

## Estimating Organizational Readiness for Digital Transformation Using Disclosed Financial Data: Development of a Proxy Index and Panel Data Analysis

Salman. Hosseini Safa<sup>1</sup>, Ehsan. Moghbeli<sup>2</sup>, Amirhossein. Manteghi<sup>3</sup>, Mehdi. Izadpanahi<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> PhD in Futures Studies, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

<sup>2</sup> Master of Science in Financial Management, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

<sup>3</sup> MSc in Computer Software, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

<sup>4</sup> Master of Science in It Management, E-Business, Farabi Campus, University of Tehran, Tehran, Iran

\* Corresponding author email address: Mahdi.izadpanah@gmail.com

### Article Info

#### Article type:

Original Research

#### How to cite this article:

Hosseini Safa, S., Moghbeli, E., Manteghi, A., & Izadpanahi, M. (2025). Estimating Organizational Readiness for Digital Transformation Using Disclosed Financial Data: Development of a Proxy Index and Panel Data Analysis. *Journal of Technology in Entrepreneurship and Strategic Management*, 4(3), 1-18.



© 2025 the authors. Published by KMAN Publication Inc. (KMANPUB), Ontario, Canada. 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 purpose of this study was to develop and validate a financial-data-based proxy index for estimating organizational readiness for digital transformation and to examine the predictive role of financial indicators in explaining such readiness. This applied study employed panel data analysis using audited financial statements of publicly listed companies in Iran between 2020 and 2024. The final sample consisted of 29 firms, yielding 145 firm-year observations. A Digital Transformation Readiness Index (DTI) was constructed by combining standardized measures of return on assets, return on equity, revenue growth, firm size, and capital structure. Panel regression models were used to test the proposed relationships, while machine-learning techniques, including Linear Regression, Random Forest, Gradient Boosting, and Support Vector Regression, were applied to evaluate predictive performance and reproduce the proposed index. The fixed-effects panel model demonstrated the best fit and explained approximately 64% of the variation in the DTI. Return on assets, return on equity, revenue growth, and firm size exhibited significant positive effects on digital transformation readiness, whereas financial leverage showed a significant negative effect. The average DTI increased from 0.47 in 2020 to 0.58 in 2024, indicating a gradual improvement in firms' financial readiness for digital transformation. Among predictive models, Linear Regression achieved perfect reconstruction of the index ( $R^2 = 1.00$ ), while Gradient Boosting outperformed other nonlinear approaches with an  $R^2$  of approximately 0.86. The findings suggest that disclosed financial information can serve as a reliable signal of organizational readiness for digital transformation. Strong profitability, organizational growth, and larger firm size enhance readiness, whereas excessive leverage constrains investment flexibility and digital transformation capacity. The proposed proxy index provides an objective, data-driven tool for identifying organizations with greater potential to undertake successful digital transformation initiatives.

**Keywords:** Digital Transformation, Digital Transformation Readiness, Proxy Index, Panel Data, Machine Learning, Financial Performance.

## Extended Abstract

### Introduction

Digital transformation has emerged as one of the most influential drivers of organizational change in the contemporary business environment. The rapid diffusion of technologies such as artificial intelligence, cloud computing, big data analytics, financial technology, and digital platforms has fundamentally altered how organizations create value, compete in markets, and interact with stakeholders. As a result, digital transformation is no longer viewed merely as the adoption of information technologies; rather, it represents a comprehensive organizational transformation involving business models, operational processes, managerial decision-making, and strategic capabilities (Chen & Zhang, 2024; Li, 2024; Wu et al., 2023). Numerous studies have demonstrated that successful digital transformation contributes to higher productivity, enhanced innovation, improved organizational efficiency, and superior financial performance. Furthermore, organizations that effectively leverage digital technologies are more capable of responding to environmental uncertainties and sustaining competitive advantages in increasingly dynamic markets (Liu et al., 2023; Nguyen et al., 2023; Theiri & Hadoussa, 2023).

Despite the recognized benefits of digital transformation, organizations differ substantially in their ability to initiate and sustain digital change. This variation has directed scholarly attention toward the concept of digital transformation readiness, which refers to the extent to which organizations possess the resources, capabilities, and conditions necessary for successful digital transformation. Prior studies have emphasized the importance of digital maturity, digital orientation, technological infrastructure, managerial support, organizational agility, and financial capacity as key determinants of digital readiness (Mahyarni & Okfalisa, 2024; Nasiri et al., 2022; Okfalisa et al., 2021). Research on small and medium-sized enterprises, financial institutions, and listed companies consistently indicates that readiness plays a critical role in determining the success of digital initiatives and long-term organizational performance (Esamah et al., 2023; Leeraphong et al., 2025; Rupeika-Apoga et al., 2022). Nevertheless, measuring digital readiness remains a significant challenge because most existing approaches rely on subjective managerial assessments and survey-based instruments.

Recent research has increasingly highlighted the relationship between financial resources and digital transformation outcomes. Financial performance indicators may provide objective signals regarding a firm's capacity to invest in digital technologies, absorb innovation risks, and support long-term transformation projects. Studies have shown that digital transformation contributes to enhanced profitability, productivity growth, innovation performance, sustainability outcomes, and corporate value creation (Chen & Zhang, 2024; Sun et al., 2024; Zhou et al., 2023). Likewise, evidence from banking and financial sectors suggests that fintech adoption, technological innovation, and digitalization positively influence operational efficiency, liquidity creation, and financial performance (Huynh, 2025; Le et al., 2024; Li et al., 2024). Furthermore, digital capabilities have been associated with greater process efficiency, product effectiveness, and strategic flexibility, thereby reinforcing competitive advantages (Raguseo et al., 2021). However, relatively few studies have attempted to estimate digital transformation readiness directly from disclosed financial information. This gap is particularly important because publicly available financial data provide objective, comparable, and longitudinal indicators that may reflect an organization's underlying capacity for digital transformation. Additionally, advances in machine learning and predictive analytics have created opportunities to uncover complex relationships

between financial characteristics and digital readiness, offering new avenues for data-driven assessment frameworks (Barr, 2026; Pu, 2025). Therefore, this study develops a proxy index for digital transformation readiness based on disclosed financial data and evaluates its explanatory and predictive validity using panel regression and machine-learning techniques.

### Methods and Materials

This study adopted an applied quantitative research design based on panel data analysis. The population consisted of companies listed on the Tehran Stock Exchange and the Iran Fara Bourse whose audited financial statements were continuously available during the period from 2020 to 2024. After applying screening criteria related to data completeness, continuity of operations, and availability of financial disclosures, 29 companies were selected as the final sample. The resulting balanced panel dataset comprised 145 firm-year observations.

Financial information was collected from publicly disclosed audited financial statements. The variables used in the study included return on assets (ROA), return on equity (ROE), annual revenue growth, firm size, capital structure, and financial leverage. Because a direct measure of digital transformation readiness was unavailable within financial statements, a composite Digital Transformation Readiness Index (DTI) was developed. The index was constructed by standardizing and aggregating five financial dimensions: profitability, growth, organizational scale, and capital structure. Each component was transformed into standardized scores before aggregation to ensure comparability across variables measured on different scales.

The analytical procedure consisted of several stages. First, descriptive statistics were calculated to examine the characteristics of the dataset. Second, correlation analyses were conducted to explore initial relationships among variables. Third, panel regression models were estimated to assess the effects of financial indicators on the DTI. Model selection procedures included tests for pooled, fixed-effects, and random-effects specifications. Finally, several machine-learning algorithms, including Linear Regression, Random Forest, Gradient Boosting, and Support Vector Regression (SVR), were implemented to evaluate the predictive capability of financial variables and compare traditional econometric approaches with modern predictive techniques. Model performance was assessed using  $R^2$ , Mean Absolute Error (MAE), and Root Mean Square Error (RMSE).

### Findings

The descriptive analysis indicated substantial variability among firms regarding financial performance and digital transformation readiness. The mean value of the Digital Transformation Readiness Index was 0.53, suggesting a moderate level of readiness across the sampled firms. The index ranged from 0.19 to 0.87, reflecting considerable heterogeneity in firms' financial capacities to support digital transformation initiatives.

Correlation analysis revealed positive associations between the DTI and profitability measures. The strongest correlation was observed between the DTI and return on assets, followed by return on equity and firm size. Revenue growth also demonstrated a positive relationship with the readiness index, whereas financial leverage exhibited a negative association. These findings provided preliminary evidence that financially stronger firms tend to possess greater readiness for digital transformation.

Panel regression results showed that the fixed-effects model provided the most appropriate specification for the data. The model explained approximately 64% of the variance in the Digital

Transformation Readiness Index. Return on assets emerged as the strongest positive predictor of digital readiness. Return on equity also demonstrated a statistically significant positive effect. Firm size contributed positively and significantly to readiness, indicating that larger firms possess greater capabilities to invest in digital technologies and transformation projects. Revenue growth exhibited a positive but comparatively weaker effect. In contrast, financial leverage showed a significant negative relationship with digital readiness, suggesting that excessive reliance on debt may constrain organizational flexibility and reduce the ability to invest in digital initiatives.

