

Paper Type: Original Article

Prioritization and Hierarchical Structuring of Digital Technology Adoption Dimensions in Bank Melli Iran: A Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Approach

Reihaneh Malekan¹, Sadegh Abedi^{2*}, Reza Ehtesham Rasi³

1- Department of Industrial Management, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran; reihaneh.malekan@iau.ac.ir

2- Department of Industrial Management, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran; (Corresponding Author) sadegh.abedi@iau.ac.ir

3- Department of Industrial Management, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran; reza.ehteshamrasi@iau.ac.ir

Citation: LastName, (Initial)., & LastName, (Initial). (Date). Paper title. *Innovation management and operational strategies*, Volume (Issue), PP.

Abstract

Purpose: The rapid advancement of digital technologies and the transformation of banking systems within the context of Industry 4.0 have made digital technology adoption a strategic necessity for banks. Although technology adoption has been widely studied, previous research has largely focused on general models such as TAM, UTAUT, and DOI, with limited attention to identifying, prioritizing, and structuring the dimensions of digital technology adoption in the Iranian banking sector. Moreover, a comprehensive model addressing these dimensions under conditions of uncertainty and expert judgment remains lacking. Therefore, this study aims to develop and validate a digital technology adoption model for Bank Melli Iran by identifying, prioritizing, and hierarchically structuring its key dimensions.

Methodology: This applied study adopts a mixed-methods approach. In the qualitative phase, the dimensions and components of digital technology adoption were identified using the Fuzzy Delphi (FD) method based on the opinions of 35 senior managers from Bank Melli Iran. In the quantitative phase, the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) was employed to determine the relative importance of the identified dimensions, while Fuzzy Interpretive Structural Modeling (FISM) was used to examine their structural relationships and hierarchical levels.

Findings: The results identified seven dimensions and twenty-eight components influencing digital technology adoption, namely advanced technologies, customer experience, infrastructure and innovation, human and cultural factors, laws and regulations, business models, and sustainability and social responsibility. FAHP results revealed that laws and regulations, business models, and sustainability and social responsibility were the most important dimensions. Furthermore, FISM analysis classified the dimensions into four structural levels. Infrastructure and innovation emerged as the most fundamental and influential dimension, providing the foundation for digital technology adoption and development in Bank Melli Iran.

Originality/Value: This study contributes to the literature by proposing an integrated model for identifying, prioritizing, and hierarchically structuring digital technology adoption dimensions in the Iranian banking industry. It combines FD, FAHP, and FISM within a multi-criteria decision-making framework and clarifies the structural relationships among adoption dimensions in the context of digital transformation and Industry 4.0.

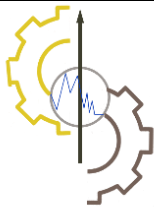
Keywords: Adoption Model; Banking; Digital Technology; Industry 4.0; Multi-Criteria Decision Making (MCDM)



Corresponding Author: sadegh.abedi@iau.ac.ir



Licensee. **Innovation Management & Operational Strategies**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



اولویت‌بندی و سطح‌بندی ابعاد پذیرش فناوری‌های دیجیتال در بانک ملی ایران با رویکرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی

ریحانه ملکان^۱، صادق عابدی^{۲*}، رضا احتشام رایی^۳

^۱ گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران؛ reihaneh.malekan@iau.ac.ir

^۲ گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران؛ (نویسنده مسئول) sadegh.abedi@iau.ac.ir

^۳ گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران؛ reza.ehteshamrasi@iau.ac.ir

چکیده

هدف: با پیشرفت سریع فناوری‌های دیجیتال و تحول نظام‌های بانکی در چارچوب انقلاب صنعتی چهارم، پذیرش فناوری‌های دیجیتال را به یک ضرورت راهبردی برای بانک‌ها تبدیل کرده است. با وجود مطالعات گسترده در حوزه پذیرش فناوری، پژوهش‌های پیشین عمدتاً بر مدل‌های عمومی نظیر TAM، UTAUT و DOI متمرکز بوده‌اند و توجه محدودی به شناسایی، اولویت‌بندی و سطح‌بندی ابعاد پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری ایران داشته‌اند. همچنین تاکنون مدل جامعی برای تبیین این ابعاد در شرایط عدم اطمینان و مبتنی بر قضاوت خبرگان ارائه نشده است. از این رو، هدف پژوهش حاضر طراحی و اعتبارسنجی مدل پذیرش فناوری‌های دیجیتال در بانک ملی ایران از طریق شناسایی، اولویت‌بندی و سطح‌بندی ابعاد کلیدی مؤثر بر آن است.

روش‌شناسی پژوهش: این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش، آمیخته (کیفی-کمی) است. در بخش کیفی، ابعاد و مؤلفه‌های پذیرش فناوری‌های دیجیتال با استفاده از روش دلفی فازی (FD) و بر اساس دیدگاه ۳۵ نفر از مدیران ارشد بانک ملی ایران شناسایی شد. در بخش کمی، برای تعیین اهمیت نسبی ابعاد از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) و برای بررسی روابط ساختاری و سطح‌بندی ابعاد از مدل‌سازی ساختاری تفسیری فازی (FISM) استفاده شد.

یافته‌ها و نتایج پژوهش: نتایج پژوهش منجر به شناسایی هفت بُعد و بیست‌وهشت مؤلفه مؤثر بر پذیرش فناوری‌های دیجیتال شد که شامل فناوری‌های پیشرفته، تجربه مشتری، زیرساخت و نوآوری، عوامل انسانی و فرهنگی، قوانین و مقررات، مدل‌های کسب‌وکار، و پایداری و مسئولیت اجتماعی است. نتایج FAHP نشان داد که ابعاد قوانین و مقررات، مدل‌های کسب‌وکار و پایداری و مسئولیت اجتماعی از بیشترین اهمیت برخوردار هستند. همچنین نتایج FISM بیانگر آن بود که ابعاد شناسایی‌شده در چهار سطح ساختاری طبقه‌بندی می‌شوند. در این میان، بُعد زیرساخت و نوآوری به عنوان بنیادی‌ترین و اثرگذارترین بُعد شناسایی شد و به عنوان زیربنای توسعه و پذیرش فناوری‌های دیجیتال در بانک ملی ایران مطرح گردید.

اصالت/ارزش افزوده علمی:

نوآوری این پژوهش در ارائه یک مدل یکپارچه برای شناسایی، اولویت‌بندی و سطح‌بندی ابعاد پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری ایران است. همچنین، پژوهش حاضر با تلفیق روش‌های FD، FAHP و FISM در قالب یک چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره، روابط ساختاری میان ابعاد پذیرش فناوری را در بستر تحول دیجیتال و انقلاب صنعتی چهارم تبیین می‌کند.

کلیدواژه‌ها: مدل پذیرش، بانکداری، فناوری دیجیتال، انقلاب صنعتی چهارم، تصمیم‌گیری چند شاخصه.

۱- مقدمه

تحولات گسترده ناشی از انقلاب صنعتی چهارم، بانکداری سنتی را به سمت دیجیتالی شدن سوق داده و زمینه را برای پذیرش فناوری‌های نوین فراهم کرده است. در این انقلاب، فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی، بلاک‌چین، اینترنت اشیا (IoT) و تحلیل کلان‌داده‌ها، به‌طور قابل توجهی ماهیت خدمات مالی را تغییر داده‌اند. بانک‌ها به‌عنوان ستون فقرات نظام اقتصادی، برای بقا و حفظ رقابت‌پذیری ناگزیرند فناوری‌های دیجیتال را در فرآیندهای خود پذیرفته و به‌طور مؤثر به‌کار گیرند. پذیرش این فناوری‌ها نه تنها موجب افزایش کارایی عملیاتی و بهبود تجربه مشتریان می‌شود، بلکه به بانک‌ها اجازه می‌دهد تا خود را با نیازهای پیچیده و پویای بازارهای امروزی تطبیق دهند [1]. انقلاب صنعتی چهارم به‌عنوان تحولی عظیم در فناوری و صنعت شناخته می‌شود که اقتصاد، سازمان‌ها و جوامع را عمیقاً تحت تأثیر قرار داده است. در صنعت نسل چهارم، تکنولوژی‌هایی همچون هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، اتوماسیون و محاسبات ابری باهم ترکیب می‌شوند تا فرآیندهای تولید و مدیریت را بهبود دهند و تعامل بین دنیای مجازی و فیزیکی را افزایش دهند [2].

تکامل صنعت پولی و مالی از نسل نخست بانکداری که مبتنی بر بانکداری سنتی و تاریخی است تا بانکداری ۴/۰ آغاز شد که شامل فناوری پیشرفته‌ای است که در حوزه‌های مختلف بانک‌ها از جمله استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی استفاده می‌شود. بانک‌ها از فناوری‌های جدید و پیشرفته استفاده می‌کنند تا مرتبط باقی بمانند و جلوتر از رقبا حرکت کنند [3].

پذیرش فناوری‌های دیجیتال در بانکداری ایران یک چالش مهم است زیرا، برخی از بانک‌ها و سازمان‌های مالی ممکن است با محدودیت‌های فنی و زیرساختی مواجه شوند که پیاده‌سازی فناوری‌های دیجیتال در بانکداری را دشوار کند. این ممکن است از نظر نرم‌افزاری، سخت‌افزاری یا شبکه‌های ارتباطی باشد. حفاظت از حریم خصوصی و اطلاعات مشتریان یکی از اولویت‌های اساسی در بانکداری است. ترس از نقض حریم خصوصی و امنیت اطلاعات می‌تواند باعث تردید و مقاومت در میان مشتریان و نهادهای نظارتی شود. نهادهای نظارتی و قوانین ممکن است به‌عنوان یک مانع

در پذیرش فناوری‌های دیجیتال در بانکداری ایران عمل کنند [4]. تطابق با قوانین محلی، تعیین استانداردها و رعایت مقررات مربوط به حریم خصوصی و امنیت می‌تواند به یک چالش تبدیل شود. تغییرات فرهنگی در سازمان‌ها می‌تواند یکی از موانع اصلی پذیرش فناوری‌های دیجیتال باشد. ایجاد توانمندی‌های جدید، آموزش مدیران و کارکنان، و تغییرات در ساختار سازمانی نیازمند تسهیل فرآیند تغییر می‌شود. ترکیب فناوری هوش مصنوعی با سنت‌ها و رویه‌های محلی می‌تواند چالش‌هایی را ایجاد کند [5].

برخی از فناوری‌های دیجیتال می‌توانند با ترکیب با محیط‌ها و مفاهیم محلی، پذیرش بیشتری داشته باشند. مشکلات اقتصادی و تحریم‌ها می‌توانند باعث کاهش توانمندی‌های مالی بانک‌ها شوند و در نتیجه پذیرش فناوری‌های دیجیتال را کند کنند. برای بهره‌مندی کامل از فناوری‌های دیجیتال، نیاز به آموزش و توسعه مهارت‌های نیروی کار در حوزه‌های مرتبط با فناوری‌های دیجیتال است. این نیاز به همراه با چالش‌هایی در امر یادگیری و توسعه مهارت‌های جدید قرار می‌گیرد [6].

پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری اهمیت زیادی دارد که به چندین جنبه مثبت مرتبط با بهبود عملکرد و ارتقاء خدمات بانکی اشاره دارد. فناوری‌های دیجیتال می‌تواند فرآیندهای بانکی را بهبود داده و کارایی سیستم‌ها را افزایش دهد. از جمله موارد مثبت می‌توان به پردازش سریع تراکنش‌ها، ارائه پاسخ به سریع‌ترین سوالات مشتریان و بهبود فرآیندهای داخلی اشاره کرد [7].

فناوری‌های دیجیتال با ارائه تحلیل دقیق اطلاعات، به مدیران بانک امکان می‌دهد تا بر اساس اطلاعات موثق‌تر تصمیمات بهتری بگیرند. الگوریتم‌های هوش مصنوعی به عنوان یکی از بخش‌های فناوری دیجیتال، می‌توانند الگوهای مختلف را تشخیص دهند و در تصمیم‌گیری‌های استراتژیک کمک کنند. این فناوری در ارتباط با مشتریان می‌تواند تجربه آن‌ها را بهبود بخشد. از طریق سیستم‌های گفتاری ماشینی، چت‌بات‌ها، و سرویس‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، مشتریان می‌توانند پاسخ سوالات خود را به شکل سریع‌تر و دقیق‌تر دریافت کنند [8]. هوش مصنوعی می‌تواند به بانک‌ها در تشخیص و پیشگیری از تقلب‌های مالی کمک کند. الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند الگوهای عادت‌های مشتبه را شناسایی کرده و به صورت سریع به تهدیدات پاسخ دهند [9].

با وجود پیشرفت قابل توجه پژوهش‌ها در حوزه پذیرش فناوری، بخش عمده مطالعات پیشین بر مدل‌های عمومی پذیرش فناوری نظیر TAM، UTAUT و DOI متمرکز بوده‌اند که عمدتاً رفتار کاربران نهایی را در پذیرش فناوری تبیین می‌کنند. این مدل‌ها اگرچه در تبیین عوامل فردی و رفتاری مؤثر بر پذیرش فناوری موفق بوده‌اند، اما برای تحلیل تحولات پیچیده بانکداری دیجیتال در بستر انقلاب صنعتی چهارم با محدودیت‌هایی مواجه هستند. در سال‌های اخیر، مطالعاتی در زمینه تحول دیجیتال بانک‌ها، معماری سازمانی مبتنی بر هوش مصنوعی، ارزیابی مدل‌های بانکداری دیجیتال در صنعت ۴/۰ و مدیریت فناوری در بانکداری انجام شده است، اما این مطالعات عمدتاً بر جنبه‌های فناورانه یا مدیریتی تمرکز داشته و کمتر به ارائه یک چارچوب جامع برای شناسایی، اولویت‌بندی و تبیین روابط ساختاری میان ابعاد پذیرش فناوری‌های دیجیتال پرداخته‌اند. همچنین در ادبیات داخلی، پژوهش‌هایی در زمینه فناوری‌های نو ظهور، تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل‌سازی ساختاری تفسیری انجام شده است، اما تاکنون مدلی یکپارچه که ابعاد پذیرش فناوری‌های دیجیتال را در صنعت بانکداری ایران و در شرایط عدم اطمینان به صورت همزمان شناسایی، اولویت‌بندی و سطح‌بندی نماید، مشاهده نشده است.

