



ORIGINAL RESEARCH PAPER

Developing a Model for Digital Technology Adoption in the Banking Industry with an Industry 4.0 Approach

Reyhaneh Malekan , Sadegh Abedi* , Reza Ehtesham Raasi 

Department of Industrial Management, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

* Corresponding Author's Email: abedi.sadegh@gmail.com

PAPER INFO

Paper history:

Received: 08 February 2026

Revised: 19 March 2026

Accepted in revised form: 05 April 2026

Published: 06 May 2026

Keywords:

Industry 4.0

Technology Adoption

Fuzzy Delphi Technique

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

Banking Industry

How to cite: Malekan, R., Abedi, S., & Ehtesham Raasi, R. (2026). Developing a model for digital technology adoption in the banking industry with an industry 4.0 approach, *Economics and Financial Policymaking*, 3(1), 91-111.



©2026 the authors. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

ABSTRACT

The adoption of digital technologies in Iran's banking sector is a major challenge, as some banks and financial institutions face technical and infrastructural limitations that make the implementation of digital technologies difficult. The purpose of this research is to design a model for digital technology adoption in the banking industry using an Industry 4.0 approach and the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) modeling technique under various scenarios. Accordingly, the research methodology follows a mixed-methods approach (qualitative-quantitative). The research population and sample were purposefully selected and consisted of 35 experts with extensive experience and deep familiarity with concepts related to digital technology adoption in this industry. First, based on an in-depth review of the theoretical foundations and previous studies, the dimensions and components of digital technology adoption in the banking industry were identified through a fuzzy Delphi approach and expert opinions. Then, six different scenarios were designed and analyzed using the ANFIS method. The results of this study indicate that the adoption of digital technology in the banking industry is simultaneously influenced by technological factors, customer experience, infrastructure, innovation, human and cultural factors, regulations, and social responsibility. The proposed neuro-fuzzy model can be effectively used to predict and optimize the level of digital adoption.



1. Introduction

The adoption of digital technologies in the banking industry is of great importance, pointing to several positive aspects related to improving performance and enhancing banking services. Digital technologies can improve banking processes and increase the efficiency of systems. Among the positive aspects are the fast processing of transactions, providing answers to the fastest customer

queries, and improving internal processes. The challenges of adopting digital technologies in the Iranian banking system are a topic that, despite its increasing importance, has so far been less studied with an integrated and intelligent approach in the domestic literature and even in many international studies. In this research, by combining the fuzzy Delphi method and the adaptive neuro-fuzzy inference model (ANFIS), an attempt has been made to achieve a precise and systematic consensus from the

experts' point of view, while also modeling and predicting the complex, nonlinear, and uncertain relationships between challenges and their consequences.

2. Methodology

The present study is exploratory on the one hand because it seeks to identify a native model of digital technology adoption in the Iranian banking industry, and on the other hand, it is a field study to obtain field information and collect the required data from the target community. This research is developmental-applied in terms of its purpose. The experts in this study are 35 experts and specialists in the banking industry with more than 20 years of work experience in the banking industry, 5 years of management experience, relevant education in the field of IT and management, and interested in cooperation, and university professors who are proficient in the field of technology. The sampling method is a total census method due to the limited volume of participants; in other words, all members of the experts were used in the interview process and answering the questionnaires.

3. Findings

Simulation results showed that scenarios with high levels of key factors have the highest technology adoption rates,

while scenarios with low levels or a combination of different levels show lower adoption rates. This analysis allows for prioritizing factors and designing strategic policies to promote technology adoption in organizations, and clearly demonstrates the application of the neuro-fuzzy model in scenario-based decision-making.

4. Conclusion and Implication

In this study, using a Sugeno neuro-fuzzy model, the impact of seven key factors including advanced technologies, customer experience, infrastructure and innovation, human and cultural factors, laws and regulations, business models, and sustainability and social responsibility on digital technology adoption was analyzed. Six different scenarios were defined by combining Low, Medium, and High levels of these factors to show how simultaneous changes in these dimensions affect the system output.

Conflict of Interest

The Authors, while observing publication ethics in the referencing, declare the absence of interest of conflict.



ارائه مدل پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری با رویکرد صنعت ۴.۰

ریحانه ملکان^{id}، صادق عابدی*^{id}، رضا احتشام رائی^{id}

گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول مکاتبه abedi.sadegh@gmail.com

چکیده

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. هدف از انجام پژوهش حاضر طراحی مدل پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری با رویکرد صنعت ۴ و تکنیک مدل‌سازی استنتاج عصبی فازی تحت سناریوهای مختلف است. بدین منظور روش‌شناسی پژوهش رویکردی آمیخته (کیفی-کمی) است. جامعه و نمونه آماری پژوهش به‌صورت هدف‌مند از ۳۵ نفر از خبرگان این حوزه که با سابقه بالا و آشنایی و مسلط به مفاهیم پذیرش فناوری دیجیتال در این صنعت هستند منتخب شدند. بدین منظور ابتدا با مرور دقیق مبانی نظری و پیشینه پژوهش ابعاد و مؤلفه‌های پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری با رویکرد دلفی فازی و نظرسنجی از خبرگان انتخاب شد. سپس با طراحی شش سناریو مختلف با روش استنتاج عصبی فازی (انفیس) به تحلیل سناریوهای پژوهش پرداخته شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری تحت تأثیر همزمان عوامل فناورانه، تجربه مشتری، زیرساخت‌ها، نوآوری، عوامل انسانی و فرهنگی، قوانین و مقررات و مسئولیت اجتماعی قرار دارد و مدل عصبی-فازی ارائه‌شده می‌تواند برای پیش‌بینی و بهینه‌سازی سطح پذیرش دیجیتال به‌طور مؤثر مورد استفاده قرار گیرد.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۱۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۲/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۱۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۲/۲۰

کلیدواژه‌ها:

انقلاب صنعتی چهارم
پذیرش فناوری
تکنیک دلفی فازی
سیستم استنتاج عصبی فازی (ANFIS)
صنعت بانکداری

شیوه استناددهی:

ملکان، ریحانه، عابدی، صادق، و احتشام رائی، رضا، (۱۴۰۵). ارائه مدل پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری با رویکرد صنعت ۴.۰، *اقتصاد و سیاست‌گذاری مالی*، ۳(۱)، ۹۱-۱۱۱.

© ۱۴۰۴ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است.
انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق گواهی (CC BY-NC) صورت گرفته است.
(4.0) صورت گرفته است.



۱. مقدمه

روند تکامل صنعت پولی و مالی از نسل نخست بانکداری، که بر الگوهای سنتی و تاریخی استوار بود، آغاز شد و به تدریج به مرحله بانکداری ۴.۰ رسید؛ مرحله‌ای که مبتنی بر فناوری‌های پیشرفته و نوآورانه در ابعاد گوناگون فعالیت‌های بانکی، از جمله

به‌کارگیری هوش مصنوعی، است. در این مرحله، بانک‌ها با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین می‌کوشند جایگاه رقابتی خود را

حفظ کرده، با تحولات محیطی همگام شوند و نسبت به رقبا پیش‌تاز باقی بمانند (آکپینار و آتاک^۱، ۲۰۲۵).

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 (آندریان و همکاران^۲، ۲۰۲۲). 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 (السید و کرکیل^۳، ۲۰۲۵).

برخی از فناوری‌های دیجیتال می‌توانند با ترکیب با محیط‌ها و مفهوم‌های 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 (فرناندز و همکاران^۴، ۲۰۲۵).

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 (فردوسی و آنتونیو^۵، ۲۰۲۵).

فناوری‌های دیجیتال با ارائه تحلیل دقیق اطلاعات، به مدیران بانک امکان می‌دهد تا بر اساس اطلاعات موثق‌تر تصمیمات بهتری بگیرند. الگوریتم‌های هوش مصنوعی به‌عنوان 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 (کووار و همکاران^۶، ۲۰۲۵). 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 به‌صورت سریع به تهدیدات پاسخ دهند (فیتریا^۷، ۲۰۲۵).

در مرور ادبیات ارائه‌شده اگرچه به چالش‌های مختلف پذیرش فناوری‌های دیجیتال در بانکداری ایران اشاره شده است، اما شکاف مهمی در مطالعات پیشین وجود دارد و آن نبود یک چارچوب تصمیم‌گیری نظام‌مند، دقیق و مبتنی بر قضاوت خبرگان برای شناسایی و اولویت‌بندی این چالش‌ها است. بیشتر پژوهش‌ها به‌صورت توصیفی یا مفهومی بوده و از روش‌های کمی پیشرفته که بتوانند عدم قطعیت، ابهام و قضاوت‌های زبانی خبرگان را مدل‌سازی کنند استفاده نکرده‌اند. در چنین شرایطی، استفاده از روش دلفی فازی برای دستیابی به اجماع میان خبرگان در محیطی سرشار از عدم قطعیت لازم است، زیرا این روش امکان تلفیق نظرات زبانی، رفع اختلاف دیدگاه‌ها و استخراج عوامل کلیدی توافق‌شده را فراهم می‌کند. پس از شناسایی و اجماع بر چالش‌ها، نیاز به مدل استنتاج عصبی فازی (ANFIS) برای تحلیل پویا و پیش‌بینی اثرگذاری معیارها احساس می‌شود؛ زیرا ANFIS قادر است روابط غیرخطی، پیچیده و مبهم بین متغیرهای اثرگذار را مدل کرده و یک سیستم تصمیم‌یار دقیق برای مدیران بانکی ارائه دهد. بنابراین، فقدان یک چارچوب ترکیبی دلفی فازی-استنتاج عصبی فازی برای تحلیل جامع چالش‌های پذیرش فناوری‌های دیجیتال، شکاف اصلی تحقیق به شمار می‌رود.

چالش‌های پذیرش فناوری‌های دیجیتال در نظام بانکداری ایران، موضوعی است که با وجود اهمیت روزافزون آن، تاکنون با رویکردی تلفیقی و هوشمند در ادبیات داخلی و حتی در بسیاری از مطالعات بین‌المللی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش، با ترکیب روش دلفی فازی و مدل استنتاجی تطبیقی عصبی-فازی (ANFIS)، تلاش شده است

1. Akpınar & Atak
2. Andrian et al.
3. Al-Sayid & Kirkil
4. Fernandez et al.
5. Firdausi & Antonio

6. Kaur et al.

7. Fitria

چهارم تغییرات گسترده‌ای در حوزه علوم انسانی دیجیتال ایجاد می‌کند؛ به‌گونه‌ای که نه تنها ساختار و ماهیت مشاغل را دگرگون می‌سازد، بلکه چالش‌های تازه‌ای در زمینه سازگاری اخلاقی، مسئولیت‌پذیری و هنجارهای اجتماعی به وجود می‌آورد (سایه و آنسا، ۲۰۲۵).

