Journal of Strategic Value Chain Management, 3 (8), Spring 2026, 79-107.

Journal of Strategic Value Chain Management

Journal homepage: https://svcm.semnan.ac.ir/

ISSN: 3092-6386

Semnan University

Supply Chain Intelligence Requirements Analysis in Iranian Small and Medium-Sized Companies

Mahdieh Haghighat*
Master's Graduated in Industrial Management, Faculty of Management, Kharazmi University, Tehran, Iran.
mahdiyeh.haghighat78@gmail.com

Amir Ehsan Zahedi
Assistant Professor, Department of Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Arak University, Arak, Iran.
a-zahedimoghadam@araku.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2025-10-16
Revised: 2025-11-22
Accepted: 2025-12-22

Keywords:
Artificial Intelligence;
Big Data;
BlockChain;
Cloud Computing;
Internet Of Things;
Smart Supply Chain.

EXTENDED ABSTRACT

Background and Objectives: The use of digital technologies in supply chain management leads to more efficient, agile and lean practices. In order to achieve greater competitive advantage, supply chain intelligence is fundamentally essential. Because in today's competitive environment, it is not companies that compete with each other, but their supply chains. Therefore, digital supply chain is the concept that has attracted the most attention to make the supply chain more effective. In recent years, the process of digitalization, with the help of information and communication technology, has been a crucial factor in gaining competitive advantage. Retail, steel manufacturing, food packaging, and construction are among the industries that have begun the process of digitizing their businesses. The term digitization refers to a modern business strategy that goes beyond the single, limited application of technology and involves the systematic and widespread implementation of technology. Digital technologies refer to a set of electronic tools and systems designed to create, store, process, and transmit information digitally. These technologies include software, hardware, networks, and information systems, and can help facilitate communication, automate processes, and analyze data. Digital technologies include 3D printers, robots, artificial intelligence, big data analytics, cloud computing, cybersecurity, the Internet of Things, augmented and virtual reality, and digital twins. However, digitalization is still an emerging phenomenon that requires more administrative insight. Many companies have begun initial efforts to apply smart technologies to their supply chain processes, but the overall transformation of companies towards digitalization is still in its infancy. For effective digital transformation, the organization must create the necessary innovative environment to enable effective action, performance, and continuous improvement, and maintain the necessary enthusiasm and trust among employees. This issue should be addressed with greater consideration, especially in underdeveloped and developing countries such as Iran, which are lagging behind in the digitalization process. With the increasing advancement of technology, Iranian small and medium-sized enterprises have always sought to improve their supply chain processes, but they face

* Corresponding author.
E-mail address: Mahdiyeh.haghighat78@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-9744-960X

many difficulties due to some obstacles. In this regard, companies need extensive strategic planning, and this transformation requires a precise understanding of the essential requirements for implementing digital technologies in the supply chain. The purpose of this research is to identify and rank the requirements for supply chain intelligence in Iranian industries based on the intensity of impact. Therefore, the questions that this research seeks to answer are: What are the requirements for implementing a digital supply chain in Iranian industries? How are the requirements for smart supply chain management prioritized in Iranian industries?

Materials and Methods: The present research is applied in terms of orientation and quantitative in terms of methodology, and was conducted using a descriptive-correlation strategy. The study period is winter and spring 2025. The statistical population of this study is managers and experts of small and medium-sized companies in Iran, ۹۰ of whom were selected using snowball sampling. A questionnaire was used to collect data, and the reliability of the questionnaire was confirmed based on Cronbach's alpha criteria, and its composite reliability and validity were confirmed based on AVE and cross-factor loading indices. Structural Equation Modeling (SEM) was used to analyze the data, and Smart PLS ۳،۰ software was used to perform its calculations.

Results: The results of data analysis led to the identification of ٦ categories of requirements, including information technology infrastructure, appropriate culture, senior management support and transformation leadership, change management and adaptation to new conditions, expert human resources and accurate and timely data. The variable “IT infrastructure” with a coefficient of ۰،٦۲۱ has the highest impact, and the variable “accurate and timely data” with a coefficient of ۰،۳۸۹ has the lowest impact on supply chain intelligence.

Conclusion: In today's world where technological developments are occurring rapidly, having the right IT infrastructure to support these changes is essential. This infrastructure must have the ability to process and store big data, perform complex analysis, and provide fast and timely responses. This hardware must be designed to process large volumes of data while ensuring information security. Organizations must implement infrastructure to protect their sensitive data. These measures include data encryption, network security, multi-factor authentication, and monitoring tools to identify cyber threats. Organizational culture is one of the essential elements in the success of supply chain digitalization processes. For digitalization to be implemented effectively in organizations, organizational culture must be formed in a way that facilitates change, innovation, and the adoption of new technologies. This culture should encourage employees to use new technologies, facilitate collaboration and knowledge sharing across the organization, and have ongoing management support for the successful implementation of these changes. Transformation leadership is one of the essential characteristics of change management. Senior managers must have the ability to guide the organization through complex digital change processes. This leadership should be achieved through strategic decision-making, empowerment of middle managers, and creation of a clear vision for the future. Senior management support and transformation leadership in the supply chain digitalization process play a key role in the success of this transformation. By having clear strategies, allocating appropriate resources, motivating employees, leading the transformation, continuously monitoring progress, and managing risks, organizations can achieve digital transformation. Change

management is one of the most important pillars of success in supply chain digitalization. To implement new technologies and achieve the benefits of digitalization, organizations must face many changes in processes, tools, and organizational culture. Managers must always provide employees with the necessary information with transparency and effective communication to ensure that the change process is progressing properly. Expert human resources, as one of the main pillars of digital transformation, can help organizations exploit competitive advantages in the market and continuously improve performance and increase efficiency. To successfully smarten the supply chain, organizations need people with technical skills in areas such as programming, data analysis, artificial intelligence, the Internet of Things, and predictive analytics. These people must have the ability to work with complex systems, specific supply chain management software, and big data analysis tools. Also, being aware of new technology trends such as blockchain and machine learning can help improve performance and accuracy in supply chain processes. One of the main challenges in implementing digitalization, especially in traditional organizations, is the need for continuous training and updating of employee skills. Given the high speed of technological changes, human resources must be continuously trained in new technologies and update their capabilities. One of the main pillars of successful supply chain management is ensuring that the right data is available at the right time. Therefore, organizations must have processes to ensure the accuracy and completeness of data, especially when using big data in the digital world and given the rapid market developments, the correct timing of data is of great importance. Another important point in accessing accurate and timely data is its integration throughout the supply chain. In a digital supply chain, all partners must be able to easily and effectively share information with each other. To this end, integrated systems such as ERP and SCM software must be designed in a way that they can collect and process information from all points in the supply chain in real time.

Cite this article as:

Haghighat, M. & Zahedi, A. E. (2026). Supply Chain Intelligence Requirements Analysis in Iranian small and medium-sized companies. *Journal of Strategic Value Chain Management*, 3(8), 79-107.

DOI: https://doi.org/10.22075/svcm.2025.39419.1063

© 2024 authors retain the copyright and full publishing rights. Journal of Strategic Value Chain Management Published by **Semnan University Press**.

This is an open access article under the CC-BY-4.0 license. (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

مدیریت زنجیره ارزش راهبردی

https://svcm.semnan.ac.ir

ISSN: 3092-6386

تحلیل الزامات هوشمندسازی زنجیره‌تأمین در شرکت‌های کوچک و متوسط ایران

مهدیه حقیقت*

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

mahdiyeh.haghighat78@gmail.com

امیراحسان زاهدی

استادیار گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

a-zahedimoghadam@araku.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۲۴-۰۷-۱۴۰۴

تاریخ بازنگری: ۰۱-۰۸-۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۰۱-۰۹-۱۴۰۴

واژه‌های کلیدی:

اینترنت اشیاء؛

بلاک چین؛

داده‌های بزرگ؛

زنجیره‌تأمین هوشمند؛

محاسبات ابری؛

هوش مصنوعی.

چکیده

سابقه و هدف: ابزارهای دیجیتال به شرکت‌ها کمک می‌کنند تا با سرعت بیشتری فرآیندهای خود را تنظیم و مسیرهای جدید تأمین را شناسایی کنند و به تقاضاهای متغیر پاسخ دهند. هدف این پژوهش شناسایی و رتبه‌بندی الزامات هوشمندسازی زنجیره تأمین در صنایع ایران بر اساس شدت اثرگذاری است.

روش: پژوهش ازنظر جهت‌گیری، کاربردی و ازنظر روش‌شناسی، کمی است که با استفاده‌از راهبرد توصیفی-همبستگی انجام شده‌است. جامعه آماری مدیران و کارشناسان شرکت‌های کوچک‌ومتوسط ایران هستند که ۹۰ نفر به‌روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی، انتخاب شدند. برای جمع‌آوری داده‌ها از ابزار پرسش‌نامه استفاده‌شد که پایایی آن براساس معیارهای آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی و روایی آن مطابق شاخص‌های AVE و بارعاملی متقابل تأیید شد. جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) و برای انجام محاسبات از نرم‌افزار Smart PLS 3.0 استفاده‌شد.

یافته‌ها: یافته‌ها منجربه شناسایی ٦ دسته الزامات شامل زیرساخت‌های فناوری اطلاعات، فرهنگ‌سازی مناسب، حمایت مدیریت ارشد و رهبری تحول، مدیریت تغییر و تطبیق با شرایط جدید، نیروی انسانی متخصص و داده‌های دقیق و به‌موقع، گردید. متغیر «زیرساخت‌های فناوری اطلاعات» با ضریب ۰/٦۲۱ بیشترین تأثیرگذاری و متغیر «داده‌های دقیق و به‌موقع» با ضریب ۰/۳۸۹ کمترین تأثیرگذاری را بر هوشمندسازی زنجیره تأمین دارند.

نتیجه‌گیری: برای هوشمندسازی لازم است سخت‌افزارها به‌گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند حجم بالای داده‌ها را پردازش کنند و امنیت اطلاعات را تأمین کنند. فرهنگ سازمانی باید به‌گونه‌ای شکل گیرد که تغییرات، نوآوری و پذیرش فناوری‌های جدید را تسهیل کند. با داشتن برنامه‌های آموزشی

و توسعه‌ای مستمر، تخصیص منابع مناسب، ایجاد انگیزه در کارکنان، نظارت مستمر بر پیشرفت‌ها و مدیریت ریسک‌ها، سازمان‌ها می‌توانند تغییرات دیجیتال را به‌طور مؤثر پیاده‌سازی نمایند.

استناد: حقیقت، مهدیه و زاهدی، امیراحسان. (۱۴۰۵). تحلیل الزامات هوشمندسازی زنجیره تأمین در شرکت‌های کوچک و متوسط ایران. *مجله مدیریت زنجیره ارزش راهبردی*،۳ (۸)، ۷۹– ۱۰۷.

DOI: https://doi.org/10.22075/svcm.2025.39419.1063

ناشر: دانشگاه سمنان

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، تحول سریع فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات و ادغام آن‌ها با سیستم‌های صنعتی، منجر به شکل‌گیری انقلاب صنعتی چهارم شده است (دالنوگار[1]، ۲۰۲۲). اولین انقلاب صنعتی پس از دوره ی تولید صنعتی اولیه به وجود آمد. این تحول در انتهای قرن هجدهم و اوایل قرن نوزدهم آغاز شد و بزرگ‌ترین تغییرات در صنایع در قالب مکانیزه‌شدن رخ داد. در این زمان، اختراع بسیار مهم ماشین بخار نقش کلیدی در تحول لجستیک ایفا کرد. این نوآوری، به‌عنوان منبعی جدید از انرژی، موجب شتاب در ساخت و توسعه حمل‌ونقل ریلی گردید و به رشد سریع اقتصادی در این دوره کمک کرد (جیکوو[2]، ۲۰۲۵؛ لئونگ و گناسان[3]، ۲۰۲۴). اینترنت اشیاء، سیستم‌های فیزیکی- سایبری، چاپگرسه‌بعدی، بلاک‌چین،کلان‌داده‌ها، واقعیت افزوده، سنسورهای دیجیتالی، محاسبات ابری و هوش‌مصنوعی از جمله مهم‌ترین فناوری‌های صنعت ۴.۰ به‌حساب می‌آیند (پاتل[4]، ۲۰۲۵). هوشمندی زنجیره‌تأمین مفهومی جامع است که به‌کارگیری مجموعه‌ای از فناوری‌های دیجیتال نوین مانند بلاک‌چین، اینترنت اشیاء، کلان‌داده‌ها، محاسبات ابری، هوش‌مصنوعی و دوقلوی دیجیتال را در برمی‌گیرد. هدف از این هوشمندسازی، ایجاد زنجیره‌ای داده‌محور، انعطاف‌پذیر و مقاوم در برابر ریسک است که بتواند تصمیم‌گیری سریع و دقیق را امکان‌پذیر سازد (اووسو[5]، ۲۰۲۵). به‌کارگیری فناوری‌های دیجیتال در مدیریت زنجیره تأمین منجربه اتخاذ شیوه‌های کارآمدتر، چابک‌تر و ناب‌تر می‌شود. به‌منظور دستیابی‌به مزیت رقابتی بیشتر، هوشمندسازی زنجیره تأمین اساساً ضروری است. چراکه در محیط رقابتی امروز، این شرکت‌ها نیستند که با یکدیگر رقابت می‌کنند، بلکه زنجیره‌های تأمین آن‌ها به رقابت می‌پردازند. بنابراین، زنجیره تأمین دیجیتال مفهومی است که بیشترین توجه را جهت اثربخش‌تر کردن زنجیره تأمین به‌خود جلب نموده‌است (حیات [6]و همکاران، ۲۰۲۳). در سال‌های اخیر، فرایند دیجیتالی‌سازی، با کمک فناوری اطلاعات و ارتباطات، یک عامل حیاتی در کسب مزیت رقابتی بوده است. خرده‌فروشی، تولید فولاد، بسته‌بندی مواد غذایی و ساخت‌وساز از جمله صنایعی هستند که مراحل دیجیتالی‌سازی کسب‌وکار را آغاز کرده‌اند (پایولا و گباوئر[7]، ۲۰۲۰). اصطلاح دیجیتال‌سازی به یک استراتژی تجاری مدرن اشاره دارد که فراتر از کاربرد منفرد و محدود فناوری است و شامل اجرای سیستماتیک و گسترده فناوری می‌شود (اشفاق [8]و همکاران، ۲۰۲۲). فناوری‌های دیجیتال به مجموعه‌ای از ابزارها و سیستم‌های الکترونیکی اطلاق می‌شود که برای ایجاد، ذخیره، پردازش و انتقال اطلاعات به‌صورت دیجیتال طراحی شده‌اند. این فناوری‌ها شامل نرم‌افزارها، سخت‌افزارها، شبکه‌ها و سیستم‌های اطلاعاتی می‌شوند و می‌توانند به تسهیل ارتباطات، اتوماسیون فرایندها و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها کمک کنند. فناوری‌های دیجیتال شامل چاپ‌گرهای سه‌بعدی، روبات‌ها، هوش مصنوعی، تحلیل داده‌های کلان، محاسبات ابری، امنیت سایبری، اینترنت اشیاء، واقعیت افزوده و واقعیت مجازی و دوقلوی دیجیتال، می‌شوند (جانکوویچ [9]و همکاران، ۲۰۲۳). بااین حال، دیجیتالی‌شدن هنوز یک پدیده نوظهور است که به بینش اداری بیشتری نیاز دارد (زونیگا [10]و همکاران، ۲۰۲۳). بسیاری‌از شرکت‌ها تلاش‌های ابتدایی برای به‌کارگیری فناوری‌های هوشمند در فرآیندهای زنجیره تأمین خود را آغاز