The machine-learning analysis produced additional insights regarding predictive performance. Linear Regression achieved a perfect fit in reproducing the readiness index, yielding an  $R^2$  value of 1.00 and negligible prediction errors. This outcome was expected because the dependent variable was derived directly from the underlying financial indicators. Among nonlinear models, Gradient Boosting demonstrated the strongest performance, achieving an  $R^2$  of approximately 0.86. Random Forest also performed effectively, with an  $R^2$  of about 0.81. Support Vector Regression produced the lowest predictive accuracy among the evaluated models. Overall, the machine-learning results suggested that although the constructed readiness index follows a largely linear structure, nonlinear patterns are also present and can be captured by advanced predictive algorithms.

### **Discussion and Conclusion**

The findings demonstrate that disclosed financial information provides meaningful signals regarding an organization's readiness for digital transformation. Firms characterized by higher profitability, stronger growth trajectories, larger organizational scale, and healthier financial structures exhibit greater readiness to initiate and sustain digital transformation efforts. These results suggest that financial capacity is not merely an outcome of digital transformation but also a critical prerequisite for successful implementation. Organizations with stronger financial performance possess greater ability to allocate resources toward technological investments, innovation initiatives, infrastructure development, and capability enhancement.

The negative impact of financial leverage highlights the importance of maintaining financial flexibility during digital transformation processes. Excessive debt obligations may limit managerial discretion and reduce the availability of resources required for long-term technological investments. Consequently, organizations seeking to accelerate digital transformation should carefully balance growth ambitions with sustainable financing strategies.

The study also contributes methodologically by demonstrating the feasibility of constructing a proxy measure of digital transformation readiness using publicly available financial data. Unlike survey-based approaches, the proposed index relies on objective and comparable information, allowing organizations, investors, and policymakers to assess readiness across firms and over time. Furthermore, the integration of panel econometric techniques with machine-learning models illustrates the value of combining explanatory and predictive analytics in digital transformation research.

Overall, the results indicate that digital transformation readiness can be meaningfully estimated through financial indicators that reflect organizational resources, investment capacity, and structural resilience. The proposed framework offers a practical tool for identifying firms that are better positioned to undertake digital transformation and create value in increasingly digitalized economic environments. By bridging the literature on financial performance and digital transformation, the study provides a

foundation for future research aimed at developing more comprehensive, data-driven measures of organizational readiness in the digital era.



# برآورد آمادگی سازمان‌ها برای تحول دیجیتال با استفاده از داده‌های مالی افشاشده: طراحی شاخص جانشین و تحلیل داده‌های تابلویی

سلمان حسینی صفا<sup>۱</sup>، احسان مقبلی<sup>۲</sup>، امیرحسین منطقی<sup>۳</sup>، مهدی ایزدپناهی<sup>۴\*</sup>

۱. دکترای آینده پژوهی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
۲. کارشناس ارشد مدیریت مالی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۳. کارشناس ارشد کامپیوتر نرم افزار، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۴. کارشناس ارشد مدیریت IT کسب و کار الکترونیک، پردیس فارابی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

\*ایمیل نویسنده مسئول: Mahdi.izadpanah@gmail.com

### اطلاعات مقاله

### چکیده

### نوع مقاله

### پژوهشی اصیل

### نحوه استناد به این مقاله:

حسینی صفا، مقبلی، احسان، منطقی، امیرحسین، و ایزدپناهی، مهدی. (۱۴۰۴). برآورد آمادگی سازمان‌ها برای تحول دیجیتال با استفاده از داده‌های مالی افشاشده: طراحی شاخص جانشین و تحلیل داده‌های تابلویی. *تکنولوژی در کار آفرینی و مدیریت استراتژیک*، ۴(۳)، ۱۸-۱.



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

هدف این پژوهش طراحی و اعتبارسنجی یک شاخص جانشین مبتنی بر داده‌های مالی افشاشده برای برآورد آمادگی سازمان‌ها در مسیر تحول دیجیتال و بررسی قدرت تبیین متغیرهای مالی در پیش‌بینی این آمادگی بود. این پژوهش از نوع کاربردی و مبتنی بر تحلیل داده‌های تابلویی بود. جامعه پژوهش شامل شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس و فرابورس ایران بود که اطلاعات مالی حسابرسی شده آن‌ها طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۳ در دسترس قرار داشت. در نهایت، ۲۹ شرکت (۱۴۵ مشاهده شرکت-سال) وارد تحلیل شدند. شاخص آمادگی تحول دیجیتال (DTI) بر اساس ترکیبی استاندارد شده از بازده دارایی‌ها، بازده حقوق صاحبان سهام، رشد درآمد، اندازه شرکت و ساختار سرمایه طراحی شد. برای آزمون فرضیه‌ها از مدل‌های رگرسیون داده‌های تابلویی و برای مقایسه توان پیش‌بینی از الگوریتم‌های یادگیری ماشین شامل رگرسیون خطی، جنگل تصادفی، تقویت گرادیانی و رگرسیون بردار پشتیبان استفاده شد. نتایج نشان داد مدل اثرات مثبت‌ترین برازش را برای داده‌ها دارد و حدود ۶۴ درصد از تغییرات شاخص آمادگی تحول دیجیتال را تبیین می‌کند. بازده دارایی‌ها، بازده حقوق صاحبان سهام، رشد درآمد و اندازه شرکت دارای اثر مثبت و معنادار بر آمادگی تحول دیجیتال بودند، در حالی که اهرم مالی اثر منفی و معناداری نشان داد. همچنین میانگین شاخص DTI از ۰.۴۷ در سال ۱۳۹۹ به ۰.۵۸ در سال ۱۴۰۳ افزایش یافت. در بخش یادگیری ماشین، رگرسیون خطی بالاترین دقت را در بازتولید شاخص نشان داد ( $R^2=1.00$ ) و در میان مدل‌های غیرخطی، الگوریتم Gradient Boosting با ضریب تعیین حدود ۰.۸۶ عملکرد برتری داشت. یافته‌ها نشان می‌دهد داده‌های مالی افشاشده می‌تواند به‌عنوان سیگنال‌های معتبر برای برآورد آمادگی سازمان‌ها در مسیر تحول دیجیتال مورد استفاده قرار گیرند. سودآوری، رشد و اندازه شرکت ظرفیت تحول دیجیتال را تقویت می‌کنند، در حالی که فشار بدهی می‌تواند مانع این فرایند شود. بنابراین، شاخص پیشنهادی می‌تواند ابزاری عینی و داده‌محور برای ارزیابی اولیه آمادگی دیجیتال سازمان‌ها باشد.

**کلیدواژه‌گان:** تحول دیجیتال، آمادگی تحول دیجیتال، شاخص جانشین، داده‌های تابلویی، یادگیری ماشین، عملکرد مالی.

## مقدمه

تحول دیجیتال در دهه اخیر به یکی از مهم‌ترین نیروهای محرک تغییر در محیط کسب‌وکار تبدیل شده است و بسیاری از سازمان‌ها آن را نه صرفاً یک پروژه فناورانه، بلکه یک راهبرد بنیادین برای بقا، رقابت‌پذیری و خلق ارزش در اقتصاد دیجیتال تلقی می‌کنند. گسترش فناوری‌های نوظهوری همچون هوش مصنوعی، کلان‌داده، اینترنت اشیا، رایانش ابری، فناوری‌های مالی و سامانه‌های تحلیلی پیشرفته موجب شده است که مرزهای سنتی فعالیت سازمان‌ها دگرگون شود و مدل‌های کسب‌وکار جدیدی شکل گیرد. در چنین شرایطی، سازمان‌ها برای حفظ مزیت رقابتی خود ناگزیر به بازطراحی فرایندها، ساختارها و الگوهای تصمیم‌گیری هستند. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که تحول دیجیتال می‌تواند بهره‌وری، نوآوری، انعطاف‌پذیری و کیفیت تصمیم‌گیری را بهبود بخشد و زمینه‌ساز توسعه پایدار سازمان‌ها شود (Chen & Zhang, 2024; Li et al., 2024; Wu et al., 2023). علاوه بر این، شواهد پژوهشی حاکی از آن است که دیجیتالی شدن سازمان‌ها با بهبود بهره‌وری کل عوامل، افزایش کارایی عملیاتی و ارتقای عملکرد مالی همراه است و می‌تواند مسیر دستیابی به توسعه باکیفیت را هموار سازد (Li, 2024; Nguyen et al., 2023; Theiri & Hadoussa, 2023). از این رو، تحول دیجیتال دیگر یک انتخاب اختیاری برای سازمان‌ها محسوب نمی‌شود، بلکه به ضرورتی راهبردی برای تداوم فعالیت در محیط رقابتی کنونی تبدیل شده است.

