



Supply Chain Modeling of CLARS Product-Service System for Home and Industrial Electronics Industries and Appliances in Iran

Mohammad Reza Fathi¹ , Mahsa Pishdar² and Samane Sabalani³

1. Corresponding Author, Associate Professor, College of Farabi, University of Tehran, Qom, Iran. Email: reza.fathi@ut.ac.ir

2. Assistant Professor, College of Farabi, University of Tehran, Qom, Iran. Email: mahsa.pishdar@ut.ac.ir

3. PhD, Student, College of Farabi, University of Tehran, Qom, Iran. Email: Samane.sabalani@ut.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Purpose: Companies operating in product-service systems face complex challenges that affect their survival. To address these challenges, supply chains require new management paradigms in strategic sourcing. This study aims to present a causal relationship model of the product-service system supply chain (CLARS) for the Iranian electronics industry.
Article history: Received 8 April 2025 Received in revised form 12 May 2025 Accepted 21 Octobr 2025 Published online 1 December 2025	Methodology: In the first stage, the dimensions and components of CLARS were identified through the meta-synthesis method. Then, these findings were evaluated in in-depth interviews with focus groups and finalized using the Delphi-fuzzy method. Finally, the causal relationship model was designed using fuzzy cognitive mapping.
Keywords: Agile Product-Service System Supply Chain, Circular Product-Service System Supply Chain, Lean Product-Service System Supply Chain, Resilient Product-Service System Supply Chain, Sustainable Product-Service System Supply Chain.	Findings: Causal model of the product-service system supply chain (CLARS) and the expression of necessary measures for companies with product-service systems Originality/Value: The research results will help electronics and appliances industries and other industries with product-service systems to survive and gain more competitive advantages. This research is the first research in the field of modeling the supply chain of the product-service system by integrating circular, lean, agile, resilient, and sustainable (CLARS) strategies.
Cite this article: Fathi, M. & et al, (2025)., Supply Chain Modeling of CLARS Product-Service System for Home and Industrial Electronics Industries and Appliances in Iran. <i>Enginiiring Management and Soft Computing</i> , 11 (2). 221-256. DOI: https://doi.org/10.22091/jemsc.2025.12844.1273	
	© Fathi et. al (2025) DOI: https://doi.org/10.22091/jemsc.2025.12844.1273 Publisher: University of Qom

1) INTRODUCTION

In recent decades, the increasing environmental concerns, rapid technological advancements, and rising customer expectations have forced supply chains to adopt integrated and sustainable strategies. The conventional linear supply chain models, characterized by take-make-dispose patterns, have become insufficient in addressing modern challenges such as waste reduction, product lifecycle extension, and resilience to disruptions. This has led to the emergence of the Product-Service System (PSS), a model that combines products and services into a single value proposition aimed at satisfying customer needs while promoting sustainability. In parallel, the CLARS paradigm—standing for Circular, Lean, Agile, Resilient, and Sustainable supply chain strategies—has gained attention as a holistic framework to address the multifaceted challenges of modern supply chains. Integrating CLARS strategies with PSS is particularly crucial in the electronics and appliances sector in Iran, where the industry faces pressure from environmental regulations, supply disruptions, economic sanctions, and the need for innovation in business models. This study aims to model the supply chain of the CLARS-based PSS specifically for home and industrial electronics in Iran. Using a combination of meta-synthesis, fuzzy Delphi, and fuzzy cognitive mapping (FCM), this research identifies key enablers, barriers, and strategic priorities for implementing such a system in a developing economy context.

2) Methodology

The research methodology is divided into three main phases: qualitative synthesis, expert validation, and system modeling. In the first phase, a meta-synthesis approach was employed to extract conceptual categories from over 60 scientific papers and industry reports related to CLARS strategies and PSS implementation. This qualitative synthesis enabled the construction of an initial conceptual framework. In the second phase, a Fuzzy Delphi Method (FDM) was used to validate and refine the proposed components and relationships within the framework. A panel of 15 experts including supply chain managers, sustainability consultants, and academic researchers were engaged to provide fuzzy ratings on the importance and feasibility of each factor. In the third phase, the validated components were structured into a Fuzzy Cognitive Map (FCM) to model the causal relationships among the critical factors influencing the CLARS-PSS supply chain. The FCM approach allowed for a visual and quantitative analysis of the dynamic interactions within the system. The weights of connections between nodes were determined based on expert input and were processed using fuzzy logic to accommodate uncertainty.

3) Discussion

The present study sought to model the supply chain of product-service systems (PSS) in Iran's home and industrial electronics sectors by integrating the principles of Circularity, Leanness, Agility, Resilience, and Sustainability (CLARS). Employing a meta-synthesis approach, Delphi-fuzzy methodology, and fuzzy cognitive mapping (FCM), this research contributes to the limited but growing literature on integrated supply chain strategies tailored to emerging economies with specific sectoral constraints and opportunities. The results revealed that while environmental sustainability and resilience received high weightings across expert evaluations, lean and agile strategies also played a pivotal role in responding to rapidly shifting consumer demands and economic fluctuations in the Iranian context. Similar to findings from Pashaki & Zandieh (2023), the emphasis on agility and resilience reflects the uncertainty and volatility in domestic supply and international trade conditions, particularly in post-sanction scenarios. The system dynamics embedded in the FCM analysis further indicated strong interdependencies between green design, lifecycle extension strategies, and reverse logistics. This is in line with Ghadimi et al. (2020), who emphasized the importance of integrated life cycle considerations in sustainable supply chain designs for complex products like electronics. Moreover, as in the work of Ardakani et al. (2015), the integration of fuzzy logic enabled the modeling of linguistic uncertainty, which is crucial in environments where qualitative judgments dominate strategic planning. It was also observed that while circular strategies such as reuse, remanufacturing, and recycling are recognized as priorities, their operationalization remains limited due to infrastructural and technological gaps. This

gap between strategic intent and execution was similarly highlighted by Adeli & Sazvar (2021) in the context of product recovery in Iran. The Delphi results emphasized the need for greater inter-organizational collaboration, digital transformation, and consumer awareness to fully realize circular objectives. Comparative analysis with global literature suggests that CLARS-based models are adaptable but must be locally contextualized. For example, in contrast to countries with stable regulatory support for green transitions, Iranian firms often rely on internal capabilities and informal networks to implement lean or circular practices. This aligns with the findings of Govindan et al. (2015), where context-sensitive implementation of sustainable supply chain strategies is key to effectiveness.

4) Conclusion

This study developed a hybrid model for designing a CLARS-based supply chain of product-service systems in Iran's electronics sector using meta-synthesis, Delphi-fuzzy, and fuzzy cognitive mapping techniques. The proposed framework offers a comprehensive and adaptable decision-support tool for policymakers and managers aiming to align operational practices with circular economy and sustainable development goals.

Key contributions include:

- Identification of critical enablers and inhibitors across the five CLARS dimensions.
- Application of integrated fuzzy methods to handle expert uncertainty and model complex relationships.
- A context-aware roadmap for implementing CLARS strategies in Iran's industrial landscape.

While the research adds theoretical and practical value, it is not without limitations. The reliance on expert judgment, although mitigated by fuzzy methods, may still entail bias. Additionally, the lack of real-time operational data restricts dynamic validation of the model. Future research should expand the model to include multi-objective optimization and real-time decision-support capabilities. Moreover, applying the model in other sectors (e.g., automotive, textiles) or comparative international settings could further validate and refine the CLARS integration framework.

References

- Adeli, M., & Sazvar, A. (2021). Designing a multi-objective mathematical model for a sustainable closed-loop supply chain network in the home appliance industry. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125136. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125136>
- Ardakani, H. D., Taleizadeh, A. A., & Jokar, M. R. A. (2015). A closed-loop supply chain model for short life-cycle products with stochastic demand and collection rate. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.08.010>
- Ghadimi, P., Dargi, A., Heavey, C., & Govindan, K. (2020). An integrated agent-based fuzzy multi-objective approach for sustainable supplier selection and order allocation in a green supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105644. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.045>
- Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*, 240(3), 603–626. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.012>
- Pashaki, A., & Zandieh, M. (2023). A hybrid model for designing a resilient-green closed-loop supply chain network under uncertainty and disruption: A case study of home appliance industry. *Journal of Cleaner Production*, 406, 136847. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136847>

مدل سازی زنجیره تامین سیستم محصول - خدمت CLARS برای صنایع لوازم الکترونیک خانگی و صنعتی در ایران

محمد رضا فتحی^۱، مهسا پیشدار^۲ و سمانه سیلانی^۳

۱. نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مدیریت صنعتی و فناوری، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشکده گان فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران. رایانامه: reza.fathi@ut.ac.ir

۲. استادیار، گروه مدیریت صنعتی و فناوری، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشکده گان فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران. رایانامه: mahsa.pishdar@ut.ac.ir

۳. دانشجوی دکتری، مدیریت صنعتی و فناوری، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشکده گان فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران. رایانامه: Samane.sabalani@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۹ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۸ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۹/۱۰ کلیدواژه‌ها: زنجیره تامین سیستم محصول - خدمت پایدار، زنجیره تامین سیستم محصول - خدمت تاب آور، زنجیره تامین سیستم محصول - خدمت چابک، زنجیره تامین سیستم محصول - خدمت دایره ای، زنجیره تامین سیستم محصول - خدمت ناب.	شرکت های فعال در سیستم های محصول - خدمت با چالش های پیچیده ای مواجه هستند که بقای آنها را تحت تاثیر قرار می دهد. برای مقابله با این چالش ها، زنجیره های تامین نیازمند پارادایم های مدیریتی جدید در تامین استراتژیک هستند. این تحقیق با هدف ارائه مدل روابط علی زنجیره تامین سیستم محصول - خدمت (CLARS) برای صنایع الکترونیک ایران انجام شده است. در مرحله اول؛ ابعاد و مولفه های CLARS از طریق روش فراترکیب، شناسایی شدند سپس این یافته ها در مصاحبه های عمیق با گروه های کانونی، ارزیابی و با استفاده از روش دلفی فازی نهایی شدند. در نهایت مدل روابط علی با بهره گیری از نگاشت شناختی فازی طراحی گردید. مدل علی زنجیره تامین سیستم محصول - خدمت (CLARS) و بیان اقدامات لازم برای شرکت های دارای سیستم محصول - خدمت، از یافته های این پژوهش محسوب می شود. نتایج این تحقیق، به صنایع و لوازم الکترونیک و سایر صنایع دارای سیستم محصول - خدمت جهت دوام و کسب مزایای رقابتی بیشتر، کمک خواهد کرد. این تحقیق، اولین تحقیق در زمینه مدل سازی زنجیره تامین سیستم محصول - خدمت با ادغام استراتژی های دایره ای، ناب، چابک، تاب آور و پایدار (CLARS) است.

استناد: فتحی، محمد رضا و همکاران. (۱۴۰۴). «مدل سازی زنجیره تامین سیستم محصول - خدمت CLARS برای صنایع لوازم الکترونیک خانگی و صنعتی

در ایران». مدیریت مهندسی و رایانش نرم، دوره ۱۱ (۲)، صص: ۲۵۶-۲۲۱. <https://doi.org/10.22091/jemsc.2025.12844.1273>



(۱) مقدمه

افزایش رقابت و چالش‌های زنجیره تامین محصول در بازارهای جهانی سبب شده است، تولیدکنندگان مدل کسب و کار خود را از روش‌های سنتی صرفاً محصول‌محور به مجموعه‌ای یکپارچه از پیشنهادات محصول و خدمات، معروف به سیستم‌های محصول-خدمت تغییر دهند (دیوی^۱ و همکاران، ۲۰۲۳؛ چن^۲ و همکاران، ۲۰۲۲). یک سیستم محصول-خدمت، با فرض اینکه شرکت‌ها باید کارکردی که مشتری به واسطه خریداری محصول به دنبال آن است را ارائه دهند نه خود محصول، شروع می‌شود (بارار و روئیز-بنتیز^۳، ۲۰۲۳؛ هرناوندز^۴، ۲۰۱۹). در شرایط بسیار رقابتی بازارهای امروزی، تولید و رقابت در یک کسب و کار در سطح بین‌شرکتی تعریف شده است. در نتیجه شرکت‌ها دیگر با یکدیگر رقابت نمی‌کنند. برعکس، همه اعضای زنجیره تامین با سایر زنجیره‌های تامین رقابت می‌کنند. برای بقا در این شرایط، زنجیره‌های تامین باید پارادایم‌های مدیریتی جدیدی را در رویکردهای مختلف تامین استراتژیک، تشویق و دنبال کنند (ژو^۵ و حسینی، ۲۰۲۳؛ القوده و همکاران^۶، ۲۰۲۰؛ سوئیفان و همکاران^۷، ۲۰۱۹؛ الهیاری^۸، ۲۰۱۵). روند توسعه، تغییر نگرش، افزایش جمعیت، استفاده از منابع طبیعی و محیطی در جهت تولیدات صنعتی، باعث تغییر در اکوسیستم‌های طبیعی و زیست‌محیطی شده که تغییرات اساسی محیطی را پدید آورده است. اقتصاد دایره‌ای، ساختار جدیدی است که به عنوان راه‌حلی برای این مسائل در نظر گرفته شده است (نائب‌زاده و همکاران، ۱۴۰۲). اقتصاد دایره‌ای تلاش می‌کند تا محصولات و مواد را در بالاترین کاربرد ممکن، در هر دو دیدگاه زیست‌محیطی و فنی نگه دارد. این مفهوم به سمت زباله صفر می‌رود که هدف آن بازگرداندن مواد مفید به محیط برای افزایش منابع طبیعی است (بورکه^۹ و همکاران، ۲۰۲۳؛ گویندن و همکاران، ۲۰۱۹؛ ای ام اف، ۲۰۱۷). در سالیان اخیر، سازمان‌های تجاری در رقابت در یک محیط پرتلاطم و پرقاب‌ت، با مشکلاتی مواجه شده‌اند (دینگ و هرناوندز^{۱۰}، ۲۰۲۳؛ وارگاس مالدونادو^{۱۱}، ۲۰۲۱؛ هارش و فستینگ^{۱۲}، ۲۰۲۰؛ پولاکوس، کانترویتز، و اشنایدر^{۱۳}، ۲۰۱۹؛ تیس، پیتراف و لیهی^{۱۴}، ۲۰۱۶) بطوریکه بقای سازمان‌های تجاری چالش برانگیز شده است. در شرایط پیچیده و در حال تغییر امروز، شرکت‌ها به پاسخگویی بر فشارهای رقابتی تمرکز دارند (میشرا و همکاران^{۱۵}، ۲۰۲۵؛ وارگاس مالدونادو، ۲۰۲۱؛ پولاکوس و همکاران، ۲۰۱۹). استراتژی زنجیره تامین ناب، با هدف ایجاد کارآیی هزینه در زنجیره تامین، به دنبال مدیریت موثر موجودی و تمرکز بر بهبود کیفیت در زنجیره تامین و حذف ضایعات است (خاوکا و همکاران^{۱۶}، ۲۰۲۴؛ موانگانگی و آچورا^{۱۷}، ۲۰۱۹). از طرفی محققان به دنبال درک قابلیت‌های حیاتی در عملیات و

