

Barriers, Capabilities and Consequences of Supply Chain Intelligence in Iranian Industry

Amir Ehsan Zahedi*

PhD in Production and Operations Management; Assistant Professor; Department of Management; Faculty of Administrative Sciences and Economics; Arak University; Arak, Iran;
Email: a-zahedimoghadam@araku.ac.ir

Mahdiyeh Haghghat

Master of Industrial Management; Department of Industrial Management (IT Operations); Faculty of Management; Kharazmi University; Tehran, Iran Email: mahdiyeh.haghghat78@gmail.com

**Iranian Journal of
Information
Processing and
Management**

Iranian Research Institute

for Information Science and Technology
(IranDoc)

ISSN 2251-8223

eISSN 2251-8231

Indexed by SCOPUS, ISC, & LISTA

Vol. 41 | No. 2 | pp. 441-468

Winter 2026

<https://doi.org/10.22034/ijpm.2025.2061431.2019>



Received: 22, May 2025

Accepted: 01, Oct. 2025

Abstract: Industry 4.0, using advanced technologies such as the internet of things, artificial intelligence, data analytics, robotics, sensors, and smart networks has created new possibilities for businesses to improve production and operational processes automatically and without the need for human intervention. Smart supply chain of Iranian manufacturing and service companies can be very transformative and challenging at the same time. Iranian companies have always sought to improve their supply chain processes with the increasing advancement of technology, but they face many problems due to some obstacles. The present study aims to find the obstacles, capabilities, and consequences of implementing smart supply chains in Iranian industries. The research has a developmental and applied orientation and is qualitative in terms of methodology, and was conducted using the Grounded Theory strategy. The data collection tool is semi-structured interviews, which were conducted by theoretical sampling of experts, and a total of 11 managers of leading industries in smart manufacturing were interviewed to achieve the criterion of “theoretical adequacy”. For validation, two methods of participant review and non-participating experts review were used in the research, and after receiving corrective comments, the final model was presented. MAXQDA software was used to implement the Grounded Theory. 372 initial open codes formed 81 concepts that were categorized into 20 categories. Software, hardware, environmental, and organizational requirements are causal conditions for the smart factory (central category). Transparency, optimization, cost efficiency, supply chain agility, and integration are strategies that result from the central category. Uncertainty, relationship breadth, and data explosion, and specific influencing conditions and infrastructure, technology and technical barriers, security issues, financial

* Corresponding Author

and economic barriers, organizational and managerial barriers, cultural barriers and environmental barriers are general context conditions that affect strategies. Intra-chain consequences, environmental consequences and financial consequences are the outputs of applying strategies. To digitize the supply chain, organizations need strong and scalable IT infrastructures. These infrastructures include servers, networks, data storage systems and cloud systems that can process large volumes of data. High security is essential to protect sensitive information and prevent cyber threats. Expert human resources must work in an organizational culture that is receptive to innovation and digital change. Human resources must be continuously trained in different fields of new technologies and update their capabilities.

Keywords: Artificial Intelligence, Blockchain, Data Analysis, Industry 4.0, Internet of Things, Smart Supply Chain



موانع، قابلیت‌ها و پیامدهای هوشمندسازی زنجیره تأمین در صنعت ایران

امیراحسان زاهدی

دکتری مدیریت تولید و عملیات؛ استادیار؛
گروه مدیریت؛ دانشکده علوم اداری و اقتصاد؛
دانشگاه اراک؛ اراک، ایران؛
پدیده‌آور رابط a-zahedimoghadam@araku.ac.ir

مهديه حقيقت

کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی؛
گروه مدیریت عملیات و فناوری؛ دانشکده مدیریت؛
دانشگاه خوارزمی؛ تهران، ایران؛
mahdiyeh.haghighat78@gmail.com



مقاله برای اصلاح به مدت ۶ روز نزد پدیدآوران بوده است.

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۹

دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۱

تشریح علمی | رتبه بین‌المللی
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
(ایرانداک)

شاپا (چاپی) ۸۲۲۳-۲۲۵۱

شاپا (الکترونیکی) ۸۲۳۱-۲۲۵۱

نمایه در SCOPUS، ISI، LISTA و ISC

jipm.irandoc.ac.ir

دوره ۴۱ | شماره ۲ | صص ۴۴۱-۴۶۸

زمستان ۱۴۰۴

<https://doi.org/10.22034/jipm.2025.2061431.2019>



چکیده: صنعت ۴/۰ با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته مانند اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، تحلیل داده‌ها، رباتیک، حسگرها، و شبکه‌های هوشمند امکانات جدیدی برای کسب و کارها ایجاد کرده است که فرایندهای تولیدی و عملیاتی را به صورت خودکار و بدون نیاز به دخالت انسان بهبود می‌بخشد. هوشمندسازی زنجیره تأمین شرکت‌های تولیدی و خدماتی ایران می‌تواند بسیار تحول‌آفرین و در عین حال چالش‌برانگیز باشد. شرکت‌های ایرانی با پیشرفت روزافزون فناوری، همواره به دنبال بهبود فرایندهای زنجیره تأمین خود بوده‌اند، اما به دلیل برخی موانع با مشکلات زیادی روبه‌رو هستند. پژوهش حاضر با هدف یافتن موانع، قابلیت‌ها و پیامدهای به کارگیری زنجیره تأمین هوشمند در صنایع ایران انجام می‌شود. پژوهش حاضر دارای جهت‌گیری توسعه‌ای و کاربردی و از نظر روش‌شناسی، کیفی است که با استفاده از راهبرد نظریه داده‌بنیاد انجام شده است. ابزار گردآوری داده‌ها مصاحبه‌های عمیق نیمه‌ساختاریافته است و نمونه‌برداری از خبرگان به روش غیراحتمالی و از نوع هدفدار یا نظری انجام شد و تا دستیابی به معیار «کفایت نظری» در مجموع، با ۱۱ نفر از مدیران صنایع پیشرو در هوشمندسازی مصاحبه گردید. برای اعتبارسنجی، از دو روش بازبینی مشارکت‌کنندگان و مرور خبرگان غیرشرکت‌کننده در پژوهش بهره‌گیری، و پس از دریافت نظرات اصلاحی، الگوی نهایی ارائه شد. برای پیاده‌سازی نظریه داده‌بنیاد از نرم‌افزار MAXQDA استفاده گردید. ۳۷۲ کد باز اولیه، ۸۱ مفهوم را تشکیل داده و در ۲۰ مقوله دسته‌بندی

شدند. الزامات نرم‌افزاری، سخت‌افزاری و محیطی و سازمانی، شرایط علی برای کارخانه هوشمند (مقوله محوری) هستند. شفافیت، بهینه‌سازی، کارایی هزینه‌ها، چابکی زنجیره تأمین و یکپارچه‌سازی راهبردهایی هستند که از مقوله محوری منتج می‌شوند. عدم اطمینان، گسترده‌ی روابط و انفجار داده‌ها شرایط خاص تأثیرگذار و موانع زیرساختی، فناوری و فنی، مسایل حفاظتی، موانع مالی و اقتصادی، موانع سازمانی و مدیریتی، موانع فرهنگی و موانع محیطی شرایط زمینه‌ای عمومی هستند که بر راهبردها تأثیر می‌گذارند. پیامدهای درون‌زنجیره‌ای، پیامدهای محیطی و پیامدهای مالی خروجی‌های حاصل از به‌کارگیری راهبردها هستند. 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. وجود امنیت بالا برای حفاظت از اطلاعات حساس و جلوگیری از تهدیدات سایبری ضروری است. نیروی انسانی متخصص باید در یک فرهنگ سازمانی کار کند که پذیرای نوآوری و تغییرات دیجیتال باشد. نیروی انسانی باید به‌طور مستمر در زمینه‌های مختلف تکنولوژی‌های جدید آموزش دیده و توانمندی‌های خود را به‌روز کند.

کلیدواژه‌ها: اینترنت اشیا، بلاک‌چین، تحلیل داده‌ها، زنجیره تأمین هوشمند، صنعت ۴/۰، هوش مصنوعی

۱. مقدمه

با پیدایش مفاهیم نوین صنعتی، نیاز به زنجیره‌های تأمین کارآمد و پایدار که در تصمیم‌گیری‌های روزمره مفید واقع شوند، بیش از گذشته مورد توجه قرار گرفته‌اند. از این‌رو، راهبردهای مورد نیاز برای نیل به اهداف سازمان‌ها شامل مفاهیمی همچون نوآوری و مشارکت بیشتر مصرف‌کننده برای تأثیرگذاری بر جهت و نتایج فرایند تولید است (Júnior, Frederico and Costa 2023). برای رقابت در سطح جهانی، شرکت‌های تولیدی باید کارایی را بهبود بخشند و هزینه‌ها را از طریق نوآوری‌های فرایندی جدید کاهش دهند؛ نوآوری‌هایی مانند رباتیک، اتوماسیون انبار، کارخانه‌های هوشمند و کمک به تولید انعطاف‌پذیر (Attaran 2023). در این راستا، به‌منظور پاسخ به چنین چالش‌های بزرگی در کسب و کارهای ایران، خروج از زنجیره تأمین سنتی و به‌کارگیری زنجیره تأمین دیجیتال ضروری است (Ahmad Amouei, Valmohammadi and Fathi 2023).

تولید هوشمند یک پارادایم تولیدی پیشرفته است که فناوری‌های جدیدی مانند اینترنت اشیا، ارتباط ماشین با ماشین، شبکه‌های حسگر بی‌سیم، فناوری‌های اتوماسیون و همچنین کلان‌داده‌ها را با فرایندهای تولیدی ادغام می‌کند (Li et al. 2023). اتوماسیون

صنعتی بر رمزگذاری سرتاسر، به اشتراک گذاری داده‌ها، شفافیت داده‌ها و ادغام یکپارچه سیستم‌های فیزیکی و مجازی در کل عملیات تولید تأکید نموده و در نتیجه، باعث افزایش کارایی، کاهش خطاها و هزینه‌ها، افزایش سرعت تولید و بهبود کیفیت می‌شود (Büchi, Cugno and Castagnoli 2020). صنعت ۴/۰ می‌تواند با پشتیبانی از چندین کارکرد کلیدی همچون لجستیک و عملیات، بهره‌وری سازمان را افزایش دهد (Bag et al. 2023).