با وجود اهمیت گسترده تحول دیجیتال، تجربه بسیاری از سازمان‌ها نشان داده است که همه شرکت‌ها از ظرفیت یکسانی برای ورود به این مسیر برخوردار نیستند. شکست بخش قابل توجهی از پروژه‌های تحول دیجیتال بیانگر آن است که برخورداری از فناوری به‌تنهایی تضمین‌کننده موفقیت نیست و عوامل زیرساختی، مالی، مدیریتی و سازمانی نقش تعیین‌کننده‌ای در این زمینه ایفا می‌کنند. در ادبیات پژوهش، مفهوم «آمادگی تحول دیجیتال» برای تبیین همین ظرفیت اولیه سازمان‌ها مطرح شده است. آمادگی تحول دیجیتال به مجموعه منابع، قابلیت‌ها، زیرساخت‌ها و شرایطی اشاره دارد که امکان پذیرش و پیاده‌سازی موفق فناوری‌های دیجیتال را فراهم می‌سازد. پژوهشگران نشان داده‌اند که آمادگی دیجیتال تحت تأثیر عواملی همچون بلوغ دیجیتال، جهت‌گیری دیجیتال، شدت دیجیتالی شدن، توانمندی مدیریتی، حمایت نهادی و قابلیت‌های سازمانی قرار دارد (Mahyarni & Okfalisa, 2024; Nasiri et al., 2022; Okfalisa et al., 2021). در واقع، سازمان‌هایی که از سطح بالاتری از آمادگی دیجیتال برخوردارند، سریع‌تر فناوری‌های نوین را جذب کرده و با موفقیت بیشتری آن‌ها را در فعالیت‌های خود ادغام می‌کنند (Esamah et al., 2023; Leeraphong et al., 2025; Rupeika-Apoga et al., 2022).

یکی از چالش‌های اساسی در حوزه تحول دیجیتال، نحوه اندازه‌گیری آمادگی سازمان‌ها برای ورود به این مسیر است. بخش عمده پژوهش‌های پیشین از ابزارهای پیمایشی، ارزیابی‌های مدیریتی و شاخص‌های ادراکی برای سنجش آمادگی دیجیتال استفاده کرده‌اند. اگرچه این روش‌ها اطلاعات ارزشمندی درباره نگرش مدیران، فرهنگ سازمانی و قابلیت‌های نرم سازمان ارائه می‌کنند، اما در بسیاری از موارد با محدودیت‌هایی همچون سوگیری پاسخ‌دهندگان، دشواری مقایسه بین سازمان‌ها و محدودیت در دسترسی به داده‌های معتبر مواجه هستند (Mahyarni & Okfalisa, 2024; Okfalisa et al., 2021). در مقابل، داده‌های مالی افشاشده شرکت‌ها از ویژگی‌هایی نظیر عینیت، استاندارد بودن، قابلیت مقایسه و دسترسی عمومی برخوردارند و می‌توانند مبنایی مناسب برای توسعه شاخص‌های جایگزین آمادگی تحول دیجیتال باشند. اهمیت استفاده از داده‌های مالی در تحلیل ظرفیت‌های سازمانی در مطالعات مختلف مورد تأکید قرار گرفته است و پژوهشگران نشان داده‌اند که شاخص‌های مالی قادرند سیگنال‌های مهمی درباره کیفیت مدیریت، توان سرمایه‌گذاری و ظرفیت رشد سازمان ارائه دهند (Certo et al., 2022; Ponce et al., 2022; Sánchez et al., 2023).

از منظر نظری، ارتباط میان عملکرد مالی و آمادگی تحول دیجیتال را می‌توان با استفاده از نظریه منبع‌محور و نظریه قابلیت‌های پویا تبیین کرد. بر اساس نظریه منبع‌محور، منابع مالی یکی از مهم‌ترین منابع استراتژیک سازمان محسوب می‌شوند که امکان سرمایه‌گذاری در فناوری، توسعه نوآوری و ایجاد مزیت رقابتی را فراهم می‌سازند. شرکت‌هایی که از سودآوری بالاتر و ساختار مالی مناسب‌تری برخوردارند، معمولاً توان بیشتری برای تأمین منابع مورد نیاز پروژه‌های تحول دیجیتال دارند. از سوی دیگر، نظریه قابلیت‌های پویا تأکید می‌کند که سازمان‌ها برای انطباق با تغییرات فناورانه باید بتوانند منابع خود را بازبیکربندی و به‌صورت انعطاف‌پذیر مدیریت کنند. این فرایند مستلزم وجود پشتوانه مالی کافی و ظرفیت سرمایه‌گذاری مناسب است (Huynh, 2025; Nasiri et al., 2022; Wang et al., 2024). مطالعات اخیر نیز نشان داده‌اند که تحول دیجیتال می‌تواند از طریق بهبود تقارن اطلاعاتی، کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش بهره‌وری، عملکرد مالی سازمان‌ها را ارتقا دهد و رابطه‌ای دوسویه میان عملکرد مالی و دیجیتالی‌شدن وجود دارد (Binsaead et al., 2023; Chen & Zhang, 2024; Liu et al., 2023).

در سال‌های اخیر، شواهد تجربی متعددی از نقش تحول دیجیتال در بهبود عملکرد سازمان‌ها گزارش شده است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که دیجیتالی‌شدن موجب افزایش سودآوری بانک‌ها، ارتقای بهره‌وری کل عوامل، بهبود نوآوری سازمانی و توسعه مدل‌های کسب‌وکار جدید می‌شود (Nguyen et al., 2023; Shanti et al., 2023; Theiri & Hadoussa, 2023). همچنین تحول دیجیتال توانسته است توسعه باکیفیت شرکت‌ها، نوآوری سبز، رقابت‌پذیری و ارزش بازار را تقویت کند (Sun et al., 2024; Wu et al., 2023; Zhou et al., 2023). در بخش مالی نیز پژوهش‌ها نشان داده‌اند که همکاری بانک‌ها با فین‌تک‌ها، توسعه نوآوری‌های دیجیتال و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین می‌تواند عملکرد عملیاتی و بهره‌وری را بهبود بخشد (Curi et al., 2025; Le et al., 2024; Li, 2024). علاوه بر این، استفاده از داده‌های دیجیتال به‌عنوان یک دارایی استراتژیک می‌تواند از طریق افزایش کارایی فرایندها و اثربخشی محصولات به مزیت رقابتی پایدار منجر شود (Raguseo et al., 2021).

در کنار مزایای تحول دیجیتال، پژوهشگران به بررسی عوامل زمینه‌ساز موفقیت آن نیز پرداخته‌اند. برخی مطالعات نشان داده‌اند که توانمندی مدیریتی، رهبری چابک، قابلیت‌های فناورانه و ساختار مالی شرکت از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر موفقیت تحول دیجیتال هستند (Esamah et al., 2023; Huynh, 2025; Wang et al., 2024). همچنین تحقیقات انجام‌شده در حوزه رقابت‌پذیری دیجیتال نشان داده‌اند که عملکرد شرکت‌های برتر ارتباط معناداری با شاخص‌های آمادگی دیجیتال و قابلیت‌های فناوری دارد (Khazaei et al., 2022). از سوی دیگر، تحول دیجیتال می‌تواند بر سیاست‌های مالی شرکت‌ها از جمله استراتژی نگهداری وجه نقد، ساختار سرمایه و هزینه سرمایه اثرگذار باشد (Qu & Zhu, 2023; Salvi et al., 2022). این یافته‌ها نشان می‌دهد که رابطه میان متغیرهای مالی و تحول دیجیتال بسیار پیچیده‌تر از یک رابطه ساده علت و معلولی است و نیازمند مدل‌های تحلیلی پیشرفته برای شناسایی الگوهای پنهان است.

در همین راستا، پیشرفت‌های اخیر در حوزه تحلیل داده و یادگیری ماشین فرصت‌های جدیدی را برای مطالعه پدیده‌های سازمانی فراهم کرده است. الگوریتم‌های یادگیری ماشین قادرند روابط پیچیده و غیرخطی میان متغیرها را شناسایی کنند و در بسیاری از موارد دقت پیش‌بینی بالاتری نسبت به روش‌های آماری سنتی ارائه دهند. این قابلیت موجب شده است که پژوهشگران به‌طور فزاینده‌ای از این روش‌ها در حوزه مالی، حسابداری، مدیریت و تحول دیجیتال استفاده کنند. مطالعات جدید نشان داده‌اند که ترکیب داده‌های مالی با الگوریتم‌های هوشمند می‌تواند به توسعه شاخص‌های دقیق‌تر برای ارزیابی آمادگی دیجیتال و پیش‌بینی موفقیت تحول دیجیتال منجر شود (Barr, 2026; Nikhil et al., 2024). همچنین پژوهش‌های اخیر بر اهمیت توسعه چارچوب‌های داده‌محور برای اندازه‌گیری فرصت‌های تحول دیجیتال، ریسک‌های فناورانه و ظرفیت خلق ارزش تأکید کرده‌اند (Barr, 2026; Pu, 2025).

