Journal of Industrial Innovations 1(4) (2024) 302 – 314

Industrial Innovations
https://jii.araku.ac.ir
ISSN: 2980-8847

Identification and Weighting of Supply Chain Risks with the Help of Fuzzy Analytical Hierarchy Process Approach (Case Study: Mobarakeh Steel Complex of Isfahan)

Parisa Fatemi [a], Alireza Hosseinbeigi[b], Mohammad hossein Arman[c], Shima Falahi[d*]

[a] MSc, Industrial Management, Shahid Ashrafi Isfahani University, Isfahan, Iran.
[b] Assistant Professor, Department of Management and Accounting, Niriz Branch, Islamic Azad University, Niriz, Iran.
[c] Assistant Professor, Department of Management, Mobarakeh Branch, Islamic Azad University, Mobarakeh, Isfahan, Iran.
[d] Ph.D. Student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Kurdistan, Iran.

Original Article

Use your device to scan and read the article online

Citation: Fatemi P, Hosseinbeigi A, Arman MH, Falahi Sh, Identification and Weighting of Supply Chain Risks with the Help of Fuzzy Analytical Hierarchy Process Approach (Case Study: Mobarakeh Steel Complex of Isfahan). Industrial Innovations. 2024;1(4):302-314.

https://doi.org/10.61186/jii.1.4.302

KEYWORDS

Supply Chain;
Supply Chain Risk;
Fuzzy Preference Programming;
Fuzzy Hierarchical Analysis Process.

ABSTRACT

Supply chains play an important and integral role in today's global economy. Supply chain operations are sensitive to various uncertainties such as disruptions in suppliers, transportation disruptions, or fluctuations in customer demand. Supply chain risk management can be defined as a management activity aimed at identifying and managing risks for the supply chain through a collaborative approach among supply chain members to reduce the vulnerability of the supply chain. The aim of this study is to identify and prioritize supply chain risks of Mobarakeh Steel Complex in Isfahan through the fuzzy analytic hierarchy process. To this end, the company's supply chain risks were identified using previous research studies and interviews with relevant experts, and the most important ones were selected through questionnaires, screening, and selection. Then, these risks were classified into different categories and fuzzy pairwise comparison tables were designed and distributed among experts for collection. Finally, the relative weights of the elements in these tables were extracted using the non-linear fuzzy preference programming method, and then the final weights of each of the company's risks were obtained using the fuzzy analytic hierarchy process.

Extended Abstract

1. Introduction

Today, intense commercial competition since 1990 has forced companies to improve their efficiency from different aspects, which requires attention to the supply chain and its management [1]. The change in the business environment of companies has increased the intensity of competition in the markets. The competition has changed from an inter-company competition to a competition between their supply chains, especially in the field of globalization and shortening the life of products. Therefore, many companies cooperate with their suppliers and customers in supply chain management [2]. Factors such as political issues, demand fluctuations, technological changes, financial instabilities, and natural disasters have increased uncertainty and risks in the supply chain and have led to the formation of supply chain risk management [1].

Risks and uncertainties must be continuously managed and controlled [3]. Companies should take the necessary measures in order to make informed decisions in risk conditions, so that while taking advantage of the benefits of advanced and large supply chain, they can also manage the risk caused by it [4]. In this situation, it seems necessary to manage the risks in the supply chain, provide the necessary resources on time and finally deliver the products to the customers on time, and it can be

* Corresponding author.
E-mail address: Shimafalahi7484@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.61186/jii.1.4.302
Received: November 28, 2023; Received in revised form: January 24, 2024; Accepted: February 2, 2024.
Article type: Research Paper
©Author

considered as one of the requirements of successful management in this field. The process of risk management focuses on identifying existing risks and reducing their adverse effect in the supply chain [5].

The purpose of this research is to identify and categorize supply chain risks using the fuzzy hierarchical analysis process approach that is used in Mobarakeh Steel Complex. As one of the largest industrial units in the country, Mobarakeh Steel Company of Isfahan is also affected by risk factors in its supply chain, which should maximize the positive consequences of opportunities and minimize the negative consequences of risks with the help of risk management and adopting the used approaches. minimize, because its results have a significant impact on the supply chain and its performance. Therefore, identifying, categorizing and prioritizing risks in the supply chain of Isfahan's Mobarake Steel Complex can be an important step in making the right decision regarding dealing with existing and potential risks in the company's supply chain.

2. **Implementation of the model and analysis**

This research has a descriptive-analytical nature and its purpose is to identify, weigh and prioritize supply chain risks of Isfahan Mobarake steel complex through the fuzzy hierarchical analysis process. The data of this research was collected through questionnaires and interviews with managers and experts of Steel Complex. The selected managers and experts of Steel Complex have a master's degree or higher with a work experience of at least 10 years, and also have full knowledge of the supply chain field and were superiors of most of the departments of Steel Complex. The stages of the research are given in Figure 1 and then each stage is described in detail.