پذیرش فناوری‌های دیجیتال تولید در محیط تجاری جهانی فعلی از اهمیت فزاینده‌ای برخوردار است. قدرت دگرگون‌کننده فناوری‌های صنعتی چهارم در حال تغییر شکل تولید در سطح جهانی است. پذیرش این فناوری‌ها شرکت‌ها را قادر می‌سازد که هوشمندی را در خود جای دهند و ابزارهای جدیدی برای طراحی راهبردهای نوین تولید ارائه نمایند. فناوری‌های صنعت چهارم پتانسیل بهبود انعطاف پذیری و مقیاس پذیری سیستم‌های تولیدی را دارند؛ هرچند پذیرش این فناوری‌های مدرن ممکن است بسیار چالش برانگیز باشد (Yang, Fu and Zhang 2021).

مفهوم زنجیره تأمین هوشمند و دیجیتال در درجه اول، فرایندهای زنجیره تأمین به‌عنوان یک سیستم را که دارای زیرسیستم‌های متعدد است، بررسی می‌کند. به بیان دیگر، همچنان که زنجیره تأمین، یک سیستم پیچیده متشکل از روابط متقابل، متنوع و غیرقابل پیش‌بینی بین زیرسیستم‌های آن است، برافزوده شدن فناوری‌های دیجیتال و انواع متفاوت آنها بر پیچیدگی این سیستم می‌افزاید. بنابراین، پیاده‌سازی این سیستم‌های پیچیده می‌تواند ابهام و چالشی اساسی برای شرکت‌هایی باشد که با استفاده از اینترنت اشیا داده‌ها را دریافت می‌کنند و تحلیل‌های آنها مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری‌های ماشینی است (Pappas et al. 2021). بسیاری از شرکت‌ها تلاش‌های ابتدایی برای یکپارچگی فناوری‌های دیجیتال در فرایندهای زنجیره تأمین خود را انجام داده‌اند، اما تحول کلی شرکت‌ها به سمت دیجیتال‌سازی هنوز در مراحل ابتدایی خود قرار دارد (Queiroz et al. 2022; Rahamneh et al. 2023). این مسئله، به‌ویژه در کشورهای توسعه‌نیافته و در حال توسعه که از فرایند دیجیتال‌سازی عقب هستند، باید با ملاحظات بیشتری صورت گیرد (Agrawal and Narain 2023).

بهره‌گیری از صنعت نسل چهارم در زنجیره تأمین شرکت‌های تولیدی و خدماتی ایران می‌تواند بسیار تحول‌آفرین و در همان حال چالش برانگیز باشد. شرکت‌ها با استفاده از امکاناتی که فناوری در اختیار آنها قرار داده است، در حال حرکت به سوی نسل چهارم

صنعت هستند. شرکت‌هایی که خود را با تحولات صنعتی جدید زودتر هماهنگ کنند، می‌توانند از توان رقابت‌پذیری بیشتری در به‌کارگیری و توسعه الزامات مرتبط با انقلاب صنعتی نسل چهارم در صنایع برخوردار شوند. شرکت‌های ایرانی با پیشرفت روزافزون فناوری، همواره به دنبال بهبود فرایندهای زنجیره تأمین خود بوده‌اند، اما به دلیل برخی موانع با مشکلات زیادی روبه‌رو هستند. سرمایه‌گذاری کلان مورد نیاز، پیچیدگی‌های اجرا و ادغام تجهیزات، عدم اطمینان از پشتیبانی، لزوم فرهنگ‌سازی و آموزش نیروی انسانی و مشکلات زیرساختی از جمله این موانع است. در این راستا، شرکت‌ها نیازمند برنامه‌ریزی راهبردی گسترده‌ای هستند و این تحول مستلزم شناخت دقیق ابهامات موجود برای پیاده‌سازی فناوری‌های دیجیتال در زنجیره تأمین است.

بنابراین، سؤالاتی در مورد پیاده‌سازی زنجیره تأمین دیجیتال در صنایع ایران وجود دارد؛ به‌ویژه این سؤال که عوامل تأثیرگذار، ابعاد، قابلیت‌ها، موانع و پیامدهای به‌کارگیری زنجیره تأمین هوشمند در صنعت ایران کدام‌اند؟ مطالعات محدود با دیدگاهی جامع و کل‌نگر به بررسی موضوع پرداخته‌اند و بنابراین، خلأ پژوهشی در این زمینه احساس می‌شود. پژوهش حاضر با هدف یافتن موانع، قابلیت‌ها و پیامدهای به‌کارگیری زنجیره تأمین هوشمند در صنایع ایران انجام می‌شود. مطالعه در مورد ادراک‌ها و تفسیرهای متخصصان برای فهم چگونگی مفهوم‌سازی و اعمال تحول دیجیتال مفید است (Vaz et al. 2022). درک بهتر از ادراکات مشترک افراد در مورد دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین، شامل موانع درک‌شده و اقدام‌های مربوط می‌تواند به توسعه راهبردهای مدیریتی مؤثرتر کمک کند.

۲. پیشینه پژوهش

زنجیره تأمین به مجموعه فرایندها و فعالیت‌های مرتبط با تأمین مواد اولیه، تولید، توزیع و تحویل محصولات به مشتریان گفته می‌شود. به‌منظور حفظ رقابت‌پذیری، زمان فرآوری و انجام کار، انعطاف‌پذیری و توانایی تولید بسیاری از انواع منحصر به فرد محصولات باید در دسته‌های کوچک یا دسته‌های یک‌اندازه بهبود و ارتقا یابد. در یک محیط سفارشی‌سازی انبوه و طراحی مختص مشتری باید گزینه‌های سفارشی‌سازی متنوع‌تر و قابلیت عملکردی بیشتری برای مشتری مهیا شود و از سوی دیگر، بایستی انعطاف‌پذیری، شفافیت و جهانی‌سازی هم برای زنجیره تأمین فراهم آید (Kumar et al. 2021). ادغام

فناوری‌های پیشرفته در عملیات زنجیره تأمین متعارف منجر به تولید حجم قابل توجهی از داده‌ها و اطلاعات می‌شود. چنین اطلاعاتی می‌تواند برای بهبود ارزش زنجیره تأمین به کار رود. به‌عنوان مثال، فناوری‌های دیجیتال از جمله برجسب‌های هوشمند، قراردادهای هوشمند و ذخیره‌سازی دیجیتال امکان ردیابی را در تمام مراحل چرخه عمر یک محصول، از دستیابی به مواد خام تا تحویل محصول نهایی، فراهم می‌آورند (Al-Okaily and Al-Okaily, 2025).

زنجیره تأمین ۴/۰ به‌عنوان مجموعه‌ای از فعالیت‌های به‌هم‌پیوسته مربوط به هماهنگی، خدمات بین تأمین‌کنندگان و مصرف‌کنندگان، برنامه‌ریزی، و کنترل محصولات تعریف شده است. هدف آن ایجاد راه‌های جدید برای ایجاد ارزش افزوده برای مشتریان و تأمین‌کنندگان و ایجاد درآمد بیشتر از طریق یکپارچه‌سازی و هماهنگی فرایندهاست (Rasool, Greco and Grimaldi 2022). زنجیره تأمین دیجیتال به‌صورت متداول برای بحث در مورد چگونگی توسعه، اجرا و به‌کارگیری فناوری‌های دیجیتال پیشرفته از قبیل اینترنت اشیا، بلاک‌چین، یادگیری ماشین، هوش مصنوعی، تجزیه و تحلیل و غیره در فرایندهای زنجیره تأمین استفاده می‌شود (Nahr, Nozari and Sadeghi 2021).

دیجیتال شدن هنوز یک پدیده نوظهور است که به درک نظری نیاز دارد (Zúñiga et al. 2023). اصطلاح دیجیتال‌سازی به یک راهبرد تجاری مدرن اشاره دارد که فراتر از کاربرد منفرد و محدود فناوری است و اجرای نظام‌مند و گسترده فناوری در سراسر زنجیره تأمین را شامل می‌شود (Ishfaq, Davis-Sramek and Gibson 2022). پیاده‌سازی فناوری‌های دیجیتال در زمینه مدیریت زنجیره تأمین منجر به اتخاذ شیوه‌هایی می‌شود که کارآمدتر، چابک‌تر و ناب‌تر هستند. در محیط رقابتی امروز، این شرکت‌ها نیستند که با یکدیگر رقابت می‌کنند، بلکه زنجیره‌های تأمین آنها هستند که به رقابت می‌پردازند (Hayat et al. 2023). در سال‌های اخیر، فرایند دیجیتال‌سازی، با کمک فناوری اطلاعات و ارتباطات، یک عامل حیاتی در کسب مزیت رقابتی بوده است (Maiti and Shilpa 2020). خرده‌فروشی، تولید فولاد، بسته‌بندی، مواد غذایی و ساخت‌وساز از جمله صنایعی هستند که مراحل دیجیتال‌سازی کسب‌وکار را آغاز کرده‌اند (Paiola and Gebauer 2020).

اجزای زنجیره تأمین هوشمند به شرح زیر هستند:

۱. بلاک چین^۱: پایگاه داده کاملاً توزیع شده‌ای است که بین گره‌های مختلف یک شبکه کامپیوتری به اشتراک گذاشته می‌شود. بلاک چین به عنوان یک پایگاه داده، اطلاعات را به صورت الکترونیک، اما در قالب دیجیتال ذخیره می‌کند. بلاک چین با ایجاد فضای مناسب و کاملاً ایمن، کمک می‌کند که خریداران و فروشندگان بدون هیچ واسطه‌ای با یکدیگر در ارتباط باشند. فناوری بلاک چین چهار ویژگی اصلی را شامل می‌شود: شفافیت، قابلیت اطمینان، اجرای هوشمند، و رمزگذاری (Kouhizadeh, 2020).

۲. اینترنت اشیا^۲: شبکه اطلاعاتی از اشیای فیزیکی، حسگرها، ماشین‌ها، ساختمان‌ها و موارد دیگر است که امکان جمع‌آوری و تبادل داده‌ها و تعامل و همکاری اشیا را فراهم می‌آورد (Rad et al. 2022). اینترنت اشیا الگوی جدیدی است که ایده اصلی آن، اتصال همه اشیا به اینترنت است. اینترنت اشیا سنسورهای مختلف، اشیا، و گره‌های هوشمند را ادغام می‌کند که می‌توانند بدون دخالت انسان با هم ارتباط برقرار سازند و در حال حاضر کاربردهای وسیعی در شبکه‌های هوشمند، مراقبت‌های بهداشتی، و حمل‌ونقل دارد. با به کارگیری اینترنت اشیا محیطی ایجاد می‌شود که در آن، اطلاعات پایه دریافتی از هر یک از کنشگران مستقل متصل به شبکه را بتوان در همان لحظه دریافت کرد و به‌طور مؤثر با دیگران به اشتراک گذاشت (Dadhaneeya, 2023).