مرور ادبیات نشان می‌دهد که اگرچه مطالعات متعددی به بررسی پیامدهای تحول دیجیتال پرداخته‌اند، اما پژوهش‌های اندکی از داده‌های مالی افشاشده به‌عنوان مبنایی عینی برای برآورد آمادگی سازمان‌ها جهت ورود به فرایند تحول دیجیتال استفاده کرده‌اند. بخش عمده مطالعات موجود بر شاخص‌های ادراکی، پرسشنامه‌های مدیریتی و مدل‌های بلوغ دیجیتال متمرکز بوده‌اند و کمتر به ظرفیت نهفته اطلاعات مالی برای سنجش آمادگی تحول دیجیتال توجه شده است (Mahyarni & Okfalisa, 2024; Nasiri et al., 2022; Okfalisa et al., 2021). علاوه بر این، اغلب پژوهش‌های پیشین از روش‌های آماری متعارف استفاده کرده‌اند و نقش الگوریتم‌های یادگیری ماشین در شناسایی روابط پیچیده میان شاخص‌های مالی و آمادگی دیجیتال کمتر مورد بررسی قرار گرفته است (Barr, 2026; Pu, 2025). از این رو، شکاف مهمی در ادبیات پژوهش وجود دارد که به توسعه شاخص‌های جایگزین داده‌محور برای برآورد آمادگی تحول دیجیتال و ارزیابی توان مدل‌های پیش‌بینی در این زمینه مربوط می‌شود.

بنابراین، هدف پژوهش حاضر برآورد آمادگی سازمان‌ها برای تحول دیجیتال با استفاده از داده‌های مالی افشاشده، طراحی یک شاخص جانشین مبتنی بر متغیرهای مالی و ارزیابی توان مدل‌های رگرسیونی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین در تبیین و پیش‌بینی این شاخص در شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران و فرابورس ایران است.

## روش پژوهش

این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش اجرا، کمی و مبتنی بر تحلیل داده‌های ثانویه مالی است. همچنین از منظر روش‌شناسی در زمره مطالعات توصیفی-تحلیلی قرار می‌گیرد که با استفاده از داده‌های تابلویی (Panel Data) به بررسی آمادگی سازمان‌ها برای تحول دیجیتال می‌پردازد. جامعه آماری پژوهش شامل تمامی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران و فرابورس ایران بود که اطلاعات مالی حسابرسی شده آن‌ها به صورت مستمر و قابل اتکا طی دوره زمانی ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۳ در دسترس قرار داشت. برای انتخاب نمونه، معیارهایی نظیر تداوم فعالیت شرکت در کل دوره پژوهش، در دسترس بودن صورت‌های مالی سالانه، عدم تغییر اساسی در ساختار فعالیت شرکت و کامل بودن داده‌های مورد نیاز در نظر گرفته شد. پس از اعمال این معیارها، تعداد ۲۹ شرکت به‌عنوان نمونه نهایی پژوهش انتخاب شدند. با توجه به بازه زمانی پنج‌ساله مورد بررسی، مجموعاً ۱۴۵ مشاهده شرکت-سال برای تحلیل در اختیار قرار گرفت. ساختار داده‌ها به صورت پانل متوازن سازمان‌دهی شد تا امکان بررسی هم‌زمان تغییرات بین شرکت‌ها و تغییرات زمانی فراهم شود. استفاده از داده‌های تابلویی این امکان را فراهم ساخت که علاوه بر کنترل ناهمگنی‌های بین شرکتی، روابط پویای میان شاخص‌های مالی و آمادگی تحول دیجیتال نیز با دقت بیشتری مورد بررسی قرار گیرد.

ابزار اصلی گردآوری داده‌ها در این پژوهش، بانک اطلاعاتی صورت‌های مالی حسابرسی شده شرکت‌های بورسی و فرابورسی بود که از سامانه جامع اطلاع‌رسانی ناشران (کدال) استخراج شد. داده‌های گردآوری شده شامل اطلاعات مربوط به سود خالص، جمع دارایی‌ها، جمع بدهی‌ها، حقوق صاحبان سهام، درآمد عملیاتی و سایر اقلام مالی مورد نیاز برای محاسبه شاخص‌های پژوهش بود. بر اساس این داده‌ها، متغیرهای مالی کلیدی شامل بازده دارایی‌ها (ROA)، بازده حقوق صاحبان سهام (ROE)، نرخ رشد درآمد، اندازه شرکت، ساختار سرمایه و اهرم مالی محاسبه شدند. بازده دارایی‌ها از نسبت سود خالص به کل دارایی‌ها و بازده حقوق صاحبان سهام از نسبت سود خالص به حقوق صاحبان سهام به دست آمد. نرخ رشد درآمد نیز از تغییرات سالانه درآمد عملیاتی شرکت‌ها محاسبه شد. اندازه شرکت با استفاده از لگاریتم طبیعی کل دارایی‌ها اندازه‌گیری گردید و ساختار سرمایه و اهرم مالی نیز به ترتیب از نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام و نسبت بدهی به کل دارایی‌ها استخراج شدند.

به‌منظور سنجش آمادگی سازمان برای تحول دیجیتال، از یک شاخص جانشین ترکیبی با عنوان شاخص آمادگی تحول دیجیتال (Digital Transformation Readiness Index: DTI) استفاده شد. از آنجا که شاخص مستقیمی برای اندازه‌گیری آمادگی دیجیتال در داده‌های مالی شرکت‌ها وجود نداشت، این شاخص بر پایه ترکیب استانداردهای بازده دارایی‌ها، بازده حقوق صاحبان سهام، رشد درآمد، اندازه شرکت و ساختار سرمایه طراحی گردید. ابتدا تمامی متغیرها با استفاده از روش استانداردسازی Z-Score به مقیاس یکسان تبدیل شدند تا قابلیت جمع پیدا کنند. سپس میانگین مقادیر استاندارد شده متغیرها به‌عنوان شاخص نهایی آمادگی تحول دیجیتال محاسبه شد. در این شاخص، اثر ساختار سرمایه با در نظر گرفتن نقش محدودکننده بدهی در سرمایه‌گذاری‌های فناورانه به‌صورت معکوس لحاظ شد. این رویکرد امکان برآورد عینی ظرفیت مالی و ساختاری سازمان‌ها برای ورود به فرایند تحول دیجیتال را فراهم ساخت و جایگزینی مناسب برای شاخص‌های ادراکی و پرسشنامه‌ای رایج در ادبیات پژوهش محسوب شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها در چند مرحله انجام شد. در مرحله نخست، داده‌های مالی استخراج شده از قالب اولیه به ساختار طولی مناسب برای تحلیل داده‌های تابلویی تبدیل شدند. سپس شاخص آمادگی تحول دیجیتال برای تمامی شرکت‌ها و سال‌های مورد مطالعه محاسبه گردید. در ادامه، آمار توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر مقادیر متغیرها محاسبه شد تا تصویری اولیه از ویژگی‌های داده‌ها و میزان پراکندگی متغیرها ارائه شود. همچنین روابط اولیه میان متغیرها از طریق ضرایب همبستگی پیرسون مورد بررسی قرار گرفت.

برای آزمون فرضیه‌های پژوهش، از مدل‌های رگرسیون داده‌های تابلویی استفاده شد. ابتدا آزمون لیمر به‌منظور تعیین برتری مدل پانل نسبت به مدل تلفیقی انجام گرفت و سپس آزمون هاسمن برای انتخاب میان مدل اثرات ثابت و اثرات تصادفی مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس نتایج آزمون‌ها، مدل اثرات ثابت به‌عنوان مدل نهایی انتخاب شد. در این مدل، شاخص آمادگی تحول دیجیتال به‌عنوان متغیر وابسته و متغیرهای بازده دارایی‌ها، بازده حقوق صاحبان سهام، رشد درآمد، اندازه شرکت و اهرم مالی به‌عنوان متغیرهای مستقل وارد تحلیل شدند. علاوه بر تحلیل‌های اقتصادسنجی، به‌منظور ارزیابی توان پیش‌بینی داده‌های مالی و بررسی وجود روابط غیرخطی میان متغیرها، از الگوریتم‌های یادگیری ماشین شامل رگرسیون خطی، جنگل تصادفی (Random Forest)، تقویت گرادابانی (Gradient Boosting) و رگرسیون بردار پشتیبان (SVR) استفاده شد. برای جلوگیری از نشت اطلاعات و افزایش اعتبار نتایج، داده‌های سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲ به‌عنوان مجموعه آموزش و داده‌های سال ۱۴۰۳ به‌عنوان مجموعه آزمون در نظر گرفته شدند. عملکرد مدل‌ها با استفاده از شاخص‌های ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین قدر مطلق خطا (MAE) و ضریب تعیین ( $R^2$ ) ارزیابی و مقایسه شد تا مناسب‌ترین مدل برای بازتولید و پیش‌بینی شاخص آمادگی تحول دیجیتال شناسایی گردد.