1 Dewi

2 Chen

3 Barrar & Ruiz-Benitez

4 Hernandez

5 Zhou & Hosseini

6 Alqudah et al

7 Suifan et al

8 Alhyari

9 Burke

10 Ding and Hernandez

11 Vargas Maldonado

12 Harsch and Festing

13 Pulakos, Kantrowitz, and Schneider

14 Teece, Peteraf, and Leih

15 Mishra et al

16 Khavka et al

17 Mwangangi and Achuora

زنجیره‌های تامین هستند که شرکت‌ها را در مواجهه با محیط کسب و کار پویا، پیچیده و متزلزل، پاسخگو تر و انعطاف پذیرتر می‌کند (ون^۱، ۲۰۲۲؛ ومبا و همکاران^۲، ۲۰۲۰؛ یو و همکاران^۳، ۲۰۱۸؛ دوبرژیکوفسکی و همکاران^۴، ۲۰۱۵؛ آزادگان و همکاران^۵، ۲۰۱۳؛ رو، هونگ، و مین^۶، ۲۰۱۴). سازمان‌ها استراتژی‌های مختلفی مانند مهندسی مجدد، سازمان‌های مجازی، شبکه‌سازی و تولید به موقع را اتخاذ کردند اما محبوب‌ترین آنها چابکی است (آویلاس-ساکوتو و همکاران^۷، ۲۰۲۴؛ وارگاس مالدونادو^۸، ۲۰۲۱؛ رئیسی و همکاران^۹، ۲۰۱۷). اختلال و آسیب‌پذیری، به یکی از موانع اصلی برای توسعه بیشتر سیستم‌های محصول-خدمت تبدیل شده است که می‌تواند از طریق ریسک‌های عملیاتی مشاهده شود. درواقع سیستم‌های محصول-خدمت در زمینه مشتری، ارائه‌دهنده، تکنولوژی و محیط آسیب‌پذیرند (وانگ و همکاران^{۱۰}، ۲۰۲۲). سازمان‌ها برای اینکه بتوانند با اختلالات محیطی مقابله کنند، باید به دنبال تاب‌آوری هم در داخل و هم در زنجیره تامین خود باشند (کوپاناکي^{۱۱}، ۲۰۲۲؛ یوتنر^{۱۱}، ۲۰۱۱). اگرچه چابکی و انعطاف‌پذیری دارای عناصر مشترکی با تاب‌آوری است و برای رویارویی با مشکلات و تغییرات روزانه ضروری هستند ولیکن تاب‌آوری عامل موفقیت مهمی در مقابله با تهدیدات و بحران‌های غیرمنتظره است (ایپانگ و همکاران^{۱۲}، ۲۰۲۴؛ دوچک، ۲۰۱۹؛ لنگنیک هال و همکاران^{۱۳}، ۲۰۱۱). علاوه بر این، تاب‌آوری شامل یک جنبه سازگاری است و به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا قوی‌تر از قبل، از بحران خارج شوند. این ویژگی تاب‌آوری را استحکام می‌نامند که به عنوان توانایی یک سیستم برای حفظ عملکردها علیرغم اختلالات تعریف می‌شود (ایپانگ و همکاران^{۱۲}، ۲۰۲۴؛ دوچک، ۲۰۱۹؛ مدنی و جکسون، ۲۰۰۹؛ کیتانو، ۲۰۰۴). در نتیجه جهانی‌شدن، رقابت شدید و همچنین آگاهی مشتریان، بسیاری از شرکت‌ها بطور استراتژیک در حال بازنگری راهبردی برای کنترل ردپای محیطی خود هستند. یک سازمان دوستدار محیط زیست دیگر یک مزیت رقابتی نیست بلکه یک ضرورت است که از نظر تجاری دوام داشته باشد و برای ذینفعان خود جذاب باشد (بزدوگان و همکاران^{۱۴}، ۲۰۲۲). پایداری زنجیره تامین به دلیل افزایش مزیت رقابتی، به یک اصل مهم در هر سازمان تبدیل شده است (دیوی و همکاران^{۱۵}، ۲۰۲۳؛ وزولی، ششین و دیهل^{۱۶}، ۲۰۲۱). مفهوم مدیریت زنجیره تامین پایدار به دو دلیل برای تکمیل سیستم‌های محصول-خدمت استفاده می‌شود. اول: ادبیات سیستم محصول-خدمت بیشتر بر توسعه دانش برای مشتری، خدمات و قابلیت‌های تحویل شبکه متمرکز است و مفهوم چرخه عمر محصول را در نظر نمی‌گیرد. دوم: اکثر مطالعات سیستم محصول-خدمت پایدار بر جنبه‌های اقتصادی پایداری متمرکز هستند و از اهداف اجتماعی و زیست‌محیطی غافل هستند (به‌استثنای آنارلی و همکاران^{۱۷}، ۲۰۱۶). مفهوم مدیریت زنجیره تامین پایدار، مفهوم عمر محصول را در طول چرخه عمر محصول پوشش می‌دهد و هدف آن پایداری با ایجاد تعادل بین

1 Wen

2 Wamba et al

3 Yu et al

4 Dobrzykowski et al

5 Azadegan et al

6 Roh, Hong, and Min

7 Avilés-Sacoto et al

8 Vargas Maldonado

9 Raeisi et al

10 Kopanaki

11 Jüttner

12 Eppang et al

13 Vezzoli, Ceschin, and Diehl

جنبه های زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی است (دیوی و همکاران، ۲۰۲۳؛ آیالا و همکاران^۱، ۲۰۱۸؛ راداتس و همکاران^۲، ۲۰۱۷؛ پائولو و همکاران^۳، ۲۰۱۳). زنجیره تامین CLARS دربرگیرنده پنج پارادایم دایره ای، ناب، چابک، تاب آور و پایدار است. این نوع از ترکیب پارادایم ها با توجه به وضعیت شرکت ها و سازمان ها در جهان کنونی، سخت تر شدن رقابت و کسب مزیت اقتصادی، برای سازمان های دارای سیستم های محصول- خدمت نیازی ضروری است. مسئله اصلی تحقیق حاضر این است که مدل زنجیره تامین CLARS برای سازمان های دارای سیستم محصول- خدمت با یکپارچه سازی استراتژی های دایره ای، ناب، چابک، تاب آور و پایدار، مدل سازی گردد. بدین منظور ابتدا با استفاده از فراترکیب به بررسی ادبیات موجود زنجیره تامین CLARS پرداخته می شود و مولفه های اصلی و فرعی هر پارادایم شناسایی می گردد سپس با مصاحبه با خبرگان صنعتی و دانشگاهی، مولفه های مهمتر هر پارادایم به دست خواهد آمد. به منظور نهایی سازی نظرات، از روش دلفی فازی استفاده خواهد شد و در نهایت با استفاده از نگاشت شناختی فازی، ساختار روابط بین ابعاد و مولفه های مذکور در زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت CLARS به صورت مدل بیان خواهد شد.

۲) پیشینه تحقیق

مدیریت زنجیره تامین، یکی از مفاهیم کلیدی در حوزه کسب و کار و مدیریت است که تعاریف مختلفی از آن ارائه شده است. بنابر تعریف انجمن زنجیره تامین، مدیریت زنجیره تامین شامل برنامه ریزی و مدیریت تمام فعالیت های مرتبط با تامین، خرید، تبدیل و تمام فعالیت های مرتبط با لجستیک است. همچنین مدیریت زنجیره تامین شامل هماهنگی و همکاری با شرکای کانال مانند تامین کنندگان، واسطه ها، ارائه دهندگان خدمات شخص ثالث و مشتریان است. بطور کلی مدیریت زنجیره تامین ادغام مدیریت عرضه و تقاضا درون و بین شرکت های مختلف است (سورش و همکاران^۴، ۲۰۲۳؛ والدن^۵، ۲۰۲۰؛ لوی و همکاران^۶، ۲۰۰۴). مدیریت زنجیره تامین، مدیریت جریان مواد، اطلاعات و مالی در میان شبکه های سازمانی است که شامل تامین کنندگان، تولید کنندگان، توزیع کنندگان و مشتریان می شود. هدف اصلی آن بهبود هماهنگی و همکاری بین این بخش ها برای دستیابی به مزیت رقابتی است (سوسیتها و همکاران^۷، ۲۰۲۴؛ سورش و همکاران^۸، ۲۰۲۳). یک سیستم محصول- خدمت شامل پیشنهاد ترکیبی از محصولات ملموس و خدمات نامشهود است که برای بهینه سازی استفاده از محصول و افزایش ارزش برای مشتریان طراحی و ترکیب شده اند (زومر و همکاران^۹، ۲۰۲۴؛ پروزینی و همکاران^۸، ۲۰۱۴؛ فارر^۹، ۲۰۰۷). تعریف اجزای سیستم های محصول- خدمت به شرح زیر است. سیستم محصول- خدمت از سه عنصر کلیدی تشکیل شده است که توسط گودکوپ و همکاران (۱۹۹۹) تعریف شده است.

(۱) محصول: کالای ملموسی که برای فروش ساخته شده است. می تواند روی انگشتان شما بیفتد و نیازهای کاربر را

برآورده کند.

1 Ayala et al

2 Raddats et al

3 Paiola et al

4 Suresh et al

5 Walden

6 Susitha

7 Zomer et al

8 Peruzzini et al

9 Furrer

۲) خدمت: فعالیت (کار) که برای دیگران با ارزش اقتصادی انجام می‌شود.

۳) سیستم: مجموعه‌ای از عناصر شامل روابط آنها (دثاکون^۱، ۲۰۲۴؛ کریستنسن و رمن، ۲۰۱۹).

در سال ۲۰۰۴، توکر سه نوع PSS را بسته به سطح وابستگی محصول متمایز کرد: الف) محصول محور، ب) استفاده محور، و ج) نتیجه گرا. PSS ممکن است هم برای مصرف کنندگان و هم برای تولید کنندگان شامل تغییر در حقوق مالکیت باشد؛ از اجاره و اشتراک گرفته تا مالکیت مشروط و کامل (تیگیسرووا و شراون، ۲۰۲۴؛ توکر، ۲۰۰۴). جدول ۱ انواع PSS را بیان می‌کند.

جدول ۱. انواع سیستم محصول- خدمت

ردیف	انواع سیستم محصول- خدمت	
	محصول محور	استفاده محور
۱	خدمات مرتبط با محصول	اجاره محصول
۲	مشاوره و پشتیبانی	اجاره/اشتراک محصول
۳	خدمات پس از فروش	ادغام محصول

ادغام مدل کسب و کار دایره‌ای CBMs و زنجیره تامین دایره‌ای، در تحقیقات گیسدورفر و همکاران (۲۰۱۸) مورد مطالعه قرار گرفت. چارچوب پیشنهادی آنها نشان داد که زنجیره‌های تامین دایره‌ای توسط مدل‌های کسب و کار دایره‌ای به سمت بستن، کند کردن، باریک کردن، تشدید و غیرمادی کردن حلقه‌ها هدایت می‌شوند و تفاوت‌های آنها در پیچیدگی آنها نهفته است (کوئل^۲ و همکاران، ۲۰۲۲). زنجیره‌های تامین دایره‌ای؛ زنجیره تامین و اکوسیستم کسب و کار را با هم ادغام می‌کنند تا جریان منابع را آهسته (کند)، بسته و محدود کنند تا در نهایت ارزش اقتصادی و زیست محیطی ایجاد کنند. همچنین اقدامات مرتبط با کاهش استفاده از منابع بر مدت زمانی که یک محصول در یک سیستم نگهداری می‌شود را می‌توان از طریق طراحی محصولات با عمر طولانی و از طریق افزایش عمر محصول مانند نگهداری، تعمیر یا نوسازی به دست آورد (کوئل و همکاران، ۲۰۲۲؛ بوکن و همکاران، ۲۰۱۶). برای طراحی زنجیره تامین دایره‌ای سیستم محصول- خدمت، محققان عوامل مختلفی را در نظر گرفته‌اند.

۱. ایجاد شبکه ارزش

۲. طراحی محصول دایره‌ای

۳. یکپارچه سازی زنجیره تامین

۴. انتخاب تامین کننده دایره‌ای

۵. قابلیت مدیریتی (و وگینانتری و تی سرپرس^۳، ۲۰۲۳؛ ناگ و همکاران، ۲۰۲۱).

مدیریت زنجیره تامین ناب، فرآیند یکپارچه سازی و هماهنگی فعالیت‌های زنجیره تامین، از تامین کنندگان تا مشتریان نهایی است. به گونه‌ای که ضایعات کاهش یابد، زمان تحویل کوتاهتر شود، هزینه‌ها بهینه گردد و کیفیت محصولات و

1 Deacon

2 Kühl

3 Vogiantzi and Tserpes

خدمات بهبود یابد. این رویکرد بر همکاری نزدیک با تامین کنندگان، بهبود مستمر و پاسخگویی سریع به تغییرات تقاضای بازار تاکید دارد (سیویتیچ و همکاران، ۲۰۲۴؛ تراب زاده خراسانی و همکاران، ۲۰۱۹).

حذف ضایعات: شناسایی و حذف فعالیت هایی که ارزشی برای مشتری ایجاد نمی کنند مانند موجودی اضافی، زمان انتظار و حمل و نقل غیر ضروری.

ایجاد جریان ارزش: تحلیل و بهینه سازی فرآیندها برای ایجاد جریان مداوم و بدون وقفه در زنجیره تامین.

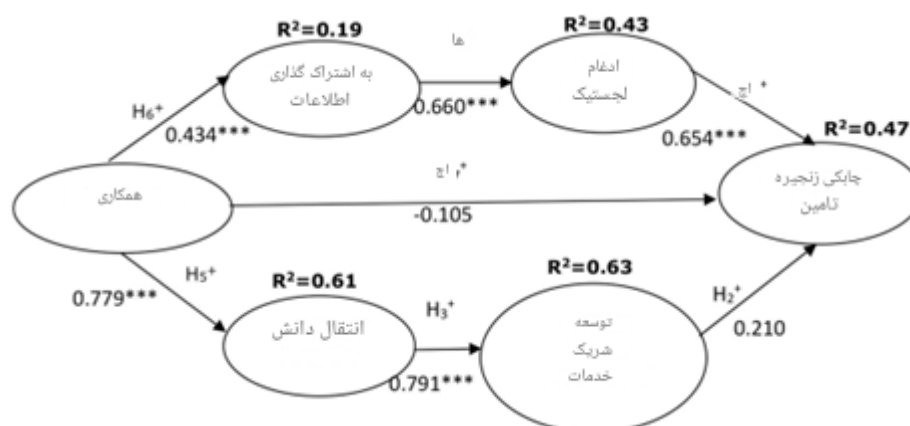
بهبود مستمر: تشویق فرهنگ بهبود مداوم در تمام سطوح زنجیره تامین.

همکاری با تامین کنندگان: ایجاد روابط بلندمدت و مشارکتی با تامین کنندگان برای بهبود کیفیت و کاهش هزینه ها.

انعطاف پذیری و پاسخگویی: توانایی پاسخ سریع به تغییرات تقاضای بازار و نیازهای مشتریان.