[1] Dalenogare
[2] Jivkov
[3] Leong & Genasan
[4] Patel
[5] Owusu
[6] Hayat
7 Paiola & Gebauer
[8] Ishfaq
[9] Jankovic
[10] Zuniga

نموده اند، اما تحول کلی شرکت‌ها به سمت دیجیتالی‌سازی هنوز در مراحل ابتدایی قرار دارد (کیروزش[1] و همکاران، ۲۰۲۱). برای تحول دیجیتال مؤثر، سازمان باید محیط نوآورانه لازم را ایجاد کند تا امکان اقدام مؤثر، عملکرد و پیشرفت مستمر را فراهم کند و شوروشوق و اعتماد لازم را در بین کارکنان حفظ کند (پرایندل [2]و همکاران، ۲۰۲۰). این مسأله، به‌ویژه در کشورهای توسعه‌نیافته و درحال توسعه مانند ایران که از فرایند دیجیتالی‌سازی عقب هستند، باید با ملاحظات بیشتری صورت گیرد (اگره وال و ناراین[3]، ۲۰۲۳). باوجود مطالعات گسترده در سطح بین‌المللی، هنوز الزامات هوشمندسازی زنجیره تأمین در صنایع ایران به طور جامع، شناسایی و رتبه بندی براساس میزان تأثیرگذاری نشده است. صنایع ایرانی با چالش‌هایی مانند محدودیت منابع، عقب‌ماندگی در دیجیتالی‌سازی و فشار رقابتی مواجه‌اند؛ بنابراین این پژوهش ضرورت دارد تا شکاف موجود را پر کند و راهنمایی برای مدیران صنعتی در طراحی استراتژی‌های تحول دیجیتال فراهم آورد. بنابراین، سؤالاتی که این پژوهش به‌دنبال یافتن پاسخ آن است عبارت‌انداز: الزامات پیاده‌سازی زنجیره تأمین دیجیتال در صنایع ایران کدام‌اند؟ رتبه‌بندی الزامات هوشمندسازی زنجیره تأمین در صنایع ایران بر اساس شدت اثرگذاری چگونه است؟ با توجه به ماهیت علّی پرسش‌های پژوهش، روش مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزئی انتخاب شد. این رویکرد امکان آزمون همزمان روابط میان سازه‌های پنهان و گویه‌های مشاهده‌پذیر و مقایسه اثرات نسبی آن‌ها را فراهم می‌آورد. مفروضات اصلی (شامل کفایت حجم نمونه براساس قاعده $5q \leq n \leq 15q$)، پایایی و روایی ابزار(آلفای کرونباخ، پایایی ترکیبی و AVE)، برازش کلی مدل، و معناداری روابط (ضرایب مسیر و آماره T) است. تمامی این معیارها در پژوهش حاضر بررسی و تأیید شده‌اند؛ بنابراین انتخاب PLS-SEM برای پاسخ‌گویی به پرسش‌های تحقیق و رتبه‌بندی اثرگذاری الزامات از نظر علمی و روش‌شناختی موجه است.

۲. پیشینه پژوهش

۱.۲. زنجیره تأمین هوشمند[4]

صنعت ۴.۰ ساختاری اجتماعی- فنی است که در آن چشم‌اندازهای سازمان که شامل ابعاد تکنولوژی، اجتماعی و سازمانی است، در تعامل هستند. در سال‌های گذشته، سیستم‌های تولید صنعتی به‌دلیل سطح بالاتر دیجیتالی‌سازی که به تولید هوشمند، متصل و غیرمتمرکز منجر شده‌است، به‌صورت مستمر درحال‌تغییر هستند. این سطح جدید سازمان اغلب «انقلاب صنعتی چهارم» یا «صنعت ۴.۰» نامیده می‌شود. ایده اصلی صنعت ۴.۰ استفاده‌از فناوری‌های نوظهور به‌گونه‌ای است که فرایندهای تجاری و مهندسی عمیقاً یکپارچه شود و تولید به روشی انعطاف‌پذیر، کارآمد و پایدار، با کیفیت بالا و هزینه کم صورت گیرد (ماچادو[5] و همکاران، ۲۰۲۰). «تولید هوشمند» یا «تولید دیجیتال» را می‌توان به‌عنوان هسته اصلی صنعت ۴.۰ در نظر گرفت که به صنایع اجازه می‌دهد تا عملیات تولید انعطاف‌پذیر را با سفارشی‌سازی انبوه انجام دهند (جاموال[6] و همکاران، ۲۰۲۱).

نسل پنجم شبکه در حوزه تولید محصولات وکارخانه‌های هوشمند به عنوان یک فناوری که تولید صنعتی و اینترنت هوشمند را ادغام می‌کند، به سرعت در حال توسعه است و امکانات جدیدی را برای تولید هوشمند به ارمغان آورده است (ژانگ[7] و همکاران، ۲۰۲۲). برای رقابت در سطح جهانی، شرکت‌های تولیدی باید کارایی را بهبود بخشند و هزینه‌ها را

[1] Queiroz
[2] Praindel
[3] Agrawal & Narain
[4] Digital Supply Chain (DSC)
[5] Machado
[6] Jamwal
[7] Zhang

از طریق نوآوری‌های فرایندی جدید، کاهش دهند؛ نوآوری‌هایی مانند رباتیک، اتوماسیون انبار، کارخانه‌های هوشمند و کمک به تولید انعطاف‌پذیر (عطاران[1]، ۲۰۲۳). تولید هوشمند یک پارادایم تولیدی پیشرفته است که تکنولوژی‌های جدیدی مانند اینترنت اشیاء، ارتباط ماشین‌باماشین، شبکه‌های حسگر بی‌سیم، فناوری‌های اتوماسیون و همچنین کلان‌داده‌ها را با فرایندهای تولیدی ادغام می‌کند (لی [2]و همکاران، ۲۰۲۳).

۲.۲. کاربردهای هوشمندسازی در زنجیره تأمین

ادغام فناوری‌های پیشرفته درعملیات زنجیره تأمین متعارف منجربه تولید حجم قابل‌توجهی از داده‌ها و اطلاعات می‌شود. چنین اطلاعاتی می‌تواند برای بهبود ارزش زنجیره تأمین استفاده شود. به‌عنوان‌مثال، فناوری‌های دیجیتال ازجمله برچسب‌های هوشمند، قراردادهای هوشمند و ذخیره‌سازی دیجیتال امکان ردیابی را در تمام مراحل چرخه عمر یک محصول، از دستیابی‌به مواد خام تا تحویل محصول نهایی، فراهم می‌کنند. دیجیتالی‌شدن زنجیره تأمین بر این نکته تأکید دارد که چگونه پیاده‌سازی فناوری‌های دیجیتال، فرایندهای کسب‌وکار زنجیره تأمین را تغییر می‌دهد. به‌عنوان‌مثال، در بخش تولید، بلاک‌چین[3] به‌طور فزاینده‌ای در زنجیره تأمین مواد غذایی برای حمایت‌از شرکت‌های اصلی و سایر طرف‌های مرتبط در نظارت و ردیابی عملیات تولید مواد غذایی پیاده‌سازی شده‌است (ونکاتش [4]و همکاران، ۲۰۲۰). دیجیتالی‌شدن می‌تواند ادغام داده‌ها را در سیستم زنجیره تأمین بین شرکت اصلی و سایر ذی‌نفعان با استفاده‌از تجزیه‌وتحلیل داده‌های قوی و تحلیل دقیق بازار تسهیل کند (گونگ [5]و همکاران، ۲۰۱۹). به‌طورخاص، پیاده‌سازی فناوری‌های دیجیتالی مانند بلاک‌چین در تولید و توزیع محصولات می‌تواند درجه شفافیت اطلاعات محصول را افزایش دهد، در نتیجه اعتماد مشتریان حساس را بالا ببرد و تمایل آن‌ها را به خرید افزایش دهد (یونس و وونی[6]، ۲۰۲۳). فناوری‌های دیجیتالی مانند اینترنت اشیاء[7] می‌توانند فرایندهای تصمیم‌گیری در مورد پویایی بازار، تقاضا و عرضه را از طریق توسعه مدل‌های پیش‌بینی‌کننده، بهبود بخشد. به‌طور مشابه، زنجیره تأمین هوشمند می‌تواند کیفیت لجستیک را با فعال‌کردن تحویل در زمان واقعی و دقیق و تسهیل شناسایی بازارها و مکان‌های توزیع که منجربه افزایش دید زنجیره تأمین خارجی می‌شود، پشتیبانی کند. حس‌گرهای اینترنت اشیاء و برچسب‌های شناسایی فرکانس رادیویی[8] امکان مشاهده بی‌درنگ حرکت کالاها در سراسر زنجیره تأمین را فراهم می‌کنند (رجب[9] و همکاران، ۲۰۲۰). این مشاهده، امکان نظارت فعال را فراهم می‌کند و پاسخ سریع به اختلالات و کاهش تأثیر بر عملیات را ممکن می‌سازد. هوش مصنوعی یک فناوری متحول‌کننده در زنجیره‌های تأمین است که از تکنیک‌های پیشرفته‌ای مانند الگوریتم‌های ژنتیک، سیستم‌های خبره و مبتنی‌بر عامل برای کنترل مؤثر عملیات استفاده می‌کند. فناوری هوش مصنوعی شامل قابلیت‌های یادگیری انسانی مانند تصمیم‌گیری، امکان تشخیص پیشرفته‌ی ریسک و توسعه‌ی استراتژی‌های کاهش ریسک است (مبارک[10] و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین هوش مصنوعی با تحلیل داده‌های پیچیده، شناسایی الگوها، پیش‌بینی روندها و خودکارسازی وظایف تکراری، نقشی کلیدی در بهینه سازی فرآیندها، کاهش هزینه‌ها، ارتقای کیفیت عملیات و افزایش بهره وری ایفا کرده و به تصمیم گیری دقیق‌تر و سریع‌تر، دربخش‌های مختلف زنجیره ارزش منجر می‌شود(گانشکومار[11] و همکاران، ۲۰۲۳). امروزه کسب‌وکارها بر این موضوع

[1] Attaran
[2] Li
[3] Block chain
[4] Venkatesh
[5] Gong
[6] Younis & Wuni
[7] Internet of Things (IOT)
[8] Radio Frequency IDentification (RFID)
[9] Rejeb
[10] Mubarik
[11] Ganeshkumar

تمرکز می‌کنند که با درنظرگرفتن هزینه‌های مربوطه، علی‌رغم هرگونه اختلال محیطی برنامه‌ریزی‌نشده، چقدر می‌توانند محصولات خود را به بازار معرفی کنند. الگوریتم‌های یادگیری ماشین[1] به تجزیه‌وتحلیل داده‌های پیشرفته کمک می‌کنند تا مقادیر زیادی از داده‌ها را از منابع مختلف، از جمله الگوهای آب‌وهوا، داده‌های فروش تاریخی و روند رسانه‌های اجتماعی تجزیه‌وتحلیل کنند (سلیم [2]و همکاران، ۲۰۲۲). ربات‌ها[3] قابلیت تکرارپذیری و دقت عالی دارند و تحت‌تأثیر عوامل محیطی مانند دماهای شدید یا قرارگرفتن در معرض نور قرار نمی‌گیرند و مانند اپراتورهای انسانی مشکلات ارگونومیکی و خستگی را تجربه نمی‌کنند، بنابراین، برای انجام کارهای تکراری مانند بسته‌بندی، پالت سازی، انبارداری، سفارشی‌سازی محصول و جابه‌جایی مواد غذایی به‌کار می‌روند (لفرانک[4] و همکاران، ۲۰۲۳). واقعیت افزوده[5] و واقعیت مجازی[6] در کارهای آموزشی، نگهداری و تجسم استفاده می‌شوند و می‌توان از آن‌ها برای آموزش مجازی کارکنان استفاده کرد، به‌طوری‌که اجازه می‌دهد تا سناریوهای مختلف را شبیه‌سازی کنند و در مورد مدیریت محصول، مدیریت انبار و سایر وظایف بیاموزند (هووانک [7]و همکاران، ۲۰۲۳). دوقلوهای دیجیتال[8] می‌توانند خطوط تولید، انبارها و شبکه‌های حمل‌ونقل را در زنجیره تأمین مدل‌سازی کنند (لئونگ[9] و همکاران، ۲۰۲۲). پلتفرم‌های مشارکتی[10]، ارتباطات، هماهنگی و تصمیم‌گیری را برای واکنش سریع‌تر به اختلالات و مدیریت بهتر ریسک افزایش می‌دهند، بنابراین، ترکیب فناوری‌های هوشمند در زنجیره تأمین کارایی عملیاتی و سازگاری با اختلالات را به‌سرعت بهبود می‌بخشد.

