

eISSN: 2981-1554

Original Article (Qualitative)

Determining the relationships and ranking of desirable risk control factors in the medical laboratory supply chain using an interpretive structural approach

Masoumeh Pashapour¹, Mehdi Zakipour² , Reza Mohamadi³ , Amir Mohammadzadeh⁴

1- Department of Business Management, Qa.C., Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

2- Department of Business Management, Qa.C., Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

3- Department of Clinical Biochemistry, TeMS.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

4- Department of Accounting and Financial Department, Qa.C., Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

Receive:

29 December 2025

Revise:

26 February 2026

Accept:

18 April 2026

Keywords:

Risk Management,
Optimal Risk
Control, Risk
Management,
Failure
Management,
Supply Chain,
Continuous
Improvement,
Performance
Monitoring

Abstract

The aim of this study is to determine the relationships and hierarchical levels of optimal risk control factors in the medical laboratory supply chain using an Interpretive Structural Modeling (ISM) approach. In terms of implementation, this research adopts a mixed-methods design (qualitative-quantitative); and in terms of purpose, it is an exploratory study conducted through a descriptive-survey method. The statistical population of the study consisted of 15 senior managers and experts working in medical laboratories across the supply chain, selected by the snowball sampling method. Data were collected through semi-structured interviews. For data analysis, the Fuzzy Delphi method, Interpretive Structural Modeling (ISM), and MICMAC software were employed.

The results of the interpretive structural analysis using the exploratory model indicated that the proposed model consists of four main factors and thirteen sub-factors identified across four levels. The fourth level involves supply chain risk identification, including the dimensions of financial and legal risks, quality risks, and supplier and logistics risks. The third level includes failure mode and effects analysis, encompassing the identification of weaknesses, analysis of failure effects, and risk prioritization. The second level involves risk response and management strategies, including supplier diversification, emergency planning, and quality control supported by information technology. Finally, the factors and dimensions identified in the previous three levels lead, at the first level, to achieving optimal risk control, which includes risk and failure reduction, increased supply chain efficiency, continuous improvement, and performance monitoring.

Please cite this article as (APA): Pashapour, M, Zakipour, M, Mohamadi, R and Mohammadzadeh, A. (2026). Determining the relationships and ranking of desirable risk control factors in the medical laboratory supply chain using an interpretive structural approach. *New Approaches in Management and Marketing*, 5(2),188-216.



<https://doi.org/10.22034/jnamm.2026.569528.1241>



Authors retain the copyright and full publishing rights.

Published by Research Center of Resource Management Studies and Knowledge-Based Business. This article is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Publisher: Research Center of Resource Management Studies and Knowledge-Based Business

Corresponding Author: Mehdi Zakipour

Email: m.zakipour@iau.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

The extensive use of medical and laboratory technologies requires a significant number of resources for the procurement of equipment and materials; an issue that must be given considerable attention in these organizations. It is evident that if the procurement of equipment and materials is carried out without a precise and structured mechanism, the quality of purchases will not align with the actual needs of healthcare centers. Therefore, the procurement process in medical centers is of great importance and must be continuously monitored. Risk assessment is a systematic process for measuring quantitative and qualitative hazards associated with materials, processes, activities, personnel, equipment, and the environment (Rahmanifar, 2014).

Utilizing the findings of this research on the supplier side can lead to the development of structures that ensure timely procurement and provide an understanding of risks and potential failure points in the laboratory supply process. As a result, suppliers can devise various methods to meet laboratory needs. Considering that the researcher is also active in the laboratory supply sector, if the findings are validated, they can be presented to the laboratory community through multiple sessions, thus contributing to the dissemination and expansion of the research results. Given that multiple methods and individuals are involved in the procurement of laboratory necessities, this analytical approach can also be applied in this study, representing one of its innovative aspects.

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) is one of the most widely used tools for enhancing the reliability and safety of products or processes (Radpour & Karbasian, 2011). This tool is particularly used in the design and development of new products (Fattahi, 2009). Various techniques exist for risk identification, and no single method serves as the best approach; instead, an appropriate combination of techniques should be utilized. Moreover, evaluating risks solely based on their probability of occurrence and severity of impact is insufficient, as these two criteria do not fully capture all influential aspects of risk. FMEA is an analytical technique that combines technology and expertise to prevent the procurement of substandard products and protect the reputation of the organization (Radpour & Karbasian, 2011).

Therefore, aligned with this objective, the main research question of the present study is: *What are the relationships and hierarchical levels of optimal risk control factors in the medical laboratory supply chain using an Interpretive Structural Modeling approach?*

Theoretical Framework

Risk Management

Supply chain risk management focuses on controlling risks that affect the efficient flow of information, materials, and products across different segments of the supply chain. Risk management is a key component of supply chain management; and given the diverse objectives within supply chains, it can be utilized when risk is considered a multidimensional phenomenon. Factors such as uncertainty in supply and demand, market globalization, shorter technology and product life cycles, and the increasing use of outsourcing have been identified as major reasons for the importance of supply chain risk management (De Oliveira et al., 2024).

Wang et al. (2025), in their study on *Strategic Behavior in Multi-Criteria Sorting with a Trust-Relationship-Based Consensus Mechanism: Application to Supply Chain Risk Management*, examined strategic behavior using a cost-based consensus mechanism within a social trust network. First, a piecewise cost function dependent on trust relationships was

formally defined and formulated, taking into account the influence of trust on preference adjustments required to achieve consensus sorting. Based on this trust-dependent cost structure, a strategic preference manipulation model was proposed to enable strategic behavior in consensus sorting by minimizing the adjustment costs incurred by decision-makers. Considering that the social trust network affects strategic manipulation, an extended collaborative strategic manipulation model was introduced to guide decision-makers in adjusting both their preferences and their social trust networks. Furthermore, the practical applicability of the proposed strategic manipulation models was demonstrated through a supply chain risk management case study, and their performance was validated through simulation analysis.

Mobo et al. (2025) investigated *Supply Chain Risk Management in the Trade Sector: A Modern Perspective*. Their findings indicate that studying supply chain sustainability strategies is crucial, especially when the risks faced by commercial farms within the supply chain are increasingly complex, diverse, and sudden—making prediction and probability assessment more difficult than ever. This underscores the significance of supply chain management. It was found that in order to gain competitive advantages within the market, the trade sector must improve supply chain management practices, which leads to reduced costs from production to delivery, optimized timing, and enhanced customer satisfaction. Their study also concludes that an effective risk assessment mechanism in the supply chain for the trade sector must serve as an appropriate tool for evaluating the effectiveness of risk management from the perspective of all business segments involved in the supply chain.

Research Methodology

This study was conducted using a mixed-methods approach (qualitative–quantitative) and, in terms of purpose, followed an exploratory and descriptive–survey design. The statistical population consisted of 15 senior managers and experts working in medical laboratories across different stages of the supply chain, selected through the snowball sampling method. Data were collected by semi-structured interviews.

Research Findings

For data analysis, the Fuzzy Delphi method, Interpretive Structural Modeling (ISM), and MICMAC software were used. The results of the interpretive structural analysis using the exploratory model revealed that the model includes four main factors and thirteen sub-factors distributed across four hierarchical levels.

The fourth level involves supply chain risk identification, including financial and legal risks, quality risks, and supplier and logistics risks. The third level consists of failure mode and effects analysis, including identifying weaknesses, analyzing failure impacts, and prioritizing risks. The second level encompasses risk response and management strategies, including supplier diversification, emergency planning, and quality control supported by information technology.

Finally, the factors and dimensions identified in the previous three levels lead, at the first level, to achieving optimal risk control, characterized by risk and failure reduction, increased supply chain efficiency, continuous improvement, and performance monitoring.

Conclusion

The present study aimed to determine the relationships and hierarchical levels of optimal risk control factors in the medical laboratory supply chain using an Interpretive Structural Modeling approach. The results of this research are consistent with the findings of Wang et

al. (2025), Mobo et al. (2025), Shishehgarkhaneh et al. (2024), Choudhary et al. (2023), Ganesh & Kalpana (2022), Qaraghanabadi & Sarkardeh (2024), Arab Cham Khalifa & Alavi (2023), and Fokerdi & Talavari (2021). Mobo et al. (2025) demonstrated that an effective risk assessment mechanism in the supply chain for the commercial sector must serve as an appropriate tool for evaluating the effectiveness of risk management from the perspective of all business units involved in the supply chain. Based on the findings of the study, the following recommendations are proposed:

Organizations should prioritize reducing risks and preventing failures in order to achieve optimal risk control. Implementing preventive processes, continuously analyzing risks, and executing proactive programs can help reduce the likelihood of failure causes and, in turn, ensure the efficiency and continuity of the supply chain.

eISSN: 2981-1554

علمی پژوهشی (کیفی)

تعیین روابط و سطح بندی عوامل کنترل ریسک مطلوب زنجیره تامین آزمایشگاه های پزشکی با رویکرد ساختاری تفسیری

معصومه پاشاپور صوفی¹، مهدی زکی پور²، رضا محمدی³، امیر محمدزاده⁴

- 1- گروه مدیریت بازرگانی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.
- 2- گروه مدیریت بازرگانی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.
- 3- گروه بیوشیمی بالینی دانشکده پزشکی، واحد علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
- 4- گروه مدیریت مالی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

چکیده

هدف این پژوهش تعیین روابط و سطح بندی عوامل کنترل ریسک مطلوب زنجیره تامین آزمایشگاه های پزشکی با رویکرد ساختاری تفسیری می باشد. این پژوهش از لحاظ اجرا به صورت آمیخته (کیفی- کمی) و از منظر هدف اجرا یک پژوهش اکتشافی و پژوهش توصیفی - پیمایشی انجام گرفت. جامعه آماری پژوهش شامل 15 نفر از مدیران و کارشناسان عالی رتبه در آزمایشگاه های پزشکی در طول زنجیره تامین فعالیت بودند، می باشد که با استفاده از روش نمونه گیری گلوله برفی انتخاب شدند. ابزار گردآوری اطلاعات مصاحبه نیمه ساختاریافته می باشد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از روش دلفی فازی و مدل سازی ساختاری تفسیری (ISM) و نرم افزار میک مک استفاده گردید. نتایج تحلیل ساختاری تفسیری توسط مدل اکتشافی نشان داد که مدل اکتشافی پژوهش دارای 4 عامل اصلی و 13 عامل فرعی در چهار سطح شناسایی شدند. سطح چهارم شناسایی ریسک های زنجیره تامین شامل ابعاد ریسک های مالی و قانونی، ریسک های کیفیت و ریسک های تامین کننده و لجستیکی است. در سطح سوم تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن شامل شناسایی نقاط ضعف؛ تحلیل آثار شکست و اولویت بندی ریسک ها قرار دارد. در سطح دوم بعد استراتژی های مقابله و مدیریت ریسک شامل تنوع تامین کنندگان، برنامه ریزی اضطراری، کنترل کیفیت با فناوری اطلاعات قرار دارد. در نهایت عوامل و ابعاد در سه سطح قبلی در سطح یک موجب دستیابی به کنترل ریسک مطلوب با ابعاد کاهش ریسک و شکست، افزایش کارایی زنجیره تامین، بهبود مستمر و نظارت بر عملکرد می گردد.