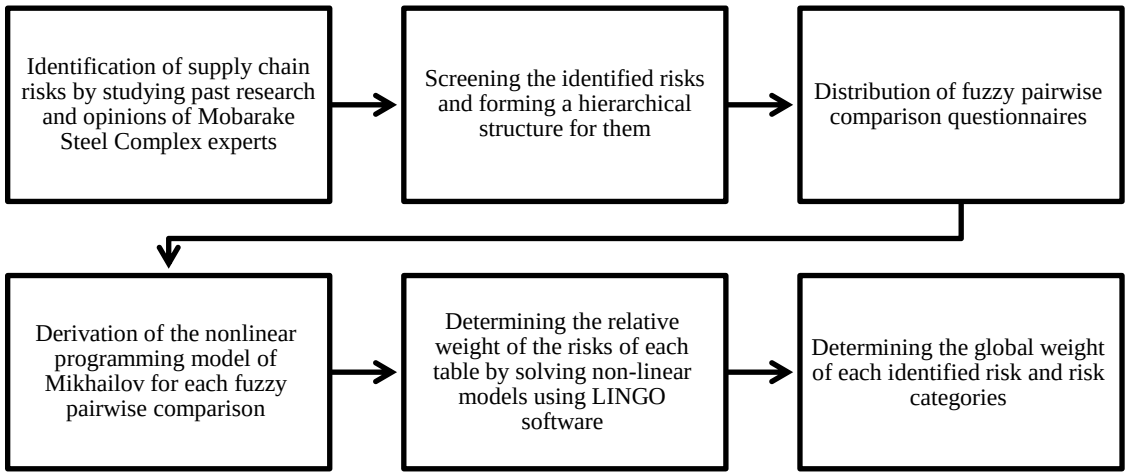


Figure 1 Research steps

3. **Conclusion**

The purpose of this research was to identify and rank the risks in the supply chain of Mobarakeh steel complex using the fuzzy hierarchical analysis process. According to the results, supply risk has the highest priority among the risks in Mobarakeh Steel Complex. But the supply risk includes 6 risks, among which, the risks of delay in order delivery and low quality of materials are on the highest priority. In order to face the risk of delay in the delivery of orders, it is possible to prepare high volume orders and use order policies based on a fixed point in the company in such a way that in the time of delay in receiving orders, warehouse stocks and reserves are used. The risk of low quality of received materials for rolling oils and refractory materials is very important, because the low quality of these consumables can lead to explosions and fires. In order to reduce this risk, Mobarake Steel Complex is suggested to conclude short-term contracts with the suppliers of these materials, so that the quality of the purchased materials can be continuously checked and the contracts with suppliers can be renewed. that lower the quality of their materials, refuse. But the most important risk that the company is facing is one of the environmental risks called the risk of not having access to skilled labor. In order to reduce this risk, outsourcing and signing long-term contracts with contractors are suggested. Also, in ideal conditions, it is recommended to allocate a suitable budget for the training of specific employees, and also consider workshops by trained people for others, so that in case of their absence for any reason, people can be selected to replace them.

نوآوری‌های صنعتی، دوره ۱، شماره ۴، سال ۱۴۰۲، صفحات ۳۰۲ تا ۳۱۴

نوآوری‌های صنعتی

شاپا: ۸۸۴۷-۲۹۸۰

شناسایی و وزن‌دهی ریسک‌های زنجیره تأمین به کمک رویکرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (مورد مطالعه: مجتمع فولاد مبارکه اصفهان)

پریسا فاطمی[الف]، علیرضا حسین بیگی[ب]، محمدحسین آرمان[ج]، شیما فلاحی[د*]

[الف] کارشناسی ارشد، مدیریت صنعتی، دانشگاه شهید اشرفی اصفهانی، اصفهان، ایران. Parisa.ft92@gmail.com

[ب] استادیار، گروه مدیریت و حسابداری، واحد نی ریز، دانشگاه آزاد اسلامی، نی ریز، ایران. Hoseinbeigui@gmail.com

[ج] استادیار، گروه مدیریت، واحد مبارکه، دانشگاه آزاد اسلامی، مبارکه، اصفهان، ایران. Hosein.arman@gmail.com

[د] دانشجوی دکترا، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. Shimafalahi7484@gmail.com

واژگان کلیدی

زنجیره تأمین؛
ریسک زنجیره تأمین؛
برنامه‌ریزی ترجیحی فازی؛
فرآیند تحلیل سلسله مراتبی؛

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۳

چکیده

زنجیره‌های تأمین نقش مهم و کاملی را در اقتصاد جهانی امروز بازی می‌کنند. عملیات زنجیره تأمین نسبت به عدم قطعیت‌های متفاوت نظیر اختلالات تأمین‌کنندگان، اختلالات در حمل‌ونقل یا تاخیرها و نوسانات تقاضای مشتری حساس می‌باشد. مدیریت ریسک زنجیره تأمین به‌عنوان یک فعالیت مدیریتی می‌تواند به‌منظور شناسایی و مدیریت ریسک‌ها برای زنجیره تأمین از طریق رویکرد همکارانه در میان اعضای زنجیره تأمین برای کاهش آسیب‌پذیری زنجیره تأمین تعریف شود. هدف این پژوهش شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین مجتمع فولاد مبارکه اصفهان از طریق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی می‌باشد. به این منظور ابتدا ریسک‌های زنجیره تأمین شرکت به کمک مطالعه پژوهش‌های پیشین و مصاحبه با کارشناسان مربوطه شناسایی و مهم‌ترین آن‌ها از طریق پرسشنامه، غربال‌سازی و انتخاب گردیدند. سپس این ریسک‌ها در دسته‌های مختلف طبقه‌بندی گردیدند و بر اساس آن جداول مقایسات زوجی فازی طراحی و بین خبرگان توزیع و جمع‌آوری گردید. درنهایت، اوزان نسبی عناصر این جداول به روش غیرخطی برنامه‌ریزی ترجیحی فازی استخراج گردیده و سپس با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، اوزان نهایی هریک از ریسک‌های شرکت به دست آمد.

۱- مقدمه

امروزه رقابت‌های شدید تجاری از سال ۱۹۹۰، شرکت‌ها را مجبور کرده تا کارایی خود را از جنبه‌های متفاوت بهبود بخشند که این امر نیازمند توجه به زنجیره تأمین و مدیریت آن می‌باشد[۱]. تغییر در محیط تجاری شرکت‌ها، شدت رقابت در بازارها را افزایش داده است. رقابت‌ها از یک رقابت بین شرکتی به سمت رقابت بین زنجیره تأمین آن‌ها تغییر کرده است، بخصوص درزمینه جهانی‌سازی و کوتاه‌سازی عمر محصولات. بنابراین بسیاری از شرکت‌ها با تأمین‌کنندگان و مشتریان خود در مدیریت زنجیره تأمین همکاری می‌کنند [۲]. عواملی نظیر مسائل سیاسی، نوسانات تقاضا، تغییرات تکنولوژی، ناپایداری‌های مالی و حوادث طبیعی موجب افزایش عدم قطعیت و بروز ریسک‌هایی در زنجیره تأمین‌شده و باعث شکل‌گیری مدیریت ریسک زنجیره تأمین گردیده است [۱].

ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها باید به‌طور پیوسته مدیریت و کنترل شود [۳]. شرکت‌ها باید در راستای اتخاذ تصمیمات آگاهانه

* نویسنده مسئول؛
آدرس پست الکترونیک: Shimafalahi7484@gmail.com

در شرایط ریسک، اقدامات لازم را به عمل‌آورند تا ضمن بهره‌گیری از مزایای زنجیره تأمین پیشرفته و بزرگ، بتوانند به مدیریت ریسک ناشی از آن نیز بپردازند[۴]. در این شرایط مدیریت ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین، تهیه به‌موقع منابع لازم و درنهایت تحویل به‌موقع محصولات به مشتریان، لازم به نظر می‌رسد و می‌توان آن را یکی از ملزومات مدیریت موفق در این عرصه دانست. فرآیند مدیریت ریسک بر شناسایی ریسک‌های موجود و کاهش اثر نامطلوب آن‌ها در زنجیره تأمین تمرکز دارد [۵].