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.

۳. پیشینه پژوهش

تاکنون پژوهش‌های بسیاری در خصوص پذیرش فناوری دیجیتال صورت پذیرفته است که در ادامه به بیان مهم‌ترین پژوهش‌های صورت گرفته در دو بخش داخلی و خارجی پرداخته شده است.

احمدزاده و همکاران (۱۴۰۴)، در پژوهشی با عنوان نقش استراتژی واردکننده فناوری اطلاعات بر زنجیره ارتباط پذیرش فناوری اطلاعات هوشمند و یادگیری سازمانی، پرداختند. این مقاله با هدف ارائه مدلی برای تبیین نقش استراتژی واردکننده فناوری اطلاعات در زنجیره ارتباطی میان فناوری اطلاعات هوشمند و یادگیری سازمانی تدوین شده است. پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی است و از حیث شیوه گردآوری داده‌ها در زمره مطالعات پیمایشی قرار می‌گیرد. داده‌های مورد نیاز از طریق پرسشنامه جمع‌آوری شده است. بدین منظور، ۴۵۰ پرسشنامه در میان کارکنان شرکت ذوب آهن اصفهان توزیع شد که از این تعداد، ۴۲۰ پرسشنامه قابل استفاده بازگردانده شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزئی استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که استراتژی واردکننده فناوری اطلاعات به‌صورت مستقیم یادگیری سازمانی را تقویت می‌کند و زمینه سازگاری سازمان‌ها با تحولات محیطی و فناوری‌های نوظهور را فراهم می‌سازد. با این حال، نقش تعدیل‌گر سواد رسانه‌ای در این رابطه معنادار گزارش نشد؛ موضوعی که می‌تواند

ضمن دستیابی به اجماع دقیق و نظام‌مند از دیدگاه خبرگان، روابط پیچیده، غیرخطی و همراه با عدم قطعیت میان چالش‌ها و پیامدهای آن‌ها نیز مدل‌سازی و پیش‌بینی شود. این رویکرد امکان عبور از سطح توصیف صرف چالش‌ها را فراهم کرده و به ارائه یک چارچوب تصمیم‌سازی هوشمند، پویا و مبتنی بر یادگیری منجر می‌شود؛ چارچوبی که قابلیت کاربرد عملی برای مدیران بانک ملی ایران را در شرایط واقعی، متغیر و پرابهام محیط اقتصادی و نهادی کشور داراست. در نتیجه، نوآوری اصلی پژوهش در نگاه تلفیقی آن نهفته است؛ نگاهی که با پیوند روش‌های کیفی خبرگانی و مدل‌های پیش‌بینی‌گر هوشمند، شکاف‌های موجود در ادبیات را پوشش داده و فرصت‌های تازه‌ای برای توسعه دانش و بهبود فرآیند پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری فراهم می‌آورد.

در نتیجه سوال اصلی پژوهش حاضر این است که؛ مدل پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری با رویکرد صنعت ۴.۰ چیست؟

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. مروری بر مبانی نظری

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 (آندریان و همکاران، ۲۰۲۲).

انقلاب صنعتی چهارم بهره‌وری و کارایی را از طریق به‌کارگیری خودکارسازی، سامانه‌های خبره و هوش مصنوعی افزایش می‌دهد و زمینه تحول اساسی در فرایندهای تولید و خدمات را فراهم می‌کند. این انقلاب با استفاده از حسگرهای هوشمند، سامانه‌های فیزیکی- سایبری، اینترنت اشیا، اینترنت خدمات، کلان‌داده‌ها و تحلیل داده‌ها، واقعیت افزوده، روبات‌های مستقل و تولید افزایشی (چاپ سه‌بعدی)، فرایندها را هوشمند، یک‌پارچه و بهینه می‌سازد و از رایانش ابری برای دستیابی به اهداف بهینه‌سازی بهره می‌گیرد. با این حال، انقلاب صنعتی

ناشی از عواملی همچون سطح بالای سواد رسانه‌ای کارکنان یا تأثیر پررنگ‌تر متغیرهای سازمانی و فرهنگی باشد.

مهدی‌پور و ابراهیمی نسب (۱۴۰۳)، در پژوهشی با عنوان رابطه ساختاری بین سازه‌های مدل پذیرش فناوری دیویس و کیفیت آموزش مبتنی بر معلمان متوسطه شهر رفسنجان، پرداختند. این پژوهش با هدف بررسی روابط ساختاری میان سازه‌های مدل پذیرش فناوری دیویس و کیفیت تدریس معلمان دوره متوسطه شهر رفسنجان انجام شد. برای اجرای پژوهش، از میان ۲۰۰ معلم، تعداد ۱۷۰ نفر به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. به‌منظور سنجش سازه‌های مدل پذیرش فناوری، از پرسشنامه‌های گاردنر و آمورسو^۱ (۲۰۰۴)، کلویپنک و مک‌کنی^۲ (۲۰۰۴) و باس و همکاران^۳ (۲۰۱۶) استفاده شد و کیفیت تدریس نیز با پرسشنامه جاتیلنی و جاتیلنی^۴ (۲۰۱۸) اندازه‌گیری گردید. داده‌ها با بهره‌گیری از روش تحلیل مسیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر مستقیم مؤلفه‌های پذیرش فناوری بر کیفیت تدریس ادراک‌شده مبتنی بر فناوری مثبت و معنادار است. بررسی اثرات غیرمستقیم ساده نیز نشان داد که نیت رفتاری در رابطه میان نگرش نسبت به کاربرد فناوری و کیفیت ادراک‌شده، نقش واسطه‌ای مثبت و معناداری ایفا می‌کند؛ اما در رابطه میان سودمندی ادراک‌شده و کیفیت ادراک‌شده، نقش واسطه‌ای معناداری ندارد. افزون بر این، نگرش نسبت به کاربرد فناوری در ارتباط میان سودمندی ادراک‌شده و کیفیت ادراک‌شده، و نیز در رابطه میان سهولت ادراک‌شده و کیفیت ادراک‌شده، نقش واسطه‌ای مثبت و معناداری دارد. همچنین سودمندی ادراک‌شده در رابطه میان سهولت ادراک‌شده و کیفیت ادراک‌شده، نقش واسطه‌ای مثبت و معناداری ایفا می‌کند.

منعم‌زاده و همکاران (۱۴۰۳)، در پژوهشی با عنوان توسعه مدل پذیرش فناوری: بررسی تأثیر تجربه مصرف، اینرسی و فرهنگ مصرف‌کننده بر پذیرش بانکداری باز (مورد مطالعه: شعب منتخب بانک تجارت شهرستان کاشان)، پرداختند. جامعه آماری این پژوهش را تمامی استفاده‌کنندگان از خدمات بانکداری باز در شعب بانک تجارت در شهرستان کاشان تشکیل داده‌اند. حجم نمونه ۱۸۰ نفر تعیین شد، اما به‌منظور افزایش اطمینان از کفایت نمونه، ۲۵۱ پرسش‌نامه توزیع گردید. گردآوری داده‌ها از طریق پرسش‌نامه‌ای انجام شد که روایی و پایایی آن پیش‌تر تأیید شده بود و نمونه‌ها با استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. یافته‌های پژوهش نشان داد که متغیرهای مورد بررسی، شامل اینرسی مصرف‌کننده، اجتناب از عدم

اطمینان، ریسک ادراک‌شده و تجربه مصرف پیشین، تأثیر مثبت و معناداری بر تمایل افراد به پذیرش بانکداری باز دارند.

ملکی‌نیا و همکاران (۱۴۰۳)، در پژوهشی با عنوان نقش عوامل سازمانی در پیاده‌سازی سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان با رویکرد مدل پذیرش فناوری، پرداختند. پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر جمع‌آوری داده توصیفی، پیمایشی می‌باشد. در این پژوهش با بهره‌گیری از مدل پذیرش فناوری، ابتدا مدل مفهومی پژوهش با استفاده از مبانی نظری و سپس فرضیه‌ها ارائه و در مرحله بعدی، سنجش از طریق طراحی و تکمیل پرسشنامه انجام و پس از آن، تحلیل داده‌ها از طریق کمترین مربعات جزئی و نرم‌افزار Smart PLS صورت پذیرفت. جامعه آماری از کارکنان، اساتید و دانشجویان دانشگاه‌ها انتخاب گردیده است. بر اساس یافته‌های پژوهش به‌جز اشتراک‌گذاری دانش، تأثیر آموزش، حمایت مدیر ارشد و فرهنگ سازمانی در پیاده‌سازی سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان تأیید گردید.

جاودانی گندمانی (۱۴۰۲)، در پژوهشی با عنوان: ارزیابی پذیرش فناوری بازارگاه‌های بیمه الکترونیک مبتنی بر مدل UTAUT2، پرداخت. بدین منظور مدل پذیرش فناوری UTAUT2 به‌عنوان مدل پایه پذیرش فناوری بازارگاه‌های بیمه الکترونیک انتخاب گردید. سپس، معیارهای ویژه مرتبط با این بازارگاه‌ها در این مدل شناسایی گردید و مدل اولیه تدوین گردید. در مرحله بعد، ارزیابی این مدل بر اساس جمع‌آوری نظر مشتریان بیمه انجام گردید و در نهایت بر اساس تحلیل داده‌ها، مدل نهایی گردید. این مطالعه نشان می‌دهد که از میان هفت سازه اصلی در مدل UTAUT2، تنها چهار مورد آن شامل تأثیرات اجتماعی، عادت، ارزش قیمت و انتظار تلاش در پذیرش فناوری بازارگاه‌های بیمه الکترونیک موثر می‌باشند. خادم نیا و همکاران (۱۴۰۲)، با عنوان: رابطه‌ی بین سواد رسانه‌ای و باورهای معرفت‌شناختی با پذیرش فناوری معلمان شهر یزد، پرداختند. روش پژوهش توصیفی و از نوع همبستگی بود. جامعه‌ی آماری این پژوهش، شامل کلیه‌ی معلمان دوره‌ی اول و دوم ابتدایی شهر یزد در سال تحصیلی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ که جمعاً ۲۹۸۲ آموزگار بوده است؛ از مجموع این جامعه‌ی آماری با استفاده از فرمول کوکران تعداد ۳۵۳ نفر با روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. ابزارهای گردآوری پرسشنامه‌ی پذیرش فناوری دیویس^۵ (۱۹۸۶) با پایایی ۰/۷۶، سواد رسانه‌ای پاتر^۶ (۲۰۱۰) و پایایی ۰/۸۱ و باورهای معرفت‌شناختی شومر^۷ (۱۹۹۲) با پایایی ۰/۷۶ بودند. روایی هر سه ابزار توسط محققان تأیید شده بود. تحلیل داده‌های پژوهش با بهره‌گیری از