از منظر مدیریتی، یکی از مهم‌ترین چالش‌های مدیران بانک‌ها در مسیر تحول دیجیتال، تخصیص بهینه منابع و تعیین اولویت سرمایه‌گذاری در حوزه‌های مختلف فناوری دیجیتال است. در شرایطی که بانک‌ها با محدودیت منابع، الزامات نظارتی، مخاطرات امنیت سایبری، تغییرات سریع فناوری و مقاومت‌های سازمانی مواجه هستند، شناخت عوامل کلیدی و تعیین روابط اثرگذاری میان آنها به یک ضرورت راهبردی تبدیل می‌شود. فقدان یک مدل ساختاری که بتواند ابعاد مختلف پذیرش فناوری‌های دیجیتال را اولویت‌بندی و سطح‌بندی کند، تصمیم‌گیری مدیران را با ابهام همراه می‌سازد. از این رو، مسئله اصلی پژوهش حاضر ارائه مدلی است که بتواند عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری‌های دیجیتال را در صنعت بانکداری شناسایی کرده، اهمیت نسبی آنها را تعیین نموده و روابط ساختاری میان آنها را تبیین کند.

بانک ملی ایران به عنوان مورد مطالعه این پژوهش انتخاب شده است؛ زیرا این بانک به عنوان بزرگ‌ترین بانک تجاری کشور، دارای گسترده‌ترین شبکه شعب، تنوع بالای خدمات بانکی، حجم وسیع مشتریان و نقش محوری در اجرای سیاست‌های پولی و مالی کشور است. همچنین بانک ملی ایران طی سال‌های اخیر سرمایه‌گذاری قابل توجهی در حوزه بانکداری دیجیتال، هوش مصنوعی، بانکداری غیرحضوری و توسعه زیرساخت‌های

فناورانه انجام داده است. این ویژگی‌ها موجب می‌شود که این بانک نمونه‌ای مناسب برای بررسی چالش‌ها و الزامات پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری ایران باشد. با این حال، نتایج پژوهش حاضر با در نظر گرفتن ویژگی‌های ساختاری و نهادی بانک ملی ایران تفسیر شده و تعمیم آنها به سایر بانک‌ها نیازمند توجه به تفاوت‌های سازمانی، فناورانه و مقرراتی است.

بر این اساس، هدف اصلی پژوهش حاضر اولویت‌بندی و سطح‌بندی مدل پذیرش فناوری‌های دیجیتال در بانک ملی ایران با رویکرد انقلاب صنعتی چهارم است. برای تحقق این هدف، پژوهش حاضر در پی پاسخگویی به سؤالات زیر است:

۱. ابعاد و مؤلفه‌های مؤثر بر پذیرش فناوری‌های دیجیتال در بانک ملی ایران کدام‌اند؟
۲. اهمیت و اولویت هر یک از ابعاد شناسایی شده چگونه است؟
۳. روابط ساختاری میان ابعاد پذیرش فناوری‌های دیجیتال چگونه تبیین می‌شود؟
۴. سطوح اثرگذاری و اثرپذیری ابعاد پذیرش فناوری‌های دیجیتال در چارچوب یک مدل ساختاری تفسیری فازی چیست؟

نوآوری پژوهش حاضر در سه سطح قابل تبیین است. نخست، در سطح مفهومی، پژوهش به شناسایی ابعاد بومی پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری ایران در چارچوب انقلاب صنعتی چهارم می‌پردازد. دوم، در سطح روش‌شناختی، با تلفیق دلفی فازی، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و مدل‌سازی ساختاری تفسیری فازی، یک چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره یکپارچه ارائه می‌کند. سوم، در سطح کاربردی، روابط ساختاری میان ابعاد پذیرش فناوری‌های دیجیتال را در یکی از مهم‌ترین بانک‌های کشور تبیین کرده و مبنایی برای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی تحول دیجیتال در نظام بانکی فراهم می‌سازد.

در ادامه این پژوهش به بیان مختصری از مفاهیم کلیدی پژوهش، پیشینه داخلی و خارجی، معرفی ابعاد و شاخص‌های پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری و بانک ملی ایران، بیان روش‌شناسی پژوهش، یافته‌های تحقیق و در پایان نیز به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها کاربردی و پیشنهاد به محققین آتی جهت پژوهش بیشتر و دقیق‌تر ایشان پرداخته شده است.

۲- مرور بر مبانی نظری و پیشینه پژوهش

دنیای اطراف ما همراه با تمدن بشری با سرعت زیادی در حال تغییر است. بنابراین، فناوری و توسعه فناوری نیز در حال تغییر است. انقلاب صنعتی چهارم مدلی است که نشان می‌دهد توسعه صنعتی چگونه صورت می‌گیرد و چگونه با زمان تغییر می‌کند [10]. انقلاب صنعتی چهارم به دوره‌ای از تحولات فناورانه اشاره دارد که در آن فناوری‌های دیجیتال، فیزیکی و بیولوژیکی با یکدیگر ادغام شده و موجب ایجاد تغییرات بنیادین در صنایع، اقتصاد و زندگی انسان‌ها شده‌اند. این انقلاب با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته، مرزهای سنتی تولید و خدمات را تغییر داده و به سمت خودکارسازی هوشمند و ارتباطات فراگیر حرکت می‌کند [14].

اصطلاح "پذیرش فناوری" به فرایندی اطلاق می‌شود که افراد یا سازمان‌ها فناوری جدید را به کار گیرند و از آن بهره‌مند شوند. این مفهوم نشان‌دهنده قدرت یا تمایل فرد یا سازمان به استفاده از فناوری جدید، یادگیری و به‌روزرسانی مهارت‌ها، و انجام تغییرات در فرآیندها و ساختارها برای ادغام فناوری جدید است. این فرایند ممکن است با چالش‌ها و موانعی همراه باشد که نیازمند اقدامات مناسب برای مدیریت تغییر و پذیرش فناوری است [10,11,12,13].

انقلاب صنعتی چهارم (IR۴) بهره‌وری و کارایی مطلوب را از طریق اتوماسیون، سیستم‌های خبره و هوش مصنوعی ارائه می‌دهد. انقلاب صنعتی چهارم سنسورهای هوشمند، سیستم‌های فیزیکی-سایبری (CPS)، اینترنت اشیا (IoT)، اینترنت خدمات (IoS)، داده‌های بزرگ و تجزیه و تحلیل، واقعیت افزوده (AR)، روبات‌های مستقل، تولید افزودنی (چاپ سه‌بعدی) را به کار می‌گیرد و محاسبات ابری برای اهداف بهینه‌سازی. با این حال، تأثیر IR۴ تغییرات مختلفی را در علوم انسانی دیجیتال، عمدتاً در مشاغل افراد، بلکه در انطباق اخلاقی ایجاد کرده است [17].

پذیرش فناوری دیجیتال به فرآیند تصمیم‌گیری و رفتار کاربران در راستای استفاده از فناوری‌های نوین گفته می‌شود. این پذیرش در صنعت بانکداری به‌ویژه با توجه به تحولات ناشی از انقلاب صنعتی چهارم، اهمیت دوچندان یافته است. در این راستا، شناخت عوامل تأثیرگذار بر پذیرش فناوری‌های نوین از قبیل

هوش مصنوعی، بلاکچین، اینترنت اشیا (IoT) و کلان داده‌ها، ضروری است. پذیرش فناوری دیجیتال در بانکداری نیازمند یک رویکرد جامع و هماهنگ است. مدیریت دقیق این موارد موجب می‌شود که فناوری‌های دیجیتال به بهترین شکل ممکن در محیط بانکداری پیاده‌سازی شود. تفکر استراتژیک و پایدار در مدیریت این چالش‌ها و مسائل اساسی برای ایجاد یک سیستم بانکداری هوشمند و امن است [18].

پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهند که پذیرش فناوری‌های دیجیتال نیازمند مدل‌هایی جامع و انعطاف‌پذیر است که بتوانند عوامل فنی، سازمانی، فرهنگی و اقتصادی را به‌طور همزمان مورد توجه قرار دهند. با توجه به پیچیدگی‌های محیط امروزی و لزوم تصمیم‌گیری در شرایط ابهام و عدم قطعیت، استفاده از رویکردهای هوشمند فازی، می‌تواند ابزار کارآمدی برای تحلیل و مدلسازی پذیرش فناوری باشد. از سوی دیگر، در صنعت بانکداری که با محیطی رقابتی و مشتری‌محور مواجه است، تأخیر در پذیرش فناوری‌های نوین می‌تواند منجر به از دست رفتن فرصت‌های کلیدی برای رشد و توسعه شود.

جدول ۱، مهم‌ترین ابعاد و شاخص‌های پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری را نشان می‌دهد.

جدول ۱: ابعاد و شاخص‌های پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری

Table ۱: Dimensions and indicators of digital technology adoption in the banking industry

منابع	مؤلفه	بُعد	منابع	مؤلفه	بُعد
[33,35,38]	آموزش و توسعه مهارت‌ها	عوامل انسانی و فرهنگی	[15,16,27]	هوش مصنوعی و یادگیری ماشین	فناوری‌های پیشرفته
	پذیرش فناوری			زیرساخت ابری	
	فرهنگ دیجیتال			تحلیل داده‌های بزرگ	
	تیم‌های میان رشته‌ای			بلاکچین	
	ایجاد تعادل بین انسان و ماشین			اینترنت اشیاء بانکی	
[26,28,29]	حاکمیت داده	قوانین و مقررات	[30,35,36]	شخصی‌سازی خدمات	تجربه مشتریان
	حریم خصوصی و حفاظت از داده‌ها			طراحی رابط کاربری کاربرپسند	
	استانداردهای امنیت سایبری			پشتیبانی ۲۴/۷ با هوش مصنوعی	
	همخوانی با مقررات مالی			وفاداری مشتری	
	چارچوب‌های اخلاقی در استفاده از هوش مصنوعی			تعامل چندکاناله	
[33,35,38]	مدل‌های اشتراکی و دیجیتال	مدل‌های کسب و کار	[26,28,29]	زیرساخت‌های داده پایدار	زیرساخت‌ها و نوآوری
	مدل‌های پلتفرمی			پلتفرم‌های باز	
	استراتژی‌های کسب درآمد مبتنی بر داده			سیستم‌های مقیاس‌پذیر	
	همکاری با فین‌تک‌ها			شبکه‌های ارتباطی پیشرفته	
	نوآوری در زنجیره ارزش			پشتیبانی از نوآوری باز	
[35,36,37]				سرمایه‌گذاری در فناوری سبز	پایداری و مسئولیت اجتماعی
				کاهش مصرف انرژی سیستم‌ها	
				شفافیت در عملیات مالی	
				پروژه‌های مسئولیت اجتماعی شرکتی	
				بانکداری فراگیر	

پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری، صرفاً یک تصمیم فناورانه نیست، بلکه تصمیمی راهبردی، نهادی و چندبعدی است که ابعاد فناورانه، سازمانی، انسانی، مقرراتی، امنیتی و پایداری را به‌صورت هم‌زمان درگیر می‌کند. در چارچوب انقلاب صنعتی چهارم، فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی، بلاکچین، اینترنت اشیا، رایانش ابری، کلان‌داده و سامانه‌های هوشمند، ماهیت خدمات بانکی، تعامل با مشتریان، مدیریت

ریسک، امنیت سایبری و مدل‌های کسب‌وکار بانکی را دگرگون کرده‌اند. از این‌رو، بانک‌ها برای حفظ رقابت‌پذیری، کاهش هزینه‌های عملیاتی، بهبود تجربه مشتری و افزایش تاب‌آوری سازمانی، ناگزیر به پذیرش و پیاده‌سازی هدفمند فناوری‌های دیجیتال هستند [49].

در ادبیات پذیرش فناوری، مدل‌هایی مانند مدل پذیرش فناوری، نظریه یکپارچه پذیرش و استفاده از فناوری و نظریه اشاعه نوآوری، چارچوب‌های مهمی برای تبیین رفتار کاربران در مواجهه با فناوری ارائه کرده‌اند. با این حال، این مدل‌ها عمدتاً بر سطح فردی و رفتاری پذیرش فناوری تمرکز دارند و برای تحلیل پذیرش فناوری‌های دیجیتال در بانک‌ها، که با مقررات مالی، حاکمیت داده، امنیت سایبری، ساختار سازمانی، زیرساخت‌های فناوری و الزامات تحول دیجیتال همراه است، کفایت لازم را ندارند. بنابراین، در مطالعات جدید، حرکت از مدل‌های عمومی پذیرش فناوری به سمت مدل‌های زمینه‌محور، چندمعیاره و ساختاری، به‌ویژه در صنایع پیچیده و تنظیم‌گرا مانند بانکداری، ضرورت یافته است.

مطالعات اخیر نشان می‌دهند که تحول دیجیتال بانکی در بستر صنعت ۴/۰ نیازمند توجه هم‌زمان به شاخص‌های فناوریانه، مدیریتی، سازمانی و محیطی است. امیری و همکاران [47] با ارزیابی شاخص‌ها و مدل‌های پیاده‌سازی بانکداری دیجیتال در زمینه صنعت ۴/۰، نشان دادند که تصمیم‌گیری در این حوزه با ابهام، کمبود اطلاعات و عدم قطعیت همراه است و استفاده از رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی می‌تواند به ارزیابی دقیق‌تر گزینه‌ها کمک کند. با این وجود، تمرکز این پژوهش بیشتر بر ارزیابی مدل‌های پیاده‌سازی بانکداری دیجیتال بوده و روابط ساختاری و سطح‌بندی ابعاد پذیرش فناوری دیجیتال را به‌صورت خاص در بانک‌های ایرانی بررسی نکرده است.