هدف این تحقیق، شناسایی و دسته‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین به کمک رویکرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی می‌باشد که در شرکت مجتمع فولاد مبارکه بکارگرفته می‌شود. شرکت فولاد مبارکه اصفهان به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین واحدهای صنعتی کشور نیز در زنجیره تأمین خود تحت تأثیر عوامل ریسک بوده که باید به کمک مدیریت ریسک و اتخاذ رویکردهای مورداستفاده، پیامدهای مثبت حاصل از فرصت‌ها را بیشینه و پیامدهای ناگوار حاصل از ریسک‌ها را کمینه کند، چراکه نتایج آن تأثیر بسزایی بر زنجیره تأمین و عملکرد آن دارد. لذا شناسایی، دسته‌بندی و اولویت‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین مجتمع فولاد مبارکه اصفهان می‌تواند گامی مهم در جهت تصمیم‌گیری صحیح در خصوص رفتار با ریسک‌های موجود و بالقوه در زنجیره تأمین شرکت باشد. درواقع، نوآوری این تحقیق در شناسایی ریسک‌های مرتبط با زنجیره تأمین شرکت فولاد مبارکه، دسته‌بندی آن‌ها در کلاسه‌های مختلف، و نهایتاً وزن‌دهی و رتبه‌بندی آن‌ها می‌باشد. این تحقیق همچنین از روش برنامه‌ریزی فازی که یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی است برای استخراج اوزان نسبی از هر جدول مقایسات زوجی استفاده می‌کند.

۲- مبانی نظری و مروری بر مطالعات گذشته

در این بخش مروری اجمالی بر ادبیات تحقیق صورت می‌گیرد که در بخش‌هایی تحت عناوین زیر دسته‌بندی‌شده‌اند.

۲-۱- زنجیره تأمین

زنجیره تأمین شامل تمام فعالیت‌های مرتبط جریان مواد و اطلاعات از تأمین‌کنندگان مواد اولیه تا تحویل محصول به مشتری نهایی است و بر بهبود خدمت‌رسانی به مشتری، سودآوری و عملکرد سازمان تمرکز دارد. به‌عبارت‌دیگر، زنجیره تأمین شبکه‌ای از سازمان‌های مستقل و مرتبط با یکدیگر است که با همکاری یکدیگر سعی دارند جریان مواد و اطلاعات از تأمین‌کنندگان تا مصرف‌کنندگان نهایی را کنترل و مدیریت کنند [۶].

۲-۲- ریسک زنجیره تأمین

ریسک در زنجیره تأمین به معنای تغییر بالقوه در نتایج است که منجر به کاهش ارزش‌افزوده هر بخش فعال در یک زنجیره می‌شود که در آن، نتایج از طریق حجم و کیفیت کالاها در هر موقعیت و زمانی در جریان یک زنجیره تأمین، توصیف می‌شود. برای تثبیت ارزش‌افزوده در هر بخش فعال و یا در کل زنجیره تأمین، باید ریسک به‌طور صحیح مدیریت شود. یک حادثه مستقل در یک بخش از زنجیره تأمین به‌راحتی می‌تواند بر چندین بخش دیگر در یک زنجیره تأثیر بگذارد و باعث عواقبی فراتر از یک اثر فوری در یک موقعیت خاص شود. ارزیابی ریسک زنجیره تأمین شامل فعالیت‌هایی می‌شود که مدیران زنجیره تأمین را قادر می‌سازد تا به شناسایی، ارزیابی و اندازه‌گیری ریسک‌ها بپردازند. مدیران ریسک باید ریسک‌های موجود در شرکت‌های به هم وابسته را که در یک زنجیره باهم در ارتباط هستند، ارزیابی کنند [۷].

۲-۳- مدیریت ریسک زنجیره تأمین

مدیریت ریسک زنجیره تأمین یک‌رشته بااهمیت روزافزون است که هدف آن گسترش رویکردهایی برای شناسایی، ارزیابی، تجزیه‌وتحلیل و رفع نقاط آسیب‌پذیر و دارای ریسک در زنجیره تأمین می‌باشد [۸]. مدیریت ریسک زنجیره تأمین همچنین یک فرآیند رسمی شامل شناسایی زیان‌های بالقوه، درک ضرر و زیان‌های احتمالی و اولویت‌بندی آن‌ها بر اساس اهمیتشان می‌باشد [۹].

۲-۴- شناسایی و دسته‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین

شناسایی ریسک، اولین و مهم‌ترین مرحله در مدیریت ریسک است [۱۰]. پیش از آن‌که سازمان‌ها روش‌های موثری برای کاهش ریسک‌های زنجیر تأمین به کار برند، لازم است مدیران دسته‌بندی‌های ریسک‌ها و محرک‌ها و شرایط به وجود آورنده آن‌ها را شناسایی کنند. درک و شناسایی انواع ریسک‌های زنجیره تأمین به مدیران صنایع مختلف کمک می‌کند تا با رویکردهای کاهش ریسک، اثربخشی را برای سازمان خود اتخاذ نمایند [۱۱]. باوجود گستردگی ادبیات و پژوهش‌های فراوان درزمینه شناسایی ریسک‌های زنجیره تأمین، تاکنون دسته‌بندی واحدی برای ریسک‌های زنجیره تأمین تعریف‌نشده، زیرا ریسک‌های مربوط به هر واحد و صنعت، منحصربه‌فرد بوده که نیازمند بررسی به کمک کارشناسان و مدیران می‌باشد. بااین‌وجود برخی از دسته‌بندی‌هایی که تاکنون توسط پژوهشگران انجام‌شده، به‌صورت جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱ ریسک‌های شناسایی‌شده زنجیره تأمین توسط برخی از پژوهشگران