۳.۲. الزامات هوشمندسازی زنجیره تأمین

دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین، به‌ویژه در دنیای امروز که تغییرات سریع و پیچیده بازار را تجربه می‌کنیم، اهمیت ویژه‌ای دارد. الزامات این فرآیند شامل زیرساخت‌های فناوری اطلاعات، استفاده‌از نرم‌افزارهای پیشرفته برای مدیریت زنجیره تأمین و داده‌های دقیق و به‌موقع است که همه برای برقراری ارتباط مؤثر در سطح زنجیره تأمین ضروری هستند (سارکیس [11]و همکاران، ۲۰۲۱). بدون یکپارچگی سیستم‌ها و پردازش داده‌های صحیح، سازمان‌ها نمی‌توانند از مزایای دیجیتال‌سازی بهره‌برداری کنند. همچنین، نیروی انسانی متخصص و فرهنگ سازمانی که از نوآوری و تغییرات پشتیبانی می‌کند، برای پیاده‌سازی این فرآیندها ضروری است (الترا [12]و همکاران، ۲۰۲۴). یکی از الزامات حیاتی دیجیتال‌سازی، توجه به امنیت و حریم خصوصی داده‌ها است. زنجیره تأمین دیجیتال به‌طور مستقیم با داده‌های حساس و حیاتی مرتبط است، بنابراین حفاظت از این اطلاعات در برابر تهدیدات سایبری باید در اولویت قرار گیرد. برای دستیابی‌به این هدف، سازمان‌ها باید سیستم‌های امنیتی پیچیده‌ای همچون رمزنگاری داده‌ها و احراز هویت دو مرحله‌ای را پیاده‌سازی کنند تا از سوءاستفاده‌از اطلاعات جلوگیری کنند (فام[13] و همکاران، ۲۰۲۴). این امر نه‌تنها از نظر قانونی ضروری است، بلکه برای حفظ اعتماد مشتریان و شرکای تجاری نیز اهمیت زیادی دارد. یکی از الزامات کلیدی دیگر، تطابق با استانداردها و مقررات جهانی است که می‌تواند تأثیرات مثبتی در عملکرد زنجیره تأمین داشته باشد. تطبیق با استانداردهای امنیتی، محیط‌زیستی، و حقوقی

[1] Machine Learning
[2] Salim
[3] Robots
[4] Lefranc
[5] Augmented Reality (AR)
[6] Virtual Reality (VR)
[7] Hovanec
[8] Digital Twin
[9] Leung
[10] Collaborative Platforms
[11] Sarkis
[12] Al Tera
[13] Pham

در مقیاس بین‌المللی، مانند قوانین حفاظت از داده‌ها و الزامات تجارت جهانی، اطمینان حاصل می‌کند که فرآیندهای دیجیتال‌سازی با بهترین شیوه‌ها و قوانین موجود هم‌راستا هستند (سارکیس و همکاران، ۲۰۲۱). این اقدام به سازمان‌ها کمک می‌کند تا در رقابت جهانی موفقیت بیشتری کسب کنند و بتوانند به‌طور مستمر از فرصت‌های جدید بازار بهره‌برداری نمایند (دونگ [1]و همکاران، ۲۰۲۳). در ادامه به مهم‌ترین الزامات هوشمندسازی زنجیره تأمین پرداخته می‌شود.

زیرساخت‌های فناوری اطلاعات: برای دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین، سازمان‌ها به زیرساخت‌های فناوری اطلاعات قوی و مقیاس‌پذیر نیاز دارند. این زیرساخت‌ها شامل سرورها، شبکه‌ها، سیستم‌های ذخیره‌سازی داده، و سیستم‌های ابری هستند که بتوانند حجم بالای داده‌ها را پردازش کنند و سیستم‌های مختلف را به‌طور یکپارچه ارتباط دهند (سارکیس و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، وجود امنیت بالا برای حفاظت از اطلاعات حساس و جلوگیری از تهدیدات سایبری ضروری است (وانگ و لی[2]، ۲۰۲۴). زیرساخت‌های فناوری اطلاعات یکی از ارکان اصلی دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین به شمار می‌روند. این زیرساخت‌ها شامل سخت‌افزار، نرم‌افزار، شبکه‌ها و سامانه‌های ذخیره‌سازی هستند که به‌طور مؤثر و یکپارچه عمل کرده و امکان مدیریت و تبادل داده‌های زنجیره تأمین را فراهم می‌آورند(فام و همکاران، ۲۰۲۴). اولین بخش از زیرساخت‌های فناوری اطلاعات شامل سخت‌افزار و شبکه‌ها است که توانایی اتصال تمامی اجزاء زنجیره تأمین را فراهم می‌کنند (الترا و همکاران، ۲۰۲۴). این تجهیزات شامل سرورها، کامپیوترهای ایستگاه کاری، دستگاه‌های ذخیره‌سازی اطلاعات، روترها و سوئیچ‌ها هستند که به تبادل اطلاعات بین بخش‌های مختلف سازمان و همچنین با شرکای تجاری کمک می‌کنند. بسیاری‌از شرکت‌ها از سیستم‌های ذخیره‌سازی ابری برای ذخیره و مدیریت داده‌های خود استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها به سازمان‌ها این امکان را می‌دهند که داده‌های خود را به‌صورت مقیاس‌پذیر ذخیره کرده و از هر مکانی به آن‌ها دسترسی داشته باشند (سارکیس و همکاران، ۲۰۲۱). پردازش ابری همچنین هزینه‌های مربوط به نگهداری زیرساخت‌های فیزیکی را کاهش می‌دهد و ازاین‌رو انعطاف‌پذیری و کارآیی زنجیره تأمین را افزایش می‌دهد (فنگ [3]و همکاران، ۲۰۲۴). به‌ویژه در زنجیره‌های تأمین که شامل اطلاعات مالی، تجاری و مشتریان است، باید اطمینان حاصل شود که اطلاعات به‌صورت ایمن و تنها توسط افراد مجاز، قابل دسترسی باشد. زیرساخت‌های فناوری اطلاعات باید قادربه پردازش اطلاعات در زمان واقعی باشند (سارکیس و همکاران، ۲۰۲۱). این امر به‌ویژه در مدیریت موجودی، پیش‌بینی تقاضا، و بهینه‌سازی لجستیک اهمیت دارد. با استفاده‌از داده‌های بلادرنگ، سازمان‌ها می‌توانند تصمیمات سریع‌تر و بهتری در مورد تخصیص منابع، انبارداری، حمل‌ونقل و سایر فرآیندها بگیرند. به‌همین‌دلیل، استفاده از سیستم‌های تحلیلی پیشرفته که قادربه پردازش داده‌های حجیم و پیچیده هستند، برای ایجاد یک زنجیره تأمین هوشمند و پاسخ‌گو ضروری است. زیرساخت‌های فناوری اطلاعات نه‌تنها به‌عنوان بستر اصلی دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین عمل می‌کنند، بلکه به افزایش کارایی، کاهش هزینه‌ها، و بهبود هماهنگی بین تمامی اجزای زنجیره تأمین کمک می‌کنند(فام و همکاران، ۲۰۲۴). سازمان‌ها با پیاده‌سازی و ارتقاء زیرساخت‌های فناوری اطلاعات خود می‌توانند از مزایای گسترده دیجیتال‌سازی بهره‌برداری کرده و در بازارهای رقابتی موفقیت بیشتری کسب کنند (دونگ و همکاران، ۲۰۲۳).

داده‌های دقیق و به‌موقع: برای بهره‌برداری از مزایای دیجیتال‌سازی، وجود داده‌های دقیق و به‌موقع از اهمیت بالایی برخوردار است (دیکسیت [4]و همکاران،۲۰۲۴). داده‌های مرتبط با موجودی، تقاضا، وضعیت حمل‌ونقل، و عملکرد تأمین‌کنندگان باید به‌طورمستمر جمع‌آوری و پردازش شوند. شرکت‌ها باید فرآیندهایی برای بهبود کیفیت داده‌ها و

[1] Dong
[2] Wang & Li
[3] Fang
[4] Dixit

جمع‌آوری داده‌های دقیق از تمامی نقاط زنجیره تأمین طراحی کنند(فنگ و همکاران، ۲۰۲۴). در فرآیند دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین، داده‌های دقیق و به‌موقع نقش حیاتی در بهینه‌سازی عملکرد و تصمیم‌گیری‌های استراتژیک دارند. این داده‌ها می‌توانند شامل اطلاعات موجودی کالا، پیش‌بینی تقاضا، وضعیت حمل‌ونقل، عملکرد تأمین‌کنندگان و وضعیت مالی باشند که برای تنظیم عملیات و تصمیم‌گیری‌های دقیق ضروری هستند. برای دیجیتال‌سازی مؤثر، باید فرآیندهای جمع‌آوری داده به‌گونه‌ای طراحی شوند که شامل اطلاعات جامع و دقیق از تمامی بخش‌های زنجیره تأمین باشند(دیکسیت و همکاران،۲۰۲۴). این داده‌ها باید از منابع مختلف مانند سیستم‌های موجودی، تراکنش‌های مالی، اطلاعات ارسال و دریافت، وضعیت تولید و ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان استخراج شوند. داده‌های ناقص یا نادرست می‌توانند منجربه تصمیم‌گیری‌های غلط، ازدست‌دادن فرصت‌های تجاری و در نتیجه افزایش هزینه‌ها شوند (وانگ و لی، ۲۰۲۴). داده‌های به‌موقع یعنی داده‌هایی که در زمان صحیح و به‌صورت بلادرنگ در اختیار مدیران و تصمیم‌گیرندگان قرار می‌گیرند. این داده‌ها امکان واکنش سریع به تغییرات بازار، پیش‌بینی نوسانات تقاضا، اصلاح مسیرهای حمل‌ونقل، و بهینه‌سازی موجودی را فراهم می‌آورند (چن[1] و همکاران، ۲۰۲۴). به‌عنوان‌مثال، درصورت پیش‌بینی نوسانات ناگهانی در تقاضا، شرکت‌ها می‌توانند موجودی خود را به‌طور بهینه تنظیم کرده و از هزینه‌های اضافی جلوگیری کنند (هارجو[2] و همکاران، ۲۰۲۳). داده‌های دقیق و به‌موقع از الزامات اصلی دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین هستند. با استفاده‌از فناوری‌های نوین و فرآیندهای یکپارچه، سازمان‌ها می‌توانند به داده‌های صحیح و به‌موقع دسترسی داشته باشند و از این داده‌ها برای بهینه‌سازی عملیات خود بهره‌برداری کنند (ساندرز[3] و همکاران،۲۰۱۹). این امر نه‌تنها به بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها منجر می‌شود، بلکه موجب افزایش انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین و بهبود تجربه مشتریان نیز خواهد شد (هارجو و همکاران، ۲۰۲۳). داده‌های دقیق و به‌موقع باید به‌طور مداوم تجزیه‌وتحلیل شوند تا الگوهای جدید، ریسک‌ها و فرصت‌ها شناسایی شوند. این تجزیه‌وتحلیل‌ها می‌توانند شامل پیش‌بینی تقاضا، ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان، شبیه‌سازی سناریوهای مختلف و بهینه‌سازی مسیرهای حمل‌ونقل باشند(ساندرز و همکاران،۲۰۱۹). استفاده‌از ابزارهای تحلیلی پیشرفته مانند هوش تجاری و تحلیل پیش‌بینی می‌تواند به سازمان‌ها کمک کند تا تصمیمات مبتنی بر داده اتخاذ کنند و به‌طورمؤثر از منابع خود استفاده نمایند (دیکسیت و همکاران، ۲۰۲۴).

نیروی انسانی متخصص: دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین نیازمند نیروی انسانی با مهارت‌های فنی و مدیریتی است. این افراد باید توانایی استفاده‌از فناوری‌های جدید مانند اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی، و تحلیل داده‌ها را داشته باشند (چن و همکاران، ۲۰۲۴). علاوه‌براین، افراد باید با چالش‌های تغییرات دیجیتال و مدیریت فرآیندهای نوین آشنا باشند تا بتوانند این تحولات را در سازمان به‌طور مؤثر رهبری کنند. دیجیتال‌سازی فرآیندی پیچیده است که به مهارت‌های فنی، مدیریتی و تحلیلی نیاز دارد تا سازمان‌ها بتوانند از فناوری‌های نوین بهره‌برداری کنند و زنجیره تأمین خود را به‌طور مؤثر مدیریت نمایند (هارولد[4] و همکاران، ۲۰۲۱). نیروی انسانی متخصص نه تنها در استفاده‌از ابزارها و سیستم‌های دیجیتال نقش حیاتی دارد، بلکه در ایجاد یک فرهنگ سازمانی که پذیرای تغییرات و نوآوری‌ها باشد، ضروری است. در کنار مهارت‌های فنی، نیروی انسانی متخصص باید دارای توانمندی‌های مدیریتی و استراتژیک باشد. این افراد باید بتوانند فرآیندهای دیجیتال‌سازی را به‌طور مؤثر رهبری کنند و استراتژی‌های مناسبی برای ادغام فناوری‌های نوین در عملیات زنجیره تأمین تدوین کنند. همچنین توانایی مدیریت تغییر و هدایت تیم‌ها در مسیر تحول دیجیتال از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مدیران و رهبران باید قادربه شناسایی چالش‌ها و فرصت‌ها در هر مرحله از دیجیتال‌سازی و اتخاذ تصمیمات استراتژیک

[1] Chen
[2] Harju
[3] Sanders
[4] Herold

برای بهبود عملکرد باشند (توبیس [1]و همکاران، ۲۰۲۳). نیروی انسانی متخصص باید در یک فرهنگ سازمانی کار کند که پذیرای نوآوری و تغییرات دیجیتال باشد. این فرهنگ باید بر پایه مشارکت، یادگیری مستمر و انعطاف‌پذیری استوار باشد. کارکنان باید انگیزه لازم برای ارائه ایده‌های نو و استفاده‌از فناوری‌های جدید را داشته باشند. به‌ویژه در فرآیند دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین، کارکنان باید تشویق شوند که در مراحل مختلف از ابزارهای نوین برای بهبود فرآیندها استفاده کنند و به‌طورفعال در ارتقاء عملکرد زنجیره تأمین مشارکت کنند (دیکسیت و همکاران، ۲۰۲۴). نیروی انسانی متخصص نقش کلیدی در موفقیت دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین دارد. داشتن کارکنانی با مهارت‌های فنی و مدیریتی مناسب و ایجاد فرهنگی که نوآوری را دربر گیرد، می‌تواند به سازمان‌ها کمک کند تا فرآیندهای دیجیتال‌سازی را به‌طور مؤثر پیاده‌سازی کنند(توبیس و همکاران، ۲۰۲۳).