در حوزه تحول دیجیتال بانکی، راد و همکاران [48] با ارائه مدل مفهومی ترکیبی هوش مصنوعی و معماری سازمانی برای تحول دیجیتال در بانک‌ها، بر نقش معماری سازمانی در همسوسازی فناوری‌های هوشمند با فرایندهای کسب‌وکار بانکی تأکید کردند. این مطالعه نشان می‌دهد که پیاده‌سازی فناوری‌های دیجیتال در بانک‌ها بدون معماری سازمانی، حاکمیت داده و بازطراحی فرایندها نمی‌تواند به تحول پایدار منجر شود. با این حال، این پژوهش بیشتر جنبه مفهومی دارد و به اولویت‌بندی و سطح‌بندی ابعاد پذیرش فناوری دیجیتال بر اساس قضاوت خبرگان نمی‌پردازد.

از منظر پایداری و مدیریت فناوری، چاوش‌نژاد و همکاران [49] یک مدل چندمعیاره مبتنی بر AHP برای ارزیابی پایداری اجتماعی فرایند مدیریت فناوری در صنعت بانکداری ارائه کردند. اهمیت این پژوهش در آن است که نشان می‌دهد مدیریت فناوری در بانکداری تنها به کارایی اقتصادی محدود نیست و باید پیامدهای اجتماعی، انسانی و نهادی نیز در تصمیم‌گیری لحاظ شود. با این وجود، تمرکز آن بر پایداری مدیریت فناوری است و نه بر طراحی مدل پذیرش فناوری‌های دیجیتال در بستر انقلاب صنعتی چهارم.

در حوزه امنیت و ریسک، آزادسنجری و چارسوقی [50] با بررسی بهینه‌سازی مدیریت بحران سایبری با رویکرد هوش مصنوعی در بانک‌های ایرانی، نشان دادند که فناوری‌های هوشمند می‌توانند در شناسایی، پیش‌بینی و مدیریت بحران‌های سایبری نقش مهمی داشته باشند. این یافته برای صنعت بانکداری ایران اهمیت زیادی دارد؛ زیرا امنیت سایبری و اعتماد نهادی از پیش‌شرط‌های پذیرش فناوری‌های دیجیتال هستند. با این حال، این مطالعه بر مدیریت بحران سایبری متمرکز است و سایر ابعاد پذیرش فناوری، مانند تجربه مشتری، فرهنگ سازمانی، قوانین و مقررات، مدل‌های کسب‌وکار و زیرساخت‌های نوآوری را در یک مدل جامع ترکیب نمی‌کند.

در ادبیات تصمیم‌گیری چندمعیاره نیز پژوهش‌هایی بر ضرورت استفاده از روش‌های ترکیبی برای حل مسائل پیچیده تأکید کرده‌اند. به‌عنوان نمونه، مطالعات مربوط به مدل‌سازی شاخص‌های فناوری‌های نوظهور با رویکرد ساختاری تفسیری و ANP [47] و انتخاب شرکت‌ها بر اساس معیارهای چندمعیاره با AHP/DEA [48] نشان می‌دهند که روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای تحلیل مسائل دارای معیارهای متعدد، وابسته و گاه متعارض مناسب هستند. همچنین، مطالعات جدید در حوزه انتخاب و پیاده‌سازی فناوری نشان می‌دهند که چارچوب‌های MCDM می‌توانند ابهام

تصمیم‌گیری، تعارض معیارها و وابستگی میان عوامل را مدیریت کنند. [49] با وجود این، بسیاری از این پژوهش‌ها یا در حوزه‌هایی غیر از بانکداری انجام شده‌اند یا تنها به وزن‌دهی و رتبه‌بندی پرداخته‌اند و روابط ساختاری و سطوح اثرگذاری عوامل را به صورت هم‌زمان تحلیل نکرده‌اند.

در پیشینه داخلی، برخی پژوهش‌ها به پذیرش بانکداری باز، پذیرش فناوری در سازمان‌ها، نقش عوامل سازمانی، یا فناوری‌های نوین در بخش‌های آموزشی، حسابداری و صنعتی پرداخته‌اند. برای مثال، منعم‌زاده و همکاران به بررسی اثر تجربه مصرف، ایترسی مصرف‌کننده، ریسک ادراک‌شده و اجتناب از عدم اطمینان بر پذیرش بانکداری باز پرداختند. اگرچه این پژوهش به حوزه بانکی نزدیک است، اما سطح تحلیل آن بیشتر رفتار مشتریان است و به طراحی مدل ساختاری پذیرش فناوری دیجیتال در سطح سازمان بانکی نمی‌پردازد. سایر پژوهش‌های داخلی نیز غالباً بر مدل‌های عمومی پذیرش فناوری، آموزش، ERP، بیمه الکترونیک یا فناوری اطلاعات در سازمان‌ها تمرکز داشته‌اند و کمتر به بانکداری دیجیتال، فین‌تک، مقررات مالی، امنیت سایبری و الزامات صنعت ۴/۰ در یک چارچوب یکپارچه توجه کرده‌اند.

جدول (۲) به مقایسه پیشینه پژوهش‌ها با مطالعه حاضر از نظر به‌کارگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و همچنین از نظر رویکرد متدولوژیک و فنی می‌پردازد و نوآوری و جنبه جدید بودن پژوهش حاضر را در این زمینه نشان می‌دهد.

جدول ۲: نوآوری پژوهش حاضر نسبت به دیگر محققین از نظر متدولوژی (منبع: محققین)

Table 1: Innovation of the present study compared to other researchers in terms of methodology
(Source: Researchers)

صنعت ۴	FISM	FAHP	مد نظریه رفتار برنامه/ دیویس	مدل تأثیرات جانبی تکنولوژی	مدل پذیرش انتظار - تأیید	کمی	کیفی	محقق و سال
-	-	-	-	✓	-	✓	-	[5]
-	-	-	✓	-	-	✓	✓	[6]
-	-	-	-	✓	-	✓	-	[7]
-	-	-	✓	-	-	✓	-	[8]
-	-	-	-	-	-	✓	✓	[9]
-	-	-	-	-	-	✓	-	[1]
-	-	-	-	✓	-	✓	✓	[2]
-	-	-	-	✓	-	✓	-	[10]
-	-	-	✓	-	-	✓	-	[12]
-	-	-	✓	-	-	✓	-	[14]
-	-	-	-	✓	-	✓	-	[16]
-	-	✓	-	-	-	✓	✓	[19]
-	-	-	✓	-	-	✓	-	[21]
-	✓	-	-	✓	-	✓	-	[20]
-	-	-	✓	-	-	✓	-	[23]
-	-	-	✓	-	-	✓	-	[24]
-	-	-	-	✓	-	✓	-	[25]
-	-	-	-	-	-	✓	-	[26]
-	-	✓	-	-	-	✓	✓	[27]
-	-	✓	-	-	-	✓	✓	[28]
-	-	✓	-	-	-	✓	✓	[29]
-	-	-	-	-	-	✓	✓	[30]

صنعت ۴	FISM	FAHP	مد نظریه رفتار برنامه/ دیویس	مدل تأثیرات جانبی تکنولوژی	مدل پذیرش انتظار - تأیید	کمی	کیفی	محقق و سال
-	-	-	-	-	-	✓	✓	[31]
-	-	-	-	✓	-	✓	✓	[32]
✓	✓	✓	-	-	-	✓	✓	پژوهش حاضر

بررسی انتقادی پیشینه نشان می‌دهد که مطالعات موجود از چند جهت با محدودیت روبه‌رو هستند. نخست، بخش قابل توجهی از پژوهش‌ها بر مدل‌های عمومی پذیرش فناوری متمرکز بوده و ابعاد خاص صنعت بانکداری ایران، مانند مقررات مالی، حاکمیت داده، امنیت سایبری، زیرساخت‌های نوآوری و تعامل با فین‌تک‌ها را به‌صورت جامع پوشش نداده‌اند. دوم، بسیاری از مطالعات تنها به شناسایی یا رتبه‌بندی عوامل پرداخته‌اند و روابط علی - ساختاری و سطح‌بندی عوامل را بررسی نکرده‌اند. سوم، در بخش زیادی از پژوهش‌ها، عدم قطعیت قضاوت خبرگان به‌صورت نظام‌مند در کل فرایند مدل‌سازی حفظ نشده است. چهارم، مطالعات موجود کمتر به بانک ملی ایران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین بانک‌های کشور پرداخته‌اند؛ بانکی که به دلیل گستره شعب، تنوع خدمات، حجم بالای مشتریان و نقش نهادی در نظام بانکی ایران، بستری مناسب برای تحلیل چالش‌های پذیرش فناوری‌های دیجیتال فراهم می‌کند.

با توجه به مباحث ارائه‌شده، شکاف تحقیقاتی مطالعه حاضر به شرح زیر است: نخست، فقدان یک مدل بومی و زمینه‌محور برای پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری ایران؛ دوم، نبود چارچوبی که ابعاد پذیرش فناوری دیجیتال را هم‌زمان شناسایی، اولویت‌بندی و سطح‌بندی کند؛ سوم، کمبود مطالعاتی که رویکرد انقلاب صنعتی چهارم را با الزامات بانکداری ایران، مقررات مالی، امنیت سایبری، تجربه مشتری، مدل‌های کسب‌وکار و پایداری ترکیب کند؛ و چهارم، فقدان یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی که عدم قطعیت قضاوت خبرگان را از مرحله شناسایی تا وزن‌دهی و سطح‌بندی ساختاری حفظ نماید. بر این اساس، پژوهش حاضر با تلفیق دلفی فازی، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و مدل‌سازی ساختاری تفسیری فازی، تلاش می‌کند مدلی یکپارچه برای پذیرش فناوری‌های دیجیتال در بانک ملی ایران ارائه دهد.

۳- روش‌شناسی و مدل‌سازی پژوهش

تحقیق حاضر از یک جهت به دلیل این که به دنبال شناسایی مدلی بومی پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری ایران می‌پردازد، اکتشافی بوده و از سوی دیگر جهت کسب اطلاعات میدانی و جمع‌آوری داده‌های موردنیاز از جامعه موردنظر، تحقیق میدانی است. این پژوهش از حیث هدف توسعه‌ای - کاربردی می‌باشد. خبرگان این پژوهش ۳۵ نفر از کارشناسان و متخصصان حوزه صنعت بانکداری با سابقه کاری بیش از ۲۰ سال در صنعت بانکداری، ۵ سال سابقه مدیریت، دارای تحصیلات مرتبط در حوزه IT و مدیریت و علاقه‌مند به همکاری و اساتید دانشگاهی مسلط به حوزه فناوری می‌باشند. روش نمونه‌گیری با توجه به محدود بودن حجم مشارکت‌کنندگان روش تمام‌شماری است؛ به عبارت دیگر از تمامی اعضا خبرگان در فرایند مصاحبه و پاسخ‌گویی به پرسش‌نامه‌ها استفاده شد. جدول (۳)، به بیان ویژگی‌های خبرگان پرداخته است.

جدول ۳: ویژگی کلی خبرگان جهت تکمیل پرسشنامه پژوهش حاضر (یافته‌های پژوهش)

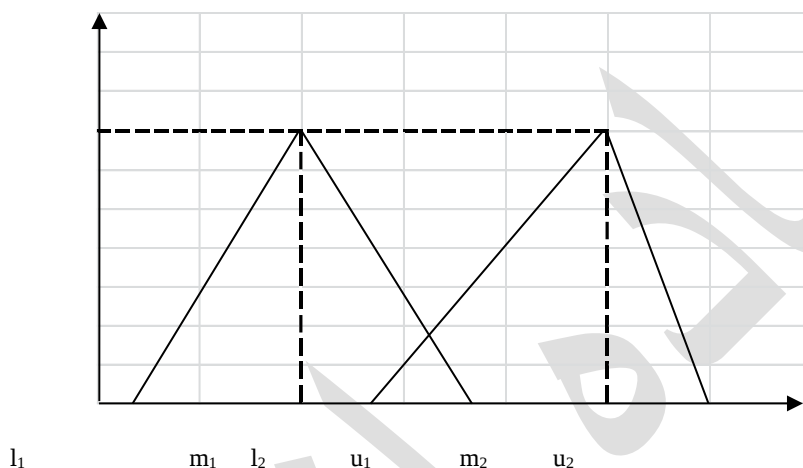
Table ۳: General characteristics of experts to complete the questionnaire of the present study (Research Findings)

ردیف	ویژگی	سابقه	تعداد
۱	کارشناسان بانک ملی ایران با تخصص فناوری اطلاعات انقلاب چهارم صنعتی با مدارک کارشناسی به بالا	بالای ۱۰ سال	۲۰ نفر
۲	مدیران میانی و ارشد بانک ملی ایران با تحصیلات کارشناسی به بالا	بالای ۱۰ سال	۱۰ نفر
۳	مدیران ارشد بانک ملی ایران با تحصیلات ارشد و دکترا	بالای ۵ سال	۵ نفر
۴	تعداد کل خبرگان		۳۵ نفر

برای تعیین پایایی پرسش نامه از ضریب نرخ سازگاری استفاده شده است. در ادامه متدولوژی به معرفی تکنیک های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)؛ تکنیک مدل سازی ساختاری تفسیری فازی (FISM) پرداخته شده است.

۱-۳- روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی

در سال (۱۹۸۳) دو محقق هلندی به نام های «لارهورن و پدریک»^۱ روشی را برای فرآیند سلسله مراتبی فازی پیشنهاد کردند که بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی بنا نهاده شده بود. میزان محاسبات و پیچیدگی مراحل روش آن ها باعث شد مورد اقبال قرار نگیرد. در سال (۱۹۹۶) روش دیگری تحت عنوان «روش تحلیل توسعه ای»^۲ (EA) توسط یک محقق چینی به نام «چانگ»^۳ ارائه گردید. اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد مثلثی فازی هستند. در پژوهش حاضر از روش تحلیل توسعه ای چانگ می باشد [19]. دو عدد مثلثی $M_1=(l_1, m_1, u_1)$ و $M_2=(l_2, m_2, u_2)$ که در شکل (۱) رسم شده اند در نظر بگیرید.