1. Gardner & Amourso
2. Colopink & Mackeni
3. Buss et al.
4. Jatilni & Jatilni

5. Davis
6. Pater
7. Shomer

تحلیل رگرسیون و مدل‌سازی معادلات ساختاری انجام شد. فرضیه‌های برگرفته از مدل مفهومی پژوهش تایید شدند. بدین معنی که هرچه ادراک حسابداران نسبت به سهولت استفاده و سودمندی فناوری‌های نوین افزایش یابد، به همان میزان نگرش آنان نسبت به استفاده از این نوع فناوری‌ها بهبود می‌یابد. به‌علاوه هرچه نگرش حسابداران نسبت به استفاده از فناوری‌های نوین تقویت گردد، به همان میزان قصد و اراده آنان نسبت به پذیرش و به‌کارگیری این نوع فناوری‌ها افزایش می‌یابد. هرچه قصد و اراده حسابداران نسبت به پذیرش فناوری‌های نوین افزایش یابد، به همان میزان احتمال به‌کارگیری این نوع فناوری‌ها از سوی آنان افزایش می‌یابد. براساس یافته‌های پژوهش حاضر مدل پذیرش فناوری از توانمندی لازم برای تبیین عوامل مؤثر بر پذیرش و به‌کارگیری فناوری‌های نوین از سوی حسابداران را برخوردار می‌باشد.

جدول (۱) به مقایسه پیشینه پژوهش‌ها با مطالعه حاضر از نظر به‌کارگیری تکنیک‌های مدل‌سازی و همچنین از نظر رویکرد متدولوژیک و فنی می‌پردازد و نوآوری و جنبه جدید بودن پژوهش حاضر را در این زمینه نشان می‌دهد.

روش‌های تحلیل همبستگی پیرسون، رگرسیون چندگانه انجام شدند. یافته‌ها نشان داد بین سواد رسانه‌ای و باورهای معرفت شناختی معلمان با پذیرش فناوری آن‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. در واقع هرچه قدر معلمان دوره‌ی ابتدایی از سواد رسانه‌ای و باورهای معرفت‌شناسی بالاتری بهره‌مند باشند، به همان میزان از پذیرش فناوری بالاتری برخوردار هستند. این پژوهش می‌تواند به‌طور مستقیم بر پذیرش دوره‌های آموزشی آنلاین آینده تأثیر بگذارد و طراحان دوره‌های مجازی قادرند به شکل مطلوبی از آن بهره‌مند شوند. نظری پور و زکی‌زاده (۱۴۰۲)، با عنوان: بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش و به‌کارگیری فناوری‌های اطلاعاتی از سوی حسابداران: مدل پذیرش فناوری، پرداختند. پژوهش مذکور تلاش دارد تا عوامل مؤثر بر پذیرش و به‌کارگیری فناوری‌های اطلاعاتی از سوی حسابداران را براساس مدل پذیرش فناوری مورد مطالعه و بررسی قرار دهد. روش پژوهش به لحاظ هدف کاربردی و به لحاظ روش گردآوری داده‌ها توصیفی-پیمایشی، از نوع همبستگی است. داده‌های پژوهش به کمک پرسش‌نامه جمع‌آوری شد. جامعه آماری پژوهش، حسابداران شاغل در واحدهای تولیدی، بازرگانی و خدماتی استان تهران بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده

جدول ۱. نوآوری پژوهش حاضر نسبت به دیگر محققین از نظر متدولوژی (منبع: یافته‌های پژوهش)

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

صنعت ۴	ANFIS	دلفی فازی	مد نظریه رفتار برنامه / دیویس	مدل تأثیرات جانبی تکنولوژی	مدل پذیرش انتظار - تأیید	کمی	کیفی	محقق (سال پژوهش)
-	-	-	-	✓	-	✓	-	آکپینار و آتاک (۲۰۲۵)
-	-	-	✓	-	-	✓	✓	السید و کارکیل (۲۰۲۵)
-	-	-	-	✓	-	✓	-	فرناده و همکاران (۲۰۲۵)
-	-	-	✓	-	-	✓	-	فیتیریا (۲۰۲۵)
-	-	-	-	-	-	✓	✓	ما و همکاران ^۱ (۲۰۲۵)
-	-	-	-	-	-	✓	-	ما و همکاران ^۲ (۲۰۲۵)
-	-	-	-	✓	-	✓	✓	شیخ و امین ^۳ (۲۰۲۵)
-	-	-	-	✓	-	✓	-	قاضی و حاسام ^۴ (۲۰۲۲)
-	-	-	✓	-	-	✓	-	آلمایا (۲۰۲۲)
-	-	-	✓	-	-	✓	-	مای‌النصیر و همکاران ^۵ (۲۰۲۳)
✓	✓	✓	-	-	-	✓	✓	پژوهش حاضر

1. Ma et al.

2. Ma et al.

3. Shaikh & Amin

4. Ghazi & Hussam

5. Mi Alnaser et al.

۴-۱. سیستم استنتاج تطبیقی فازی عصبی (ANFIS)

کلمه ANFIS مخفف عبارت "سیستم استنتاج تطبیقی فازی عصبی" است. با استفاده از یک مجموعه اطلاعات ورودی/خروجی، تابع جعبه ابزار منطق فازی ANFIS یک سیستم استنتاج فازی (FIS) می‌سازد که پارامترهای تابع عضویت آن به روش پیش‌انتشار^۱ به تنهایی و یا همراه با روش حداقل مربعات^۲ تعدیل می‌شوند. این کار به شما اجازه می‌دهد که از طریق اطلاعاتی که یک شیء را مدل می‌کنند به آموزش سیستم خود بپردازید. بدین معنی که سیستم یاد می‌گیرد که با ورودی‌های داده شده، خروجی‌هایی را که شما به آن آموزش داده‌اید تولید کند. این کار با تصحیح "پارامترهای تابع عضویت" بر اساس "معیار خطا"^۳ انتخاب شده صورت می‌گیرد (علی‌نژاد و آذرآ، ۲۰۲۰).

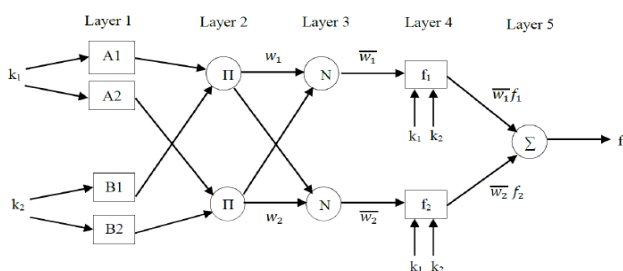
ANFIS رده‌ای از شبکه‌های تطبیقی است که از لحاظ وظیفه هم‌ارز سیستم‌های استنتاجی فازی هستند. برعکس یک شبکه عصبی مصنوعی، ANFIS دارای تعدادی لایه ثابت است (پنج لایه) و نرون‌های موجود در هر لایه وظیفه خاصی را انجام می‌دهند.

با فرض آن‌که سیستم فازی دارای دو ورودی X و Y و خروجی Z باشد، معادلات ساختاری یک ANFIS به شکل زیر خواهد بود:

$$\text{Rule1: if } x \text{ is } A1 \text{ and } y \text{ is } B1 \text{ then } f1 = p1x + q1y + r1$$

$$\text{Rule2: if } x \text{ is } A2 \text{ and } y \text{ is } B2 \text{ then } f2 = p2x + q2y + r2$$

به‌طور کلی هر ANFIS دارای ۵ لایه به شکل (۱) می‌باشد:



شکل ۱. لایه‌های پنج‌گانه ANFIS

Figure 1. Five-layer ANFIS

لایه ۱: در این لایه ورودی‌ها از توابع عضویت عبور می‌کنند.
لایه ۲: خروجی این لایه ضرب سیگنال‌های ورودی است که در واقع معادل قسمت اگر قوانین هستند.
لایه ۳: خروجی این لایه نرمالیزه شده لایه قبلی است:

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}$$

لایه ۴:

$$\bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i)$$

جنبه جدید بودن پژوهش هم از نظر روش‌شناسی پژوهش استفاده از یک رویکرد هیبریدی (ترکیبی) منطق فازی شامل دلفی فازی و مدل سیستم استنتاج عصبی فازی (ANFIS)، مدلی جامع و نظام‌مند برای پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری ارائه کرده است. ترکیب هم‌زمان این دو روش در قالب یک چارچوب منسجم، موجب افزایش اعتبار نتایج، انسجام در تحلیل روابط میان ابعاد، و ارتقای دقت در مدل شده است؛ امری که در مطالعات پیشین کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

۴. روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر از یک جهت به دلیل این‌که 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 تمام شماری است؛ به عبارت دیگر از تمامی اعضا خبرگان در فرآیند مصاحبه و پاسخ‌گویی به پرسش‌نامه‌ها استفاده شد. جدول (۲)، به بیان ویژگی‌های خبرگان پرداخته است.

جدول ۲. ویژگی کلی خبرگان جهت تکمیل پرسشنامه پژوهش

حاضر (منبع: یافته‌های پژوهش)

Table 2. General characteristics of experts to complete the questionnaire of the present study (Source: Research findings)

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

در ادامه در خصوص مفاهیم و منطق سیستم استنتاج تطبیقی فازی عصبی اشاره شده است.

1. Back Propagation
2. Least Squares
3. Alinejad & Azar

۵. سیستم‌های استنتاج فازی، کاربردهای موفقیت‌آمیزی در کنترل خودکار، طبقه‌بندی اطلاعات، تصمیم‌گیری تحلیلی و سیستم‌های خبره دارند (علی‌نژاد و آذر، ۲۰۲۰).

