



An Integrated Fuzzy Delphi–DANP Model for Prioritizing Digital Supply Chain Challenges in the Dairy Industry

Neda Nadernia*

Master of Science in Industrial Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

nadernia.neda7@gmail.com

Seyed Mohammad Ali Khatami Firouzabadi

Professor, Department of Operations and IT Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

a.khatami@atu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received: 2025-08-16

Revised: 2025-09-21

Accepted: 2025-09-24

Keywords:

Supply Chain
Digitalization,
Digital Transformation
Barriers,
Fuzzy Delphi Method,
Fuzzy DANP,
Dairy Industry

EXTENDED ABSTRACT

Background and Objectives: In recent years, digitalization of supply chains has emerged as a key driver for enhancing operational efficiency, reducing costs, and improving the competitiveness of industries, particularly the dairy sector. Despite its potential benefits, successful implementation of digital transformation faces multiple managerial, knowledge-related, and technological barriers, which may delay the achievement of strategic objectives. This study aims to identify and prioritize the barriers to digital supply chain transformation in the dairy industry using a rigorous Fuzzy Delphi–DANP approach and to assess the robustness of the results through sensitivity analysis.

Materials and Methods: This research is applied and descriptive–analytical in nature. The study was conducted in three main phases: (1) extraction of key barriers through a systematic literature review and expert interviews; (2) assessment of the importance of barriers using the Fuzzy Delphi method and precise weighting via the Fuzzy DANP approach; and (3) evaluation of the robustness and reliability of the results through sensitivity analysis, which enabled examination of the impact of variations in barrier weights on the overall prioritization. This integrated methodology enhances both the accuracy and the credibility of the findings.

Results: The findings indicate that managerial and technological barriers exert the greatest influence on the success of digital supply chain transformation. Sensitivity analysis demonstrated that changes in the weights of these barriers can affect the overall prioritization, while confirming that the proposed model maintains high robustness and reliability. Moreover, the

* Corresponding author.

E-mail address: Nadernia.neda7@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-4956-4413>

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی دانشگاه علامه طباطبائی است.

results provide valuable insights for identifying critical barriers and formulating strategic recommendations for decision-makers in the dairy industry.

Conclusion: The integrated Fuzzy Delphi–DANP model combined with sensitivity analysis offers a scientific and practical framework for identifying, prioritizing, and managing barriers to digital supply chain transformation. In addition to its direct applicability for strategic decision-making in the dairy sector, this study clarifies existing research gaps in the field of supply chain digital transformation and provides a foundation for future investigations.

Cite this article as:

Nadernia, N. & Khatami Firouzabadi, S. M. A. (2025). An Integrated Fuzzy Delphi–DANP Model for Prioritizing Digital Supply Chain Challenges in the Dairy Industry. *Strategic Value Chain Management*, 2(5), 117-139.

DOI: <https://doi.org/10.22075/svcm.2025.38675.1040>

© 2024 The Author(s). Journal of Strategic Value Chain Management Published by **Semnan University Press**.

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



مدل تلفیقی دلفی-DANP فازی برای اولویت‌بندی چالش‌های زنجیره تأمین دیجیتال در صنعت لبنی

ندا نادرنیا*

کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

nadernia.neda7@gmail.com

سید محمد علی خاتمی فیروزآبادی

استاد گروه مدیریت عملیات و فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

a.khatami@atu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی	سابقه و هدف: دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین به‌عنوان محرکی کلیدی برای افزایش کارایی، کاهش هزینه‌ها و ارتقای رقابت‌پذیری صنایع به ویژه صنعت لبنی در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران و مدیران قرار گرفته است. با وجود مزایای بالقوه، اجرای موفق تحول دیجیتال با چالش‌های متعدد مدیریتی، دانشی و فناورانه مواجه است که می‌تواند تحقق اهداف استراتژیک سازمان‌ها را به تأخیر اندازد. هدف این پژوهش، شناسایی و اولویت‌بندی موانع دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین در صنعت لبنی با استفاده از رویکرد علمی و تلفیقی دلفی-DANP فازی و ارزیابی پایداری نتایج از طریق تحلیل حساسیت است.
واژه‌های کلیدی: دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین؛ موانع تحول دیجیتال؛ روش دلفی فازی؛ روش DANP فازی؛ صنعت لبنی.	روش: این مطالعه از نوع پژوهش کاربردی و توصیفی-تحلیلی می‌باشد. فرآیند پژوهش شامل سه مرحله اصلی بود: (۱) استخراج موانع کلیدی از طریق مرور نظام‌مند ادبیات و مصاحبه با خبرگان صنعت؛ (۲) تعیین اهمیت موانع با استفاده از دلفی فازی و وزن‌دهی دقیق با روش DANP فازی؛ و (۳) سنجش پایداری و اعتبار نتایج از طریق تحلیل حساسیت، که امکان بررسی تأثیر تغییرات وزن موانع بر اولویت‌بندی کلی را فراهم کرد. این ترکیب روش‌شناسی، علاوه بر افزایش دقت، قابلیت اعتماد مدل را تضمین می‌کند.
	یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که موانع مدیریتی و فناورانه بیشترین تأثیر را بر موفقیت دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین دارند و تغییرات وزن آن‌ها می‌تواند اولویت‌بندی نهایی را تحت تأثیر قرار دهد. تحلیل حساسیت تأیید کرد که مدل ارائه‌شده از پایداری و قابلیت اعتماد بالایی برخوردار است. یافته‌ها

همچنین امکان شناسایی موانع بحرانی و ارائه راهکارهای استراتژیک برای مدیران صنعت لبنی را فراهم می‌سازد.

نتیجه‌گیری: مدل تلفیقی دلفی-DANP فازی همراه با تحلیل حساسیت، چارچوبی علمی و عملی برای شناسایی، اولویت‌بندی و مدیریت موانع دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین ارائه می‌دهد. این پژوهش علاوه بر کاربرد مستقیم برای تصمیم‌گیری‌های راهبردی در صنعت لبنی، به شفاف‌سازی خلأهای پژوهشی در حوزه تحول دیجیتال زنجیره تأمین کمک می‌کند و مسیر تحقیقات آتی را روشن می‌سازد.

استناد: نادرینا، ندا و خاتمی فیروزآبادی، سید محمد علی. (۱۴۰۴). مدل تلفیقی دلفی-DANP فازی برای اولویت‌بندی چالش‌های زنجیره تأمین دیجیتال در صنعت لبنی. مدیریت زنجیره ارزش راهبردی، ۲(۵)، ۱۱۷-۱۳۹.

DOI: <https://doi.org/10.22075/svcm.2025.38675.1040>

ناشر: دانشگاه سمنان

۱. مقدمه

در محیط کسب‌وکارهای امروزی، سازمان‌ها با چالش‌هایی از جمله افزایش هزینه‌ها، نیاز به کاهش ائتلاف منابع، و ضرورت نوآوری مداوم مواجه‌اند. این عوامل فشار زیادی بر شرکت‌ها وارد کرده و آن‌ها را ملزم به استفاده از فناوری‌های نوین و بهینه‌سازی فرآیندهای خود می‌کند تا بتوانند در بازار رقابتی باقی بمانند (منزیس^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). در این میان، صنایع لبنی به عنوان یکی از صنایع اساسی نه تنها در تأمین نیازهای روزمره نقش حیاتی دارد، بلکه می‌تواند با بهبود فرآیندهای زنجیره تأمین و مدیریت کارآمد منابع، به سایر بخش‌های اقتصادی کمک کند (کارواسرا^۲ و همکاران، ۲۰۲۱). این نقش از طریق مکانیزم‌هایی مانند بهبود در ردیابی محصولات، کاهش ضایعات، و مدیریت پایدار منابع، می‌تواند باعث ارتقای سطح کارآمدی در دیگر کسب‌وکارها و زنجیره‌های تأمین شود (پاندی^۳ و همکاران، ۲۰۱۹). با این وجود، صنایع لبنی با چالش‌های خاصی در زنجیره تأمین خود مواجه است. این چالش‌ها شامل مسائل حمل و نقل محصولات فاسدشدنی، مدیریت دما، اطمینان از کیفیت محصول در طول زنجیره و ردیابی محصولات می‌شوند که تأمین پایدار و توزیع به موقع محصولات لبنی را پیچیده و دشوار می‌سازد (خانا^۴ و همکاران، ۲۰۲۲). دیجیتال سازی زنجیره تأمین، راهکاری نوین است که می‌تواند به مقابله با چالش‌های زنجیره تأمین سنتی در این صنعت بپردازد (صلاح الدین^۵ و همکاران، ۲۰۲۴). فناوری‌هایی همچون اینترنت اشیا، بلاکچین و هوش مصنوعی قادرند شفافیت، کنترل و بهره‌وری در زنجیره تأمین را بهبود بخشند و از این طریق باعث کاهش هزینه‌ها و افزایش اثربخشی در صنایع لبنی شوند (ساندرز^۶ و همکاران، ۲۰۱۹). دیجیتال سازی زنجیره تأمین باعث تغییر عملیات شرکتها و بهبود و توسعه کسب و کار و تسهیل اطلاعات، به اشتراک گذاری بین آنها و بالا بردن کیفیت اطلاعات می‌باشد، به همین دلیل دیجیتالی شدن زنجیره تأمین در صنایع مواد غذایی منجر به تسهیل کارآمد مواد و دانش و اطلاعات و ایمنی محصولات غذایی در طول زنجیره می‌شود و منجر به جلوگیری از تولید بیش از حد مواد غذایی می‌شود همچنان دیجیتال سازی منجر به هماهنگی بیشتر و همگام سازی استراتژی و فرایندها می‌شود و در نتیجه منجر به پایداری زیست محیطی در زنجیره تأمین مواد غذایی می‌شود (آنوسی^۷ و همکاران، ۲۰۲۱).

با وجود مزایای بالقوه‌ای که دیجیتالی سازی می‌تواند در بهبود زنجیره تأمین صنایع لبنی ایجاد کند، این فرایند خود موانع جدید و مهمی را به همراه دارد (کاناس^۸ و همکاران، ۲۰۲۰). دیجیتالی سازی به سرمایه گذاری‌های مالی و زیرساختی بالایی نیازمند است، که بسیاری از شرکت‌های صنایع لبنی به دلیل هزینه‌های بالا و محدودیت‌های مالی، ممکن است توان لازم برای پیاده سازی آن را نداشته باشند (مونتگومر و هاگی^۹، ۲۰۲۰). در کنار هزینه‌های پیاده سازی، نیاز به زیرساخت‌های فنی قوی و تجهیزات مناسب نیز از دیگر مانع‌ها است که عدم وجود آن‌ها می‌تواند منجر به مشکلاتی در نگهداری و اجرای بهینه سیستم‌های دیجیتال شود (خانا و همکاران، ۲۰۲۲). علاوه بر این، نگرانی‌های مربوط به امنیت داده‌ها و محافظت در برابر تهدیدهای سایبری نیز با توجه به اهمیت و حساسیت داده‌های مربوط به صنایع غذایی، اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند. (وانگ^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۲).