تاریخ دریافت: 08 دی 1404

تاریخ بازنگری: 07 اسفند 1404

تاریخ پذیرش: 29 فروردین 1405

کلید واژه ها:

مدیریت ریسک،
کنترل ریسک مطلوب،
مدیریت ریسک،
مدیریت شکست،
زنجیره تامین،
بهبود مستمر،
نظارت بر عملکرد

لطفاً به این مقاله استناد کنید (APA): پاشاپور صوفی حسن، معصومه، زکی پور، مهدی، محمدی، رضا و محمدزاده، امیر. (1405). تعیین روابط و سطح بندی عوامل کنترل ریسک مطلوب زنجیره تامین آزمایشگاه های پزشکی با رویکرد ساختاری تفسیری. فصلنامه رویکردهای نوین در مدیریت و بازاریابی، 5 (2)، 188-216.

doi: https://doi.org/10.22034/jnamm.2026.569528.1241



Authors retain the copyright and full publishing rights.
Published by Research Center of Resource Management Studies and Knowledge-Based Business.
This article is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

ناشر: مرکز پژوهشی مطالعات مدیریت منابع و کسب و کار دانش محور

نویسنده مسئول: مهدی زکی پور

ایمیل: m.zakipour@iau.ac.ir

مقدمه

مدیریت زنجیره تأمین مجموعه رویکردهایی است که برای یکپارچه سازی کارایی تأمین کنندگان، سازندگان انبارها و فروشگاهها مورد استفاده قرار می گیرد به طوری که کالا به مقدار مناسب در مکان مناسب و در زمان مناسب تولید و توزیع شود، تا در نتیجه هزینه های کل سیستم را کمینه و در همان حال الزامات سطح خدمت را برآورده سازد. مدیریت ریسک، فرآیند ارزیابی ریسک و طراحی استراتژی هایی برای شناخت ریسک است. مدیریت ریسک فرآیندی است که توسط اعضای هیئت مدیره، مدیران و سایر کارکنان در تنظیم راهبردهای واحد تجاری به منظور شناسایی رویدادهای احتمالی طراحی شده و ریسک ناشی از رویدادهای پیش روی را مدیریت می نمایند. کاربرد گسترده فناوری های پزشکی و آزمایشگاهی نیازمند مصرف مقدار قابل توجهی از منابع در خرید تجهیزات و مواد می باشد که در این سازمانها باید به این مهم توجه شود. واضح است اگر خرید تجهیزات مواد بدون مکانیزم دقیق و ساختارمند انجام شود کیفیت خریدها با نیاز واقعی مراکز درمانی هماهنگی نخواهد داشت. از اینرو فرایند خرید در مراکز درمانی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است و باید پیوسته مورد پایش قرار گیرد. ارزیابی ریسک یک فرآیند سیستماتیک برای اندازه گیری خطرات کمی و کیفی مرتبط با مواد، فرایندها، اقدامات، افراد تجهیزات و محیط زیست است (Rahmanifar, 2014).

هدف کلیدی تجزیه و تحلیل نقاط شکست و اثرات آن شناسایی اندازه گیری و رتبه بندی خرابی های بالقوه ی محصول یا فرآیند با استفاده از اولویت دهی نمرات مخاطرات است مقدار نمرات مخاطرات دارای یک مفهوم غیر شهودی است که سه عامل احتمال عدم تشخیص شدت خطا و احتمال وقوع خطا را به صورت مستقل در نظر گرفته و روابط غیر مستقیم میان این عوامل را نادیده می گیرد (Kumru & Kumru, 2013). با توجه به اینکه پژوهشگر سابقه فعالیت در آزمایشگاه و تأمین کننده را به صورت توانمند داشته است و آزمایشگاه و تأمین کننده دو جزء اصلی زنجیره تأمین هستند. در حال حاضر فرآیندی که در نتیجه آن آزمایشگاهها میحتاج خود را به تأمین کننده سفارش می دهند به صورت ابتدایی و در بهترین حالت با استفاده از نقطه سفارش انجام می شود بنابراین نتایج این تحقیق برای آزمایشگاهها باعث درک ساختارهایی که دارای ریسک و نقاط شکست هستند خواهد شد و استفاده از مدل نهایی باعث آگاهی هر دو طرف در درک نیازهای یکدیگر و بازطراحی فرآیندهای موجود و در نهایت استفاده از روشهای جدید در تأمین آزمایشگاهها خواهد شد. استفاده از نتایج این تحقیق در سمت تأمین کننده باعث ایجاد ساختارهایی برای تأمین به موقع و درک ریسکها و نقاط شکست فرآیند تأمین آزمایشگاهها خواهد شد در نتیجه تأمین کنندگان می توانند روشهای متنوعی را برای تأمین آزمایشگاهها ابداع نمایند با توجه به اینکه پژوهشگر در جامعه تأمین آزمایشگاهی نیز فعالیت می کند، در صورت تأیید نتایج، پژوهش می تواند نتایج آن را طی جلسات مختلف برای جامعه آزمایشگاهی بازگو نماید و از این طریق باعث تعمیم و توسعه نتایج این پژوهش شود. در این تحقیق با بررسی فعالیتهای موجود در فرایند زنجیره تأمین در پی شناسایی شکستها و ریسکها و دلایل آنها و همچنین ارائه راهکارهایی به منظور بهبود فرایند مذکور در آزمایشگاههای تشخیص پزشکی هستیم، تا به کمک تجزیه و تحلیل نقاط شکست و اثرات آن به عنوان ابزاری برای سنجش، بتوانیم به مدل مدیریت ریسکهای موجود در زنجیره تأمین آزمایشگاهها دست پیدا کنیم.

از آنجا که در حال حاضر آزمایشگاهها و تأمین کنندگان زیادی در حال فعالیت هستند و مرتباً بر تعداد آنها افزوده می شود، تلاش می شود تا با طراحی مدلی از ریسکهای موجود در زنجیره تأمین آزمایشگاههای پزشکی، با توجه به

تجزیه و تحلیل نقاط شکست و اثرات آن، به آن‌ها کمک شود. این کمک به این منظور است که از سویی بر مشکلات پدید آمده حاصل از انواع ریسک در زنجیره تأمین فائق آمده و از سوی دیگر با شناسایی به موقع ریسک‌ها، از بروز آن‌ها پیشگیری کرده و نسبت به حذف یا کنترل ریسک‌ها اقدام مناسب را انجام دهند. همچنین، هدف کاهش علل و اثرات خطاهای بالقوه است.

موضوع تجزیه و تحلیل نقاط شکست و آثار آن تاکنون به طور گسترده مورد استفاده بوده است و موفقیت‌های بزرگی در صنایع مختلف نظیر صنایع خودروسازی، بهداشت و درمان، دریایی، هسته‌ای و صنایع الکترونیک داشته است (Liu et al, 2018). اما به موضوع تجزیه و تحلیل نقاط شکست و آثار آن در زنجیره تأمین آزمایشگاه‌های پزشکی چندان پرداخته نشده است. از جمله پژوهش‌های انجام شده در زمینه تجزیه و تحلیل نقاط شکست و آثار آن در زنجیره تأمین می‌توان به این موارد اشاره کرد: برخی از پژوهشگران ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین صنایع مختلف را بررسی کردند (Emrouznejad et al, 2023) و برخی دیگر از محققان نقش عوامل مختلف مانند مدیریت دانش، تصمیم‌گیری چندشاخصه، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین را در مدیریت زنجیره تأمین مطرح نمودند (Niazi, 2021؛ Choudhary et al, 2023؛ Ganesh and Kalpana, 2022). در بعضی از تحقیقات انجام شده، محققان به تحلیل تفاوت میان ریسک‌های زنجیره تأمین که به ندرت رخ می‌دهند در مقابل ریسک‌هایی که مکرر رخ می‌دهند پرداختند. به طور کلی بیشتر محققان معتقدند که به دلیل پیچیدگی شبکه زنجیره تأمین شناسایی و مدیریت ریسک‌ها امری دشوار است و موضوع ریسک در زنجیره تأمین به دلایلی مانند عدم اطمینان در عرضه و تقاضا جهانی شدن بازارها کوتاه شدن چرخه حیات تکنولوژی و نیز ریسک‌های، محیطی، مالی، استراتژی فناوری اطلاعات و تجهیزات تکنولوژی مدیریت زنجیره تأمین را با چالش‌های غیر قابل پیش بینی مواجه نموده که عدم اطمینان و چالش‌هایی را برای زنجیره تأمین ایجاد کرده است. همانطور که پیشتر اشاره شد به موضوع تجزیه و تحلیل نقاط شکست و آثار آن در زنجیره تأمین آزمایشگاه‌های پزشکی پرداخته نشده که همین امر می‌تواند یکی از جنبه‌های نوآوری این پژوهش باشد؛ همچنین تاکنون به موضوع اولویت بندی ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین آزمایشگاه‌های پزشکی توجه چندانی نشده است بنابراین این پژوهش می‌تواند از این جهت نیز دارای نوآوری باشد. از دیگر جنبه‌های نوآوری این پژوهش می‌توان به روش تجزیه و تحلیل نقاط شکست و اثرات آن در خدمات و همچنین تجزیه و تحلیل نقاط شکست و اثرات آن در فرآیند نیز اشاره کنیم؛ تجزیه و تحلیل شکست و اثرات آن در خدمات به منظور شناسایی حالات خطای بالفعل یا بالقوه و برقراری اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه و پیگیری، آن‌ها قبل از آنکه خدمات واقعی یا خدمات جدید ارائه شود، انجام می‌شود. این روش تجزیه و تحلیل در خدمات، واحدهای ستادی مانند حسابداری مالی، بازاریابی منابع انسانی خرید و تدارکات و ... را بررسی می‌کند (Robin et al, 2011). خرید و تدارکات در آزمایشگاه‌ها در حیطه‌ی تجزیه و تحلیل نقاط شکست و آثار آن در خدمات دسته بندی می‌شود، که در این پژوهش به آن خواهیم پرداخت تجزیه و تحلیل نقاط شکست و اثرات آن در فرآیند پنج حوزه‌ی کلیدی را مورد بررسی قرار می‌دهد افراد، مواد تجهیزات روشها و محیط شکست‌هایی که در این حوزه‌ها صورت می‌پذیرد، فهرست شده و اساس تجزیه و تحلیل نقاط شکست و آثار آن در فرآیند را تشکیل می‌دهد (Robin et al, 2011). از آنجایی که در فرآیند خرید مایحتاج آزمایشگاهی روشها و افراد مختلفی دخیل هستند می‌توان

این روش تجزیه و تحلیل را نیز در این پژوهش استفاده نمود و بنابراین نوآوری در این پژوهش را از این منظر نیز در نظر گرفت.

تجزیه و تحلیل نقاط شکست و اثرات ناشی از آن یکی از پرکاربردترین ابزار ارتقای قابلیت اطمینان و ایمنی محصول یا فرآیند است (Radpour & Karbasian, 2011). این ابزار به طور خاص در طراحی و توسعه محصولات جدید مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fattahi, 2009). تجزیه و تحلیل نقاط شکست و اثرات آن می‌تواند، در سامانه فرایند طراحی محصول و یا خدمت به کار گرفته شود که تا حد ممکن خطرات بالقوه‌ی موجود، علل و اثرات مرتبط با آن را شناسایی و امتیازدهی کند تکنیکهای مختلفی برای شناسایی ریسک وجود دارد و تنها یک راه حل به عنوان بهترین روش برای شناسایی وجود ندارد بلکه ترکیبی مناسب از تکنیک‌های مختلف باید مورد استفاده قرار گیرد همچنین بررسی ریسک‌ها صرفاً از نظر احتمال وقوع و شدت اثر روش مناسبی نمی‌باشد زیرا این دو معیار به تنهایی بیانگر تمامی جنبه‌های تأثیر گذار ریسک نمی‌باشند. روش تجزیه و تحلیل نقاط شکست و آثار آن یک تکنیک تحلیلی است و از ترکیب دو مؤلفه تکنولوژی و خبرگی برای جلوگیری از خرید محصول نامطلوب و ممانعت از به خطر افتادن اعتبار شرکت استفاده می‌شود (Radpour & Karbasian, 2011).