۳. رایانش ابری^۳: سیستم ارائه خدمات ذخیره‌سازی آنلاین کلیه برنامه‌ها و داده‌ها در سرور مجازی بدون نیاز به نصب است (Rad et al. 2022).

۴. هوش مصنوعی^۴: سیستمی است که بر اساس شش رشته اصلی از جمله پردازش زبان طبیعی، بازنمایی دانش، استدلال خودکار، یادگیری ماشین، بینایی رایانه، و رباتیک به صورت انسانی و عقلانی فکر می‌کند (Bai et al. 2020).

۵. کلان‌داده^۵: جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل حجم زیادی از داده‌های موجود با استفاده از یک سری تکنیک‌ها برای فیلتر کردن، ضبط و گزارش بینش‌هاست که در آن داده‌ها

1. blockchain
2. internet of things (IOT)
3. cloud computing
4. artificial intelligence
5. big data

- در حجم زیاد با سرعت‌های بالاتر و با تنوع بیشتر پردازش می‌شوند.
۶. شبیه‌سازی^۱: فناوری که منعکس‌کننده داده‌های دنیای فیزیکی مانند ماشین‌ها، محصولات و انسان‌ها در دنیای مجازی با هدف ساده‌سازی و مقرون‌به‌صرفه بودن طراحی، ایجاد، آزمایش و عملیات زنده سیستم‌هاست.
۷. واقعیت افزوده^۲: روش‌های تعاملی است که می‌تواند اشیای مجازی را برای هم‌زیستی و تعامل در محیط واقعی جاسازی کند (Öztürk 2023).
۸. واقعیت مجازی^۳: استفاده از فناوری رایانه برای ایجاد یک دنیای تعاملی است که به کاربر امکان می‌دهد شیء مجازی و تمام صحنه مجازی را در زمان واقعی کنترل کند (Hayat et al. 2023).
۹. ربات‌های خودمختار^۴: ماشین‌آلات و تجهیزاتی هستند که فرایندهای عملیاتی را خودکار می‌کنند. این ربات‌ها همچنین دارای رباتیک مشارکتی هستند که به انسان‌ها و ماشین‌ها اجازه می‌دهند در یک محیط یادگیری مشترک کار کنند.
۱۰. چاپگرهای سه‌بعدی^۵: فرایند اتصال مواد در لایه‌های متوالی به‌منظور ساخت اشیای داده‌های مدل سه‌بعدی برای گزینه‌های طراحی و دستیابی به پتانسیل بزرگ جهت سفارشی‌سازی انبوه هستند (Öztürk 2023).
۱۱. امنیت سایبری^۶: اقداماتی در جهت جلوگیری از حملات، آسیب‌رسانی و دسترسی غیرمجاز به سیستم‌های متصل به اینترنت از جمله سخت‌افزار، نرم‌افزار و داده هستند (Öztürk 2023).
۱۲. یادگیری ماشین^۷: به خودآموزی از اطلاعات می‌پردازد و سپس از آن در جهت یادگیری بدون نیاز به دخالت انسان استفاده می‌کند (Ghobakhloo 2022).
۱۳. سیستم‌های فیزیکی-سایبری^۸: دسته‌های مدرنی از ماشین‌های هوشمند هستند که از ابزارهای محاسباتی، ارتباطی و کنترل برای پیوند دادن دنیای فیزیکی-سایبری استفاده

-
1. simulation
 2. augmented reality (AI)
 3. virtual reality (VI)
 4. autonomous robots
 5. 3D printing
 6. cyber security
 7. machine learning
 8. cyber-physical systems (CPS)

می‌کنند (Verma et al. 2020). سیستم‌های فیزیکی سایبری هوشمند، جهان فیزیکی و دیجیتال را با اتصال حسگرها، محرک‌ها و واحد محاسبات هوشمند به هم متصل می‌کنند (Qiao et al. 2023).

۱۴. شبکه حسگر بی‌سیم^۱: به‌طور عمده برای محیط پیرامون، موقعیت‌یابی و تشخیص اشیا و افراد به کار می‌رود. همچنین برای حفظ دما، رطوبت، فشار، شدت لرزش و تمرکز مواد شیمیایی و سطح آلاینده‌ها کاربرد دارد. شبکه حسگر بی‌سیم می‌تواند به‌عنوان حسگر محیط یا پدیده مربوط به اشیا یا افرادی که به آنها متصل شده‌اند، به کار رود (Chen and Chen 2022).

یکی از مهم‌ترین قابلیت‌های هوشمندسازی زنجیره تأمین، افزایش شفافیت و قابلیت ردیابی در طول زنجیره است. فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا و بلاک‌چین، امکان جمع‌آوری و ذخیره‌سازی داده‌های مرتبط با حرکت کالاها و مواد اولیه را در هر مرحله از زنجیره فراهم می‌کنند (Wang and Li 2024). این قابلیت به شرکت‌ها اجازه می‌دهد که وضعیت موجودی، مشکلات احتمالی، و نقاط ضعف را به‌صورت دقیق شناسایی کنند و فرایندها را بهبود بخشند. فناوری‌های پیشرفته، مانند هوش مصنوعی و داده‌های بزرگ به شرکت‌ها کمک می‌کنند تا موجودی انبار را بر اساس الگوهای مصرف و تقاضای بازار بهینه سازند. این فناوری‌ها همچنین قادر به پیش‌بینی تقاضا بر اساس داده‌های تاریخی، فصلی، و شرایط بازار هستند که می‌توانند به کاهش هزینه‌های نگهداری و جلوگیری از کمبود کالا کمک کنند (Puto et al. 2021).

دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین، امکان افزایش انعطاف‌پذیری در مواجهه با تغییرات سریع بازار و بحران‌ها را فراهم می‌کند. ابزارهای دیجیتال به شرکت‌ها اجازه می‌دهند تا با سرعت بیشتری فرایندهای خود را تنظیم نمایند، مسیرهای جدید تأمین را شناسایی کنند، و به تقاضاهای متغیر پاسخ دهند (Al Tera, Alzubi and Iyiola 2024). اتوماسیون، یکی از قابلیت‌های کلیدی دیجیتال‌سازی است که منجر به کاهش زمان و هزینه‌های عملیاتی می‌شود. فناوری‌هایی مانند رباتیک و یادگیری ماشین می‌توانند وظایف تکراری مانند بسته‌بندی، انبارداری و حمل‌ونقل را به‌صورت خودکار انجام دهند. این امر افزون‌بر افزایش کارایی، دقت عملیات را نیز بهبود می‌بخشد.

1. wireless sensor network (WSN)

سکوهای دیجیتال امکان تبادل سریع و دقیق اطلاعات بین تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، و خرده‌فروشان را فراهم می‌آورند. این بهبود در ارتباطات و هماهنگی می‌تواند به کاهش تأخیرها، جلوگیری از اشتباهات، و افزایش بهره‌وری در زنجیره تأمین منجر شود. فناوری‌های دیجیتال ابزارهایی را برای شناسایی ریسک‌ها و اختلالات احتمالی در زنجیره تأمین فراهم می‌کنند. با استفاده از تحلیل داده‌ها و سناریوسازی، شرکت‌ها می‌توانند برنامه‌های اضطراری تهیه کرده و از تأثیرات منفی رویدادهای غیرمنتظره مانند بحران‌های جهانی یا اختلالات طبیعی جلوگیری کنند.

دیجیتال‌سازی با بهینه‌سازی فرایندها، کاهش ضایعات، و افزایش سرعت عملیات به کاهش هزینه‌های عملیاتی کمک می‌کند. ابزارهای تحلیلی پیشرفته می‌توانند فرصت‌های صرفه‌جویی را شناسایی کرده و فرایندهایی را که نیاز به بهبود دارند، تشخیص دهند (Puto et al. 2021). تجربه مشتری یکی از اولویت‌های اصلی در زنجیره تأمین دیجیتال است. با استفاده از فناوری‌هایی مانند سیستم‌های مدیریت سفارش و ردیابی در زمان واقعی، شرکت‌ها می‌توانند خدمات بهتری ارائه دهند. مشتریان می‌توانند اطلاعات دقیقی درباره وضعیت سفارشات خود دریافت کنند و این امر به افزایش رضایت و وفاداری آنها منجر می‌شود (Al Tera, Alzubi and Iyiola 2024).

فناوری‌های دیجیتال امکان تحلیل دقیق مصرف انرژی و تولید ضایعات را فراهم می‌آورند. این تحلیل‌ها می‌توانند به شرکت‌ها در بهینه‌سازی فرایندهای خود کمک کرده و اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌هایشان را کاهش دهند. برای مثال، برنامه‌ریزی بهتر مسیرهای حمل‌ونقل می‌تواند منجر به کاهش مصرف سوخت و انتشار کربن شود (Harju et al. 2023). دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین می‌تواند فرصت‌های جدیدی برای نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار ایجاد کند. برای مثال، شرکت‌ها می‌توانند از داده‌های جمع‌آوری شده برای ارائه خدمات شخصی‌سازی شده، راه‌اندازی سکوهای اشتراکی، یا ایجاد زنجیره‌های تأمین کاملاً مجازی استفاده کنند (Puto et al. 2021). این نوآوری‌ها می‌توانند مزیت رقابتی قابل توجهی ایجاد کنند.

دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین قابلیت‌های بی‌شماری برای شرکت‌ها فراهم می‌کند که شامل بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها، افزایش انعطاف‌پذیری، و تقویت پایداری است (Pham et al. 2024). این تحول، شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا با چالش‌های پیچیده دنیای امروز مقابله کنند و به فرصت‌های جدید بازار پاسخ دهند. برای بهره‌برداری کامل از این

قابلیت‌ها لازم است سازمان‌ها راهبردهای دقیق و متناسب با نیازهای خود تدوین کنند و از فناوری‌های مناسب بهره‌گیرند (Wang and Li 2024).