¹ Menzies² Karwasra, K³ Pandey, P⁴ Khanna, A⁵ Salahudin, M⁶ Sanders, N⁷ Annosi, M⁸ Cannas, V⁹ Montgomery & Haughey¹⁰ Wang, L

لذا مسئله پژوهش حاضر تبیین روابط ساختاری و تعیین میزان اهمیت موانع زنجیره تامین دیجیتال در صنعت لبنی است. با توجه به اهمیت این مانع‌ها و لزوم مواجهه با آن‌ها، تحقیقات اندکی به بررسی جامع مانع‌های زنجیره تامین دیجیتال در صنایع لبنی پرداخته‌اند. لذا این پژوهش به دو سوال زیر پاسخ می‌دهد:

- ۱- موانع زنجیره تامین دیجیتال در صنعت لبنی کدام است؟
 - ۲- روابط ساختاری و میزان اهمیت موانع زنجیره تامین دیجیتال در صنعت لبنی به چه صورت است؟
- بنابراین، هدف این پژوهش، بررسی و تحلیل مانع‌های زنجیره تامین دیجیتال در صنایع لبنی و سنجش میزان اهمیت و روابط ساختاری هر یک از این مانع‌ها در این صنعت است تا بتواند راهکارهای مؤثری برای بهبود عملکرد و کارایی زنجیره تامین دیجیتال ارائه کند.

مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که اگرچه در صنایع غذایی و سایر بخش‌ها پژوهش‌های متعددی انجام شده، اما در صنعت لبنی ایران تاکنون مطالعه‌ای جامع که هم شناسایی مانع‌ها و هم تحلیل روابط علی میان آن‌ها را پوشش دهد، صورت نگرفته است. نوآوری این پژوهش در دو بعد قابل توجه است: نخست، از منظر روش‌شناسی با به کارگیری ترکیب دلفی^۱ فازی برای اجماع خبرگان و دنپ^۲ فازی برای تحلیل روابط و اولویت‌بندی موانع، که کمتر در این حوزه به کار رفته است؛ دوم، از منظر موضوعی با تمرکز بر صنعت لبنی ایران به عنوان یکی از صنایع کلیدی زنجیره غذایی کشور که بر این اساس، یافته‌های این مطالعه نقشه‌راهی عملی برای مدیران صنعت لبنی فراهم می‌سازد تا بتوانند موانع کلیدی را شناسایی کرده، منابع را به صورت هدفمند تخصیص دهند و همچنین ابزاری ارزشمند فراهم می‌آورد تا بتوانند سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی بهینه در راستای بهبود عملکرد و کارایی زنجیره تامین دیجیتال انجام دهند تا مسیر گذار دیجیتال را با کارایی بیشتری مدیریت کنند. بنابراین، این پژوهش نه تنها به توسعه دانش علمی در حوزه زنجیره تامین دیجیتال کمک می‌کند، بلکه راهکارهای عملی و کاربردی برای ارتقای تاب‌آوری، شفافیت و بهره‌وری در صنعت لبنی ارائه می‌نماید. در ادامه، ابتدا مبانی نظری و پیشینه پژوهش مرور شده و سپس روش تحقیق شامل دلفی فازی و دنپ فازی به همراه تحلیل حساسیت برای بررسی پایداری نتایج تشریح می‌گردد؛ پس از آن داده‌ها تجزیه و تحلیل و نهایتاً نتایج و پیامدهای مدیریتی ارائه خواهد شد.

۲. پیشینه پژوهش

با توجه به رشد فزاینده استفاده از فناوری‌های نوین برای ارتقای عملکرد زنجیره‌های تامین، به‌ویژه در صنایع حساس و زودفاسدشدنی، تحلیل ابعاد تحول دیجیتال و موانع آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در ابتدا، مفاهیم پایه‌ای مانند زنجیره تامین دیجیتال، مزایا و اجزای آن تبیین شده و سپس ضرورت به کارگیری فناوری‌های نوین در صنعت لبنیات، به‌ویژه در بستر کشورهای در حال توسعه، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه، پژوهش‌های پیشین در این حوزه مرور می‌شوند؛ ابتدا مطالعات بین‌المللی و سپس تحقیقات داخلی مرتبط با دیجیتال‌سازی زنجیره تامین در صنایع لبنی یا صنایع مشابه تحلیل می‌گردند. در بخش بعد، موانع استخراج‌شده از ادبیات به صورت ساختاریافته و در سه بُعد مدیریتی، دانشی و فناورانه ارائه می‌شوند. در پایان، با جمع‌بندی تحلیلی از یافته‌های پیشین، خلأهای موجود شناسایی شده و ضرورت انجام پژوهش حاضر تبیین می‌گردد.

با ظهور انقلاب صنعتی چهارم و معرفی فناوری‌هایی نظیر اینترنت اشیاء، سیستم‌های سایبری-فیزیکی، هوش مصنوعی و کلان‌داده‌ها، زنجیره‌های تامین وارد مرحله‌ای نوین از تحول شده‌اند. در این چارچوب، مفهوم زنجیره تامین دیجیتال به معنای بازآفرینی فرایندهای تامین، تولید و توزیع با بهره‌گیری از فناوری‌های نوظهور تعریف می‌شود هدف اصلی این

¹ Delphi

² DANP

بازطراحی، ارتقای چابکی، شفافیت اطلاعاتی و افزایش توان پاسخگویی در مواجهه با نوسانات بازار است (آنوسی و همکاران، ۲۰۲۱). با این حال، در بسیاری از کشورها به‌ویژه اقتصادهای در حال توسعه، زنجیره‌های تأمین همچنان با ساختارهای سنتی اداره می‌شوند. این وضعیت منجر به عدم هماهنگی، تأخیر در تصمیم‌گیری و کاهش بهره‌وری می‌گردد. از این‌رو، دیجیتال‌سازی به‌عنوان یک راهبرد ضروری برای تقویت تاب‌آوری و ارتقای رقابت‌پذیری زنجیره‌های تأمین مطرح شده است (کومارو شانکار^۱، ۲۰۲۴) و (کویروز^۲ و همکاران، ۲۰۱۹).

فناوری‌هایی همچون اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی و بلاک‌چین نقش بسزایی در ارتقای عملکرد زنجیره تأمین دیجیتال ایفا می‌کنند. این ابزارها از طریق افزایش شفافیت، هماهنگی و تصمیم‌سازی هوشمند، امکان نظارت پیوسته، پیش‌بینی دقیق تقاضا و بهینه‌سازی فرایندها را فراهم می‌سازند و در نهایت، موجب کاهش اتلاف منابع و افزایش بهره‌وری در زنجیره تأمین می‌شوند (بیوک اوزکانو و گوجر^۳، ۲۰۱۸). ویژگی‌های خاص صنعت لبنیات از جمله فسادپذیری بالا، ضرورت ردیابی لحظه‌ای و نوسانات قابل توجه در الگوی تقاضا، این صنعت را با چالش‌های پیچیده‌ای در مدیریت زنجیره تأمین مواجه ساخته است. بهره‌گیری از ابزارهای دیجیتال با فراهم‌سازی امکان رهگیری دقیق، تحلیل داده‌محور و پیش‌بینی تقاضا، می‌تواند موجب ارتقای کارایی عملیاتی و کاهش اتلاف منابع شود (کومار^۴ و کوکار، ۲۰۲۳) و (شارما^۵ و همکاران، ۲۰۲۳). در سال‌های اخیر و به‌ویژه پس از بحران ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹، دیجیتال‌سازی به‌عنوان یکی از راهکارهای کلیدی برای افزایش انعطاف‌پذیری و تاب‌آوری زنجیره‌های تأمین مورد توجه قرار گرفته است. با این حال، علی‌رغم برخی اقدامات اولیه در صنعت لبنیات، موانع مختلفی در مسیر پیاده‌سازی موفق این فناوری‌ها وجود دارد که نیازمند تحلیل نظام‌مند و دقیق هستند (کویروز و همکاران، ۲۰۲۲). تحقیقات بین‌المللی به‌طور گسترده به مزایا و چالش‌های دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین در صنایع غذایی و لبنی پرداخته‌اند.

برین تراپو کوساسیه^۶ (۲۰۲۲) با مرور چارچوب‌ها و چالش‌های موجود، بر نقش زنجیره تأمین دیجیتال در بهینه‌سازی تولید، کنترل موجودی، تضمین کیفیت و کاهش هزینه‌ها تأکید کردند. در عین حال، آن‌ها کمبود زیرساخت‌های فنی و نیروی انسانی متخصص را از موانع اصلی اجرایی‌سازی این سیستم‌ها برشمرده‌اند.

یافته‌های مطالعات پیشین نشان می‌دهند که عواملی نظیر ضعف زیرساختی، کمبود دانش فنی، مقاومت سازمانی در برابر تغییر و نگرانی‌های امنیت اطلاعات از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین در صنعت لبنیات هستند. در مقابل، مزایایی مانند ارتقای شفافیت، بهبود کارایی، کاهش ضایعات و مدیریت هوشمند موجودی به‌عنوان مشوق‌هایی برای تسریع این تحول عمل می‌کنند. (شارما و همکاران، ۲۰۲۳)

در مطالعه‌ای که توسط دیپو و راوی^۷ (۲۰۲۲) با بهره‌گیری از روش دیمتل خاکستری انجام شد، روابط بین موانع مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های اطلاعاتی درون‌سازمانی و بین‌سازمانی در فرایند دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین الکترونیک مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که عواملی نظیر نبود هماهنگی میان بخش‌های مختلف سازمان و فقدان استانداردهای یکپارچه، از جمله موانع کلیدی در استقرار مؤثر این سیستم‌ها محسوب می‌شوند.

برخی پژوهش‌ها نیز بر چالش‌های امنیتی تأکید کرده‌اند. پژوهش حامی^۸ و همکاران (۲۰۲۳) با تمرکز بر تهدیدات سایبری و چالش‌های امنیتی، نشان داد که نگرانی در مورد ایمنی داده‌ها از جمله عوامل بازدارنده در پذیرش فناوری‌های

¹ Kumar, U & Shankar

² Queiroz, M

³ Büyükköçkan, & Göçer

⁴ Kumar, R

⁵ Sharma, M

⁶ Brintrup, A & Kosasih

⁷ Deepu, & Ravi

⁸ Hammi, B

دیجیتال در زنجیره تأمین است. این چالش، به‌ویژه در صنایع غذایی که اطلاعات محصولات حساسیت بالایی دارند، از اهمیت دوچندان برخوردار است.