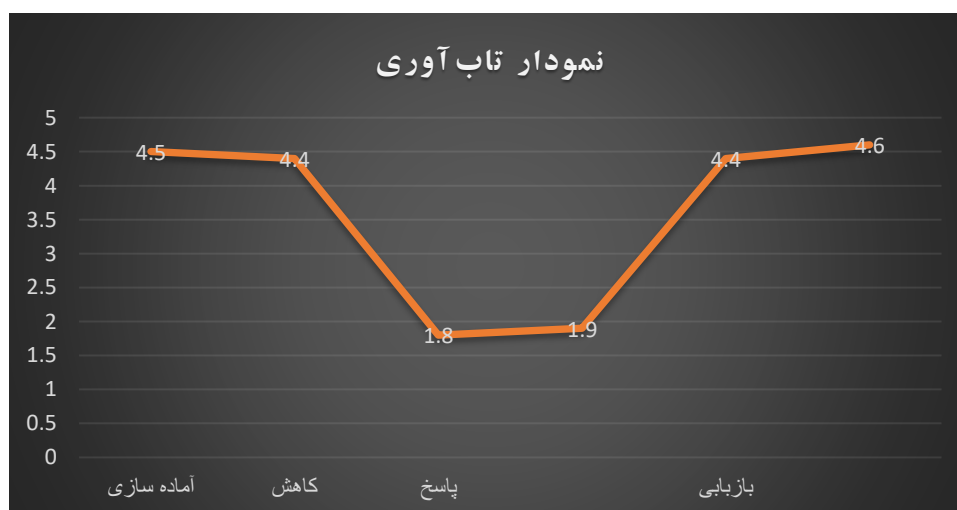
یکپارچه سازی اطلاعات: استفاده از فناوری های اطلاعاتی برای بهبود هماهنگی و شفافیت در زنجیره تامین (سیویتیچ و همکاران، ۲۰۲۴).

تحقیقات در زمینه زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت ناب چندان گسترده نیست. تنها یک تحقیق در این زمینه از منابع علمی به چشم می خورد. رستا و همکاران (۲۰۱۶) با اتخاذ یک رویکرد مطالعه موردی در ایتالیا، یک چارچوب نظری برای زنجیره تامین محصول- خدمت ناب محصول گرا پیشنهاد کردند که شامل ۱۲ ویژگی عملیاتی مانند ارتباط با مشتری، ارتباط با تامین کننده و موقعیت یابی زنجیره تامین است (لی و فاند، ۲۰۱۶). کریستوفر چابکی را اینگونه تعریف می کند: توانایی سازمان برای پاسخگویی سریع به تغییرات تقاضا از نظر حجم و برنامه ریزی متمرکز و مشارکتی، یکپارچه سازی فرآیند، استفاده از ابزارهای فناوری اطلاعات، کاهش زمان انتظار، بهبود سطح خدمات، به حداقل رساندن هزینه، کسب رضایت مشتری، بهبود کیفیت، به حداقل رساندن عدم اطمینان، توسعه اعتماد، به حداقل رساندن مقاومت در برابر تغییر (موگا کا و نجوروری، ۲۰۲۴؛ عبدلی بدندی و همکاران، ۲۰۱۷). در مدیریت زنجیره تامین چابک، مفاهیمی مانند مدیریت پروژه چابک، سرعت، دید و شفافیت، جهت گیری یادگیری، قابلیت مدیریت دانش، انعطاف پذیری، فناوری های نوآورانه صنعت ۴ مانند محاسبات ابری، اینترنت اشیا، سیستم های فیزیکی- سایبری، آنالیز کلان داده، واقعیت مجازی و غیره، سفارشی سازی، تحلیل حساسیت بازار، سازگاری، شبکه سازی، جهت گیری بازار، تولید به هنگام (JIT)، استفاده از رابط های انسان- ماشین (HMI) اهمیت زیادی دارند (تاریگان^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). دوی و هرمانتو (۲۰۲۴) اشتراک گذاری اطلاعات را به عنوان یک مولفه موثر بر چابکی زنجیره های تامین چابک سیستم محصول- خدمت می دانند. آنها به بررسی چابکی زنجیره تامین از طریق سیستم محصول- خدمت پرداختند. آنها همکاری و یکپارچگی در زنجیره تامین را عنصر موثری بر چابکی زنجیره تامین محصول- خدمت می دانند که بر اشتراک اطلاعات و انتقال دانش نیز تاثیر مثبت دارد (دوی و هرمانتو، ۲۰۲۴). شکل ۱ مدل زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت چابک براساس تحقیقات دوی و هرمانتو (۲۰۲۴) را نمایش می دهد.



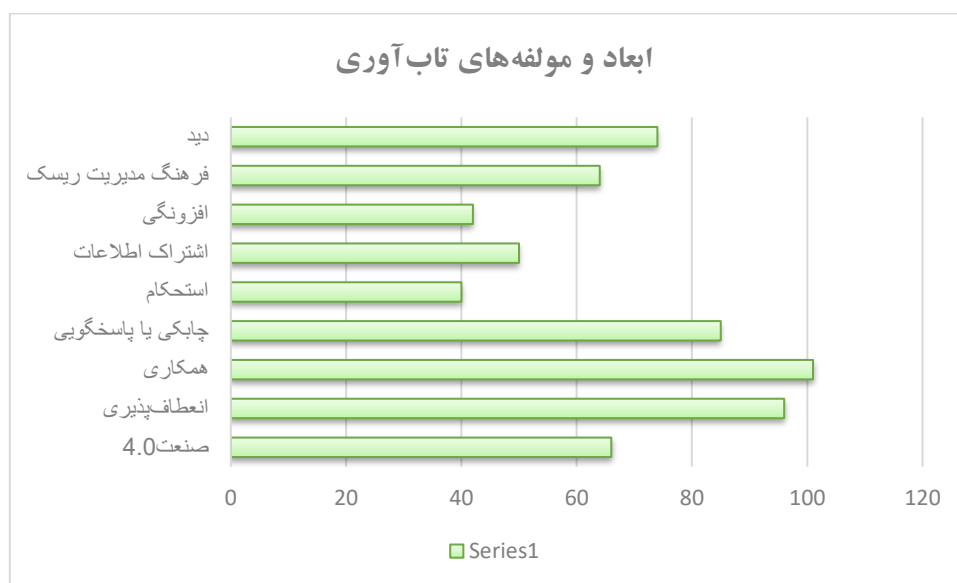
شکل ۱. مدل زنجیره تامین چابک سیستم محصول-خدمت

تاب‌آوری زنجیره تامین، توانایی یک زنجیره تامین برای مقاومت در برابر اختلال آتی با اجتناب از آن، پاسخ به آن با کاهش زمان بین شروع یک اختلال و شروع بهبودی از آن اختلال و بهبود تا زمانیکه تداوم عملیات و کنترل بر ساختار و عملکرد در سطح موردنظر از اتصال وجود داشته باشد (آگاروال و ست، ۲۰۲۱). از دیدگاه الوچ و همکاران (۲۰۱۶) تاب‌آوری شامل چهار جز در مدیریت ریسک است: آماده‌سازی، کاهش، پاسخ و بازیابی (کلاویجو-بوریتیکا و همکاران، ۲۰۲۳). شکل ۲ نمودار تاب‌آوری عملکرد سازمانی از شروع بحران تا بهبود را نمایش می‌دهد.



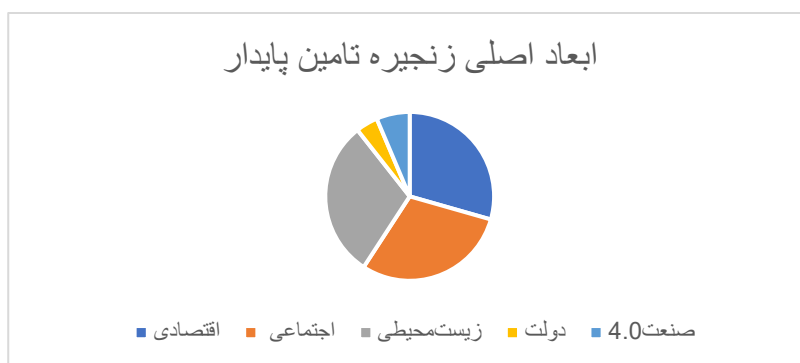
شکل ۲. نمودار عملکرد سازمانی (از بحران تا بهبود)

با بررسی ۱۷۱ مقاله و کتاب منتشر شده (۲۰۱۴-۲۰۲۴) در مورد تاب‌آوری زنجیره تامین، ابعاد اصلی تاب‌آوری در شکل ۳ آمده است (فراوانی بیش از ۴۱ درصد).



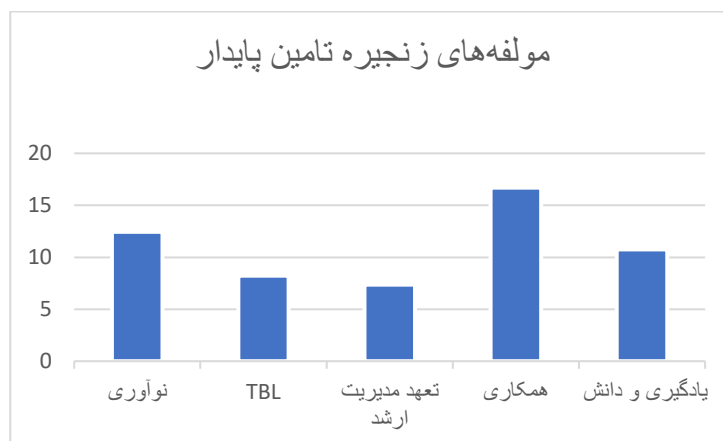
شکل ۳. ابعاد و مولفه‌های تاب‌آوری

زنجیره تامین سیستم‌های محصول- خدمت برای اینکه بتوانند در برابر ریسک‌ها، اختلالات و حوادث تاب‌آور باشند باید علاوه بر طراحی، کنترل و مهندسی تاب‌آوری، به ابعاد همکاری، انعطاف‌پذیری، دید، چابکی و پاسخگویی، استحکام و افزودگی مجهز باشند. اشتراک، شامل فناوری اطلاعات، امنیت، BDA و OIPT است که به همراه فرهنگ مدیریت ریسک، پیکربندی (بازطراحی) مجدد (تنوع، منابع چندگانه) و نوآوری ضروری است. همچنین باید از فناوری‌های صنعت ۴.۰ از قبیل بلاکچین، دیجیتال‌سازی، IOT، AI و استفاده از چندین کانال در سفارش، تولید و توزیع برخوردار باشند. تاکنون تحقیقاتی در مورد مدل‌سازی زنجیره تامین تاب‌آور سیستم محصول- خدمت انجام نشده است. مدیریت زنجیره تامین پایدار، مدیریت جریان‌های مواد، اطلاعات و سرمایه و نیز همکاری بین شرکت‌ها در طول زنجیره تامین است که با در نظر گرفتن اهداف، از هر سه بُعد توسعه پایدار یعنی ابعاد اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی که برگرفته از نیازهای مشتری و ذینفعان است، سروکار دارد (گویندان و همکاران، ۲۰۲۴؛ بسکه و سیرنگ، ۲۰۱۴). با توجه به تحقیقات ۲۰۲۴-۲۰۱۴ در زمینه مدیریت زنجیره تامین پایدار ابعاد اصلی به صورت شکل ۴ است.



شکل ۴. ابعاد اصلی زنجیره تامین پایدار (فراوانی بیش از ۲۰ درصد)

مولفه‌های زنجیره تامین پایدار که در هر سه بعد اصلی می‌توان آنها را در نظر گرفت، در شکل ۵ آمده‌است.



شکل ۵. مولفه‌های مشترک زنجیره تامین پایدار

جدول ۲ مولفه‌های فرعی هریک از ابعاد اصلی زنجیره تامین پایدار که بیشترین فراوانی (بیش از ۴۰ درصد) را در

تحقیقات ۲۰۱۴-۲۰۲۴ داشته‌اند؛ نشان می‌دهد.

جدول ۲. مولفه‌های فرعی ابعاد اصلی زنجیره تامین پایدار

ابعاد فرعی	بعد اصلی	ردیف
ارزیابی چرخه عمر	زیست‌محیطی	۱
زنجیره تامین سبز		۲
طراحی سبز		۳
بازیافت		۴
مسئولیت اجتماعی شرکت	اجتماعی	۵
مدیریت روابط		۶
ایمنی و سلامت کارکنان		۷
مدیریت ارتباط با تامین کنندگان		۸
مدیریت ارتباط با مشتریان		۹
درآمد	اقتصادی	۱۰
هزینه		۱۱
کارایی		۱۲
تجزیه و تحلیل داده‌های کلان	صنعت ۴.۰	۱۳
بلاکچین		۱۴
دیجیتال سازی		۱۵
هوش مصنوعی		۱۶
اینترنت اشیا		۱۷
روباتیک		۱۸

محاسبات ابری		۱۹
RFID		۲۰
چاپ سه بعدی		۲۱
توسعه مجازی		۲۲
سیستم های فیزیکی- سایی		۲۳
سایر فناوری های دیجیتال		۲۴

هدف اصلی یک سیستم بطور کلی و یک زنجیره تامین بطور خاص، جلب رضایت مشتریان خود است. ریچارد (۲۰۱۷) منطق مدیریت ریسک را به زنجیره تامین لارج (ناب، چابک، تاب آور و سبز) اعمال نمود. نوزدی و همکاران (۲۰۲۳)، برای عبور از بحران هایی نظیر کوید-۱۹ و سایر ریسک های زنجیره تامین، زنجیره تامین تاب آور- پایدار هوشمند را معرفی کردند. مدل زنجیره تامین که توسط ایوانوف (۲۰۲۴) گردآوری شده است، سه زاویه چابکی، تاب آوری و پایداری را به عنوان پاسخی به اثرات موجی برای تضمین مزیت رقابتی بلندمدت در نظر می گیرد. برخی محققان ترکیب دو پارادایم دایره ای و پایدار را برای فائق آمدن بر ریسک ها و آسیب های زنجیره تامین کافی می دانند. در نهایت ۹۱ تحقیق (۲۰۱۴-۲۰۲۴) در زمینه ترکیب استراتژی های زنجیره تامین شناسایی شدند (جدول ۳).