تحقیقات اخیر در زمینه مدیریت ریسک در زنجیره تأمین آزمایشگاه‌های پزشکی نشان می‌دهد که یکی از جنبه‌های ابهام و شکاف نظری مهم، کمبود مدل‌های خاص و بومی برای این بخش تخصصی به شمار می‌آید. برخلاف سایر صنایع، آزمایشگاه‌های پزشکی با حساسیت‌های بالای کیفیت، ایمنی و زمان‌بندی مواجه هستند که ریسک‌های خاص و پیچیده‌ای را در زنجیره تأمین ایجاد می‌کند. مطالعات متعدد بر نیاز به چارچوب‌های مدیریت ریسک جامع تأکید دارند که بتواند به صورت یکپارچه ریسک‌های عملیاتی، کیفیت، و تأخیرها را شناسایی و اولویت‌بندی کند، اما چنین مدل‌هایی در حوزه آزمایشگاه‌های پزشکی به طور محدود توسعه یافته‌اند (Figeac et al, 2025). یکی دیگر از شکاف‌های نظری برجسته، عدم ادغام کافی روش‌های پیشرفته تحلیلی مانند تحلیل نقاط شکست و اثرات با داده‌های واقعی و فناوری‌های نوین در مدل‌های مدیریت ریسک زنجیره تأمین است. اکثر مطالعات به صورت کلی به بررسی ریسک‌ها پرداخته‌اند بدون آنکه تأثیرات متقابل شکست‌های محتمل و اثرات هر شکست را به صورت سیستماتیک و داده‌محور مدل کنند. بکارگیری روش‌های دینامیک و تحلیل محور تحلیل نقاط شکست و اثرات که بتواند احتمال وقوع، شدت، و قابلیت کشف هر شکست را تحلیل کند، به عنوان یکی از حوزه‌های ضروری برای توسعه نظری و عملی مطرح شده است (Waseem et al, 2025). مسئله پژوهش در زمینه ارائه مدل دستیابی به کنترل ریسک مطلوب با مدیریت ریسک و شکست در زنجیره تأمین آزمایشگاه‌های پزشکی، بر آسیب‌پذیری‌های مداوم زنجیره تأمین تمرکز دارد که منجر به اختلالات عملیاتی، تأخیر در پردازش آزمایش‌ها و خطرات ایمنی بیماران می‌شود. این اختلالات، مانند شکست تأمین‌کنندگان، مشکلات لجستیکی و تغییرات مقرراتی، اغلب چند هفته طول می‌کشند و هزینه‌های مالی سالانه بالایی برای هر آزمایشگاه ایجاد می‌کنند، که کارایی و پایداری مالی را تهدید می‌کند. آزمایشگاه‌های پزشکی به دلیل وابستگی به مواد حساس و تجهیزات حیاتی، در برابر این شکست‌ها آسیب‌پذیرتر هستند و نیاز به مدلی جامع برای کنترل ریسک وجود دارد. مدل پیشنهادی بر پایه چارچوب‌های ساختاریافته مانند پیشگیری، آمادگی، پاسخ و بازیابی بنا شده که ریسک‌ها را شناسایی، ارزیابی و کاهش می‌دهد. این مدل شامل تنوع‌بخشی به تأمین‌کنندگان، نظارت مداوم با

شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPI) ها و استفاده از فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی برای پیش‌بینی اختلالات است، تا کنترل ریسک مطلوب را از طریق کانال‌های ارتباطی باز و برنامه‌های مدیریت بحران تضمین کند. در آزمایشگاه‌های پزشکی، این رویکرد نه تنها اختلالات را به حداقل می‌رساند، بلکه انطباق با مقررات و کیفیت نتایج آزمایش را حفظ می‌کند. در نهایت، دستیابی به کنترل ریسک مطلوب نیازمند ادغام فناوری‌های نوین مانند تحلیل پیش‌بینی‌کننده و مدل‌سازی سناریو است تا آزمایشگاه‌ها بتوانند در برابر تهدیدهای خارجی مانند بلایای طبیعی یا حملات سایبری مقاوم شوند. این مدل، با تمرکز بر نظارت واقعی‌زمان و همکاری با شرکای زنجیره تأمین، تاب‌آوری را افزایش می‌دهد و از تداوم خدمات مراقبت‌های بهداشتی حمایت می‌کند، که در مقالات اخیر به عنوان راهکاری کلیدی برای زنجیره تأمین مراقبت‌های بهداشتی برجسته شده است. لذا در راستای این هدف، سؤال اصلی پژوهش حاضر این است که روابط و سطح‌بندی عوامل کنترل ریسک مطلوب زنجیره تأمین آزمایشگاه‌های پزشکی با رویکرد ساختاری تفسیری به چه صورت می‌باشد؟

ادبیات نظری

مدیریت ریسک

مدیریت ریسک زنجیره تأمین برای کنترل ریسک‌هایی است که بر حرکت کارآمد فرایند اطلاعات، مواد و محصولات در بخش‌های مختلف زنجیره تأمین تأثیر دارند. مدیریت ریسکی بخش کلیدی از مدیریت زنجیره تأمین است و با توجه به اهداف مختلف زنجیره تأمین اگر ریسک پدیده‌ای چند وجهی داشته باشد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. عواملی مانند عدم اطمینان در تأمین و تقاضا، جهانی شدن بازارها، کوتاه‌تر شدن چرخه حیات تکنولوژی و محصول و استفاده فزاینده از برون سپاری به عنوان دلایل اهمیت مدیریت ریسک زنجیره تأمین برشمرده شده است (De Oliveira et al, 2024).

چارچوب‌های مدیریت ریسک زنجیره تأمین، بر اساس مدل‌های کمی و تحلیلی، هدفشان به حداقل رساندن اثرات منفی بر عملکرد عملیاتی است و فرضیه‌هایی مانند تأثیر منفی ریسک‌های عرضه بر کارایی را آزمون می‌کنند. در زمینه آزمایشگاه‌ها، این مبانی بر پیشگیری از شکست‌های تأمین مواد حساس مانند معرف‌ها تأکید دارند تا پایداری خدمات تشخیصی حفظ شود (Mechal & Boche, 2025). چارچوب پیشگیری، آمادگی، پاسخ و بازیابی به عنوان پایه نظری، ریسک‌ها را از طریق ارزیابی جامع و برنامه‌ریزی استراتژیک مدیریت می‌کند. این مدل در زنجیره تأمین مراقبت‌های بهداشتی، شامل تنوع‌بخشی تأمین‌کنندگان و نظارت با شاخص‌های کلیدی عملکرد است تا کنترل ریسک مطلوب حاصل شود و اختلالات لجستیکی کاهش یابد. آزمایشگاه‌های پزشکی با اعمال این چارچوب، وابستگی به تأمین‌کنندگان واحد را کم کرده و تاب‌آوری را افزایش می‌دهند. مدل‌های تصمیم‌گیری برای اختلالات زنجیره تأمین، مانند شبیه‌سازی رویدادهای گسسته و شبکه‌های بیزی، ریسک‌های انتشارپذیر را پیش‌بینی و بهینه‌سازی می‌کنند. این رویکردها، که در دوران پساکوئید برجسته شده‌اند، شامل شناسایی ریسک، ارزیابی و کاهش آن با سناریوهای طراحی آزمایش‌ها و تحلیل سلسله‌مراتبی است تا کنترل مطلوب ریسک در برابر رویدادهایی مانند همه‌گیری‌ها تضمین شود. در آزمایشگاه‌ها، این مدل‌ها خطرات تأخیر در آزمایش‌ها را مدیریت کرده و ایمنی بیمار را اولویت می‌دهند (Gajanan et al, 2024).

مدیریت ریسک فروشندگان در آزمایشگاه‌ها، بر ارزیابی مداوم، قراردادهای محکم و ابزارهای خودکار تمرکز دارد تا خطاهای ناشی از شکست‌های ثالث‌طرف کاهش یابد. این مبانی نظری، استانداردهایی مانند *ISO 31000* و *ISO 15189* را ادغام می‌کنند و بر نظارت واقعی‌زمان تأکید دارند تا دقت نتایج و انطباق مقرراتی حفظ شود. دستیابی به کنترل ریسک مطلوب از طریق طبقه‌بندی ریسک‌ها و اقدامات اصلاحی امکان‌پذیر است. رویکردهای تحلیلی مانند گسترش عملکرد کیفیت و آنتولوژی‌ها، ریسک‌های عملیاتی در زنجیره تأمین دارویی و آزمایشگاهی را اولویت‌بندی و کاهش می‌دهند. این مدل‌ها، با تمرکز بر عوامل ریشه‌ای مانند مشکلات لجستیکی، چارچوبی برای مدل‌سازی سناریوهای اختلال فراهم می‌کنند و به آزمایشگاه‌ها کمک می‌کنند تا از هدررفت منابع جلوگیری کنند. مبانی نظری این رویکردها بر بهینه‌سازی زنجیره با پیش‌بینی اختلالات استوار است. در نهایت، دستیابی به کنترل ریسک مطلوب، ادغام نظارت پیش‌بینی‌کننده و همکاری زنجیره تأمین را ضروری می‌داند تا آزمایشگاه‌های پزشکی در برابر تهدیدهای جهانی مقاوم شوند. این چارچوب‌ها، با تأکید بر عملکرد عملیاتی و کاهش هزینه‌ها، مدل‌های جامعی برای مدیریت شکست‌ها ارائه می‌دهند و تاب‌آوری را در مراقبت‌های بهداشتی تقویت می‌کنند (Piffari et al, 2024).

پیشینه پژوهش

(Wang et al, 2025) به بررسی رفتار استراتژیک در مرتب‌سازی چند معیاره با مکانیسم اجماع مبتنی بر روابط اعتماد: کاربرد در مدیریت ریسک زنجیره تأمین، به بررسی رفتار استراتژیک با استفاده از مکانیزم اجماع مبتنی بر هزینه در شبکه اعتماد اجتماعی پرداختند. اولاً، هزینه تکه‌ای وابسته به رابطه اعتماد به طور رسمی با در نظر گرفتن تأثیر رابطه اعتماد بر تمایل تنظیمات ترجیحی برای دستیابی به اجماع مرتب‌سازی تعریف و فرموله می‌شود. سپس، بر اساس هزینه تکه‌ای وابسته به رابطه اعتماد، یک مدل دستکاری استراتژیک ترجیحی برای دستیابی به رفتار استراتژیک در مرتب‌سازی اجماع پیشنهاد می‌شود که با به حداقل رساندن هزینه تصمیم‌گیرندگان هدایت استراتژیک در تنظیم ترجیحات خود اجرا می‌شود. با توجه به اینکه شبکه اعتماد اجتماعی بر دستکاری استراتژیک تأثیر می‌گذارد، یک مدل دستکاری استراتژیک مشارکتی شبکه ترجیحی بیشتر پیشنهاد شده است که برای هدایت استراتژیک تصمیم‌گیرندگان در تنظیم ترجیحات و شبکه‌های اعتماد اجتماعی طراحی شده است. علاوه بر این، عملی بودن مدل‌های دستکاری استراتژیک پیشنهادی از طریق یک مطالعه موردی در مورد مدیریت ریسک زنجیره تأمین نشان داده می‌شود و عملکرد آنها از طریق تحلیل شبیه‌سازی تأیید می‌شود.