چاترجی^۱ و همکاران (۲۰۲۴) با ترکیب نظریه قابلیت‌های پویا و نظریه انتشار نوآوری، به بررسی عوامل موفقیت تحول دیجیتال در زنجیره تأمین صنایع غذایی پس از همه‌گیری کرونا پرداختند. آن‌ها دریافتند که علاوه بر ویژگی‌های نوآورانه فناوری، توانمندی‌های نرم‌سازمانی نظیر یادگیری و تطبیق‌پذیری در سطوح مختلف، نقش تعیین‌کننده‌ای در پذیرش صنعت 4/0 ایفا می‌کنند. این پژوهش، در کنار تأکید بر زیرساخت، مهارت و حمایت مدیریتی، چارچوبی جامع برای تحلیل موانع فنی، فرهنگی و سازمانی ارائه می‌دهد که با اهداف تحقیق حاضر هم‌راستا است.

آجمرا^۲ و همکاران (۲۰۲۴) با رویکرد مرور سیستماتیک، موانع اجرایی سازی اقتصاد چرخشی مبتنی بر هوش مصنوعی در صنعت غذا را تحلیل کردند. آن‌ها چالش‌هایی چون ضعف زیرساخت دیجیتال، خلأ دانش فنی، پیچیدگی پیاده‌سازی فناوری‌های هوشمند و مقاومت نهادی را مطرح کردند. این مطالعه، ضمن تأکید بر الزامات فرهنگی و فناورانه تحول پایدار، فاقد تحلیل کمی و اولویت‌بندی موانع است؛ مسئله‌ای که پژوهش حاضر با استفاده از دلفی و دیمتل فازی به آن می‌پردازد. همچنین، شاکور^۳ و همکاران (۲۰۲۴) در یک پژوهشی کیفی، نه مانع اصلی در پذیرش صنعت 4/0 در صنایع کالاهای تندمصرف از جمله لبنیات را شناسایی کردند. چالش‌هایی نظیر هزینه‌های بالا، کمبود نیروی متخصص، ضعف زیرساخت و مقاومت فرهنگی در صدر قرار داشتند. با وجود ارائه تصویری کلی از موانع، این مطالعه فاقد چارچوب تحلیلی برای دسته‌بندی و بررسی روابط میان آن‌هاست؛ خلأیی که پژوهش حاضر با رویکرد سیستمی و تحلیل ساختاری به آن پاسخ می‌دهد.

در مطالعه‌ای دیگر، درختی^۴ و همکاران (۲۰۲۳) چالش‌های پیاده‌سازی فناوری‌های صنعت 4/0 در زنجیره تأمین کشاورزی-غذایی در کشورهای در حال توسعه را بررسی کردند. آن‌ها به موانعی همچون فقدان زیرساخت‌های فنی، نبود استانداردهای جهانی و دغدغه‌های امنیتی اشاره کردند؛ عواملی که منجر به بی‌اعتمادی سازمان‌ها نسبت به فناوری‌های نوین می‌شود. با توجه به شباهت ساختاری صنعت لبنی ایران با بسترهای مطالعه‌شده، نتایج این پژوهش برای درک چالش‌های دیجیتال‌سازی در کشور ما نیز قابل استناد است.

در پژوهش رحمان^۵ و همکاران (۲۰۲۴)، با تمرکز بر صنعت غذا و نوشیدنی در بنگلادش، تلاش شد تا موانع کلیدی پیاده‌سازی صنعت 4/0 شناسایی و تحلیل شوند. این مطالعه با استفاده از مدل‌سازی ساختاری تفسیری^۶، ساختار سلسله‌مراتبی میان موانع را استخراج کرده و به کمک تحلیل میک مک^۷، آن‌ها را از منظر میزان تأثیرگذاری و وابستگی طبقه‌بندی نمود. بر اساس نتایج، عواملی نظیر نبود راهبرد دیجیتال، ضعف در تحقیق و توسعه، کمبود مهارت‌های تخصصی و مقاومت در برابر تغییرات فناورانه، موانع اصلی در مسیر دیجیتال‌سازی تلقی شده‌اند. با وجود ارزش تحلیلی این مطالعه، دو محدودیت عمده قابل ذکر است: نخست، عدم استفاده از رویکرد فازی برای مواجهه با عدم قطعیت نظرات خبرگان؛ و دوم، تمرکز عام بر صنعت 4/0، بدون بررسی اختصاصی زنجیره تأمین دیجیتال یا کاربرد آن در صنعت لبنیات. پژوهش حاضر، با تمرکز بر صنعت لبنی ایران و بهره‌گیری از روش‌های دلفی فازی و دیمتل فازی، تلاش می‌کند رویکردی تصمیم‌محور و ساختاریافته برای شناسایی و تحلیل روابط علی میان موانع ارائه دهد.

¹ Chatterjee, S

² Ajmera, D

³ Shakur, M

⁴ Derakhti, A

⁵ Rahman, M

⁶ ISM

⁷ MICMAC

پژوهش کومار و شانکار (۲۰۲۴) به بررسی کاربرد فناوری‌های بلاک‌چین و IoT در زنجیره تأمین محصولات لبنی اختصاص دارد. آن‌ها نشان دادند که این فناوری‌ها بهبود قابلیت رهگیری، کاهش ضایعات و ارتقای بهره‌وری را در پی دارند؛ اما تمرکز پژوهش یادشده عمدتاً بر منافع اجرایی بوده و جنبه‌های ساختاری و موانع پیاده‌سازی را نادیده گرفته است. مطالعه حاضر با رویکرد جامع تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، این خلأ را پوشش می‌دهد.

در همین راستا، سرانو-تورس^۱ و همکاران (۲۰۲۵) در یک مرور نظام‌مند، به نقش هوش مصنوعی در ارتقای عملکرد زنجیره تأمین لبنی پرداختند. آن‌ها نشان دادند که هوش مصنوعی از طریق پیش‌بینی بلادرنگ و تحلیل داده، موجب بهینه‌سازی تصمیم‌گیری، کاهش ضایعات و افزایش بهره‌وری می‌شود. این مطالعه همچنین به تقویت تاب‌آوری زنجیره در برابر نوسانات بازار اشاره می‌کند؛ یافته‌هایی که با رویکرد پژوهش حاضر، مبنی بر شناسایی و تحلیل موانع دیجیتال‌سازی، هم‌راستا است.

مقاله‌ای تحت عنوان پیدایش عصر چهارم دیجیتال در صنعت لبنی توسط حاسون^۲ و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی فرصت‌ها و چالش‌های صنعت 4/0 در صنعت لبنیات پرداخته است. در این پژوهش، فناوری‌هایی چون اینترنت اشیاء، بلاک‌چین و هوش مصنوعی به عنوان ابزارهای توانمندساز معرفی شده‌اند. با این حال، عواملی نظیر هزینه سرمایه‌گذاری، ضعف زیرساخت دیجیتال و مقاومت فرهنگی از موانع اصلی در مسیر پذیرش این فناوری‌ها شناخته شده‌اند. تأکید این مقاله بر اهمیت آمادگی زیرساختی و لزوم حمایت سیاست‌گذاران، با شرایط موجود در ایران تطابق دارد و بر لزوم تحلیل سیستمی موانع تأکید می‌ورزد.

کابرا^۳ و همکاران (۲۰۲۵) تمرکز خود را بر چالش‌های مرتبط با یکپارچه‌سازی داده‌ها در صنعت لبنی معطوف کرده‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد نبود استانداردهای مشترک، هزینه‌های بالای فناوری اطلاعات و عدم تمایل به اشتراک‌گذاری داده‌ها به دلیل رقابت‌پذیری از جمله موانع کلیدی در مسیر دیجیتال‌سازی محسوب می‌شوند. نویسندگان بر طراحی دستورالعمل‌های فنی، توسعه برنامه‌های آموزشی و ارتقای تعامل میان بازیگران زنجیره تأکید دارند؛ راهکارهایی که در بستر ایران نیز می‌توانند مؤثر واقع شوند.

مالیک^۴ و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای مرتبط، موانع پیاده‌سازی صنعت 4/0 را در صنعت لبنی هند بررسی کردند. اگرچه این صنعت ظرفیت بالایی برای تحول فناورانه دارد، اما عواملی مانند پراکندگی جغرافیایی واحدها، زیرساخت‌های ضعیف و کمبود مهارت‌های دیجیتال مانع از اجرای اثربخش این فناوری‌ها می‌شود. با توجه به تشابه ساختاری و سطح بلوغ فناوری پایین در صنعت لبنی ایران، یافته‌های این مطالعه نیز می‌تواند برای تحلیل وضعیت بومی ارزشمند باشد.

وانگ^۵ و همکاران (۲۰۲۵) در پژوهشی حوزه‌محور، ریسک‌های زنجیره تأمین در صنعت لبنی را طبقه‌بندی کرده‌اند. این ریسک‌ها در سه دسته‌ی مزرعه‌ای، فرامزرعه‌ای و ساختاری (شامل ریسک‌های لجستیکی، اطلاعاتی و مالی) جای می‌گیرند. تأکید این مطالعه بر تدوین راهبردهای کاهش ریسک به منظور ارتقای عملکرد زنجیره تأمین بوده است.

مطالعات متعددی نظیر پژوهش‌های آنوسی و همکاران (۲۰۲۱) و کومار و کومار (۲۰۲۳) تأیید می‌کنند که پیاده‌سازی فناوری‌های دیجیتال در زنجیره تأمین لبنیات هند، منجر به بهبود ردیابی، افزایش شفافیت، بهینه‌سازی توزیع و کاهش تقلب شده است. این مزایا موجب ارتقای اعتماد مصرف‌کننده و تقویت موقعیت رقابتی این صنعت در بازار جهانی می‌شود.