جدول ۳. فراوانی ادغام استراتژی های زنجیره تامین

درصد	تعداد	ترکیب پارادایم ها
2	2	دایره ای و تاب آور C&R
6.5	6	دایره ای و پایدار C&S
13	12	ناب و چابک L&A
2	2	ناب و تاب آور L&R
9	8	ناب و پایدار L&S
3	3	چابک و تاب آور A&R
3	3	چابک و پایدار A&S
29.6	27	تاب آور و پایدار R&S
1	1	CRS
6.5	6	LAS
1	1	LRS
6.5	6	ARS
3	3	LARS
12	11	LARG
1	1	CLARD

بارار و روئیس- بنتیز (۲۰۲۳) مطالعه ای با عنوان مطالعه اکتشافی تاثیر زنجیره تامین بر طراحی سیستم های یکپارچه محصول- خدمت منتشر کردند. هدف آنها در این مقاله بررسی نقش زنجیره تامین در طراحی سیستم محصول- خدمت است. بطور خاص، این مطالعه بر روی رویکرد طراحی برای زنجیره تامین متمرکز است تا نقش و سهم آن را در رویکرد طراحی برای پشتیبانی از خدمات محصول در پشتیبانی از طراحی PSS درک کند. براساس رویکرد مطالعه چندموردی،

محققان از روش مصاحبه عمیق برای جمع‌آوری داده‌های اولیه از چهار خودروساز چندملیتی و دو محقق دانشگاهی استفاده کردند. مطالعه آنان نشان داد چگونه طراحی بهتر زنجیره تامین برای توسعه یک رویکرد پشتیبانی‌پذیری خدمت، مورد نیاز است و به نوبه خود، طراحی PSS را تسهیل می‌کند. همچنین فناوری‌های اینترنت اشیا به شرکت‌های تولیدی کمک کردند تا مدل کسب‌وکار PSS را بطور مداوم تحلیل کرده و بهبود دهند. طراحی بهتر PSS برای تقویت یکپارچگی محصولات و خدمات پیشنهادی ضروری است. این مطالعه نشان داد که شرکت‌های تولیدی می‌توانند قابلیت‌های پویای زنجیره تامین را برای مقابله با تغییرات اساسی که هنگام پذیرش سرویس‌دهی رخ داده‌اند، ایجاد کنند. این مقاله یکی از اولین تلاش‌ها برای مطالعه فرآیند طراحی مدل کسب‌وکار سیستم محصول-خدمت در یک زمینه تجاری واقعی با در نظر گرفتن استراتژی‌های مختلف طراحی است. بیورن و همکاران (۲۰۲۴) مقاله‌ای با عنوان بکارگیری چارچوبی برای مشخص کردن سیستم‌های محصول-خدمت منتشر کردند. هدف آنها توصیف چارچوبی برای یک سیستم محصول-خدمت از دیدگاه چرخه عمر و پایداری بود. در این مقاله یک چارچوب مفهومی پیشنهادی برای توصیف یک سیستم محصول-خدمت استفاده شد. این چارچوب توسط کارشناسان مورد ارزیابی قرار گرفت که به صورت آماری تجزیه و تحلیل پاسخ‌ها صورت گرفت. سپس در سه نوع سیستم محصول-خدمت (اشتراک دوچرخه، اجاره دستگاه تصفیه آب و اشتراک خودرو) اعمال شد. نتیجه اولیه تثبیت چارچوب از طریق تجزیه و تحلیل آماری بود. سپس کاربرد آن در سه نوع سیستم محصول-خدمت توانست مراحل چرخه عمر محصول را که هر سیستم محصول-خدمت بیشتر روی آن متمرکز است، شناسایی کند. بطور خاص برای دستگاه تصفیه آب، متمرکزترین مراحل «توسعه» و «پیاده‌سازی» بود که نشان‌دهنده برنامه‌ریزی استراتژیک کارآمد و تعهد به رفع نیازهای مشتری بود. مطالعه آنان به درخواست برای تحقیق و راهنمایی بیشتر در مورد برنامه سیستم محصول-خدمت کمک نمود. دیوی و همکاران (۲۰۲۴) مقاله‌ای تحت عنوان دستیابی به چابکی زنجیره تامین از طریق ارائه سیستم‌های محصول-خدمت منتشر کردند. هدف آنان بررسی نقش همکاری، انتقال دانش، توسعه شریک خدمات به اشتراک‌گذاری اطلاعات و ادغام لجستیک در چابکی زنجیره تامین است. داده‌ها از ۴۰۵ شریک رسمی خدمات موتورسیکلت در اندونزی با استفاده از پرسشنامه جمع‌آوری شد و با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آنان دریافتند همکاری، تاثیر بسزایی در انتقال دانش و اشتراک اطلاعات دارد. به اشتراک‌گذاری اطلاعات و ادغام لجستیک به عنوان میانجی برای بهبود چابکی زنجیره تامین تاثیر دارد. به همین ترتیب انتقال دانش و توسعه شریک خدمات نیز به عنوان میانجی برای افزایش چابکی زنجیره تامین است. در نتیجه همکاری هیچ تاثیر مستقیم قابل توجهی بر چابکی زنجیره تامین ندارد. ناگ و همکاران (۲۰۲۱) مقاله‌ای با عنوان بررسی محرک‌های زنجیره تامین دایره‌ای با سیستم محصول-خدمت در شرکت‌های خودروسازی یک اقتصاد نوظهور منتشر کردند. با افزایش تاکید جهانی بر اقتصاد دایره‌ای، شرکت‌های خودروسازی در اقتصاد نوظهوری مانند هند در این زمینه خود را برای زنجیره تامین دایره‌ای آماده می‌کنند تا منابع مصرف‌شده را پس از رسمی‌سازی هنجارهای پایان عمر خودرو بازیابی کنند اما این شرکت‌ها فاقد دانش در مورد چگونگی تبدیل از مدل کسب‌وکار سیستم محصول-خدمت به مدل کسب‌وکار دایره‌ای بودند. ادبیات بطور واضح به این موضوع اشاره نمی‌کرد که چه محرک‌ها و عوامل فرعی برای اتخاذ اصول دایره‌ای در مدل کسب‌وکار سیستم محصول-خدمت مورد نیاز است. هدف آنان ارائه یک چارچوب چندنظری (دیدگاه مبتنی بر منبع،

نظریه وابستگی به منابع و نظریه سهامداران) و شناسایی و ارزیابی محرک ها و عوامل فرعی است. محققان با روش تصمیم گیری چندمعیاره آزمایشگاهی، آزمایش و ارزیابی تصمیم گیری خاکستری را برای ارزیابی رابطه متقابل بین عوامل فرعی اتخاذ کردند و یک مدل ساختاری براساس نتیجه تحلیل تجربی توسعه دادند. محققان توصیه کردند که شرکت باید روی محرک های مهم (محرک های فرعی) تمرکز کند. بازاریابی ارزش دایره ای (اطلاعات بازاریابی/باز یافت در یک محصول)، خدمات دایره ای (سازگاری تامین کننده برای حلقه منبع بسته)، طراحی محصول دایره ای (طراحی قابلیت پایداری) و محرک های جریان معکوس (محرک ها در بازار محصول ثانویه برای بازسازی محصولات مفاهیم مربوط به کارکردهای طراحی، منبع یابی و بازاریابی) است و پیشنهاد شد که محرک ها و عوامل فرعی تاثیرگذار برای ایجاد ارزش دایره ای اتخاذ شوند. مطالعه آنان با تمایز روابط علی بین عواملی که به مدیران کمک کرد تا استراتژی (های) سیستم های محصول-خدمت را برای ایجاد زنجیره تامین دایره ای توسعه دهند، به ادبیات زنجیره تامین دایره ای سیستم محصول-خدمت کمک کرد. جدول ۴ ابعاد اصلی-فرعی و مولفه های زنجیره تامین CLARS برگرفته از ادبیات را نمایش می دهد.

جدول ۴. ابعاد اصلی-فرعی و مولفه های زنجیره تامین CLARS

ردیف	ابعاد اصلی	ابعاد فرعی	مولفه ها
۱	دایره ای	زنجیره تامین معکوس	باز یافت
۲			بازسازی
۳		طراحی دایره ای	طراحی دایره ای
۴			ایجاد ارزش
۵			دولت
۶			همکاری
۷			قابلیت های مدیریتی
۸		صنعت ۴.۰	تعهد مدیریت ارشد
۹			بلاکچین
۱۰			IOT
۱۱			دیجیتال سازی
۱۲	ناب	IT	
۱۳		JIT	
۱۴		کاهش ضایعات	5S
۱۵		بهبود مستمر	کایزن
۱۶		انعطاف پذیری	
۱۷		یکپارچگی	CRM
۱۸			SRM
۱۹		I4.0	I-Cloud محاسبات ابری
۲۰			RFID
۲۱			تجارت الکترونیک
۲۲			بلاکچین
		سرعت	

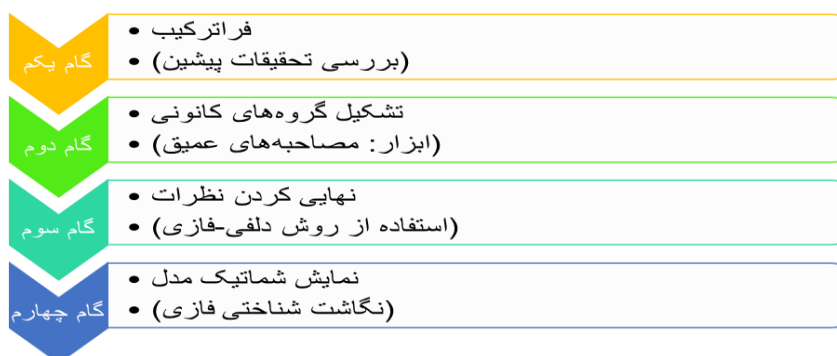
	پاسخگویی	چابک	۲۳
	نوآوری		۲۴
	IT		۲۵
دیجیتال سازی	I4.0		۲۶
مجازی بودن			۲۷
بلاکچین			۲۸
	مدیریت دانش		۲۹
	همکاری		۳۰
	شایستگی		۳۱
CRM	یکپارچگی		۳۲
SRM			۳۳
	انعطاف پذیری		۳۴
	همکاری	تاب آوری	۳۵
	انعطاف پذیری		۳۶
	سرعت		۳۷
	مدیریت دانش		۳۸
	دید		۳۹
AI	I4.0		۴۰
IOT			۴۱
محاسبات ابری			۴۲
دیجیتال سازی			۴۳
BDA			۴۴
			Omini-Channel
	استحکام		۴۶
	افزونگی	۴۷	
SRM	اجتماعی	پایداری	۴۸
CRM			۴۹
CSR			۵۰
مدیریت روابط			۵۱
ایمنی و سلامت کارکنان	زیست محیطی		۵۲
طراحی سبز			۵۳
زنجیره تامین سبز			۵۴
بازیافت			۵۵
LCA			۵۶
6R			۵۷
زنجیره تامین معکوس			۵۸
درآمد			

هزینه و کنترل هزینه	اقتصادی	۶۰
کارآیی		۶۱
	دولت	۶۲
بلاکچین	۱۴.۰	۶۳
BDA		۶۴
AI		۶۵
IOT		۶۶
RFID		۶۷
3DPrinting		۶۸
دیجیتال سازی		۶۹
روبایک		۷۰
اتوماسیون		۷۱
همکاری		۷۲
مدیریت دانش	مشترک در سه بعد اقتصادی،	۷۳
TBL	اجتماعی و زیست محیطی	۷۴
نوآوری		۷۵
تعهد مدیریت ارشد		۷۶

(۳) روش تحقیق

بنا بر تحقیقات ساندروز و دارابی (۲۰۲۴) هر پژوهشی که بیش از یک روش جمع آوری داده و بیش از یک تکنیک تحلیل مربوطه استفاده می کند، یک تحقیق چندگانه آمیخته است. روش تحقیق چندگانه با طرح های تحقیقاتی تک روشی، متفاوت است زیرا از دو یا چند مجموعه داده مجزا استفاده می کنند. استفاده از چند روش کیفی در تحقیقات آمیخته، بیشتر برای مفروضات فلسفی است. تحقیقات آمیخته کمی، در فلسفه اثبات گرا (ساختاری) قرار می گیرند. طرح های تحقیقاتی ترکیبی استفاده از روش های جمع آوری داده های کمی و کیفی و تکنیک های تجزیه و تحلیل را در یک پروژه تحقیقاتی به روش های مختلف همزمان و متوالی ترکیب می کنند که با مفروضات فلسفی واقع گرایانه یا انتقادی مرتبط است (ساندروز و دارابی، ۲۰۲۴). در تحقیق حاضر، روش مورد استفاده آمیخته کیفی-کمی است. از نظر پارادایم فلسفی عملگرا می باشد. از طرفی قسمت کیفی آن از طریق بررسی مقالات، ابعاد و مولفه های زنجیره تامین سیستم محصول-خدمت CLARS بررسی شدند (کیفی) سپس ابعاد و مولفه های پرتکرار به عنوان ابعاد و مولفه های اصلی و فرعی مدل زنجیره تامین سیستم محصول-خدمت CLARS انتخاب شدند (کمی). از آنجایی که در این پژوهش حرکت از بررسی اجزای هر پارادایم به سوی یک مدل جامع شامل پنج پارادایم دایره ای، ناب، چابک، تاب آور و پایدار انجام شده است، رویکرد تحقیق از استقرا در بخش کیفی به قیاس در بخش کمی تغییر یافته است. در ادامه با انجام مصاحبه های عمیق و استفاده از ابزار پرسشنامه، در گروه های کانونی (متشکل از گروه متخصصان صنعتی و دانشگاهی)، داده های این مرحله شناسایی می گردد. سپس در گام سوم با استفاده از روش دلفی فازی نظرات نهایی می گردد و در نهایت به منظور نمایش شماتیک مدل زنجیره تامین سیستم محصول-

خدمت CLARS از نگاشت شناختی فازی و نرم افزار Gephi استفاده خواهد شد. تمامی این مراحل از نوع کمی محسوب می گردد. شکل ۶ فرآیند روش شناسی را نمایش می دهد.



شکل ۶. فرآیند روش شناسی تحقیق

فراترکیب

روش فراترکیب، یک روش تحقیق کیفی است که برای ترکیب و تحلیل یافته های چندین مطالعه کیفی بکار می رود. این روش به محققان کمک می کند تا از طریق یکپارچه سازی نتایج مطالعات مختلف، به درک عمیق تر و جامع تری از یک پدیده یا موضوع خاص دست یابند. فراترکیب معمولاً در حوزه هایی مانند علوم اجتماعی، علوم سلامت و آموزش استفاده می شود (زارع احمدی و همکاران، ۲۰۲۴؛ ساندلوسکی و همکاران، ۲۰۰۷). گام های روش فراترکیب:

- تعریف سؤال تحقیق: اولین گام، مشخص کردن سؤال یا مسئله تحقیق است. این سؤال باید به گونه ای باشد که نیاز به ترکیب یافته های مطالعات کیفی مختلف را برطرف کند.

جدول ۵. تعریف سؤال تحقیق

ردیف	نوع	سؤال
۱	چه چیزی	مؤلفه های اصلی هریک از پارادایم های دایره ای، ناب، چابک، تاب آور و پایدار در سازمان های ارائه دهنده سیستم های محصول-خدمت کدامند؟ مؤلفه های فرعی هریک از مؤلفه های اصلی CLARS در سازمان های ارائه دهنده سیستم های محصول-خدمت کدامند؟
۲	چه کسی / پایگاه داده	پایگاه داده های SCOPUS و Google Scholar و Sid.ir
۳	چه زمانی	تمامی تحقیقات بازه زمانی 2014-2024
۴	چگونه	مرور مقالات در حوزه های مرتبط و ورود به مراحل فراترکیب و استخراج مدل

۲. جستجوی نظام مند مطالعات: در این مرحله، محقق به جستجوی جامع و نظام مند در پایگاه های داده علمی می پردازد تا مطالعات کیفی مرتبط با سؤال تحقیق را شناسایی کند (جدول ۶).