۵. یافته‌های پژوهش

الف) شناسایی مدل مفهومی پذیرش فناوری‌های دیجیتال مبتنی بر انقلاب چهارم صنعتی با تکنیک دلفی فازی

پس از مطالعه دقیق مبانی نظری و پیشینه پژوهش، تعداد ۷ بُعد و ۳۵ مؤلفه اولیه مرتبط با مدل‌های پذیرش فناوری مبتنی بر انقلاب صنعتی نسل چهارم شناسایی شدند. جدول (۳)، معیارها و زیرمعیارهای شناسایی شده پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری مبتنی بر انقلاب چهارم صنعتی را نشان می‌دهد.

پس از شناخت این ابعاد و مؤلفه‌های اولیه، پرسشنامه با طیف یک تا هفت فازی جهت نظرسنجی و انتخاب ابعاد و مؤلفه‌های منتخب بین خبرگان توزیع شد. طی دو دور پنل دلفی و نظرسنجی از خبرگان و معرفی ابعاد و مؤلفه‌های پذیرش فناوری در انقلاب چهارم صنعتی پرداخته شده است.

لایه ۵: خروجی این لایه خروجی کلی سیستم است. نمای الگوی ریاضی، گام‌ها و نیازمندی‌های شبکه‌های عصبی فازی انطباق‌پذیر بر مبنای مدل مفهومی طراحی گردیده است. برای پیاده‌سازی این مدل ریاضی از نرم‌افزار متلب بهره می‌گیریم. با استفاده از ورودی‌ها و خروجی مدل مفهومی و اطلاعات حاصل از پرسشنامه، مدل ریاضی ساخته می‌شود (علی‌نژاد و آذر، ۲۰۲۰).

۴-۱-۱. دلایل استفاده از ANFIS

دلایل استفاده از سیستم استنتاج تطبیقی فازی عصبی در مدل‌سازی متعدد است که در این‌جا به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود:

۱. توانایی تولید قواعد استنتاج فازی
۲. قابلیت بالای مدل در انطباق با شرایط مختلف سازمان‌های مختلف جهت پایش و بهبود مستمر با توجه به ابعاد و مؤلفه‌های مختلف مدل.
۳. توانایی پیش‌بینی میزان تأثیر متغیرها بر روی همدیگر جهت برآورد نتایج پیش‌بینی.
۴. ANFIS با محدودیت‌های کمتری نسبت به شبکه‌های عصبی مصنوعی، کاربردهای متنوعی در زمینه‌هایی چون مدل‌سازی، تصمیم‌گیری، پردازش و کنترل دارد.

جدول ۳. مؤلفه‌های مستخرج از پیشینه تحقیق (منبع: یافته‌های پژوهش)

Table 3. Components extracted from the research background (Source: Research findings)

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

۵-۱. دور اول پنل دلفی فازی

پرسشنامه‌ی دور اول در سه بخش تنظیم شده بود. در بخش اول اطلاعات جمعیت‌شناختی پاسخگویان ذکر شد. در بخش دوم فهرستی از مؤلفه‌هایی که از پژوهش‌های پیشین و همچنین نتایج حاصل از مصاحبه‌های صورت گرفته ارائه گردید. در این بخش، پاسخگو باید نظر خود را درباره این که هر یک از مؤلفه‌ها، تا چه حدی می‌توانند به‌عنوان مؤلفه‌های پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری به‌شمار روند یا به‌عبارت دیگر میزانی که این ابعاد و مؤلفه‌ها در تحقق انقلاب چهارم صنعتی در صنعت بانکداری تأثیرگذار هستند را با انتخاب یکی از گزینه‌های موجود در مقابل آن‌ها اعلام می‌کرد. این گزینه‌ها در قالب طیف لیکرت و شامل «تأثیر بسیار زیاد: ۵»، «تأثیر زیاد: ۴»، «تأثیر متوسط: ۳»، «تأثیر کم: ۲» و «تأثیر بسیار کم: ۱» بودند. بخش سوم پرسش‌نامه به مؤلفه‌هایی اختصاص داشت که در فهرست بخش دوم موجود نبودند، اما از نظر پاسخگو مهم و کلیدی به حساب می‌آمدند. در این بخش پاسخگویان ۳۵ مؤلفه را بیان کرده بودند که با ترکیب و حذف برخی از آن‌ها به دلیل یکسانی با بخش دوم پرسش‌نامه، تعداد ۲۸ مؤلفه باقی ماند.

۵-۲. دور دوم پنل دلفی فازی

پرسشنامه‌ی دور دوم در سه بخش تنظیم شده بود. در بخش اول اطلاعات جمعیت‌شناختی پاسخگویان ذکر شده بود. در بخش دوم مجموعه‌ی مؤلفه‌هایی ارائه شده بودند که اعضای پنل، در دور گذشته نظر خود را به‌عنوان مؤلفه‌های پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری اعلام کرده بودند. در مقابل هر مؤلفه نیز میانگین پاسخ‌های اعضای پنل در دور پیش درج شده بود. در این بخش پاسخگو باید مجدداً نظر خود را درباره‌ی این که مؤلفه‌های ارائه شده، تا چه حدی می‌توانند به‌عنوان مؤلفه‌های پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری به‌شمار روند و تأثیرگذار باشند را با انتخاب یکی از گزینه‌های موجود در مقابل آن‌ها اعلام می‌کرد. بخش سوم پرسش‌نامه به مؤلفه‌هایی اختصاص داشت که توسط اعضای پنل در دور اول اضافه شده بودند. بخش سوم پرسش‌نامه به مؤلفه‌هایی اختصاص داشت که در فهرست بخش دوم موجود نبودند، اما از نظر پاسخگو مهم و کلیدی به حساب می‌آمدند. جدول (۴)، تعداد اعضای پنل در دور اول و دوم را نشان می‌دهد.

جدول ۴. توزیع و گردآوری پرسش‌نامه‌ها (منبع: یافته‌های پژوهش)

Table 4. Distribution and collection of questionnaires (Source: Research findings)

دور	تعداد توزیع پرسش‌نامه	تعداد دریافت پرسش‌نامه	درصد دریافت	تعداد پیگیری
اول	35	35	100	4
دوم	35	35	100	6

کل اعضای پنل در دور اول ۳۵ نفر بودند.

۵-۳. تبدیل عبارات کیفی هریک از گزینه‌ها به اعداد فازی

در این مطالعه الگوریتم اجرای تکنیک دلفی فازی جهت غربال‌سازی ابعاد و مؤلفه‌های پژوهش، استفاده شده است. مراحل دلفی فازی به‌طور خلاصه عبارتند از: شناسایی طیف مناسب برای فازی‌سازی عبارات کلامی؛ تجمیع فازی مقادیر فازی شده؛ فازی‌زدایی مقادیر؛ انتخاب شدت آستانه و غربال مؤلفه‌ها (فیضی و همکاران، ۱۳۹۸). جدول (۴)، اعداد فازی مثلثی با طیف لیکرت پنج گزینه‌ای را نشان می‌دهد. اعداد فازی قطعی شده در جدول (۵)، با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شده‌اند. اگر $\tilde{N} = (l, m, u)$ باشد. \tilde{N} یک عدد فازی است.

$$Crisp(\tilde{N}) = \frac{2m + l + u}{4} \quad \text{رابطه (۱)}$$

جدول ۵. اعداد فازی مثلثی و معادل قطعی طیف‌های بیانی (فیضی و همکاران، ۱۳۹۸)

Table 5. Triangular fuzzy numbers and definite equivalents of expression spectra (Faizi et al., 2019)

اعداد قطعی	اعداد فازی مثلثی			طیف‌های بیانی
0.063	0	0	0.25	تأثیر بسیار کم
0.25	0	0.25	0.5	تأثیر کم
0.5	0.25	0.5	0.75	تأثیر متوسط
0.75	0.5	0.75	1	تأثیر زیاد
0.94	0.75	1	1	تأثیر بسیار زیاد

۶. نتایج تحلیل دلفی فازی

همچنین پس از توزیع پرسش‌نامه‌های دلفی فازی در دو مرحله، نتایج در جدول (۶) 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. نتایج حاصل از تحلیل دلفی فازی مؤلفه‌های پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری از میان ۳۵ مؤلفه موردبررسی، ۲۸ مؤلفه با تکنیک دلفی فازی و نظر خبرگان انتخاب گردیدند.

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.

مفهومی مناسب می‌باشد. یک مدل مفهومی مناسب، روابط تئوریکی میان متغیرهای مهم موردبررسی را نشان می‌دهد. جدول (۷)، به معرفی ابعاد و مؤلفه‌های پذیرش فناوری‌های دیجیتال مبتنی بر انقلاب چهارم صنعتی پرداخته است.

۱-۶. مدل بومی پذیرش فناوری‌های دیجیتال مبتنی بر انقلاب چهارم صنعتی در بانک ملی ایران
بررسی کامل یک پدیده مدیریتی، نیازمند داشتن یک الگوی

جدول ۶. اختلاف میانگین فازی زدایی شده مرحله اول و دوم دلفی فازی و اولویت‌ها (منبع: یافته‌های پژوهش)

Table 6. Difference in defuzzified mean of the first and second stages of Fuzzy Delphi and priorities (Source: Research findings)