فرهنگ سازمانی مناسب: تغییرات دیجیتال نیازمند فرهنگ سازمانی است که حمایت‌کننده از نوآوری و استفاده‌از فناوری‌های جدید باشد. در این راستا، آموزش و آماده‌سازی کارکنان برای پذیرش فناوری‌های جدید، به‌ویژه در سطوح مدیریتی و عملیاتی، ضروری است. سازمان‌ها باید برنامه‌های آموزشی و فرهنگ‌سازی را برای ارتقاء درک و توانایی‌های دیجیتال در تمامی سطوح کارکنان خود پیاده‌سازی کنند (فنگ و همکاران، ۲۰۲۴). یکی‌از ویژگی‌های کلیدی فرهنگ سازمانی مناسب برای دیجیتال‌سازی، پذیرش تغییر و نوآوری است. در دنیای امروز که فناوری‌ها به‌سرعت در حال پیشرفت هستند، سازمان‌ها باید محیطی ایجاد کنند که کارکنان بتوانند با راحتی و بدون ترس از شکست، فناوری‌های جدید را امتحان کنند (دیکسیت و همکاران، ۲۰۲۴). این پذیرش نوآوری باید از رأس هرم سازمانی شروع شود و مدیران ارشد باید خود را به‌عنوان الگوهایی برای استفاده‌از فناوری‌های جدید معرفی کنند. سازمان‌هایی که فرهنگ انعطاف‌پذیر دارند، قادربه تطبیق سریع با تحولات جدید خواهند بود و می‌توانند در رقابت‌های جهانی موفق‌تر عمل کنندتیواری و همکاران فرهنگ سازمانی مناسب باید بر پایه همکاری و اشتراک‌گذاری دانش بنا شود. دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین نیازمند یکپارچگی و همکاری بین بخش‌های مختلف سازمان، تأمین‌کنندگان و مشتریان است (فنگ و همکاران، ۲۰۲۴). برای‌این‌که فرآیندهای دیجیتال‌سازی به‌طورمؤثر پیاده‌سازی شوند، نیاز است که کارکنان در سطوح مختلف، اطلاعات و تجربیات خود را به‌اشتراک بگذارند و به‌طورتیمی به حل مسائل پیچیده بپردازند. همچنین سازمان‌ها باید به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها و استفاده‌از آن‌ها برای تصمیم‌گیری‌های بهتر در سطح زنجیره تأمین توجه ویژه‌ای داشته باشند. فرهنگ سازمانی برای دیجیتال‌سازی باید براساس یادگیری و به‌روزرسانی مهارت‌ها بنا شود. کارکنان باید فرصت‌های آموزشی منظم و دسترسی‌به منابع آموزشی به‌روز داشته باشند تا بتوانند با تغییرات تکنولوژیکی همگام شوند و از جدیدترین ابزارها و نرم‌افزارهای مدیریتی برای بهینه‌سازی زنجیره تأمین استفاده کنند (هارولد و همکاران، ۲۰۲۱). این آموزش‌ها باید شامل دوره‌های مرتبط با مدیریت فناوری اطلاعات، تحلیل داده‌ها، و به‌ویژه سیستم‌های خاص مدیریت زنجیره تأمین و برنامه‌ریزی منابع سازمانی باشد. دراین‌راستا، سازمان‌ها باید به رشد و توسعه نیروی انسانی به‌طور مداوم توجه کنند و کارکنان را تشویق کنند تا مهارت‌های خود را در راستای فناوری‌های جدید به‌روز کنند (میشرا [2]و همکاران، ۲۰۲۴). برای دیجیتال‌سازی موفق، فرهنگ سازمانی باید از حمایت مستمر مدیران ارشد برخوردار باشد. مدیران باید به‌عنوان حامیان تغییرات دیجیتال عمل کرده و منابع و زیرساخت‌های لازم را برای فرآیندهای دیجیتال‌سازی فراهم کنند. این حمایت باید شامل ارائه بودجه مناسب، تجهیز سازمان به فناوری‌های نوین، و ایجاد سیاست‌های انگیزشی برای تشویق کارکنان به پذیرش و پیاده‌سازی این تغییرات باشد (چن و همکاران، ۲۰۲۴). با ایجاد چنین فرهنگی، سازمان‌ها می‌توانند فرآیندهای دیجیتال‌سازی خود را به‌طور مؤثر پیاده‌سازی کرده و از مزایای رقابتی آن بهره‌برداری کنندهمچنین، مدیران باید فضای اعتماد و شجاعت را برای کارکنان

[1]Tubis
[2] Mishra

ایجاد کنند تا آنان بتوانند با اطمینان و بدون ترس از اشتباه، پیشنهادات و نوآوری‌های خود را در فرآیند دیجیتال‌سازی ارائه دهند. در فرهنگ سازمانی مناسب برای دیجیتال‌سازی، باید همواره بر بهبود مداوم فرآیندها و استفاده‌از فناوری‌ها برای بهینه‌سازی عملیات تأکید شود. این به‌معنای داشتن یک رویکرد مستمر برای بازنگری و اصلاح فرآیندها در زنجیره تأمین است. با توجه به سرعت تغییرات در دنیای دیجیتال، سازمان‌ها باید همواره در جستجوی بهبودهایی باشند که می‌توانند کارایی و بهره‌وری زنجیره تأمین را افزایش دهند. این رویکرد به‌ویژه برای اطمینان از انطباق با تغییرات بازار، نیازهای مشتریان و تحولات فناوری مهم است (دیکسیت و همکاران، ۲۰۲۴).

همکاری و یکپارچگی با شرکای تجاری: دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین نیازمند همکاری نزدیک و یکپارچگی اطلاعات با تأمین‌کنندگان، توزیع‌کنندگان، و سایر شرکای تجاری است (دیکسیت و همکاران، ۲۰۲۴). این همکاری باید از طریق پلتفرم‌های دیجیتال مشترک و سیستم‌های یکپارچه‌سازی‌شده انجام شود تا بتوان جریان اطلاعات و فرآیندها را در سراسر زنجیره تأمین به‌طوربهینه مدیریت کرد (باستوس [1]و همکاران، ۲۰۲۴). در عصر دیجیتال، همکاری و یکپارچگی با شرکای تجاری یکی از ارکان کلیدی موفقیت در دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین به‌شمار می‌آید. زنجیره تأمین مدرن، به ویژه در مقیاس‌های بزرگ، یک شبکه پیچیده از تأمین‌کنندگان، توزیع‌کنندگان، تولیدکنندگان و مشتریان است که باید به‌طورمؤثر و هماهنگ با یکدیگر، در تعامل باشند. برای اینکه این شبکه در سطح بهینه عمل کند و مزایای دیجیتال‌سازی به‌طورکامل محقق شود، همکاری نزدیک و یکپارچگی اطلاعات میان تمامی اعضای زنجیره تأمین ضروری است (تیواری [2]و همکاران، ۲۰۲۴). اولین گام در همکاری مؤثر با شرکای تجاری، ایجاد یکپارچگی در سیستم‌ها و داده‌ها است. برای این منظور، سازمان‌ها باید از سیستم‌های دیجیتال یکپارچه مانند سیستم‌های مدیریت منابع سازمانی و مدیریت زنجیره تأمین استفاده کنند که امکان تبادل اطلاعات به‌صورت بلادرنگ و یکپارچه را فراهم می‌آورند. این یکپارچگی سیستم‌ها به تمامی طرف‌های زنجیره تأمین این امکان را می‌دهد که اطلاعات دقیق و به‌موقع از وضعیت موجودی‌ها، تولیدات، حمل‌ونقل و تقاضا دریافت کنند و به‌طورمؤثرتر تصمیم‌گیری کنند. علاوه‌براین، داده‌های به‌اشتراک گذاشته‌شده می‌توانند منجربه کاهش هزینه‌ها، بهبود پیش‌بینی‌ها، و افزایش انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین شوند (هارولد و همکاران، ۲۰۲۱). یکی‌دیگراز ارکان موفقیت همکاری و یکپارچگی در زنجیره تأمین، ایجاد روابط مبتنی‌بر اعتماد و ارتباطات مستمر با شرکای تجاری است. اعتماد متقابل میان سازمان‌ها و شرکای تجاری این امکان را فراهم می‌آورد که اطلاعات حساس و استراتژیک به‌راحتی بین طرف‌ها به‌اشتراک گذاشته شود (دیکسیت و همکاران، ۲۰۲۴). این اعتماد باعث می‌شود که تمام اعضای زنجیره تأمین احساس مسئولیت مشترک درقبال بهبود عملکرد زنجیره داشته باشند و در مواقع بحرانی، سریعاً به هماهنگی و همکاری پرداخته و مشکلات را حل کنند (تیواری و همکاران، ۲۰۲۴). ارتباطات مستمر و شفاف همچنین باعث می‌شود که هرگونه تغییر در تقاضا، مشکلات تأمین، یا اختلالات در حمل‌ونقل به‌سرعت شناسایی شده و به‌طورمؤثر مدیریت شوند. همکاری و یکپارچگی با شرکای تجاری باید به‌گونه‌ای باشد که تمامی طرف‌ها از مزایای مشترک آن بهره‌مند شوند. این هم‌افزایی می‌تواند به‌صورت بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها، و افزایش توان رقابتی در بازار محقق شود (هارولد و همکاران، ۲۰۲۱). به‌طور مثال، با استفاده‌از فناوری‌هایی مانند تحلیل پیش‌بینی تقاضا، شرکای تجاری می‌توانند به‌طور مشترک به پیش‌بینی دقیق‌تری از نیازهای بازار دست یابند و استراتژی‌های تأمین و توزیع خود را براساس آن تنظیم کنند. همچنین همکاری نزدیک میان تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان می‌تواند منجربه بهینه‌سازی فرآیندهای تولید و کاهش موجودی‌های زائد شود. فناوری‌های نوین نظیر اینترنت اشیاء، بلاک‌چین، و هوش مصنوعی می‌توانند به تسهیل همکاری و یکپارچگی با شرکای تجاری کمک کنند (دیکسیت و همکاران، ۲۰۲۴). به‌عنوان مثال، استفاده‌از فناوری بلاک‌چین در زنجیره تأمین

[1] Bastos
[2] Tiwari

باعث افزایش شفافیت و اعتماد می‌شود، زیرا تمامی تراکنش‌ها به‌طور غیرقابل تغییر و شفاف ثبت می‌شوند. این فناوری می‌تواند موجب اطمینان بیشتر میان شرکای تجاری شده و امکان ردگیری دقیق‌تر محصولات در سراسر زنجیره تأمین را فراهم آورد. همچنین اینترنت اشیاء با فراهم آوردن امکان نظارت آنی بر وضعیت کالاها و تجهیزات، اطلاعات دقیق و به‌موقع را در اختیار تمام اعضای زنجیره تأمین قرار می‌دهد، که باعث بهبود هماهنگی و واکنش سریع در برابر هرگونه اختلال یا تغییرات بازار می‌شود. یکی دیگر از اصول همکاری مؤثر با شرکای تجاری در زنجیره تأمین، به اشتراک‌گذاری ریسک‌ها و پاداش‌ها است (هی [1]و همکاران، ۲۰۲۴).

مدیریت تغییر و تطبیق با شرایط جدید: دیجیتال‌سازی مستلزم تغییرات عمده در فرآیندها و ساختارهای سازمانی است (دیکسیت و همکاران، ۲۰۲۴). بنابراین، مدیریت تغییر و انطباق سازمان با این تغییرات از الزامات کلیدی است. سازمان‌ها باید برنامه‌های مدیریت تغییر را برای کمک به پذیرش سریع‌تر دیجیتال‌سازی در کارکنان و فرآیندهای خود طراحی کنند. این مدیریت تغییر باید به‌طورمستمر در طول فرآیند پیاده‌سازی فناوری‌ها در زنجیره تأمین پیگیری شود (چن و همکاران، ۲۰۲۴). تطبیق با شرایط جدید نیازمند استراتژی‌های مؤثر مدیریت تغییر است که به سازمان‌ها کمک کند تا به‌طور مؤثر از این تحولات بهره‌برداری کنند و از موانع و مقاومت‌های طبیعی دربرابر تغییر جلوگیری کنند. یکی از چالش‌های اصلی در مدیریت تغییر، ایجاد فرهنگی است که به پذیرش تغییرات کمک کند. کارکنان باید از مراحل اولیه دیجیتال‌سازی آگاه شوند و درک کنند که تغییرات بخشی از فرآیند رشد و بهبود است. مدیران باید از طریق آموزش و ارتباطات مستمر، این فرهنگ را ترویج دهند و به کارکنان نشان دهند که تغییرات نه تنها تهدیدی برای شغل آنان نیست، بلکه فرصتی برای رشد و توسعه بیشتر فراهم می‌آورد. داشتن یک فرهنگ پذیرش تغییر می‌تواند مقاومت‌ها را کاهش دهد و اعضای سازمان را به مشارکت فعال در فرآیند دیجیتال‌سازی ترغیب کند (هان [2]و همکاران، ۲۰۲۱). مدیریت تغییر در دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین نیازمند راهبردهای مشخص و سازمان‌یافته است. این راهبردها باید شامل مراحل شفاف و قابل اجرا برای انتقال به مدل‌های جدید کاری باشد. برای مثال، می‌توان از رویکردهای تدریجی و فازی استفاده کرد تا کارکنان به‌تدریج با فناوری‌های جدید آشنا شوند و تغییرات به‌طور نرم‌تری در سازمان پیاده‌سازی شوند. همچنین در این راهبردها باید به ارزیابی و نظارت مستمر توجه شود تا در صورت بروز مشکلات یا مقاومت‌های غیرمنتظره، راه‌حل‌های مناسب اتخاذ شود (دیکسیت و همکاران، ۲۰۲۴). کارکنان باید مهارت‌های لازم برای استفاده‌از سیستم‌های جدید و فناوری‌های دیجیتال را بیاموزند تا در برابر تغییرات مقاوم نباشند (باستوس و همکاران، ۲۰۲۴). برنامه‌های آموزشی می‌توانند شامل آشنایی با نرم‌افزارهای جدید، تحلیل داده‌ها، و استفاده‌از سیستم‌های مدیریت منابع و زنجیره تأمین باشند. توانمندسازی نیروی انسانی از طریق آموزش‌های مستمر نه تنها به تسهیل فرآیندهای دیجیتال‌سازی کمک می‌کند، بلکه موجب افزایش اعتماد به نفس کارکنان در مواجهه با تغییرات و چالش‌های جدید می‌شود (لاتان [3]و همکاران، ۲۰۲۴).