پردازش ابری امکان ذخیره‌سازی، پردازش و دسترسی به داده‌ها از هر نقطه‌ای را فراهم می‌کند و این امر باعث می‌شود که زنجیره تأمین انعطاف‌پذیرتر و مقیاس‌پذیرتر شود. استفاده از ربات‌ها و ماشین‌های خودکار در فرایندهای مختلف زنجیره تأمین از جمله انبارداری، بسته‌بندی و حمل‌ونقل به افزایش دقت و سرعت کمک می‌کند (Puto et al. 2021). این ربات‌ها می‌توانند به‌طور خودکار کالاها را شناسایی، دسته‌بندی و جابه‌جا کنند که منجر به کاهش خطاهای انسانی و افزایش کارایی می‌شود (Al Tera, Alzubi and Iyiola 2024). با استفاده از ابزارهای دیجیتال و تحلیل داده‌های بلادرنگ، شرکت‌ها قادر به اتخاذ تصمیمات سریع‌تر و هوشمندانه‌تر خواهند بود. این سیستم‌ها می‌توانند اطلاعات مختلف مانند وضعیت موجودی، تأمین‌کنندگان و شرایط حمل‌ونقل را به‌طور بلادرنگ تجزیه و تحلیل کرده و تصمیمات مبتنی بر داده را برای بهینه‌سازی زنجیره تأمین اتخاذ کنند. فناوری‌های پیشرفته مانند یادگیری ماشین و تحلیل پیش‌بینی به شرکت‌ها کمک می‌کنند که پیش‌بینی‌های دقیق‌تری از مشکلات احتمالی یا تغییرات بازار داشته باشند (Puto et al. 2021). این پیش‌بینی‌ها می‌توانند شامل تغییرات در تقاضا، نوسانات قیمت، یا اختلالات در تأمین باشند و به شرکت‌ها اجازه می‌دهند که به‌طور مؤثری برنامه‌ریزی و پاسخ‌گویی کنند. دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین به گسترش تجارت الکترونیک و کانال‌های فروش آنلاین منجر شده است. این فناوری‌ها به شرکت‌ها این امکان را می‌دهند که به‌طور مستقیم با مصرف‌کنندگان ارتباط برقرار کرده و فرایند فروش را ساده‌تر سازند. برای مثال، سکوهاي تجارت الکترونیک امکان مشاهده موجودی، سفارش‌گذاری آنلاین و پیگیری وضعیت ارسال را برای مشتریان فراهم می‌آورند (Dong et al. 2023).

فناوری‌های دیجیتال به شرکت‌ها این امکان را می‌دهند که تجربه مشتری را به‌طور چشمگیری بهبود بخشند. مشتریان از طریق استفاده از چت‌بات‌ها، دستیارهای دیجیتال، و تعاملات آنلاین می‌توانند در اسرع وقت پاسخ‌گویی‌های مورد نیاز خود را دریافت کنند (Pham et al. 2024). همچنین استفاده از داده‌های مربوط به رفتار مشتریان می‌تواند به‌طور شخصی‌سازی‌شده تجربه خرید را برای هر مشتری بهینه سازد. داده‌هایی که از طریق دیجیتال‌سازی جمع‌آوری می‌شوند، می‌توانند به‌عنوان یک منبع مهم برای نوآوری و توسعه محصولات جدید به کار روند. با تحلیل داده‌های مشتری، شرکت‌ها می‌توانند به

نیازهای جدید بازار پاسخ داده و محصولات و خدمات خود را به‌طور بهینه‌تری طراحی کنند (Wang and Li 2024). این قابلیت به‌ویژه در صنایع رقابتی که به نوآوری سریع نیاز دارند، بسیار ارزشمند است.

هوش مصنوعی و ربات‌های هوشمند یکی از قابلیت‌های کلیدی در دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین هستند که می‌توانند برای تحلیل داده‌ها، پیش‌بینی مشکلات، و اتخاذ تصمیمات هوشمندانه به کار روند. ربات‌ها و سیستم‌های هوشمند می‌توانند در تمامی مراحل زنجیره تأمین از جمله تأمین، تولید، توزیع، و خدمات پس‌از فروش، به‌طور خودکار تصمیمات بهینه بگیرند. دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین نه تنها فرایندها را بهینه‌سازی می‌کند، بلکه می‌تواند مدل‌های تجاری جدید، فرصت‌های نوآوری، و بهبود تجربه مشتری را به‌همراه داشته باشد (Puto et al. 2021). این قابلیت‌ها به شرکت‌ها این امکان را می‌دهند که با سرعت و دقت بیشتری به تغییرات محیطی پاسخ داده و سرانجام، مزیت رقابتی خود را افزایش دهند. (Harju et al. 2023; Dixit et al. 2024).

سابقه پژوهش‌های بین‌المللی در زمینه چالش‌ها و موانع دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین را می‌توان به شرح جدول ۱، برشمرد.

جدول ۱. پژوهش‌های بین‌المللی در خصوص چالش‌ها و موانع هوشمندسازی زنجیره تأمین

محققان	چالش‌ها و موانع	یافته‌ها
Nguyen, Akbari and Nguyen (2024)	یکی از چالش‌های اساسی در مسیر دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین، کمبود زیرساخت‌های فناوری پیشرفته است.	این محدودیت‌ها، ارتباطات میان اعضای زنجیره تأمین را دشوار کرده و توانایی شرکت‌ها در استفاده از فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا و هوش مصنوعی را کاهش می‌دهد.
	یکی از موانع کلیدی، فقدان دانش و آگاهی در میان مدیران و کارکنان نسبت به مزایای دیجیتال‌سازی است.	بسیاری از مدیران هنوز اهمیت استفاده از فناوری‌های دیجیتال را در بهبود بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها درک نکرده‌اند. این عدم آگاهی می‌تواند موجب شود که دیجیتال‌سازی به‌عنوان یک اولویت راهبردی در نظر گرفته نشود.
	مسائل مربوط به حفاظت از داده‌ها، حریم خصوصی، و مالکیت معنوی می‌تواند ریسک استفاده از فناوری‌های دیجیتال را افزایش دهد.	این محدودیت‌ها موجب می‌شود که بسیاری از شرکت‌ها در اجرای فناوری‌های نوین دچار تردید شوند.

محققان	چالش‌ها و موانع	یافته‌ها
Salamah, Alzubi and Yinal (2023)	یکی از موانع، عدم یکپارچگی میان سیستم‌های اطلاعاتی تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، و توزیع‌کنندگان است.	این مشکل باعث می‌شود که جریان اطلاعات در زنجیره تأمین دچار تأخیر یا اختلال شود.
Perano et al. (2023)	نگرانی از خطاهای سیستم‌های دیجیتال یا وابستگی بیش از حد به فناوری می‌تواند مانعی برای پذیرش آن باشد.	دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین نیازمند همکاری نزدیک میان تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، و مشتریان است.
Hennley et al. (2020)	نبود استانداردهای مشترک برای تبادل داده‌ها و عدم هماهنگی در استفاده از سکوهاى فناوری اطلاعات، بهره‌وری زنجیره را کاهش می‌دهد.	دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین نیازمند سرمایه‌گذاری قابل توجه در خرید فناوری‌های نوین، نرم‌افزارها، سخت‌افزارها و آموزش نیروی انسانی است.
	دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین با خطرات امنیتی متعددی همراه است.	ضعف در امنیت سایبری می‌تواند منجر به دسترسی غیرمجاز به اطلاعات حساس، سرقت داده‌ها یا اختلال در عملکرد سیستم‌ها شود. بسیاری از شرکت‌ها به دلیل نبود زیرساخت‌های امنیتی قوی، در پذیرش فناوری‌های دیجیتال دچار تردید می‌شوند.
	فرهنگ سازمانی مقاوم در برابر تغییر، یکی دیگر از موانع مهم دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین است.	کارکنان و حتی مدیران ممکن است به دلیل نگرانی از کاهش امنیت شغلی، افزایش فشار کاری، یا نیاز به یادگیری مهارت‌های جدید، در برابر پذیرش فناوری‌های جدید مقاومت نشان دهند.
	بسیاری از فناوری‌ها و تجهیزات دیجیتال مورد نیاز برای زنجیره تأمین وابسته به تأمین‌کنندگان خارجی هستند.	این وابستگی، به‌ویژه تحت تأثیر تحریم‌ها و محدودیت‌های واردات، روند دیجیتال‌سازی را دشوارتر کرده است.
Al Tera, Alzubi and Iyiola (2024)	برخی از مدیران و کارکنان نسبت به عملکرد و مزایای فناوری‌های نوین اعتماد کافی ندارند.	این بی‌اعتمادی به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند تحلیل داده‌ها، سامانه‌های ابری، و هوش مصنوعی دیده می‌شود.
Hovanec et al. (2023)	دیجیتال‌سازی مستلزم آموزش نیروی کار در زمینه‌های جدید فناوری است.	نبود برنامه‌های آموزشی کافی و کارآمد در سازمان‌ها و هزینه‌های بالای آموزش، این فرایند را پیچیده‌تر کرده است.

محققان	چالش‌ها و موانع	یافته‌ها
Zhao, Hong and Lau (2023)	برخی شرکت‌ها به دلیل سرعت بالای تغییرات فناوری، نگران سرمایه‌گذاری در سیستم‌هایی هستند که ممکن است در آینده نزدیک منسوخ شوند.	این نگرانی باعث کاهش تمایل به پذیرش فناوری‌های نوین می‌شود. منابع فناوری داخلی برای حمایت از دیجیتال‌سازی کافی نیستند و این مسئله باعث می‌شود شرکت‌ها به فناوری‌های خارجی، وابسته باقی بمانند.

در میان پژوهش‌های داخلی که به موضوع هوشمندسازی در صنعت پرداخته‌اند Monshizadeh et al. (2023) در مطالعه‌ای با عنوان «توسعه یک مدل آمادگی صنعت ۴/۰ با استفاده از رویکرد نقشه‌های شناختی فازی» نشان دادند که چهارمین انقلاب صنعتی، پارادایم جدیدی در هوشمند شدن تولید است که فرصت‌های مختلفی را برای شرکت‌ها فراهم می‌آورد. «اصلائی لیایی» و همکاران توانمندی‌های چندگانه زنجیره تأمین پایدار بر پایه هوش مصنوعی شامل توانمندی رقابت‌پذیری، عملیاتی، فناوری و تاب‌آوری را ارزیابی کردند (۱۴۰۰). «نوذری» و همکاران به ارزیابی ریسک‌های سایبری در زنجیره تأمین مبتنی بر اینترنت اشیا پرداختند. در این پژوهش بیان گردید که اینترنت اشیا یک الگوی به‌نسبت جدید است و با استفاده از این فناوری، تمام بخش‌های اصلی زنجیره تأمین از جمله تأمین، تولید، توزیع و فروش می‌تواند تحت تأثیر قرار گیرد و دارای مزایای فراوانی در سایر بخش‌هاست (Nozari et al. 2022).