مروری نظام‌مند بر ادبیات خارجی نشان می‌دهد که دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین، به‌ویژه در صنایع غذایی و لبنی، هم‌زمان با ایجاد فرصت‌هایی مانند افزایش شفافیت، بهینه‌سازی فرآیندها، کاهش ضایعات و ارتقای تاب‌آوری، با چالش‌هایی نظیر

¹ Serrano-Torres

² Hassoun, A

³ Cabrera, V

⁴ Malik, M

⁵ Wang, M

ضعف زیرساخت دیجیتال، کمبود نیروی متخصص، مقاومت سازمانی و نگرانی‌های امنیتی مواجه است. با این حال، مطالعاتی که با رویکرد کمی و مبتنی بر تحلیل ساختار علی به بررسی و اولویت‌بندی موانع در صنعت لبنی پرداخته باشند، بسیار محدودند. پژوهش حاضر با هدف پوشش این خلأ، با تمرکز بر بستر بومی ایران و به کارگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، درصدد است تصویری دقیق از موانع و پیوندهای علی میان آن‌ها ارائه دهد.

در سال‌های اخیر، توجه پژوهشگران داخلی به موضوع دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین افزایش یافته است، در ادامه، مهم‌ترین پژوهش‌های داخلی مرتبط با این حوزه مرور شده‌اند.

پورباقر و همکاران (۱۴۰۲) با بهره‌گیری از روش‌های ترکیبی WASPAS و AHP فازی، عوامل مؤثر بر پذیرش اینترنت اشیاء در زنجیره تأمین دیجیتال صنعت پوشاک را شناسایی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که هزینه‌های پیاده‌سازی، پیچیدگی فناوری و مقاومت در برابر تغییر، از جمله موانع اصلی پذیرش این فناوری هستند که این یافته‌ها می‌توانند به بررسی موانع مشابه در صنعت لبنی تعمیم داده شوند.

مهدی‌پور و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای با کاربرد تکنیک دلف، زنجیره تأمین دیجیتال در صنایع تولیدی کالای خواب را مورد ارزیابی قرار دادند. یافته‌های آنان، کمبود زیرساخت‌های فنی و تخصص ناکافی نیروی انسانی را به عنوان چالش‌های کلیدی در اجرای زنجیره تأمین دیجیتال معرفی کردند؛ مشکلاتی که در صنایع مختلف از جمله صنعت لبنیات نیز مشاهده می‌شوند.

سلیمی زاویه و شمس (۱۴۰۰) با ارائه چارچوبی مبتنی بر زنجیره تأمین ۴۰، بر اهمیت یکپارچگی سازمان‌ها و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در بهبود عملکرد زنجیره تأمین تأکید کردند. این چارچوب می‌تواند الگویی مناسب برای توسعه زنجیره تأمین دیجیتال در صنعت لبنیات باشد.

شمیاتی و قهرمانی (۱۴۰۳) به شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری‌های دیجیتال در زنجیره ارزش حوزه سلامت پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که عواملی همچون زیرساخت‌های فناورانه، سیاست‌های حمایتی و سطح آمادگی سازمانی نقش مهمی در تحقق زنجیره ارزش دیجیتال دارند. این یافته‌ها اهمیت توجه به ابعاد مدیریتی و فناورانه را در مسیر دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر نیز با تمرکز بر صنعت لبنی، تلاش شده است موانع دیجیتال‌سازی شناسایی و اولویت‌بندی شوند تا امکان مقایسه بین صنایع مختلف فراهم آید.

در پژوهش‌های پیشین، موانع و چالش‌های دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین در صنایع مختلف و به‌ویژه صنعت لبنیات، از جنبه‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این مطالعات با تمرکز بر شاخص‌ها و عوامل متنوعی همچون زیرساخت‌های فناوری، دانش فنی، مقاومت سازمانی، امنیت اطلاعات و کاربرد فناوری‌های نوین، به تحلیل و تبیین موانع پرداخته‌اند. هر یک از این تحقیقات از روش‌های متفاوتی مانند مطالعات کیفی، مدل‌سازی ساختاری، مرور سیستماتیک و تحلیل داده‌های کتاب‌سنجی بهره گرفته‌اند.

دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین در صنعت لبنیات، با وجود موانع متعدد، ظرفیت قابل توجهی برای بهبود عملکرد، افزایش شفافیت و کاهش ضایعات دارد. شناسایی دقیق این موانع و بهره‌گیری بهینه از فرصت‌ها نیازمند مطالعات جامع و ارائه راهکارهای عملی است. این مطالعه با تمرکز بر صنعت لبنی ایران، در راستای توسعه دانش و ارتقای عملکرد زنجیره تأمین گام برمی‌دارد. با توجه به محدودیت تحقیقات بومی و تفاوت‌های ساختاری صنعت لبنی با سایر صنایع، ضرورت انجام پژوهش‌های مسئله‌محور و مبتنی بر شرایط خاص این حوزه احساس می‌شود. در سطح ملی، مطالعات موجود در حوزه دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین در مراحل ابتدایی قرار دارند و عمدتاً به صنایع غیرلبنی اختصاص یافته‌اند که این امر، لزوم تحقیق جامع در صنعت لبنیات را برجسته می‌کند.

پس از مرور نظام‌مند ادبیات داخلی و بین‌المللی، موانع دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین عمدتاً در سه بعد مدیریتی، دانش‌محور و فناورانه دسته‌بندی شده‌اند:

بعد مدیریتی: شامل کمبود تعهد مدیران ارشد، ناهماهنگی اهداف سازمانی با فناوری‌های نوین، محدودیت منابع مالی، ضعف ارتباطات داخلی و نبود استراتژی بلندمدت است. همچنین، فرهنگ سازمانی سنتی و انگیزه پایین کارکنان، پذیرش فناوری را کاهش می‌دهد.

بعد دانش‌محور: کمبود دانش فنی کارکنان، ضعف ارتباط با نهادهای پژوهشی، غفلت از تحقیق و توسعه، و نگرش کوتاه‌مدت به آموزش و مدیریت دانش از چالش‌های اصلی محسوب می‌شوند.

بعد فناورانه: زیرساخت‌های ناکافی فناوری اطلاعات، نبود چارچوب‌های عملکردی، بی‌اعتمادی میان شرکا، مقاومت کارکنان، تهدیدات امنیتی و ضعف بهره‌گیری از ابزارهای پیشرفته تحلیل داده و هوش مصنوعی، موانع مهمی در مسیر دیجیتال‌سازی هستند.

یافته‌های مطالعات داخلی و خارجی نشان می‌دهد شدت و ترکیب این موانع در کشورها و صنایع مختلف متفاوت است، اما ماهیت آن‌ها مشابه است؛ در صنعت لبنی ایران، موانع مدیریتی به ویژه کم‌توجهی مدیران به تحول دیجیتال برجسته‌تر است. با وجود پژوهش‌های متعدد، تحقیقات کمی و ساختاریافته درباره موانع دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین در صنعت لبنی ایران محدود است. بسیاری از مطالعات پیشین به صورت کیفی و کلی بوده‌اند و روابط ساختاری میان موانع را به خوبی بررسی نکرده‌اند. همچنین، به کارگیری روش‌های فازی و تحلیل حساسیت در اولویت‌بندی موانع کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعه با بهره‌گیری از روش‌های کمی و تصمیم‌گیری چندمعیاره دلفی و دنپ فازی تلاش می‌کند این خلأها را پر کرده و چارچوبی کاربردی برای بهبود فرآیند دیجیتال‌سازی ارائه دهد. علاوه بر این، استفاده از تحلیل حساسیت در ارزیابی پایداری نتایج، اعتبار مدل را افزایش داده و مبنایی قوی برای سیاست‌گذاری هدفمند و ارتقای کارایی زنجیره تأمین لبنی فراهم می‌آورد. این چارچوب تحلیلی، پایه‌گذار روش‌شناسی و تحلیل‌های فصول بعدی است و می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های اثربخش در سطح صنعت و سازمان کمک کند.

۳. روش

این مطالعه با رویکرد ترکیبی کیفی و کمی انجام شده است. در بخش کیفی، از روش دلفی فازی برای شناسایی و غربالگری موانع استفاده شد؛ بدین منظور ابتدا فهرست اولیه موانع از مرور نظام‌مند ادبیات استخراج گردید و سپس طی سه دور پرسشنامه‌های تخصصی، نظرات خبرگان صنعت لبنی ایران گردآوری و اجماع‌سازی شد. در بخش کمی، روش‌های دلفی فازی و دیمتل و ANP فازی برای تحلیل داده‌ها، شناسایی موانع و ساختاربندی روابط علی میان آن‌ها به کار گرفته شده است. این رویکرد ترکیبی و فازی، توانمندی بالایی در اولویت‌بندی موانع و ارائه چارچوب تصمیم‌محور برای مدیران صنعت لبنی فراهم می‌آورد. جامعه آماری پژوهش شامل ۷ نفر از مدیران شرکت لبنی هراز می‌باشد که با توجه به معیارهایی نظیر آگاهی از موضوع، دارا بودن سمت مدیریتی، دسترسی، تمایل به همکاری و تجربه کاری انتخاب شده‌اند. دیدگاه این خبرگان برای ارزیابی، غربالگری و اولویت‌بندی معیارهای پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. گام‌های اجرایی پژوهش حاضر به شرح جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱. گام‌های پژوهش

گام	ابزار
شناسایی موانع اجرای زنجیره‌تأمین دیجیتال	مرور ادبیات‌های پیشین
بومی‌سازی موانع	دلفی فازی
تبیین روابط ساختاری	دیمتل فازی
اولویت‌بندی موانع	ANP فازی

۱.۳. دلفی فازی:

این روش به منظور ثبت ناشناس دیدگاه‌های خبرگان و تکرار پرسشنامه‌ها جهت دستیابی به اجماع هدفمند به کار گرفته شده است. به منظور مدل‌سازی عدم قطعیت‌های زبانی در ارزیابی‌ها، از مجموعه‌های فازی مثلی استفاده شده است. این روش با حفظ ناشناسی پاسخ‌ها، کنترل بازخورد میان دوره‌ها و اولویت‌بندی مبتنی بر اهمیت فازی، محدودیت‌های روش دلفی سنتی را کاهش داده و دقت بالاتری در پیش‌بینی روندها و تصمیم‌گیری‌های پیچیده ارائه می‌دهد (رجب^۱ و همکاران، ۲۰۲۲).

مراحل اجرای دلفی فازی شامل شناسایی شاخص‌های پژوهش از طریق مرور جامع ادبیات، جمع‌آوری نظرات خبرگان با استفاده از پرسشنامه‌های مبتنی بر اعداد فازی مثلی، تایید و غربالگری شاخص‌ها بر اساس مقایسه مقدار دیفازی شده میانگین نظرات با مقدار آستانه (معمولاً ۰/۷ در نظر گرفته می‌شود) مقایسه می‌شود.