حمایت مدیریت ارشد و رهبری‌تحول: حمایت مدیریت ارشد و رهبری تحول در فرآیند دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین یکی‌از ارکان اساسی موفقیت در این عرصه به‌شمار می‌آید. دیجیتال‌سازی به عنوان یک تحول استراتژیک نیازمند جهت‌گیری صحیح و حمایت از سوی مدیران ارشد سازمان است. این فرآیند نیازمند تصمیمات کلان، تخصیص منابع و هدایت تغییرات است که بدون حمایت مؤثر و رهبری تحول از سوی مدیران ارشد، تحقق اهداف دیجیتال‌سازی به‌طور مؤثر امکان‌پذیر نخواهد بود. مدیریت ارشد سازمان باید استراتژی‌های دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین را به‌طور واضح و دقیق

[1] He
[2] Han
[3] Latan

تعریف کرده و آن‌ها را با اهداف کلی سازمان هم‌راستا کند (بنتاله [1] و همکاران، ۲۰۱۹). این استراتژی‌ها باید شامل مشخص کردن اولویت‌ها، منابع مورد نیاز، و زمان‌بندی اجرای پروژه‌های دیجیتال‌سازی باشند. به‌علاوه، باید اطمینان حاصل شود که تمامی بخش‌ها و واحدهای سازمانی در راستای یک استراتژی یکپارچه حرکت می‌کنند و اقدامات انجام‌شده در هر مرحله از دیجیتال‌سازی به تحقق اهداف بلندمدت سازمان کمک می‌کند. مدیریت ارشد باید از طریق رهبری استراتژیک این اطمینان را فراهم آورد که تمامی پروژه‌های دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین به‌طور هماهنگ و منسجم اجرا شوند (هان و همکاران، ۲۰۲۱). یکی از مسئولیت‌های اساسی مدیران ارشد در فرآیند دیجیتال‌سازی، تخصیص منابع مالی و انسانی کافی است. دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین به زیرساخت‌های فناوری پیشرفته، ابزارهای نرم‌افزاری و سخت‌افزاری جدید و همچنین نیروی انسانی متخصص نیاز دارد. بدون تأمین این منابع، فرآیند دیجیتال‌سازی با مشکلاتی نظیر کمبود بودجه، عدم توانایی در ارتقاء سیستم‌ها و ابزارهای لازم، یا عدم‌دسترسی به نیروی کار با مهارت‌های مناسب مواجه خواهد شد. به‌همین‌دلیل، مدیران ارشد باید منابع مالی و انسانی لازم را تخصیص داده و به‌طور مستمر بر پیشرفت پروژه‌های دیجیتال‌سازی نظارت نموده تا از موفقیت آن‌ها اطمینان حاصل کنند. برای موفقیت در دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین، مدیران ارشد باید به‌عنوان الگوهای تغییر و تحول عمل کنند (چن و همکاران، ۲۰۲۴). آن‌ها باید با نشان دادن اهمیت تغییرات دیجیتال و مزایای آن‌ها برای سازمان، انگیزه لازم را در کارکنان ایجاد کنند. این حمایت باید از طریق ارتباطات شفاف و مؤثر انجام شود که در آن مدیران ارشد اهمیت استراتژی‌های دیجیتال‌سازی، نحوه تأثیر آن‌ها بر بهبود عملکرد زنجیره تأمین، و فرصت‌های جدید را برای سازمان و کارکنان تشریح کنند(هان و همکاران، ۲۰۲۱). علاوه‌براین، حمایت از آموزش و توانمندسازی کارکنان در استفاده‌از فناوری‌های جدید می‌تواند مقاومت در برابر تغییرات را کاهش دهد و کارکنان را برای پذیرش تغییرات آماده کند(هی و همکاران، ۲۰۲۴). رهبری باید به‌گونه‌ای باشد که تمامی سطوح سازمان را درگیر کرده و مشارکت تمامی بخش‌ها را برای انجام تغییرات فراهم کند. رهبران تحول باید تغییرات را به‌عنوان فرصتی برای بهبود مستمر و رقابت‌پذیری در نظر بگیرند. حمایت مدیریت ارشد از دیجیتال‌سازی باید شامل نظارت و ارزیابی مستمر بر پیشرفت پروژه‌های دیجیتال‌سازی باشد (لاتان و همکاران، ۲۰۲۴). برای اینکه فرآیندهای دیجیتال‌سازی به‌طور مؤثر پیش بروند، مدیران ارشد باید شاخص‌های عملکرد کلیدی را برای ارزیابی موفقیت پروژه‌ها تعیین کنند و از این طریق، روند تغییرات را به‌طور دقیق پیگیری نمایند. این ارزیابی‌ها باید شامل بررسی تأثیرات دیجیتال‌سازی بر کارایی زنجیره تأمین، کیفیت خدمات، و کاهش هزینه‌ها باشد. همچنین مدیریت ارشد باید درصورت بروز مشکلات یا انحراف از اهداف استراتژیک، اقدام‌به اصلاح و تنظیم مجدد استراتژی‌ها کند (بنتاله و همکاران، ۲۰۱۹). دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین می‌تواند با چالش‌های مختلفی همراه باشد، از جمله مشکلات فنی، تغییرات در محیط بازار، و مقاومت در برابر تغییر. مدیران ارشد باید توانایی شناسایی این ریسک‌ها و پیش‌بینی چالش‌های احتمالی را داشته باشند و برنامه‌های مناسبی برای مدیریت ریسک‌ها تدوین کنند. این برنامه‌ها باید شامل استراتژی‌های مقابله با اختلالات در تأمین منابع، مشکلات مربوط به امنیت داده‌ها، و نیازهای سازگاری با تغییرات سریع فناوری باشد(باستوس و همکاران، ۲۰۲۴).

٤.۲. پژوهش‌های قبلی

ویژگی‌های پژوهش‌های گذشته در زمینه الزامات دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین را می‌توان به شرح جدول ۱ برشمرد.

[1] Bentalha

جدول ۱. الزامات هوشمندسازی زنجیره تأمین

محققان	الزامات	یافته‌ها
سارکیس و همکاران، ۲۰۲۱	زیرساخت‌های فناوری اطلاعات	زیرساخت‌ها شامل سرورها، شبکه‌ها، سیستم‌های ذخیره‌سازی داده، و سیستم‌های ابری هستند که بتوانند حجم بالای داده‌ها را پردازش کنند.
هارجو و همکاران، ۲۰۲۳		ذخیره‌سازی داده‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که هم از لحاظ امنیتی و هم ازنظر مقیاس‌پذیری پاسخگوی نیازهای زنجیره تأمین باشد.
وانگ و لی، ۲۰۲۴		وجود امنیت بالا برای حفاظت از اطلاعات حساس و جلوگیری از تهدیدات سایبری ضروری است.
میشرا و همکاران، ۲۰۲۴	فرهنگ‌سازی مناسب	سازمان‌ها باید به رشد و توسعه نیروی انسانی به‌طور مداوم توجه کنند و کارکنان را تشویق کنند تا مهارت‌های خود را در راستای فناوری‌های جدید به‌روز کنند.
فنگ و همکاران، ۲۰۲۴		فرهنگ سازمانی مناسب باید بر پایه همکاری و اشتراک‌گذاری دانش بنا شود.
تیواری و همکاران، ۲۰۲۴		سازمان‌هایی که فرهنگ انعطاف‌پذیر دارند، قادربه تطبیق سریع با تحولات جدید خواهند بود.
بنتاله و همکاران، ۲۰۱۹	حمایت مدیریت ارشد و رهبری تحول	مدیران ارشد باید شاخص‌های عملکرد کلیدی را برای ارزیابی موفقیت پروژه‌ها تعیین کنند و از این طریق، روند تغییرات را به‌طور دقیق پیگیری نمایند.
باستوس و همکاران، ۲۰۲۴		مدیران ارشد باید توانایی شناسایی این ریسک‌ها و پیش‌بینی چالش‌های احتمالی را داشته باشند و برنامه‌های مناسبی برای مدیریت ریسک‌ها تدوین کنند.
چن و همکاران، ۲۰۲۴	مدیریت تغییر و تطبیق با شرایط جدید	مدیریت تغییر باید به‌طورمستمر در طول فرآیند پیاده‌سازی فناوری‌ها در زنجیره تأمین پیگیری شود.
هان و همکاران، ۲۰۲۱		داشتن یک فرهنگ پذیرش تغییر می‌تواند مقاومت‌ها را کاهش دهد و اعضای سازمان را به مشارکت فعال در فرآیند دیجیتال‌سازی ترغیب کند.
هارولد و همکاران، ۲۰۲۱	نیروی انسانی متخصص	دیجیتال‌سازی فرآیندی پیچیده است که به مهارت‌های فنی، مدیریتی و تحلیلی نیاز دارد تا سازمان‌ها بتوانند از فناوری‌های نوین بهره‌برداری کنند.
توبیس و همکاران، ۲۰۲۳		نیروی انسانی متخصص نقش کلیدی در موفقیت دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین دارد.
ساندرز و همکاران، ۲۰۱۹	داده‌های دقیق و به‌موقع	داده‌های دقیق و به‌موقع باید به‌طور مداوم تجزیه‌وتحلیل شوند تا الگوهای جدید، ریسک‌ها و فرصت‌ها شناسایی شوند.
هی و همکاران، ۲۰۲۴	همکاری و یکپارچگی با شرکای تجاری	یکی دیگر از اصول همکاری مؤثر با شرکای تجاری در زنجیره تأمین، به اشتراک‌گذاری ریسک‌ها و پاداش‌ها است.
دیکسیت و همکاران، ۲۰۲۴		دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین نیازمند همکاری نزدیک و یکپارچگی اطلاعات با تأمین‌کنندگان، توزیع‌کنندگان، و سایر شرکای تجاری است.

بررسی نقادانه پیشینه پژوهش نشان می‌دهد مطالعات انجام شده در یک قلمرو جغرافیایی خاص انجام شده‌اندو بسیاری از پژوهش‌ها به بررسی الزامات محدودی مانند زیرساخت‌های فناوری اطلاعات، داده‌های دقیق و فرهنگ‌سازمانی پرداخته‌اند. در مدل‌های مفهومی موجود، نقش عوامل مدیریتی و راهبردی کمتر موردتوجه قرار گرفته است. همچنین الزامات هوشمندسازی در بستر شرکت‌های کوچک‌ومتوسط مغفول مانده است. در پژوهش حاضر، علاوه بر این الزامات رایج، دو عامل کلیدی «مدیریت تغییر و تطبیق با شرایط جدید» و «حمایت مدیریت ارشد و رهبری تحول» نیز به مدل مفهومی اضافه شده‌اند که باتوجه‌به ماهیت تحول‌گرایانه دیجیتال‌سازی، نقش حیاتی در موفقیت اجرای فناوری‌های نوین ایفا می‌کنند؛ بنابراین نوآوری پژوهش حاضر شناسایی و اولویت‌بندی الزامات هوشمندسازی زنجیره تأمین در صنایع کوچک‌ومتوسط ایران با استفاده از نقطه‌نظرات مدیران و کارشناسان این شرکت‌ها می‌باشد.

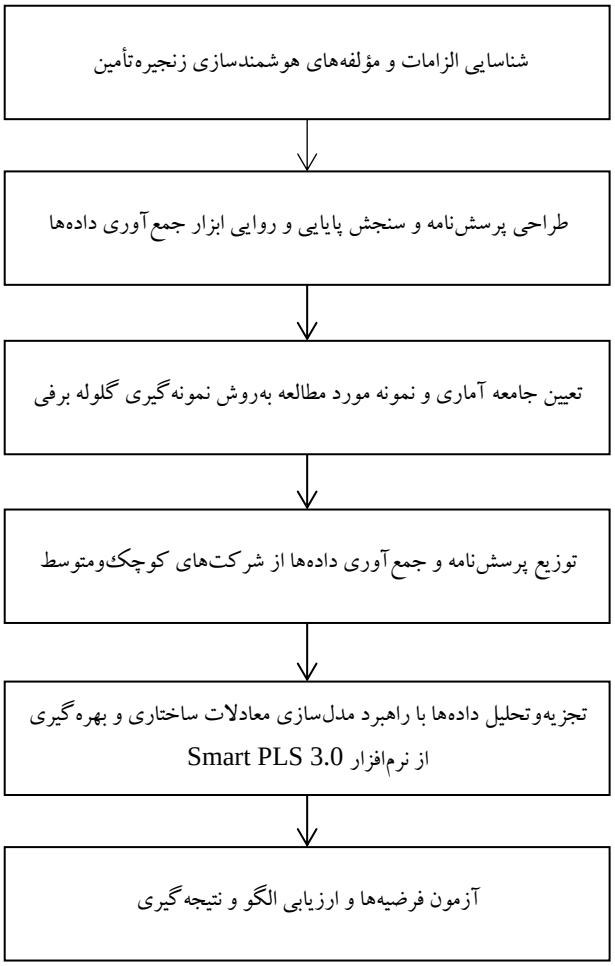
۳. روش

پژوهش حاضر از نظر جهت‌گیری، کاربردی و از نظر روش‌شناسی، کمی است که با استفاده‌از راهبرد توصیفی-همبستگی انجام شده‌است. جامعه‌آماری این پژوهش مدیران و کارشناسان شرکت‌های کوچک‌ومتوسط ایران هستند. برای جمع‌آوری داده‌ها و آزمون فرضیه‌ها از ابزار پرسش‌نامه استفاده‌شد. باتوجه‌به اینکه در مطالعات مربوط‌به مدل‌سازی معادلات ساختاری برای محاسبه حجم نمونه معمولاً از رابطه $5q \leq n \leq 15q$ استفاده می‌شود. که در فرمول فوق q تعداد سؤالات پرسش‌نامه و n اندازه نمونه است، تعداد سؤالات پرسش‌نامه پژوهش ۱۶ سؤال و حداقل حجم نمونه کافی ۸۰ نفر می‌باشد که در این پژوهش ۹۰ نفر از مدیران و کارشناسان شرکت‌هایی که در حیطه هوشمندسازی آگاهی و تجربه داشته و اقداماتی دراین‌زمینه انجام داده‌اند، به‌روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی، انتخاب شدند. اطلاعات جمعیت شناختی شرکت‌کنندگان در پژوهش مطابق جدول ۲ می‌باشد:

جدول ۲. اطلاعات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان در پژوهش

سن	فراوانی	وضعیت تحصیلات	فراوانی	تجربیات	فراوانی	جنسیت	فراوانی
کمتر از ۳۰ سال	۲۸	فوق دیپلم	۰	کمتر از ۱۰ سال	۸	زن	۲۷
۳۱ تا ۴۰ سال	۳۷	کارشناسی	۴۳	۱۱ تا ۲۰ سال	۳۵	مرد	۶۳
۴۱ تا ۵۰ سال	۱۸	کارشناسی ارشد	۳۶	۲۱ تا ۳۰ سال	۴۱		
بیشتر از ۵۱ سال	۷	دکتری	۱۱	بیشتر از ۳۱ سال	۶		
جمع	۹۰	جمع	۹۰	جمع	۹۰	جمع	۹۰

جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری استفاده‌شد. مدل معادلات ساختاری روشی برای بررسی روابط میان متغیرهای پنهان است که هم‌زمان متغیرهای مشاهده‌پذیر را نیز درنظر می‌گیرد. منظور از متغیرهای پنهان همان عوامل اصلی هستند که در یک الگو یا مدل مفهومی نمایش داده می‌شوند. متغیرهای مشاهده‌پذیر نیز همان گویه‌ها یا سؤالات مربوط‌به سنجش عوامل اصلی می‌باشند. این روش یک ساختار علّی ویژه بین مجموعه‌ای از متغیرهای پنهان و متغیرهای مشاهده‌پذیر است. با استفاده‌از روش مدل‌یابی معادلات ساختاری روابط بین متغیرهای پنهان با یکدیگر و نیز گویه‌های سنجش هر متغیر پنهان با متغیر مربوط قابل بررسی است. در این پژوهش، برای انجام محاسبات معادلات ساختاری از نرم‌افزار Smart PLS 3.0 استفاده‌شد. در شکل ۱، گام‌های اجرای پژوهش نمایش‌داده‌شده است.



شکل ۱. مراحل اجرای پژوهش

تعریف عملیاتی و ابزار اندازه‌گیری متغیرهای پژوهش به‌شرح جدول ۳ می‌باشد.