محققان	سال	ریسک‌های شناسایی‌شده
بوگوتاج و بوگوتاج [۷]	۲۰۰۷	ریسک تأمین – ریسک فرآیند – ریسک تقاضا – ریسک کنترل – ریسک محیطی
شونهر[1] و همکاران [۱۲]	۲۰۰۸	ریسک محصول (موافقت ANSI– کیفیت محصول- ارزش محصول- ارزش رقیب) ریسک شرکا (ریسک تقاضا- ریسک رضایت تأمین‌کننده- ریسک لجستیک- تحویل به‌موقع- ریسک شریک اشتباه- ریسک خارج از کشور- ریسک تأمین‌کننده – مدیریت تأمین‌کننده – مهندسی و نوآوری) ریسک محیطی (ریسک حمل‌ونقل – ریسک دولت – ریسک حوادث طبیعی و تروریست‌ها)
بلکهارست[2] و همکاران [۱۳]	۲۰۰۸	اختلالات یا بیماری‌ها – لجستیک – وابستگی به تأمین‌کننده، کیفیت، سیستم‌های اطلاعاتی، پیش‌بینی، دارایی‌های ذهنی، تدارک، قانون، دریافتنی‌ها، ظرفیت، مدیریت، امنیت، موجودی
سوفیالیوگلا و کارتال[3] [۱۴]	۲۰۱۲	ریسک تأمین، ریسک تقاضا، ریسک عملیاتی، ریسک محیطی
اقلان و لام[4] [۱۵]	۲۰۱۵	ریسک‌های تأمین‌کنندگان، ریسک‌های مشتریان، ریسک‌های تولیدکنندگان، ریسک‌های حمل‌ونقل، ریسک‌های کالا
تومالا و شونهر[5] [۱۶]	۲۰۱۱	ریسک‌های تقاضا، ریسک‌های تأخیر، ریسک‌های مختل‌کننده، ریسک‌های موجودی، ریسک‌های خرابی تولید (فرآیند)، ریسک‌های برنامه‌ریزی فیزیکی (ظرفیت)، ریسک‌های تأمین، ریسک‌های سیستم، ریسک‌های حاکمیت، ریسک‌های حمل‌ونقل
مظاهری و همکاران [۱۷]	۱۳۹۰	ریسک‌های تأمین‌کننده، ریسک‌های تولیدکننده، ریسک‌های توزیع‌کننده، ریسک‌های مشتری
شاهبندرزاده و همکاران [۱۸]	۱۳۹۲	ریسک سیاسی، ریسک بازار، ریسک فناوری اطلاعات، ریسک اختلال، ریسک تأمین، ریسک فرآیند تولید، ریسک‌های همکاری و ارتباطات
حیاتی و همکاران [۱۹]	۱۳۹۳	ریسک‌های بیرونی، ریسک‌های تأمین و تأمین‌کننده، ریسک‌های تولید، ریسک‌های عرضه، ریسک‌های سیستم اطلاعات، ریسک‌های پشتیبانی، ریسک‌های سازمانی

۳- مطالعات پیشین

تحقیقات زیادی در خصوص رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین با روش‌های مختلف انجام‌شده است که برخی از آن‌ها در جدول۲ داده‌شده است. بااین‌وجود تحقیقات اندکی در خصوص وابستگی متقابل ریسک‌های زنجیره تأمین وجود دارد. شناسایی مجموعه‌ای تفصیلی و ساختاریافته از ریسک‌ها به همراه وابستگی آن‌ها، اهمیت حیاتی برای مراحل مختلف مدیریت ریسک دارد. ریسک‌های زنجیره تأمین علاوه بر تأثیرپذیری از معیار خود می‌توانند بر ریسک‌های دیگر اثر گذاشته و یا از آن‌ها تأثیر

[1] Schoenherr
[2] Blackhurst
[3] Sofyaliglu and Kartal
[4] Aqlan and Lam
[5] Tummalaa and Schoenherr

بپذیرد، لذا تأثیر این روابط درنتیجه پژوهش حائز اهمیت می‌باشد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با در نظر گرفتن این تاثیرات می‌تواند نتایج واقعی‌تری را ارائه دهد که با ورود مبحث فازی به این رویکرد می‌توان تأثیر عدم قطعیت‌ها را نیز در نظر گرفت.

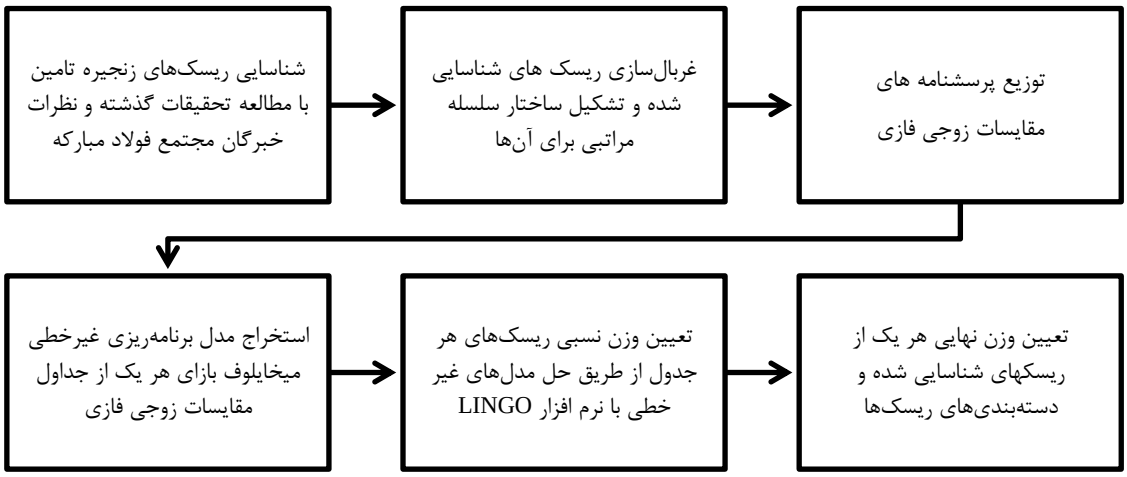
جدول ۲ پژوهش‌های انجام‌شده درزمینه ریسک زنجیره تأمین