شکل ۱: اعداد مثلثی M_1 و M_2 [19]

Figure 1: Triangular numbers M_1 and M_2 [۱۹]

دو عدد مثلثی $M_1=(l_1, m_1, u_1)$ و $M_2=(l_2, m_2, u_2)$ که در رسم شده اند. عملگرهای ریاضی آن به صورت زیر تعریف می شود (رابطه ۱)

$$M_1 \oplus M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$

$$M_1 \otimes M_2 = (l_1 \cdot l_2, m_1 \cdot m_2, u_1 \cdot u_2)$$

$$M_1^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right), M_2^{-1} = \left(\frac{1}{u_2}, \frac{1}{m_2}, \frac{1}{l_2} \right)$$

(رابطه ۱)

¹ Laarhoven & Padrycz

² Extent Analysis Method (EA)

³ Chang

در روش تحلیل توسعه ای چانگ (EA)، برای هریک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی، مقدار S_k ، که خود یک عدد مثلثی است، به صورت رابطه (2)، محاسبه می‌شود:

$$S_k = \sum_{j=1}^n M_{kl} \times \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} \right]^{-1} \quad (\text{رابطه 2})$$

که k بیانگر شماره ی سطر i و j به ترتیب نشان دهنده ی گزینه ها و شاخص ها هستند.

در روش EA، پس از محاسبه ی S_k ها، باید درجه ی بزرگی آن ها را نسبت به هم به دست آورد. به طور کلی اگر M_1 و M_2 دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی M_1 بر M_2 ، که با $V(M_1 > M_2)$ نشان می‌دهد، به صورت (رابطه ۳) تعریف می‌شود:

$$\begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 \\ V(M_1 \geq M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) \end{cases} \quad \text{if } m_1 \geq m_2 \quad (\text{رابطه ۳})$$

همچنین داریم (رابطه ۴):

$$hgt(M_1 \cap M_2) = \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)} \quad (\text{رابطه ۴})$$

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه ی (۵) به دست می‌آید:

$$V(M_1 \geq M_2, \dots, M_k) = \min[V(M_1 \geq M_2), \dots, V(M_1 \geq M_k)] \quad (\text{رابطه ۵})$$

در روش EA، برای محاسبه وزن شاخص ها در ماتریس مقایسه ی زوجی به صورت رابطه (۶)، محاسبه می‌شود:

$$W'(x_i) = \min\{V(S_i \geq S_k)\}, k \neq i \\ k = 1, 2, \dots, n. \quad (\text{رابطه ۶})$$

بنابراین، بردار وزن شاخص ها به صورت رابطه (۷)، خواهد بود:

$$W' = [W'(c_1), W'(c_2), \dots, W'(c_n)]^T \quad (\text{رابطه ۷})$$

که همان بردار ضرایب غیر بهنجار AHP فازی است [19].

مدل سازی ساختاری تفسیری^۱ که توسط وارفیلد مطرح شده (۱۹۷۴)، افراد و گروه ها را قادر می سازد که روابط پیچیده بین تعداد زیادی از عناصر را در یک موقعیت پیچیده تصمیم ترسیم کنند. روش مدل سازی ساختاری تفسیری سنتی به میزان و شدت روابط بین عناصر با توجه به نظرات خبرگان توجهی نمی کند و در واقع فقط به این موضوع می پردازد که آیا بین دو شاخص رابطه وجود دارد یا خیر (سیستم باینری). که این امر خود منجر به ایجاد روابط ناخواسته بین برخی عناصر در مدل نهایی می شود. که جهت رفع این نقیصه در پژوهش حاضر از روش مدل سازی ساختاری تفسیری فازی بهره برده شده است. روش مدل سازی ساختاری تفسیری سنتی به دلیل باینری بودن منجر به ایجاد روابط ناخواسته بین برخی از عناصر در مدل نهایی می شود. به همین منظور در پژوهش حاضر از منطق فازی لطفی زاده با تکنیک ISM ترکیب شده تا بر این ضعف غلبه کند. در این پژوهش، برای پیشگیری از ابهام ناشی از عدم قطعیت در همه ی مراحل از اعداد فازی مثالی استفاده شده است. در ادامه مراحل هفت گانه ی آن مورد تشریح قرار گرفته است [20].

۱. مقایسه ی زوجی متغیرها: بعد از شناسایی و انتخاب شاخص های مورد نظر، مقایسه زوجی بین هر دو جفت از متغیرها با استفاده از پرسش نامه ای که به همین منظور طراحی گردید، صورت پذیرفت. برای انجام مقایسات زوجی از متغیرهای زبانی مطابق جدول (۴)، استفاده شد.

جدو ۴: تعریف متغیرهای زبانی در مدل سازی ساختاری تفسیری فازی [20]

Table ۴: Definition of linguistic variables in fuzzy interpretive structural modeling [20]

نماد	متغیر زبانی	عدد مثالی
AR	کاملاً مرتبط	۱
SR	به شدت مرتبط	۰.۷۵
FR	نسبتاً مرتبط	۰.۵
LR	ارتباط کم	۰.۲۵
UN	بی ارتباط	۰

۲. تجمیع نظرات خبرگان: روش های زیادی برای ادغام نظرات خبرگان وجود دارد. به عنوان نمونه، وارفیلد (۱۹۷۴)، استفاده از مد نظرات خبرگان را پیشنهاد داد. علاوه بر این لی و همکاران (۲۰۱۰)، از روش میانگین هندسی برای تجمیع نظرات خبرگان استفاده نمودند. در پژوهش حاضر از روش میانگین هندسی تجمیع نظرات خبرگان استفاده شده است.

۳. فازی زدایی اعداد فازی: روش های بسیاری به منظور فازی زدایی گسترش یافته اند. مانند روش های میانگین ماکسیمم ها، روش مرکز ثقل، روش BP و... در پژوهش حاضر از روش مرکز ثقل استفاده شده است. که فرمول آن در رابطه (۸) مشاهده می شود.

$$\pi_{ij} = \frac{l_i + m_i + u_i}{3} \quad \text{رابطه (۸)}$$

۴. تشکیل ماتریس دسترسی مطابق با ارتباط بین عوامل: بعد از محاسبه ی ماتریس تجمیعی نظرات خبرگان، یک حد آستانه (t)، باید در نظر گرفت که در این پژوهش برابر میانگین ماتریس فوق در نظر گرفته شد. سپس به منظور تشکیل ماتریس دسترسی اولیه از روابط (۹ و ۱۰)، استفاده شد.

$$\pi_{ij} \geq t \rightarrow \pi_{ij} = 1, \pi_{ij} = 0 \quad \text{if} \quad \text{رابطه (۹)}$$

¹ Interpretive Structural Modeling (ISM)

$$\text{if } \pi_{ij} < t \rightarrow \pi_{ij} = 0, \pi_{ij} = 1 \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

۵. تشکیل ماتریس دسترسی نهایی: ماتریس دسترسی نهایی برای ابعاد با در نظر گرفتن رابطه‌ی تسری به دست می‌آید تا ماتریس دستیابی اولیه سازگار شود. بدین ترتیب باید ماتریس اولیه را به توان $K+1$ رساند تا حالت پایدار برقرار شود. در سیستم‌های بزرگ و پیچیده فرض بر این است که هر جزء قابل حصول از خودش است. به همین منظور ماتریس همانی را با ماتریس دسترسی اولیه جمع می‌کنیم تا ماتریس نهایی به دست آید. (رابطه ۱۱)

$$M = D + I$$

$$M^* = M^k = M^{K+1} \quad k > 1 \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

۶. ترسیم دیاگرام مدل‌سازی ساختاری تفسیری: هریک از اجزای سیستم دارای دو مجموعه مختلف متقدم (A) و متأخر یا قابل دستیابی (R) است که در ساختار ماتریس نهایی و نیز طراحی سیستم نقش دارد. با حذف این ابعاد و تکرار این فرآیند برای سایر ابعاد، سطوح سایر ابعاد نیز مشخص می‌شود. سپس بر اساس سطوح تعیین‌شده، دیاگرام مدل‌سازی ساختاری تفسیری ترسیم می‌شود. ۷. تحلیل میک‌مک^۱: به منظور بخش‌بندی ابعاد در ماتریس دسترسی نهایی باید برای هریک از عناصر قدرت محرکه و قدرت وابستگی محاسبه شود. در تحلیل میک‌ماک ابعاد به چهار خوشه‌ی خودمختار، وابسته، پیوندی و مستقل تقسیم‌بندی می‌شوند [20].

۴- یافته‌ها

۴-۱- شناخت ابعاد و مؤلفه‌های پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری با FDelphi

پس از توزیع پرسش‌نامه‌های دلفی فازی در دو مرحله، نتایج در جدول (5) نشان داده شده است، مؤلفه‌هایی که اختلاف میانگین آن‌ها بیشتر از (۰/۱)، بود حذف و با رنگ خاکستری نشان داده شده‌اند و بقیه مؤلفه‌ها توسط خبرگان انتخاب گردید.

در این پژوهش، برای تعیین میزان توافق خبرگان در فرآیند دلفی فازی، از معیار اختلاف میانگین فازی‌زدایی شده بین دو دور متوالی استفاده شد. مطابق مطالعات پیشین در حوزه دلفی فازی، زمانی که مقدار اختلاف میانگین فازی‌زدایی شده بین دو مرحله کمتر از (۰/۱) باشد، اجماع قابل قبول میان خبرگان حاصل شده تلقی می‌شود و نیازی به اجرای دورهای بعدی وجود ندارد. در مقابل، مقادیری بزرگ‌تر از (۰/۱) نشان‌دهنده عدم دستیابی به توافق کافی میان خبرگان بوده و گویه موردنظر از مدل حذف یا نیازمند بازنگری خواهد بود.

بر این اساس، در پژوهش حاضر نیز آستانه ۰/۱ به عنوان معیار اجماع خبرگان در نظر گرفته شد. بنابراین، مؤلفه‌هایی که قدر مطلق اختلاف میانگین فازی‌زدایی شده آن‌ها بین دور اول و دوم کمتر از ۰/۱ بود، به دلیل دستیابی به سطح مناسب توافق خبرگان حفظ شدند و مؤلفه‌هایی که اختلافی بیش از ۰/۱ داشتند (نظیر تحلیل داده‌های بزرگ، وفاداری مشتری، پلتفرم‌های باز، مدل‌های پلتفرمی و بانکداری فراگیر) از مدل نهایی حذف گردیدند. این رویه با استانداردهای متداول در مطالعات دلفی فازی و معیارهای پذیرش اجماع خبرگان سازگار است.

نتایج حاصل از تحلیل دلفی فازی مؤلفه‌های پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری از میان ۳۵ مؤلفه مورد بررسی، ۲۸ مؤلفه با تکنیک دلفی فازی و نظر خبرگان انتخاب گردیدند.

جدول 5: اختلاف میانگین فازی‌زدایی شده مرحله اول و دوم دلفی فازی و اولویت‌ها (یافته‌های پژوهش)

¹ MICMAC

Table 5: Difference in defuzzified mean of the first and second stages of Fuzzy Delphi and priorities (Research Findings)

ردیف	مؤلفه/گویه‌ها	میانگین قطعی مرحله اول	میانگین قطعی مرحله دوم	تفاوت میانگین قطعی مرحله اول و دوم
۱	هوش مصنوعی و یادگیری ماشین	0.912	0.915	0.003
۲	زیرساخت ابری	0.698	0.699	0.001
۳	تحلیل داده‌های بزرگ	0.732	0.566	0.166
۴	بلاکچین	0.544	0.549	0.005
۵	اینترنت اشیاء بانکی	0.623	0.629	0.006
۶	شخصی‌سازی خدمات	0.469	0.471	0.002
۷	طراحی رابط کاربری کاربرپسند	0.654	0.655	0.001
۸	پشتیبانی ۲۴/۷ با هوش مصنوعی	0.695	0.700	0.005
۹	وفاداری مشتری	0.682	0.426	0.256
۱۰	تعامل چندکاناله	0.754	0.758	0.004
۱۱	زیرساخت‌های داده پایدار	0.459	0.461	0.002
۱۲	پلتفرم‌های باز	0.547	0.403	0.144
۱۳	سیستم‌های مقیاس‌پذیر	0.506	0.510	0.004
۱۴	شبکه‌های ارتباطی پیشرفته	0.682	0.685	0.003
۱۵	پشتیبانی از نوآوری باز	0.707	0.712	0.005
۱۶	آموزش و توسعه مهارت‌ها	0.394	0.398	0.004
۱۷	پذیرش فناوری	0.459	0.463	0.004
۱۸	فرهنگ دیجیتال	0.864	0.808	0.057
۱۹	تیم‌های میان رشته‌ای	0.861	0.881	0.20
۲۰	ایجاد تعادل بین انسان و ماشین	0.676	0.742	0.066
۲۱	حاکمیت داده	0.804	0.842	0.038
۲۲	حریم خصوصی و حفاظت از داده‌ها	0.770	0.771	0.001
۲۳	استانداردهای امنیت سایبری	0.698	0.692	0.006
۲۴	همخوانی با مقررات مالی	0.613	0.648	0.035
۲۵	چارچوب‌های اخلاقی در استفاده از هوش مصنوعی	0.893	0.861	0.031
۲۶	مدل‌های اشتراکی و دیجیتال	0.481	0.406	0.075
۲۷	مدل‌های پلتفرمی	0.560	0.382	0.178
۲۸	استراتژی‌های کسب درآمد مبتنی بر داده	0.754	0.770	0.016
۲۹	همکاری با فین‌تک‌ها	0.333	0.335	0.002
۳۰	نوآوری در زنجیره ارزش	0.331	0.339	0.008
۳۱	سرمایه‌گذاری در فناوری سبز	0.804	0.842	0.038
۳۲	کاهش مصرف انرژی سیستم‌ها	0.670	0.675	0.005
۳۳	شفافیت در عملیات مالی	0.808	0.812	0.004
۳۴	پروژه‌های مسئولیت اجتماعی شرکتی	0.864	0.868	0.004
۳۵	بانکداری فراگیر	0.629	0.431	0.198

به منظور ارزیابی میزان پایداری و همگرایی نظرات خبرگان در دو دور دلفی فازی، اختلاف میانگین فازی‌زدایی شده پاسخ‌ها بین دو مرحله متوالی محاسبه گردید. در این پژوهش، مقدار ۰/۱ به عنوان آستانه اجماع انتخاب شد؛ زیرا تغییرات کمتر از ۰/۱ نشان‌دهنده ثبات نسبی قضاوت‌های خبرگان و عدم نیاز به اجرای دورهای بعدی دلفی است. این معیار نسبت به آستانه متداول $d \leq 0.2$ در روش دلفی فازی، محافظه‌کارانه‌تر بوده و سطح بالاتری از توافق خبرگان را تضمین می‌کند. مطالعات اخیر حوزه دلفی فازی نیز دستبایی به اجماع را در صورت کمتر بودن فاصله فازی از ۰/۲ و کسب توافق بیش از ۷۵ درصد تأیید نموده‌اند. بنابراین انتخاب آستانه ۰/۱ در پژوهش حاضر با هدف افزایش دقت غربالگری مؤلفه‌ها و اطمینان از پایداری بیشتر نتایج انجام شده است.