ردیف	مؤلفه/گویه‌ها	میانگین قطعی مرحله اول	میانگین قطعی مرحله دوم	تفاوت میانگین قطعی مرحله اول و دوم	ردیف	مؤلفه/گویه‌ها	میانگین قطعی مرحله اول	میانگین قطعی مرحله دوم	تفاوت میانگین قطعی مرحله اول و دوم
1	هوش مصنوعی و یادگیری ماشین	0.912	0.915	0.003	19	تیم‌های میان رشته‌ای	0.861	0.871	0.01
2	زیرساخت ابری	0.698	0.699	0.001	20	ایجاد تعادل بین انسان و ماشین	0.676	0.742	0.066
3	تحلیل داده‌های بزرگ	0.732	0.566	0.166	21	حاکمیت داده	0.804	0.842	0.038
4	بلاکچین	0.544	0.549	0.005	22	حریم خصوصی و حفاظت از داده‌ها	0.770	0.771	0.001
5	اینترنت اشیاء بانکی	0.623	0.629	0.006	23	استانداردهای امنیت سایبری	0.698	0.692	0.006
6	شخصی‌سازی خدمات	0.469	0.471	0.002	24	همخوانی با مقررات مالی	0.613	0.648	0.035
7	طراحی رابط کاربری کاربرپسند	0.654	0.655	0.001	25	چارچوب‌های اخلاقی در استفاده از هوش مصنوعی	0.893	0.861	0.031
8	پشتیبانی ۲۴/۷ با هوش مصنوعی	0.695	0.700	0.005	26	مدل‌های اشتراکی و دیجیتال	0.481	0.406	0.075
9	وفاداری مشتری	0.682	0.426	0.256	27	مدل‌های پلتفرمی	0.560	0.382	0.178
10	تعامل چندکاناله	0.754	0.758	0.004	28	استراتژی‌های کسب درآمد مبتنی بر داده	0.754	0.770	0.016
11	زیرساخت‌های داده پایدار	0.459	0.461	0.002	29	همکاری با فین‌تک‌ها	0.333	0.335	0.002
12	پلتفرم‌های باز	0.547	0.403	0.144	30	نوآوری در زنجیره ارزش	0.331	0.339	0.008
13	سیستم‌های مقیاس پذیر	0.506	0.510	0.004	31	سرمایه‌گذاری در فناوری سبز	0.804	0.842	0.038
14	شبکه‌های ارتباطی پیشرفته	0.682	0.685	0.003	32	کاهش مصرف انرژی سیستم‌ها	0.670	0.675	0.005
15	پشتیبانی از نوآوری باز	0.707	0.712	0.005	33	شفافیت در عملیات مالی	0.808	0.812	0.004
16	آموزش و توسعه مهارت‌ها	0.394	0.398	0.004	34	پروژه‌های مسئولیت اجتماعی شرکتی	0.864	0.868	0.004
17	پذیرش فناوری	0.459	0.463	0.004	35	بانکداری فراگیر	0.629	0.431	0.198
18	فرهنگ دیجیتال	0.864	0.808	0.057					

جدول ۷. معرفی ابعاد و مؤلفه‌های پذیرش فناوری مبتنی بر انقلاب چهارم صنعتی در صنعت بانکداری ایران (منبع: یافته‌های پژوهش)
Table 7. Introducing the dimensions and components of technology adoption based on the Fourth Industrial Revolution in the Iranian banking industry (Source: Research findings)

ردیف	ابعاد	مؤلفه‌ها
1		هوش مصنوعی و یادگیری ماشین
2	فناوری‌های پیشرفته	زیرساخت ابری
3		بلاکچین
4		اینترنت اشیاء بانکی
5		شخصی‌سازی خدمات
6	تجربه مشتریان	طراحی رابط کاربری کاربرپسند
7		پشتیبانی ۲۴/۷ با هوش مصنوعی
8		تعامل چندکاناله
9		زیرساخت‌های داده پایدار
10	زیرساخت‌ها و نوآوری	سیستم‌های مقیاس‌پذیر
11		شبکه‌های ارتباطی پیشرفته
12		پشتیبانی از نوآوری باز
13		آموزش و توسعه مهارت‌ها
14	عوامل انسانی و فرهنگی	پذیرش فناوری
15		فرهنگ دیجیتال
16		ایجاد تعادل بین انسان و ماشین
17		حاکمیت داده
18	قوانین و مقررات	حریم خصوصی و حفاظت از داده‌ها
19		استانداردهای امنیت سایبری
20		هم‌خوانی با مقررات مالی
21		مدل‌های اشتراکی و دیجیتال
22	مدل‌های کسب و کار	استراتژی‌های کسب درآمد مبتنی بر داده
23		همکاری با فین‌تک‌ها
24		نوآوری در زنجیره ارزش
25		سرمایه‌گذاری در فناوری سبز
26	پایداری و مسئولیت اجتماعی	کاهش مصرف انرژی سیستم‌ها
27		شفافیت در عملیات مالی
28		پروژه‌های مسئولیت اجتماعی شرکتی

مبنای این یک sub-FIS یک FIS کلی طراحی گردید. از اطلاعات ۳۵ پاسخ‌دهنده، پاسخ‌های ۳۵ خبره (۱۰۰ درصد از کل پاسخ‌دهندگان) جهت آموزش مدل‌های sub-FIS و FIS و از اطلاعاتی تمامی خبرگان به دلیل محدودیت در خبرگان و نمونه‌گیری هدفمند از آن‌ها به‌عنوان داده‌های امتحانی، جهت بررسی یک sub-ANFIS و ANFIS کلی استفاده شد.

۶-۲. قواعد استنتاج فازی^۱ ابعاد مدل پژوهش

برای طراحی قواعد استنتاج فازی در نرم افزار "متلب"، دو روش وجود دارد: (۱) افزاز شبکه‌ای^۲، (۲) خوشه‌بندی کاهشی^۳.

در روش نخست که رویکرد رساله حاضر است، امکان تولید

ب) طراحی سیستم استنتاج عصبی فازی پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری

مدل ANFIS با استفاده از پاسخ‌های پرسشنامه خبرگان صنعت بانکداری طراحی و آزمایش شده است. سیستم‌های استنتاج فازی می‌توانند جنبه‌های کیفی دانش بشری را بدون استفاده از تحلیل‌های کمی دقیق و پیچیده مدل کنند. آنچه در این بخش به آن پرداخته می‌شود نمای طراحی الگوی ریاضی گام‌ها و نیازمندی‌های سیستم استنتاج تطبیقی فازی عصبی بر اساس ابعاد مدل پذیرش فناوری دیجیتال در بانک ملی ایران می‌باشد. برای پیش‌بینی مدل پژوهش، در ابتدا یک sub-FIS و یک FIS کلی طراحی شده است. سپس با آموزش آن‌ها، به یک sub-ANFIS و یک مدل ANFIS کلی ترسیم شده است.

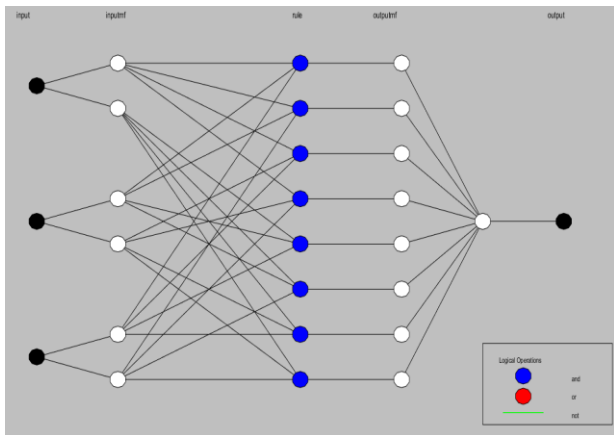
برای پیاده‌سازی این مدل ریاضی از نرم‌افزار متلب نسخه R2020a استفاده شد. همان‌طور که در بخش روش‌شناسی به‌طور مختصر اشاره شد، ابتدا برای هر بُعد از مدل یک sub-FIS و بر

1. Fuzzy Inference System (FIS)

2. Grid partition

3. Subtractive clustering (Sub. clustering)

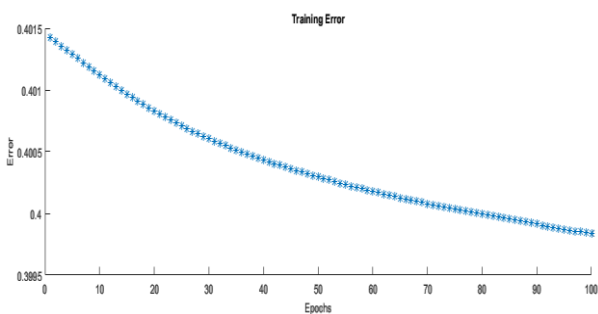
هر بُعد) اظهار نظر کنند. از این داده‌ها جهت آموزش و بررسی این مدل‌ها استفاده می‌شود. ساختار مدل sub-ANFIS این بُعد در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳. مدل sub-ANFIS
Figure 3. Sub-ANFIS model

با استفاده از داده‌های آموزشی، سیستم ANFIS به روش افزایش شبکه‌ای آموزش داده شد که قواعد استنتاجی به شرح پیوست ارائه شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود تعداد قواعد برابر است با $4^7 = 16384$ (چون ۴ مؤلفه داریم و ۷ بُعد در ورودی‌های مدل) به دست آمده منجر به نداشت مقادیر مختلف ۷ ورودی به یک خروجی زیرسیستم می‌گردد. ترکیب‌های مختلف وضعیت مؤلفه‌ها می‌تواند خروجی‌های مختلفی داشته باشد. در صورتی که در مدل‌سازی، در بخش تعیین تعداد توابع عضویت، برای هر مؤلفه به جای در نظر گرفتن دو حالت، سه تابع عضویت در نظر گرفته شده است، تعداد قواعد $4^7 = 16384$ می‌شود که بسیار پیچیده می‌گشت. شکل ۴ روند آموزش مدل را نشان می‌دهد.



شکل ۴. نمایش روند آموزش مدل جهت کاهش خطای بین خروجی مدل و داده‌های آموزشی

Figure 4. Showing the model training process to reduce the error between the model output and the training data

شکل ۴ روند آموزش مدل را نمایش می‌دهد. هدف از این کار کاهش خطای حاصل از میزان خروجی مدل با خروجی واقعی

سیستم استنتاج فازی از نوع سوگنوا^۱ با امکان انتخاب تعداد توابع عضویت^۲ و نوع آن را می‌دهد. به جهت کاهش پیچیدگی مدل، برای هر مؤلفه دو تابع عضویت در نظر گرفته شده است. نوع تابع عضویت را برای ورودی‌های مدل، گوسی انتخاب شده است. در این حالت تعداد قواعد^۳ مدل متناسب با تعداد مؤلفه‌ها و تعداد توابعی که مشخص می‌کنیم بستگی دارد. به طور مثال برای بُعد اول که چهار مؤلفه دارد، تعداد قواعد $4^3 = 8$ می‌باشد. در روش دوم که از خوشه‌بندی کاهشی استفاده پژوهش حاضر، در نهایت 7sub-FIS و در نهایت 7sub-ANFIS وجود دارد. در این بخش، به دلیل محدودیت در تعداد صفحات مقاله به یک بُعد از آن‌ها اشاره شده است.

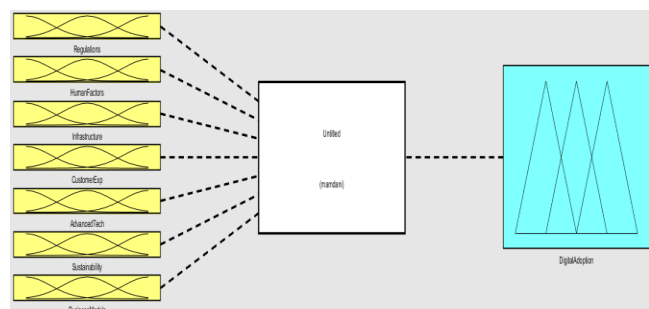
۳-۶. مدل تحقیق

در بخش دلفی فازی، هفت مؤلفه شناسایی شد. لذا ساختار مدل sub-FIS این بُعد به صورت شکل ۲ می‌باشد. جدول ۸ مفهوم پارامترهای به کار رفته در مدل را نشان می‌دهد.