(Mobo et al, 2025) به بررسی مدیریت ریسک زنجیره تأمین در بخش تجارت: چشم انداز مدرن پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که به مطالعه استراتژی‌های پایداری زنجیره تأمین، زمانی که خطراتی که همه مزارع تجاری در زنجیره تأمین با آن مواجه هستند، آنقدر پیچیده، متنوع و ناگهانی هستند که پیش‌بینی و تعیین احتمال تحقق آنها دشوارتر از همیشه می‌شود. این موضوع ارتباط مدیریت زنجیره تأمین را اثبات می‌کند. مشخص شده است که برای کسب مزیت‌های رقابتی در بخش بازار، بخش تجاری نیاز به بهبود مدیریت زنجیره تأمین به درستی دارد که باعث کاهش هزینه‌های تولید تا تحویل، بهینه‌سازی زمان و همچنین رضایت مشتری می‌شود. همچنین نتیجه‌گیری می‌شود که مکانیسم ارزیابی صحیح

ریسک در زنجیره تأمین برای بخش تجاری باید ابزار مناسبی برای ارزیابی اثربخشی مدیریت ریسک از دیدگاه تمامی بخش‌های تجاری در زنجیره تأمین باشد.

(Shishehgarkhaneh et al, 2024) به بررسی مدیریت ریسک زنجیره تأمین ساخت و ساز پرداختند. یافته‌های این تجزیه و تحلیل جامع جنبه‌های مختلفی از جمله مراحل مدیریت ریسک، طبقه بندی ریسک‌های سطح خرد یا کلان، سنتی را روشن می‌کند. رویکردها و ظهور کاربردهای هوش مصنوعی از طریق جستجوی گسترده پایگاه داده، مقالات مرتبط در مدیریت ریسک زنجیره تأمین ساخت و ساز برای تجزیه و تحلیل شناسایی شدند. این بررسی نشان می‌دهد که در حالی که تکنیک‌های سنتی مانند نظرسنجی‌ها، مطالعات موردی و ابزارهای آماری برجسته هستند، روش‌های هوش مصنوعی رو به افزایش است. در ابتدا بر شناسایی، ارزیابی و تحلیل ریسک متمرکز شد. مراحل مدیریت ریسک زنجیره تأمین ساخت و ساز در طول زمان گسترش یافته و شامل تخصیص ریسک، اولویت بندی و بازیابی می‌شود. تجزیه و تحلیل روند انتشار نشان می‌دهد که استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی از سال 2016 در کنار استفاده مداوم از رویکردهای سنتی افزایش یافته است. علاوه بر این، نویسندگان، مجلات و شبکه‌های مشارکتی با نفوذ برجسته می‌شوند تا بینش‌های ارزشمندی را در مورد توسعه این رشته ارائه دهند. تجسم کلی با ارائه یک نمای کلی از نظریه‌ها، روش‌ها و فناوری‌های نوظهور در این زمینه همراه با رویکردهای مدیریت ریسک حیاتی و روند انتشار، به پیشرفت تحقیق و عمل در مدیریت مؤثر ریسک زنجیره تأمین ساخت و ساز کمک می‌کند.

(Choudhary et al, 2023) در پژوهشی با عنوان ارزیابی ریسک در زنجیره تأمین، سال 2020 را به عنوان سال اختلال در زنجیره تأمین جهانی به دلیل شیوع ویروس کرونا در نظر گرفتند و این گونه عنوان کردند که به دلیل شیوع بیماری همه گیر، ارزیابی ریسک زنجیره تأمین بیش از هر زمان دیگری بحرانی شده است. آن‌ها در پژوهش مروری خود در نهایت 49 مقاله از 5504 مقاله را برای بررسی نهایی انتخاب کردند سپس در یک تجزیه و تحلیل کتابسنجی انواع پارامترها، رویکردهای تحلیلی و ویژگی‌های تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره را برای ارزیابی ریسک‌های زنجیره تأمین معرفی نمودند. به این ترتیب با انجام این پژوهش، ترکیب ارزشمندی از ادبیات ریسک در زنجیره تأمین و توصیه‌هایی را برای فرصت‌های تحقیقاتی آینده ارائه دادند.

(Ganesh & Kalpana, 2022) به بررسی سیستماتیک آینده هوش مصنوعی و تأثیر آن بر مدیریت ریسک زنجیره تأمین پرداختند. آن‌ها برای پیش‌بینی دقیق‌تر عدم قطعیت‌ها برای دستیابی به مکانیزم مدیریت ریسک هوشمند استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی را مطرح نمودند. برای انجام این پژوهش که به روش مرور ادبیات انجام شد در مجموع 435 مقاله را انتخاب شد. آن‌ها تجزیه و تحلیل را محدود به مقالاتی کردند که بین سال‌های 2010 و 2021 منتشر شده‌اند، زیرا فناوری هوش مصنوعی در زمینه تحقیقات ریسک زنجیره تأمین هنوز در مرحله نوپای خود قرار دارد. تجزیه و تحلیل مقالات به روش تحلیتم انجام شد و در نهایت، این تحقیق جنبه‌های ناشناخته و گم‌شده در تحقیقات فعلی، چالش‌های پیاده‌سازی فناوری‌های هوش مصنوعی و راه‌های امیدوارکننده برای آینده را ارائه می‌کند.

(Qaraghanabadi & Sarkardeh, 2024) در تحقیقی با عنوان شناسایی و ارزیابی ریسک‌های زنجیره تأمین در پروژه‌های راهسازی، به بررسی زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی و شناسایی ریسک‌ها و خطراتی که زنجیره تأمین این صنعت مهم را تهدید می‌کند پرداختند. سپس بررسی و ارزیابی این ریسک‌ها و تعیین میزان اهمیت و خطر هر کدام و

بیان دلایل اهمیت بالاتر برخی از ریسک‌ها و در نهایت نیز ارائه پیشنهادها و راهکارهایی جهت کاهش خطر آن‌ها انجام شد. به‌منظور دست‌یافتن به اهداف نامبرده شده، جهت شناسایی ریسک‌ها، از مطالعات کتابخانه‌ای مصاحبه با خبرگان و بهره‌مندی از نظرات آن‌ها استفاده شده است. همچنین جهت رتبه‌بندی و اولویت‌بندی ریسک‌ها از روش تحلیل حالات شکست استفاده شده است. مطالعه و بررسی انجام شده در خصوص زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی در این پژوهش به 36 مورد ریسک اصلی زنجیره تأمین که این صنعت را تهدید می‌کنند منجر شده است. این ریسک‌ها در سه بخش ریسک‌های محیطی، شبکه و سازمانی دسته‌بندی شده‌اند. با تحلیل‌هایی که صورت گرفت، حدود 70٪ از ریسک‌ها در وضعیتی با سطح خطر بحرانی و نیمه بحرانی قرار گرفتند. از جمله مهم‌ترین ریسک‌هایی که در سطح خطر بالایی قرار گرفتند می‌توان به ریسک‌های تغییرات نرخ ارز، تحریم اقتصادی، کمبود مقدار نقدینگی، تأخیر در انجام فعالیت‌ها، حوادث طبیعی، عدم شناخت صحیح و کافی از محل اجرای پروژه و خطا در تعیین نیازهای پروژه اشاره نمود.

(Arab Cham Khalifa & Alavi, 2023) در تحقیقی با عنوان شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین براساس کارت امتیازی متوازن و ارائه راهکارهایی برای تاب‌آوری، به شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین بر اساس کارت امتیازی متوازن و ارائه راهکارهایی برای تاب‌آوری زنجیره تأمین پرداختند. برای شناسایی ریسک‌های زنجیره تأمین به بررسی و مطالعه منابع، مقاله‌ها و کتب حوزه زنجیره تأمین و ریسک زنجیره تأمین پرداخته شد. در نهایت لیستی از ریسک‌های مرتبط با زنجیره تأمین تهیه شد. سپس ریسک‌های موجود در شرکت تارابگین بر اساس ابعاد پنج گانه کارت امتیازی متوازن دسته‌بندی شدند. در این گام از روش FMEA برای امتیازدهی ریسک‌ها استفاده شد؛ در گام بعدی پژوهش برای اولویت‌بندی ابعاد کارت امتیازی متوازن از روش ابتکاری که بر اساس سه شاخص FMEA یعنی شدت، وقوع و تشخیص و روش تصمیم‌گیری چندشاخصه AHP شکل گرفته شده است، استفاده شد و رتبه‌بندی ابعاد کارت امتیازی متوازن به‌دست آمد. سپس مجدداً از سه شاخص FMEA استفاده شد و این‌بار به کمک روش تصمیم‌گیری TOPSIS ریسک‌هایی که در هر دسته قرار گرفته بودند رتبه‌بندی شدند در نهایت در گام آخر بر اساس ریسک‌ها، راهکارها و استراتژی‌های تاب‌آوری که از مطالعه منابع این حوزه به‌دست آمده بودند ارائه شد تا تاب‌آوری زنجیره تأمین شرکت تارابگین امکان‌پذیر شود. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که بعد مشتری دارای بیشترین اولویت و بعد رشد و یادگیری دارای کمترین اولویت برای شرکت تارابگین ذوب آهن اصفهان است.

(Fokerdi & Talavari, 2021) در پژوهشی با عنوان بهینه‌سازی جریان وجوه نقد در زنجیره تأمین دارو، ریسک تأمین در بهینه‌سازی جریان وجوه نقد در زنجیره تأمین را مورد بررسی قرار دادند. در پژوهش آن‌ها جریان وجوه نقد در زنجیره تأمین دارو و از منظر یک شرکت پخش دارو بررسی شد. ناهماهنگی بین جریان‌های ورودی و خروجی وجوه نقد، علاوه بر تحمیل جریمه دیرکرد، به سوء شهرت در بازار و در نتیجه عدم تأمین مطلوب اقلام دارویی توسط تأمین‌کنندگان منجر می‌شود. در این شرایط، این پرسش را مطرح کردند که با چه توالی پرداختی می‌توان ضمن یافتن ارزان‌ترین روش تسویه صورت‌حساب‌ها، ریسک تأمین ناشی از سوء شهرت را به حداقل رساند؟ برای پاسخ به این پرسش، مدل برنامه‌ریزی خطی صفر و یک دو هدفه‌ای صورت‌بندی کردند. حل مدل توسط روش الگوریتم ژنتیک ضمن تعیین بهترین توالی پرداخت صورت حساب‌ها، جریان مالی خروجی و ریسک ناشی از نقض موعد پرداخت صورت حساب‌ها را کمینه کرد.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از دیدگاه فرآیند اجرا (نوع داده‌ها) یک پژوهش ترکیبی (آمیخته)، از دید نتیجه‌ی اجرای آن یک پژوهش کاربردی، از منظر هدف اجرا یک پژوهش اکتشافی و پژوهش توصیفی - پیمایشی، از دیدگاه منطق اجرا (نوع استدلال) یک پژوهش با رویکرد استقرایی و از زاویه‌ی بعد زمانی، یک پژوهش مقطعی است. پژوهش حاضر، بر اساس هدف یک پژوهش بنیادی است زیرا درصدد ارائه مدل دستیابی به کنترل ریسک مطلوب با مدیریت ریسک و شکست در زنجیره تأمین آزمایشگاه‌های پزشکی است. پژوهش حاضر در دو رهیافت توصیفی و تحلیلی ارائه می‌شوند. بخش توصیفی به وصف نمونه آماری از لحاظ متغیرها و مؤلفه‌های مختلف اختصاص دارد و بخش تحلیلی نیز به آزمون و شناسایی متغیرها می‌پردازد. با توجه به اینکه در این پژوهش از روش‌های مطالعه کتابخانه‌ای و نیز روش‌های میدانی نظیر مصاحبه و پرسشنامه استفاده شده است، می‌توان بیان کرد که پژوهش حاضر بر اساس روش گردآوری داده‌ها یک پژوهش پیمایشی - مقطعی است.