بررسی نقادانه پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که مطالعات انجام‌شده در یک قلمرو جغرافیایی خاص انجام شده‌اند و بسیاری از آنها به بررسی ابعاد محدودی پرداخته‌اند. افزون‌بر این، تعداد پژوهش‌های داخلی بسیار محدود است و محققان در پژوهش‌های خود صرفاً به شناسایی و تحلیل چند عامل مؤثر اکتفا نموده‌اند. بنابراین، لزوم نگاهی موشکافانه و دقیق به هوشمندسازی و ابعاد مختلف آن در صنعت ایران احساس می‌شود. نوآوری پژوهش حاضر شناسایی موانع، قابلیت‌ها و پیامدهای هوشمندسازی زنجیره تأمین در صنعت ایران و ارائه الگویی جامع و کاربردی طی یک مطالعه کیفی با استفاده از نقطه‌نظرات متخصصان صنعت کشور است.

۳. روش پژوهش

پژوهش حاضر بر مبنای فلسفی تفسیری و دارای جهت‌گیری توسعه‌ای و کاربردی بوده و از

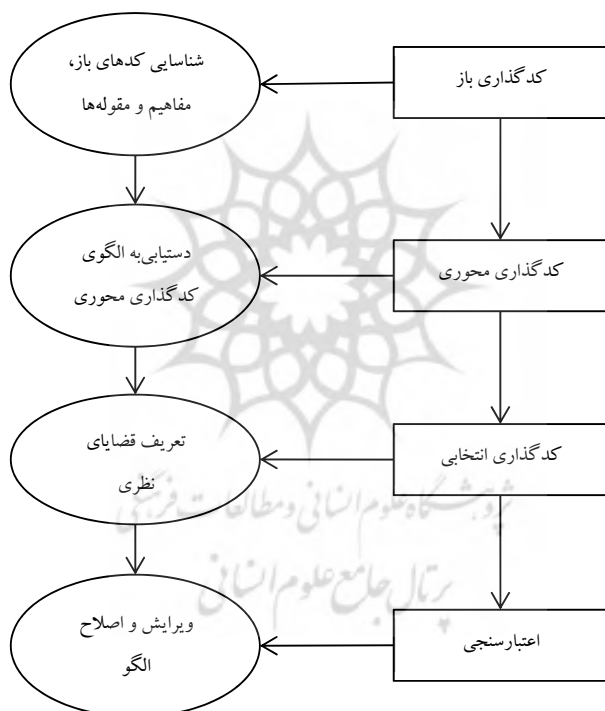
نظر روش‌شناسی، کیفی است. در این پژوهش چون به دنبال شکل‌دهی چارچوب مفهومی و تدوین تئوری بوده و نیاز به آشکارسازی دانش ضمنی خبرگان وجود دارد، از راهبرد نظریه داده‌بنیاد بهره‌گیری شده است. منظور از نظریه داده‌بنیاد، نظریه برگرفته از داده‌هایی است که در طی فرایند پژوهش به صورت نظام‌مند، گردآوری و تحلیل می‌شوند. نظریه برگرفته از داده‌ها با احتمال بیشتری می‌تواند نمایانگر واقعیت باشد و با ایجاد بصیرت و ادراک عمیق‌تر، رهنمود مطمئنی برای عمل باشد. هدف پژوهش توصیف و تبیین است و برای گردآوری داده‌ها از هر دو روش کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده است. ابزار گردآوری داده‌ها، مصاحبه‌های عمیق نیمه‌ساختاریافته با خبرگان است. نمونه‌برداری از خبرگان به روش نمونه‌گیری غیراحتمالی و از نوع هدفدار یا نظری است. نمونه‌برداری نظری، فرایند جمع‌آوری داده برای تولید نظریه است که بدان وسیله تحلیلگر، به‌طور همزمان داده‌هایش را جمع‌آوری، کدگذاری و تحلیل کرده و تصمیم می‌گیرد به‌منظور بهبود نظریه خود، در آینده چه داده‌هایی را جمع‌آوری و آنها را در کجا پیدا کند. معیار قضاوت در مورد زمان متوقف کردن نمونه‌برداری نظری «کفایت نظری» مقوله‌ها یا نظریه است و به وضعیتی اشاره دارد که در آن هیچ داده بیشتری یافت نمی‌شود که پژوهشگر به وسیله آن بتواند ویژگی‌های مقوله را رشد دهد. در زمان انجام مصاحبه‌ها سعی گردید با استفاده از نظر مصاحبه‌شوندگان، افراد دیگری به لیست مصاحبه‌ها اضافه گردند تا بر غنای کار افزوده شود و مطابق تعریف، نمونه‌گیری نظری تا زمانی که مقوله‌ها به کفایت نظری برسند، ادامه یافت که در مجموع، ۱۱ نفر از مدیران ارشد و میانی صنایع پیشرو در هوشمندسازی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند. مشخصات جمعیت‌شناختی خبرگان به شرح جدول ۲، است.

جدول ۲. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی مصاحبه‌شوندگان

ویژگی‌های جمعیت‌شناختی	گروه‌ها	فراوانی
جنسیت	آقا	۸
	خانم	۳
تحصیلات	لیسانس	۰
	فوق‌لیسانس	۶
	دکتری	۵

ویژگی‌های جمعیت‌شناختی	گروه‌ها	فراوانی
تجربیات	۱۵-۱۰ سال	۰
	۲۰-۱۵ سال	۳
	۲۵-۲۰ سال	۵
	۳۰-۲۵ سال	۳

برای پیاده‌سازی نظریه داده‌بنیاد، از نرم‌افزار "MAXQDA" استفاده شده است. گام‌های نظریه داده‌بنیاد به شرح شکل ۱، است.



شکل ۱. گام‌های پژوهش

۴. تجزیه و تحلیل یافته‌ها

رکن اساسی در فرایند تحلیل، کدگذاری است. فرایند تفکیک داده‌های حاصل از نمونه‌گیری، توصیف و بیان آنها با عباراتی کوتاه را کدگذاری گویند. فرایند تحلیل شامل

سه نوع کدگذاری باز، کدگذاری محوری، و کدگذاری انتخابی است.

۱. کدگذاری باز: کدگذاری باز شامل ۳ مرحله است. مرحله اول، کدگذاری نکات کلیدی (گزیده متن مصاحبه‌ها) است که با استفاده از نرم‌افزار "MAXQDA" تعداد ۳۷۲ کد باز شناسایی و نشانه‌گذاری گردید. در مرحله دوم، کدهای باز احصا شده در ظاهر متفاوت، اما با مفهومی مشابه در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و مفاهیم را می‌سازند که ۳۷۲ کد باز اولیه، ۸۱ مفهوم را تشکیل دادند. مرحله سوم، ساخت مقوله‌هاست. مقوله‌ها در مقایسه با مفاهیم انتزاعی‌تر بوده و سطح بالاتری را نشان می‌دهند که در این پژوهش ۸۱ مفهوم ساخته شده در ۲۰ مقوله دسته‌بندی گردیدند. فهرست مفاهیم و مقوله‌های حاصل از نرم‌افزار در جدول ۳، قابل مشاهده است.

جدول ۳. مفاهیم و مقوله‌های استخراج شده در نرم‌افزار "MAXQDA"

مفهوم	مقوله	مفهوم	مقوله
نبود استانداردهای مشترک برای ادغام سیستم‌های فیزیکی	فقدان سامانه‌ها و سکو‌ها جهت پردازش سریع و دقیق داده‌ها در مدیریت زنجیره تأمین	موانع زیرساختی، فناوری و فنی	عدم اطمینان نسبت به تقاضا و زمان تحویل
چالش‌های اتصال	فقدان متخصصان و مهارت‌های فناوری	تغییر و تحولات گسترده و غیرقابل پیش‌بینی	عدم اطمینان محیطی
حجم بالای محاسباتی (فقدان سیستم داده کاوی مدرن و عدم به کارگیری الگوریتم‌های داده کاوی)	امنیت سایبری	برقراری ارتباط با سیستم‌های پیچیده	روابط پیچیده و چندوجهی
حفظ حریم خصوصی	عدم اعتماد	برقراری ارتباط مؤثر با مشتریان	انفجار داده‌ها
		مسائل حفاظتی	روابط غیرقابل پیش‌بینی بین زیرسیستم‌ها
		جرایم عظیم تولید داده	
		تشکیل پایگاه داده‌های مختلف	

مفهوم	مقوله	مفهوم	مقوله
هزینه بالای سرمایه‌گذاری اولیه برای دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین	موانع مالی و اقتصادی	بلاکچین	الزامات فنی (نرم‌افزاری)
عدم تخصیص منابع مالی کافی برای دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین		اینترنت اشیا	
طولانی شدن نرخ بازگشت سرمایه		هوش مصنوعی	
هزینه بر بودن تعمیر و نگهداری سیستم		کلان‌داده	
نبود سیاست‌های حمایتی مشوق‌های مالیاتی، وام‌های کم‌بهره، یا برنامه‌های مشارکتی، بیمه سبز		رایانش ابری و سیستم‌های ذخیره‌سازی آن	
عدم تخصیص متناسب بودجه جهت دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین		سیستم‌های سخت‌افزاری / تجهیزات مدرن	الزامات فنی (سخت‌افزاری)
مقاومت کارکنان و مدیران در برابر تغییرات	موانع سازمانی و مدیریتی	نیروی متخصص	
فقدان دستورالعمل استاندارد سازمانی و مقررات پیرامون دیجیتال کردن در زنجیره تأمین		الزامات امنیتی و حفاظتی	
عدم درک و تعهد کافی مدیریت ارشد		داده‌های دقیق و به‌موقع	
فقدان سبک کاری واحد در اجرای دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین		الزامات آموزشی (آموزش مستمر، آشنایی، آگاهی و برنامه‌ریزی و ...)	الزامات محیطی و سازمانی
فقدان راهبردهای نوآوری مناسب		الزامات دورن سازمانی (انعطاف‌پذیری در برابر تغییر، حمایت مدیریت ارشد، و تحول رهبری، و ...)	
رهبری ناکافی		تطبیق محیطی و حقوقی	
ناکافی بودن نقشه راه راهبردی		الزامات فرهنگی (سازمانی، پذیرش تغییر و ...)	
عدم اتخاذ مکانیسم حاکمیتی		همکاری و یکپارچگی با شرکای تجاری	