(۱)

$$\tilde{M} = \left(\frac{\sum_{k=1}^K l_k}{K}, \frac{\sum_{k=1}^K m_k}{K}, \frac{\sum_{k=1}^K u_k}{K} \right)$$

در روابط (۱) در آن $l_k m_k u_k$ به ترتیب مقادیر حد پایین، میانی و بالای نظر خبره k-ام هستند و K تعداد کل خبرگان است. همچنین مقدار دیفازی شده میانگین عدد فازی از رابطه (۲) بدست می‌آید. اگر مقدار دی فازی شده از مقدار آستانه بالاتر باشد معیار تایید می‌شود و در غیر این صورت آن معیار مورد تایید خبرگان قرار نگرفته است. مقدار آستانه از روش میانگین ارزش تمامی معیارها محاسبه می‌شود.

(۲)

$$S = \frac{l + m + u}{3}$$

مرحله اجماع و اتمام دلفی فازی که پاسخ دهندگان به یک تصمیم‌گیری کلی در مورد عوامل رسیده باشند (تورس^۲ و همکاران، ۲۰۲۴).

۲.۳. دیمتل-ANP فازی (FDANP):

به منظور تحلیل روابط علی و اولویت‌بندی معیارها در شرایط عدم قطعیت این روش مورد استفاده قرار گرفته است. ابتدا شدت اثرگذاری و اثرپذیری عوامل با دیمتل فازی مدل‌سازی شده و ماتریس ارتباط کلی استخراج می‌شود. سپس داده‌های حاصل وارد تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy ANP) می‌شوند که وابستگی درونی و بازخور بین معیارها را لحاظ می‌کند و با استفاده از تکنیک سوپرماتریس وزن نهایی عوامل تعیین می‌گردد. این روش باعث افزایش دقت در تصمیم‌گیری‌های پیچیده شده و ساختار شبکه‌ای روابط میان موانع را به همراه اولویت ارائه می‌دهد (چن و لین^۳، ۲۰۱۸).

گام‌های روش دیمتل فازی: (چن و لین، ۲۰۱۸)

گام اول: تشکیل گروه خبرگان به منظور جمع‌آوری دانش گروهی آنها برای حل مسئله.

گام دوم: شناسایی عوامل پژوهش بر اساس نظرات خبرگان و تعیین معیارهای ارزیابی. در این پژوهش، از اعداد فازی مثلی برای نمایش طیف عدم قطعیت استفاده شده است.

گام سوم: ایجاد ماتریس فازی ارتباط مستقیم اولیه با جمع‌آوری نظرات خبرگان.

¹ Rejeb, A

² Torres Vergara

³ Chen, & Lin

گام چهارم: در این گام بایستی مانند روابط (۳) ماتریس ارتباط مستقیم را نرمال کنیم. برای این منظور باید در هر سطر و ستون حد بالا را جمع نموده و بزرگترین عدد را پیدا کنیم. سپس تک تک اعداد را بر این عدد بدست آمده تقسیم کنیم.

(۳)

$$D = \frac{A}{S}$$

$$S = \max(\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n u_{ij}, \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n u_{ij})$$

گام پنجم: در این گام ابتدا معکوس ماتریس نرمال را محاسبه نموده و سپس آن را از ماتریس I کم می‌کنیم و در انتها ماتریس نرمال را در ماتریس حاصل ضرب می‌کنیم.

گام ششم: ادغام ماتریس و تعیین حد آستانه و تجزیه و تحلیل نمودار علی.

روش ANP فازی یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که با استفاده از سوپر ماتریس به تعیین وزن معیارها می‌پردازد. این روش برای تحلیل سلسله‌مراتبی فازی به کار می‌رود و از اعداد فازی مثلثی در محاسبات خود استفاده می‌کند.

گام اول: ایجاد ساختار شبکه‌ای میان معیارها و محاسبه ماتریس ارتباطات کامل میان معیارها با استفاده از دیمتل.

گام دوم: تشکیل سوپر ماتریس وزندار نشده از روی ماتریس ارتباطات کامل؛ این گام یک مرتبه به ازای ماتریس ارتباطات کامل میان معیارها و بار دیگر بر روی ماتریس ارتباطات کامل میان زیر معیارها انجام می‌گردد. اگر ماتریس ارتباطات کامل بدست آمده از روش دیمتل را T بنامیم برای بدست آوردن سوپر ماتریس وزندار نشده (T_c^a) میبایست ابتدا داده‌های موجود در هر بلاک مربوط به زیر معیارهای یک معیار، را نرمال نموده و ترانهاده ماتریس نهایی بدست آمده از کنار هم قرار دادن بلاک‌ها را به عنوان سوپر ماتریس وزندار شده در نظر می‌گیریم.

(۴)

$$T = \begin{bmatrix} T^{11} & \dots & T^{1j} & \dots & T^{1m} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T^{j1} & \dots & T^{jj} & \dots & T^{jm} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T^{m1} & \dots & T^{mj} & \dots & T^{mm} \end{bmatrix}, \quad T^{11} = \begin{bmatrix} T_{11}^{11} & \dots & T_{12}^{11} & \dots & T_{1m_2}^{11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_{21}^{11} & \dots & T_{22}^{11} & \dots & T_{2m_2}^{11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_{m_1 1}^{11} & \dots & T_{m_1 2}^{11} & \dots & T_{m_1 m_2}^{11} \end{bmatrix}$$

با تقسیم عناصر هر سطر ماتریس T_{ij} بر مجموع عناصر همان سطر و کنار هم قرار دادن آنها ماتریس نرمال شده (T_a) بدست می‌آید. سوپر ماتریس وزندار نشده عبارت خواهد بود از ترانهاده ماتریس بدست آمده در این مرحله:

$$T_c^a = (T^a)'$$

گام سوم: تشکیل سوپر ماتریس وزندار؛ در این گام با استفاده از سوپر ماتریس وزندار نشده میان معیارهای اصلی عنصر مربوط به هر بالک سوپر ماتریس مربوط به زیر معیارها در عناصر بالک ضرب شده و سوپر ماتریس وزندار (W) تشکیل می‌گردد.

گام چهارم: تعیین اولویت‌های نهایی؛ پس از تشکیل سوپر ماتریس وزندار شده با استفاده از حد بی‌نهایت ماتریس تشکیل شده، وزنهای نهایی تعیین می‌گردد (جمالی و همکاران ۲۰۲۳).

به منظور ارزیابی پایداری نتایج حاصل از مدل دنپ فازی و بررسی میزان تأثیرپذیری اولویت‌ها از تغییر وزن معیارها، از تحلیل حساسیت استفاده شد. تحلیل حساسیت این امکان را فراهم می‌آورد که مشخص شود با تغییر وزن ابعاد اصلی،

اولویت‌بندی موانع تا چه حد دچار تغییر می‌شود. این تحلیل مکملی برای افزایش دقت تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت است.

۴. یافته‌ها

در این مرحله، داده‌ها با استفاده از پرسشنامه‌ای که توسط خبرگان طراحی شده بود، جمع‌آوری شدند و سپس با بهره‌گیری از تکنیک دلفی فازی تحلیل شدند تا نظرات تخصصی به صورت اجماعی و دقیق ارزیابی گردد. در گام بعدی، روش DANP فازی به منظور بررسی روابط میان موانع و تعیین اولویت‌بندی آنها به کار گرفته شد. این تحلیل به تصمیم‌گیرندگان امکان می‌دهد عوامل بحرانی را شناسایی کرده و اقدامات اصلاحی مؤثری برای بهبود عملکرد زنجیره تأمین دیجیتال اتخاذ کنند. نتایج پژوهش می‌تواند مبنایی مهم برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی باشد، زیرا اطلاعات به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها به بهبود کارایی زنجیره تأمین و رفع موانع موجود کمک خواهد کرد.

در مرحله بعد، پرسشنامه بومی‌سازی متغیرها میان خبرگان توزیع شد تا موانع کلیدی شناسایی گردند. با انجام دو دوره دلفی فازی و تحلیل اعداد فازی شده، ۱۲ مانع مهم با مقدار بالاتر از آستانه ۷/۰ انتخاب شدند. این فرآیند، دقت تصمیم‌گیری را افزایش داده و شناخت نظام‌مندتری از موانع فراهم نمود. جدول ۲ موانع شناسایی شده به همراه معادل آنها را نشان می‌دهد.

جدول ۲. موانع

نام معادل	موانع
C1	عدم دانش در مورد مزایای زنجیره تأمین دیجیتال
C2	کمبود منابع مالی
C3	نقص در انگیزش و پاداش
C4	کمبود استراتژی مناسب
C5	عدم تشویق در بخش تحقیق و توسعه
C6	کمبود آموزش و دانش فنی
C7	کمبود دسترسی به دانش خارجی
C8	کمبود ارتباط با دانشگاه‌ها و پژوهشگران
C9	نقص در مدیریت دانش
C10	عدم تمایل کارمند به تغییر
C11	زیرساخت‌ها و سیستم‌های محدود فناوری اطلاعات
C12	نقص در استفاده از هوش مصنوعی

برای تحلیل روابط ساختاری و علی میان موانع، از تکنیک دیمتل فازی به عنوان بخش اول روش DANP استفاده شد. در این مرحله، پرسشنامه مقایسات زوجی در اختیار خبرگان قرار گرفت تا میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر مانع نسبت به سایر موانع ارزیابی شود. نظرات به دست آمده به صورت مقادیر فازی (u, m, l) پردازش و میانگین‌گیری گردید. سپس با استفاده از فرآیند نرمال‌سازی، ماتریس نهایی نرمال شده تهیه و ماتریس‌های ارتباطات کل برای هر سه سطح فازی محاسبه شد. در نهایت، این سه ماتریس با روش دی‌فازی‌سازی ترکیب و به یک ماتریس قطعی تبدیل شدند که مبنای استخراج شاخص‌های اثرگذاری و اثرپذیری قرار گرفت (جدول ۳).