جدول ۸. مفهوم پارامترهای به کار رفته در مدل

Table 8. Concept of parameters used in the model

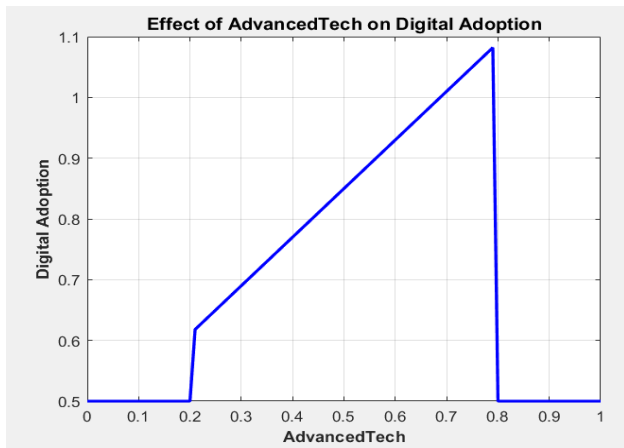
نوع متغیر	متغیر (ابعاد اصلی)	تعداد مؤلفه زیرمجموعه
ورودی‌ها	فناوری‌های پیشرفته	4
	تجربه مشتریان	4
	زیرساخت‌ها و نوآوری	4
	عوامل انسانی و فرهنگی	4
	قوانین و مقررات	4
	مدل‌های کسب و کار	4
	پایداری و مسئولیت اجتماعی	4
خروجی	پذیرش فناوری‌های دیجیتال در صنعت بانکداری	1



شکل ۲. sub-FIS
Figure 2. Sub-FIS

پرسشنامه خبرگان صنعت بانکداری با این دید طراحی شد که کاربران در خصوص ورودی‌های هر زیر مدل (یعنی مؤلفه) و همچنین در خصوص خروجی آن (یعنی نظر کلی در خصوص

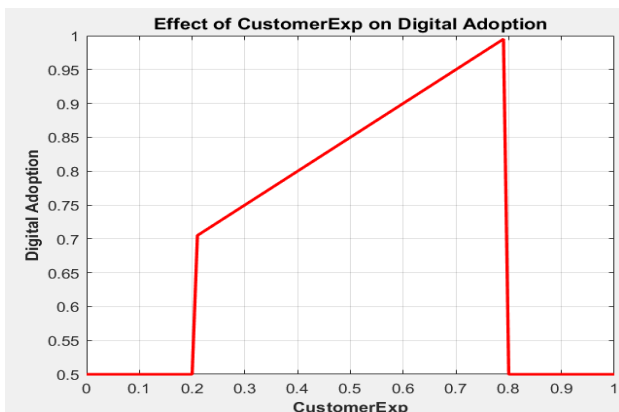
1. Sugeno-type FIS
2. MF: Membership Functions
3. Rules



شکل ۷. نمایش تأثیر تغییرات ورودی اول مدل بر خروجی مدل
Figure 7. Showing the effect of changes in the first input of the model on the model output.

به همین ترتیب، شکل فوق نشان می‌دهد مؤلفه اول تأثیر منفی بر خروجی دارد (از حدود ۰/۵۱ تا ۱/۱۸). به طوری که این مؤلفه با شیب کاهنده در بهبود خروجی مدل تأثیر نمی‌گذارد.

به همین ترتیب، شکل (۸) نشان می‌دهد مؤلفه دوم تأثیر مثبت بر خروجی دارد (از حدود ۰/۵۱ تا ۰/۹۹). به طوری که این مؤلفه با شیب فزاینده در بهبود خروجی مدل تأثیر می‌گذارد.

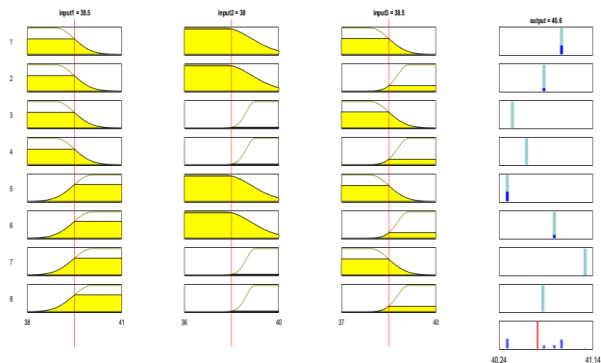


شکل ۸. نمایش تأثیر تغییرات ورودی دوم مدل بر خروجی مدل
Figure 8. Showing the effect of changes in the second input of the model on the model output

۵-۶. سناریونویسی عناصر مدل تحقیق

در این تحقیق، هفت عامل اصلی مؤثر بر پذیرش فناوری دیجیتال در بانکداری شناسایی شده‌اند: فناوری‌های پیشرفته، تجربه مشتری، زیرساخت‌ها و نوآوری، عوامل انسانی و فرهنگی، قوانین و مقررات، مدل‌های کسب و کار، پایداری و مسئولیت اجتماعی. برای تحلیل اثر ترکیبی این عوامل، شش سناریوی شاخص تعریف شد که ترکیبی از سطوح پایین، متوسط و بالا برای هر عامل را نمایش می‌دهد. هر سناریو به‌عنوان یک وضعیت فرضی از محیط و ظرفیت سازمانی مدل‌سازی شده و سپس با استفاده از مدل استنتاج عصبی-فازی، خروجی پذیرش فناوری دیجیتال برای هر سناریو محاسبه شد. این روش امکان

داده‌ها است. با افزایش تعداد مراحل آموزش، میزان خطا کاهش می‌آید. بعد از چند دوره آموزش، میزان خطا ثابت می‌ماند. برای این مدل میزان خطا ۰/۳۹ (طی ۲ دوره آموزش با طول ۱۰۰) است. شکل ۵ قواعد ابعاد مدل را نشان می‌دهد.



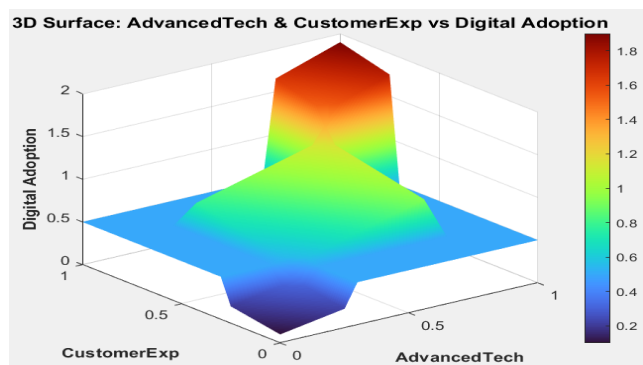
شکل ۵. نمایش قواعد ابعاد مدل

Figure 5. Display of model dimension rules

در شکل ۵ می‌توان با تغییر مقادیر ورودی‌ها در بازه حداقل (صفر) و حداکثر (۱۰۰)، به‌طور جداگانه، تأثیر هر کدام از ورودی‌ها را بر خروجی، به تفکیک هر کدام از ۸ قاعده استنتاجی، مشاهده کرد (به ازاء هر قاعده استنتاجی یک سطر وجود دارد).

۴-۶. تفسیر مدل استنتاج فازی بعد فناوری‌های پیشرفته

در شکل‌های (۶، ۷ و ۸) زیر میزان تأثیر هر کدام از عوامل بر خروجی (بعد اول) مشاهده می‌شود.

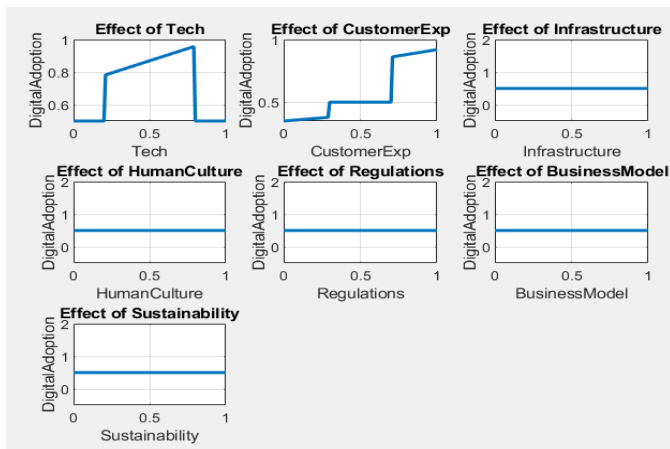


شکل ۶. نمایش سه بُعدی تأثیر مؤلفه‌های اول و دوم بر هم در مدل تحقیق

Figure 6. Three-dimensional representation of the effect of the first and second components on each other in the research model

در شکل (۶) تأثیر دو مؤلفه اول و دوم بر خروجی مدل قابل مشاهده است. در شکل‌های فوق تأثیر هر کدام از این مؤلفه‌ها را بطور جداگانه نشان داده شده است. ترکیب این دو مؤلفه میزان خروجی این مدل را از ۰/۶۲ تا ۱/۷۵ افزایش می‌دهد.

در سطح پایین هستند، پذیرش دیجیتال حداقل است. این نمودار به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا نقاط حساس و ترکیب‌های مؤثر ورودی‌ها را برای بهبود پذیرش فناوری شناسایی کنند.



نمودار ۲. تأثیر هر ورودی بر خروجی سناریو

Chart 2. The impact of each input on the scenario output

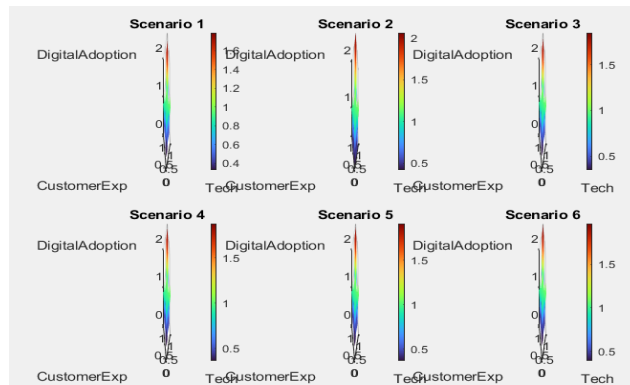
نمودار ۲ نشان می‌دهد که هر یک از هفت عامل مدل چگونه بر پذیرش دیجیتال در سناریو نویسی تأثیر می‌گذارند. با تغییر تدریجی مقدار هر ورودی و نگه داشتن سایر ورودی‌ها ثابت، می‌توان شیب پاسخ سیستم فازی را مشاهده کرد. نمودارها نشان می‌دهند کدام ورودی‌ها بیشترین تأثیر را دارند و کدام ورودی‌ها تأثیر نسبتاً کمتری بر خروجی دارند. این تحلیل به مدیران و طراحان استراتژی کمک می‌کند تا منابع و تمرکز خود را بر عوامل با بیشترین اثرگذاری در پذیرش فناوری متمرکز کنند.