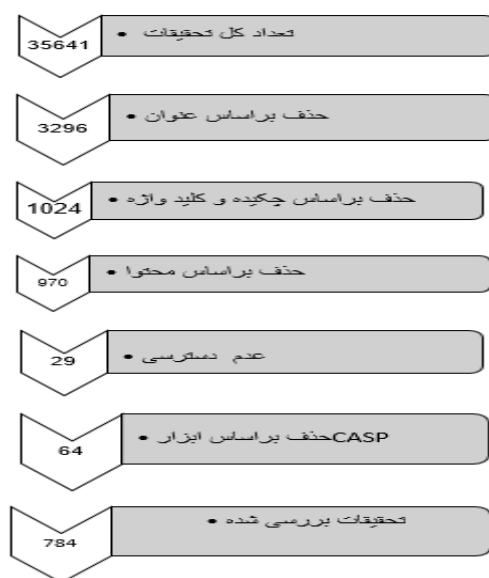
جدول ۶. کلید واژگان

استراتژی	کلمات کلیدی
----------	-------------

زنجیره تامین دایره ای، زنجیره تامین حلقه بسته، زنجیره تامین معکوس	زنجیره تامین دایره ای
زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت دایره ای، زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت حلقه بسته، زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت معکوس	زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت دایره ای
زنجیره تامین ناب، سیستم تولید ناب، سیستم تولید تویوتا، 5S, 6Sigma، بهبود مستمر	زنجیره تامین ناب
زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت ناب، سیستم تولید ناب، سیستم تولید تویوتا، 5S, 6Sigma، بهبود مستمر	زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت ناب
زنجیره تامین چابک، پاسخگویی، سرعت، انعطاف پذیری	زنجیره تامین چابک
زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت چابک، پاسخگویی، سرعت، انعطاف پذیری	زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت چابک
زنجیره تامین تاب آور، انعطاف پذیری، اختلال، استحکام، افزونگی، اثر موج	زنجیره تامین تاب آور
زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت تاب آور، انعطاف پذیری، اختلال، استحکام، افزونگی، اثر موج	زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت تاب آور
زنجیره تامین پایدار، حلقه بسته، سبز، تولید پایدار، طراحی پایدار	زنجیره تامین پایدار
زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت پایدار، حلقه بسته، سبز، تولید پایدار، طراحی پایدار	زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت پایدار
زنجیره تامین دایره ای / زنجیره تامین ناب / زنجیره تامین چابک / زنجیره تامین تاب آور / زنجیره تامین پایدار	زنجیره تامین CLARS
زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت دایره ای / زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت ناب / زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت چابک / زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت تاب آور / زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت پایدار	زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت CLARS

۳. انتخاب مطالعات: پس از جمع آوری مطالعات، محقق باید معیارهای ورود و خروج را اعمال کند تا مطالعاتی که بیشترین ارتباط و کیفیت را دارند، انتخاب شوند. این معیارها ممکن است شامل سال انتشار، روش تحقیق، اهداف تحقیق، روش جمع آوری داده ها، بازتاب، ملاحظات اخلاقی، دقت تحلیل، وضوح یافته ها، زمینه مطالعه و ارزش تحقیق باشد. برنامه مهارت های ارزیابی انتقادی (CASP)، به عنوان ابزار انتخاب مقالات منتخب استفاده شد. بنابراین فرآیند نمونه گیری در فراترکیب با مقالاتی با اولویت بالاتر آغاز و با کفایت نظری به پایان می رسد. به منظور انتخاب مقالات در هر پارادایم و ترکیب پارادایم ها، ابتدا مقالات براساس عنوان سپس چکیده و واژگان کلیدی، محتوای متن بررسی شدند. مقالات باقیمانده براساس هریک از اهداف ابزار CASP مجدداً مورد بررسی قرار گرفتند و برخی از مقالات در این مرحله براساس امتیاز کمتر از ۲۰ حذف شدند.

۴. ارزیابی کیفیت مطالعات: مطالعات انتخاب شده باید از نظر کیفیت روش شناختی ارزیابی شوند. این کار معمولاً با استفاده از ابزارهای استاندارد ارزیابی کیفیت مطالعات کیفی انجام می‌شود. این مرحله در ابزار CASP استفاده شد.
۵. استخراج داده‌ها: در این مرحله، داده‌های کیفی از مطالعات انتخاب شده استخراج می‌شوند. این داده‌ها ممکن است شامل مفاهیم، تم‌ها، نظریه‌ها یا یافته‌های کلیدی باشند.
۶. تحلیل و ترکیب داده‌ها: داده‌های استخراج شده با استفاده از روش‌های تحلیلی (مانند تحلیل تماتیک، تحلیل محتوا یا تحلیل تفسیری) ترکیب و تحلیل می‌شوند. هدف این است که مفاهیم و تم‌های مشترک یا متضاد در مطالعات مختلف شناسایی و یکپارچه شوند.
۷. تولید دانش جدید: در این مرحله، محقق از ترکیب یافته‌ها به تولید دانش جدید می‌پردازد. این دانش ممکن است به شکل یک مدل مفهومی، نظریه جدید یا درک عمیق‌تری از پدیده مورد مطالعه باشد.
۸. ارزیابی اعتبار و پایایی: محقق باید اعتبار و پایایی فراترکیب را ارزیابی کند. این کار ممکن است از طریق بازبینی توسط هم‌تا، بررسی تطابق بین یافته‌ها و داده‌های خام یا استفاده از روش‌های دیگر تضمین کیفیت انجام شود.
۹. نتیجه‌گیری و ارائه گزارش: در نهایت نتایج فراترکیب به صورت یک گزارش جامع ارائه می‌شود. این گزارش باید شامل یافته‌ها، تفسیرها، محدودیت‌ها و پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده باشد (زارع‌احمدی و همکاران، ۲۰۲۴).



شکل ۷. مراحل غربالگری فراترکیب

مصاحبه عمیق

مصاحبه عمیق، یک ابزار گردآوری داده است. در این نوع مصاحبه که مصاحبه شخصی یا انفرادی نیز خوانده می‌شود، از نمونه‌های کوچک استفاده می‌شود. بطور متوسط ۳۰ نفر یا کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. مصاحبه معمولاً ساعت‌ها به درازا می‌کشد و بر کاربرد سؤال‌های باز تکیه دارد (حبیبی و جلال‌نیا، ۱۴۰۱). مصاحبه عمیق، یکی از انواع مصاحبه در تحقیق کیفی است که هدف آن دستیابی به درک دقیق و غنی از موضوع مورد مطالعه است. در اینجا معمولاً واحد مورد

پژوهش افرادی هستند که در یک زمینه خاص تجاری را از سر گذرانده اند (هفت^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). روش مصاحبه ژرف یا عمیق معمولاً با روش مصاحبه نیمه ساختاریافته مترادف در نظر گرفته می شود اما تفاوت هایی باهم دارند. در مصاحبه ژرف نیز پروتکل مصاحبه مشابه مصاحبه های نیمه ساختاریافته است. در این روش نیز معمولاً از تعدادی سؤال باز و از پیش طراحی شده استفاده می شود. همچنین پژوهشگر این آزادی عمل را دارد که در جریان مصاحبه نیز سؤالات جدیدی را مطرح نماید. با این وجود در مصاحبه عمیق کوشش اصلی برای شناخت یک درک گسترده از موضوع مورد مطالعه است (هفت و همکاران، ۲۰۲۴). برای انجام مصاحبه ژرف در این تحقیق از خبرگان صنعتی (صنایع لوازم الکترونیک صنعتی و خانگی) و اساتید دانشگاهی مدیریت صنعتی استفاده شد. در مصاحبه های عمیق می توان تجربه، رفتار، احساسات و یا نگرش های شرکت کننده را بطور عمیق کاوش کرد. به این ترتیب مفاهیم اساسی را که پژوهشگر برای تولید نظریه پیرامون موضوع پژوهش تجزیه و تحلیل می کند، شناسایی می شود. مصاحبه های عمیق ساختار بیشتری نسبت به مصاحبه های روایی دارند زیرا موضوع مورد بحث توسط محقق هدایت می شود و به ندرت شامل داستان ها یا تاریخچه های زندگی است. با این وجود مصاحبه های عمیق به شرکت کننده این امکان را می دهد تا در مقایسه با مصاحبه های نیمه ساختاری، بسیار آزادتر ارتباط برقرار کند و توضیحات دقیق تری ارائه دهد (هفت و همکاران، ۲۰۲۴). می توان مزایای مصاحبه عمیق را در چند مورد خلاصه کرد: ۱. جزئیات زیادی به دست می آید. ۲. اطلاعات به دست آمده، نسبتاً دقیق تر است. ۳. از آنجاییکه ارتباط شخصی بین پاسخ دهنده و مصاحبه کننده برقرار شده است، موضوع شخصی یا صمیمی می تواند مورد بحث قرار گیرد (حبیبی و جلال نیا، ۱۴۰۱). در فرآیند نمونه گیری، یک انتخاب عمدی (هدفمند) از مصاحبه شوندگان انجام داده شد (هانف و گآگالیوک^۲، ۲۰۰۹). بطور خاص، از یک انتخاب خبره (تمرکز) استفاده شد. مصاحبه شوندگان با توجه به دانش و تخصص خود در صنایع دارای سیستم محصول- خدمت و دانشگاهی انتخاب شدند تا بطور موثر اطلاعات مرتبط را جمع آوری کنند. تحقیق حاضر شامل مصاحبه های عمیق نیمه ساختاریافته به عنوان روش اصلی تولید داده های اولیه است (دورگه و همکاران، ۲۰۲۳). ابعاد و مولفه های استراتژی های زنجیره تامین CLARS سیستم محصول- خدمت در ابتدا براساس پاسخ های خود متخصصان علمی و صنعتی (صنایع لوازم الکترونیک صنعتی و خانگی) و مشاهدات آنان شناسایی شد. در مجموع ۱۵ متخصص صنعت و ۱۰ خبره دانشگاهی در یک فرآیند نمونه گیری دو مرحله ای انتخاب شدند. مصاحبه شوندگان براساس معیارهای زیر انتخاب شدند: (۱) تخصص آنها در مورد زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت (۲) توانایی آنها برای نمایندگی از سازمان های مختلف در ایران که سیستم محصول- خدمت دارند (یعنی همه مصاحبه شوندگان نباید در یک سازمان کار کنند) و (۳) توانایی آنها برای پیاده سازی اقدامات زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت CLARS در ایران. برای انتخاب مصاحبه شوندگان از روش های مختلفی استفاده می شود. از آنجاییکه صنایع لوازم الکترونیک صنعتی و خانگی فعال در ایران که از سیستم محصول- خدمت استفاده می کنند و همچنین خبرگان علمی مشخص بودند، از روش های نمونه گیری غیر احتمالی مانند نمونه گیری گلوله برفی، نمونه گیری سهمیه ای، نمونه گیری

1 Hef

2 Hanf and Gagalyuk

قضاوتی و نمونه‌گیری در دسترس استفاده کردند. در تحقیق حاضر، هدفی مشخص (تعیین ابعاد و مولفه‌های زنجیره تامین سیستم محصول-خدمت CLARS وجود دارد و می‌توان از نمونه‌گیری گلوله‌برفی استفاده کرد.

دلفی‌فازی

تکنیک دلفی یک روش کیفی برای جمع‌آوری نظرات مختلف در مورد یک موضوع است که توسط شرکت RAND پیشنهاد شد (وانگ و ژانگ، ۲۰۲۲). در یک مطالعه معمولی دلفی، سه دور انجام می‌شود و در صورت عدم توافق، دور چهارم با متخصصان انجام می‌شود (آگاروال و ست، ۲۰۲۴). برای دستیابی به نتایج علمی دقیق، نظریه مجموعه‌های فازی می‌تواند به عنوان ابزار اصلی مورد استفاده قرار گیرد. این نظریه ابتدا به عنوان یک رویکرد ریاضی برای مواجهه با اطلاعات مبهم و تحت تاثیر قضاوت‌های ذهنی شکل گرفت. منابع عدم دقت معمولاً شامل اطلاعات ناقص، غیرقابل دسترس، غیرقابل سنجش و جزئی هستند که در دنیای واقعی وجود دارند. بنابراین مجموعه‌های فازی می‌توانند برای تحلیل عوامل مدل مدیریت زنجیره تامین (سیستم محصول-خدمت CLARS) بکار گرفته شوند (وانگ و ژانگ، ۲۰۲۲). روش زیر در طی فیلتر روش دلفی‌فازی شامل پاسخ در قالب یک پرسشنامه که در آن اعداد فازی مثلثی (TFN) برای تشریح ابعاد و مولفه‌های زنجیره تامین سیستم محصول-خدمت CLARS، دو تبدیل وزن فازی برای ابعاد و مولفه‌های زنجیره تامین سیستم محصول-خدمت CLARS سازماندهی شدند، اتخاذ شد (اقبال و همکاران، ۲۰۲۴؛ باکس^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). نظریه مجموعه‌های فازی که توسط زاده برای توصیف ابهام در فرآیندهای شناختی انسان ارائه شد، مبنای شکل‌گیری تکنیک دلفی‌فازی است. یک عدد فازی مثلثی را می‌توان مانند $\lambda = (l, m, u)$ ارائه کرد. $l \leq m \leq u$

تابع عضویت:

$$\mu = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & x \in (l, m) \\ \frac{u-x}{u-m} & x \in (m, u) \\ 0 & x \in (-\infty, l) \cup (u, +\infty) \\ 1 & x = 0 \end{cases}$$

عملیات اساسی به این صورت نشان داده می‌شود:

$$\begin{aligned} \lambda(1) + \lambda(2) &= (l_1, m_1, u_1) + (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \\ \lambda(1) - \lambda(2) &= (l_1, m_1, u_1) - (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2) \\ \lambda(1) \cdot \lambda(2) &= (l_1, m_1, u_1) \cdot (l_2, m_2, u_2) = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2) \\ \lambda(1) / \lambda(2) &= (l_1, m_1, u_1) / (l_2, m_2, u_2) = (l_1 / l_2, m_1 / m_2, u_1 / u_2) \end{aligned}$$

بطوریکه:

$$l_1, l_2 > 0, m_1, m_2 > 0, u_1, u_2 > 0.$$

موارد زیر همه مراحل فازی دلفی هستند:

- مرحله ۱: این فرآیند شامل شناسایی و دسته‌بندی عوامل متعددی است که به زمینه مورد تحقیق مرتبط هستند.
- مرحله ۲: پس از تعیین معیارها، پرسشنامه‌ای با جزئیات معیارها به متخصصان داده می‌شود تا با استفاده از مقیاس زبانی فهرست‌شده در جدول ۹ مقایسه کنند.

اعداد فازی را می توان از ارزیابی های کارشناسان برای هر معیار تغییر داد. یک عدد فازی با اشاره به عامل c پیشنهاد شده توسط کارشناس a به صورت زیر بیان شده است:

$$e_{ca} = (l_{ca}, m_{ca}, u_{ca}) \quad c=1,2,\dots,p \quad a=1,2,\dots,q$$

که در آن p و q تعداد معیارها و خبرگان است.