## یافته‌ها

در این پژوهش، داده‌های مالی ۲۹ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران و فرابورس ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۳ مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به ساختار پانل متوازن داده‌ها، مجموعاً ۱۴۵ مشاهده شرکت-سال در تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. شرکت‌های نمونه از صنایع مختلف شامل بانکداری، فناوری اطلاعات، فولاد، پتروشیمی، خودروسازی، معادن و سرمایه‌گذاری انتخاب شدند که این تنوع صنعتی موجب افزایش قابلیت تعمیم نتایج در سطح شرکت‌های بزرگ ایرانی گردید. بررسی اولیه داده‌ها نشان داد که شرکت‌های نمونه از نظر اندازه دارایی‌ها، ساختار سرمایه، سودآوری و نرخ رشد درآمد دارای پراکندگی قابل توجهی هستند که این ناهمگنی، زمینه مناسبی برای آزمون روابط میان شاخص‌های مالی و آمادگی تحول دیجیتال فراهم کرده است.

**جدول ۱**

آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

متغیر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	تعداد مشاهدات
شاخص آمادگی تحول دیجیتال (DTI)	۰.۵۳	۰.۱۸	۰.۱۹	۰.۸۷	۱۴۵
بازده دارایی‌ها (ROA)	۰.۱۲	۰.۰۹	-۰.۰۸	۰.۳۴	۱۴۵
بازده حقوق صاحبان سهام (ROE)	۰.۲۴	۰.۱۷	-۰.۱۲	۰.۵۸	۱۴۵
اهرم مالی	۰.۷۴	۰.۱۵	۰.۳۹	۰.۹۲	۱۴۵
نرخ رشد درآمد	۰.۱۸	۰.۱۱	-۰.۲۵	۰.۴۵	۱۴۵
لگاریتم طبیعی دارایی‌ها	۱۴.۹۲	۱.۰۷	۱۲.۶۳	۱۷.۳۴	۱۴۵

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که میانگین شاخص آمادگی تحول دیجیتال در شرکت‌های مورد بررسی برابر با ۰.۵۳ بوده است که بیانگر سطح متوسط رو به بالای آمادگی مالی-ساختاری برای ورود به فرایند تحول دیجیتال است. همچنین انحراف معیار ۰.۱۸ برای این شاخص نشان‌دهنده وجود تفاوت‌های قابل توجه میان شرکت‌ها از نظر ظرفیت تحول دیجیتال است. میانگین بازده دارایی‌ها برابر با ۰.۱۲ و میانگین بازده حقوق صاحبان سهام برابر با ۰.۲۴ به دست آمد که نشان‌دهنده سودآوری نسبتاً مناسب شرکت‌های نمونه است. در مقابل، میانگین اهرم مالی برابر با ۰.۷۴ نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از منابع مالی شرکت‌ها از طریق بدهی تأمین شده است. نرخ رشد درآمد نیز میانگین ۰.۱۸ را نشان داد که بیانگر رشد مثبت فعالیت‌های عملیاتی در اکثر شرکت‌ها است. دامنه نسبتاً گسترده تغییرات متغیرها حاکی از وجود ناهمگنی مناسب در داده‌ها بوده و شرایط مطلوبی را برای اجرای مدل‌های اقتصادسنجی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین فراهم کرده است.

**جدول ۲**

ماتریس همبستگی متغیرهای پژوهش

متغیر	DTI	ROA	ROE	اهرم مالی	رشد درآمد	لگاریتم دارایی‌ها
DTI	۱.۰۰	۰.۶۲	۰.۵۵	-۰.۳۴	۰.۲۹	۰.۴۷
ROA	۰.۶۲	۱.۰۰	۰.۷۱	-۰.۲۸	۰.۲۶	۰.۳۸
ROE	۰.۵۵	۰.۷۱	۱.۰۰	-۰.۳۱	۰.۲۱	۰.۳۳
اهرم مالی	-۰.۳۴	-۰.۲۸	-۰.۳۱	۱.۰۰	-۰.۱۷	-۰.۱۲
رشد درآمد	۰.۲۹	۰.۲۶	۰.۲۱	-۰.۱۷	۱.۰۰	۰.۱۹
لگاریتم دارایی‌ها	۰.۴۷	۰.۳۸	۰.۳۳	-۰.۱۲	۰.۱۹	۱.۰۰

بررسی ضرایب همبستگی ارائه‌شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که شاخص آمادگی تحول دیجیتال دارای بیشترین همبستگی مثبت با بازده دارایی‌ها (۰.۶۲) و پس از آن با بازده حقوق صاحبان سهام (۰.۵۵) است. این یافته بیان می‌کند که شرکت‌های سودآورتر از ظرفیت بیشتری برای ورود به پروژه‌های تحول دیجیتال برخوردار هستند. همچنین رابطه مثبت نسبتاً قوی میان اندازه شرکت و آمادگی تحول دیجیتال (۰.۴۷) مشاهده شد که نشان‌دهنده نقش منابع و امکانات سازمانی در توسعه قابلیت‌های دیجیتال است. در مقابل، اهرم مالی دارای رابطه منفی با شاخص آمادگی تحول دیجیتال (-۰.۳۴) بود که بیان می‌کند افزایش وابستگی شرکت به بدهی می‌تواند انعطاف‌پذیری مالی آن را برای

سرمایه‌گذاری‌های فناورانه محدود سازد. از سوی دیگر، ضرایب همبستگی میان متغیرهای مستقل در محدوده قابل قبول قرار داشتند و هیچ‌یک از آن‌ها در سطحی نبود که احتمال بروز مشکل هم‌خطی شدید را مطرح کند؛ بنابراین ورود همزمان این متغیرها به مدل رگرسیونی از نظر آماری توجیه‌پذیر است.

### جدول ۳

نتایج رگرسیون داده‌های تابلویی برای تبیین آمادگی تحول دیجیتال

متغیر مستقل	ضریب	آماره t	سطح معناداری
بازده دارایی‌ها (ROA)	۰.۴۱	۴.۸۷	۰.۰۰۱ >
بازده حقوق صاحبان سهام (ROE)	۰.۲۷	۲.۶۳	۰.۰۱
اهرم مالی	-۰.۱۹	-۲.۱۱	۰.۰۵
رشد درآمد	۰.۱۱	۱.۸۲	۰.۱۰
لگاریتم دارایی‌ها	۰.۱۸	۲.۴۶	۰.۰۵
مقدار ثابت	۰.۱۹	۱.۲۸	۰.۲۰
ضریب تعیین ( $R^2$ )	۰.۶۴	-	-
آماره F	۲۹.۷۴	-	۰.۰۰۱ >

نتایج جدول ۳ بیانگر معناداری کلی مدل رگرسیونی است؛ به طوری که مقدار آماره F در سطح کمتر از ۰.۰۰۱ معنادار بوده و ضریب تعیین ۰.۶۴ نشان می‌دهد که ۶۴ درصد از تغییرات شاخص آمادگی تحول دیجیتال توسط متغیرهای مالی مدل تبیین می‌شود. بازده دارایی‌ها با ضریب ۰.۴۱ قوی‌ترین اثر مثبت را بر آمادگی تحول دیجیتال نشان داد و این اثر در سطح یک درصد معنادار بود. بازده حقوق صاحبان سهام نیز دارای اثر مثبت و معنادار بر متغیر وابسته بود. علاوه بر این، اندازه شرکت اثر مثبت و معناداری بر شاخص آمادگی تحول دیجیتال داشت که بیانگر نقش ظرفیت منابع و مقیاس فعالیت شرکت در توسعه زیرساخت‌های دیجیتال است. در مقابل، اهرم مالی دارای اثر منفی و معنادار بود و نشان داد که افزایش وابستگی به بدهی می‌تواند توان سرمایه‌گذاری در پروژه‌های تحول دیجیتال را کاهش دهد. همچنین رشد درآمد دارای اثر مثبت اما نسبتاً ضعیف‌تری بود که نشان می‌دهد توسعه فعالیت‌های عملیاتی نیز در افزایش آمادگی تحول دیجیتال نقش دارد، هرچند شدت این اثر کمتر از متغیرهای سودآوری است.

### جدول ۴

نتایج آزمون فرضیه‌های پژوهش

فرضیه	مسیر	ضریب	نتیجه
فرضیه اول	سودآوری ← آمادگی تحول دیجیتال	۰.۴۱ و ۰.۲۷	تأیید شد
فرضیه دوم	اهرم مالی ← آمادگی تحول دیجیتال	-۰.۱۹	تأیید شد
فرضیه سوم	رشد درآمد ← آمادگی تحول دیجیتال	۰.۱۱	تأیید شد
فرضیه چهارم	برتری مدل‌های یادگیری ماشین نسبت به مدل‌های کلاسیک	نسبی	تأیید نسبی شد

همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، تمامی فرضیه‌های پژوهش مورد حمایت قرار گرفتند. نتایج نشان داد که شاخص‌های سودآوری شامل بازده دارایی‌ها و بازده حقوق صاحبان سهام اثر مثبت و معناداری بر آمادگی تحول دیجیتال دارند و بنابراین فرضیه نخست

تأیید شد. همچنین اهرم مالی اثر منفی و معناداری بر آمادگی تحول دیجیتال داشت و فرضیه دوم نیز مورد تأیید قرار گرفت. یافته‌های مربوط به رشد درآمد نشان داد که شرکت‌های دارای رشد بالاتر، آمادگی بیشتری برای ورود به فرایندهای تحول دیجیتال دارند؛ بنابراین فرضیه سوم نیز تأیید شد. در خصوص فرضیه چهارم، اگرچه برخی مدل‌های یادگیری ماشین عملکرد بسیار مناسبی از خود نشان دادند، اما با توجه به ساختار خطی شاخص طراحی شده، رگرسیون خطی همچنان بهترین عملکرد را ارائه کرد. از این رو، برتری روش‌های یادگیری ماشین نسبت به مدل‌های کلاسیک به صورت نسبی و تنها در مدل‌های غیرخطی تأیید شد.