در فاز نخست تحقیق، جهت طراحی مدل بر اساس رویکرد کیفی، گروهی از مدیران و کارشناسان عالی رتبه در آزمایشگاه‌های پزشکی انتخاب شدند و به روش گلوله برفی مورد مصاحبه عمیق قرار گرفتند. این انتخاب و انجام مصاحبه، تا رسیدن به اشباع نظری ادامه یافت و پس از آن متوقف شد. بررسی‌های اولیه و پس از اتمام مصاحبه با فرد اول، از وی درخواست گردید فرد یا افراد خبره دیگری که می‌توانند در حوزه آزمایشگاه‌های پزشکی صاحب نظر باشند و به غنای مدل تحقیق کمک نمایند، معرفی کنند. این روند تا رسیدن به حد کفایت داده‌ها برای پاسخ به سؤالات پژوهش ادامه یافت. در خلال مصاحبه 14 شباع نظری محقق گردید که برای اطمینان از کفایت داده‌ها مصاحبه‌ها تا نمونه 15 ادامه پیدا کرد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا از روش دلفی فازی و سپس برای تفسیر روابط بین ابعاد و شاخص‌های آن از مدل سازی ساختاری تفسیری (ISM) که روشی برجسته در تحلیل روابط فی مابین ابعاد و شاخص‌ها است، استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

در این تحقیق برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش دلفی فازی، شاخص CVR و روش مدل سازی ساختاری تفسیری (ISM) و مدل سازی معادلات ساختاری (SEM) استفاده شده است که در ادامه به صورت گام به گام تشریح می‌شود. در این مرحله ابتدا پیرامون مباحث مرتبط با عنوان، مصاحبه‌هایی با خبرگان انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از مصاحبه منجر به شناسایی 20 عامل گردید. به دلیل اینکه این عوامل از کل مصاحبه‌ها استخراج شده بود، به منظور اجماع نظرات خبرگان از روش دلفی فازی استفاده گردید. از این رو، پرسشنامه‌ای که هر 20 عامل را در بر داشت، طراحی شد و در اختیار خبرگان قرار داده شد. پس از جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها مشخص شد که مقدار قطعی 13 عامل از 0,7 (عدد آستانه) بالاتر شده است؛ در نتیجه، 13 عامل مورد تأیید همه خبرگان قرار گرفتند و مابقی عوامل رد شدند. جدول (1) فرآیند روش دلفی فازی را نشان می‌دهد.

جدول 1. نتایج دلفی فازی

ردیف	عوامل	میانگین فازی			دی فازی	وضعیت
		U	M	L		
1	ریسک‌های تأمین‌کننده و لجستیکی	0,5333	0,7833	0,95	0,7556	تأیید
2	ریسک‌های کیفیت	0,6	0,85	0,9833	0,8111	تأیید
3	ریسک‌های تأمین	0,2017	0,4667	0,7167	0,4617	رد
4	ریسک‌های مالی و قانونی	0,5	0,75	0,9167	0,7222	تأیید
5	ریسک‌های سیستماتیک	0,2183	0,4833	0,7333	0,4783	رد
6	ریسک‌های قانونی	0,2683	0,5333	0,7833	0,5283	رد
7	اولویت‌بندی ریسک‌ها	0,5167	0,7667	0,95	0,7444	تأیید
8	تحلیل آثار شکست	0,55	0,8	0,9833	0,7778	تأیید
9	تحلیل آثار ریسک	0,3167	0,5667	0,8167	0,5667	رد
10	شناسایی نقاط ضعف	0,5	0,75	0,9167	0,7222	تأیید
11	کنترل کیفیت با فناوری اطلاعات	0,5	0,7333	0,9	0,7111	تأیید
12	برنامه‌ریزی اضطراری	0,5833	0,8333	0,9833	0,8	تأیید
13	تنوع تأمین‌کنندگان	0,55	0,8	0,9833	0,7778	تأیید
14	برنامه‌ریزی متنوع	0,235	0,5	0,75	0,495	رد
15	بهبود عملکرد مالی	0,2017	0,4667	0,7167	0,4617	رد
16	نظارت بر عملکرد	0,6	0,85	0,9667	0,8056	تأیید
17	بهبود مستمر	0,5167	0,7667	0,95	0,7444	تأیید
18	افزایش کارایی زنجیره تأمین	0,55	0,8	0,9833	0,7778	تأیید
19	کاهش ریسک و شکست	0,6	0,85	0,9667	0,8056	تأیید
20	از بین رفتن ریسک	0,2017	0,4667	0,7167	0,4617	رد

همان‌طور که جدول (1) نشان می‌دهد 13 عامل استخراج شده از مصاحبه‌ها مورد تأیید کل خبرگان قرار گرفتند. این گویه‌ها در قالب 4 بُعد دسته‌بندی شدند. جدول (2) عوامل را ابعاد قالب مؤلفه‌ها نشان می‌دهد.

جدول 2. دسته‌بندی عوامل در قالب ابعاد

ردیف	عوامل	کد	ابعاد
1	ریسک‌های تأمین‌کننده و لجستیکی	RISKZ1	شناسایی ریسک‌های زنجیره تأمین (RISKZ)
2	ریسک‌های کیفیت	RISKZ2	
3	ریسک‌های مالی و قانونی	RISKZ3	
4	اولویت‌بندی ریسک‌ها	SHK4	تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن (SHK)
5	تحلیل آثار شکست	SHK5	
6	شناسایی نقاط ضعف	SHK6	
7	کنترل کیفیت با فناوری اطلاعات	ERM7	استراتژی‌های مقابله و مدیریت ریسک (ERM)
8	برنامه‌ریزی اضطراری	ERM8	
9	تنوع تأمین‌کنندگان	ERM9	
10	نظارت بر عملکرد	RCONT10	دستیابی به کنترل ریسک مطلوب (RCONT)
11	بهبود مستمر	RCONT11	
12	افزایش کارایی زنجیره تأمین	RCONT12	
13	کاهش ریسک و شکست	RCONT13	

روایی عوامل با محاسبه شاخص CVR

در این مرحله با استفاده از شاخص CVR، ضریب نسبی محتوای هر یک از عوامل تعیین شد. بدین منظور پرسشنامه‌ای در اختیار خبرگان قرار گرفت و از آنها خواسته شد تا هر یک از عوامل و ابعاد را بر اساس طیف 3 تایی «ضروری است؛ مفید است ولی ضرورتی ندارد؛ ضرورتی ندارد» مورد بررسی قرار دهند. از آنجایی که تعداد خبرگان 15 نفر هستند، اگر مقدار CVR هر یک از عوامل بالاتر از 0,42 شود، روایی محتوای آن عامل تأیید می‌شود. نتایج حاصل از به کارگیری ضریب نسبی محتوا (CVR) در جدول (3) آمده است.

جدول 3. مقدار CVR هر یک از عوامل

ردیف	عوامل	مقدار CVR	نتیجه	ابعاد	مقدار CVR	نتیجه
1	ریسک‌های تأمین‌کننده و لجستیکی	1	تأیید	شناسایی ریسک‌های زنجیره تأمین (RISKZ)	1	تأیید
2	ریسک‌های کیفیت	1	تأیید			
3	ریسک‌های مالی و قانونی	1	تأیید			
4	اولویت‌بندی ریسک‌ها	1	تأیید	تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن (SHK)	1	تأیید
5	تحلیل آثار شکست	1	تأیید			
6	شناسایی نقاط ضعف	1	تأیید			
7	کنترل کیفیت با فناوری اطلاعات	1	تأیید	استراتژی‌های مقابله و مدیریت ریسک (ERM)	1	تأیید
8	برنامه‌ریزی اضطراری	1	تأیید			
9	تنوع تأمین‌کنندگان	1	تأیید			
10	نظارت بر عملکرد	1	تأیید	دستیابی به کنترل ریسک مطلوب (RCONT)	1	تأیید
11	بهبود مستمر	1	تأیید			
12	افزایش کارایی زنجیره تأمین	1	تأیید			
13	کاهش ریسک و شکست	1	تأیید			

نتایج نشان داد که هر 13 عامل و هر 4 بُعد مورد پذیرش هستند و خبرگان روی آنها برای طراحی مدل اتفاق نظر کامل دارند.

مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)

گام اول: شناسایی عوامل مرتبط با مسئله

همان‌طور که در بخش قبل تشریح شد، 13 عامل در قالب 4 بُعد دسته‌بندی گردید. برای تأیید این عوامل از ضریب نسبی محتوا (شاخص CVR) استفاده شد. هر 13 عامل در قالب 4 بُعد مورد تأیید خبرگان قرار گرفتند. بنابراین از این 13 عامل برای ارائه مدل استفاده می‌شود.

جدول 4. عوامل شناسایی شده برای طراحی مدل

ردیف	عوامل	کد
1	ریسک‌های تأمین‌کننده و لجستیکی	RISKZ1
2	ریسک‌های کیفیت	RISKZ2
3	ریسک‌های مالی و قانونی	RISKZ3
4	اولویت‌بندی ریسک‌ها	SHK4
5	تحلیل آثار شکست	SHK5
6	شناسایی نقاط ضعف	SHK6
7	کنترل کیفیت با فناوری اطلاعات	ERM7
8	برنامه‌ریزی اضطراری	ERM8
9	تنوع تأمین‌کنندگان	ERM9
10	نظارت بر عملکرد	RCONT10
11	بهبود مستمر	RCONT11
12	افزایش کارایی زنجیره تأمین	RCONT12
13	کاهش ریسک و شکست	RCONT13

گام دوم: تشکیل ماتریس خود تعاملی ساختاری

پس از تعیین عوامل، پرسشنامه ISM، طراحی شده و خبرگان این عوامل را به صورت زوجی مورد بررسی قرار داده و با استفاده از نمادهای زیر به تعیین روابط میان آنها پرداخته‌اند:

V: اگر عامل i بر عامل j تأثیرگذار باشد A: اگر عامل i بر عامل j تأثیرگذار باشد

X: تأثیر متقابل عوامل i و j O: در صورت عدم وجود ارتباط بین عوامل i و j

نتایج حاصل از پرسشنامه‌ها در مورد عوامل مورد بررسی در قالب جدول (5) آورده شده است.