جدول ۳. ماتریس ارتباطات کل ادغام شده

C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
0/21	0/16	0/23	0/14	0/23	0/13	0/20	0/19	0/17	0/15	0/23	0/14	C1
0/23	0/16	0/24	0/18	0/23	0/14	0/22	0/16	0/20	0/18	0/15	0/18	C2
0/23	0/17	0/25	0/17	0/21	0/14	0/22	0/18	0/22	0/12	0/21	0/18	C3
0/22	0/19	0/23	0/15	0/26	0/19	0/21	0/20	0/16	0/15	0/23	0/21	C4
0/25	0/20	0/25	0/16	0/23	0/17	0/21	0/14	0/19	0/18	0/19	0/23	C5
0/23	0/16	0/23	0/16	0/23	0/15	0/15	0/18	0/20	0/17	0/18	0/20	C6
0/19	0/14	0/23	0/13	0/21	0/11	0/19	0/18	0/19	0/13	0/17	0/19	C7
0/25	0/20	0/22	0/16	0/17	0/15	0/21	0/18	0/22	0/15	0/21	0/20	C8
0/22	0/16	0/21	0/11	0/21	0/16	0/18	0/17	0/17	0/13	0/19	0/18	C9
0/23	0/15	0/17	0/17	0/24	0/17	0/20	0/17	0/22	0/19	0/19	0/21	C10
0/26	0/13	0/25	0/21	0/22	0/14	0/22	0/19	0/22	0/17	0/22	0/21	C11
0/17	0/18	0/23	0/17	0/26	0/15	0/20	0/22	0/20	0/16	0/21	0/18	C12

با محاسبه شاخص های R (مجموع سطرها، میزان تأثیر گذاری) و C (مجموع ستون ها، میزان تأثیر پذیری)، مجموع $(R+C)$ میزان اهمیت کلی و تفاضل $(R-C)$ نقش علی یا معلولی موانع را نشان می دهد. این شاخص ها پایه ای برای ترسیم ساختار روابط و تحلیل جهت و شدت تأثیرات متقابل موانع هستند (جدول ۴)

جدول ۴. میزان $R+C$ و $R-C$

بعد	موانع	R	C	$R+C$	$R-C$
مدیریتی	عدم دانش در مورد مزایای زنجیره تامین دیجیتال	2/19	2/32	4/51	0/13
	کمبود منابع مالی	2/26	2/37	4/63	0/11
	نقص در انگیزش و پاداش	2/30	1/88	4/18	0/42
	کمبود استراتژی مناسب	2/40	2/37	4/77	0/03
دانش	عدم تشویق در بخش تحقیق و توسعه	2/40	2/16	4/55	0/24
	کمبود آموزش و دانش فنی	2/24	2/42	4/66	0/18
	کمبود دسترسی به دانش خارجی	2/06	1/80	3/87	0/26
	کمبود ارتباط با دانشگاه ها و پژوهشگران	2/33	2/70	5/04	0/37
	نقص در مدیریت دانش	2/09	1/91	4/01	0/18
فناوری	عدم تمایل کارمند به تغییر	2/32	2/73	5/05	0/42
	زیرساخت ها و سیستم های محدود فناوری اطلاعات	2/42	2/00	4/43	0/42
	نقص در استفاده از هوش مصنوعی	2/33	2/68	5/01	0/34

برای استخراج ساختار روابط نهایی، مقدار آستانه ۱۹/۰ تعیین و مقادیر کمتر از آن حذف شدند. این ماتریس پایه تحلیل های بعدی درباره نوع روابط و شدت تأثیر گذاری موانع قرار گرفت (جدول ۵).

جدول ۵. روابط ساختاری

C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
0/21	0/00	0/23	0/00	0/23	0/00	0/20	0/19	0/00	0/00	0/23	0/00	C1
0/23	0/00	0/24	0/00	0/23	0/00	0/22	0/00	0/20	0/00	0/00	0/00	C2
0/23	0/00	0/25	0/00	0/21	0/00	0/22	0/00	0/22	0/00	0/21	0/00	C3
0/22	0/19	0/23	0/00	0/26	0/19	0/21	0/20	0/00	0/00	0/23	0/21	C4
0/25	0/20	0/25	0/00	0/23	0/00	0/21	0/00	0/19	0/00	0/19	0/23	C5
0/23	0/00	0/23	0/00	0/23	0/00	0/00	0/00	0/20	0/00	0/00	0/20	C6
0/19	0/00	0/23	0/00	0/21	0/00	0/19	0/00	0/19	0/00	0/00	0/19	C7
0/25	0/20	0/22	0/00	0/00	0/00	0/21	0/00	0/22	0/00	0/21	0/20	C8
0/22	0/00	0/21	0/00	0/21	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/19	0/00	C9
0/23	0/00	0/00	0/00	0/24	0/00	0/20	0/00	0/22	0/19	0/19	0/21	C10
0/26	0/00	0/25	0/21	0/22	0/00	0/22	0/19	0/22	0/00	0/22	0/21	C11
0/00	0/00	0/23	0/00	0/26	0/00	0/20	0/22	0/20	0/00	0/21	0/00	C12

در بخش دوم روش DANP، ابعاد سه گانه مدیریتی، دانش و فناوری تعریف و ماتریس ارتباط ابعاد محاسبه شد. با ترکیب ماتریس‌های ارتباط معیارها و ابعاد، سوپرماتریس وزن دار نهایی استخراج و وزن نهایی هر معیار و بعد مشخص گردید. وزن‌ها نمایانگر اهمیت نسبی هر مانع و هر بعد در دیجیتال سازی زنجیره تأمین صنعت لبنیات کشور هستند که اولویت بندی آنها در جداول ۶ و ۷ آمده است.

جدول ۶. اولویت بندی معیارها

رتبه	وزن نهایی	موانع
۹	۰/۰۵	عدم دانش در مورد مزایای زنجیره تامین دیجیتال
۶	۰/۰۶	کمبود منابع مالی
۷	۰/۰۵	نقص در انگیزش و پاداش
۳	۰/۱۴	کمبود استراتژی مناسب
۶	۰/۰۶	عدم تشویق در بخش تحقیق و توسعه
۵	۰/۰۷	کمبود آموزش و دانش فنی
۱۱	۰/۰۴	کمبود دسترسی به دانش خارجی
۲	۰/۱۵	کمبود ارتباط با دانشگاه‌ها و پژوهشگران
۱۰	۰/۰۴	نقص در مدیریت دانش
۱	۰/۱۷	عدم تمایل کارمند به تغییر
۸	۰/۰۵	زیرساخت‌ها و سیستم‌های محدود فناوری اطلاعات
۴	۰/۱۴	نقص در استفاده از هوش مصنوعی

جدول ۷. وزن نهایی ابعاد

ابعاد	وزن نهایی	رتبه
مدیریتی	۳/۰	۳
دانش	۳۶/۰	۱
فناوری	۳۶/۰	۱

در ادامه به منظور بررسی پایداری نتایج حاصل از مدل DANP فازي، تحلیل حساسیت انجام گرفت. برای این منظور، تحلیل حساسیت بر روی وزن نهایی موانع انجام شد. در این راستا، سه سناریوی تغییر تعریف گردید:

سناریو ۱: افزایش ۲۰ درصدی وزن مانع با بالاترین اهمیت (عدم تمایل کارمند به تغییر) و کاهش ۲۰ درصدی وزن مانع با کمترین اهمیت (کمبود دسترسی به دانش خارجی).

سناریو ۲: افزایش ۲۰ درصدی وزن مانع با بالاترین اهمیت در مقایسه با سایر موانع.

سناریو ۳: کاهش ۲۰ درصدی وزن مانع با بالاترین اهمیت در مقایسه با سایر موانع.

جدول ۸. تحلیل حساسیت

مانع	وزن سناریو ۱			وزن سناریو ۲			وزن سناریو ۳		
	رتبه	رتبه	رتبه	رتبه	رتبه	رتبه	رتبه	رتبه	رتبه
	وزن	رتبه	رتبه	وزن	رتبه	وزن	رتبه	وزن	رتبه
	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
عدم دانش در مورد مزایای زنجیره تأمین دیجیتال	0/05	۹	0/046	۹	0/049	۹	0/051	۹	۹
کمبود منابع مالی	0/06	6	0/055	6	0/058	6	0/061	6	6
نقص در انگیزش و پاداش	0/05	۷	0/046	۷	0/049	۷	0/051	۷	۷
کمبود استراتژی مناسب	0/14	3	0/128	3	0/135	3	0/145	3	3
عدم تشویق در بخش تحقیق و توسعه	0/06	6	0/055	6	0/058	6	0/061	6	6
کمبود آموزش و دانش فنی	0/07	5	0/064	5	0/067	5	0/072	5	5
کمبود دسترسی به دانش خارجی	0/04	11	0/037	11	0/039	11	0/041	11	11
کمبود ارتباط با دانشگاه‌ها و پژوهشگران	0/15	2	0/137	2	0/145	2	0/15۰	۲	۱
نقص در مدیریت دانش	0/04	1۰	0/037	1۰	0/039	1۰	0/041	1۰	1۰
عدم تمایل کارمند به تغییر	0/17	1	0/192	1	0/186	1	0/15۳	۲	۲
زیرساخت‌ها و سیستم‌های محدود فناوری اطلاعات	0/05	8	0/046	8	0/049	8	0/051	8	8
نقص در استفاده از هوش مصنوعی	0/14	۴	0/128	۴	0/135	۴	0/145	۴	۴

نتایج حاصل (جدول ۸) نشان داد که در تحلیل وزن‌های پایه، مانع «عدم تمایل کارکنان به تغییر» با بیشترین وزن (۰/۱۷) در رتبه نخست قرار گرفت و پس از آن، موانع «کمبود ارتباط با دانشگاه‌ها و پژوهشگران» و «کمبود استراتژی مناسب» به ترتیب رتبه‌های دوم و سوم را به خود اختصاص دادند.

نتایج حاصل از سناریوها نشان داد که در دو سناریوی اول، ترتیب رتبه‌بندی موانع تغییر نکرده و جایگاه «عدم تمایل کارکنان به تغییر» به عنوان مهم‌ترین مانع به قوت خود باقی ماند. این پایداری بیانگر ثبات مدل و اطمینان از قابلیت اتکای نتایج در مواجهه با تغییرات معقول پارامترهای ورودی است. با این حال، در سناریوی سوم که وزن مانع کلیدی اول کاهش یافته بود، شاهد تغییر قابل توجهی در اولویت‌بندی موانع بودیم؛ به طوری که مانع «کمبود ارتباط با دانشگاه‌ها و پژوهشگران» با وزن ۰/۱۵۵ جایگاه نخست را از آن خود کرد. این امر نشان می‌دهد که کاهش تأثیر مقاومت کارکنان می‌تواند منجر به برجسته‌تر شدن سایر موانع شود که ضرورت مدیریت جامع و چندجانبه در فرآیند دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین را برجسته می‌سازد. به طور کلی، یافته‌های تحلیل حساسیت تأکید می‌کند که مدل پیشنهادی از پایداری مناسبی برخوردار است، اما تمرکز ویژه بر کاهش مقاومت کارکنان می‌تواند تأثیر قابل توجهی در تغییر اولویت موانع و بهبود فرآیند دیجیتال‌سازی داشته باشد. این نتایج می‌تواند راهنمای مهمی برای تصمیم‌گیرندگان و مدیران در حوزه بهینه‌سازی زنجیره تأمین دیجیتال باشد.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش، شناسایی و تحلیل موانع اجرای زنجیره تأمین دیجیتال در صنعت لبنی ایران بود. در این راستا، با استفاده از روش دلفی فازی، موانع کلیدی شناسایی و بومی‌سازی شدند و به منظور بررسی دقیق‌تر روابط علی و معلولی میان موانع و اولویت‌بندی آن‌ها، از رویکرد ترکیبی دیمتل فازی و ANP فازی بهره گرفته شد.