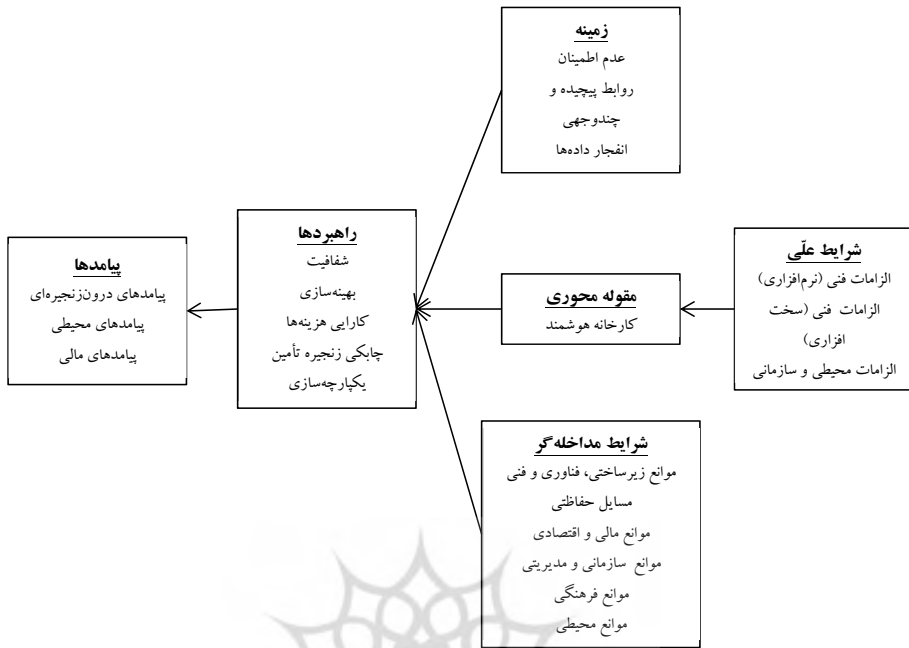
مفهوم	مقوله	مفهوم	مقوله
عدم فرهنگ صحیح استفاده از فناوری مورد نیاز برای دیجیتال کردن زنجیره تأمین	موانع فرهنگی	الزامات حقوقی و قانونی	
نگرش‌های متفاوت نسبت به دیجیتال‌سازی		مدیریت تغییر و تطبیق	
نبود فرهنگ یادگیری مداوم و سرمایه‌گذاری در آموزش در بسیاری از سازمان‌ها		بهبود عملکرد و کارایی زنجیره	پیامدهای درون‌زنجیره‌ای
ریسک‌های غیرقابل پیش‌بینی محیطی (عدم قطعیت محیطی)	موانع محیطی	بهبود فرایندهای مدیریت موجودی	
محدودیت‌های انرژی		امکان دسترسی به داده‌های به‌روز و دقیق	
عدم حمایت از بهره‌داران		اتخاذ تصمیمات بهتر در مورد تولید، توزیع، موجودی و تأمین منابع	
قابلیت ردیابی	شفافیت	پاسخگویی سریع‌تر به تغییرات بازار، تقاضا، یا مشکلات ناشی از اختلالات در زنجیره تأمین	
مقیاس‌پذیری		ارتقای تجربه مشتری	
افزایش درجه اشتراک اطلاعات		بهبود امنیت اطلاعات و کاهش ریسک‌ها	
همکاری و مشارکت بهینه	بهینه‌سازی	ایجاد نوآوری جدید	
مدیریت بهینه روابط مشتری		بهبود فرایندها، شفافیت، و هماهنگی میان بهره‌داران مختلف در زنجیره تأمین	
تاب‌آوری در زنجیره تأمین		پاسخگویی	
امکان تحلیل دقیق مصرف انرژی و تولید ضایعات	کارایی هزینه‌ها	بهبود رقابت در بازار (مزیت رقابتی)	پیامدهای محیطی
صرفه‌جویی، بازدهی بیشتر، بهبود کارایی و بهره‌وری		بهبود سطح حاکمیت شرکتی	

مفهوم	مقوله	مفهوم	مقوله
دسترسی‌پذیری و پاسخگویی آنلاین چابکی زنجیره انعطاف‌پذیری	تأمین	انطباق‌پذیری کسب و کار جدید (خلق و توسعه محصول جدید)	
سرعت در تصمیم‌گیری		کاهش هزینه‌های معاملات خارجی و مقرون‌به‌صرفه بودن	پیامدهای مالی
تبادل و هماهنگی اطلاعات هماهنگی قابلیت‌ها و اهداف سازمان	یکپارچه‌سازی	بازگشت اقتصادی سرمایه‌گذاری	

۲. کدگذاری محوری: رویه کدگذاری محوری، عملی مربوط به دسته‌بندی مفاهیم به زیرشاخه‌ها در امتداد خطوط ویژگی‌ها و ابعاد آن است. مجموع مقوله‌های مستخرج از داده‌های خام، در قالب الگویی به نام الگوی کدگذاری محوری گردآوری می‌شوند. در این مرحله، نظریه‌پرداز داده‌بنیاد یک مقوله مرحله کدگذاری باز را انتخاب کرده و آن را در مرکز فرایندی که در حال بررسی آن است، به عنوان «پدیده مرکزی» قرار داده و آنگاه، دیگر مقوله‌ها را به آن ربط می‌دهد (Creswell 2002). مقوله‌های دیگر عبارت‌اند از: شرایط علی، راهبردها، شرایط زمینه‌ای و مداخله‌گر، و پیامدها. این مرحله مشتمل بر ترسیم یک نمودار است که «الگوی کدگذاری» نامیده می‌شود (Lee 2001). الگوی کدگذاری، روابط فیما بین شرایط علی، راهبردها، شرایط زمینه‌ای و مداخله‌گر و پیامدها را نمایان می‌کند که به شرح زیر تعریف می‌شوند:

الف) شرایط علی: مقوله‌هایی مربوط به شرایطی هستند که بر مقوله محوری تأثیر می‌گذارند که شروطی لازم ولی ناکافی جهت دستیابی به پیامدهای حاصل از به کارگیری راهبردهاست. ب) مقوله محوری: مقوله اصلی که می‌توان دیگر مقوله‌ها را به آن ربط داده و به کرات در داده‌ها ظاهر می‌شود. ج) راهبردها: کنش‌ها و برهم کنش‌های خاصی که از پدیده محوری منتج می‌شوند. د) زمینه: شرایط خاصی که بر راهبردها تأثیر می‌گذارند. ه) شرایط مداخله‌گر: شرایط زمینه‌ای عمومی که بر راهبردها تأثیر می‌گذارند. و) پیامدها: خروجی‌های حاصل از به کارگیری راهبردها.

بر این اساس، مدل پارادایمی پژوهش مطابق شکل ۲، استخراج گردید.



شکل ۲. الگوی کدگذاری محوری

۳. کدگذاری انتخابی: در این پژوهش از روش ارائه قضایای نظری بر اساس مدل پارادایم برای کدگذاری انتخابی استفاده شده است. قضیه‌های نظری، بیانگر روابط تعمیم‌یافته بین یک طبقه و مفاهیم آن با طبقات معین است. بر اساس مدل پارادایمی ارائه‌شده برای فرایند کدگذاری انتخابی پنج قضیه نظری به شرح زیر مطرح می‌شود:

۱. الزامات فنی (نرم‌افزاری)، الزامات فنی (سخت‌افزاری) و الزامات محیطی و سازمانی؛ شرایط علی برای کارخانه هوشمند (مقاله محوری) محسوب می‌شود؛

۲. شفافیت، بهینه‌سازی، کارایی هزینه‌ها، چابکی زنجیره تأمین و یکپارچه‌سازی؛ به‌عنوان کنش و واکنش‌هایی است که می‌تواند منجر به تداوم و حفظ کارخانه هوشمند شود؛

۳. عدم اطمینان، گستردگی روابط و انفجار داده‌ها؛ بستری خاص برای انجام اقداماتی جهت کارخانه هوشمند فراهم می‌آورد؛

۴. موانع زیرساختی، فناوری و فنی، مسایل حفاظتی، موانع مالی و اقتصادی، موانع سازمانی و مدیریتی، موانع فرهنگی و موانع محیطی؛ بستری عام برای انجام اقداماتی

جهت تداوم کارخانه هوشمند فراهم می‌آورد؛

۵. کارخانه هوشمند و اقدامات انجام شده برای حفظ و تداوم کارخانه هوشمند، که

پیامدهای درون‌زنجیره‌ای، پیامدهای محیطی و پیامدهای مالی را در پی خواهد داشت.

اعتبارسنجی نظریه داده‌بنیاد: روش‌های مختلفی برای اعتبارسنجی در نظریه داده‌بنیاد

وجود دارد که در پژوهش حاضر از دو روش بازبینی مشارکت‌کنندگان و مرور خبرگان

غیرشرکت‌کننده در پژوهش (۳ نفر از مدیران و ۳ نفر از اعضای هیئت علمی مرتبط)

استفاده شد. به این ترتیب، ضمن برگزاری کارگاه‌های جداگانه با مدیران مشارکت‌کننده

در پژوهش و اعضای هیئت علمی دانشگاه دارای رشته تحصیلی مرتبط، فرایند کدگذاری

و استخراج مفاهیم و مقوله‌ها مورد بررسی و بازبینی قرار گرفت و پس از دریافت نظرات

اصلاحی، ویرایش لازم انجام و الگوی نهایی ارائه شد.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل یافته‌ها منجر به شناسایی شش مقوله اصلی شد. این شش مقوله عبارت‌اند

از: شرایط علمی، پدیده محوری، شرایط زمینه‌ای، شرایط مداخله‌گر، راهبردها، و پیامدها.

پدیده محوری شناسایی شده «کارخانه هوشمند» است. شرایط علمی به‌عنوان مقوله‌هایی

که بر مقوله محوری تأثیر می‌گذارند، شامل الزامات فنی (نرم‌افزاری)، الزامات فنی

(سخت‌افزاری) و الزامات محیطی و سازمانی است.

مقوله‌های الزامات فنی (نرم‌افزاری)، الزامات فنی (سخت‌افزاری) با نتایج مطالعات

Wang و Nguyen, Akbari and Nguyen (2024) و Salamah, Alzubi and Yinal (2023)

and Li (2024) و Pham et al. (2024) و Al Tera, Alzubi and Iyiola (2024) مطابقت دارد.