جدول 5. نتایج به دست آمده از پرسشنامه‌ها

ردیف	عوامل	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	RISKZ1		X	X		V	V	V	V	V	V	V	V	V
2	RISKZ2			X	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
3	RISKZ3				V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
4	SHK4					X	X							V
5	SHK5						X							V
6	SHK6													V
7	ERM7									X	X			V
8	ERM8										X			V
9	ERM9													V
10	RCONT10											X	X	X
11	RCONT11												X	X
12	RCONT12													X
13	RCONT13													

گام سوم: تشکیل ماتریس دسترسی اولیه

ماتریس دسترسی اولیه از تبدیل ماتریس خود تعاملی ساختاری به یک ماتریس دو ارزشی (صفر و یک) حاصل می‌گردد. به منظور جایگزینی اعداد صفر و یک بجای نمادهای چهارگانه جدول‌های 5، برای استخراج ماتریس دسترسی اولیه، قوانین زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- 1) اگر ورودی (i, j) در ماتریس خود تعاملی ساختاری نماد V باشد، در ماتریس دسترسی اولیه (i, j) عدد یک و ورودی (j, i) عدد صفر خواهد بود.
 - 2) اگر ورودی (i, j) در ماتریس خود تعاملی ساختاری نماد A باشد، در ماتریس دسترسی اولیه (i, j) عدد صفر و ورودی (j, i) عدد یک خواهد بود.
 - 3) اگر ورودی (i, j) در ماتریس خود تعاملی ساختاری نماد X باشد، در ماتریس دسترسی اولیه (i, j) عدد یک و ورودی (j, i) عدد یک خواهد بود.
 - 4) اگر ورودی (i, j) در ماتریس خود تعاملی ساختاری نماد O باشد، در ماتریس دسترسی اولیه (i, j) عدد صفر و ورودی (j, i) عدد صفر خواهد بود.
- جدول (6)، ماتریس خود تعاملی ساختاری را نشان می‌دهد.

جدول 6. ماتریس ماتریس دسترسی اولیه

ردیف	عوامل	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	RISKZ1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	RISKZ2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	RISKZ3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	SHK4	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	SHK5	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	SHK6	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	ERM7	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
8	ERM8	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	ERM9	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
10	RCONT10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
11	RCONT11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
12	RCONT12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
13	RCONT13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

گام چهارم: ایجاد ماتریس دسترسی نهایی

پس از آنکه ماتریس دسترسی اولیه به دست آمد، روابط ثانویه عوامل کنترل می گردد. رابطه ثانویه به صورتی است که اگر عامل i منجر به عامل j شود و هم چنین عامل j منجر به عامل k شود، آنگاه عامل i نیز منجر به عامل k خواهد شد. اگر در ماتریس دسترسی اولیه این حالت برقرار نبود، باید ماتریس اصلاح شده و روابطی که از قلم افتاده جایگزین شود؛ به این عمل اصطلاحاً سازگار کردن ماتریس دسترسی اولیه گفته می شود. در این گام، کلیه روابط ثانویه بین عوامل، بررسی شد، اما رابطه ثانویه ای کشف نشد. بنابراین ماتریس دسترسی نهایی همان ماتریس دسترسی اولیه است. در این ماتریس قدرت نفوذ و میزان وابستگی هر یک از عوامل نیز نشان داده شده است. قدرت نفوذ یک عامل از جمع تعداد عوامل متأثر از آن و خود عامل به دست می آید و میزان وابستگی یک عامل نیز از جمع عواملی که از آن تأثیر می پذیرد و خود عامل به دست می آید.

جدول 7. ماتریس دسترسی نهایی

ردیف	عوامل	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	قدرت
1	RISKZ1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
2	RISKZ2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
3	RISKZ3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
4	SHK4	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
5	SHK5	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
6	SHK6	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
7	ERM7	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7
8	ERM8	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7
9	ERM9	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7
10	RCONT10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	4
11	RCONT11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	4
12	RCONT12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	4
13	RCONT13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	4
	میزان وابستگی	3	3	3	6	6	6	9	9	9	13	13	13	13	-

پنجم: تعیین روابط و سطح بندی عوامل

در این گام، با استفاده از ماتریس دسترسی، پس از تعیین مجموعه های ورودی و خروجی، اشتراک این مجموعه ها برای هر یک از عوامل به دست می آید.

(1) مجموعه خروجی یک عامل شامل خود آن عامل و عواملی است که بر آنها اثر می گذارد که با "1" های موجود در سطر مربوطه قابل شناسایی است.

(2) مجموعه ورودی یک عامل شامل خود آن عامل و عواملی است که از آنها اثر می پذیرد که با "1" های موجود در ستون مربوطه قابل شناسایی است.

پس از تعیین مجموعه های ورودی و خروجی، اشتراک آنها برای هر یک از عوامل تعیین می شود. عواملی که مجموعه خروجی و مشترک آنها کاملاً مشابه باشند، در بالاترین سطح از سلسله مراتب مدل ساختاری تفسیری قرار می گیرند. به منظور یافتن اجزای تشکیل دهنده سطح بعدی سیستم، اجزای بالاترین سطح آن در محاسبات ریاضی جدول مربوط حذف می شوند و عملیات مربوط به تعیین اجزای سطح بعدی مانند روش تعیین اجزای بالاترین سطح انجام می شود. این عملیات تا آنجا تکرار می شود که اجزای تشکیل دهنده کلیه سطوح سیستم مشخص شوند.

جدول 8، تکرار اول سطح بندی را نشان می دهد.

جدول 8. سطح بندی (تکرار 1)

ردیف	عوامل	مجموعه خروجی	مجموعه ورودی	مجموعه مشترک	سطح
1	RISKZ1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	1, 2, 3	1, 2, 3	
2	RISKZ2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	1, 2, 3	1, 2, 3	
3	RISKZ3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	1, 2, 3	1, 2, 3	
4	SHK4	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	1, 2, 3, 4, 5, 6	4, 5, 6	
5	SHK5	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	1, 2, 3, 4, 5, 6	4, 5, 6	
6	SHK6	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	1, 2, 3, 4, 5, 6	4, 5, 6	
7	ERM7	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	7, 8, 9	
8	ERM8	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	7, 8, 9	
9	ERM9	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	7, 8, 9	
10	RCONT10	10, 11, 12, 13	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	11, 12, 13	1
11	RCONT11	10, 11, 12, 13	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	11, 12, 13	1
12	RCONT12	10, 11, 12, 13	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	11, 12, 13	1
13	RCONT13	10, 11, 12, 13	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	11, 12, 13	1

همان گونه که در جدول (8) مشخص است مجموعه خروجی و مجموعه مشترک عوامل 10، 11، 12 و 13 کاملاً یکسان هستند؛ بنابراین این عوامل در سطح اول قرار می گیرند و برای ادامه سطح بندی از جدول فوق حذف می شوند.

جدول 9. سطح بندی (تکرار 2)

ردیف	عوامل	مجموعه خروجی	مجموعه ورودی	مجموعه مشترک	سطح
1	RISKZ1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	1, 2, 3	1, 2, 3	
2	RISKZ2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	1, 2, 3	1, 2, 3	
3	RISKZ3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	1, 2, 3	1, 2, 3	
4	SHK4	4, 5, 6, 7, 8, 9	1, 2, 3, 4, 5, 6	4, 5, 6	

	4, 5, 6	1, 2, 3, 4, 5, 6	4, 5, 6, 7, 8, 9	SHK5	5
	4, 5, 6	1, 2, 3, 4, 5, 6	4, 5, 6, 7, 8, 9	SHK6	6
2	7, 8, 9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	7, 8, 9	ERM7	7
2	7, 8, 9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	7, 8, 9	ERM8	8
2	7, 8, 9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	7, 8, 9	ERM9	9

همان گونه که در جدول (9) مشخص است مجموعه خروجی و مجموعه مشترک عوامل 7، 8 و 9 کاملاً یکسان هستند؛ بنابراین این عوامل در سطح دوم قرار می گیرند و برای ادامه سطح بندی از جدول فوق حذف می شود.

جدول 10. سطح بندی (تکرار 3)

ردیف	عوامل	مجموعه خروجی	مجموعه ورودی	مجموعه مشترک	سطح
1	RISKZ1	1, 2, 3, 4, 5, 6	1, 2, 3	1, 2, 3	
2	RISKZ2	1, 2, 3, 4, 5, 6	1, 2, 3	1, 2, 3	
3	RISKZ3	1, 2, 3, 4, 5, 6	1, 2, 3	1, 2, 3	
4	SHK4	4, 5, 6	1, 2, 3, 4, 5, 6	4, 5, 6	3
5	SHK5	4, 5, 6	1, 2, 3, 4, 5, 6	4, 5, 6	3
6	SHK6	4, 5, 6	1, 2, 3, 4, 5, 6	4, 5, 6	3

همان گونه که در جدول (10) مشخص است مجموعه خروجی و مجموعه مشترک عوامل 4، 5 و 6 کاملاً یکسان هستند؛ بنابراین این عوامل در سطح سوم قرار می گیرند و برای ادامه سطح بندی از جدول فوق حذف می شود.

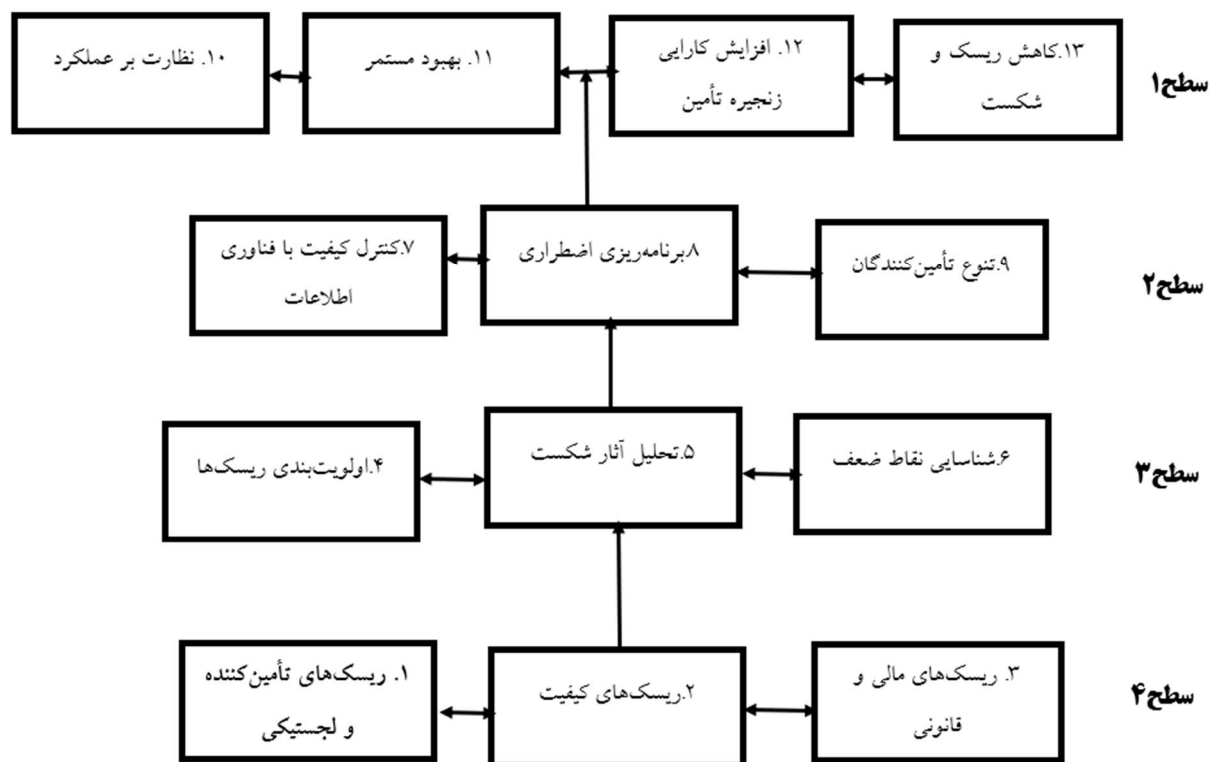
جدول 11. سطح بندی (تکرار 3)

ردیف	عوامل	مجموعه خروجی	مجموعه ورودی	مجموعه مشترک	سطح
1	RISKZ1	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	4
2	RISKZ2	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	4
3	RISKZ3	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	4

همان گونه که در جدول (11) مشخص است مجموعه خروجی و مجموعه مشترک عوامل 1، 2 و 3 کاملاً یکسان هستند؛ بنابراین این عوامل در سطح چهارم (آخر) قرار می گیرند سطح بندی به پایان می رسد.