جدول ۹. سناریوهای پیشنهادی مدل

Table 9. Suggested model scenarios

سناریو	Advanced Tech	Customer Exp	Infrastructure	Human Culture	Rules	Business Model	Sustainability	تفسیر خروجی
1	Low (0)	Low (0)	Low (0)	Low (0)	Low (0)	Low (0)	Low (0)	پذیرش فناوری بسیار پایین؛ سازمان و محیط آماده نیستند.
2	Medium (0.5)	Medium (0.5)	Medium (0.5)	Medium (0.5)	Medium (0.5)	Medium (0.5)	Medium (0.5)	پذیرش متوسط؛ ظرفیت‌ها و آمادگی سازمانی محدود است.
3	High (1)	High (1)	High (1)	High (1)	High (1)	High (1)	High (1)	پذیرش بسیار بالا؛ سازمان و محیط کاملاً آماده و پذیرای فناوری هستند.
4	Low (0)	High (1)	Medium (0.5)	Medium (0.5)	High (1)	Medium (0.5)	Medium (0.5)	پذیرش متوسط-بالا؛ تجربه مشتری بالا باعث افزایش پذیرش حتی اگر فناوری محدود باشد.
5	High (1)	Low (0)	Medium (0.5)	High (1)	Medium (0.5)	Low (0)	Medium (0.5)	پذیرش متوسط؛ فناوری و فرهنگ انسانی بالا اثر مثبت دارند اما تجربه مشتری پایین مانع پذیرش کامل است.
6	Medium (0.5)	High (1)	High (1)	Medium (0.5)	Medium (0.5)	High (1)	High (1)	پذیرش بالا؛ ترکیب تجربه مشتری، زیرساخت‌ها و مدل کسب و کار قوی باعث افزایش پذیرش حتی اگر فناوری متوسط باشد.

می‌دهد تا تصمیم‌نهایی مدل بر اساس ترکیب مختلف عوامل محیطی و سازمانی مشخص شود و اثر هر عامل و تعامل بین آن‌ها بر پذیرش فناوری تحلیل گردد. جدول ۹ سناریوهای پیشنهادی مدل پذیرش فناوری دیجیتال در بانک ملی ایران را نشان می‌دهد.



نمودار ۱. سطح سه‌بعدی پذیرش دیجیتال بر اساس سناریوهای مختلف

Chart 1. 3D level of digital adoption based on different scenarios

نمودار ۱ نشان می‌دهد که چگونه دو ورودی اصلی (فناوری‌های پیشرفته و تجربه مشتری) بر سطح پذیرش دیجیتال در شش سناریو تأثیر می‌گذارند. محورهای X و Y مقادیر ورودی‌ها و محور Z میزان خروجی (Digital Adoption) را نشان می‌دهد. با مشاهده این نمودار می‌توان فهمید که در سناریوهایی که هر دو ورودی در سطح بالا هستند، پذیرش دیجیتال بیشینه است، درحالی‌که در سناریوهایی که ورودی‌ها

۷. تحلیل سناریوها

دلفی فازی و نظر ۳۵ نفر از خبرگان حوزه بانکداری دیجیتال، مؤلفه‌ها و ابعاد کلیدی پذیرش فناوری شناسایی شد. سپس از مدل استنتاج عصبی فازی نوع Sugeno جهت تحلیل پویا و سناریومحور داده‌ها بهره گرفته شد.

نتایج حاصل از این تحلیل‌ها نشان داد که هفت عامل کلیدی شامل فناوری‌های پیشرفته، تجربه مشتری، زیرساخت‌ها و نوآوری، عوامل انسانی و فرهنگی، قوانین و مقررات، مدل‌های کسب‌وکار و پایداری و مسئولیت اجتماعی، نقش تعیین‌کننده‌ای در پذیرش فناوری دیجیتال دارند. برای بررسی پویایی این عوامل، شش سناریوی مختلف با ترکیب سطوح پایین (Low)، متوسط (Medium) و بالا (High) طراحی شد تا تأثیر تغییر همزمان این متغیرها بر میزان پذیرش فناوری ارزیابی گردد. یافته‌ها بیانگر آن است که سناریوهای با سطوح بالاتر از همه عوامل کلیدی، بیشترین میزان پذیرش فناوری را ایجاد می‌کنند؛ در حالی که ترکیب سطوح پایین یا نامتوازن، موجب کاهش قابل توجه تمایل به پذیرش می‌شود.

این نتایج ضمن تأیید نقش هم‌افزایی میان عوامل فناورانه و انسانی، نشان می‌دهد که بهبود هم‌زمان زیرساخت‌ها، ارتقای تجربه مشتری و توسعه نوآوری سازمانی می‌تواند مسیر پذیرش فناوری‌های دیجیتال را هموارتر سازد. همچنین، چارچوب ارائه‌شده بر پایه مدل عصبی-فازی قادر است اثرات متقابل و غیرخطی متغیرها را به صورت دقیق‌تری مدل‌سازی کرده و خروجی‌هایی با قابلیت پیش‌بینی بالا ارائه دهد. به این ترتیب، پژوهش حاضر نه تنها از منظر نظری به غنی‌سازی ادبیات پذیرش فناوری در صنعت بانکداری کمک می‌کند، بلکه از منظر کاربردی نیز ابزاری تصمیم‌یار برای مدیران و سیاست‌گذاران در جهت تدوین استراتژی‌های تحول دیجیتال فراهم می‌آورد.

یافته‌های این پژوهش بیانگر آن است که پذیرش فناوری دیجیتال پدیده‌ای چندبعدی و پویا است که تحت تأثیر تعامل هم‌زمان متغیرهای فناورانه، رفتاری، سازمانی و نهادی قرار دارد. به‌کارگیری رویکردهای فازی و هوشمند در تحلیل این فرآیند، امکان تفسیر دقیق‌تر داده‌های پیچیده و تصمیم‌گیری مؤثرتر را فراهم ساخته است. در ادامه، در این فصل به تفصیل به جمع‌بندی نتایج، تبیین دستاوردهای نظری و عملی، و ارائه پیشنهادها، اجرای و پژوهشی پرداخته خواهد شد تا مسیر توسعه آینده بانکداری دیجیتال در کشور روشن‌تر گردد. در ادامه پیشنهادها، کاربردی حاصل از نتایج پژوهش و پیشنهاد به محققان آتی ارائه شده است.

۱) یافته‌ها نشان دادند که فناوری‌های پیشرفته مانند هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و بلاکچین بیشترین تأثیر را بر پذیرش دیجیتال دارند. بانک‌ها باید با سرمایه‌گذاری در سامانه‌های هوش مصنوعی برای تحلیل رفتار مشتریان،

- ✓ سناریو ۱: همه عوامل پایین → پذیرش فناوری تقریباً صفر است. سازمان و محیط توانایی پذیرش فناوری را ندارند.
- ✓ سناریو ۲: همه عوامل متوسط → پذیرش متوسط؛ امکان پذیرش وجود دارد اما کامل نیست.
- ✓ سناریو ۳: همه عوامل بالا → پذیرش بسیار بالا؛ شرایط ایده‌آل برای استقرار فناوری دیجیتال است.
- ✓ سناریو ۴: تجربه مشتری بالا با فناوری پایین → پذیرش متوسط-بالا؛ تجربه مشتری می‌تواند عامل محرک قوی باشد.
- ✓ سناریو ۵: فناوری و فرهنگ انسانی بالا، اما تجربه مشتری پایین → پذیرش متوسط؛ عدم تعامل مشتری مانع پذیرش کامل می‌شود.
- ✓ سناریو ۶: زیرساخت‌ها و مدل کسب و کار بالا، فناوری متوسط → پذیرش بالا؛ ترکیب زیرساخت‌ها و تجربه مشتری بیشترین اثر مثبت را دارد.

۸. جمع‌بندی تحلیل

در این مطالعه، با استفاده از یک مدل عصبی-فازی Sugeno، تأثیر هفت عامل کلیدی شامل فناوری‌های پیشرفته، تجربه مشتری، زیرساخت‌ها و نوآوری، عوامل انسانی و فرهنگی، قوانین و مقررات، مدل‌های کسب‌وکار و پایداری و مسئولیت اجتماعی بر پذیرش فناوری دیجیتال مورد تحلیل قرار گرفت. شش سناریوی مختلف با ترکیب سطوح Low، Medium و High این عوامل تعریف شد تا نشان دهد چگونه تغییرات همزمان این ابعاد، خروجی سیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که سناریوهایی با سطوح بالای عوامل کلیدی، بیشترین میزان پذیرش فناوری را دارند، در حالی که سناریوهایی با سطوح پایین یا ترکیبی از سطوح متفاوت، میزان پذیرش کمتری نشان می‌دهند. این تحلیل، امکان اولویت‌بندی عوامل و طراحی سیاست‌های راهبردی برای ارتقاء پذیرش فناوری در سازمان‌ها را فراهم می‌کند و کاربرد مدل عصبی-فازی را در تصمیم‌گیری سناریومحور به‌طور روشن نمایش می‌دهد.

۹. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر با هدف طراحی مدل جامع پذیرش فناوری دیجیتال در صنعت بانکداری ایران با رویکرد صنعت چهارم و به‌کارگیری تکنیک‌های هوشمند، به‌ویژه مدل‌سازی استنتاج عصبی فازی (ANFIS)، انجام شد. در این راستا، از رویکردی آمیخته (کیفی-کمی) استفاده گردید تا هم از دیدگاه‌های خبرگان و هم از تحلیل‌های کمی مبتنی بر داده برای ساخت مدل بهره گرفته شود. در مرحله نخست، با بهره‌گیری از روش

پذیرش فناوری شناخته شد. پیشنهاد می‌شود بانک‌ها به سمت استفاده از فناوری‌های سبز مانند مراکز داده کم‌مصرف و فرایندهای غیرکاغذی حرکت کنند و با اجرای پروژه‌های مسئولیت اجتماعی دیجیتال، اعتماد عمومی را افزایش دهند.