عدد فازی برای هر معیار را می توان با استفاده از اعداد فازی مثلثی (E) تخمین زد. همانطور که در معادله زیر بیان شد، ارزیابی های همه کارشناسان q را به صورت زیر ادغام می کند:

$$E_c = (l_{cD}, m_{cM}, u_{cH}) = (\min_q l_{cD}^q, (\prod_{a=1}^q m_{cM}^a)^{1/q}, \max_q u_{cH}^q)$$

مرحله ۴: یک مقدار آستانه (β) باید برای انتخاب مهمترین معیارها از گروه متخصص به منظور ایجاد لیست معیارها تعریف شود. مرحله نهایی، ساختن فهرست نهایی معیارها براساس معیارهای آستانه زیر است: اگر $G \geq \beta$ باشد، معیار انتخاب و اگر $G \leq \beta$ باشد، معیار حذف می شود (وانگ و ژانگ، ۲۰۲۲).

جدول ۷. مقیاس زبانی با عدد فازی مثلثی

عدد فازی مثلثی مربوطه	لیکوت عدد	ادزش زبانی
(0,0,0/25)	1	خیلی کم
(0,0/25,0/5)	3	کم
(0/25,0/5,0/75)	5	متوسط
(0/5,0/75,0/9)	7	زیاد
(0/75,0/9,1)	9	خیلی زیاد

روش دلفی دارای معایبی است مانند پذیرش هزینه بالا، احتمال سوگیری از سوی کارشناسان و همگرایی کم. بنابراین اعداد فازی با روش دلفی ادغام شدند (اقبال و همکاران، ۲۰۲۴).

نگاشت شناختی فازی

نقشه برداری شناختی (نگاشت شناختی) فازی (FCM) یک تکنیک در حال تکامل است که به استخراج دانش کمک می کند و به عنوان روشی برای ترکیب داده ها و افزایش درک محققان از سیستم های پیچیده عمل می کند. نقشه شناختی فازی، ابزاری برای نمایش و مدل سازی دانش با ثبت روابط علی بین مفاهیم در قالب بصری است. FCM شامل ایجاد یک مدل با استفاده از جعبه ها و اتصالات است. جعبه هایی که «عوامل» یا «مفاهیم» نامیده می شوند، متغیرهایی را نشان می دهند که می توانند افزایش یا کاهش پیدا کنند. آنها نیازی به داشتن داده کمی ندارند، این اجازه داده می شود تا دانش بدون داده های تجربی جمع آوری شود. اتصالات که به عنوان لبه شناخته می شوند، پیوندهای علی مستقیم بین عوامل را نشان می دهند. FCM بررسی می کند که چگونه این تاثیرات در یک سیستم زمانی که تحت تغییرات یا مداخلات قرار می گیرد، تغییر می کند (باربروک جانسون و پن، ۲۰۲۲). دو رویکرد اصلی در FCM مورد استفاده قرار می گیرد. اولین رویکرد که علی نامیده می شود، از فرمول ریاضی اصلی FCM پیروی می کند. در اینجا قدرت پیوند، نشان دهنده اطمینان محقق در مورد تاثیر یک عامل بر عامل دیگری است. خروجی، مقادیر عددی را نشان می دهد که نمایانگر این است که یک عامل تا چه حد تحت تاثیر تغییرات سایرین قرار می گیرد، با هدف پاسخ به این سؤال که چگونه تغییرات در سیستم بر سایر عوامل

تاثیر می‌گذارد. رویکرد دوم که دینامیک نامیده می‌شود، چگونگی تاثیر یک عامل بر دیگری را مطالعه می‌کند. این یک نمایش بصری ساده از تغییرات در مقادیر عامل ارائه و اهمیت نسبی آنها را نشان می‌دهد. این روش به تعیین اینکه کدام عوامل در یک سیستم تاثیر گذارتر هستند و اینکه چگونه تغییرات در ساختار بر این تاثیرات اثرگذار است، کمک می‌کند. همچنین پویایی، این تغییرات را ارزیابی می‌کند (باربروک جانسون و پن، ۲۰۲۲). یک نگاشت ادراکی فازی، تصویری علی رسم می‌کند. این نگاشت حقایق، اشیا و فرآیندها را به ارزش‌ها، سیاست‌ها و اهداف ارتباط می‌دهد. به شما اجازه می‌دهد تا چگونگی اعمال متقابل و نحوه عملکرد حوادث پیچیده را پیشگویی کنید و به شما امکان تحلیل بر مبنای «چه می‌شود، اگر...» را می‌دهند (آذر و همکاران، ۱۳۹۵).

ماتریس مجاورت

ماتریس مجاورت، در کانون مطالعات نقشه‌نگاشتی فازی قرار دارد. در نگاشت ادراکی فازی، گره‌ها یا ملاحظات نیز فازی هستند و هر گره می‌تواند از ۰ درصد تا ۱۰۰ درصد برانگیخته شود. به عبارتی هر گره یک مجموعه فازی است. میزان روابط علی بین مفاهیم را می‌توان با ماتریسی نشان داد که به آن ماتریس مجاورت گویند. در شکل بالای همین مقاله، یک ماتریس مجاورت به همراه مدل مربوط ارائه شده است که توسط کاسکو (۱۹۸۶) ارائه شده است (آذر و همکاران، ۱۳۹۵).

۱- یال: منظور از یال‌ها، همان بردارهای ارتباط بین معیارها است.

۲- گره: منظور از گره، همان معیارها یا مولفه‌های پژوهش است.

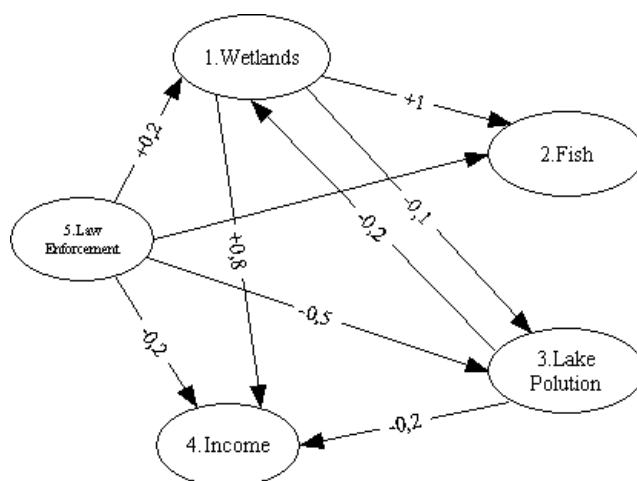
۳- وزن: منظور از وزن، همان میزان تاثیرات یا شدت تاثیرات معیارها بر روی یکدیگر است که براساس عدد بین ۱-

تا ۱ تعیین می‌شود.

مکانیزم استنتاج یک نگاشت ادراکی فازی به این صورت است که در ابتدا یک نگاشت ادراکی فازی ارزش‌گذاری اولیه می‌شود. سطح فعال‌سازی هر گره از سیستم، براساس نظر کارشناس راجع به حالت کنونی، مقداری خاص می‌گیرد. سپس مفاهیم مختلف در اثرگذاری متقابل آزاد هستند. فعال‌سازی یک گره روی گره‌های دیگری که به آن متصل است، اثر می‌گذارد. این فعل و انفعال تا زمانی که سیستم به نقطه ثابت تعادل یا یک دور محدود و یا یک رفتار آشوب (نظریه آشوب) برسد، ادامه می‌یابد و به اصطلاح فرآیند تکرار می‌شود (آذر و همکاران، ۱۳۹۵).

نقشه‌برداری:

FCM را می‌توان برای به تصویر کشیدن سیستم‌های پیچیده که توسط ذینفعان مختلف درک می‌شود، استفاده کرد. یک FCM متشکل از تعدادی عنصر (مفاهیم/گره/عوامل) و تاثیرات علی آنها بر روی یکدیگر است که با فلش‌های وزن‌دار بین عناصر به تصویر کشیده می‌شود. مفاهیم موجود در نقشه می‌تواند شامل عناصر مختلفی مانند ارزش‌های زیبایی‌شناختی باشد که در حوزه اجتماعی و فرهنگی سرچشمه گرفته‌اند. همچنین نهادها و ساختارهای فیزیکی مانند زیرساخت‌ها، اکوسیستم‌ها یا گونه‌های فردی نیز مورد توجه هستند (به عنوان نمونه، شکل ۸ را ببینید).



شکل ۸. نمونه نگاشت شناختی فازی (اوزسمی و اوزسمی، ۲۰۰۴)

جدول ۸ مشخصات خبرگان صنعت (۱۵ نفر) و علمی (۱۰ نفر) را که در مصاحبه عمیق شرکت داشتند، نشان می دهد.

جدول ۸. مشخصات خبرگان (مصاحبه عمیق)

شغل	فراوانی	بازه سنی	فراوانی	تحصیلات	فراوانی
مدیر داخلی	4	۴۸-۳۸	2	ارشد	3
			2	کارشناسی	1
کارشناس بازاریابی	4	۴۸-۳۰	2	ارشد	3
			2	کارشناسی	1
کارشناس R&D	3	۴۶-۴۰	3	کارشناسی	1
				دکتری	2
کارشناس تولید	3	۳۸-۳۰	2	ارشد	3
			1		
کارشناس بخش فنی و پشتیبانی	1	44	1	کارشناسی	1
استاد	10	۴۲-۳۷	5	دکتری	9
			4		
			1	ارشد	1
			1		
		۵۸-۴۹			

پس از انجام مصاحبه عمیق، به منظور انجام دلفی فازی، از تمام ۲۵ خبره دعوت شد که تنها ۹ نفر تا انتهای مرتبه سوم دلفی فازی مشارکت داشتند. مشخصات آنها به شرح جدول زیر است.

جدول ۹. مشخصات خبرگان دلفی فازی

شغل	فراوانی	بازه سنی	فراوانی	تحصیلات	فراوانی
کارشناس R&D	2	۳۷-۴۶	2	کارشناسی	1

1	دکتری			
3	دکتری	2	۳۷-۴۳	3
		1	۴۴-۴۹	
1	کارشناسی	1	38	1
3	ارشد	2	۳۳-۴۳	3
		1	۵۵	

تایید و غربالگری از طریق مقایسه مقدار ارزش اکتسابی هر شاخص، با مقدار آستانه صورت می‌پذیرد. مقدار آستانه از چند طریق محاسبه می‌شود که اصولاً مقدار ۰.۷ به عنوان مقدار آستانه در نظر گرفته شده است. برای این کار ابتدا باید مقادیر فازی مثلثی نظرهای خبرگان محاسبه شده سپس برای محاسبه میانگین نظرات n پاسخ‌دهنده، میانگین فازی آنها محاسبه گردد. محاسبه عدد فازی برای هریک از شاخص‌ها با استفاده از روابط زیر صورت می‌گیرد. به منظور نرمالایز کردن پاسخ‌ها (هم در مصاحبه عمیق و هم دلفی فازی) از فرمول‌های زیر استفاده شد.

$$\tilde{a}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \quad i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m$$

$$a_j = \min(a_{ij})$$

$$b_j = (\prod_{i=1}^n b_{ij})^{1/n}$$

$$c_j = \max(c_{ij})$$

در روابط بالا اندیس i به فرد خبره و اندیس j به شاخص تصمیم‌گیری (در اینجا ابعاد و مولفه‌ها) اشاره دارد. همچنین مقدار دی‌فازی شده میانگین عدد فازی از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Crips = \frac{a+b+c}{3}$$

(۴) یافته‌ها

در این بخش، یافته‌های حاصل از تحلیل فراترکیب، دلفی فازی و نگاشت شناختی فازی ارائه می‌شود. این یافته‌ها شامل ابعاد و مولفه‌های کلیدی شناسایی شده هستند که در ادامه به تفصیل شرح داده می‌شوند. براساس تحلیل فراترکیب، ابعاد کلیدی در مدل‌سازی زنجیره تامین سیستم محصول-خدمت شناسایی شدند. جدول ۴ این ابعاد و مولفه‌ها را نشان دادند. از مولفه‌های حاصل از فراترکیب در مصاحبه عمیق خبرگان استفاده شد و سپس مولفه‌های حاصل از مصاحبه عمیق در دلفی فازی مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت ابعاد و مولفه‌های زیر برای زنجیره تامین سیستم محصول-خدمت CLARS تایید شد.

جدول ۱۰. ابعاد و مولفه‌های زنجیره تامین سیستم محصول-خدمت CLARS

استراتژی	ابعاد	مولفه‌های مصاحبه عمیق	مولفه‌های دلفی- فازی	مولفه‌های نهایی
دایره‌ای	طراحی دایره‌ای، زنجیره تامین معکوس، همکاری، صنعت ۴.۰، قابلیت‌های مدیریتی، زباله صفر	بازيافت، بازسازی، حرکت به سمت زباله صفر، کاهش ضایعات، بهبود کارآیی، تعهد مدیریت ارشد، استفاده از بلاکچین، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، دیجیتال‌سازی، نوآوری	طراحی محصول دایره‌ای، کاهش ضایعات، کاهش زباله، طراحی ماژولار، بازیافت، بازسازی، بلاکچین، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، دیجیتال‌سازی	طراحی محصول دایره‌ای، کاهش ضایعات، کاهش زباله، تعهد مدیریت ارشد، طراحی ماژولار، بازیافت، بازسازی، نوآوری، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، دیجیتال‌سازی