به‌منظور بررسی استحکام نتایج، تحلیل حساسیت کوتاهی نیز انجام شد. نتایج نشان داد در صورت افزایش آستانه از ۰/۱۰ به ۰/۱۵ تنها یک مؤلفه (پلتفرم‌های باز با مقدار ۰/۱۴۴) به مجموعه مؤلفه‌های پذیرفته‌شده اضافه می‌شود، در حالی که چهار مؤلفه دیگر شامل تحلیل داده‌های بزرگ (۰/۱۶۶)، مدل‌های پلتفرمی (۰/۱۷۸)، بانکداری فراگیر (۰/۱۹۸) و وفاداری مشتری (۰/۲۵۶) همچنان خارج از محدوده پذیرش باقی می‌مانند. همچنین در صورت افزایش آستانه به ۰/۲۰، سه مؤلفه تحلیل داده‌های بزرگ، مدل‌های پلتفرمی و بانکداری فراگیر نیز وارد مدل می‌شوند، اما مؤلفه وفاداری مشتری همچنان به دلیل فاصله زیاد از معیار اجماع حذف خواهد شد. این نتایج نشان می‌دهد ساختار نهایی مدل از پایداری قابل قبولی برخوردار بوده و تنها تعداد محدودی از مؤلفه‌های مرزی نسبت به تغییرات آستانه حساس هستند.

مواردی که با رنگ خاکستری مشخص شده‌اند حذف چون مقدار اختلاف دور اول و دوم آن‌ها میزان قدرمطلق بیشتر از (۰/۱)، بقیه مؤلفه‌ها زیر این مقدار هستند و باقی ماندند. بررسی کامل یک پدیده مدیریتی، نیازمند داشتن یک الگوی مفهومی مناسب می‌باشد. یک مدل مفهومی مناسب، روابط تئوریکی میان متغیرهای مهم مورد بررسی را نشان می‌دهد. جدول (6)، به معرفی ابعاد و مؤلفه‌های پذیرش فناوری‌های دیجیتال مبتنی بر انقلاب چهارم صنعتی پرداخته است.

جدول 6: معرفی ابعاد و مؤلفه‌های پذیرش فناوری مبتنی بر انقلاب چهارم صنعتی در صنعت بانکداری ایران (یافته‌های پژوهش)

Table 6: Introducing the dimensions and components of technology adoption based on the Fourth Industrial Revolution in the Iranian banking industry (Research Findings)

ابعاد	مؤلفه‌ها	ابعاد	مؤلفه‌ها
فناوری‌های پیشرفته	هوش مصنوعی و یادگیری ماشین	قوانین و مقررات	حاکمیت داده
	زیرساخت ابری		حریم خصوصی و حفاظت از داده‌ها
	بلاکچین		استانداردهای امنیت سایبری
	اینترنت اشیاء بانکی		همخوانی با مقررات مالی
تجربه مشتریان	شخصی‌سازی خدمات	مدل‌های کسب و کار	مدل‌های اشتراکی و دیجیتال
	طراحی رابط کاربری کاربرپسند		استراتژی‌های کسب درآمد مبتنی بر داده
	پشتیبانی ۲۴/۷ با هوش مصنوعی		همکاری با فین‌تک‌ها
	تعامل چندکاناله		نوآوری در زنجیره ارزش
زیرساخت‌ها و نوآوری	زیرساخت‌های داده پایدار	عوامل انسانی و فرهنگی	سرمایه‌گذاری در فناوری سبز
	سیستم‌های مقیاس‌پذیر		کاهش مصرف انرژی سیستم‌ها
	شبکه‌های ارتباطی پیشرفته		شفافیت در عملیات مالی
	پشتیبانی از نوآوری باز		پروژه‌های مسئولیت اجتماعی شرکتی
پایداری و مسئولیت اجتماعی	آموزش و توسعه مهارت‌ها		
	پذیرش فناوری		
	فرهنگ دیجیتال		
	ایجاد تعادل بین انسان و ماشین		

۴-۲- وزن دهی و رتبه‌بندی ابعاد پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری با رویکرد صنعت ۴ با تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی

با استفاده از طیف اعداد فازی مثلثی ساعتی ماتریس مقایسه‌ی زوجی، ابعاد و مؤلفه‌ها توسط خبرگان مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس با استفاده از تکنیک فرآیند سلسله مراتبی فازی چانگ به وزن دهی آن‌ها پرداخته شد. با استفاده از طیف اعداد فازی مثلثی ساعتی مقایسه‌ی زوجی ابتدا ابعاد پژوهش که شامل:

- فناوری‌های پیشرفته
- تجربه مشتریان
- زیرساخت‌های نوآوری
- عوامل انسانی و فرهنگی
- قوانین و مقررات
- مدل‌های کسب و کار
- پایداری و مسئولیت اجتماعی

توسط 35 نفر از خبرگان امتیازدهی صورت پذیرفت. سپس ماتریس میانگین اهمیت فازی خبرگان درباره‌ی ابعاد پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری به صورت جدول (7)، تشکیل شد.

جدول 7: ماتریس مقایسه‌ی زوجی میانگین نظرات خبرگان در خصوص ابعاد پژوهش (یافته‌های پژوهش)

Table 7: Pairwise comparison matrix of average expert opinions regarding research dimensions (Research Findings)

ابعاد	فناوری‌های پیشرفته			تجربه مشتریان			...	پایداری و مسئولیت اجتماعی		
فناوری‌های پیشرفته	۱ و ۱			0.59	0.38	0.29	...	0.137	0.069	0.031
تجربه مشتریان	3.45	2.63	1.69	۱ و ۱			...	0.164	0.087	0.042
زیرساخت‌های نوآوری	3.13	2.08	1.35	4	2.51	1.62	...	0.264	0.130	0.057
عوامل انسانی و فرهنگی	3.13	2.38	1.45	2.13	1.85	1.02	...	0.284	0.160	0.069
قوانین و مقررات	2.50	4	1	2	1.47	1.23	...	0.432	0.186	0.080
مدل‌های کسب و کار	10.00	3.33	2.00	2.56	2.08	1.59	...	0.860	0.316	0.135
پایداری و مسئولیت اجتماعی	2.56	2.08	1.59	5.00	1.59	1.27	...	۱ و ۱		

سپس با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی چانگ به وزن دهی ابعاد پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری پرداخته شد. برای مثال نحوه‌ی محاسبه‌ی ماتریس مقایسه زوجی بُعد فناوری‌های پیشرفته و وزن بهنجار آن به قرار زیر می‌باشد.

جدول ۸: مقدار S_K ها به ازای هر بُعد (یافته‌های پژوهش)

Table 8: Amount of S_K s per dimension (Research Findings)

T(اعداد فازی مثلثی)	u	m	l		M_u^{-1}	M_m^{-1}	M_l^{-1}	مقدار نهایی S_K ها		
فناوری های پیشرفته	5.37	3.86	2.79	⊗	0.026	0.018	0.011	0.137	0.069	0.031
تجربه مشتریان	6.40	4.84	3.75	⊗	0.026	0.018	0.011	0.164	0.087	0.042
زیرساخت های نوآوری	10.33	7.25	5.09	⊗	0.026	0.018	0.011	0.264	0.130	0.057
عوامل انسانی و فرهنگی	11.10	8.92	6.14	⊗	0.026	0.018	0.011	0.284	0.160	0.069
قوانین و مقررات	16.87	10.38	7.12	⊗	0.026	0.018	0.011	0.432	0.186	0.080
مدل های کسب و کار	33.59	17.60	12.00	⊗	0.026	0.018	0.011	0.860	0.316	0.135
پایداری و مسئولیت اجتماعی	22.49	13.34	9.96	⊗	0.026	0.018	0.011	0.576	0.239	0.112

همچنین جدول (۹)، وزن ابعاد پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری با تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی را نشان می‌دهد.

جدول ۹: وزن ابعاد پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری با تکنیک FAHP (یافته‌های پژوهش)

Table 9: Weight of dimensions of digital technology adoption in the banking industry with FAHP technique (Research Findings)

رتبه	وزن بهنجار شده	کوچک‌ترین مقدار S_i	مقدار بزرگی	درجه بزرگی نسبت به هم	ابعاد
7	0.002	0.008	(0,844,0.569,...,0.008,0.129)	$V(S_1 > S_2, S_3, \dots, S_7)$	فناوری های پیشرفته
6	0.031	0.110	(1,0.915,...,0.110,0.253)	$V(S_2 > S_1, S_3, S_4, \dots, S_7)$	تجربه مشتریان
5	0.115	0.410	(1,1,...,0.410,0.582)	$V(S_3 > S_1, S_2, S_4, \dots, S_7)$	زیرساخت‌های نوآوری
4	0.137	0.488	(1,1,...,0.488,0.776)	$V(S_4 > S_1, S_2, S_3, \dots, S_7)$	عوامل انسانی و فرهنگی
2	0.240	0.858	(1,1,...,0.858)	$V(S_5 > S_1, S_2, S_3, \dots, S_7)$	قوانین و مقررات
3	0.195	0.696	(1,1,...,0.696,0.858)	$V(S_6 > S_1, S_2, S_3, \dots, S_7)$	مدل‌های کسب و کار
1	0.280	1.000	(1,1,...,1)	$V(S_7 > S_1, S_2, S_3, \dots, S_6)$	پایداری و مسئولیت اجتماعی

با توجه به جدول (۹)، ابعاد پایداری مسئولیت اجتماعی رتبه‌ی اول و ابعاد: قوانین و مقررات؛ مدل‌های کسب و کار؛ عوامل انسانی و فرهنگی؛ زیرساخت‌های نوآوری؛ تجربه مشتریان و فناوری‌های پیشرفته به ترتیب رتبه‌های دوم تا هفتم را از دیدگاه خبرگان بانک ملی ایران کسب نمودند.

۴-۳- نتایج روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری فازی (FISM)

روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری سنتی به دلیل باینری بودن منجر به ایجاد روابط ناخواسته بین برخی از عناصر در مدل نهایی می‌شود. به همین منظور در پژوهش حاضر از منطق فازی لطفی‌زاده با تکنیک ISM ترکیب شده تا بر این ضعف غلبه کند. در این پژوهش، برای پیشگیری از ابهام ناشی از عدم قطعیت در همه‌ی مراحل از اعداد فازی مثلثی استفاده شده است. در این پژوهش به منظور سطح‌بندی ابعاد مربوط به پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری، هفت بُعد استخراج گردید. سپس با قرار دادن ۷ بُعد شناسایی شده در سطرها و ستون‌های یک ماتریس، از خبرگان خواسته شد تا در خصوص اثرگذاری عوامل با توجه به متغیرهای بیانی، اظهار نظر نمایند. در خصوص پر نمودن خانه‌های صفر و یکی ماتریس خود تعاملی

نیز از میانگین هندسی نظرات خبرگان استفاده شده است. در جدول (۱۰)، ماتریس خود تعاملی ساختاری به دست آمده با استفاده از نظرات تجمیعی خبرگان مشاهده می شود:

جدول ۱۰: ماتریس خود تعاملی ساختاری به دست آمده از نظرات تجمیعی خبرگان (یافته های پژوهش)

Table 10: Structural self-interaction matrix obtained from the aggregated opinions of experts (Research Findings)

P2	P3	P4	P5	P6	P7	ابعاد پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری
SR	LR	SR	FR	SR	LR	فناوری های پیشرفته (P1)
	SR	LR	SR	SR	UN	تجربه مشتریان (P2)
		LR	FR	SR	LR	مدل های کسب و کار (P3)
			FR	SR	AR	عوامل انسانی و فرهنگی (P4)
				FR	AR	قوانین و مقررات (P5)
					LR	پایداری و مسئولیت اجتماعی (P6)

بعد از به توان ۵ رساندن ماتریس دسترسی اولیه، ماتریس دسترسی نهایی به دست می آید که در جدول ۱۱، نشان داده شده است:

جدول ۱۱: ماتریس دسترسی نهایی (یافته های پژوهش)

Table 11: Final Access Matrix (Research Findings)

ردیف	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	قدرت نفوذ (محرك)
P1	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۵
P2	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۵
P3	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۴
P4	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۳
P5	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۵
P6	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۳
P7	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۶
قدرت وابستگی	۴	۶	۴	۶	۵	۵	۱	

با استفاده از ماتریس دسترسی نهایی، سطح بندی عوامل صورت می گیرد که در جدول (۱۲) نشان داده شده است:

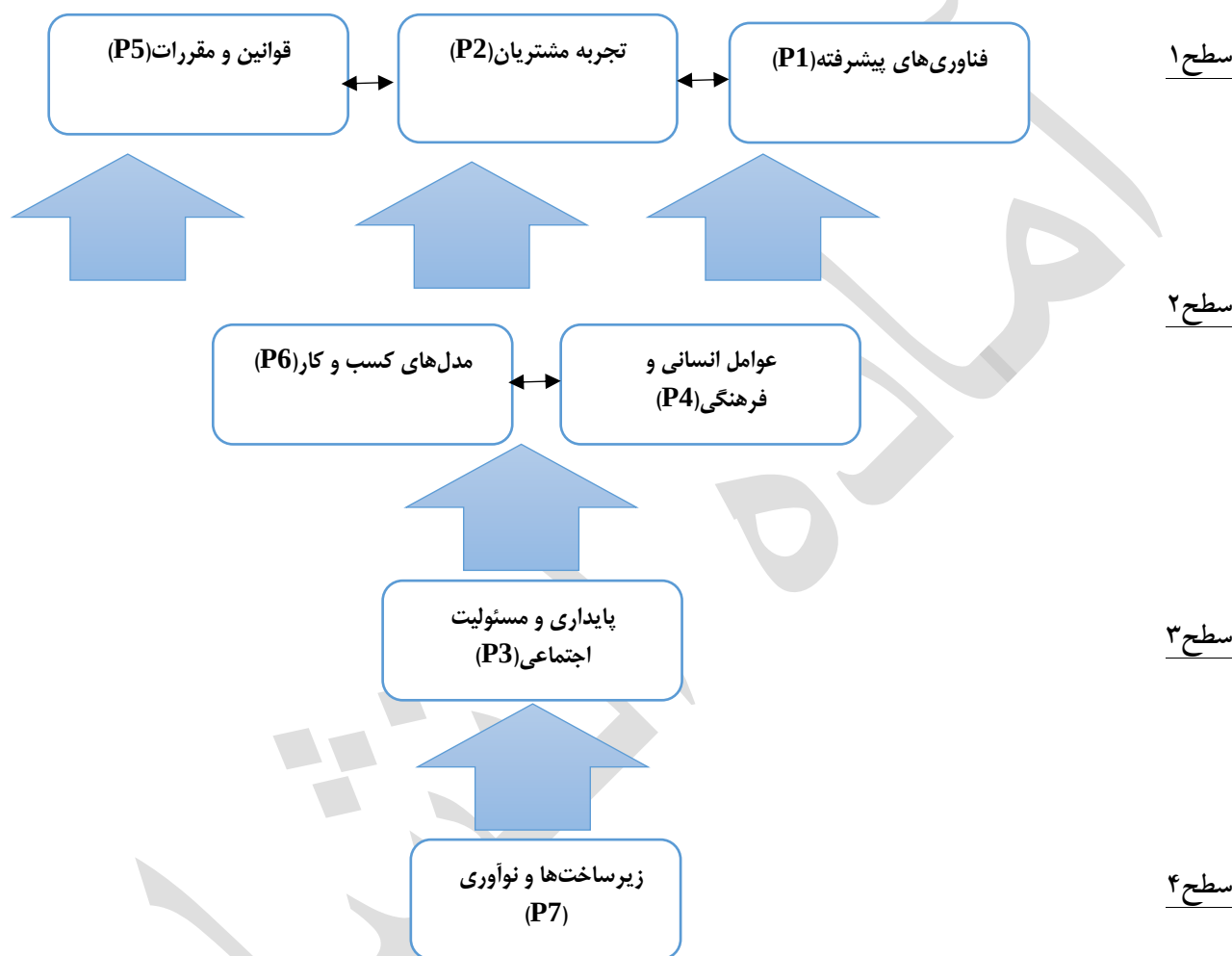
جدول ۱۲: سطح بندی عوامل (منبع: یافته های پژوهش)

Table 12: Leveling of factors (Source: Research findings)

بُعد	مجموع دریافتی	مجموع مقدماتی	مجموع اشتراک ها	سطح
فناوری های پیشرفته (P1)	۱۴ و ۵ و ۷	۱۲ و ۴ و ۵ و ۶	۱۴ و ۵ و ۶	۱
تجربه مشتریان (P2)	۱۴ و ۵ و ۶ و ۷	۱۲ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷	۱۴ و ۵ و ۶ و ۷	۱
پایداری و مسئولیت اجتماعی (P3)	۱۴ و ۵ و ۷	۱۲ و ۴ و ۵ و ۶	۱۴ و ۵ و ۶	۳
عوامل انسانی و فرهنگی (P4)	۱۴ و ۵ و ۶ و ۷ و ۱۲ و ۳	۱۲ و ۴ و ۵ و ۶	۱۴ و ۵ و ۶	۲
قوانین و مقررات (P5)	۱۴ و ۵ و ۶ و ۷ و ۱۲ و ۳	۱۲ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷	۱۴ و ۵ و ۶ و ۷	۱
مدل های کسب و کار (P6)	۱۴ و ۵ و ۶ و ۷ و ۱۲ و ۳	۱۲ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷	۱۴ و ۵ و ۶ و ۷	۲
زیرساخت ها و نوآوری (P7)	۷	۱۴ و ۵ و ۶ و ۷ و ۱۲ و ۳ و ۴	۷	۴

پس از تعیین سطح تمامی ابعاد، مدل مدل سازی ساختاری تفسیری این تحقیق به صورت نمودار (۱)، ترسیم می گردد.

همان‌طور که از روی شکل مشخص است، در سطح اول فناوری‌های پیشرفته، تجربه مشتریان و قوانین و مقررات در سطح اول و تأثیرپذیرترین ابعاد در میان ابعاد هفتگانه شناسایی شده در پذیرش بانک‌ها در خصوص فناوری دیجیتال صنعت ۴ شناخته شدند. عوامل انسانی و فرهنگی و مدل‌های کسب و کار؛ که در سطح دوم طبقه‌بندی گردیدند. همچنین پایداری و مسئولیت اجتماعی در سطح سوم طبقه‌بندی گردید و بر در ابعاد سطح دوم تأثیرگذار است. پایه ای ترین قسمت مدل ابعاد زیرساخت‌ها و نوآوری است که می تواند مبنای پذیرش فناوری دیجیتال صنعت ۴ در صنعت بانکداری قرار گیرد.



شکل ۲: مدل فرآیندی پذیرش فناوری دیجیتال در بانک ملی ایران (منبع: یافته‌های پژوهش)

Figure 2: Process model of digital technology adoption at the National Bank of Iran
(Source: Research findings)

۴-۴- تحلیل میک میک

در تجزیه و تحلیل میک میک عامل‌ها (ابعاد انتخاب مدیران حرفه‌ای شایسته در صنعت بانکداری)، بر حسب قدرت نفوذ و وابستگی به چهار دسته تقسیم می‌شوند. عامل‌های پیوندی، مستقل، وابسته و خودمختار تقسیم می‌شوند [20]. به منظور تکمیل مدل ساختاری تفسیری فازی و تحلیل عمیق‌تر نقش هر یک از ابعاد در نظام

پذیرش فناوری دیجیتال، از تحلیل MICMAC با توجه به نتایج جدول (۱۱)، برای سنجش قدرت نفوذ و قدرت وابستگی استفاده شد. جدول (۱۳)، نتایج تحلیل میک مک را نشان می‌دهد.

جدول ۱۳: نتایج تحلیل میک مک (منبع: یافته‌های پژوهش)

Table 13: Results of the Miq-Maq analysis (Source: Research findings)

قدرت نفوذ	۶	P7 ناحیه مستقل			P1,P2,P3,P5 ناحیه پیوندی		
	۵						
	۴						
	۳	ناحیه خودمختار			P4,P6 ناحیه وابسته		
	۲						
	۱						
		۱	۲	۳	۴	۵	۶
		قدرت وابستگی					

نتایج تحلیل MICMAC طبق جدول (۱۳) نشان می‌دهد که بُعد زیرساخت‌ها و نوآوری (P7) با بیشترین قدرت نفوذ (۶) و کمترین قدرت وابستگی (۱)، در بخش اول نمودار یعنی عامل‌های محرک قرار می‌گیرد. این دسته از عوامل تأثیرگذاری بسیار بالایی بر سایر ابعاد داشته و خود از سایر عوامل تأثیر اندکی می‌پذیرند. بنابراین، زیرساخت‌ها و نوآوری به عنوان محرک اصلی و نقطه آغازین شکل‌گیری پذیرش فناوری دیجیتال صنعت ۴ در بانک‌ها مطرح است. نقش این بُعد به گونه‌ای است که می‌تواند مسیر تحول دیجیتال را تعیین کرده و ظرفیت‌های سایر ابعاد را فعال یا محدود کند.

در مقابل، ابعاد تجربه مشتریان (P2) و عوامل انسانی و فرهنگی (P4) که هر دو دارای بیشترین قدرت وابستگی (۶) هستند، در بخش سوم نمودار یعنی عامل‌های وابسته طبقه‌بندی شده‌اند. این دسته از ابعاد در فرآیند پذیرش فناوری دیجیتال، بیشتر نقش خروجی و پیامد را دارند و شدت تحقق آن‌ها به سطح بلوغ و عملکرد سایر

ابعاد وابسته است. این عوامل از نظر رفتار سیستمی نسبتاً ناپایدار بوده و تغییرات کوچک در سایر ابعاد، می‌تواند به تغییرات قابل توجه در تجربه مشتری و فرهنگ سازمانی منجر شود.

همچنین، ابعاد فناوری‌های پیشرفته (P1) و قوانین و مقررات (P5) و پایداری و مسئولیت اجتماعی (P3) که دارای قدرت نفوذ نسبتاً بالا (به ترتیب ۵، ۴ و ۵) و قدرت وابستگی متوسط هستند، در بخش دوم نمودار یعنی عامل‌های پیوندی قرار می‌گیرند. این دسته از عوامل هم اثرگذار هستند و هم اثرپذیر؛ بنابراین رفتار آن‌ها بسیار حساس و ناپایدار است و هر تغییری در این ابعاد ممکن است تغییرات زنجیره‌ای در کل سیستم ایجاد کند. نقش این عوامل در اکوسیستم بانکداری دیجیتال میانجی، تنظیم‌کننده و فعال‌کننده‌ی تحول دیجیتال است.

بعد مدل‌های کسب‌وکار (P6) با قدرت نفوذ ۳ و قدرت وابستگی ۵ در بخش عوامل وابسته قرار می‌گیرد. این نتیجه نشان می‌دهد که مدل‌های کسب‌وکار دیجیتال در بانک‌ها شدتاً تحت تأثیر کیفیت زیرساخت‌ها، فناوری‌های پیشرفته، قوانین و تجربه مشتریان هستند و خود اثرگذاری محدودی بر ابعاد ریشه‌ای‌تر دارند. بنابراین، پایداری مدل‌های کسب‌وکار دیجیتال، بیش از هر چیز به وضعیت فناوری، زیرساخت و رگولاتوری بستگی دارد.

یکی از یافته‌های مهم تحلیل MICMAC آن است که هیچ‌یک از ابعاد در ناحیه «عامل‌های خودمختار» قرار نگرفته‌اند. عامل‌های خودمختار معمولاً آن دسته از متغیرهایی هستند که هم تأثیر اندک و هم وابستگی اندکی دارند. عدم وجود این گروه در مدل حاضر نشان می‌دهد که تمامی ابعاد هفت‌گانه نقش مؤثر و معناداری در پذیرش فناوری دیجیتال صنعت ۴ در بانک‌ها ایفا می‌کنند و هیچ بُعدی قابل حذف یا کم‌اهمیت تلقی نمی‌شود. به عبارتی، ساختار سیستم کاملاً یکپارچه است و تمامی متغیرها در شکل‌دهی رفتار نهایی سیستم سهم دارند.

۴-۵- سناریوها و تحلیل حساسیت مدل

به منظور رفع ایستایی مدل و تقویت بُعد تحلیلی آن در مواجهه با ماهیت پویای پذیرش فناوری‌های دیجیتال، در ادامه یافته‌های اصلی، تحلیل سناریویی و تحلیل حساسیت به عنوان یک لایه تکمیلی به مدل افزوده شد.

سناریوی اول: ثبات رگولاتوری و تداوم تدریجی دیجیتالی شدن

در این سناریو، محیط نهادی و رگولاتوری بانک‌ها از ثبات نسبی برخوردار است و تغییرات سیاستی با سرعت پایین و قابل پیش‌بینی صورت می‌گیرد. همچنین نرخ دیجیتالی شدن در صنعت بانکداری تدریجی و مبتنی بر پروژه‌های مرحله‌ای است. تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که در چنین شرایطی، ساختار کلی مدل پذیرش فناوری دیجیتال دچار جابه‌جایی معنادار نمی‌شود. ابعادی همچون «زیرساخت‌ها و نوآوری» و «عوامل انسانی و فرهنگی» همچنان نقش اصلی را در سطح اول ایفا می‌کنند و محرک آغازگر تغییر محسوب می‌شوند. از سوی دیگر، «تجربه مشتری» و «فناوری‌های پیشرفته» بیشتر در سطوح بالاتر قرار گرفته و متأثر از عملکرد ابعاد زیربنایی هستند. به طور کلی، در شرایط ثبات محیطی، مدل رفتاری بانک در مسیر پذیرش فناوری ماهیتی تدریجی و پیش‌بینی‌پذیر پیدا می‌کند و وابستگی آن به تصمیمات ساختاری و سرمایه‌گذاری زیرساختی تقویت می‌شود.

سناریوی دوم: شتاب‌گیری تحول دیجیتال و تشدید رقابت‌های فناورانه

این سناریو شرایطی را فرض می‌کند که در آن فن‌تک‌ها، نئوبانک‌ها و بازیگران دیجیتال با سرعت بیشتری وارد عرصه ارائه خدمات مالی می‌شوند. افزایش انتظارات مشتریان، تغییر الگوهای تعامل با خدمات بانکی و ظهور فناوری‌های تحول‌آفرین (هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، بلاک‌چین و ...) موجب می‌شود پذیرفتن فناوری برای بانک‌ها از یک «گزینه راهبردی» به یک «ضرورت رقابتی» تبدیل شود. نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد که در این وضعیت، وزن و نقش بُعد «فناوری‌های پیشرفته» افزایش معنادار پیدا می‌کند و این بُعد از سطح سوم مدل به سطح دوم منتقل می‌شود.