زیرساخت‌های فناوری اطلاعات یکی از ارکان اصلی دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین به‌شمار

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.

مقوله‌های الزامات محیطی و سازمانی با نتایج پژوهش‌های Chen and Chen

(2022) و Hovanec et al. (2023) و Dong et al. (2023) و Tobis et al. (2023) همراستا است.

دیجیتال‌سازی فرایندی 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. یکی از چالش‌های اصلی در پیاده‌سازی دیجیتال‌سازی، به‌ویژه در سازمان‌های سنتی، نیاز به آموزش مداوم و به‌روز نگه داشتن مهارت‌های کارکنان است. شرایط مداخله‌گر به‌عنوان شرایط زمینه‌ای عمومی که بر راهبردها تأثیر می‌گذراند، شامل موانع زیرساختی، فناوری و فنی، مسایل حفاظتی، موانع مالی و اقتصادی، موانع سازمانی و مدیریتی، موانع فرهنگی و موانع محیطی است.

موانع زیرساختی، فناوری و فنی و مسایل حفاظتی با نتایج مطالعات Perano et al. (2023) و Al Tera, Alzubi and Iyiola. (2024) و Hennley et al. (2020) و Dong et al. (2023) همسویی دارد. یکی از موانع اصلی در دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین، ضعف زیرساخت‌های ارتباطی مانند اینترنت پرسرعت، شبکه‌های مطمئن، و سامانه‌های ابری است. در بسیاری از کشورها و مناطق، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، این زیرساخت‌ها به‌طور کامل فراهم نیست و مانعی جدی برای پیاده‌سازی فناوری‌های نوین محسوب می‌شود.

موانع مالی و اقتصادی با نتایج پژوهش‌های Salamah, Alzubi, و Nguyen et al. (2024) و Yinal (2023) and همراستایی دارد. یکی از موانع اصلی مالی، هزینه بالای سرمایه‌گذاری اولیه برای دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین است. خرید تجهیزات پیشرفته، توسعه نرم‌افزارها، نصب زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، و استخدام نیروی انسانی متخصص نیازمند بودجه‌ای قابل توجه است که بسیاری از شرکت‌ها، به‌ویژه شرکت‌های کوچک و متوسط، قادر به تأمین آن نیستند.

موانع سازمانی و مدیریتی با نتایج مطالعات Bastos et al. (2024) و Dixit et al. (2024) و Tiwari et al. (2024) و Chen and Chen (2024) همسویی دارد. در عصر دیجیتال، همکاری و یکپارچگی با شرکای تجاری یکی از ارکان کلیدی موفقیت در دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین به‌شمار می‌آید. اولین گام در همکاری مؤثر با شرکای تجاری، ایجاد یکپارچگی در سیستم‌ها و داده‌هاست.

موانع فرهنگی و محیطی با نتایج پژوهش‌های Fang و Zhao, Hong and Lau (2023) و Mishra et al. (2024) و Herold et al. (2021) مطابقت دارد. ایجاد تغییرات دیجیتال نیازمند فرهنگ سازمانی است که حمایت‌کننده نوآوری و استفاده از فناوری‌های جدید باشد.

بنابراین، 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 کرده و سیستم‌های مختلف را به‌طور یکپارچه ارتباط دهند. همچنین، وجود امنیت بالا برای حفاظت از اطلاعات حساس و جلوگیری از تهدیدات سایبری ضروری 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 است. همچنین برای بهره‌برداری از مزایای دیجیتال‌سازی، وجود داده‌های دقیق و به‌موقع از اهمیت بالایی برخوردار است. داده‌های مرتبط با موجودی، تقاضا، وضعیت حمل‌ونقل، و عملکرد تأمین‌کنندگان باید به‌طور مستمر جمع‌آوری و پردازش شوند.

با توجه به سرعت بالای تغییرات در فناوری، نیروی انسانی باید به‌طور مستمر در زمینه‌های مختلف فناوری‌های جدید آموزش دیده و توانمندی‌های خود را به‌روز کند. شرکت‌ها باید برنامه‌های آموزشی و توسعه‌ای مستمر برای کارکنان خود فراهم کنند تا آنان بتوانند به‌طور مؤثر از ابزارهای دیجیتال استفاده کنند و در مواجهه با چالش‌های جدید توانایی‌های لازم را داشته باشند. نیروی انسانی متخصص باید در یک فرهنگ سازمانی کار کند که پذیرای نوآوری و تغییرات دیجیتال باشد. کارکنان باید تشویق شوند که در مراحل مختلف از ابزارهای نوین برای بهبود فرایندها استفاده کنند و به‌طور فعال در ارتقای عملکرد زنجیره تأمین مشارکت نمایند.

توسعه زیرساخت‌های فناوری دیجیتال نیازمند سرمایه‌گذاری کلان است که شامل هزینه‌های خرید تجهیزات، توسعه نرم‌افزارها، و ایجاد شبکه‌های پیشرفته است. افزون‌بر این، حفاظت از داده‌ها به زیرساخت‌های امنیتی قوی نیاز دارد که در بسیاری از موارد به‌درستی فراهم نشده‌اند. رفع این موانع نیازمند سرمایه‌گذاری‌های کلان، تدوین سیاست‌های حمایتی، و همکاری بین‌المللی برای توسعه استانداردهای مشترک است.

نبود سیاست‌های حمایتی مانند مشوق‌های مالیاتی، وام‌های کم‌بهره، یا برنامه‌های مشارکتی می‌تواند مانع اجرای پروژه‌های دیجیتال‌سازی در زنجیره تأمین شود. نوسانات اقتصاد جهانی مانند تورم، رکود و تغییرات نرخ ارز، بر توانایی شرکت‌ها در برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری تأثیر منفی می‌گذارد. برای غلبه بر این موانع، لازم است دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی از طریق ارائه تسهیلات مالی، کاهش موانع تجاری، و تشویق به سرمایه‌گذاری، شرایط را برای توسعه فناوری‌های دیجیتال تسهیل کنند. شرکت‌ها نیز

باید از طریق برنامه‌ریزی دقیق و ارزیابی هزینه‌ها و منافع بلندمدت، به اولویت‌بندی پروژه‌های دیجیتال‌سازی پردازند.

سازمان‌ها باید از سیستم‌های دیجیتال یکپارچه مانند سیستم‌های مدیریت منابع سازمانی^۱ و مدیریت زنجیره تأمین^۲ استفاده کنند که امکان تبادل اطلاعات به‌صورت بلادرنگ و یکپارچه را فراهم می‌آورند. دیجیتال‌سازی مستلزم تغییرات عمده در فرایندها و ساختارهای سازمانی است. بنابراین، مدیریت تغییر و انطباق سازمان با این تغییرات از الزامات کلیدی است. حمایت مدیریت ارشد و رهبری تحول در فرایند دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین یکی از ارکان اساسی موفقیت در این عرصه به‌شمار می‌آید.

سازمان‌ها باید محیطی ایجاد کنند که کارکنان بتوانند با راحتی و بدون ترس از شکست، فناوری‌های جدید را امتحان کنند. این پذیرش نوآوری باید از رأس هرم سازمانی شروع شود و مدیران ارشد باید خود را به‌عنوان الگوهای برای استفاده از فناوری‌های جدید معرفی کنند. سازمان‌هایی که فرهنگ انعطاف‌پذیری دارند، قادر به تطبیق سریع با تحولات جدید خواهند بود و می‌توانند در رقابت‌های جهانی موفق‌تر عمل کنند. برای اینکه فرایندهای دیجیتال‌سازی به‌طور مؤثر پیاده‌سازی شوند، نیاز است که کارکنان در سطوح مختلف، اطلاعات و تجربیات خود را به اشتراک بگذارند و به‌طور گروهی به حل مسایل پیچیده پردازند.

پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی به بررسی تأثیرات مختلف فناوری‌های نوین بر زنجیره تأمین، تغییرات مدیریت نیروی انسانی در عصر فناوری‌های نوظهور، تأثیر هوشمندسازی بر فرهنگ سازمانی، ملاحظات اخلاقی مرتبط با به‌کارگیری فناوری‌ها، تحولات حکمرانی صنعت همگام با پیشرفت فناوری، تجزیه و تحلیل و اولویت‌بندی موانع و چالش‌های هوشمندسازی و راهبردهای رفع آنها، شناسایی الزامات به‌کارگیری تولید هوشمند و طراحی الگوی جامع و کاربردی پیاده‌سازی زنجیره تأمین هوشمند در صنعت کشور پرداخته شود.

قدردانی

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

1. enterprise resource planning (ERP)

2. supply chain management (SCM)

فهرست منابع

اصلانی لیائی، ولی الله، صادق عابدی، علی‌رضا ایرج‌پور، و رضا احتشام راثی. ۱۴۰۰. ارائه مدلی برای ارزیابی توانمندی‌های چندگانه زنجیره تأمین پایدار بر پایه هوش مصنوعی. چشم‌انداز مدیریت صنعتی ۱۱ (۳):
<https://doi.org/10.52547/jimp.11.3.107>. ۱۲۹-۱۰۷