ناب	بهبود مستمر، انعطاف پذیری، صنعت ۴.۰.	{ابزارهای (کایزن، ۵S، ۶ سیگما، نقشه برداری جریان ارزش،} JIT، کاهش ضایعات، تجارت الکترونیک، فناوری های صنعت ۴.۰	بهبود کارآیی، بهبود مستمر، طراحی ماژولار، اینترنت اشیا، محاسبات ابری، هوش مصنوعی، تجزیه و تحلیل کلان داده	کاهش هزینه، بهبود کارآیی، بهبود مستمر، طراحی ماژولار، اینترنت اشیا، محاسبات ابری، هوش مصنوعی، تجزیه و تحلیل کلان داده، JIT
	سرعت، پاسخگویی، نوآوری، صنعت ۴.۰، انعطاف پذیری	مدیریت موجودی، کابیان، استفاده از کارکنان چندمهارته، استفاده از فناوری های نوین، استفاده از چندین کانال تامین و توزیع (Omini-Channel)	کاهش زمان ارسال، سرعت، پاسخگویی، انعطاف پذیری، استفاده از ایستگاه های کاری منعطف، استفاده از اینترنت اشیا و RFID استفاده از چندین کانال تامین و توزیع (Omini-Channel)	کاهش زمان ارسال، سرعت، پاسخگویی، انعطاف پذیری، استفاده از ایستگاه های کاری منعطف، استفاده از اینترنت اشیا و RFID استفاده از چندین کانال تامین و توزیع (Omini-Channel)
	استحکام، افزونگی، همکاری، انعطاف پذیری، سرعت، دید، مدیریت دانش، صنعت ۴.۰، نوآوری.	تجزیه و تحلیل ریسک، مدیریت موجودی احتیاطی، استفاده از چندین کانال تامین و توزیع (Omini-Channel)، همکاری و اشتراک اطلاعات، فناوری های نوین	نوآوری، افزایش مهارت کارکنان، انعطاف پذیری و سازگاری با شرایط جدید، همکاری، سرعت، دید، استحکام و افزونگی، افزایش قدرت دریافت زود هنگام وقوع بحران ها و حوادث، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، دیجیتال سازی، تجزیه و تحلیل کلان داده، استفاده از چندین کانال تامین و توزیع (Omini-Channel)، همکاری	نوآوری، افزایش مهارت کارکنان، استفاده از کارکنان چندمهارته، انعطاف پذیری و سازگاری با شرایط جدید، افزایش قدرت دریافت زود هنگام وقوع بحران ها و حوادث، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، دیجیتال سازی، تجزیه و تحلیل کلان داده، استفاده از چندین کانال تامین و توزیع (Omini-Channel)، همکاری
	اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی، دولت، صنعت ۴.۰	ارزیابی چرخه عمر محصول، مدیریت منابع پایدار، مسئولیت اجتماعی شرکت، انتخاب تامین کننده پایدار، ارزیابی تاثیرات زیست محیطی، مدیریت روابط، ایمنی، سلامت و رفاه کارکنان، زنجیره تامین سبز، استراتژی R۶ باز یافت، باز سازی، تعمیر، نگهداری، کاهش، بازاندیشی، زنجیره تامین معکوس، فناوری های	رضایت مشتری، طراحی محصول سبز، نرخ بازگشت محصول معیوب یا مصرف شده، باز یافت، توجه به مسائل کارکنان، بهبود وضعیت اجتماعی-اقتصادی کارکنان، کاهش آلودگی زیست محیطی، زنجیره تامین سبز، کاهش گلخانه ای، ارزیابی ذینفعان و حلقه های زنجیره تامین	رضایت مشتری، طراحی محصول سبز، ارزیابی چرخه عمر محصول، باز یافت، توجه به مسائل کارکنان، بهبود وضعیت اجتماعی-اقتصادی کارکنان، کاهش آلودگی زیست محیطی، زنجیره تامین سبز، کاهش گلخانه ای، ارزیابی ذینفعان و حلقه های زنجیره تامین، استراتژی R۶

فناوری‌های هوش مصنوعی، بلاکچین، اینترنت اشیا، RFID، چاپ سه بعدی.		هوش مصنوعی، بلاکچین، اینترنت اشیا، RFID، چاپ سه بعدی.		
--	--	---	--	--

برای نگاشت شناختی فازی، نیاز است بال‌ها و گره‌ها معرفی شود و روابط بین آنها در نظر گرفته شود. بال‌ها را می‌توان ۵ استراتژی CLARS در نظر گرفت. بدین منظور ماتریس روابط به صورت جدول ۱۱ در نظر گرفته شد.

جدول ۱۱. ماتریس روابط ابعاد اصلی

	Circular	Lean	Agile	Resilience	Sustainable
Circular		0.65	0.001	0.001	0.73
Lean			0.43	0.53	0.6
Agile				0.78	0.5
Resilience					0.42
Sustainable					



شکل ۹. روابط علی بین استراتژی‌های زنجیره تامین CLARS

همچنین براساس نظرات خبرگان، میزان تاثیر هر مولفه بر سایر ابعاد و مولفه‌های CLARS به صورت زیر مشخص شد.

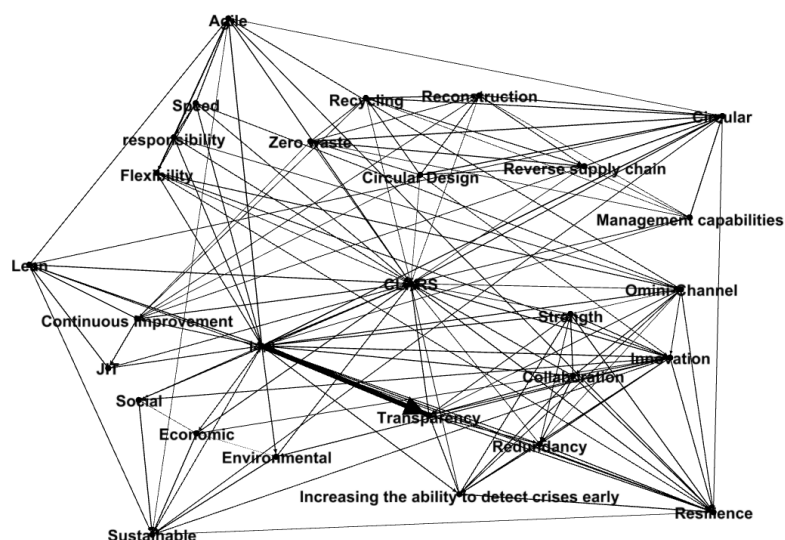
جدول ۱۲. یال و گره‌های نگاشت شناختی (روابط علی)

گره مبدا	گره مقصد	وزن
طراحی دایره‌ای	استراتژی دایره‌ای	1
کاهش ضایعات	زباله صفر	0.9
زباله صفر	استراتژی دایره‌ای	1
تعهد مدیریت ارشد	قابلیت‌های مدیریتی	0.75
قابلیت‌های مدیریتی	استراتژی دایره‌ای	1
طراحی ماژولار	کاهش ضایعات	0.8
بازیافت	زنجیره تامین معکوس	0.8
بازسازی	زنجیره تامین معکوس	0.7

زنجیره تامین معکوس هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، دیجیتال سازی صنعت ۴.۰ کاهش هزینه و زمان بهبود کارایی بهبود مستمر طراحی ماژولار اینترنت اشیا، محاسبات ابری، هوش مصنوعی، تجزیه و تحلیل کلان داده JIT صنعت ۴.۰ کاهش زمان ارسال سرعت پاسخگویی انعطاف پذیری استفاده از ایستگاه های کاری منعطف استفاده از اینترنت اشیا و RFID استفاده از چندین کانال تامین و توزیع (Omini-Channel) صنعت ۴.۰ استفاده از چندین کانال تامین و توزیع (Omini-Channel) استراتژی دایره ای استراتژی ناب استراتژی چابک نوآوری استفاده از چندین کانال تامین و توزیع (Omini-Channel) افزایش مهارت کارکنان استفاده از کارکنان چندمهارته انعطاف پذیری و سازگاری با شرایط جدید افزایش قدرت دریافت زودهنگام وقوع بحران ها و حوادث	استراتژی دایره ای	1
	صنعت ۴.۰	0.79
	استراتژی دایره ای	1
	بهبود کارایی	0.7
	بهبود مستمر	0.81
	استراتژی ناب	1
	کاهش هزینه و زمان	0.8
	صنعت ۴.۰	0.9
	استراتژی ناب	1
	استراتژی ناب	1
	سرعت	0.9
	استراتژی چابک	1
	استراتژی چابک	1
	استراتژی چابک	1
	انعطاف پذیری	0.75
	صنعت ۴.۰	0.8
	سرعت	0.7
	استراتژی چابک	1
	پاسخگویی	0.8
	CLARS	1
	CLARS	1
	CLARS	1
	استراتژی تاب آوری	1
	انعطاف پذیری و سازگاری با شرایط جدید	0.8
	انعطاف پذیری و سازگاری با شرایط جدید	0.8
	انعطاف پذیری و سازگاری با شرایط جدید	0.7
	استراتژی تاب آوری	0.9
	دید	0.8

هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، دیجیتال سازی، تجزیه و تحلیل کلان داده	صنعت ۴.۰	0.84
همکاری	استراتژی تاب آوری	0.76
صنعت ۴.۰	استراتژی تاب آوری	1
استحکام	استراتژی تاب آوری	1
افزودگی	استراتژی تاب آوری	1
دید	استراتژی تاب آوری	1
استراتژی تاب آوری	CLARS	1
رضایت مشتری	اقتصادی	0.74
فناوری های هوش مصنوعی، بلاکچین، اینترنت اشیا، RFID، چاپ سه بعدی.	صنعت ۴.۰	0.9
استراتژی R۶	زیست محیطی	0.7
طراحی محصول سبز	زیست محیطی	0.76
ارزیابی چرخه عمر محصول	زیست محیطی	0.8
بازیافت	زیست محیطی	0.9
توجه به مسائل کارکنان	اجتماعی	0.6
بهبود وضعیت اجتماعی-اقتصادی کارکنان	اجتماعی	0.6
کاهش آلودگی زیست محیطی	زیست محیطی	0.8
زنجیره تامین سبز	زیست محیطی	0.8
کاهش گازهای گلخانه ای	زیست محیطی	0.9
ارزیابی ذینفعان و حلقه های زنجیره تامین	زیست محیطی	0.7
مسئولیت اجتماعی شرکت	اجتماعی	0.87
اقتصادی	استراتژی پایداری	1
اجتماعی	استراتژی پایداری	1
زیست محیطی	استراتژی پایداری	1
صنعت ۴.۰	استراتژی پایداری	1
ارزیابی چرخه عمر محصول	اقتصادی	0.8
استراتژی پایداری	CLARS	1

شکل ۱۰ خروجی روابط علی بین ابعاد و مولفه های زنجیره تامین سیستم محصول-خدمت CLARS را به صورت زیر نشان می دهد.



شکل ۱۰. روابط علی ابعاد و مولفه های CLARS

(۵) نتیجه گیری و پیشنهادات

این پژوهش با هدف شناسایی ابعاد اصلی و مولفه های فرعی استراتژی های CLARS (دایره ای، ناب، چابک، تاب آور، پایدار) در زنجیره تامین سیستم های محصول- خدمت و ارائه مدل مفهومی و علی ارتباط بین این مولفه ها انجام شد. روش تحقیق ترکیبی از فراترکیب، مصاحبه عمیق با خبرگان دانشگاهی و صنعتی و دلفی فازی بود که منجر به شناسایی و تایید نهایی ابعاد و مولفه های موثر شد. سپس با استفاده از نگاشت شناختی فازی و نرم افزار Gephi، روابط علی بین مولفه ها تحلیل گردید. براساس یافته های فراترکیب زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت CLARS، ابعاد اصلی و مولفه های فرعی هریک از ابعاد در جدول ۴ آورده شد. یافته های سایر مراحل تحقیق نیز در جدول ۱۰ ارائه شده است. پس از انجام مصاحبه عمیق و دلفی فازی، ابعاد و مولفه هایی تایید و برخی کنار گذاشته شدند. استراتژی دایره ای علاوه بر مولفه های تایید شده در فراترکیب، مولفه زباله صفر اضافه (عالم او همکاران، ۲۰۲۵ و فاروک^۲ و همکاران، ۲۰۱۹) و مولفه های دولت و ایجاد ارزش حذف شد. علت اضافه شدن مولفه زباله صفر، توجه تحقیقات اخیر به اصول اقتصاد دایره ای و طراحی سبز و پایدار است. از نظر خبرگان در ایران مولفه های دولت و ایجاد ارزش نمی توانند در حال حاضر جز مولفه های زنجیره تامین دایره ای سیستم محصول- خدمت باشند. از طرفی خبرگان ایجاد ارزش را بیشتر مولفه ناب در نظر می گیرند. در استراتژی ناب ابعاد بهبود مستمر، انعطاف پذیری، صنعت ۴.۰، JIT تایید شدند و کاهش ضایعات و یکپارچگی حذف شدند. بطور کلی خبرگان یکپارچگی زنجیره تامین در صنایع لوازم الکترونیک ایران را به دلیل ساختار مونتاژ کالا و عدم دخالت در طراحی و تامین در اغلب موارد امری تقریباً ناممکن دانستند. در استراتژی چابک ابعاد سرعت، پاسخگویی، نوآوری، همکاری، صنعت ۴.۰، انعطاف پذیری تایید شدند و مدیریت دانش، شایستگی، یکپارچگی حذف شدند. علت حذف مدیریت دانش از

1 Alam

2 Farooque

مولفه‌های چابکی را می‌توان عدم بلوغ صنایع و زیرساخت‌های اشتراک دانش در ایران دانست. در استراتژی تاب‌آوری و پایداری همان ابعاد تاییدشده در فراترکیب، تایید شدند. با توجه به مدل نهایی (شکل ۱۰) زنجیره تامین سیستم محصول-خدمت CLARS (دایره‌ای، ناب، چابک، تاب‌آور، پایدار) و ویژگی‌های صنایع الکترونیک خانگی و صنعتی ایران، اقدامات زیر پیشنهاد می‌شود تا این صنایع بتوانند زنجیره تامین خود را بهینه و رقابت‌پذیر کنند:

۱. اقدامات مبتنی بر استراتژی دایره‌ای
 - توسعه طراحی محصولات مدولار و قابل‌باز یافت
 - طراحی لوازم الکترونیک با قابلیت تعمیر، ارتقا و باز یافت (مثلا استفاده از قطعات استاندارد شده)
 - اجرای سیستم جمع‌آوری محصولات فرسوده (مانند یخچال، تلویزیون، لوازم صنعتی) برای باز یافت مواد اولیه
 - بکارگیری فناوری‌های دیجیتال:
 - استفاده از بلاکچین برای رهگیری مواد اولیه و جریان مالی به منظور کاهش تقلب در زنجیره تامین
 - بهره‌گیری از اینترنت اشیا (IoT) برای مانیتورینگ وضعیت محصولات در طول چرخه عمر
۲. اقدامات مبتنی بر استراتژی ناب
 - کاهش ضایعات و هزینه‌های تولید:
 - اجرای روش‌های ناب مانند S5، کایزن، شش سیگما در خطوط تولید
 - بهینه‌سازی موجودی انبار با سیستم JIT (تولید به موقع) برای کاهش هزینه‌های نگهداری
 - دیجیتال‌سازی فرآیندها
 - استفاده از هوش مصنوعی (AI) و تحلیل کلان‌داده برای پیش‌بینی تقاضا و کاهش اتلاف منابع
۳. اقدامات مبتنی بر استراتژی چابک
 - افزایش انعطاف‌پذیری تولید و توزیع:
 - بهبود زنجیره تامین معکوس
 - ایجاد سیستم‌های بازگرداندن محصولات معیوب و تعمیر سریع برای افزایش رضایت مشتری
۴. اقدامات مبتنی بر استراتژی تاب‌آور
 - تنوع بخشیدن به تامین کنندگان
 - ایجاد ذخیره استراتژیک برای قطعات حیاتی (مانند تراشه‌های الکترونیکی)
 - آمادگی برای بحران‌ها
 - استفاده از شبیه‌سازی ریسک و مدیریت بحران برای مقابله با تحریم‌ها یا اختلالات زنجیره تامین
۵. اقدامات مبتنی بر استراتژی پایدار
 - پیاده‌سازی زنجیره تامین سبز:
 - کاهش مصرف انرژی در تولید با استفاده از فناوری‌های کم‌مصرف (مانند چراغ‌های LED در کارخانه‌ها، استفاده از انرژی خورشید به منظور تامین انرژی).

- مسئولیت اجتماعی شرکت CSR

- آموزش و بهبود شرایط کاری کارکنان (به ویژه در بخش تولید).