پیشینه داخلی			
نام پژوهشگر	سال	روش‌های مورداستفاده	هدف
الفت و همکاران [۲۰]	۱۳۸۹	AHP فازی و TOPSIS فازی	اولویت‌بندی ریسک ساخت تقاطع غیر هم‌سطح استان بوشهر بر اساس استاندارد PMBOK
مظاهری و همکاران [۱۷]	۱۳۹۰	فرآیند تحلیل سلسله مراتبی	اولویت‌بندی ریسک‌های سازمان در دو بخش خصوصی و دولتی
میر فخرالدینی و همکاران [۴]	۱۳۹۰	AHP، الکتر، تاپسیس و تاکسونومی	رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین در بنگاه‌های کوچک و متوسط
حیاتی و همکاران [۱۹]	۱۳۹۲	AHP، الکتر و تاپسیس	اولویت‌بندی ریسک‌های ذوب‌آهن اصفهان
شهرکی و سروستانی [۲۱]	۱۳۹۴	الکتر فازی روش نمونه‌گیری جک نایف	مقایسه رتبه‌بندی عوامل مؤثر در مدیریت خطر زنجیره تأمین
زرین پور و همکاران [۲۲]	۱۴۰۰	دیمتل و ANP	ارزیابی ریسک ساختمان‌های سبز
پیشینه خارجی			
پژوهشگران	سال	روش‌های مورداستفاده	هدف
جوتنر[6] و همکاران [۲۳]	۲۰۰۳	-	بررسی مفهوم ریسک زنجیره تأمین و طبقه‌بندی عوامل آن
شونهر و همکاران [۱۲]	۲۰۰۸	AHP	ارزیابی عوامل ریسک زنجیره تأمین در یک شرکت تولیدی آمریکایی
معین زاده و حاج فتحعلی‌ها[7] [۲۴]	۲۰۱۰	ANP، VIKOR فازی	رتبه‌بندی اعضای زنجیره تأمین
اقلان [۲۵]	۲۰۱۵	نرم‌افزار RRA	ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین یکپارچه
کریلماز و اول [۱۰]	۲۰۱۶	مدل برنامه‌ریزی خطی	رتبه‌بندی و کاهش ریسک
عباسی پاریزی و همکاران [۲۶]	۲۰۱۸	مدل برنامه‌ریزی خطی	رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین
کافاک و همکاران [۲۷]	۲۰۲۱	AHP فازی	انتخاب مسیرهای بهینه در شرایط وجود ریسک در شبکه

۴- روش پژوهش

این پژوهش ماهیت توصیفی-تحلیلی داشته و هدف آن شناسایی، وزن‌دهی و اولویت‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین مجتمع فولاد مبارکه اصفهان از طریق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی می‌باشد. داده‌های این پژوهش از طریق پرسشنامه و مصاحبه با مدیران و کارشناسان مجتمع فولاد گردآوری شد. مدیران و کارشناسان منتخب مجتمع فولاد دارای مدرک تحصیلی فوق‌لیسانس و بالاتر با سابقه کاری حداقل ۱۰ سال بوده و همچنین آشنایی کامل با حوزه زنجیره تأمین داشته و بر اکثر دپارتمان‌های مجتمع فولاد اشراف داشتند. مراحل انجام پژوهش در شکل۱ داده‌شده و سپس هر مرحله به‌تفصیل شرح داده‌شده است.

[6] Jutttner
[7] Moeinzade and Hajfathaliha



شکل ۱ مراحل انجام پژوهش

۴-۱- گام اول: شناسایی ریسک‌های زنجیره تأمین

پس از مطالعه ادبیات و تحقیقات پیشین، ریسک‌هایی که هر محقق به‌عنوان ریسک‌های زنجیره تأمین در پژوهش خود معرفی کرده بود، گردآوری شد. سپس از طریق مصاحبه با مدیران و کارشناسان مربوطه ریسک‌های مربوط به مجتمع فولاد مبارکه شناسایی گردید. ریسک‌های شناسایی‌شده در این گام در ۴ دسته شامل ریسک‌های تأمین، تولید، عرضه و حمل‌ونقل، و محیطی دسته‌بندی گردیدند.

۴-۲- گام دوم: غربال‌سازی ریسک‌های شناسایی شده و تشکیل ساختار سلسله مراتبی آن‌ها

در این گام ریسک‌های شناسایی شده از طریق پرسشنامه و طیف ۵ مقیاسی لیکرت غربال‌سازی گردید. به این منظور، برای هر ریسک طیف ۵ گزینه‌ای از بسیار مهم تا بی‌اهمیت در نظر گرفته شد و از خبرگان خواسته شد تا نظر خود را در خصوص اهمیت هر ریسک بیان کنند. سپس با توجه به نظرات به‌دست‌آمده، ریسک‌های دارای میانگین اهمیت ۳ و بالاتر جهت ادامه پژوهش انتخاب شدند.

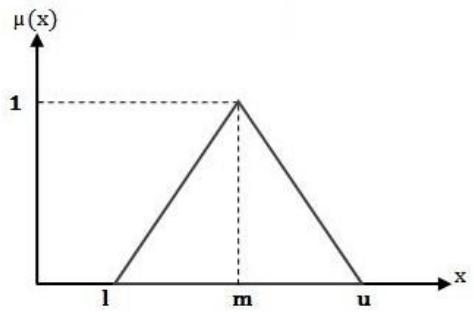
۴-۳- گام سوم: توزیع پرسشنامه‌های مقایسات زوجی فازی

در این گام به‌منظور تعیین اهمیت نسبی ریسک‌ها، پرسشنامه‌های مقایسات زوجی تشکیل گردید. سپس پنلی از خبرگان تشکیل و جداول مذکور با نظر جمعی آن‌ها تکمیل گردید. در تدوین این پرسشنامه‌ها از واژه‌های فازی جهت تعیین برتری یک ریسک به دیگری استفاده گردید. واژه‌های فازی معادل با اعداد فازی مثلثی به‌صورت جدول ۳ در نظر گرفته شد.

جدول ۳ واژه‌های کیفی و اعداد متناظر با آن‌ها (با اتخاذ از [۲۸])

تعاریف	ارجحیت سطر به ستون	ارجحیت ستون به سطر
اهمیت یکسان	(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۱)
یکسان تا نسبتاً مهم‌تر	(۳، ۲، ۱)	(۱، ۰/۵، ۰/۳۳)
نسبتاً مهم‌تر	(۵، ۳، ۱)	(۱، ۰/۳۳، ۰/۲)
نسبتاً مهم‌تر تا اهمیت زیاد	(۵، ۴، ۳)	(۰/۳۳، ۰/۲۵، ۰/۲)
اهمیت زیاد	(۷، ۵، ۳)	(۰/۳۳، ۰/۲، ۰/۱۴)
اهمیت زیاد تا بسیار زیاد	(۷، ۶، ۵)	(۰/۲، ۰/۱۷، ۰/۱۴)
اهمیت بسیار زیاد	(۹، ۷، ۵)	(۰/۲، ۰/۱۴، ۰/۱۱)
بسیار زیاد تا کاملاً مهم‌تر	(۹، ۸، ۷)	(۰/۱۴، ۰/۱۳، ۰/۱۱)
کاملاً مهم‌تر	(۹، ۹، ۷)	(۰/۱۱، ۰/۱۱، ۰/۱۴)