جدول ۳. مشخصات متغیرهای پژوهش

فهرست متغیرها	شماره متغیر	ماهیت متغیرها	تعریف عملیاتی متغیرها	سؤالات پرسش‌نامه	نامگذاری متغیرها	مقیاس سنجش	ابزار اندازه‌گیری
زیرساخت‌های فناوری اطلاعات	۱	کیفی	میزان فراهم بودن زیرساخت‌ها شامل سرورها، شبکه‌ها، سیستم‌های ذخیره‌سازی داده، و سیستم‌های ابری که بتوانند حجم بالای داده‌ها را پردازش کنند	۱و۲	مستقل	رتبه‌ای	ضریب مسیر، آماره تی، اندازه اثر F^2
داده‌های دقیق و به‌موقع	۲	کیفی	میزان دقیق و به‌موقع بودن داده‌ها که نقش حیاتی در بهینه‌سازی عملکرد و تصمیم‌گیری‌های استراتژیک دارند	۳و۴	مستقل	رتبه‌ای	
نیروی انسانی متخصص	۳	کیفی	توانایی نیروی انسانی در استفاده‌از فناوری‌های جدید مانند اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی و تحلیل داده‌ها	۵و۶	مستقل	رتبه‌ای	
فرهنگ‌سازی مناسب	۴	کیفی	میزان حمایت فرهنگ سازمانی از تغییرات دیجیتال، نوآوری و استفاده‌از فناوری‌های جدید	۷و۸	مستقل	رتبه‌ای	

همکاری و یکپارچگی با شرکای تجاری	۵	کیفی	میزان یکپارچگی و همکاری بین بخش‌های مختلف سازمان، تأمین‌کنندگان و مشتریان	۹و۱۰	مستقل	رتبه‌ای	
مدیریت تغییر و تطبیق با شرایط جدید	۶	کیفی	میزان دارا بودن برنامه‌های مدیریت تغییر و راهبردهای مشخص و سازمان‌یافته برای کمک به پذیرش سریع‌تر دیجیتال‌سازی در کارکنان و فرآیندهای خود	۱۱و۱۲	مستقل	رتبه‌ای	
حمایت مدیریت ارشد و رهبری تحول	۷	کیفی	میزان جهت‌گیری صحیح و حمایت مدیران ارشد سازمان از دیجیتال‌سازی به عنوان یک تحول استراتژیک	۱۳و۱۴	مستقل	رتبه‌ای	
هوشمندسازی زنجیره تأمین	۸	کیفی	میزان استفاده سازمان از ابزارها و سیستم‌های الکترونیکی که برای ایجاد، ذخیره، پردازش و انتقال اطلاعات به‌صورت دیجیتال طراحی شده‌اند	۱۵و۱۶	وابسته	رتبه‌ای	معیار R^2، معیار Q^2

٤. یافته‌ها

٤.١. برازش مدل مفهومی پژوهش

برازش مدل مفهومی به‌ترتیب شامل مراحل زیر انجام شده‌است:

٤.١.١. برازش مدل بیرونی

مدل بیرونی در تکنیک مدل‌سازی معادلات ساختاری ارتباط بین متغیرها و سؤالات را اندازه‌گیری می‌کند. در مدل بیرونی پایایی و روایی پرسش‌نامه پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفته‌است.

روایی همگرا در سطح متغیر آشکار توسط شاخص بارعاملی متغیرها اندازه‌گیری می‌شود. بار عاملی از طریق محاسبه مقدار همبستگی شاخص‌های یک سازه با آن سازه محاسبه می‌شود. در پرسش‌نامه پژوهش تمامی سؤالات ضرایب بالاتر از ۰/۴ دارند که نشان از روایی مناسب پرسش‌نامه پژوهش دارد.

روایی همگرا در سطح متغیر پنهان با شاخص AVE اندازه‌گیری می‌شود. این معیار نشان‌دهنده میانگین واریانس به‌اشتراک‌گذاشته‌شده بین هر سازه با شاخص‌های خود است. مقادیر AVE در جدول ۴ نشان داده شده‌است.

جدول ٤. مقادیر AVE

ردیف	متغیرها	AVE
۱	زیرساخت‌های فناوری اطلاعات	۰/۷۹۹
۲	داده‌های دقیق و به‌موقع	۰/۸۴۰
۳	نیروی انسانی متخصص	۰/۷۲۷
۴	فرهنگ‌سازی مناسب	۰/۷۳۱
۵	همکاری و یکپارچگی با شرکای تجاری	۰/۷۹۴
۶	مدیریت تغییر و تطبیق با شرایط جدید	۰/۸۱۴

ردیف	متغیرها	AVE
۷	حمایت مدیریت ارشد و رهبری تحول	۰/۷۹۹
۸	هوشمندسازی زنجیره تأمین	۰/۷۸۸

با توجه به مقادیر به دست آمده برای معیارAVE ، تمامی متغیرهای این پژوهش مقدار بالای ۰/۵ دارند که نشان از تأیید روایی همگرا پرسش‌نامه پژوهش در سطح متغیرهای پنهان را دارد.

روایی واگرا در سطح متغیرهای آشکار با بار عاملی متقابل[1] سنجش می‌شود. بار عاملی (یا ضریب همبستگی) هر متغیر آشکار با متغیر پنهان خودش باید بالاتر از بار عاملی (یا ضریب همبستگی) آن متغیر آشکار با سایر متغیرهای پنهان (موجود در مدل) باشد. بار عاملی متقابل در جدول ۵ نشان داده شده‌است.

جدول ۵. بار عاملی متقابل

متغیرها / سوالات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
q1	۰/۸۴۷	۰/۸۲۵	۰/۸۶۹	۰/۷۹۹	۰/۹۱۴	۰/۹۱۸	۰/۷۹۴	۰/۸۴۷
q2	۰/۸۱۰	۰/۷۴۵	۰/۸۰۸	۰/۸۹۲	۰/۷۷۹	۰/۹۲۳	۰/۷۴۴	۰/۸۱۰
q3	۰/۷۷۴	۰/۷۶۹	۰/۸۹۲	۰/۸۳۷	۰/۷۶۰	۰/۹۱۹	۰/۷۴۴	۰/۷۷۴
q4	۰/۸۹۳	۰/۸۸۹	۰/۸۴۳	۰/۸۲۱	۰/۸۸۹	۰/۸۴۳	۰/۸۲۱	۰/۸۹۳
q5	۰/۸۹۹	۰/۸۸۹	۰/۸۶۴	۰/۸۹۶	۰/۸۸۹	۰/۷۶۵	۰/۸۹۶	۰/۸۹۹
q6	۰/۸۸۸	۰/۸۷۷	۰/۸۶۶	۰/۷۳۴	۰/۸۷۷	۰/۸۶۶	۰/۸۵۵	۰/۸۸۸
q7	۰/۸۹۳	۰/۷۴۵	۰/۷۵۶	۰/۸۹۶	۰/۸۸۹	۰/۸۹۹	۰/۹۰۸	۰/۸۹۳
q8	۰/۸۹۰	۰/۷۸۹	۰/۸۸۰	۰/۸۷۱	۰/۷۵۸	۰/۸۸۰	۰/۹۰۳	۰/۸۹۰
q9	۰/۸۹۳	۰/۷۶۳	۰/۷۶۵	۰/۸۹۶	۰/۸۹۶	۰/۸۷۶	۰/۹۱۳	۰/۸۹۳
q10	۰/۸۹۳	۰/۸۸۹	۰/۸۹۶	۰/۹۰۲	۰/۸۹۷	۰/۸۹۶	۰/۸۹۶	۰/۸۹۳
q11	۰/۸۳۴	۰/۸۸۹	۰/۸۹۷	۰/۹۳۴	۰/۸۹۹	۰/۸۹۷	۰/۸۹۶	۰/۸۳۴
q12	۰/۸۲۲	۰/۸۷۶	۰/۷۸۸	۰/۹۴۳	۰/۷۹۸	۰/۷۴۳	۰/۸۹۶	۰/۸۲۲
q13	۰/۸۱۱	۰/۹۳۲	۰/۸۹۹	۰/۸۹۶	۰/۸۸۸	۰/۸۹۹	۰/۸۹۶	۰/۸۱۱
q14	۰/۸۳۴	۰/۹۴۳	۰/۸۸۸	۰/۸۹۶	۰/۸۹۸	۰/۸۸۸	۰/۸۹۶	۰/۸۳۴
q15	۰/۸۴۴	۰/۹۷۶	۰/۸۹۸	۰/۸۹۹	۰/۸۱۹	۰/۸۹۸	۰/۸۹۹	۰/۸۴۴
q16	۰/۸۳۳	۰/۸۹۹	۰/۸۱۹	۰/۸۹۸	۰/۹۲۱	۰/۸۱۹	۰/۸۹۸	۰/۸۳۳

همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌گردد بار عاملی هر متغیر آشکار با متغیر پنهان خودش بالاتر از بار عاملی آن متغیر آشکار با سایر متغیرهای پنهان است.

روایی واگرا در سطح متغیر پنهان توسط ماتریس فورنل-لارکر[2] قابل تشخیص است. فورنل و لارکر برای بررسی روایی واگرا ماتریسی را پیشنهاد می‌دهند که قطر اصلی این ماتریس حاوی جذر مقادیر AV مربوط‌به هر یک از متغیرها است. ماتریس فورنل-لارکر در جدول ۶ قابل‌مشاهده است.

[1] Cross loading

1 Fornell-Larcker

جدول ٦. جدول فورنل-لارکر

عوامل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱	۰/۹۱۰							
۲	۰/۸۹۳	۰/۸۹۹						
۳	۰/۹۰۷	۰/۸۶۱	۰/۹۴۹					
۴	۰/۸۸۸	۰/۸۱۰	۰/۹۰۵	۰/۹۳۳				
۵	۰/۸۸۱	۰/۸۹۸	۰/۸۷۶	۰/۸۳۷	۰/۸۹۴			
۶	۰/۸۸۳	۰/۸۴۹	۰/۹۳۳	۰/۹۲۱	۰/۸۸۹	۰/۹۱۷		
۷	۰/۸۳۲	۰/۸۱۰	۰/۸۶۴	۰/۸۷۰	۰/۸۳۵	۰/۸۲۹	۰/۹۱۰	
۸	۰/۸۹۳	۰/۸۶۱	۰/۹۰۵	۰/۸۳۷	۰/۸۸۹	۰/۸۶۱	۰/۸۹۳	۰/۸۹۹

همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌گردد، همبستگی یک متغیر با خود در مقایسه با سایر متغیرها بیشتر است که نشان از روایی واگرا قابل قبول پرسش‌نامه این پژوهش دارد.

در پژوهش حاضر، برای سنجش پایایی پرسش‌نامه، پس‌از وارد کردن داده‌ها، با استفاده‌از نرم‌افزار Smart PLS ضریب پایایی محاسبه شد. برای سنجش پایایی پرسش‌نامه در این پژوهش از معیارهای آلفای کرونباخ[1] و پایایی ترکیبی[2] استفاده گردید. مقادیر آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی در جدول ۷ نشان داده شده‌است.

جدول ۷. مقادیر پایایی

ردیف	متغیرها	آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی
۱	زیرساخت‌های فناوری اطلاعات	۰/۸۷۳	۰/۹۲۲
۲	داده‌های دقیق و به‌موقع	۰/۹۰۵	۰/۹۴۰
۳	نیروی انسانی متخصص	۰/۸۱۱	۰/۸۸۹
۴	فرهنگ‌سازی مناسب	۰/۸۱۵	۰/۸۹۰
۵	همکاری و یکپارچگی با شرکای تجاری	۰/۸۷۱	۰/۹۲۱
۶	مدیریت تغییر و تطبیق با شرایط جدید	۰/۸۸۶	۰/۹۲۹
۷	حمایت مدیریت ارشد و رهبری تحول	۰/۸۶۵	۰/۹۱۷
۸	هوشمندسازی زنجیره تأمین	۰/۹۰۵	۰/۹۲۹

همان‌گونه که در جدول ۷ دیده می‌شود تمامی متغیرهای پژوهش ضریب آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی بالاتر از ۰/۷ دارند، بنابراین، پایایی پرسش‌نامه پژوهش تأیید می‌شود.

۲.۱.٤. برازش مدل درونی

برای برازش مدل ساختاری (درونی) در رویکرد مدل‌سازی معادلات ساختاری در نرم‌افزار Smart PLS معیارهای زیر در این پژوهش موردبررسی قرار گرفته‌است:

اندازه اثر F^2 کوهن: برای محاسبه اندازه اثر از میزان ضریب تعیین استفاده می‌شود. سه مقدار ۰/۰۲، ۰/۱۵ و ۰/۳۵ به‌ترتیب نشان‌دهنده اندازه تأثیر کوچک، متوسط و بزرگ است. مقادیر اندازه اثر کوهن در جدول ۱۰ قابل‌مشاهده است.

1 Cronbach Alpha
2 Composite Reliability

جدول ۸. اندازه اثر F^2 کوهن

متغیرها	F^2
زیرساخت‌های فناوری اطلاعات	۰/۶۲۱
داده‌های دقیق و به‌موقع	۰/۳۸۹
نیروی انسانی متخصص	۰/۴۵۶
فرهنگ‌سازی مناسب	۰/۵۷۴
همکاری و یکپارچگی با شرکای تجاری	۰/۲۴۹
مدیریت تغییر و تطبیق با شرایط جدید	۰/۴۸۳
حمایت مدیریت ارشد و رهبری تحول	۰/۵۰۴

همان‌گونه که در جدول ۸ مشاهده می‌شود، اندازه اثر متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته قابل قبول است. علاوه‌براین، متغیر «زیرساخت‌های فناوری اطلاعات» با ضریب ۰/۶۲۱ بیشترین تأثیرگذاری را بر هوشمندسازی زنجیره تأمین دارد و متغیر «داده‌های دقیق و به‌موقع» با ضریب ۰/۳۸۹ کمترین تأثیرگذاری را بر هوشمندسازی زنجیره تأمین دارد.

معیار R^2: معیار R برای متصل کردن بخش اندازه‌گیری و بخش ساختاری مدل‌سازی معادلات ساختاری به کار می‌رود و نشان از تأثیری دارد که یک متغیر مستقل بر یک متغیر وابسته می‌گذارد. مقادیر R^2 در جدول ۹ نشان داده شده‌است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود متغیرهای درون‌زا مدل مفهومی پژوهش از مقدار R^2 مطلوبی برخوردارند که نشان‌از این موضوع دارد که متغیر وابسته به‌خوبی توسط متغیرهای مستقل تبیین شده است.

معیار Q^2: معیار Q^2 قدرت پیش‌بینی مدل را مشخص می‌سازد. مقادیر Q^2 در جدول ۹ نشان داده شده‌است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود معیار Q^2 بزرگ‌تراز صفر است که نشان‌از قدرت پیش‌بینی مناسب مدل پژوهش دارد.

جدول ۹. معیار R^2 و Q^2

ردیف	مسیر	R^2	Q^2
۱	هوشمندسازی زنجیره تأمین	۰/۸۶۶	۰/۶۳۵

ضریب مسیر: ضریب مسیر به این معنی است که اگر یک واحد انحراف معیار متغیر مستقل تغییر کند، به اندازه ضریب مسیر واحد، انحراف معیار متغیر وابسته تغییر خواهد کرد. مقادیر ضریب مسیر در جدول ۱۰ نشان داده شده‌است.