یافته‌ها نشان دادند که از بین دوازده مانع شناسایی شده، «عدم تمایل کارکنان به تغییر»، «کمبود ارتباط با دانشگاه‌ها و پژوهشگران» و «نبود استراتژی مناسب» دارای بیشترین وزن و اهمیت هستند. این نتایج بیانگر آن است که موفقیت در دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین، علاوه بر نیاز به زیرساخت‌های فناورانه، مستلزم توجه ویژه به عوامل انسانی، مدیریتی و تعاملات علمی میان صنعت و دانشگاه است. در سطح ابعاد، «بعد فناوری» و «بعد دانش» به عنوان مهم‌ترین ابعاد مورد توجه قرار گرفتند که نشان‌دهنده نقش کلیدی ارتقای دانش تخصصی و توسعه زیرساخت‌های فناورانه در تحقق دیجیتال‌سازی است. مطالعات مشابه، از جمله پژوهش رحمان و همکاران (۲۰۲۴)، موانع مشابهی مانند مقاومت کارکنان و فقدان استراتژی دیجیتال را مورد تأکید قرار داده‌اند، اما تفاوت‌هایی نظیر اهمیت ارتباط با دانشگاه‌ها در مطالعه حاضر برجسته‌تر است که می‌تواند ناشی از تفاوت ساختاری و سطح تعاملات صنعت-دانشگاه در ایران باشد. این تفاوت‌ها همچنین ممکن است به تفاوت در بلوغ دیجیتال، فرهنگ سازمانی و زیرساخت‌های فناورانه دو کشور مرتبط باشد. به طور کلی، همگرایی نتایج نشان‌دهنده اهمیت سرمایه انسانی، استراتژی‌های منسجم و زیرساخت‌های فناورانه در فرآیند دیجیتال‌سازی است.

برای ارزیابی پایداری و استحکام مدل، تحلیل حساسیت روی وزن نهایی موانع انجام شد. در این تحلیل از سه سناریو، افزایش ۲۰ درصدی وزن مانع با بالاترین اهمیت و کاهش ۲۰ درصدی وزن مانع با کمترین اهمیت، سناریو بعدی افزایش ۲۰ درصدی تنها وزن مانع اولویت اول و سناریو آخر کاهش ۲۰ درصدی تنها وزن مانع اولویت اول استفاده شده است.

نتایج نشان داد که در دو سناریوی اول، ترتیب رتبه‌بندی موانع تغییر نکرده و جایگاه «عدم تمایل کارکنان به تغییر» به عنوان مهم‌ترین مانع به قوت خود باقی ماند. این پایداری بیانگر ثبات مدل و اطمینان از قابلیت اتکای نتایج در مواجهه با

تغییرات معقول پارامترهای ورودی است. با این حال، در سناریوی سوم که وزن مانع کلیدی اول کاهش یافته بود، شاهد تغییر قابل توجهی در اولویت‌بندی موانع بودیم؛ به‌طوری که مانع «کمبود ارتباط با دانشگاه‌ها و پژوهشگران» با وزن ۰.۱۵۵ جایگاه نخست را از آن خود کرد. این امر نشان می‌دهد که کاهش تأثیر مقاومت کارکنان می‌تواند منجر به برجسته‌تر شدن سایر موانع شود که ضرورت مدیریت جامع و چندجانبه در فرآیند دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین را برجسته می‌سازد.

به طور کلی، یافته‌های تحلیل حساسیت تأکید می‌کند که مدل پیشنهادی از پایداری مناسبی برخوردار است، اما تمرکز ویژه بر کاهش مقاومت کارکنان می‌تواند تأثیر قابل توجهی در تغییر اولویت موانع و بهبود فرآیند دیجیتال‌سازی داشته باشد. این نتایج می‌تواند راهنمای مهمی برای تصمیم‌گیرندگان و مدیران در حوزه بهینه‌سازی زنجیره تأمین دیجیتال باشد.

با توجه به نتایج اولویت‌بندی موانع، می‌توان راهکارهای کاربردی متعددی برای صنعت لبنی ارائه کرد. در بُعد مدیریتی، کاهش مقاومت کارکنان در برابر تغییر از طریق آموزش، به‌کارگیری مدل‌های مدیریت تغییر و طراحی مشوق‌های انگیزشی امکان‌پذیر است. در بُعد دانشی، توسعه همکاری‌های مشترک میان صنعت و دانشگاه، حمایت از پژوهش‌های کاربردی و برگزاری نشست‌های تخصصی می‌تواند زمینه ارتقای دانش دیجیتال‌سازی را فراهم آورد. در بُعد فناورانه نیز تدوین نقشه‌راه تحول دیجیتال، بهره‌گیری از ابزارهای آینده‌پژوهی و الگوبرداری از تجربیات موفق جهانی نقش مؤثری در رفع چالش‌های راهبردی ایفا خواهد کرد. اجرای این اقدامات می‌تواند موانع کلیدی شناسایی شده را تضعیف نموده و مسیر حرکت به‌سوی زنجیره تأمین دیجیتال در صنعت لبنی را هموار سازد.

از نظر کاربردی، نتایج پژوهش پیامدهای مهمی برای مدیران صنعت لبنی ایران به همراه دارد. نخست، تدوین و اجرای یک استراتژی دیجیتال منسجم و جامع باید در اولویت قرار گیرد. دوم، ایجاد بسترهای همکاری پایدار میان صنعت و دانشگاه می‌تواند به ارتقای سطح دانش و ارائه راهکارهای نوآورانه کمک کند. سوم، توانمندسازی سرمایه انسانی از طریق آموزش‌های تخصصی و مدیریت تغییرات، ابزاری کلیدی برای کاهش مقاومت کارکنان در برابر نوآوری‌های فناورانه است. در نهایت، سرمایه‌گذاری هدفمند در زیرساخت‌های فناوری اطلاعات، پیش‌نیاز اساسی برای تحقق تحول دیجیتال در این صنعت محسوب می‌شود.

محدودیت‌های پژوهش شامل تمرکز بر صنعت لبنی ایران و استفاده از نظرات خبرگان است که ممکن است تعمیم نتایج را محدود کند. همچنین، ماهیت قضاوت‌های انسانی در روش‌های به‌کاررفته امکان بروز سوگیری را دارد.

با توجه به محدودیت‌های پژوهش حاضر، مسیرهای متعددی برای تحقیقات آینده وجود دارد. نخست، پیشنهاد می‌شود دامنه پژوهش به سایر صنایع غذایی و حتی صنایع تولیدی دیگر تعمیم یابد تا امکان مقایسه بین‌بخشی فراهم گردد و الگوهای مشترک و تفاوت‌های ساختاری شناسایی شوند. دوم، بررسی نقش متغیرهای میانجی همچون فرهنگ سازمانی، اندازه و ساختار شرکت، سطح بلوغ دیجیتال و شبکه‌های رهبری می‌تواند به درک عمیق‌تری از پویایی موانع دیجیتال‌سازی کمک کند. سوم، به‌کارگیری روش‌های ترکیبی کیفی-کمی پیشرفته‌تر، از جمله مدل‌سازی معادلات ساختاری یا تحلیل چندسطحی، می‌تواند روابط پیچیده میان موانع را با دقت بیشتری آشکار سازد. چهارم، طراحی و آزمون راهکارهای عملی برای غلبه بر موانع، از طریق اجرای مطالعات مداخله‌ای یا مطالعات موردی در شرکت‌های لبنی، می‌تواند جنبه کاربردی نتایج را تقویت نماید. در نهایت، مقایسه تطبیقی میان کشورهای با سطوح مختلف بلوغ دیجیتال، بستر مناسبی برای ارزیابی تأثیر شرایط نهادی، سیاست‌های حمایتی و تعاملات صنعت-دانشگاه بر فرایند دیجیتال‌سازی فراهم می‌کند.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله تأکید می‌کنند که در انجام پژوهش حاضر هیچگونه تعارض منافع شخصی یا مالی وجود نداشته است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت‌های علمی و معنوی اساتید محترم و کارشناسان حوزه زنجیره تأمین، به‌ویژه دکتر خاتمی و همچنین از همکاری ارزشمند تمامی همکاران در شرکت‌های فعال در صنعت لبنی ایران که در جمع‌آوری داده‌ها و نظرات تخصصی کمک کردند، صمیمانه قدردانی می‌شود.