- مشارکت در پروژه های اجتماعی مانند آموزش تعمیرات الکترونیک به جوانان

۶. اقدامات کلان برای صنایع لوازم الکترونیک صنعتی و خانگی ایرانی

خدمات پس از فروش، طراحی ماژولار، بهینه شدن حمل و نقل، استفاده از فناوری های نوین نظیر محاسبات ابری، تجارت الکترونیک، RFID، بلاکچین، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، همکاری، ارزیابی تامین کنندگان، توزیع کنندگان براساس اهداف CLARS از جمله اقدامات کلی برای صنایع لوازم الکترونیک صنعتی و خانگی به منظور پیاده سازی استراتژی های CLARS در زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت خود می باشد. از دیگر اقدامات می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- همکاری با مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی

- توسعه فناوری های بومی (مانند ساخت قطعات الکترونیکی با فناوری ایرانی)

- استفاده از مشوق های دولتی

- تبادل تجربیات با شرکت های پیشرو جهانی

این پژوهش با ارائه چارچوبی جامع برای استراتژی های CLARS، به سازمان های ارائه دهنده سیستم های محصول- خدمت کمک می کند تا با ادغام اصول پایداری، چابکی و تاب آوری، زنجیره تامین مقاوم و کارآمدی طراحی کنند تا بتوانند در شرایط بحرانی و بازارهای پیچیده رقابتی دوام آورده و به بهترین شکل عمل کنند. پیشنهادات آتی شامل:

- بررسی عملی مدل در صنایع مختلف برای سنجش اثربخشی با مطالعه موردی در صنایع خودروسازی یا لوازم خانگی ایران که سیستم محصول- خدمت دارند. بدین منظور می توان از شاخص های کمی مانند JIT (برای ناب)، زمان پاسخگویی به اختلالات (برای تاب آوری) یا رد پای کربن (برای پایداری) برای سنجش اثربخشی مدل زنجیره تامین سیستم محصول- خدمت CLARS استفاده کرد.

- توسعه مدل های ریاضی برای بهینه سازی توامان ابعاد CLARS؛ استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره (MCDM) مانند DEMATEL فازی یا ANP برای اولویت بندی ابعاد و یا طراحی مدل های شبیه سازی پویا برای تحلیل تعاملات بین استراتژی ها.

- مطالعه تاثیر سیاست های دولتی بر اجرای استراتژی های CLARS. به عنوان مثال تحلیل تاثیر مشوق های مالیاتی (مثل معافیت های مالیاتی برای شرکت های دارای گواهی (ISO 14001) یا قوانین الزام آور بازیافت را بر اجرای استراتژی های CLARS در زنجیره تامین PSS صنایع خودروسازی سنجید و مقایسه تطبیقی با کشورهایی مانند چین یا آلمان که سیاست های حمایتی برای اقتصاد دایره ای دارند، انجام داد.

این مطالعه گامی مهم در جهت تلفیق نظری و عملی استراتژی های نوین زنجیره تامین در عصر تحولات دیجیتال محسوب می شود. با این وجود از جمله محدودیت های روش شناسی تحقیق می توان به در دسترس نبودن برخی خبرگان، عدم مشارکت خبرگان مصاحبه عمیق در دلفی فازی، عدم دسترسی به برخی تحقیقات (به دلیل عدم دسترسی و یا عدم

پاسخ نویسنده‌گان)، عدم همکاری برخی خبرگان صنعتی در ارائه اطلاعات دقیق و صحیح، اصرار برخی خبرگان صنعت بر قراردادن مشکلات بر دوش سایر بخش‌ها یا عواملی نظیر نوسان ارز، عدم پذیرش برخی راهکارهای ارائه‌شده در برخی صنایع، عدم درک صحیح یافته‌های تحقیق توسط بخش صنعت، اشاره کرد. مشکل در جذب مشارکت فعال خبرگان صنعتی را می‌توان به دلیل مشغله‌های عملیاتی یا عدم تمایل به اشتراک اطلاعات محرمانه دانست. از طرفی نمونه‌گیری محدود به صنایع الکترونیک خانگی/صنعتی ایران است که تعمیم‌پذیری به سایر صنایع را کاهش می‌دهد. از طرفی استفاده از دلفی‌فازی با وجود مزایا، به دلیل ذهنی‌بودن قضاوت‌های خبرگان، ممکن است سوگیری داشته باشد. علاوه بر این محدودیت‌ها مقاومت مدیران در برابر تغییر رویه‌های سنتی به دلیل هزینه‌های کوتاه‌مدت تحول دیجیتال یا عدم آشنایی کافی با صنعت ۴.۰ و ۵.۰ و همچنین تاثیر عوامل کلان اقتصادی مانند نوسانات ارز یا تحریم‌ها بر اجرای راهکارهای پیشنهادی (مثلا واردات فناوری‌های دیجیتال) از موانع و محدودیت‌های سازمانی به‌شمار می‌آید. نبود بسترهای فنی (مانند شبکه‌های اینترنت اشیا) در برخی شرکت‌های ایرانی و نبود بستر مناسب (به‌دلیل تحریم‌ها و موانع سیاستی) برای استفاده از فناوری بلاکچین، از موانع زیرساختی عملیاتی‌سازی اقدامات این تحقیق به‌شمار می‌آید.

منابع

- Agarwal, N., & Seth, N. (2024). Analysis of Supply Chain Resilience Enablers and Business Outcomes Using Delphi and Fuzzy ISM for Indian Automobile Industry. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 25(4), 763-783. <http://dx.doi.org/10.1007/s40171-024-00410-2>
- Alam, F., Khokhar, M., Khan, K. Bibi, M., & Khaliq, N. (2025). An Innovative Collaborative Coordination Approach for Zero Waste in the Circular Economy. *J Knowl Econ*. <https://doi.org/10.1007/s13132-025-02684-y>
- Avilés-Sacoto, S. V., Avilés-Sacoto, E. C., Valencia-Vallejo, J. L., & Flores-Figueroa, D. S. (2024). An Overview of Lean Manufacturing and Sustainability. *Lean Manufacturing in Latin America: Concepts, Methodologies and Applications*, 653-673. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-70984-5>
- Azar, A., Jalali, R., & Khosravani, F. (2016). *Soft operations research: Problem structuring approaches* (2nd ed., Ch. 7, pp. 193–203). Industrial Management Organization Publications. ISBN: 6002750479
- Barbrook-Johnson, P., & Penn, A. S. (2022). *Systems Mapping: How to build and use causal models of systems* (p. 186). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-01919-7>
- Barrar, H., & Ruiz-Benitez, R. (2023). Exploratory study of the impact of the supply chain on integrated product-service systems design. *Business Process Management Journal*, 29(1), 262-284. <http://dx.doi.org/10.1108/BPMJ-08-2022-0374>
- Bertoni, M. (2024). Multi Criteria Decision Making for PSS Design. In *Data-Driven Decision Making for Product Service Systems* (pp. 87-113). Cham: Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-60082-1_4
- Bozdogan, Ay, segül., Gökemli Aykut, Latife & Demirel, Neslihan (2022). An agent-based modeling framework for the design of a dynamic closed-loop supply chain network. <http://dx.doi.org/10.1007/s40747-022-00780-z>
- Burke, H., Zhang, A., & Wang, J. X. (2023). Integrating product design and supply chain management for a circular economy. *Production Planning & Control*, 34(11), 1097-1113. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1983063>
- Clavijo-Buritica, N., Triana-Sanchez, L., & Escobar, J. W. (2023). A hybrid modeling approach for resilient agri-supply network design in emerging countries: Colombian coffee supply chain. *Socio-Economic Planning Sciences*, 85, 101431 <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101431>
- Cvetić, B., Danilović, M., Ilić, O., & Rakićević, Z. (2024). Evaluation of the performance measures in manufacturing cell formation. *Scientia Iranica*. <http://dx.doi.org/10.24200/SCI.2024.62733.8004>
- Deacon, C. (2024). Products that serve: Towards a performance-based model in the construction sector. <https://msd.unimelb.edu.au/study/research/oculus/2023/products-that-serve-towards-a-performance-based-model-in-the-construction-sector>
- Dewi, D. R. S., & Hermanto, Y. B. (2024). Achieving supply chain agility through product-service systems offering. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 17(2), 611-629. <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.7521>
- Dewi, Dian Retno Sari., Hermanto, Yustinus Budi., Tait, Elizabeth., Sianto, Martinus Edy.(2023). The Product–Service System Supply Chain Capabilities and Their Impact on Sustainability Performance: A Dynamic Capabilities Approach. *Sustainability* 2023, 15, 1148. <https://doi.org/10.3390/su15021148>

- Ding, B., & Hernández, X. F. (2023). Case study as a methodological foundation for Technology Roadmapping (TRM): Literature review and future research agenda. *Journal of Engineering and Technology Management*, 67, 101731. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jengtecman.2023.101731>
- Droege, H., Kirchherr, J., Raggi, A., & Ramos, T. B. (2023). Towards a circular disruption: On the pivotal role of circular economy policy entrepreneurs. *Business Strategy and the Environment*, 32(3), 1142-1158. <http://dx.doi.org/10.1002/bse.3098>
- Farooque M, Zhang A, Thurer M, Qu T, Huisingh D.(2019). Circular supply chain management: A definition and structured literature review, *Journal of Cleaner Production* (2019), doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.303>
- Govindan, K., Demartini, M., Formentini, M., Taticchi, P., & Tonelli, F. (2024). Unravelling and mapping the theoretical foundations of sustainable supply chains: A literature review and research agenda. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 189, 103685. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2024.103685>
- Habibi, A., & Jalalnia, R. (2022). Phenomenology. Narvan Publications.
- Hefft, D., Pohlmann, M. O., & Große, N. (2024). Uncovering Interrelationships In MRO-Related Industrial Service Delivery Employing Interpretive Structural Modeling. *ESSN: 2701-6277*, 144-155. <http://dx.doi.org/10.15488/17708>
- Iqbal, M., Waqas, M., Ahmad, N., Hussain, K., & Hussain, J. (2024). Green supply chain management as a pathway to sustainable operations in the post-COVID-19 era: investigating challenges in the Chinese scenario. *Business Process Management Journal*, 30(4), 1065-1087. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-05-2023-0381>
- Ivanov, D. (2024). Transformation of supply chain resilience research through the COVID-19 pandemic. *International Journal of Production Research*, 62(23), 8217-8238. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2334420>
- Khawka, Z. M. H., Abd Rahman, A., Sidek, S. B., Ahmed, S. A. B., Al-Hadeethi, R. H. F., & Al-Dabbagh, T. (2024). Effect of lean supply chain on competitive advantage: a systematic literature review. *Cogent Business & Management*, 11(1), 2370445. <https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2370445>
- Kopanaki, Evangelia (2022). Conceptualizing Supply Chain Resilience: The Role of Complex IT Infrastructures <https://doi.org/10.3390/systems10020035>
- Kühl, C., Bourlakis, M., Aktas, E., & Skipworth, H. (2022). Product-service systems and circular supply chain practices in UK SMEs: The moderating effect of internal environmental orientation. *Journal of Business Research*, 146, 155-165. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.03.078>
- Li, Ai Qiang; Found, Pauline (2016). Lean and Green Supply Chain for the Product-Services System (PSS) The Literature Review and A Conceptual Framework. 2212-8271 © 2016 The Authors. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). [doi: 10.1016/j.procir.2016.03.057](http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.057)
- Mishra, N.K., Pande Sharma, P. and Chaudhary, S.K. (2025), "Redefining agile supply chain practices in the disruptive era: a case study identifying vital dimensions and factors", *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, Vol. 18 No. 1, pp. 64-90. <https://doi.org/10.1108/JGOSS-04-2023-0031>
- Nag, U., Sharma, S. K., & Govindan, K. (2021). Investigating drivers of circular supply chain with product-service system in automotive firms of an emerging economy. *Journal of Cleaner Production*, 319, 128629. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128629>
- Nozari, H., Tavakkoli-Moghaddam, R., Rohaninejad, M., & Hanzalek, Z. (2023, September). Artificial intelligence of things (AIoT) strategies for a smart sustainable-resilient supply chain. In *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems* (pp. 805-816). Cham: Springer Nature Switzerland. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-43670-3_56
- Saunders, M. N., and Darabi, F. (2024). Using multi-and mixed methods research designs. In *Field Guide to Researching Employment and Industrial Relations* (pp. 71-87). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781035313891.00018>
- Suresh, R.V. Mahalakshmi, K. Mangaiarkarasi, S. Mahalingam, S. (2023). Impact of Supply Chain Management Components On the Organizational Performance of Manufacturing Enterprises. [DOI: 10.5281/zenodo.777491](https://doi.org/10.5281/zenodo.777491)
- Susitha, E., Jayarathna, A., & Herath, H. M. R. P. (2024). Supply chain competitiveness through agility and digital technology: A bibliometric analysis. *Supply Chain Analytics*, 7, 100073. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sca.2024.100073>
- Tarigan, Z. J. H., Siagian, H., Palumian, Y., & Sutapa, I. N. (2023). The influence of the human-machine interface on operational performance through supply chain agility (Doctoral dissertation, Petra Christian University). <http://dx.doi.org/10.5267/j.uscm.2023.6.013>
- Teigiserova, D. A., & Schraven, D. F. (2024). A comprehensive framework for circular product-service systems in infrastructure: Enhancing customer-contractor collaboration. *Journal of Cleaner Production*, 479, 144010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144010>
- Vogiantzi, C., & Tserpes, K. (2023). On the definition, assessment, and enhancement of circular economy across various industrial sectors: A literature review and recent findings. *Sustainability*, 15(23), 16532. <http://dx.doi.org/10.3390/su152316532>
- Wang, M., & Zhang, K. (2022). Improving agricultural green supply chain management by a novel integrated fuzzy-delphi and grey-WINGS model. *Agriculture*, 12(10), 1512. <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture12101512>
- Wang, Y., Iqbal, U., & Gong, Y. (2021). The performance of resilient supply chain sustainability in COVID-19 by sourcing technological integration. *Sustainability*, 13(11), 6151. <https://doi.org/10.3390/su13116151>
- Wen, Z. (2022). Building Resilience through Supply Chain Agility: Cross-sectional and Longitudinal Studies (Doctoral dissertation, The University of Toledo). <https://etd.ohiolink.edu>

- Zare Ahmadabadi, H., Saffari Darberazi, A., Zamzam, F., Babakhanifard, M. S., Kiani, M., & Mofatehzadeh, E. (2024). A model of the factors affecting supply chain resilience: an integrative approach incorporating hesitant fuzzy TOPSIS and meta-synthesis. *Journal of applied research on industrial engineering*, 11(2), 195-211. <https://doi.org/10.22105/jarie.2024.433396.1592>
- Zhao, N., Hong, J., & Lau, K. H. (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.iipe.2023.108817>
- Zhou, Z., & Hosseini, S. (2023). Evaluating supply chain resilience: a resilience capacity perspective. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 46(3), 333-355. <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2023.134798>
- Zomer, T. T. S., Cauchick-Miguel, P. A., Kohlbeck, E., Moro, S. R., de Senzi Zancul, E., & de Sousa Mendes, G. H. (2024). In vestigating social and environmental hotspots throughout the lifecycle of product-service systems in the early design stages. *Journal of Cleaner Production*, 462, 142724. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142724>