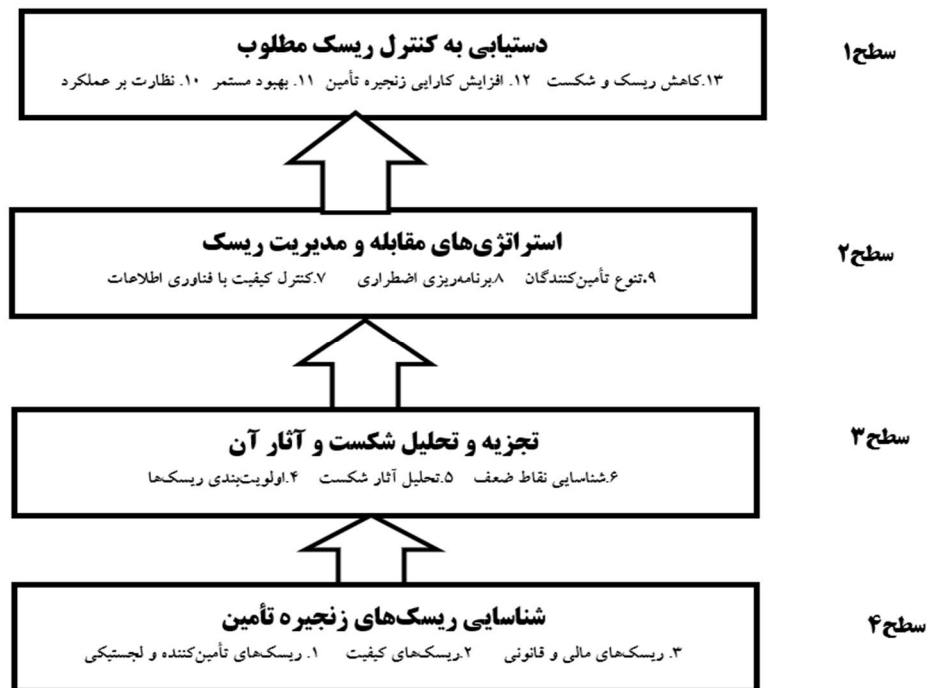
گام ششم: ترسیم مدل نهایی

در این مرحله با توجه به سطوح عوامل و ماتریس دسترسی نهایی یک مدل اولیه رسم می‌شود و با حذف انتقال‌پذیری‌ها در مدل اولیه، مدل نهایی به دست می‌آید. بنابراین مدل نهایی ISM که از عوامل اکتشافی حاصل شده است، به صورت شکل (1) ترسیم می‌شود.



شکل 1. مدل اولیه ISM

همان‌طور که در شکل (1) مشخص است 13 عامل تشکیل‌دهنده مدل در چهار سطح قرار گرفته‌اند. عوامل 10، 11، 12 و 13 که در سطح اول گراف ISM قرار دارند، اثرپذیرترین و وابسته‌ترین عوامل مدل هستند. در سطح دوم، عوامل 7، 8 و 9 قرار گرفته‌اند که روی عوامل سطح بالاتر اثر می‌گذارند و از عوامل سطوح پایین‌تر اثر می‌پذیرند. در سطح سوم، عوامل 4، 5 و 6 قرار گرفته‌اند که روی عوامل سطوح بالاتر اثر می‌گذارند و از عوامل سطوح پایین‌تر اثر می‌پذیرند. در سطح آخر (سطح چهارم)، عوامل 1، 2 و 3 قرار گرفته‌اند که اثرگذارترین و پرنفوذترین عوامل مدل هستند. با توجه به دسته‌بندی عوامل، مدل نهایی ISM به صورت شکل (2) می‌باشد.



شکل ۲. مدل نهایی ISM

گام هفتم: تجزیه و تحلیل قدرت نفوذ و میزان وابستگی (نمودار MICMAC)

در این مرحله عوامل در چهار گروه طبقه‌بندی می‌شوند. اولین گروه شامل عوامل خودمختار (ناحیه 1) می‌شود که قدرت نفوذ و وابستگی ضعیفی دارند. این عوامل تا حدودی از سایر عوامل مجزا هستند و ارتباط کمی دارند. گروه دوم، عوامل وابسته (ناحیه 2) را شامل می‌شود که از قدرت نفوذ ضعیف اما وابستگی بالایی برخوردارند. گروه سوم عوامل پیوندی (ناحیه 3) هستند. این عوامل قدرت نفوذ و وابستگی بالایی دارند. درواقع هرگونه عملی بر روی این عوامل منجر به تغییر سایر عوامل می‌شود. گروه چهارم عوامل مستقل (ناحیه 4) می‌باشند. این عوامل از قدرت نفوذ بالا و وابستگی پایینی برخوردارند. عواملی که از قدرت نفوذ بالایی برخوردارند اصطلاحاً عوامل کلیدی خوانده می‌شوند. واضح است که این عوامل در یکی از دو گروه عوامل مستقل یا پیوندی جای می‌گیرند. از طریق جمع کردن ورودی‌های "1" در هر سطر و ستون قدرت نفوذ و میزان وابستگی عوامل به دست می‌آید. بر همین اساس، نمودار قدرت نفوذ-وابستگی ترسیم می‌شود. با استفاده از داده‌های حاصل از گام چهارم می‌توان عوامل مورد مطالعه را بر اساس قدرت نفوذ هر عامل بر عوامل دیگر و میزان وابستگی هر عامل به عوامل دیگر در چهار سطح زیر دسته‌بندی کرد:

عوامل خودمختار: عواملی که حداقل وابستگی و قدرت نفوذ را در دیگر عوامل دارند.
عوامل وابسته: عواملی که وابستگی زیادی به عوامل دیگر دارند.
عوامل پیوندی (متصل): عواملی که رابطه دوطرفه‌ای با دیگر عوامل دارند.
عوامل مستقل (نفوذ): عواملی که بر عوامل دیگر نفوذ قابل توجهی دارند.

برای تعیین مختصات هر یک از عوامل در ماتریس MICMAC، باید از قدرت نفوذ و میزان وابستگی آن عامل استفاده شود. این مقادیر از ماتریس دسترسی نهایی به دست می آید. جدول (12) قدرت نفوذ و میزان وابستگی هر یک از عوامل را نشان می دهد.

جدول 12. قدرت نفوذ و میزان وابستگی هر یک از عوامل

ردیف	عوامل	میزان وابستگی	قدرت نفوذ
1	ریسک های تأمین کننده و لجستیکی	3	13
2	ریسک های کیفیت	3	13
3	ریسک های مالی و قانونی	3	13
4	اولویت بندی ریسک ها	6	10
5	تحلیل آثار شکست	6	10
6	شناسایی نقاط ضعف	6	10
7	کنترل کیفیت با فناوری اطلاعات	9	7
8	برنامه ریزی اضطراری	9	7
9	تنوع تأمین کنندگان	9	7
10	نظارت بر عملکرد	13	4
11	بهبود مستمر	13	4
12	افزایش کارایی زنجیره تأمین	13	4
13	کاهش ریسک و شکست	13	4

با استفاده از مختصات عوامل که در جدول (12) آمده است، ماتریس MICMAC تشکیل می شود (شکل 3).



بحث و نتیجه گیری

بر اساس عوامل ارائه شده در مدل و بر اساس مدل‌سازی ساختاری تفسیری و بر اساس نظرات خبرگان مشاهده می‌شود عوامل دستیابی به کنترل ریسک مطلوب با ابعاد کاهش ریسک و شکست، افزایش کارایی زنجیره تأمین، بهبود مستمر و نظارت بر عملکرد در ناحیه وابسته قرار دارند و این یعنی از قدرت نفوذ کم ولی میزان وابستگی زیاد نسبت به دیگر عوامل برخوردار هستند. عوامل شناسایی ریسک‌های زنجیره تأمین شامل ابعاد ریسک‌های مالی و قانونی، ریسک‌های کیفیت و ریسک‌های تأمین‌کننده و لجستیکی و عوامل تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن شامل شناسایی نقاط ضعف؛ تحلیل آثار شکست و اولویت‌بندی ریسک‌ها در ناحیه نفوذ قرار دارند و این یعنی از قدرت نفوذ بالا و میزان وابستگی کم نسبت به دیگر عوامل برخوردار هستند. عوامل استراتژی‌های مقابله و مدیریت ریسک شامل تنوع تأمین‌کنندگان،

برنامه‌ریزی اضطراری، کنترل کیفیت با فناوری اطلاعات نیز در ناحیه پیوندی قرار دارند. این عوامل قدرت نفوذ و میزان وابستگی نسبتاً بالایی دارند. در این مدل تفسیری، عوامل «دستیابی به کنترل ریسک مطلوب» (کاهش ریسک و شکست، افزایش کارایی زنجیره تأمین، بهبود مستمر و نظارت بر عملکرد) در ناحیه وابسته قرار گرفته‌اند؛ یعنی این متغیرها بیش از آن که محرک باشند، پیامد و خروجی سایر سازوکارهای مدیریت ریسک هستند. وابستگی بالای آن‌ها نشان می‌دهد که هرگونه تغییر در نحوه شناسایی ریسک، تحلیل شکست‌ها و استراتژی‌های مقابله، مستقیماً خود را در سطح کنترل ریسک، کارایی، و نظام نظارت و بهبود مستمر نشان می‌دهد؛ اما قدرت نفوذ کم این ناحیه به این معناست که این عوامل به تنهایی قادر به ایجاد تغییر ساختاری در بقیه اجزا نیستند، بلکه باید به عنوان شاخص‌های عملکرد و معیارهای نهایی موفقیت مدل دیده شوند. در مقابل، عوامل «شناسایی ریسک‌های زنجیره تأمین» (ریسک‌های مالی و قانونی، ریسک‌های کیفیت، ریسک‌های تأمین‌کننده و لجستیکی) و «تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن» (شناسایی نقاط ضعف، تحلیل آثار شکست و اولویت‌بندی ریسک‌ها) در ناحیه نفوذ قرار دارند؛ یعنی نقش محرک، ریشه‌ای و جهت‌دهنده برای کل سیستم ایفا می‌کنند. این متغیرها با قدرت نفوذ بالا و وابستگی کم، به مثابه موتور محرک کل سازوکار مدیریت ریسک عمل می‌کنند و بستر لازم برای طراحی «استراتژی‌های مقابله و مدیریت ریسک» را فراهم می‌سازند؛ استراتژی‌هایی که در ناحیه پیوندی قرار گرفته و هم بر سایر عوامل اثر می‌گذارند و هم از آن‌ها تأثیر می‌پذیرند. قرارگیری استراتژی‌ها در ناحیه پیوندی نشان می‌دهد که تنوع تأمین‌کنندگان، برنامه‌ریزی اضطراری و کنترل کیفیت مبتنی بر فناوری اطلاعات حلقه واسط بین شناخت و تحلیل ریسک از یک سو و دستیابی به سطح مطلوب کنترل ریسک از سوی دیگر هستند؛ به گونه‌ای که هرگونه بهبود در دقت شناسایی و تحلیل، از طریق این استراتژی‌ها به ارتقای کارایی زنجیره، کاهش شکست‌ها و تقویت نظام نظارت و بهبود مستمر منجر می‌شود.