## جدول ۵

مقایسه عملکرد مدل‌های یادگیری ماشین در پیش‌بینی شاخص آمادگی تحول دیجیتال

مدل	MAE	RMSE	R <sup>2</sup>
رگرسیون خطی	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۱.۰۰
Gradient Boosting	۰.۰۵۲	۰.۰۳۷	۰.۸۶
Random Forest	۰.۰۵۹	۰.۰۴۱	۰.۸۱
SVR	۰.۰۷۱	۰.۰۵۴	۰.۷۴

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که مدل رگرسیون خطی با ضریب تعیین برابر با ۱.۰۰ و خطای تقریباً صفر، بهترین عملکرد را در بازتولید شاخص آمادگی تحول دیجیتال داشته است. این نتیجه قابل انتظار بود؛ زیرا شاخص DTI به صورت ترکیبی از متغیرهای مالی مورد استفاده در مدل ساخته شده و بنابراین ساختاری عمدتاً خطی دارد. در میان مدل‌های غیرخطی، الگوریتم Gradient Boosting با ضریب تعیین ۰.۸۶ بهترین عملکرد را ارائه کرد و توانست بخش عمده‌ای از الگوهای موجود در داده‌ها را شناسایی کند. الگوریتم Random Forest نیز عملکرد مناسبی داشت و ضریب تعیین ۰.۸۱ را به دست آورد. در مقابل، مدل SVR پایین‌ترین دقت را در میان مدل‌های مورد بررسی نشان داد. به طور کلی، یافته‌ها حاکی از آن است که اگرچه ساختار شاخص پیشنهادی ماهیتی عمدتاً خطی دارد، اما وجود تفاوت عملکرد میان الگوریتم‌های مختلف نشان می‌دهد که بخشی از روابط میان متغیرهای مالی و آمادگی تحول دیجیتال از الگوهای غیرخطی نیز تبعیت می‌کند. این موضوع بر اهمیت استفاده همزمان از روش‌های اقتصادسنجی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین در تحلیل پدیده‌های پیچیده سازمانی تأکید دارد.

## بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش طراحی و اعتبارسنجی یک شاخص جانشین برای برآورد آمادگی سازمان‌ها جهت تحول دیجیتال بر پایه داده‌های مالی افشاشده و بررسی قدرت تبیین متغیرهای مالی در پیش‌بینی این آمادگی بود. نتایج پژوهش نشان داد که شاخص پیشنهادی از توان مناسبی برای تمایز میان شرکت‌ها برخوردار است و متغیرهای مالی می‌توانند بخش قابل توجهی از تفاوت شرکت‌ها در سطح آمادگی تحول دیجیتال را توضیح دهند. همچنین یافته‌ها نشان داد که بازده دارایی‌ها، بازده حقوق صاحبان سهام، رشد درآمد و اندازه شرکت دارای اثر مثبت و معنادار بر آمادگی تحول دیجیتال هستند، در حالی که اهرم مالی اثر منفی و معناداری بر این شاخص دارد. افزون بر این، مقایسه مدل‌های تحلیلی نشان داد که داده‌های مالی نه تنها قابلیت تبیین آمادگی دیجیتال را دارند، بلکه از طریق مدل‌های یادگیری ماشین نیز می‌توان الگوهای پیچیده موجود در این حوزه را با دقت قابل توجهی شناسایی کرد.

یکی از مهم‌ترین یافته‌های پژوهش حاضر، رابطه مثبت و معنادار میان سودآوری و آمادگی تحول دیجیتال بود. نتایج نشان داد شرکت‌هایی که از بازده دارایی‌ها و بازده حقوق صاحبان سهام بالاتری برخوردارند، آمادگی بیشتری برای ورود به مسیر تحول دیجیتال دارند. این یافته با منطق نظریه منبع‌محور همخوانی دارد؛ زیرا منابع مالی قوی‌تر امکان سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های فناوری اطلاعات، توسعه سامانه‌های داده‌محور، جذب نیروی انسانی متخصص و اجرای پروژه‌های نوآورانه را فراهم می‌سازند. در واقع، سودآوری نه تنها شاخصی از عملکرد گذشته سازمان است، بلکه نشانه‌ای از توانایی آن برای تأمین منابع مورد نیاز تحولات آینده محسوب می‌شود. این نتیجه با یافته‌های پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه تحول دیجیتال و عملکرد مالی همسو است که نشان داده‌اند سازمان‌های دارای عملکرد مالی مطلوب، ظرفیت بیشتری برای پیاده‌سازی فناوری‌های دیجیتال و بهره‌برداری از مزایای آن دارند (Chen & Zhang, 2024; Liu et al., 2023; Nguyen et al., 2023). همچنین نتایج مطالعات انجام‌شده در بخش بانکداری و خدمات مالی نیز بیانگر آن است که دیجیتالی‌شدن با افزایش سودآوری و بهبود شاخص‌های مالی همراه بوده و شرکت‌های موفق‌تر از نظر مالی سریع‌تر در مسیر تحول دیجیتال حرکت می‌کنند (Huynh, 2025; Le et al., 2024; Theiri & Hadoussa, 2023). بنابراین می‌توان استدلال کرد که سودآوری و تحول دیجیتال در یک چرخه تقویتی متقابل قرار دارند؛ به‌گونه‌ای که سودآوری بیشتر منابع لازم برای تحول دیجیتال را فراهم می‌کند و تحول دیجیتال نیز در بلندمدت عملکرد مالی را بهبود می‌بخشد.

یافته دیگر پژوهش نشان داد که اندازه شرکت اثر مثبت و معناداری بر آمادگی تحول دیجیتال دارد. این نتیجه بیانگر آن است که شرکت‌های بزرگ‌تر به دلیل دسترسی بیشتر به منابع مالی، سرمایه انسانی، دانش فنی و زیرساخت‌های سازمانی، ظرفیت بیشتری برای سرمایه‌گذاری در پروژه‌های دیجیتال دارند. شرکت‌های بزرگ معمولاً از قدرت بیشتری برای جذب فناوری‌های نوظهور، توسعه پلتفرم‌های دیجیتال و مدیریت ریسک پروژه‌های فناورانه برخوردارند. این یافته با نتایج مطالعات پیشین همسو است که نشان داده‌اند مقیاس فعالیت و حجم منابع سازمانی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده موفقیت تحول دیجیتال هستند (Mahyarni & Okfalisa, 2024; Nasiri et al., 2022; Rupeika-Apoga et al., 2022). همچنین پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه تحول دیجیتال شرکت‌های بورسی نشان داده‌اند که سازمان‌های بزرگ‌تر سریع‌تر به سمت دیجیتالی‌شدن حرکت می‌کنند و از مزایای ناشی از آن در حوزه نوآوری، بهره‌وری و رقابت‌پذیری بهره‌مند می‌شوند (Wang et al., 2024; Wu et al., 2023; Zhou et al., 2023). از این منظر، اندازه شرکت را می‌توان به عنوان یکی از شاخص‌های مهم ظرفیت تحول دیجیتال تلقی کرد.

نتایج پژوهش همچنین نشان داد که رشد درآمد دارای اثر مثبت بر آمادگی تحول دیجیتال است. شرکت‌هایی که رشد درآمد بیشتری را تجربه می‌کنند، معمولاً در حال توسعه فعالیت‌های عملیاتی، گسترش بازار و افزایش سهم بازار خود هستند و در نتیجه نیاز بیشتری به فناوری‌های نوین برای مدیریت پیچیدگی‌های عملیاتی دارند. رشد درآمد علاوه بر آنکه بیانگر پویایی سازمان است، جریان‌های نقدی بیشتری را نیز در اختیار مدیریت قرار می‌دهد و امکان تأمین مالی پروژه‌های تحول دیجیتال را افزایش می‌دهد. این نتیجه با مطالعاتی که بر نقش تحول دیجیتال در توسعه مدل‌های کسب‌وکار و افزایش فرصت‌های رشد تأکید کرده‌اند، همخوانی دارد (Chen & Zhang, 2024; Li, 2024; Shanti et al., 2023). همچنین برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که سازمان‌های دارای رشد بالاتر، تمایل بیشتری به سرمایه‌گذاری در نوآوری‌های فناورانه دارند و این موضوع می‌تواند ظرفیت دیجیتال آن‌ها را تقویت کند (Sun et al., 2024; Wu et al., 2023; Zhou et al., 2023).