همچنین بُعد «تجربه مشتری» از یک پیامد نهایی، به یک عامل هم‌تراز با ابعاد راهبردی‌تر تبدیل شده و ورود آن به لایه‌های ساختاری‌تر مدل مشاهده می‌شود. در این سناریو، بانک برای حفظ مزیت رقابتی ناچار به بازطراحی مدل‌های کسب‌وکار و توسعه سرویس‌های دیجیتال مبتنی بر شخصی‌سازی و سرعت است. بنابراین ساختار مدل از حالت خطی و سلسله‌مراتبی به سمت یک ساختار وابسته به تعاملات پویا و متأثر از فشارهای رقابتی حرکت می‌کند.

سناریوی سوم: فشارهای اقتصادی، محدودیت منابع و افزایش ریسک‌های مالی

در این سناریو، اقتصاد با فشارهایی نظیر کاهش منابع مالی، افزایش هزینه سرمایه‌گذاری فناوریانه، رکود اقتصادی یا محدودیت‌های اعتباری روبه‌رو است. در چنین شرایطی، اولویت سازمان‌ها تغییر کرده و تصمیمات سرمایه‌گذاری در فناوری بیشتر تحت تأثیر شاخص‌های کارایی، هزینه-فایده و بقا قرار می‌گیرد. تحلیل مدل نشان می‌دهد که در این وضعیت، نقش ابعادی مانند «پایداری و مسئولیت اجتماعی» و «مدل‌های کسب‌وکار» پررنگ‌تر شده و نسبت به حالت پایه، جایگاهی نزدیک‌تر به سطح اول پیدا می‌کنند. تکیه بر بهینه‌سازی، کاهش هزینه‌ها و بهبود کارایی عملیاتی موجب می‌شود که بسیاری از فناوری‌های پیشرفته فقط در حوزه‌هایی به کار گرفته شوند که بازگشت سرمایه مشخص و قابل اندازه‌گیری دارند. بنابراین در این سناریو، الگوی پذیرش فناوری از «نوآوری محور» به «کارایی محور» تغییر جهت داده و ساختار مدل حالت محافظه‌کارانه‌تری پیدا می‌کند. این تحول در نقش ابعاد نشان می‌دهد که مدل از انعطاف لازم برای بازپیکربندی در شرایط فشار اقتصادی برخوردار است.

سناریوی چهارم: افزایش تهدیدات سایبری و تشدید مداخلات نظارتی

این سناریو وضعیتی را تصویر می‌کند که در آن حملات سایبری پیشرفته، تهدیدات امنیتی گسترده و همچنین الزامات قانونی سخت‌گیرانه‌تری از سوی نهادهای ناظر ایجاد می‌شود. در چنین فضایی، رعایت استانداردهای امنیت اطلاعات، مدیریت ریسک سایبری و انطباق مقرراتی به مهم‌ترین پیش‌نیاز ادامه فعالیت بانک‌ها تبدیل می‌شود. تحلیل مدل ساختاری نشان می‌دهد که در این شرایط، بُعد «قوانین و مقررات» جایگاه تعیین‌کننده‌تری پیدا کرده و در سطح اول مدل قرار می‌گیرد. این تغییر موجب می‌شود که سایر ابعاد، به‌ویژه «فناوری‌های پیشرفته» و «تجربه مشتری»، شدیداً تحت تأثیر الزامات امنیتی و رگولاتوری قرار گیرند. در این سناریو، روند پذیرش فناوری نه از مسیر نوآوری، بلکه از مسیر «سازگاری با الزامات حیاتی» هدایت می‌شود و تصمیمات فناوریانه تابعی از ملاحظات امنیتی و الزامات قانونی است. این تغییر جایگاه نشان می‌دهد که ساختار مدل می‌تواند در مواجهه با شوک‌های بیرونی کاملاً بازچینش شود.

تحلیل حساسیت و ارزیابی پایداری ساختاری مدل

به منظور اطمینان از اعتبار نتایج و بررسی میزان تأثیرپذیری خروجی‌های مدل خروجی FAHP و سطح‌بندی FISM از نوسانات احتمالی در نظرات خبرگان یا تغییر در اولویت‌های محیطی، تحلیل حساسیت در دو مرحله انجام شد. این تحلیل به دنبال آن است که مشخص کند آیا با تغییر در وزن ابعاد کلیدی، ساختار سلسله‌مراتبی مدل دچار فروپاشی می‌شود یا خیر.

۱. تحلیل حساسیت وزن ابعاد (مبتنی بر FAHP)

در این مرحله، وزن ابعاد دارای اولویت اول (قوانین و مقررات، مدل‌های کسب‌وکار و پایداری) به صورت سیستماتیک تغییر داده شد تا پایداری رتبه‌بندی سایر ابعاد سنجیده شود. با اعمال تغییرات در بازه ۵٪ تا ۲۰٪ در وزن‌های نسبی، مشاهده گردید که رتبه‌بندی ابعاد «عوامل انسانی و فرهنگی» و «زیرساخت‌ها و نوآوری» دارای بالاترین درجه پایداری هستند.

یافته‌ها نشان داد که حتی با کاهش وزن بُعد «قوانین و مقررات» (که در تحلیل اولیه رتبه اول را داشت)، ابعاد سطح پایه مدل (فناوری‌های پیشرفته و تجربه مشتری) همچنان ماهیت محرک بودن خود را حفظ می‌کنند. این امر بیانگر آن است که مدل پیشنهادی نسبت به سوگیری‌های احتمالی در نظرات خبرگان از تاب‌آوری بالایی برخوردار است و نتایج آن برای سیاست‌گذاری‌های میان‌مدت قابل اتکا می‌باشد.

۲. تحلیل حساسیت پایداری سطوح مدل (مبتنی بر FISM)

در این بخش، هدف بررسی این بود که آیا تغییر در شدت روابط بین متغیرها (ناشی از تغییرات محیطی یا ریسک‌های نوظهور) می‌تواند جایگاه ابعاد را در سطوح سه‌گانه مدل FISM جابه‌جا کند یا خیر. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت ساختاری نشان داد:

- ثبات هسته مرکزی: ابعاد «زیرساخت‌ها و نوآوری» و «عوامل انسانی» در برابر تغییرات پارامتریک بسیار پایدار بوده و در اکثر حالات در سطح اول (تأثیرپذیرترین لایه) باقی می‌مانند؛ این یعنی بدون اصلاح این دو بُعد، تحول دیجیتال در بانک ملی ایران عملاً محقق نخواهد شد.
- حساسیت ابعاد پیشران: بُعد «فناوری‌های پیشرفته» بیشترین حساسیت را نسبت به تغییرات در بُعد «قوانین و مقررات» نشان داد. به گونه‌ای که با افزایش سخت‌گیری‌های نظارتی (رشد وزن رگولاتوری)، تأثیرگذاری فناوری‌های پیشرفته بر لایه‌های میانی مدل با تأخیر یا اصطکاک بیشتری مواجه می‌شود.
- انعطاف‌پذیری تجربه مشتری: تحلیل حساسیت مشخص کرد که بُعد «تجربه مشتریان» در صورت تقویت زیرساخت‌های نوآوری، پتانسیل جهش به سطوح راهبردی‌تر مدل را دارد، که این موضوع تاییدکننده ماهیت پویای پذیرش فناوری در پاسخ به نیازهای بازار است.

نتایج نهایی تحلیل حساسیت نشان‌دهنده «صلابت ساختاری» مدل طراحی شده است. اگرچه جابه‌جایی‌های جزئی در رتبه‌بندی ابعاد با تغییر وزن‌ها مشاهده شد، اما منطق حاکم بر سطوح مدل (رابطه محرک-هدف) ثابت باقی ماند. این تحلیل ضریب اطمینان بالایی را در اعتبار مدل ارائه می‌نماید که مدل نه یک تصویر ایستا از وضعیت موجود، بلکه یک نقشه راه پویا است که در شرایط مختلف عدم قطعیت، از اعتبار علمی و اجرایی لازم برخوردار است.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تحول دیجیتال در صنعت بانکداری و گسترش فناوری‌های نوین مبتنی بر انقلاب صنعتی چهارم، بانک‌ها را با چالش‌های متعددی در زمینه انتخاب، پذیرش و پیاده‌سازی فناوری‌های دیجیتال مواجه ساخته است. با وجود توسعه مطالعات مرتبط با پذیرش فناوری، بخش عمده پژوهش‌های پیشین بر مدل‌های عمومی پذیرش فناوری متمرکز بوده‌اند و کمتر به شناسایی، اولویت‌بندی و سطح‌بندی ابعاد پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری ایران پرداخته‌اند. همچنین نبود یک چارچوب یکپارچه برای تحلیل همزمان ابعاد فناورانه، سازمانی، انسانی و مقرراتی در شرایط عدم اطمینان، ضرورت انجام پژوهش حاضر را دوچندان ساخته است.

بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف طراحی مدل پذیرش فناوری‌های دیجیتال در بانک ملی ایران انجام شد. برای دستیابی به این هدف، ابتدا ابعاد و مؤلفه‌های مؤثر بر پذیرش فناوری‌های دیجیتال با استفاده از تکنیک دلفی فازی شناسایی شد، سپس اهمیت نسبی آنها با فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) تعیین گردید و در نهایت روابط ساختاری میان ابعاد از طریق مدل‌سازی ساختاری تفسیری فازی (FISM) تبیین شد.

نتایج پژوهش نشان داد که پذیرش فناوری‌های دیجیتال در بانکداری یک پدیده چندبعدی و نظام‌مند است که تحت تأثیر همزمان عوامل فناورانه، سازمانی، انسانی، مقرراتی و اجتماعی قرار دارد. یافته‌ها نشان دادند که «پایداری و مسئولیت اجتماعی» مهم‌ترین بعد پذیرش فناوری‌های دیجیتال از دیدگاه خبرگان بانک ملی ایران است. همچنین ابعاد «قوانین و مقررات» و «مدل‌های کسب‌وکار» نیز در زمره عوامل کلیدی قرار گرفتند. از سوی دیگر، نتایج مدل‌سازی ساختاری تفسیری فازی نشان داد که «زیرساخت‌ها و نوآوری» نقش زیربنایی و پیشران را در ساختار پذیرش فناوری‌های دیجیتال ایفا می‌کنند و سایر ابعاد تا حد زیادی متأثر از وضعیت این بُعد هستند. این یافته بیانگر آن است که موفقیت تحول دیجیتال در بانک‌ها بیش از آنکه صرفاً به استقرار فناوری وابسته باشد، به وجود زیرساخت‌های مناسب، نوآوری مستمر، چارچوب‌های مقرراتی کارآمد و توجه به مسئولیت‌پذیری اجتماعی بستگی دارد.

پیشنهادهای سیاستی

بر اساس یافته‌های پژوهش، نخست پیشنهاد می‌شود مدیران و سیاست‌گذاران بانکی سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های دیجیتال، معماری داده و بسترهای نوآوری را به عنوان پیش‌نیاز تحول دیجیتال در اولویت قرار دهند. دوم، بازنگری و چابک‌سازی مقررات مرتبط با بانکداری دیجیتال، توسعه محیط‌های آزمون تنظیم‌گری (Regulatory Sandbox) و تسهیل همکاری بانک‌ها با شرکت‌های فین‌تک می‌تواند سرعت پذیرش فناوری‌های نوین را افزایش دهد. سوم، با توجه به اهمیت بالایی بعد پایداری و مسئولیت اجتماعی، ضروری است برنامه‌های تحول دیجیتال بانک‌ها با اهداف بانکداری پایدار، شفافیت، اعتماد عمومی و مسئولیت‌پذیری اجتماعی همسو شوند. چهارم، توسعه مهارت‌های دیجیتال کارکنان، تقویت فرهنگ نوآوری و استقرار نظام‌های مدیریت دانش می‌تواند زمینه لازم برای پذیرش موفق فناوری‌های نو ظهور را فراهم آورد. همچنین ارتقای امنیت سایبری، حاکمیت داده و حفاظت از حریم خصوصی مشتریان باید به عنوان یکی از اولویت‌های اصلی تحول دیجیتال در نظام بانکی مورد توجه قرار گیرد.

محدودیت‌های پژوهش

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی همراه بوده است. نخست، داده‌های پژوهش بر مبنای قضاوت خبرگان بانک ملی ایران گردآوری شده است؛ بنابراین امکان وجود سوگیری‌های ذهنی در ارزیابی‌ها وجود دارد. دوم، دامنه مطالعه به بانک ملی ایران محدود بوده و تعمیم نتایج به سایر بانک‌ها باید با احتیاط صورت گیرد. سوم، پژوهش حاضر بر رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی مبتنی بوده و اعتبارسنجی مدل از طریق داده‌های تجربی مشتریان یا داده‌های عملیاتی بانک انجام نشده است.

پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده مدل ارائه‌شده را در سایر بانک‌های دولتی و خصوصی کشور مورد آزمون قرار دهند تا امکان مقایسه نتایج فراهم شود. همچنین استفاده از روش‌های پویایی سیستم، شبیه‌سازی مبتنی بر عامل و مدل‌های یادگیری ماشین می‌تواند به تحلیل رفتار پویا و بلندمدت پذیرش فناوری‌های دیجیتال کمک کند. بررسی دیدگاه سایر ذی‌نفعان از جمله مشتریان، شرکت‌های فین‌تک، نهادهای نظارتی و ارائه‌دهندگان فناوری نیز می‌تواند به توسعه مدل‌های جامع‌تر منجر شود. افزون بر این، مطالعه ارتباط میان پذیرش فناوری‌های دیجیتال، بانکداری سبز، مسئولیت اجتماعی شرکتی و پایداری سازمانی می‌تواند زمینه مناسبی برای تحقیقات آتی فراهم آورد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از همه عزیزانی که در انجام این پژوهش یاری رسان بودند، صمیمانه قدردانی می‌کنند.

منابع مالی

نویسندگان از هیچ منبع مالی جهت تدوین این مقاله استفاده ننموده‌اند.

تعارض با منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضادی در منافع در مورد انتشار این نسخه وجود ندارد، همه نویسندگان، نسخه نهایی ارسال شده را مشاهده و تأیید کرده‌اند.