ORCID

Neda Nadernia

Seyed Mohammad Ali Khatami Firouzabadi



<https://orcid.org/0009-0003-4956-4413>



<https://orcid.org/0000-0003-3450-2087>

منابع

- مهدی پور، پژواک، قدیکلایی، احمد سعید، لجمی، حسن فرید، و آقاجانی، حسن علی. (۱۴۰۳). سنجش زنجیره تامین دیجیتال در صنایع تولیدی (مورد مطالعه: صنعت کالای خواب). *فصلنامه پژوهش های مدیریت در ایران*، ۲۶، (1).
- پورباقر، م. پور، پ. و. و انکاری، م. (۱۴۰۲). بررسی عوامل موثر بر پذیرش اینترنت اشیا (IoT) در زنجیره تامین دیجیتال پوشاک با استفاده از تکنیک FUZZY AHP و WASPAS *فصلنامه علوم و فناوری نساجی و پوشاک*، ۱۲، (4).
- سلیمی زاویه، سیدقاسم، و شمس، سعیده. (1400). واکاوی مدیریت زنجیره تأمین دیجیتال (روند توسعه آینده). *نشریه صنعت لاستیک ایران*، ۲۵، (102)، ۴۹.
- Ageron, B., ... O. B.-S. chain forum: A., & 2020, undefined. (2020). Digital supply chain: challenges and future directions. Taylor & Francis B Ageron, O Bentahar, A Gunasekaran Supply Chain Forum: An International Journal, 2020•Taylor & Francis, 21(3), 133–138. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1816361>
- Ajmera, D., Kharub, M., Krishna, A., & Gupta, H. (2024). Navigating the challenges of AI-enabled circular economy in the food and beverage sector: strategies for sustainable transformation. *International Journal of Logistics Management*, 36(2), 611–646. <https://doi.org/10.1108/IJLM-09-2023-0408/FULL/XML>
- Annosi, M. C., Brunetta, F., Bimbo, F., & Kostoula, M. (2021). Digitalization within food supply chains to prevent food waste. Drivers, barriers and collaboration practices. *Industrial Marketing Management*, 93, 208–220. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2021.01.005>
- Brintrup, A., Kosasih, E., ... B. M.-T. D. S., & 2022, undefined. (n.d.). Digital supply chain surveillance: concepts, challenges, and frameworks. *Elsevier*. Retrieved March 8, 2025, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323916141000228>
- Büyüközkan, G., & Göçer, F. (2018). Digital Supply Chain: Literature review and a proposed framework for future research. *Computers in Industry*, 97, 157–177. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.010>
- Cabrera, V. E., Bewley, J., Breunig, M., Breunig, T., Cooley, W., De Vries, A., Fourdraine, R., Giordano, J. O., Gong, Y., Greenfield, R., Hu, H., Lenkaitis, A., Niu, M., Noronha, E. A. F., & Sullivan, M. (2025). Data Integration and Analytics in the Dairy Industry: Challenges and Pathways Forward. *Animals* 2025, Vol. 15, Page 329, 15(3), 329. <https://doi.org/10.3390/ANI15030329>
- Cannas, V. G., Ciccullo, F., Pero, M., & Cigolini, R. (2020). Sustainable innovation in the dairy supply chain: enabling factors for intermodal transportation. *International Journal of Production Research*, 58(24), 7314–7333. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1809731>
- Chatterjee, S., Chaudhuri, R., Vrontis, D., & Galati, A. (2024). Digital transformation using industry 4.0 technology by food and beverage companies in post COVID-19 period: from DCV and IDT perspective. *European Journal of Innovation Management*, 27(5), 1475–1495. <https://doi.org/10.1108/EJIM-07-2022-0374/FULL/XML>
- Chen, S. H., & Lin, W. T. (2018). Analyzing determinants for promoting emerging technology through intermediaries by using a DANP-based MCDA framework. *Technological Forecasting and Social Change*, 131, 94–110. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2017.09.019>
- Deepu, T. S., & Ravi, V. (2022). Modelling of interrelationships amongst enterprise and inter-enterprise information system barriers affecting digitalization in electronics supply chain. *Business Process Management Journal*, 28(1), 178–207. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-12-2020-0554/FULL/HTML>

- Derakhti, A., Santibanez Gonzalez, E. D. R., & Mardani, A. (2023). Industry 4.0 and Beyond: A Review of the Literature on the Challenges and Barriers Facing the Agri-Food Supply Chain. *Sustainability* 2023, Vol. 15, Page 5078, 15(6), 5078. <https://doi.org/10.3390/SU15065078>
- Hammi, B., Zeadally, S., & Nebhen, J. (2023). Security Threats, Countermeasures, and Challenges of Digital Supply Chains. *ACM Computing Surveys*, 55(14 S). <https://doi.org/10.1145/3588999>
- Hassoun, A., Garcia-Garcia, G., Trollman, H., Jagtap, S., Parra-López, C., Crotova, J., Bhat, Z., Centobelli, P., & Ait-Kaddour, A. (2023). Birth of dairy 4.0: Opportunities and challenges in adoption of fourth industrial revolution technologies in the production of milk and its derivatives. *Current Research in Food Science*, 7, 100535. <https://doi.org/10.1016/J.CRFS.2023.100535>
- Jamali, A., Robati, M., Nikoomaram, H., Farsad, F., & Aghamohammadi, H. (2023). Urban Resilience Assessment Using Hybrid MCDM Model Based on DEMATEL-ANP Method (DANP). *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 51(4), 893–915. <https://doi.org/10.1007/S12524-023-01670-8/METRICS>
- Karwasra, K., Soni, G., Mangla, S. K., & Kazancoglu, Y. (2021). Assessing dairy supply chain vulnerability during the Covid-19 pandemic. *International Journal of Logistics Research and Applications*. <https://doi.org/10.1080/13675567.2021.1910221>
- Khanna, A., Jain, S., Burgio, A., Bolshev, V., & Panchenko, V. (2022). Blockchain-Enabled Supply Chain platform for Indian Dairy Industry: Safety and Traceability. *Foods* 2022, Vol. 11, Page 2716, 11(17), 2716. <https://doi.org/10.3390/FOODS11172716>
- Kumar, R., & Kumar, D. (2023). Blockchain-based smart dairy supply chain: catching the momentum for digital transformation. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*. <https://doi.org/10.1108/JADEE-07-2022-0141>
- Kumar, U., & Shankar, R. (2024). Smart dairy: Unleashing emerging ICT-enabled lean dairy supply chains through data-driven decision-making. *International Journal of Information Management Data Insights*, 4(2), 100297. <https://doi.org/10.1016/J.IJIMEI.2024.100297>
- Malik, M., Gahlawat, V. K., Mor, R. S., & Hosseinian-Far, A. (2024). Towards white revolution 2.0: challenges and opportunities for the industry 4.0 technologies in Indian dairy industry. *Operations Management Research* 2024 17:3, 17(3), 811–832. <https://doi.org/10.1007/S12063-024-00482-4>
- Menzies, J., Sabert, B., Hassan, R., & Mensah, P. K. (2024). Artificial intelligence for international business: Its use, challenges, and suggestions for future research and practice. *Thunderbird International Business Review*, 66(2), 185–200. <https://doi.org/10.1002/tie.22370>
- Montgomery, H., Haughey, S., Security, C. E.-G. F., & 2020, undefined. (n.d.). Recent food safety and fraud issues within the dairy supply chain (2015–2019). *Elsevier*. Retrieved March 8, 2025, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912420301012>
- Pandey, P., Jha, S., Res, S. S.-I. J. S. S. E., & 2017, undefined. (2019). Effectiveness of dairy based entrepreneurial developmental programmes. *Ijsser.OrgP Pandey, SK Jha, S SinhaInt J Soc Sci Econ Res, 2017•ijsser.Org*. https://ijsser.org/files_2019/ijsser_04__76.pdf
- Queiroz, M. M., Ivanov, D., Dolgui, A., & Fosso Wamba, S. (2022). Impacts of epidemic outbreaks on supply chains: mapping a research agenda amid the COVID-19 pandemic through a structured literature review. *Annals of Operations Research*, 319(1), 1159–1196. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03685-7>
- Queiroz, M. M., Pereira, S. C. F., Telles, R., & Machado, M. C. (2019). Industry 4.0 and digital supply chain capabilities: A framework for understanding digitalisation challenges and opportunities. *Benchmarking*, 28(5), 1761–1782. <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2018-0435/FULL/HTML>
- Rahman, M., Emon, M. E. H., Antor, M. H., Haque, S. A., & Talapatra, S. (2024). Identification and prioritization of barriers to Industry 4.0 adoption in the context of food and beverage industries of Bangladesh. *Benchmarking*, 32(2), 757–783. <https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2023-0371/FULL/XML>
- Rejeb, A., Rejeb, K., Keogh, J. G., & Zailani, S. (2022). Barriers to Blockchain Adoption in the Circular Economy: A Fuzzy Delphi and Best-Worst Approach. *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 3611, 14(6), 3611. <https://doi.org/10.3390/SU14063611>

- Salahudin, M., Baihaqi, I., AKUNTANSI, Y. L.-, DAN, B., & 2024, undefined. (n.d.). Opportunities and Challenges of Digital Supply Chain: A Systematic Literature Review Using SCOR Framework. *Transpublika.Co.IdMS Salahudin, I Baihaqi, YC LiuTRANSEKONOMIKA: AKUNTANSI, BISNIS DAN KEUANGAN, 2024•transpublika.Co.Id*. Retrieved March 8, 2025, from <https://transpublika.co.id/ojs/index.php/Transekonomika/article/view/717>
- 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>
- Serrano-Torres, G. J., López-Naranjo, A. L., Larrea-Cuadrado, P. L., & Mazón-Fierro, G. (2025). Transformation of the Dairy Supply Chain Through Artificial Intelligence: A Systematic Review. *Sustainability (Switzerland)*, 17(3), 982. <https://doi.org/10.3390/SU17030982/S1>
- Shakur, M. S., Lubaba, M., Debnath, B., Bari, A. B. M. M., & Rahman, M. A. (2024). Exploring the Challenges of Industry 4.0 Adoption in the FMCG Sector: Implications for Resilient Supply Chain in Emerging Economy. *Logistics* 2024, Vol. 8, Page 27, 8(1), 27. <https://doi.org/10.3390/LOGISTICS8010027>
- Sharma, M., Joshi, S., & Govindan, K. (2023). Overcoming barriers to implement digital technologies to achieve sustainable production and consumption in the food sector: A circular economy perspective. *Sustainable Production and Consumption*, 39, 203–215. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2023.04.002>
- Shambayati, H., & Qahremani, F. (2024). Journal of Strategic Value Chain Management Factors Affecting the Adoption of Digital Technology in The Healthcare Value Chain in Neutrosophic Conditions in Semnan Province. *Journal of Strategic Value Chain Management*, 1(1), 51–71. <https://doi.org/10.22075/svcmm.2025.35409.1012>
- Torres Vergara, J. I., Saucedo Martínez, J. A., & Olivo Lucio, D. (2024). Resilient and sustainable supply chain criteria for performance evaluation: selection and ranking through fuzzy Delphi. *Benchmarking*, 31(3), 799–823. <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2022-0283/FULL/XML>
- Wang, L., He, Y., & Wu, Z. (2022). Design of a Blockchain-Enabled Traceability System Framework for Food Supply Chains. *Foods*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/foods11050744>
- Wang, M., Islam, S., & Yang, W. (2025). Supply chain risks in the dairy industry. *Benchmarking, ahead-of-print*(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2023-0874/FULL/XML>

Translated References [In Persian]

- Pourbagher, M., Pour, P. V., & Enkari, M. (2023). Investigating factors affecting the adoption of Internet of Things (IoT) in the digital supply chain of apparel using FUZZY AHP and WASPAS techniques. *Journal of Textile and Apparel Science and Technology*, 12(4). [In Persian]
- Mehdipour, P., Ghadikolaee, A. S., Lajimi, H. F., & Aghajani, H. A. (2024). Measuring digital supply chain in manufacturing industries (Case study: Bedding industry). *Iranian Journal of Management Research*, 26(1). [In Persian]
- Salimi-Zavieh, S., & Shams, S. (1400). Evaluation of digital supply chain management (Future development trend). *Iran Rubber Industry Journal*, 25(102), 49. [In Persian]