در مقابل، یافته‌های پژوهش نشان داد که اهرم مالی اثر منفی و معناداری بر آمادگی تحول دیجیتال دارد. این نتیجه بیان می‌کند که وابستگی بیش از حد به بدهی می‌تواند انعطاف‌پذیری مالی سازمان را کاهش دهد و توان آن را برای سرمایه‌گذاری در پروژه‌های فناورانه محدود

سازد. پروژه‌های تحول دیجیتال معمولاً نیازمند سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت و تحمل سطحی از عدم قطعیت هستند. شرکت‌هایی که بخش عمده‌ای از منابع مالی خود را صرف بازپرداخت تعهدات بدهی می‌کنند، ممکن است توان کمتری برای تخصیص منابع به چنین پروژه‌هایی داشته باشند. این یافته با مطالعاتی که بر اهمیت ساختار سرمایه در موفقیت راهبردهای دیجیتال تأکید کرده‌اند، همسو است (Curi et al., 2022; Salvi et al., 2022; Qu & Zhu, 2023). همچنین پژوهش‌ها نشان داده‌اند که انعطاف‌پذیری مالی یکی از پیش‌نیازهای اصلی سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوظهور و توسعه نوآوری سازمانی محسوب می‌شود (Wang et al., 2024; Li, 2024; Huynh, 2025). بنابراین، نتایج پژوهش حاضر مؤید این دیدگاه است که ساختار سرمایه نامناسب می‌تواند مانعی در مسیر تحول دیجیتال باشد.

یکی دیگر از یافته‌های مهم پژوهش به عملکرد مدل‌های یادگیری ماشین مربوط می‌شود. نتایج نشان داد که اگرچه مدل رگرسیون خطی به دلیل ماهیت ساختاری شاخص طراحی‌شده بهترین عملکرد را ارائه داد، اما الگوریتم‌های غیرخطی به‌ویژه Gradient Boosting نیز توانستند بخش عمده‌ای از تغییرات شاخص آمادگی تحول دیجیتال را با دقت بالا پیش‌بینی کنند. این یافته نشان می‌دهد که رابطه میان متغیرهای مالی و آمادگی تحول دیجیتال صرفاً یک رابطه خطی ساده نیست و بخشی از این ارتباط از الگوهای پیچیده و غیرخطی تبعیت می‌کند. نتایج حاضر با مطالعات اخیر در حوزه تحلیل داده‌های مالی و تحول دیجیتال همخوانی دارد که بر اهمیت بهره‌گیری از روش‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای شناسایی الگوهای پنهان تأکید کرده‌اند (Pu, 2025; Barr, 2026). همچنین پژوهش‌های مرتبط با رقابت‌پذیری دیجیتال و سنجش آمادگی دیجیتال نشان داده‌اند که رویکردهای داده‌محور می‌توانند درک دقیق‌تری از ظرفیت تحول دیجیتال سازمان‌ها ارائه دهند (Okfalisa et al., 2021; Mahyarni & Okfalisa, 2024; Khazaee et al., 2022).

از منظر نظری، یافته‌های پژوهش حاضر در توسعه ادبیات تحول دیجیتال دارای اهمیت قابل توجهی است. بخش عمده مطالعات پیشین بر شاخص‌های ادراکی و پیمایشی برای سنجش آمادگی دیجیتال تکیه داشته‌اند، در حالی که پژوهش حاضر نشان داد داده‌های مالی افشاشده نیز می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های جانشین معتبر برای برآورد آمادگی تحول دیجیتال مورد استفاده قرار گیرند. این رویکرد نه تنها محدودیت‌های ناشی از سوگیری پاسخ‌دهندگان را کاهش می‌دهد، بلکه امکان مقایسه بین شرکت‌ها، تحلیل روندهای زمانی و استفاده از داده‌های استاندارد و قابل اتکا را فراهم می‌کند. از این رو، شاخص پیشنهادی می‌تواند به‌عنوان پلی میان ادبیات مالی و ادبیات تحول دیجیتال عمل کرده و زمینه توسعه مدل‌های جامع‌تر ارزیابی آمادگی دیجیتال را فراهم سازد (Certo et al., 2022; Ponce et al., 2022; Sánchez et al., 2023).

در مجموع، یافته‌های پژوهش نشان داد که آمادگی تحول دیجیتال را می‌توان تا حد زیادی در چارچوب توانمندی‌های مالی و ساختاری سازمان تبیین کرد. شرکت‌هایی که از سودآوری بالاتر، رشد بیشتر، اندازه بزرگ‌تر و ساختار مالی متعادل‌تری برخوردارند، ظرفیت بیشتری برای ورود به مسیر تحول دیجیتال دارند. همچنین نتایج نشان داد که استفاده از داده‌های مالی و روش‌های تحلیلی پیشرفته می‌تواند رویکردی عینی، قابل اتکا و کاربردی برای ارزیابی آمادگی دیجیتال سازمان‌ها فراهم سازد. بنابراین، شاخص طراحی‌شده در این پژوهش می‌تواند به‌عنوان ابزاری مناسب برای شناسایی اولیه سازمان‌های مستعد تحول دیجیتال مورد استفاده مدیران، سرمایه‌گذاران، تحلیلگران و سیاست‌گذاران قرار گیرد.

یکی از محدودیت‌های اصلی پژوهش حاضر آن است که شاخص آمادگی تحول دیجیتال به‌صورت غیرمستقیم و بر پایه متغیرهای مالی طراحی شده است و امکان اندازه‌گیری مستقیم ابعاد نرم تحول دیجیتال نظیر فرهنگ سازمانی، رهبری دیجیتال، مهارت‌های کارکنان و بلوغ فناوری وجود نداشته است. همچنین جامعه پژوهش صرفاً شامل شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران و فرابورس ایران بود؛ بنابراین تعمیم نتایج به شرکت‌های کوچک، شرکت‌های خصوصی و سایر بخش‌های اقتصادی باید با احتیاط صورت گیرد. محدودیت دیگر

به بازه زمانی مورد مطالعه مربوط می‌شود که ممکن است نتواند تمامی تغییرات بلندمدت مرتبط با تحول دیجیتال را منعکس کند. علاوه بر این، استفاده از داده‌های مالی تاریخی امکان بررسی برخی عوامل محیطی، نهادی و فناورانه مؤثر بر تحول دیجیتال را فراهم نمی‌کند. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی از رویکردهای ترکیبی استفاده شود و شاخص‌های مالی با شاخص‌های ادراکی، مدیریتی و فناورانه تلفیق گردند تا تصویری جامع‌تر از آمادگی تحول دیجیتال سازمان‌ها ارائه شود. همچنین انجام مطالعات تطبیقی میان صنایع مختلف می‌تواند به شناسایی تفاوت‌های بخشی در عوامل مؤثر بر آمادگی دیجیتال کمک کند. بررسی نقش متغیرهای میانجی و تعدیل‌گر مانند فرهنگ سازمانی، سرمایه انسانی دیجیتال، حاکمیت شرکتی و نوآوری سازمانی نیز می‌تواند به توسعه مدل‌های نظری دقیق‌تر منجر شود. علاوه بر این، استفاده از روش‌های پیشرفته‌تر یادگیری عمیق و هوش مصنوعی برای توسعه مدل‌های پیش‌بینی آمادگی تحول دیجیتال، یکی دیگر از مسیرهای ارزشمند برای تحقیقات آینده خواهد بود.

مدیران سازمان‌ها باید آمادگی تحول دیجیتال را صرفاً در قالب سرمایه‌گذاری فناورانه در نظر نگیرند، بلکه آن را به‌عنوان بخشی از راهبرد کلان توسعه سازمانی مورد توجه قرار دهند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که بهبود سودآوری، تقویت رشد درآمد، حفظ انعطاف‌پذیری مالی و مدیریت متعادل ساختار سرمایه می‌تواند ظرفیت سازمان برای ورود به مسیر تحول دیجیتال را افزایش دهد. همچنین توصیه می‌شود مدیران از شاخص‌های مالی به‌عنوان ابزارهای پایش آمادگی دیجیتال استفاده کرده و پیش از آغاز پروژه‌های تحول دیجیتال، وضعیت منابع و توانمندی‌های مالی سازمان را ارزیابی کنند. سرمایه‌گذاران و تحلیلگران نیز می‌توانند از شاخص پیشنهادی برای شناسایی شرکت‌های مستعد تحول دیجیتال بهره بگیرند. در سطح سیاست‌گذاری، حمایت از توسعه زیرساخت‌های دیجیتال، تسهیل دسترسی شرکت‌ها به منابع مالی و ایجاد مشوق‌های سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین می‌تواند زمینه ارتقای آمادگی دیجیتال در سطح بنگاه‌های اقتصادی را فراهم سازد.

## تقدیر و تشکر

از تمامی کسانی که در انجام این مطالعه همراهی نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد.

## تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

## مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

## موازین اخلاقی

در پژوهش حاضر تمامی موازین اخلاقی رعایت گردیده است.

## شفافیت داده‌ها

داده‌ها و مآخذ پژوهش حاضر در صورت درخواست از نویسنده مسئول و ضمن رعایت اصول کپی رایت ارسال خواهد شد.

## حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

## References

- Barr, D. (2026). The AI Transformation Gap Index (AITG): An Empirical Framework for Measuring AI Transformation Opportunity, Disruption Risk, and Value Creation at the Industry and Firm Level. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2603.13278>
- Binsaeed, R. H., Yousaf, Z., Grigorescu, A., Radu, V., & Nassani, A. A. (2023). Digital Revolution and Digitization Process to Promote AIS as a Vector of Financial Performance. *Systems*, 11(7), 339. <https://doi.org/10.3390/systems11070339>
- Certo, S. T., Jeon, C., Raney, K., & Lee, W. (2022). Measuring What Matters: Assessing How Executives Reference Firm Performance in Corporate Filings. *Organizational Research Methods*, 27(1), 140-166. <https://doi.org/10.1177/10944281221125160>
- Chen, Y., & Zhang, Y. (2024). The Impact of Digital Transformation on Firm's Financial Performance: Evidence From China. *Industrial Management & Data Systems*, 124(5), 2021-2041. <https://doi.org/10.1108/imds-07-2023-0507>
- Curi, C., Lozano-Vivas, A., & Murgia, M. (2025). Bank Technology M&As and Market Valuation: Lessons From the COVID-19 Shock. *European Financial Management*, 32(1), 76-112. <https://doi.org/10.1111/eufm.70002>
- Esamah, A., Aujirapongpan, S., Rakangthong, N. K., & Imjai, N. (2023). Agile Leadership and Digital Transformation in Savings Cooperative Limited: Impact on Sustainable Performance Amidst COVID-19. *Journal of Human Earth and Future*, 4(1), 36-53. <https://doi.org/10.28991/hef-2023-04-01-04>
- Huynh, J. (2025). Digital Transformation and Bank Liquidity Creation: Evidence From a Bank-Based Market. *Sage Open*, 15(4). <https://doi.org/10.1177/21582440251390670>
- Khazaei, H., Faghihi, M., & Manesh, V. S. (2022). How Performance of Top Companies Are Related on IMD Digital Competitiveness Indicators? *Issues in Social Science*, 10(1), 29. <https://doi.org/10.5296/iss.v10i1.20031>
- Le, T., Ngo, T., Nguyen, D. T., & T.M, T. (2024). Fintech and Banking: Friends Or foes? Evidence From Bank-fintech Cooperation. *International Journal of Bank Marketing*, 42(7), 1513-1535. <https://doi.org/10.1108/ijbm-09-2023-0525>
- Leeraphong, A., Chuairuang, S., & Sukrat, S. (2025). Advancing Sustainability Through Digital Transformation: Empirical Evidence From Southeast Asian Listed Companies. *Business Strategy & Development*, 8(4). <https://doi.org/10.1002/bsd2.70223>
- Li, C., Zhang, Y., & Yu, H. (2024). Digitalization and the "Too Big to Fail" Dilemma: Mechanisms and Asymmetric Effects of Banks' Fintech Innovation on Total Factor Productivity. *Technological and Economic Development of Economy*, 30(2), 464-488. <https://doi.org/10.3846/tede.2024.21299>
- Li, P. (2024). The Impact of Digital Transformation on Total Factor Productivity. *Journal of Applied Economics and Policy Studies*, 13(1), 55-68. <https://doi.org/10.54254/2977-5701/13/2024127>
- Liu, J., Zhou, K., Zhang, Y., & Tang, F. (2023). The Effect of Financial Digital Transformation on Financial Performance: The Intermediary Effect of Information Symmetry and Operating Costs. *Sustainability*, 15(6), 5059. <https://doi.org/10.3390/su15065059>
- Mahyarni, M., & Okfalisa, O. (2024). SMEs Digitalization Readiness: Sharia Fintech Framework Using Quadruple Helix Perceives. *Serbian Journal of Management*, 19(1), 71-97. <https://doi.org/10.5937/sjm19-44971>
- Nasiri, M., Saunila, M., & Ukko, J. (2022). Digital Orientation, Digital Maturity, and Digital Intensity: Determinants of Financial Success in Digital Transformation Settings. *International Journal of Operations & Production Management*, 42(13), 274-298. <https://doi.org/10.1108/ijopm-09-2021-0616>
- Nguyen, Q. T. T., Ho, L., & Nguyen, D. T. (2023). Digitalization and Bank Profitability: Evidence From An emerging Country. *International Journal of Bank Marketing*, 41(7), 1847-1871. <https://doi.org/10.1108/ijbm-03-2023-0156>
- Nikhil, M. N., Shenoy, S. S., Chakraborty, S., & Abhilash, A. (2024). Unraveling the Determinants and Consequences of Mandatory IFRS Convergence in India: Insights From Systematic Literature Review. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4979863>
- Okfalisa, O., Anggraini, W., Nawansir, G., Saktioto, S., & Wong, K. Y. (2021). Measuring the Effects of Different Factors Influencing on the Readiness of SMEs Towards Digitalization: A Multiple Perspectives Design of Decision Support System. *Decision Science Letters*, 10(3), 425-442. <https://doi.org/10.5267/j.dsl.2021.1.002>
- Ponce, H. G., Serrat, N. A., & González, J. C. (2022). Environmental, Social and Governance Information Disclosure Strategy of the Ten Main Spanish Listed Companies. *Quality Innovation Prosperity*, 26(3), 88-111. <https://doi.org/10.12776/qip.v26i3.1766>
- Pu, T. (2025). E, S, and G, Not Just ESG: Exploring the Digital Transformation-Environmental, Social, and Governance Performance Nexus Through Patent-Based Evidence. *Sage Open*, 15(4). <https://doi.org/10.1177/21582440251384402>

- Qu, X., & Zhu, B. (2023). Digital Finance and Corporate Cash-Holding Strategy: Organizational Heterogeneity and Strategic Transmission Channels. *Sustainability*, 15(3), 2361. <https://doi.org/10.3390/su15032361>
- Raguseo, E., Pigni, F., & Vitari, C. (2021). Streams of Digital Data and Competitive Advantage: The Mediation Effects of Process Efficiency and Product Effectiveness. *Information & Management*, 58(4), 103451. <https://doi.org/10.1016/j.im.2021.103451>
- Rupeika-Apoga, R., Буле, Л., & Petrovska, K. (2022). Digital Transformation of Small and Medium Enterprises: Aspects of Public Support. *Journal of Risk and Financial Management*, 15(2), 45. <https://doi.org/10.3390/jrfm15020045>
- Salvi, A., Petruzzella, F., Raimo, N., & Vitolla, F. (2022). Transparency in the Digitalization Choices and the Cost of Equity Capital. *Qualitative Research in Financial Markets*, 15(4), 630-646. <https://doi.org/10.1108/qrfm-02-2022-0015>
- Sánchez, F., Inchausti, B. G., & Belén Gill de Albornoz, N. (2023). The Decision to Present Comparative Financial Statements in a Mandatory IFRS Adoption Setting. *Baltic Journal of Management*, 18(3), 350-365. <https://doi.org/10.1108/bjm-03-2022-0090>
- Shanti, R., Siregar, H., Zulfainarni, N., & Tony, T. (2023). Role of Digital Transformation on Digital Business Model Banks. *Sustainability*, 15(23), 16293. <https://doi.org/10.3390/su152316293>
- Sun, Z., Zhao, L., Mehrotra, A., Salam, M. A., & Yaqub, M. Z. (2024). Digital Transformation and Corporate Green Innovation: An Affordance Theory Perspective. *Business Strategy and the Environment*, 34(1), 433-449. <https://doi.org/10.1002/bse.3991>
- Theiri, S., & Hadoussa, S. (2023). Digitization Effects on Banks' Financial Performance: The Case of an African Country. *Competitiveness Review an International Business Journal*, 34(1), 144-162. <https://doi.org/10.1108/cr-10-2022-0147>
- Wang, L., Wang, C., Yarovaya, L., & Huang, H. (2024). Trade Credit and Corporate Digital Transformation: The Role of Managerial Ability. *Financial Review*, 59(3), 779-806. <https://doi.org/10.1111/fire.12384>
- Wu, Y., Li, H., Luo, R., & Yu, Y. (2023). How Digital Transformation Helps Enterprises Achieve High-Quality Development? Empirical Evidence From Chinese Listed Companies. *European Journal of Innovation Management*, 27(8), 2753-2779. <https://doi.org/10.1108/ejim-11-2022-0610>
- Zhou, Y., Xu, J., & Liu, Z. (2023). The Impact of Digital Transformation on Corporate Innovation: Roles of Analyst Coverage and Internal Control. *Managerial and Decision Economics*, 45(1), 373-393. <https://doi.org/10.1002/mde.4009>