آماره تی: برازش مدل ساختاری با استفاده‌از آماره تی به این صورت است که این ضرایب باید از ۱/۹۶ بیشتر باشند تا در سطح اطمینان ۹۵ درصد بتوان معنادار بودن آن‌ها را تأیید نمود. مقادیر مرتبط با آماره تی در جدول ۹ نشان داده‌شده‌است.

۲.٤. برازش کلی مدل

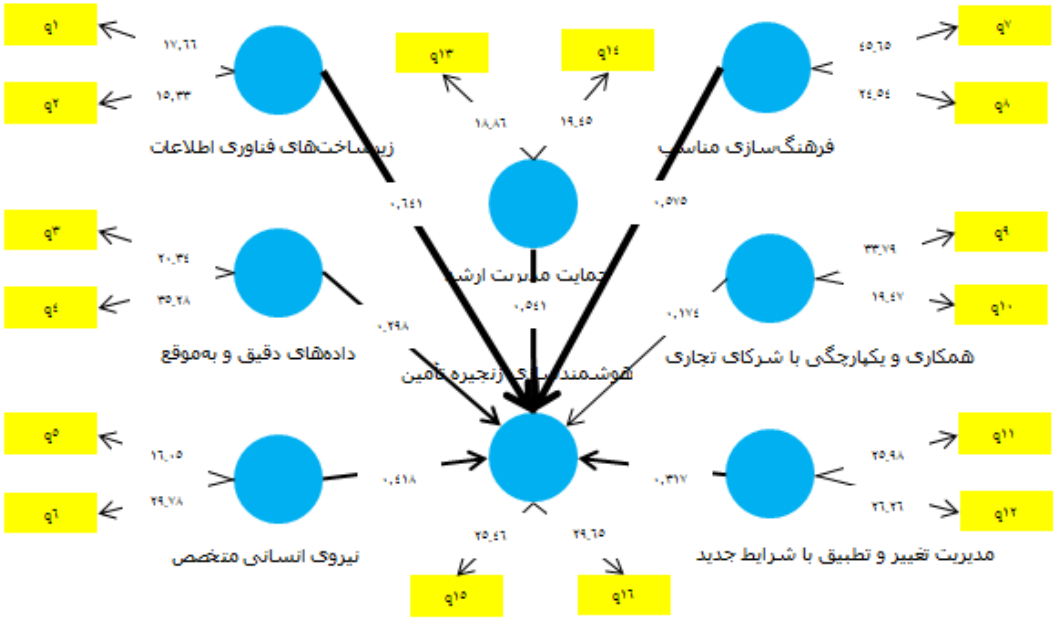
برازش کلی مدل پژوهش حاضر با شاخص SRMR مورد سنجش قرار گرفته‌است. شاخص به‌دست آمده در این پژوهش ۰/۰۷ است که نشان از برازش کلی قابل قبول مدل این پژوهش دارد. در جدول ۱۰ نتایج حاصل از آزمون فرضیه‌های پژوهش در سطح معناداری ۰/۹۵ نشان داده‌شده‌است.

همان‌گونه که در جدول ۹ مشاهده می‌گردد تمامی روابط موجود در این پژوهش به‌جز رابطه ۵ یعنی «همکاری و یکپارچگی با شرکای تجاری بر هوشمندسازی زنجیره تأمین»، مورد تأیید قرار گرفته‌است.

در شکل۲، مدل ساختاری پژوهش نمایش داده‌شده‌است.

جدول ۱۰. نتایج حاصل از آزمون فرضیه‌ها

ردیف	مسیر	آماره تی	ضریب مسیر	نتیجه
۱	زیرساخت‌های فناوری اطلاعات بر هوشمندسازی زنجیره تأمین	۶/۸۵۲	۰/۶۴۱	تأیید
۲	داده‌های دقیق و به‌موقع بر هوشمندسازی زنجیره تأمین	۲/۵۸۴	۰/۲۹۸	تأیید
۳	نیروی انسانی متخصص بر هوشمندسازی زنجیره تأمین	۳/۹۷۸	۰/۴۱۸	تأیید
۴	فرهنگ‌سازی مناسب بر هوشمندسازی زنجیره تأمین	۶/۰۷۳	۰/۵۷۵	تأیید
۵	همکاری و یکپارچگی با شرکای تجاری بر هوشمندسازی زنجیره تأمین	۱/۳۳۹	۰/۱۷۴	رد
۶	مدیریت تغییر و تطبیق با شرایط جدید بر هوشمندسازی زنجیره تأمین	۳/۵۲۸	۰/۳۱۷	تأیید
۷	حمایت مدیریت ارشد و رهبری تحول بر هوشمندسازی زنجیره تأمین	۴/۸۰۸	۰/۵۴۱	تأیید



شکل۲. مدل ساختاری پژوهش

۵. بحث و نتیجه‌گیری

هدف این مطالعه شناسایی و رتبه بندی الزامات پیاده‌سازی زنجیره تأمین دیجیتال در صنایع ایران براساس شدت اثرگذاری بود. نتایج تجزیه‌وتحلیل داده‌ها منجربه شناسایی ۶ دسته عوامل گردید که رابطه مستقیمی با هوشمندسازی زنجیره تأمین دارند. الزامات شناسایی‌شده براساس میزان تأثیرگذاری به‌ترتیب عبارت‌انداز: زیرساخت‌های فناوری اطلاعات، فرهنگ‌سازی مناسب، حمایت مدیریت ارشد و رهبری تحول، مدیریت تغییر و تطبیق با شرایط جدید، نیروی انسانی متخصص و داده‌های دقیق و به‌موقع. متغیر «زیرساخت‌های فناوری اطلاعات» بیشترین تأثیرگذاری و متغیر «داده‌های دقیق و به‌موقع» کمترین تأثیرگذاری را بر هوشمندسازی زنجیره تأمین دارند. در ادامه به بحث و بررسی الزامات شناسایی‌شده و ارائه پیشنهادات کاربردی پرداخته می‌شود.

۱. زیرساخت‌های فناوری اطلاعات با نتایج پژوهش‌های (سرکیس و همکاران، ۲۰۲۱) و (هارجو و همکاران، ۲۰۲۳) و (وانگ و لی، ۲۰۲۴) مطابقت دارد. در دنیای امروز که تحولات فناوری به سرعت در حال رخ دادن است، داشتن زیرساخت‌های فناوری اطلاعات مناسب برای پشتیبانی از این تغییرات ضروری است. این زیرساخت‌ها باید توانایی پردازش و ذخیره‌سازی داده‌های بزرگ، تجزیه و تحلیل پیچیده و ارائه پاسخ‌های سریع و به‌موقع را داشته باشند. این سخت‌افزارها

باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند حجم بالای داده‌ها را پردازش کنند و درعین‌حال امنیت اطلاعات را تأمین کنند. در دنیای دیجیتال امروز، ذخیره‌سازی داده‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که هم ازلحاظ امنیتی و هم ازنظر مقیاس‌پذیری پاسخگوی نیازهای زنجیره تأمین باشد.

۲. فرهنگ‌سازی مناسب با نتایج مطالعات (میشرا و همکاران، ۲۰۲۴) و (فنگ و همکاران، ۲۰۲۴) و (تیواری و همکاران، ۲۰۲۴) هم‌راستایی دارد. فرهنگ سازمانی یکی از ارکان اساسی در موفقیت فرآیندهای دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین است. برای اینکه دیجیتال‌سازی به‌طور مؤثردر سازمان‌ها پیاده‌سازی شود، باید فرهنگ سازمانی به‌گونه‌ای شکل گیرد که تغییرات، نوآوری و پذیرش فناوری‌های جدید را تسهیل کند. فرهنگ سازمانی مناسب می‌تواند از مقاومت در برابر تغییرات جلوگیری کند و کارکنان را به استفاده‌از فناوری‌های نوین برای بهبود عملکرد و بهینه‌سازی فرآیندهای زنجیره تأمین تشویق کند. فرهنگ سازمانی مناسب برای دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین باید براساس پذیرش تغییرات، نوآوری، همکاری، و یادگیری مستمر باشد. این فرهنگ باید به‌گونه‌ای باشد که کارکنان را برای استفاده‌از فناوری‌های جدید ترغیب کند، همکاری و اشتراک‌گذاری دانش را در سراسر سازمان تسهیل کند، و از حمایت مستمر مدیریت برای پیاده‌سازی موفق این تغییرات بهره‌مند باشد.

۳. حمایت مدیریت ارشد و رهبری تحول با نتایج پژوهش‌های (بنتاله و همکاران، ۲۰۱۹) و (باستوس و همکاران، ۲۰۲۴) هم‌سویی دارد. رهبری تحول یکی از ویژگی‌های اساسی در مدیریت تغییر است. مدیران ارشد باید توانایی هدایت سازمان در فرآیندهای پیچیده تغییرات دیجیتال را داشته باشند.

۴. مدیریت تغییر و تطبیق با شرایط جدید با نتایج مطالعات (چن و همکاران، ۲۰۲۴) و (هان و همکاران،۲۰۲۱) هم‌راستایی دارد. مدیریت تغییر یکی از مهم‌ترین ارکان موفقیت در دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین است. سازمان‌ها برای پیاده‌سازی فناوری‌های نوین و دستیابی‌به مزایای دیجیتال‌سازی، باید با تغییرات زیادی در فرآیندها، ابزارها، و فرهنگ سازمانی مواجه شوند.

۵. نیروی انسانی متخصص با نتایج پژوهش‌های (هارولد و همکاران،۲۰۲۱) و (توبیس و همکاران، ۲۰۲۳) مطابقت دارد. نیروی انسانی متخصص، به‌عنوان یکی‌از ارکان اصلی تحول دیجیتال، می‌تواند به سازمان‌ها کمک کند تا از مزایای رقابتی در بازار بهره‌برداری کنند و به‌طور مستمر در راستای بهبود عملکرد و افزایش کارایی گام بردارند. برای هوشمندسازی موفق زنجیره تأمین، سازمان‌ها به افرادی با مهارت‌های فنی در زمینه‌هایی چون برنامه‌نویسی، تحلیل داده‌ها، هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء، و تحلیل پیش‌بینی نیاز دارند. این افراد باید توانایی کار با سیستم‌های پیچیده، نرم‌افزارهای خاص مدیریت زنجیره تأمین، و ابزارهای تحلیل داده‌های بزرگ را داشته باشند. همچنین، داشتن آگاهی از روندهای جدید فناوری مانند بلاک‌چین و یادگیری ماشین می‌تواند به بهبود عملکرد و دقت در فرآیندهای زنجیره تأمین کمک کند.

۶. داده‌های دقیق و به‌موقع با نتایج مطالعه (ساندرز و همکاران، ۲۰۱۹) هم‌سویی دارد. یکی‌از ارکان اصلی در مدیریت موفق زنجیره تأمین، اطمینان‌از دردسترس‌بودن داده‌های صحیح در زمان مناسب است. بنابراین، سازمان‌ها باید فرآیندهایی برای تضمین دقت و جامعیت داده‌ها داشته باشند، به‌ویژه هنگام استفاده‌از داده‌های بزرگ در دنیای دیجیتال و باتوجه‌به تحولات سریع بازار، زمان‌بندی صحیح داده‌ها اهمیت بسیار زیادی دارد. یکی‌دیگراز نکات مهم در دسترسی‌به داده‌های دقیق و به‌موقع، یکپارچگی آن‌ها در سراسر زنجیره تأمین است.

همچنین مشخص گردید متغیر «همکاری و یکپارچگی با شرکای تجاری» رابطه مستقیمی با هوشمندسازی زنجیره تأمین ندارد که این یافته با نتایج پژوهش‌های (هی و همکاران، ۲۰۲۴) و (دیکسیت و همکاران، ۲۰۲۴) هم‌راستایی ندارد. علت آن می‌تواند ویژگی‌های منحصربه‌فرد شرکت‌های ایرانی، مختصات بومی کشور و شرایط اقتصادی و سیاسی حاکم باشد که با وضعیت هوشمندسازی صنایع در کشورهای توسعه‌یافته متفاوت است. به‌طورحتم رفع تحریم‌ها و برقراری ارتباطات

مؤثر تجاری و بهره‌گیری‌از تجارب هوشمندسازی در کشورهای پیشرفته جهان، می‌تواند به پیشبرد این مهم در کشورمان یاری رساند.

۱.۵. پیشنهادات کاربردی

۱. با گسترش تبادل داده‌ها در زنجیره تأمین دیجیتال، امنیت داده‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. سازمان‌ها باید زیرساخت‌هایی را برای حفاظت از داده‌های حساس خود پیاده‌سازی کنند. این اقدامات شامل رمزنگاری داده‌ها، امنیت شبکه‌ها، احراز هویت چندعاملی و ابزارهای نظارتی برای شناسایی تهدیدات سایبری می‌شود.

۲. مدیریت ارشد باید در کنار تیم‌های اجرایی و فناوری اطلاعات، از منابع لازم برای مقابله با چالش‌ها برخوردار باشد و به‌طور مستمر بر روند اجرای پروژه‌ها نظارت کند. حمایت مدیریت ارشد و رهبری تحول در فرآیند دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین نقشی کلیدی در موفقیت این تحول ایفا می‌کند. با داشتن استراتژی‌های روشن، تخصیص منابع مناسب، ایجاد انگیزه در کارکنان، رهبری تحول، نظارت مستمر بر پیشرفت‌ها، و مدیریت ریسک‌ها، سازمان‌ها می‌توانند تغییرات دیجیتال را به‌طور مؤثر پیاده‌سازی کرده و از مزایای آن بهره‌برداری کنند. بدون رهبری مؤثر و حمایت قوی از سوی مدیران ارشد، فرآیند دیجیتال‌سازی می‌تواند با مشکلات و چالش‌های بسیاری مواجه شود که مانع از تحقق اهداف سازمانی می‌شود.

۳. رهبری سازمان باید از طریق تصمیم‌گیری‌های استراتژیک، توانمندسازی مدیران میانی، و ایجاد دیدگاه روشن برای آینده صورت گیرد. مدیران ارشد باید به‌طور فعال در فرآیند دیجیتال‌سازی دخالت کنند، موانع موجود را شناسایی کرده و راه‌حل‌های مناسب برای حل آن‌ها ارائه دهند.

۴. مدیران باید با شفافیت و ارتباطات مؤثر، همواره اطلاعات لازم را در اختیار کارکنان قرار دهند تا اطمینان حاصل کنند که فرآیند تغییر به‌درستی پیش می‌رود برای تطبیق با شرایط جدید و موفقیت در پیاده‌سازی دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین، آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی نقش کلیدی ایفا می‌کند.