References

- Agrawal, P., and R. Narain. 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>
- Ahmad Amouei, M., C. Valmohammadi, and K. Fathi. 2023. Developing and validating an instrument to measure the impact of digital supply chain activities on sustainable performance. *Journal of Enterprise Information Management* 36 (4): 925-951. <https://doi.org/10.1108/JEIM-12-2021-0520>
- Al Tera, A., A. Alzubi, and K. Iyiola. 2024. Supply chain digitalization and performance: A moderated mediation of supply chain visibility and supply chain survivability. *Heliyon* 10 (4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25584>
- Al-Okaily, M., and A. Al-Okaily. 2025. Financial data modeling: an analysis of factors influencing big data analytics-driven financial decision quality. *Journal of Modelling in Management* 20 (2): 301-321. <https://doi.org/10.1108/JM2-08-2023-0183>
- Aslani Liaei, V., S. Abedi, A. Irajpour, and R. Ehtesham Rathi. 2021. Designing a Model for Evaluation of Sustainable Supply Chain Multi Capabilities Based on Artificial Intelligence. *Journal of Industrial Management Perspective* 11 (3): 107-129. [In Persian] <https://doi.org/10.52547/jimp.11.3.107>
- Attaran, M. 2020. Digital Technology Enablers and their Implications for Supply Chain Management. *Supply Chain Forum* 21 (3): 158-172. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1751568>
- Bag, S., P. Dhamija, S. Luthra, and D. Huisingh. 2023. How big data analytics can help manufacturing companies strengthen supply chain resilience in the context of the COVID-19 pandemic. *The International Journal of Logistics Management* 34 (4): 1141-1164. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2021-0095>
- Bai, C., P. Dallasega, G. Orzes, and J. Sarkis. 2020. Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics* 229: 107776. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776>
- Bastos, T., T.C. Teixeira, and L. J. Nunes. 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>
- Büchi, G., M. Cugno, and R. Castagnoli. 2020. Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change* 150: 119790. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119790>
- Chen, Y., and G. Chen. 2022. Optimization of the intelligent asset management system based on WSN and RFID technology. *Journal of Sensor* 2022 (1): 3436530. <https://doi.org/10.1155/2022/3436530>
- Creswell, J. W. 2002. *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall.
- Dadhaneeya, H., P. K. Nema, and V. K. Arora. 2023. Internet of Things in food processing and its potential in Industry 4.0 era: A review. *Trends in Food Science & Technology* 139: 104109. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.07.006>
- Dixit, V. K., R. K. Malviya, V. Kumar, and R. Shankar. 2024. An analysis of the strategies for overcoming digital supply chain implementation barriers. *Decision Analytics Journal* 10: 100389. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.07.006>

org/10.1016/j.dajour.2023.100389

- Dong, Y., S. F. Ahmad, M. Irshad, M. Al-Razgan, Y. A. Ali, and E. M. Awwad. 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., Y. Yu, K. Park, F. Liu, S. S. Xiao, and Y. Shi. 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>
- Ghobakhloo, M., M. Iranmanesh, M. Vilkas, A. Grybauskas, and A. Amran. 2022. Drivers and barriers of Industry 4.0 technology adoption among manufacturing SMEs: a systematic review and transformation roadmap. *Journal of Manufacturing Technology Management* 33 (6): 1029-1058. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2021-0505>
- Harju, A., J. Hallikas, M. Immonen, and K. Lintukangas. 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., V. Shahare, A. K. Sharma, and N. Arora. 2023. *Introduction to industry 4.0. In Blockchain and its Applications in Industry 4.0*. Singapore: Springer Nature Singapore: 29-59. https://doi.org/10.1007/978-981-19-8730-4_2
- Hennelly, P. A., J. S. Srari, G. Graham, and S. Fosso Wamba. 2020. Rethinking supply chains in the age of digitalization. *Production Planning & Control* 31 (2-3): 93-95. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1631469>
- Herold, D. M., M. Ćwiklicki, K. Pilch, and J. Mikl. 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., P. Korba, M. Vencel, and S. Al-Rabeei. 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., B. Davis-Sramek, and B. Gibson. 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>
- Júnior, L. C. R., G. F. Frederico, and M. L. N. Costa. 2023. Maturity and resilience in supply chains: a systematic review of the literature. *International Journal of Industrial Engineering and Operations Management* 5 (1): 1-25. <https://doi.org/10.1108/IJIEOM-08-2022-0035>
- Kouhizadeh, M., Q. Zhu, and J. Sarkis. 2020. Blockchain and the circular economy: potential tensions and critical reflections from practice. *Production Planning & Control* 31 (11-12): 950-966. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1695925>
- Kumar, A., S. Choudhary, J. A. Garza-Reyes, V. Kumar, S. A. Rehman Khan, and N. Mishra. 2021. Analysis of critical success factors for implementing Industry 4.0 integrated circular supply chain - moving towards sustainable operations. *Production Planning & Control* 34 (10): 984-998. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1980905>
- Lee, J. 2001. A grounded theory: integration and internalization in ERP adoption and use. *ETD Collection for University of Nebraska-Lincoln* AAI3016318. <https://digitalcommons.unl.edu/dissertations/AAI3016318>
- Li, C., P. Zheng, Y. Yin, B. Wang, and L. Wang. 2023. Deep reinforcement learning in smart manufacturing: A review and prospects. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 40: 75-101. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2022.11.003>
- Maiti, A., and R. G. Shilpa. 2020. Developing a framework to digitize supply chain between supplier and manufacturer. In 2020 5th International Conference on Computing, Communication and Security (ICCCS): 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICCCS49678.2020.9277211>

- Mishra, R., R. Kr Singh, and A. Gunasekaran. 2024. Digitalization of supply chains in Industry 4.0 environment of manufacturing organizations: conceptualization, scale development & validation. *Production Planning & Control* 35(11): 1278-1297. <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2172622>
- Monshizadeh, F., M. R. Sadeghi Moghadam, T. Mansouri, and M. Kumar. 2023. Developing an industry 4.0 readiness model using fuzzy cognitive maps approach. *International Journal of Production Economics* 255: 108658. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108658>.
- Nahr, J. G., H. Nozari, and M. E. Sadeghi. 2021. Green supply chain based on artificial intelligence of things (AloT). *International Journal of Innovation in Management, Economics and Social Sciences* 1 (2): 56-63. <https://doi.org/10.52547/ijimes.1.2.56>
- Nguyen, T., M. Akbari, and K. Nguyen. 2024. Unlocking the potential of Vietnamese supply chain with digitalization: a bibliometric analysis and systematic literature review. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal* 17 (1):123-141. <http://doi.org/10.31387/oscm0560418>
- Nozari, H., J. Ghahremani Nahr, M. Fallah, and A. Szmelter-Jarosz. 2022. Assessment of cyber risks in an IoT-based supply chain using a fuzzy decision-making method. *International Journal of Innovation in Management Economics and Social Sciences* 2 (1): 52-64. <https://doi.org/10.52547/ijimes>.
- Öztürk, Ö. 2023. Analysis of Industry 4.0 Technologies' Adoption Using Interpretive Structural Modelling: Empirical Findings from Manufacturing Sector in Turkey (Master's thesis, Middle East Technical University (Turkey)).
- Paola, M., and H. Gebauer. 2020. Internet of things technologies, digital servitization and business model innovation in BtoB manufacturing firms. *Industrial Marketing Management* 89: 245-264. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.03.009>
- Pappas, N., A. Caputo, M. M. Pellegrini, G. Marzi, and E. Michopoulou. 2021. The complexity of decision-making processes and IoT adoption in accommodation SMEs. *Journal of Business Research* 131: 573-583. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.01.010>
- Perano, M., A. Cammarano, V. Varriale, G. Del Regno, F. Michelino, and M. Caputo. 2023. Embracing supply chain digitalization and unphysicalization to enhance supply chain performance: a conceptual framework. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 53 (5/6): 628-659. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-06-2022-0201>
- Pham, T. N., M. T. Tran Hoang, Y. N. Nguyen Tran, and B. A. Nguyen Phan. 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>
- Puto, A., M. M. Pellegrini, G. Marzi, and E. Michopoulou. 2021. The complexity of decision-making processes and IoT adoption in accommodation SMEs. *Journal of Business Research* 131: 573-583. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.01.010>
- Qiao, S., N. N. Xiong, Y. Gao, Z. Fang, W. Yu, J. Zhang, and X. Jiang. 2023. Self-supervised learning of depth and ego-motion for 3D perception in human computer interaction. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications* 20 (2): 1-21. <https://doi.org/10.1145/3588571>
- Queiroz, M. M., S. Fosso Wamba, C. J. Chiappetta Jabbour, A. B. Lopes de Sousa Jabbour, and M. C. Machado. 2022. Adoption of Industry 4.0 technologies by organizations: a maturity levels perspective. *Annals of Operations Research* 6: 1-27. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-05006-6>
- Rad, F. F., P. Oghazi, M. Palmié, K. Chirumalla, N. Pashkevich, P. C. Patel, and S. Sattari. 2022. Industry 4.0 and supply chain performance: A systematic literature review of the benefits, challenges, and critical success factors of 11 core technologies. *Industrial Marketing Management* 105: 268-293. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2022.06.009>
- Rahamneh, A., S. Alrawashdeh, A. Bawaneh, Z. Alatyat, A. Mohammad, and S. Al-Hawary. 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>
- Rasool, F., M. Greco, and M. Grimaldi. 2022. Digital supply chain performance metrics: a literature review. *Measuring Business Excellence* 26 (1): 23-38. <https://doi.org/10.1108/MBE-11-2020-0147>
- Salamah, E., A. Alzubi, and A. Yinal. 2023. Unveiling the impact of digitalization on supply chain performance in the post-COVID-19 era: the mediating role of supply chain integration and efficiency. *Sustainability* 16 (1): 304. <https://doi.org/10.3390/su16010304>
- Tiwari, S., P. Sharma, and A. K. Jha. 2024. Digitalization & 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., K. Grzybowska, and B. Król. 2023. Supply chain in the digital age: A Scientometric–Thematic literature review. *Sustainability* 15 (14): 11391. <https://doi.org/10.3390/su151411391>
- Vaz, A. L. A., F. A. Ferreira, L. F. Pereira, R. J. Correia, and A. Banaitis. 2022. Strategic visualization: the (real) usefulness of cognitive mapping in smart city conceptualization. *Management Decision* 60 (4): 916-939. <https://doi.org/10.1108/MD-11-2020-1512>
- Wang, S., and J. Li. 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>
- Yang, M., M. Fu, and Z. Zhang. 2021. The adoption of digital technologies in supply chains: Drivers, process and impact. *Technological Forecasting and Social Change* 169: 120795. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120795>
- Zhao, N., J. Hong, and K. H. Lau. 2023. Impact of supply chain digitalization on supply chain resilience and performance: A multi-mediation model. *International Journal of Production Economics* 259: 108817. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108817>
- Zúñiga, E. R., N. Yasue, T. Hirose, H. Nomoto, and T. Sawaragi. 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>

امیر احسان زاهدی

متولد سال ۱۳۶۷، دارای مدرک تحصیلی دکتری در رشته مدیریت تولید و عملیات از دانشگاه یزد است. ایشان هم‌اکنون استادیار گروه مدیریت دانشگاه اراک است. آموزش عالی، هوش مصنوعی، مدیریت دانش، هوشمندسازی زنجیره تأمین، کارآفرینی و فناوری‌های نوین از جمله علایق پژوهشی وی است.



مهدیه حقیقت

متولد سال ۱۳۷۸، دارای مدرک کارشناسی ارشد در رشته مدیریت صنعتی از دانشگاه خوارزمی است. مدیریت دانش، زنجیره تأمین هوشمند، دیجیتال‌سازی فرایندهای صنعتی، فناوری‌های مرتبط با صنعت نسل چهارم و پنجم از جمله علایق پژوهشی وی است.