عدد فازی مثلثی، یک عدد فازی است که با سه عدد حقیقی به‌صورت F=(l,m,u) نمایش داده می‌شود. کران بالا که با u نشان داده می‌شود بیشینه مقادیری است که عدد فازی F می‌تواند اختیار کند. کران پایین که با l نشان داده می‌شود، کمینه مقادیری است که عدد فازی F می‌تواند اختیار کند. مقدار m محتمل‌ترین مقدار یک عدد فازی است. عدد فازی مثلثی F (l,m,u) در فضای هندسی به‌صورت شکل ۳ نمایش داده می‌شود:



شکل ۲ فضای هندسی اعداد فازی مثلثی

۴-۴- گام چهارم: استخراج مدل برنامه‌ریزی غیرخطی میخایلوف بازای هر یک از جداول مقایسات زوجی فازی

روش ارائه‌شده توسط میخایلوف [۲۹] یک روش برنامه‌ریزی اولویت‌بندی فازی می‌باشد که اوزان قطعی را از ماتریس‌های مقایسات زوجی فازی استخراج می‌کند. این روش برای تبدیل مسئله اولویت‌بندی به یک برنامه‌ریزی بهینه‌سازی غیرخطی بکار برده می‌شود که می‌تواند اوزان ترجیحی قطعی را از قضاوت‌های فازی استخراج کند. مدل بهینه‌سازی غیرخطی میخایلوف به‌صورت زیر می‌باشد.

$$
\begin{aligned}
&\text{max}imise \quad \lambda \\
&subject to \quad (m_{ij}-l_{ij})\lambda w_j - w_i + l_{ij} w_j \le 0, \\
&\qquad\qquad (u_{ij}-m_{ij})\lambda w_j + w_i - u_{ij} w_j \le 0, \\
&\qquad\qquad \sum_{k=1}^{n} w_k = 1, \quad w_k > 0, \quad k = 1,2,\ldots,n, \\
&\qquad\qquad i = 1,2,\ldots,n-1, \quad j = 2,3,\ldots,n \quad j > i.
\end{aligned}
\tag{۱}
$$

(l_{ij},m_{ij},u_{ij}) پارامترهای عدد مثلثی هستند که بیانگر ترجیح فازی عنصر i به عنصر j می‌باشد. W_k نیز وزن قطعی شاخص k ام می‌باشد که پس از حل مدل به دست می‌آید. محدودیت‌های اول و دوم در این مدل سعی می‌کنند مقدار λ را به‌گونه‌ای به دست آورند که اوزان ترجیحی خبرگان به عدد میانی هر عدد مثلثی نزدیک باشد زیرا عدد میانی دارای درجه عضویت ۱ می‌باشد. به دلیل اینکه هر عدد مثلثی دارای دو ضلع می‌باشد، لذا دو محدودیت برای هر وزن ترجیحی داده‌شده در جدول نوشته می‌شود. لازم به ذکر است که این مدل فقط برای اعداد بالا مثلثی دو محدودیت مذکور را مدله می‌کند زیرا اعداد پایین مثلثی معکوس اعداد بالا مثلثی هستند. مقدار بهینه λ که از این مدل به دست می‌آید درواقع درجه عضویت کل را برای جدول مقایسات زوجی نشان می‌دهد. اگر این مقدار برابر با ۱ باشد، به معنای آن است که جدول ما با درجه عضویت ۱ سازگار بوده است و اعداد میانی تمام ترجیحات فازی انتخاب‌شده‌اند. اما اگر مقدار λ کمتر از ۱ باشد، یعنی برای سازگار شدن جدول به‌ناچار برخی از اعداد میانی ترجیحات فازی انتخاب‌نشده‌اند. هرچه این مقدار کمتر باشد، یعنی فاصله ترجیحات انتخاب‌شده توسط مدل فاصله بیشتری از اعداد میانی ترجیحات فازی مثلثی داشته‌اند. به‌عنوان‌مثال جدول اول مقایسات زوجی فازی که به مقایسه ۴ ریسک اصلی تحقیق می‌پردازد، توسط خبرگان به‌صورت جدول ۴ تکمیل گردیده است.

جدول ۴ ماتریس مقایسات زوجی ریسک‌های اصلی

ریسک‌های زنجیره تأمین فولاد مبارکه	ریسک‌های تأمین	ریسک‌های تولید	ریسک‌های عرضه	ریسک‌های محیطی
ریسک‌های تأمین	-	(۱،۲،۳)	(۰/۲ ،۰/۳۳ ،۱)	(۰/۳۳ ،۰/۵ ،۱)
ریسک‌های تولید		-	(۰/۳۳ ،۰/۵ ،۱)	(۰/۳۳ ،۰/۵ ،۱)
ریسک‌های عرضه			-	(۱،۲،۳)
ریسک‌های محیطی				-

با توجه به عناصر ماتریس مقایسات زوجی ۵، مدل برنامه‌ریزی غیرخطی آن به‌صورت زیر حاصل شد:

$$Max\ Z = \lambda \quad (۲)$$

Subject to:

$$Max\ Z = \lambda \quad (۳)$$

$$\lambda W_2 - W_1 + W_2 \leq 0 \quad (۴)$$

$$\lambda W_2 + W_1 - 3W_2 \leq 0 \quad (۵)$$

$$0.13\lambda W_3 - W_1 + 0.2W_3 \leq 0 \quad (۶)$$

$$0.67\lambda W_3 + W_1 - W_3 \leq 0 \quad (۷)$$

$$0.17\lambda W_4 - W_1 + 0.3W_4 \leq 0 \quad (۸)$$

$$0.5\lambda W_4 + W_1 - W_4 \leq 0 \quad (۹)$$

$$0.17\lambda W_3 - W_2 + 0.3W_2 \leq 0 \quad (۱۰)$$

$$0.5\lambda W_3 + W_2 - W_3 \leq 0 \quad (۱۱)$$

$$0.17\lambda W_4 - W_2 + 0.3W_4 \leq 0 \quad (۱۲)$$

$$0.5\lambda W_4 + W_2 - W_4 \leq 0 \quad (۱۳)$$

$$\lambda W_4 - W_3 + W_4 \leq 0 \quad (۱۴)$$

$$\lambda W_4 + W_3 - 3W_4 \leq 0 \quad (۱۵)$$

$$\sum_{i=1}^{4} W_i = 1 \quad (۱۶)$$

به همین ترتیب روش میخایلوف برای تمامی ماتریس‌های مقایسات زوجی که از پرسشنامه‌های مقایسات زوجی فازی به‌دست‌آمده بود، به کار گرفته شد.