۵. یکی از چالش‌های اصلی در پیاده‌سازی دیجیتال‌سازی، به‌ویژه در سازمان‌های سنتی، نیازبه آموزش مداوم و به‌روز نگه‌داشتن مهارت‌های کارکنان است. باتوجه‌به سرعت بالای تغییرات فناوری، نیروی انسانی باید به‌طورمستمر در زمینه تکنولوژی‌های جدید آموزش دیده و توانمندی‌های خود را به‌روز کند. شرکت‌ها باید برنامه‌های آموزشی و توسعه‌ای مستمر را برای کارکنان خود فراهم کنند تا آنان بتوانند به‌طور مؤثر از ابزارهای دیجیتال استفاده کنند و توانایی‌های لازم در مواجهه با چالش‌های جدید را داشته باشند.

۶. در یک زنجیره تأمین دیجیتال، تمامی شرکا باید بتوانند به‌راحتی و به‌طورمؤثر اطلاعات را با یکدیگر به‌اشتراک بگذارند. به‌این‌منظور، سیستم‌های یکپارچه مانند نرم‌افزارهای ERP و SCM باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند اطلاعات را از تمامی نقاط زنجیره تأمین، به‌صورت آنی جمع‌آوری و پردازش کنند. این یکپارچگی داده‌ها به تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهد که تصویری کامل و به‌روز از وضعیت زنجیره تأمین داشته باشند و بتوانند با سرعت و دقت بیشتری تصمیم‌گیری کنند.

۲.۵. محدودیت‌های پژوهش و پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی

از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. محدود بودن دامنه کاربرد فناوری‌های هوشمند در صنعت کشور که جمع‌آوری داده‌ها را با مشکل مواجه نمود.

۲. استفاده‌از روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی و محدود بودن حجم نمونه موردبررسی که می‌تواند بر ارتباط میان متغیرهای پژوهش تأثیرگذار باشد.

۳. محدود بودن روش و ابزار تجزیه‌وتحلیل داده‌ها که کمی بود و صرفاً به بررسی ارتباط میان متغیرها پرداخت و دستیابی‌به نتایج مطالعه کیفی که می‌توانست ابعاد بیشتری از مسأله را روشن نماید، محدود گردید.

برای انجام پژوهش‌های آتی پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد:

۱. چالش‌ها و موانع پیاده‌سازی زنجیره تأمین هوشمند در صنعت کشور مورد مطالعه قرار گیرد.

۲. از روش‌شناسی کیفی برای یافتن الگوی هوشمندسازی در صنعت استفاده شود.

۳. متغیرهای تعدیل‌گر که می‌توانند بر ارتباط الزامات شناسایی‌شده با هوشمندسازی زنجیره تأمین تأثیرگذار باشند، بررسی و تجزیه‌وتحلیل شوند.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع مرتبط‌با پژوهش حاضر وجود ندارد و نتایج به‌صورت بی‌طرفانه و بدون دخالت منافع شخصی یا حرفه‌ای به‌دست آمده‌است.

مشارکت‌های نویسنده

تمامی مراحل پژوهش توسط نویسندگان با نقش یکسان انجام شده‌است.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوه تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده‌است.

شفافیت داده‌ها

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

حامی مالی

این پژوه حامی مالی نداشته است.

قدردانی

از کلیه مدیران و صنعت‌گرانی که با صرف وقت و دقت و صبوری در این پژوهش مشارکت نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Agrawal, P., & Narain, R. (2023). Analysis of enablers for the digitalization of supply chain using an interpretive structural modelling approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*, *72*(2), 410–439. https://doi.org/10.1108/IJPPM-09-2020-0481

Al Tera, A., Alzubi, A., & Iyiola, K. (2024). Supply chain digitalization and performance: A moderated mediation of supply chain visibility and supply chain survivability. *Heliyon*, *10*(4), e25584. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25584

Attaran, M. (2023). The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, *14*(5), 5977–5993. https://doi.org/10.1007/s12652-020-02521-x

Bastos, T., Teixeira, L. C., & Nunes, L. J. (2024). Forest 4.0: Technologies and digitalization to create the residual biomass supply chain of the future. *Journal of Cleaner Production*, *467*, 143041. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143041

Bentalha, B., Hmioui, A., & Alla, L. (2019). The digitalization of the supply chain management of service companies: A prospective approach. In *Proceedings of the 4th International Conference on Smart City Applications* (pp. 1–8). https://doi.org/10.1145/3368756.3369005

Chen, S., Leng, X., & Luo, K. (2024). Supply chain digitalization and corporate ESG performance. *American Journal of Economics and Sociology*, *83*(4), 855–881. https://doi.org/10.1111/ajes.12596

Chen, Y., Li, J., & Zhang, J. (2024). Digitalisation, data-driven dynamic capabilities and responsible innovation: An empirical study of SMEs in China. *Asia Pacific Journal of Management*, *41*(3), 1211–1251. https://doi.org/10.1007/s10490-022-09845-6

Dixit, V. K., Malviya, R. K., Kumar, V., & Shankar, R. (2024). An analysis of the strategies for overcoming digital supply chain implementation barriers. *Decision Analytics Journal*, *10*, 100389. https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100389

Dalenogare, L. S., Le Dain, M. A., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2022). Multichannel digital service delivery and service ecosystems: The role of data integration within smart product-service systems. *Technological Forecasting and Social Change*, *183*, 121894. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121894

Dong, Y., Ahmad, S. F., Irshad, M., Al-Razgan, M., Ali, Y. A., & Awwad, E. M. (2023). The digitalization paradigm: Impacts on agri-food supply chain profitability and sustainability. *Sustainability*, *15*(21), 15627. https://doi.org/10.3390/su152115627

Fang, M., Yu, Y., Park, K., Liu, F., Xiao, S. S., & Shi, Y. (2024). Supply chain relationship dependencies and circular economy performance: The contingency role of digitalization capability. *Journal of Purchasing and Supply Management*, *30*(4), 100902. https://doi.org/10.1016/j.pursup.2024.100902

Gong, M., Gao, Y., Koh, L., Sutcliffe, C., & Cullen, J. (2019). The role of customer awareness in promoting firm sustainability and sustainable supply chain management. *International Journal of Production Economics*, *217*, 88–96. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.033

Han, L., Hou, H., Bi, Z., Yang, J., & Zheng, X. (2021). Functional requirements and supply chain digitalization in Industry 4.0. *Information Systems Frontiers*, *26*, 2273–2285. https://doi.org/10.1007/s10796-021-10173-1

Harju, A., Hallikas, J., Immonen, M., & Lintukangas, K. (2023). The impact of procurement digitalization on supply chain resilience: Empirical evidence from Finland. *Supply Chain Management: An International Journal*, *28*(7), 62–76. https://doi.org/10.1108/SCM-08-2022-0312

Hayat, A., Shahare, V., Sharma, A. K., & Arora, N. (2023). Introduction to Industry 4.0. In *Blockchain and its applications in Industry 4.0* (pp. 29–59). Singapore: Springer Nature Singapore.

He, W., Zhang, Y., & Wang, M. (2024). Fintech, supply chain concentration and enterprise digitization: Evidence from Chinese manufacturing listed companies. *Finance Research Letters*, *59*, 104702. https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104702

Herold, D. M., Ćwiklicki, M., Pilch, K., & Mikl, J. (2021). The emergence and adoption of digitalization in the logistics and supply chain industry: An institutional perspective. *Journal of*

Enterprise Information Management, *34*(6), 1917–1938. https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2020-0382

Hovanec, M., Korba, P., Vencel, M., & Al-Rabeei, S. (2023). Simulating a digital factory and improving production efficiency by using virtual reality technology. *Applied Sciences*, *13*(8), 5118. https://doi.org/10.3390/app13085118

Ishfaq, R., Davis-Sramek, B., & Gibson, B. (2022). Digital supply chains in omnichannel retail: A conceptual framework. *Journal of Business Logistics*, *43*(2), 169–188. https://doi.org/10.1111/jbl.12277

Jamwal, A., Agrawal, R., Sharma, M., & Giallanza, A. (2021). Industry 4.0 technologies for manufacturing sustainability: A systematic review and future research directions. *Applied Sciences*, *11*(12), 5725. https://doi.org/10.3390/app11125725

Jankovic-Zugic, A., Medic, N., Pavlovic, M., Todorovic, T., & Rakic, S. (2023). Servitization 4.0 as a trigger for sustainable business: Evidence from automotive digital supply chain. *Sustainability*, *15*(3), 2217. https://doi.org/10.3390/su15032217

Jivkov, V. (2025). What is the flywheel for. *International Journal of Engineering and Technology Excellence*, *1*(3), 1–10. Retrieved from https://aplombpublications.net/wp-content/uploads/2025/08/IJETE-01-0003.pdf

Latan, H., de Sousa Jabbour, A. B. L., Sarkis, J., Jabbour, C. J. C., & Ali, M. (2024). The nexus of supply chain performance and blockchain technology in the digitalization era: Insights from a fast-growing economy. *Journal of Business Research*, *172*, 114398. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.114398

Leong, W. Y., & Genasan, N. (2024). Medical equipment engineering in industrial revolution. In *IET Digital Library*. https://doi.org/10.1049/PBHE054E_ch8

Lefranc, G. (2023). Trends in robotics management and business automation. In *IEEE Technology and Engineering Management Society Body of Knowledge (TEMSBOK)* (pp. 265–288). Wiley-IEEE Press. https://doi.org/10.1002/9781119987635.ch16

Leung, E. K., Lee, C. K. H., & Ouyang, Z. (2022). From traditional warehouses to Physical Internet hubs: A digital twin-based inbound synchronization framework for PI-order management. *International Journal of Production Economics*, *244*, 108353. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108353

Li, Y., Li, D., Liu, Y., & Shou, Y. (2023). Digitalization for supply chain resilience and robustness: The roles of collaboration and formal contracts. *Frontiers of Engineering Management*, *10*(1), 5–19. https://doi.org/10.1007/s42524-022-0229-x

Machado, C. G., Winroth, M. P., & Ribeiro da Silva, E. H. D. (2020). Sustainable manufacturing in Industry 4.0: An emerging research agenda. *International Journal of Production Research*, *58*(5), 1462–1484. https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1652777

Mishra, R., Singh, R. K., & Gunasekaran, A. (2024). Digitalization of supply chains in Industry 4.0 environment of manufacturing organizations: Conceptualization, scale development, and validation. *Production Planning & Control*, *35*(11), 1278–1297. https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2172622

Mubarik, M., Rasi, R. Z. R., Pilkova, A., Ghobakhloo, M., & Mubarik, M. S. (2023). Developing resilient supply chain networks through blockchain technology: Strategies and implications. In *Blockchain driven supply chain management: A multi-dimensional perspective* (pp. 35–51). Singapore: Springer Nature Singapore.

Paiola, M., & Gebauer, H. (2020). Internet of things technologies, digital servitization and business model innovation in B2B manufacturing firms. *Industrial Marketing Management*, *89*, 245–264. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.03.009

Pham, T. N., Tran Hoang, M. T., Nguyen Tran, Y. N., & Nguyen Phan, B. A. (2024). Combining digitalization and sustainability: Unveiling the relationship of digital maturity degree, sustainable supply chain management practices, and performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, *73*(8), 2508–2529. https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2023-0311

Preindl, R., Nikolopoulos, K., & Litsiou, K. (2020). Transformation strategies for the supply chain: The impact of Industry 4.0 and digital transformation. *Supply Chain Forum: An International Journal*, *21*(1), 26–34. https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1716633

Patel, A. B. (2025). *Industrial revolution 4.0: The future of manufacturing.* Shashwat Publication.

Queiroz, M. M., Pereira, S. C. F., Telles, R., & Machado, M. C. (2021). Industry 4.0 and digital supply chain capabilities: A framework for understanding digitalisation challenges and opportunities. *Benchmarking: An International Journal*, *28*(5), 1761–1782. https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2018-0435

Owusu-Berko, L. (2025). Advanced supply chain analytics: Leveraging digital twins, IoT and blockchain for resilient, data-driven business operations. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, *25*(2), 57–72. https://doi.org/10.30574/wjarr.2025.25.2.0572

Rahamneh, A., Alrawashdeh, S., Bawaneh, A., Alatyat, Z., Mohammad, A., & Al-Hawary, S. (2023). The effect of digital supply chain on lean manufacturing: A structural equation modelling approach. *Uncertain Supply Chain Management*, *11*(1), 391–402. https://doi.org/10.5267/j.uscm.2022.9.003

Rejeb, A., Simske, S., Rejeb, K., Treiblmaier, H., & Zailani, S. (2020). Internet of Things research in supply chain management and logistics: A bibliometric analysis. *Internet of Things*, *12*, 100318. https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100318

Salim, T. A., El Barachi, M., Mohamed, A. A. D., Halstead, S., & Babreak, N. (2022). The mediator and moderator roles of perceived cost on the relationship between organizational readiness and the intention to adopt blockchain technology. *Technology in Society*, *71*, 102108. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102108

Sarkis, J., Kouhizadeh, M., & Zhu, Q. S. (2021). Digitalization and the greening of supply chains. *Industrial Management & Data Systems*, *121*(1), 65–85. https://doi.org/10.1108/IMDS-08-2020-0450

Sanders, N. R., Boone, T., Ganeshan, R., & Wood, J. D. (2019). Sustainable supply chains in the age of AI and digitization: Research challenges and opportunities. *Journal of Business Logistics*, *40*(3), 229–240. https://doi.org/10.1111/jbl.12224

Tiwari, S., Sharma, P., & Jha, A. K. (2024). Digitalization and COVID-19: An institutional-contingency theoretic analysis of supply chain digitalization. *International Journal of Production Economics*, *267*, 109063. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.109063

Tubis, A. A., Grzybowska, K., & Król, B. (2023). Supply chain in the digital age: A scientometric–thematic literature review. *Sustainability*, *15*(14), 11391. https://doi.org/10.3390/su151411391

Venkatesh, V. G., Kang, K., Wang, B., Zhong, R. Y., & Zhang, A. (2020). System architecture for blockchain-based transparency of supply chain social sustainability. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *63*, 101896. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101896

Wang, S., & Li, J. (2024). How carbon emission trading mechanism and supply chain digitization affect manufacturing enterprises' competitiveness? Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, *452*, 142164. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142164

Younis, H., & Wuni, I. Y. (2023). Application of Industry 4.0 enablers in supply chain management: Scientometric analysis and critical review. *Heliyon*, *9*(11), e21292. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21292

Zhang, Z., Wen, F., Sun, Z., Guo, X., He, T., & Lee, C. (2022). Artificial intelligence-enabled sensing technologies in the 5G/internet of things era: From virtual reality/augmented reality to the digital twin. *Advanced Intelligent Systems*, *4*(7), 2100228. https://doi.org/10.1002/aisy.202100228

Zúñiga, E. R., Yasue, N., Hirose, T., Nomoto, H., & Sawaragi, T. (2023). An integrated discrete-event simulation with functional resonance analysis and work domain analysis methods for Industry 4.0 implementation. *Decision Analytics Journal*, *9*, 100323. https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100323