بنابراین نتایج تحلیل ساختاری تفسیری توسط مدل اکتشافی نشان داد که مدل اکتشافی پژوهش دارای 4 عامل اصلی و 13 عامل فرعی در چهار سطح شناسایی شدند. سطح چهارم شناسایی ریسک‌های زنجیره تأمین شامل ابعاد ریسک‌های مالی و قانونی، ریسک‌های کیفیت و ریسک‌های تأمین‌کننده و لجستیکی است. در سطح سوم تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن شامل شناسایی نقاط ضعف؛ تحلیل آثار شکست و اولویت‌بندی ریسک‌ها قرار دارد. در سطح دوم بعد استراتژی‌های مقابله و مدیریت ریسک شامل تنوع تأمین‌کنندگان، برنامه‌ریزی اضطراری، کنترل کیفیت با فناوری اطلاعات قرار دارد. در نهایت عوامل و ابعاد در سه سطح قبلی در سطح یک موجب دستیابی به کنترل ریسک مطلوب با ابعاد کاهش ریسک و شکست، افزایش کارایی زنجیره تأمین، بهبود مستمر و نظارت بر عملکرد می‌گردد.

نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش (Wang et al, 2025) (Mobo et al, 2025) (Shishehgarkhaneh et al, 2024) (Choudhary et al, 2023) (Ganesh & Kalpana, 2022) (Qaraghanabadi & Sarkardeh, 2024) (Arab Cham) (Khalifa & Alavi, 2023) (Fokerdi & Talavari, 2021) همسو می‌باشد. (Mobo et al, 2025) نشان دادند که مکانیسم ارزیابی صحیح ریسک در زنجیره تأمین برای بخش تجاری باید ابزار مناسبی برای ارزیابی اثربخشی مدیریت ریسک از دیدگاه تمامی بخش‌های تجاری در زنجیره تأمین باشد. (Shishehgarkhaneh et al, 2024) نشان دادند که در حالی که تکنیک‌های سنتی مانند نظرسنجی‌ها، مطالعات موردی و ابزارهای آماری برجسته هستند، روش‌های هوش مصنوعی رو به افزایش است. همچنین تجزیه و تحلیل روند انتشار نشان می‌دهد که استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی

از سال 2016 در کنار استفاده مداوم از رویکردهای سنتی افزایش یافته است. علاوه بر این، نویسندگان، مجلات و شبکه‌های مشارکتی با نفوذ برجسته می‌شوند تا بینش‌های ارزشمندی را در مورد توسعه این رشته ارائه دهند. تجسم کلی با ارائه یک نمای کلی از نظریه‌ها، روش‌ها و فناوری‌های نوظهور در این زمینه همراه با رویکردهای مدیریت ریسک حیاتی و روند انتشار، به پیشرفت تحقیق و عمل در مدیریت مؤثر ریسک زنجیره تأمین ساخت و ساز کمک می‌کند. (Fokerdi & Talavari, 2021) نشان دادند که ناهماهنگی بین جریان‌های ورودی و خروجی وجوه نقد، علاوه بر تحمیل جریمه دیرکرد، به سوء شهرت در بازار و در نتیجه عدم تأمین مطلوب اقلام دارویی توسط تأمین کنندگان منجر می‌شود. در این شرایط، این پرسش را مطرح کردند که با چه توالی پرداختی می‌توان ضمن یافتن ارزان‌ترین روش تسویه صورت‌حساب‌ها، ریسک تأمین ناشی از سوء شهرت را به حداقل رساند؟ برای پاسخ به این پرسش، مدل برنامه‌ریزی خطی صفر و یک دو هدفه‌ای صورت‌بندی کردند. حل مدل توسط روش الگوریتم ژنتیک ضمن تعیین بهترین توالی پرداخت صورت‌حساب‌ها، جریان مالی خروجی و ریسک ناشی از نقض موعد پرداخت صورت‌حساب‌ها را کمینه کرد. با توجه به نتایج پژوهش پیشنهادات زیر ارائه شد:

سازمان‌ها باید به کاهش ریسک‌ها و پیشگیری از شکست‌ها اولویت دهند تا کنترل ریسک مطلوبی حاصل شود. اجرای فرآیندهای پیشگیرانه، تحلیل مداوم ریسک‌ها و اجرای برنامه‌های پیشگیرانه می‌تواند به کاهش وقوع علل شکست کمک کند و از این طریق بهره‌وری و استمرار چرخه تأمین را تضمین کند. افزایش کارایی زنجیره تأمین از طریق بهبود هماهنگی بین بخش‌های مختلف و به کارگیری فناوری‌های نوین، مانند سامانه‌های مدیریت یکپارچه و اتوماسیون، به کاهش هزینه‌ها و افزایش سرعت واکنش به رخدادهای ریسک کمک می‌کند و در نهایت منجر به بهبود عملکرد کلی می‌شود. فرهنگ بهبود مستمر باید در سازمان‌ها نهادینه شود تا فرآیندهای مدیریتی به‌طور مداوم بازنگری و اصلاح گردند. بازخوردگیری منظم از عملکرد زنجیره، شناسایی نقاط ضعف و فرصت‌ها و بهره‌گیری از روش‌های نوین مانند شش سیگما و کایزن برای ارتقای کیفیت و کاهش ریسک‌ها ضروری است. نظارت دقیق و مستمر بر عملکرد زنجیره تأمین باید با شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPI) صورت گیرد تا در کوتاه‌ترین زمان ممکن مشکلات شناسایی و رفع شوند. استفاده از سیستم‌های پایش بلادرنگ و گزارش‌دهی دقیق به بهبود شفافیت و تصمیم‌گیری بهتر کمک خواهد کرد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی به بررسی اثرات فناوری‌های نوین مثل هوش مصنوعی و بلاکچین در بهبود شناسایی، تحلیل و کنترل ریسک‌های زنجیره تأمین آزمایشگاه‌های پزشکی پرداخته شود. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی به توسعه مدل‌های پیش‌بینی ریسک با استفاده از داده‌های بزرگ و یادگیری ماشین برای افزایش دقت در مدیریت ریسک و پیشگیری از اختلالات زنجیره تأمین پرداخته شود. به پژوهش در زمینه بهینه‌سازی استراتژی‌های مقابله با ریسک‌های خاص و طبقه‌بندی آن‌ها برای استفاده‌های کاربردی در محیط‌های مختلف آزمایشگاهی پرداخته شود.

Reference

- Arab Cham Khalifa, M. R., & Alavi, S. (2023) In a study titled Identifying and prioritizing supply chain risks based on the balanced scorecard and providing solutions for resilience. *Modern Management Engineering Quarterly*, 9(4), 79-109. (In Persian).
- Choudhary, N. A., & Singh, S., & Schoenherr, T., & Ramkumar, M. (2022). Risk assessment in supply chains: a state-of-the-art review of methodologies and their applications. *Annals of Operations Research*, 322(1). <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04700-9>

- De Oliveira, U. R., & Dias, G. C., & Fernandes, V. A. (2024). Evaluation of a conceptual model of supply chain risk management to import/export process of an automotive industry: an action research approach. *Operations Management Research*, 17(1), 201-219.
- Deiva Ganesh, A., & Kalpana, P. (2022). Future of artificial intelligence and its influence on supply chain risk management – A systematic review. *Computers & Industrial Engineering*, 169(169), 108206. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108206>
- Emrouznejad, A., & Abbasi, S., & Sıcakyüz, Ç. (2023). Supply chain risk management: A content analysis-based review of existing and emerging topics. *Supply Chain Analytics*, 3, 100031.
- Fattahi, P. (2009). *Quality and Productivity Management (First)*. Payam Noor University Press. (In Persian).
- Figeac, C., & Salomez-Ihl, C., & Toth, R., & Filisetti, V., & Daikh, A., Py, P., & Bedouch, P. (2025). Maintaining appropriate stocks in an operating room pharmaceutical unit: risk mapping of the supply chain. *European Journal of Hospital Pharmacy*.
- Fokerdi, R., & Talavari, Z. (2021). Cash Flow Optimization in Pharmaceutical Supply Chain: A Supply Risk Approach. *Industrial Management Perspectives*, 11(1 (41)), 117-145. SID. <https://sid.ir/paper/1045183/fa>. (In Persian).
- Kumru, M., & Kumru, P. Y. (2013). Fuzzy FMEA application to improve purchasing process in a public hospital. *Applied Soft Computing*, 13(1), 721-733. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2012.08.007>
- Liu, B., & Hu, Y., & Deng, Y. (2018). New Failure Mode and Effects Analysis based on D Numbers Downscaling Method. *International Journal of Computers Communications & Control*, 13(2), 205-220. <https://doi.org/10.15837/ijccc.2018.2.2990>
- Mechal, D., & Boche, B. (2025). The effect of supply chain risks management practices on operational performance of pharmaceutical manufacturing companies in Addis Ababa, Ethiopia: Analytical cross-sectional study. *PLoS One*, 20(5), e0321311.
- Mobo, F. D., & Shahparan, M., & Gomez, A., & Bongalonta, M. (2025). Supply Chain Risk Management in the Business Sector: The Modern Perspective. In *Models, Strategies, and Tools for Competitive SMEs* (pp. 313-324). IGI Global.
- Niazi, M. (2021). The role of knowledge management on quality management of the supply chain and distribution of drugs (case study: Razi Pakhsh Company). *Scientific research conference on new achievements in the studies of management sciences, accounting and economics in Iran*. SID. <https://sid.ir/paper/901010/fa>. (In Persian).
- Piffari, C., & Lagorio, A., & Pinto, R. (2024). Challenges in Healthcare Supply Chain Resilience Management: A Conceptual Framework. *IFAC-PapersOnLine*, 58(19), 1126-1131.
- Qaraghanabadi, F., & Sarkardeh, H. (2024). Identification and assessment of supply chain risks in road construction projects. *Structural and Construction Engineering*. doi: 10.22065/jsce.2024.413551.3366. (In Persian).
- Radpour, H., & Karbasian, M. (2011). *System Engineering Tools Collection (First)*. Arkan Danesh Publications. (In Persian).
- Rahmanifar, G. (2014). Supply chain performance simulation techniques using dynamic system approach a case study of Kaleh Company. *Mazandaran University of Science and Technology*, 241(2), 36-41.
- Robin, M.D., & Bogard, M., & Mikulak, R. (2011). Methods of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Translator: Maryam Noshadghaqi Maryam Noshadghaqi, Publications of Iran Khodro Engineering Design and Parts Supply Company (SAPCO), Education Unit. (In Persian).
- Shishehgharkhaneh, M. B., & Moehler, R. C., & Fang, Y., & Aboutorab, H., & Hijazi, A. A. (2024). Construction supply chain risk management. *Automation in Construction*, 162, 105396.
- Wang, F., & Zhang, H., & Wang, J. (2025). Strategic behavior in multi-criteria sorting with trust relationships-based consensus mechanism: Application in supply chain risk management. *European Journal of Operational Research*, 321(3), 907-924.
- Waseem, H. M., & Islam, S. U., & Harrison, S., & Epiphaniou, G., & Matragkas, N., & Arvanitis, T. N., & Maple, C. (2025). Data-driven FMEA approach for hazard identification and risk evaluation in digital health. *Scientific Reports*, 15(1), 26856