۸) نتایج تحلیل سناریویی انفیس نشان داد که ترکیب سطوح بالا در تمام عوامل کلیدی High-High-High بیشترین پذیرش فناوری را ایجاد می‌کند. مدیران بانک‌ها باید سیاست‌های جامع تحول دیجیتال را به صورت هم‌افزا در حوزه‌های فناوری، منابع انسانی، قوانین و زیرساخت‌ها اجرا کنند؛ زیرا اجرای جزیره‌ای هر عامل، منجر به پذیرش ناقص و مقاومت سازمانی خواهد شد.

۱۰. پیشنهاد به محققان آتی

- ✓ توسعه مدل برای سایر صنایع مالی مانند بیمه، بورس و فین‌تک‌ها می‌تواند اعتبار و تعمیم‌پذیری نتایج را افزایش دهد.
- ✓ ترکیب مدل عصبی-فازی با سایر تکنیک‌های هوش مصنوعی نظیر الگوریتم‌های ژنتیک یا یادگیری عمیق می‌تواند قدرت پیش‌بینی را ارتقا دهد.
- ✓ پژوهش‌های آینده می‌توانند اثر متغیرهای فرهنگی و اجتماعی نظیر اعتماد دیجیتال و سواد فناوری را در مدل لحاظ کنند.
- ✓ بررسی تفاوت میان بانک‌های دولتی و خصوصی در سطح پذیرش فناوری دیجیتال می‌تواند یافته‌های جالبی ایجاد کند.
- ✓ پیشنهاد می‌شود پژوهشگران از روش‌های داده‌کاوی برای کشف الگوهای پنهان در رفتار مشتریان دیجیتال استفاده کنند.
- ✓ توسعه مدل در سطح بین‌المللی و مقایسه ایران با کشورهای پیشرو در بانکداری دیجیتال می‌تواند به درک شکاف فناوری کمک کند.
- ✓ افزودن متغیرهای جدید مانند پایداری مالی، تحول فرهنگی و انعطاف‌پذیری سازمانی به مدل می‌تواند جامعیت آن را افزایش دهد.
- ✓ پژوهش‌های آینده می‌توانند از مدل‌های پویای شبیه‌سازی سیستمی برای بررسی تعاملات متقابل عوامل دیجیتال استفاده کنند.
- ✓ طراحی داشبوردهای هوشمند مدیریتی مبتنی بر خروجی مدل انفیس برای تصمیم‌گیری بلادرنگ در بانک‌ها می‌تواند مسیر پژوهشی نوینی باشد.
- ✓ ارزیابی تأثیر سیاست‌های کلان (مانند مقررات بانک مرکزی یا تحریم‌ها) بر پذیرش فناوری‌های دیجیتال، زمینه‌ای مهم برای پژوهش‌های آینده است.

- اعتبارسنجی هوشمند و شناسایی تقلب، سطح پذیرش فناوری را ارتقا دهند. همچنین توسعه زیرساخت بلاکچین در تسویه بین‌بانکی می‌تواند اعتماد و شفافیت را افزایش دهد.
- ۲) یافته‌ها نشان دادند مؤلفه‌های تجربه مشتری (شخصی‌سازی خدمات، رابط کاربری مناسب و پشتیبانی ۲۴/۷) تأثیر مثبت قابل توجهی بر سطح پذیرش فناوری داشتند. مدیران بانکی باید طراحی تجربه کاربری را در مرکز استراتژی دیجیتال خود قرار دهند و از طریق هوش مصنوعی، خدمات مالی متناسب با نیاز هر مشتری را ارائه کنند. ایجاد چت‌بات‌های هوشمند برای پاسخگویی ۲۴ ساعته نیز می‌تواند پذیرش خدمات آنلاین را افزایش دهد.
- ۳) یافته‌ها نشان دادند زیرساخت‌های فناورانه و نوآوری باز از عوامل کلیدی در مدل فازی شناسایی شدند و سطوح پایین این عامل در سناریوهای انفیس موجب کاهش پذیرش شد. بانک‌ها باید محیط‌های نوآوری باز Open Innovation Labs ایجاد کنند تا همکاری با فین‌تک‌ها و استارت‌آپ‌ها تسهیل شود. همچنین سرمایه‌گذاری در شبکه‌های ارتباطی پرسرعت و زیرساخت داده‌ای پایدار باید به عنوان پیش‌نیاز تحول دیجیتال در نظر گرفته شود.
- ۴) یافته‌ها نشان دادند عوامل انسانی و فرهنگی شامل آموزش، فرهنگ دیجیتال و پذیرش فناوری از سوی کارکنان نقش تعیین‌کننده‌ای داشتند. اجرای برنامه‌های آموزشی هدفمند برای افزایش مهارت دیجیتال کارکنان ضروری است. پیشنهاد می‌شود بانک‌ها نظام پاداش و ارزیابی عملکرد را به گونه‌ای بازطراحی کنند که استفاده از فناوری‌های دیجیتال در فرایندهای کاری به عنوان شاخص عملکردی سنجیده شود.
- ۵) یافته‌ها نشان دادند یافته‌ها نشان دادند که قوانین و مقررات از جمله حاکمیت داده و حفاظت از حریم خصوصی، در پذیرش فناوری نقش تعدیل‌کننده مهمی دارند. نهادهای ناظر مانند بانک مرکزی باید با تدوین دستورالعمل‌های مشخص برای امنیت داده‌ها، استانداردهای سایبری و انطباق مقررات مالی، فضای اعتماد در میان بانک‌ها و مشتریان را تقویت کنند.
- ۶) یافته‌ها نشان دادند مدل‌های کسب‌وکار دیجیتال به‌ویژه مدل‌های اشتراکی و مبتنی بر داده تأثیر مثبتی بر سرعت پذیرش فناوری داشتند. بانک‌ها باید از مدل‌های سنتی فاصله گرفته و مدل‌های جدید مانند بانکداری به عنوان سرویس BaaS، کیف پول دیجیتال و خدمات اشتراکی مبتنی بر داده را توسعه دهند تا با تغییرات بازار همسو شوند.
- ۷) یافته‌ها نشان دادند پایداری و مسئولیت اجتماعی در مدل فازی و سناریوهای انفیس به عنوان یکی از عوامل اثرگذار بر

- entrepreneurs in the culinary tourism center of surabaya. *Journal of Entrepreneurship*, 14-30. <https://doi.org/10.56943/joe.v4i1.692>
- Fitria, T. N. (2025). Islamic banking digitalization: challenges and opportunities in the era of industrial revolution 4.0. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Islam*, 11(1).
- 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).
- Kaur, J., Srivastava, S., & 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>
- 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>
- Lingadjaya, 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.
- 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.
- Ma, Y., Al Mamun, A., Masukujjaman, 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>
- 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. (In persian)
- Mehdi Pour, Z., & ebrahiminasab, 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. (In persian) <https://doi.org/10.30473/t-edu.2024.71018.1137>
- Mehdiabadi, A. (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).
- 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.
- Monemzadeh, M., Sadeqi Arani, Z., & Mazroui Nasrabadi, E. (2024). Development of technology acceptance model: investigating the impact of
- ✓ انجام مطالعات طولی به‌منظور بررسی تغییرات سطح پذیرش فناوری در بازه‌های زمانی مختلف توصیه می‌شود.
- ✓ مقایسه مدل حاضر با مدل‌های UTAUT، TAM و DOI می‌تواند کارایی مدل فازی را در پیش‌بینی بهتر پذیرش نشان دهد.
- ✓ پیشنهاد می‌شود پژوهشگران از روش تحلیل شبکه‌ای فازی برای ارزیابی تعاملات درونی مؤلفه‌ها استفاده کنند.
- ✓ توسعه مدل به‌صورت سیستم توصیه‌گر دیجیتال برای کمک به مدیران در انتخاب فناوری‌های مناسب می‌تواند کاربرد عملی گسترده‌ای داشته باشد.

تضاد منافع

نویسندگان ضمن رعایت اخلاق نشر در ارجاع‌دهی، نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

منابع

- Ahmadzadeh, S., Talaei, H. R., & Doosti, M. (2025). The role of IT importer strategy on the chain of intelligent IT adoption connectivity and organizational learning. *Journal of Intelligent Strategic Management*, 4(1), 37-58. (In persian) <https://doi.org/10.87453/bumara.2025.372103.4803>
- Akpınar, 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>
- Alinejad, A. H., & Azar, A. (2020). Designing a model of Neural-Adaptive Fuzzy Inference System (ANFIS) to evaluate and predict organizational knowledge management level with innovation focus. *Modern Research in Decision Making*, 5(1), 171-189.
- 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>
- 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).
- Federica, P. (2023). How digital technologies reshape marketing: evidence from a qualitative investigation THE FUTURE, *Italian Journal of Marketing*, 2023, 27-58
- 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.
- 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

- Qatawneh, A. M., & Makhlouf, 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>
- 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.
- Rocha, C. M. M., Buelvas, D. A., Machado, I. V., & Peña, J. P. (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>
- 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>
- Sifaudin, W. (2024). Determinasi Niat Perilaku Konsumen Terhadap Penggunaan Teknologi Digital Perbankan Syariah; Penerapan Teori Technology Acceptance Model (Tam. FEB UIN JAKARTA).
- Syah, Al., & Anca, A. (2025). Digital Transformation in the Financial Industry: Opportunities and Challenges in the Era of the Fourth Industrial Revolution.
- consumer experience, inertia, and culture on the acceptance of open banking (Tejarat Bank as a Case Study). *Kashan Shenasi*, 17(1), 47-90. (In persian) <https://doi.org/10.22052/kashan.2023.252490.1071>
- 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.
- 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.
- 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.
- Nazaripour, M., & Zakizadeh, B. (2023). The factors affecting the adoption and implementation of information technology: the technology acceptance model. *Accounting and Auditing Studies*, 12(48), 63-82. <https://doi.org/10.22034/iaas.2023.190959>
- Newman, J., Mintrom, M., & O'Neill, D. (2022). Digital technologies, artificial intelligence, and bureaucratic transformation. *Futures*, 136, 102886.
- Pourfereidani, A. H., Feili, A., Nikmanesh, M., & Sorooshian, S. (n.d.). (2025). An analysis of success in supply chain management for construction projects: Fuzzy inference system application. *Journal of Soft Computing in Civil Engineering*, 2025.

