking & Finance, 31 (4), 1033–1060.
- Doran, Nicoleta Mihaela & Badircea, Roxana & Manta, Alina. (2022). *Digitization and Financial Performance of Banking Sectors Facing COVID-19 Challenges in Central and Eastern European Countries*. Electronics. 11. 3483. 10.3390/electronics11213483.
- Esmailian, G., Jafari, M. R., Jafari Eskandari, M. and Tavakkoli-Moghaddam, R. (2020). *Measuring the Efficiency of Banks' Performance Based on Economic Policies Using Data Envelopment Analysis*. International Journal of Nonlinear Analysis and Applications, 11(2), 39-61. <https://doi.org/10.22075/ijnaa.2020.4380>.
- Frame, W. Scott and White, Lawrence J., (2014). *Technological Change, Financial Innovation, and Diffusion in Banking*. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2380060>.
- Goudarzi, A. and Zobaidie, H. (2008). *The Effects of E-Banking on Commercial Banks Profitability: The Case of Iran*. Iranian Journal of Economic Research, 11(35), 111-140. [In Persian].
- Hassan, M. Kabir & Bashir, Abdel-Hameed & Paper, Erf. (2005). *Determinants of Islamic Banking Profitability*. 10.3366/edinburgh/9780748621002.003.0008.
- Hemmati, M., Dalghandi, S & Nazari, H. (2013). *Measuring relative performance of banking industry using a DEA and TOPSIS*. Management Science Letters, 3(2), 499-504.
- Hermes, N., & Meesters, A. (2015). *Financial liberalization, financial regulation and bank efficiency: A multi-country analysis*. Applied Economics, 47(29), 3091–3110.
- Ihsan Isik, Ozge Uygur, (2021). *Financial crises, bank efficiency and survival: Theory, literature and emerging market evidence*. International Review of Economics & Finance, Vol. 76, Pages 952-987, <https://doi.org/10.1016/j.iref.2021.07.016>.
- Kashmari, Ali & Ghaffari Nejad, Amir Hossein & Nayebzadi, A. (2016). *Impact of Electronic Banking Innovations on Bank Deposit Market Share*. Journal of Internet Banking and Commerce. 21.
- Khalife Soltani, A., Jafari, S. and Yazdian, S. (2011). *Electronic Banking*. Journal of Accounting and Social Interests, 1(2), 57-77. [In Persian].
- Le, T., Ngo, T., Nguyen, D. T., Ho, T. H., & Do, T. T. M. (2025). *Digitalisation and bank efficiency: Evidence from an emerging market*. Asian Academy of Management Journal of Accounting and Finance, 21(2), 29–65. <https://doi.org/10.21315/aamjaf2025.21.2.2>.
- Mahmud, M., Soetanto, D., & Jack, S. (2021). *A contingency theory perspective of environmental management: Empirical evidence from entrepreneurial firms*. Journal of general management, 47(1), 3-17. <https://doi.org/10.1177/030630702199148>.
- Meeusen, W., & van Den Broeck, J. (1977). *Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error*. International Economic Review, 18(2), 435–444. <https://doi.org/10.2307/2525757>.

- Menggen, Chen., & Qiao, Zhang. (2026). *The influence of digital finance development on bank efficiency: evidence from China*. Technological and Economic Development of Economy, 32(1), 43–81. <https://doi.org/10.3846/tede.2025.23789>.
- Miklaszewska, E., Kil, K., & Idzik, M. (2021). *How the COVID-19 Pandemic Affects Bank Risks and Returns: Evidence from EU Members in Central, Eastern, and Northern Europe*. Risks, 9(10), 180. <https://doi.org/10.3390/risks9100180>.
- Nagle, Frank. Seamans, Robert. Tadelis, Steven. (2020). *Transaction Cost Economics in the Digital Economy: A Research Agenda*. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3661856> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3661856>
- Nguyen QTT, Ho LTH, Nguyen DT (2023), *Digitalization and bank profitability: evidence from an emerging country*. International Journal of Bank Marketing, Vol. 41 No. 7 pp. 1847–1871, doi: <https://doi.org/10.1108/IJBM-03-2023-0156>.
- Onay, C., & Ozsoz, E. (2013). *The Impact of Internet-Banking on Brick and Mortar Branches: The Case of Turkey*. Journal of Financial Services Research, 44, 187-204. <https://doi.org/10.1007/s10693-011-0124-9>.
- Ostadi, Hossein & Sarlak, Ali. (2014). *Effective factors on the absorption of bank deposits in order to increase the relative share of Isfahan Sepah Bank*. International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences. 3. 10.6007/IJAREMS/v3-i4/1112.
- Rogers, E. (1995). *Diffusion of Innovations*, 4th ed. New York: The Free Press.
- Rojek, K. & Stoika, V. (2025). *The Impact of Electronic Banking on Banking Deposits: The Case of Poland*. Management, (1), 719–744. <https://doi.org/10.58691/man/205910>
- Salah manesh, A., Ahangari, A. M., Moshrefi, R. and Dehghani Ahmad Abad, A. (2020). *Investigating the effect of electronic banking on selected macroeconomic variables in Iran with a system dynamics approach*. Economic Strategy, 9(34), 5-39. [In Persian].
- Seyednourani, S. M., Ebadi, M., Amini, A. and Taghavifard, M. (2019). *Assessment of the Impact of Economic Sanctions on the Efficiency of Iranian Banks*. Basij Strategic Studies. 22(83), 119-142. [In Persian].
- Shahiki tash M N, Sheidaei Z, Shivai E. (2014). *Market Power and Cost Efficiency in Iran's Banking Sector (NEIO Approach)*. The Journal of Economic Modeling Research; 4 (16) :129-152. [In Persian].
- Tamizi, A. (2021). *The Role of E-Banking Development on the Financial Progress of Banks (Case Study of Melli Bank in Iran)*. Journal of Development and Capital, 6(2), 185-199. [In Persian].
- Torki, L. Jahanian, S. Kamyab, N. Shafiee, S. (2022). *A dynamic assessment of the impact of e-banking on financial development*. Iranian Journal of Strategic Management Studies. 13(50). 219-246. [In Persian].
- Yanchun Xia, Zhilin Qiao, Guanghua Xie, (2022). *Corporate resilience to the COVID-19 pandemic: The role of digital finance*. Pacific-Basin Finance Journal, Vol. 74, ۱۰۱۷۹۱, <https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2022.101791>.
- Yixin Liang, Ran Wei, Dingkang Duan, (2025). *Digital financial development and commercial bank stability*. International Review of Economics & Finance, Vol. 97, 103749. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.103749>.