۴-۵- گام پنجم: تعیین وزن نسبی ریسک‌ها از طریق حل مدل‌های غیرخطی به دست آوردن وزن ریسک‌ها

با حل مدل‌های برنامه‌ریزی غیرخطی تهیه‌شده در گام قبل، وزن نسبی ریسک‌ها به دست آمد. به این منظور از نرم‌افزار Lingo استفاده گردید. به‌عنوان‌مثال از حل مدل ۱ وزن ریسک‌های اصلی مدل به‌صورت جدول۵ به دست آمد. به همین صورت اوزان نسبی سایر جداول مقایسات زوجی نیز محاسبه گردید.

جدول ۵ وزن ریسک‌های اصلی زنجیره تأمین مجتمع فولاد مبارکه

وزن‌ها	ریسک‌های زنجیره تأمین
۰/۴۸۰	ریسک تأمین
۰/۰۹۳	ریسک تولید
۰/۱۸۶	ریسک عرضه
۰/۲۴۰	ریسک محیطی

۴-۶- گام ششم: تعیین اوزان نهایی ریسک‌های زنجیره تأمین

در این گام اوزان نهایی ریسک‌ها محاسبه می‌شوند. برای این منظور، وزن نسبی هر ریسک در وزن نسبی دسته‌ای که در آن قرار دارد ضرب می‌شود. سپس، ریسک‌های شرکت بر اساس اوزان اختصاص داده‌شده به آن‌ها رتبه‌بندی و مهم‌ترین آن‌ها شناسایی می‌شوند.

۵- تعیین میزان اهمیت ریسک‌های مجتمع فولاد مبارکه اصفهان با رویکرد ارائه‌شده

در این بخش وزن و اهمیت هر یک از ریسک‌های مجتمع فولاد به دست آمد. به این منظور ابتدا جداول مقایسات زوجی فازی تشکیل گردید. سپس وزن‌های نسبی عناصر هر جدول با روش برنامه‌ریزی غیرخطی میخایلوف، به‌صورت اعداد قطعی به دست آمد. جداول زیر نشان‌دهنده ترجیحات خبرگان و اوزان ریسک‌ها هستند.

جدول ۶ ماتریس مقایسات زوجی ریسک‌های اصلی

وزن‌ها	ریسک‌های محیطی	ریسک‌های عرضه	ریسک‌های تولید	ریسک‌های تأمین	ریسک‌های زنجیره تأمین فولاد مبارکه
۰/۴۸۰	(۱، ۰/۵، ۰/۳۳)	(۱، ۰/۳۳، ۰/۲)	(۱،۲،۳)	-	ریسک‌های تأمین
۰/۰۹۴	(۱، ۰/۵، ۰/۳۳)	(۱، ۰/۵، ۰/۳۳)	-		ریسک‌های تولید
۰/۱۸۶	(۱،۲،۳)	-			ریسک‌های عرضه
۰/۲۴۰	-				ریسک‌های محیطی

جدول ۷ ماتریس مقایسات زوجی ریسک‌های تأمین و اوزان آن‌ها

وزن‌ها	کیفیت پایین مواد دریافتی	عدم وجود ارتباط مستقیم و بدون واسطه	تأخیر در تحویل سفارشات	احتمال افزایش قیمت	محدودیت تأمین	تعداد کم تامین‌کنندگان	ریسک‌های تأمین
۰/۰۷۰	(۰/۱۴، ۰/۲، ۰/۳۳)	(۱،۱،۱)	(۰/۱۴، ۰/۲، ۰/۳۳)	(۱، ۰/۳۳، ۰/۲)	(۱،۲،۳)	-	تعداد کم تامین‌کنندگان
۰/۰۴۲	(۰/۱۴، ۰/۲، ۰/۳۳)	(۱، ۰/۵، ۰/۳۳)	(۰/۱۴، ۰/۱۲، ۰/۱۱)	(۰/۱۴، ۰/۲، ۰/۳۳)	-		محدودیت تأمین
۰/۱۷۸	(۱، ۰/۵، ۰/۳۳)	(۱،۲،۳)	(۱، ۰/۵، ۰/۳۳)	-			احتمال افزایش قیمت
۰/۳۳۰	(۱،۱،۱)	(۳،۴،۵)	-				تأخیر در تحویل سفارشات
۰/۰۸۴	(۱، ۰/۳۳، ۰/۲)	-					عدم وجود ارتباط مستقیم و بدون واسطه
۰/۲۹۶	-						کیفیت پایین مواد دریافتی

جدول ۸ ماتریس مقایسات زوجی ریسک‌های تولید و وزن آن‌ها

وزن‌ها	عدم کنترل مناسب جهت کاهش ضایعات تولیدی	عدم انعطاف‌پذیری در ظرفیت تولید	ایمنی پایین کارخانه و نیروی انسانی	آتش‌سوزی و انفجار	ریسک‌های تولید
۰/۲۷۱	(۱،۲،۳)	(۱، ۰/۳۳، ۰/۲)	(۱،۱،۱)	-	آتش‌سوزی و انفجار
۰/۲۹۱	(۱،۳،۵)	(۱، ۰/۵، ۰/۳۳)	-		ایمنی پایین کارخانه و نیروی انسانی
۰/۳۱۳	(۱،۲،۳)	-			عدم انعطاف‌پذیری در ظرفیت تولید
۰/۱۲۵	-				عدم کنترل مناسب جهت کاهش ضایعات تولیدی

جدول ۹ ماتریس مقایسات زوجی ریسک‌های عرضه و وزن آن‌ها

وزن‌ها	ریسک‌های ناشی از محصولات	ریسک‌های ناشی از حمل‌ونقل	ریسک‌های عرضه
۰/۱۱۵	(۰/۱۴، ۰/۱۳، ۰/۱۱)	-	ریسک‌های ناشی از حمل‌ونقل
۰/۸۸۵	-		ریسک‌های ناشی از محصولات

جدول ۱۰ ماتریس مقایسات زوجی ریسک‌های محیطی و وزن آن‌ها

وزن‌ها	دسترسی کم به نیروی ماهر و خبره	غیرقابل پیشی بینی بودن اقتصاد کلان و روابط سیاسی	ریسک‌های محیطی
۰/۱۱۵	(۰/۱۴، ۰/۱۳، ۰/۱۱)	-	غیرقابل‌پیش‌بینی بودن اقتصاد کلان و روابط سیاسی
۰/۸۸۵	-		دسترسی کم به نیروی ماهر و خبره