منابع

- [1] M. (2023). Understanding perceptions of academics toward technology acceptance in accounting education. *Heliyon*, 9(1), e13141. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13141>
- [2] Alsyouf, A., Lutfi, A., Alsubahi, N., Alhazmi, F.N., Al-Mugheed, K., Anshasi, R.J., Alharbi, N.I., & Albugami, M. (2023). The Use of a Technology Acceptance Model (TAM) to Predict Patients' Usage of a Personal Health Record System: The Role of Security, Privacy, and Usability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), 1347. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021347>
- [3] Andrian, B., Simanungkalit, T., Budi, I., & Wicaksono, A.F. (2022). Sentiment Analysis on Customer Satisfaction of Digital Banking in Indonesia. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(3). <https://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130356>
- [4] E-Leadership, Technology Acceptance and Technological Self-Efficacy: Its Effect on Teacher Attitudes in Using Virtual Learning Environments. (2023). *Pegem Journal of Education and Instruction*, 13(4). <https://doi.org/10.47750/pegegog.13.04.23>
- [5] Akpinar, M.T., & Atak, M. (2025). An integrated technology acceptance model for smart city mobile applications: identification of key factors and extension of technology adoption. *International Journal of Management Studies*, 32(1), 109-131. <https://doi.org/10.32890/ijms2025.32.1.6>
- [6] Al-Sayid, F., & Kirkil, G (2025). Integrating Technology Acceptance Model With UTAUT to Increase the Explanatory Power of the Effect of HCI on Students' Intention to Use E-Learning System and Perceive Success. *IEEE Access*, 13, 20720-20739. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3534740>
- [7] Fernandez, R., Uy, C., Manalo, R., & Grimaldo, J (2025). Acceptance of Live Selling to Drive Purchase Intent in e-tailing during the COVID-19 Pandemic: Integration of Risk and Trust in the Technology Acceptance Model. *Review of Integrative Business and Economics Research*, 14(1), 190-209. https://buscompress.com/uploads/3/4/9/8/34980536/riber_14-1_12_b24-041_190-209.pdf
- [8] Firdausi, N.R., & Antonio, G.R (2025). The impact of the technology acceptance model on the use of qr code payment as a digital payment method among msme entrepreneurs in the culinary tourism center of surabaya. *Journal of Entrepreneurship*, 14-30. <https://doi.org/10.56943/joe.v4i1.692>
- [9] Fitria, T.N. (2025). Islamic Banking Digitalization: Challenges and Opportunities in the Era of Industrial Revolution 4.0. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Islam*, 11(1). <https://doi.org/10.29040/jiei.v11i1.16855>
- [10] Ghazi, M.Q., & Hussam, E.J. (2022). The impact of artificial intelligence on the effective applying of cyber governance in jordanian commercial banks. *International Journal of Technology, Innovation and Management (IJTIM)*, 2(1). <https://doi.org/10.54489/ijtim.v2i1.61>
- [11] Heriyati, P., Nugraha, K., Yadav, N., & Bismo, A. (2025). Decision analysis of the non-adoption of digital Islamic banking by Indonesian consumers: a structured equation modelling approach. *Journal of Islamic Marketing*. <https://doi.org/10.1108/JIMA-09-2023-0273>
- [12] Jayawardena, C., Ahmad, A., Valeri, M., & Jaharadak, A.A. (2023). Technology acceptance antecedents in digital transformation in hospitality industry. *International Journal of Hospitality Management*, 108, 103350. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2022.103350>
- [13] Kandepu, R. (2023). Leveraging FileNet Technology for Enhanced Efficiency and Security: A Model for Assessing Maturity of Industry 4.0 in the Banking Sector
- [14] Ruwan Wickramarachchi (2019) ity in Banking and Insurance Applications and its future with Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning. *IJARCCCE*, 12(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23492>
- [15] Sumaiya Thaseen Ikram(2023)An IntelligentWaste Management Application Using IoT and a Genetic Algorithm–Fuzzy Inference System *International Journal of Digital Entrepreneurship and Business*, 31(1),42-65. <https://doi.org/10.3390/app13063943>
- [16] Syed Rizvi1(2020), A fuzzy inference system (FIS) to evaluate the security readiness of cloud serviceproviders, Rizvi et al. *Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications*(2020) 9:42. <https://link.springer.com/article/10.1186/s13677-020-00192-9>
- [17] Federica Pascucci1 (2023) How digital technologies reshape marketing: evidence from a qualitative investigation THE FUTURE,Italian Journal of Marketing (2023) 2023:27–58. <https://link.springer.com/article/10.1007/s43039-023-00063-6>

- [18] Rocha, Christian Manuel Moreno; Buelvas, Daina Arenas; Machado, Itzjak Vega; & Peña, Juan Pacheco. (2025). Optimized Selection of Renewable Energy Sources Based on Regional Potentials in Colombia: A Comparative Analysis of AHP and FAHP for Sustainable Development. (S. L. Rokhum, Ed.), International Journal of Energy Research, 2025(1). <https://doi.org/10.1155/er/9257724>
- [19] Kaur, J., Srivastava, S. and Kaushik, H. (2025), "FISM-FMICMAC-based analysis of challenges affecting potato processing by SMEs in India", *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/JADEE-05-2024-0160>
- [20] Amir Mehdiabadi(2020)Are We Ready for the Challenge of Banks 4.0?Designing a Roadmap for Banking Systems in Industry 4.0, *Pegem Journal of Education and Instruction*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/ijfs8020032>
- [21] Celina Pogăciaș(2021),Implementation and impact of Industry 4.0 and Quality 4.0 in the banking sector, MATEC Web of Conferences 342, 09008 (2021) <https://doi.org/10.1051/mateconf/202134209008>
- [22] Linggadajaya, R.I.T., Sitio, B., & Situmorang, P. (2022). Transformasi Digital Pt Bank Jago Tbk dari Bank Konvensional menjadi Bank Digital. *International Journal of Digital Entrepreneurship and Business*, 3(1), 9-22. https://www.researchgate.net/publication/359202830_Transformasi_Digital_Pt_Bank_Jago_Tbk_dari_Bank_Konvensional_menjadi_Bank_Digital
- [23] Mi Alnaser, F., Rahi, S., Alghizzawi, M., & Ngah, A.H. (2023). Does artificial intelligence (AI) boost digital banking user satisfaction? Integration of expectation confirmation model and antecedents of artificial intelligence enabled digital banking. *Heliyon*, 9(8), e18930. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18930>
- [24] Mufidah, I., Husaini, L.R., & Caesaron, D. (2022). Improving Online Learning through the Use of Learning Management System Platform: A Technology Acceptance Model-Technology Readiness Index Combination Model Approach. *Jurnal Teknik Industri*, 24(1), 61-72. <https://doi.org/10.9744/jti.24.1.61-72>
- [25] Natasia, S.R., Wiranti, Y.T., & Parastika, A. (2022). Acceptance analysis of NUADU as e-learning platform using the Technology Acceptance Model (TAM) approach. *Procedia Computer Science*, 197, 512-520. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.168>
- [26] Newman, J., Mintrom, M., & O'Neill, D. (2022). Digital technologies, artificial intelligence, and bureaucratic transformation. *Futures*, 136, 102886. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2021.102886>
- [27] Rad, D., Egerau, A., Roman, A., Dughi, T., Balas, E., Maier, R., Ignat, S., & Rad, G. (2022). A Preliminary Investigation of the Technology Acceptance Model (TAM) in Early Childhood Education and Care. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 13(1), 518-533. https://www.researchgate.net/publication/358958878_A_Preliminary_Investigation_of_the_Technology_Acceptance_Model_TAM_in_Early_Childhood_Education_and_Care
- [28] Vorm, E.S., & Combs, D.J.Y. (2022). Integrating Transparency, Trust, and Acceptance: The Intelligent Systems Technology Acceptance Model (ISTAM). *International Journal of Human-Computer Interaction*, 38(18-20), 1828-1845. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2070107>
- [29] Jozi, A. (2025). Comprehensive framework for assessing electronic banking service quality and customer satisfaction using fuzzy inference systems. *Journal of applied intelligent systems & information sciences*. https://jaisis.khatam.ac.ir/article_218327.html
- [30] Khumalo, B.B., & Pather, S. (2025). Beyond the line and hook: Identifying primary e logistics technology adoption factors in the fishing industry. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 13(2), 1-27. <https://doi.org/10.12821/ijispm130201>
- [31] Kurniasari, F., Abd Hamid, N., & Lestari, E.D. (2025). Unraveling the impact of financial literacy, financial technology adoption, and access to finance on small medium enterprises business performance and sustainability: a serial mediation model. *Cogent Business & Management*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2025.2487837>
- [32] Ma, J., Wang, P., Li, B., Wang, T., Pang, X.S., & Wang, D. (2025). Exploring user adoption of ChatGPT: A technology acceptance model perspective. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 41(2), 1431-1445. <https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2314358>
- [33] Ma, Y., Al Mamun, A., Masukujaman, M., & Ja'afar, R. (2025). Modeling the significance of unified theory of acceptance and use of technology in predicting the intention and usage of eCNY. *Financial Innovation*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40854-024-00712-5>
- [34] Natalwala, A.S., & Habibullah, M. (2024). The Application of the Technology Acceptance Model and the Theory of Planned Behaviour in the Context of Green Banking. *ExploreSearch*. <https://doi.org/10.62823/ExRe/01/03.15>
- [35] Qatawneh, A.M., & Makhlof, M.H. (2025). Influence of smart mobile banking services on senior banks' clients intention to use: moderating role of digital accounting. *Global Knowledge, Memory and Communication*, 74(3/4), 1028-1044. <https://doi.org/10.1108/GKMC-01-2023-0018>
- [36] Shaikh, I.M., & Amin, H. (2025). Influence of innovation diffusion factors on non-users' adoption of digital banking services in the banking 4.0 era. *Information Discovery and Delivery*, 53(1), 12-21. <https://doi.org/10.1108/IDD-05-2023-0044>
- [37] Sifaudin, W. (2024). *Determinasi Niat Perilaku Konsumen Terhadap Penggunaan Teknologi Digital Perbankan Syariah; Penerapan Teori Technology Acceptance Model (Tam)*. FEB UIN JAKARTA. <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/83892>
- [38] Syah, Al., & Anca, A. (2025). Digital Transformation in the Financial Industry: Opportunities and Challenges in the Era of the Fourth Industrial Revolution. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5105397
- [39] Ahmazadeh S., Talaei H. R.(2025). Doosti M. *The Role of IT Importer Strategy on the Chain of Intelligent IT Adoption Connectivity and Organizational Learning*. Journal of Intelligent Strategic Management, 2025; 4(1): 37-58. <https://doi.org/10.87453/bumara.2025.372103.4803>

- [40] Mehdi Pour, Z., ebrahminasab, R. (2024). *The Role of Educational Technology Acceptance on the Quality of ICT-Based Teaching Among High School Teachers in Rafsanjan*. Technology and Scholarship in Education, 4(1): 117-131. <https://doi: 10.30473/t-edu.2024.71018.1137>
- [41] Monemzadeh, M., Sadeqi Arani, Z., Mazroui Nasrabadi, E. (2024). *Development of Technology Acceptance Model: Investigating the Impact of Consumer Experience, Inertia, and Culture on the Acceptance of Open Banking (Tejarat Bank as a Case Study)*. Kashan Shenasi, 17(1): 47-90. <https://doi: 10.22052/kashan.2023.252490.1071>
- [42] Malekinia, M., Khadem, S. H., Mobarhan, R. (2024). *The role of organizational factors in the implementation of the organization's resource planning system with the approach of the technology acceptance model*. Quarterly Journal of Interdisciplinary Studies on Strategic Knowledge, 14(54): 266-243. doi: 20.1001.1.24234621.1403.14.54.9.9
- [43] Javdani Gandomani, T. (2023) Electronic Insurance Marketplace Technology Acceptance Model Based on UTAUT2. *Journal of Technology Development Management*, 2023; 11(3): 111-132. <http://doi: 10.22104/jtdm.2024.5636.3013>
- [44] Khadem nia R, Alavi Langaroodi S, Zandavanian A, Hemati H. (2023). *Investigating the Relationship between Media Literacy and Epistemological Beliefs with Technology Acceptance of Primary School Teachers in Yazd*. Information and Communication Technology in Educational Sciences. 13(3):143–63. <http://doi:10.1001.1.22285318.1402.13.3.7.3>.
- [45] Nazaripour M., Zakizadeh B. The Factors Affecting the Adoption and Implementation of Information Technology: The Technology Acceptance Model. *Accounting and Auditing Studies*, 2023; 12(48): 63-82. <http://doi: 10.22034/iaas.2023.190959>
- [46] Amiri, M., Hashemi-Tabatabaei, M., Keshavarz-Ghorabae, M., Antucheviciene, J., Šaparauskas, J., & Keramatpanah, M. (2023). *Evaluation of digital banking implementation indicators and models in the context of Industry 4.0: A fuzzy group MCDM approach*. Axioms, 12(6), 516. <https://doi.org/10.3390/axioms12060516>
- [47] Rad, S., Darvish Rouhani, B., & Banaeian, H. (2025). *A proposed hybrid conceptual model of artificial intelligence and enterprise architecture for digital transformation in banks: An approach to improving business processes*. Annals of Process Engineering and Management, 2(4), 200–210. <https://doi.org/10.48314/apem.vi.37>
- [48] Chavosh Nejad, M., et al. (2021). *An AHP-based multi-criteria model for assessment of the social sustainability of technology management process: A case study in banking industry*. Technology in Society, 65, 101602. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101602>
- [49] AzadSanjari, S., & Charsoughi, S. K. (2025). *Optimizing the cyber crisis management process with an artificial intelligence approach in Iranian banks*. Annals of Process Engineering and Management. <https://doi.org/10.48314/apem.vi.38>
- [50] Saei, S., & Tarokh, M. J. (2025). *Selection of internet companies based on CRM criteria using data envelopment analysis in the voting analytic hierarchy process (VAHP)*. Management Sciences and Decision Analysis, 3(1), 16–23. <https://doi.org/10.22105/msda.v3i1.75>