پس از به دست آوردن اوزان نسبی عناصر جداول مقایسات زوجی، وزن نهایی هریک از ریسک‌های مجتمع فولاد به دست آمد. برای این منظور کافی است وزن نسبی هر ریسک در وزن دسته‌ای ضرب شود که در آن قرار دارد. جدول زیر اوزان نهایی ریسک‌های شرکت را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱ وزن‌های نهایی معیارهای مدل از نرم‌افزار Super Decision

رتبه	وزن نهایی	وزن نسبی	ریسک	دسته‌بندی ریسک‌ها
۷	۰.۰۳۴	۰.۰۷۰	تعداد کم تأمین‌کنندگان	ریسک‌های تأمین با وزن ۰.۴۸
۱۳	۰.۰۲۰	۰.۰۴۲	محدودیت تأمین	
۵	۰.۰۸۵	۰.۱۷۸	احتمال افزایش قیمت	
۳	۰.۱۵۸	۰.۳۳۰	تأخیر در تحویل سفارشات	
۶	۰.۰۴۰	۰.۰۸۴	عدم وجود ارتباط مستقیم و بدون واسطه	
۴	۰.۱۴۲	۰.۲۹۶	کیفیت پایین مواد دریافتی	
۱۱	۰.۰۲۵	۰.۲۷۱	آتش‌سوزی و انفجار	ریسک‌های تولید با وزن ۰.۰۹۴
۱۰	۰.۰۲۷	۰،۲۹۱	ایمنی پایین کارخانه و نیروی انسانی	
۸	۰.۰۲۹	۰.۳۱۳	عدم انعطاف‌پذیری در ظرفیت تولید	
۱۴	۰.۰۱۲	۰.۱۲۵	عدم کنترل مناسب جهت کاهش ضایعات تولیدی	
۱۲	۰.۰۲۱	۰.۱۱۵	ریسک‌های ناشی از حمل‌ونقل	ریسک‌های عرضه با وزن ۰.۱۸۶

۲	۰.۱۶۵	۰.۸۸۵	ریسک‌های ناشی از محصولات	
۹	۰.۰۲۸	۰.۱۱۵	غیرقابل‌پیش‌بینی بودن اقتصاد کلان و روابط سیاسی	ریسک‌های محیطی با وزن ۰.۲۴
۱	۰.۲۱۲	۰.۸۸۵	دسترسی کم به نیروی ماهر و خبره	

همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌گردد ریسک غیرقابل‌پیش‌بینی بودن اقتصاد کلان و روابط سیاسی با وزن ۰.۲۱۲ مهم‌ترین ریسک شرکت ازنظر خبرگان می‌باشد. ریسک‌های ناشی از محصولات با وزن ۰.۱۶۵ و تأخیر در تحویل سفارشات با وزن ۰.۱۵۸ و کیفیت پایین مواد دریافتی با وزن ۰.۱۴۲ از مهم‌ترین ریسک‌های دیگر شرکت می‌باشند.

۶- نتیجه‌گیری

هدف این تحقیق شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین مجتمع فولاد مبارکه با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی بوده است. با توجه به نتایج حاصل، ریسک تأمین دارای بالاترین اولویت در میان ریسک‌ها در مجتمع فولاد مبارکه می‌باشد. اما ریسک تأمین خود شامل ۶ ریسک بوده که از میان آن‌ها، ریسک‌های تأخیر در تحویل سفارشات و کیفیت پایین مواد در اولویت بالاتری قرار دارد. برای مواجهه با ریسک تأخیر در تحویل سفارشات می‌توان سفارشات در حجم بالا و استفاده از سیاست‌های سفارش بر اساس نقطه ثابت را در شرکت تدارک دید به‌گونه‌ای که در زمان تأخیر در دریافت سفارشات از موجودی‌های انبار و ذخیره‌ها استفاده نمود. ریسک کیفیت پایین مواد دریافتی برای روغن‌های نورد و مواد نسوز بسیار حائز اهمیت می‌باشد، چراکه کیفیت پایین این مواد مصرفی می‌تواند منجر به انفجار و آتش‌سوزی گردد. اقدامی که در جهت کاهش این ریسک به مجتمع فولاد مبارکه پیشنهاد می‌شود بستن قراردادهای کوتاه‌مدت با تامین‌کنندگان این مواد می‌باشد تا از این طریق بتوان کیفیت مواد خریداری‌شده را به‌طور پیوسته بررسی و از تجدید قرارداد با تامین‌کنندگانی که کیفیت مواد خود را پایین می‌آورند، امتناع ورزید. اما مهم‌ترین ریسکی که شرکت با آن مواجه است یکی از ریسک‌های محیطی به نام ریسک عدم دسترسی به نیروی ماهر می‌باشد. جهت کاهش این ریسک برون‌سپاری و بستن قراردادهای بلندمدت با پیمانکاران پیشنهاد می‌شود. همچنین در شرایط ایده‌آل توصیه می‌گردد بودجه متناسبی جهت آموزش کارکنان خاص اختصاص داده شود و همچنین کارگاه‌هایی توسط افراد آموزش‌دیده برای سایرین در نظر گرفته شود تا در صورت غیبت آن‌ها به هر دلیلی، بتوان افرادی را جهت جایگزینی انتخاب نمود.

۷- منابع

[1] Vanany I, Zailani S, Pujawan N. Supply chain risk management: literature review and future research. International Journal of Information Systems and Supply Chain Management (IJISSCM). 2009;2:16-33.

[2] Oliver RK, Webber MD. Supply-chain management: logistics catches up with strategy. Logistics: The strategic issues. 1982:63-75.

[3] Heckmann I, Comes T, Nickel S. A critical review on supply chain risk–Definition, measure and modeling. Omega. 2015;52:119-32.

[4] Mirfakhredini SH, Andalib Ardakani D, Rezaei Asal M. Applying multi-criteria decision-making techniques to evaluate supply chain risk factors: Case Study: Small and medium-sized enterprises' information technology field. Scientific-Research Quarterly of Management Studies Industrial. 2013;8:107-30.

[5] Ritchie B, Brindley C. Supply chain risk management and performance: A guiding framework for future development. International journal of operations & production management. 2007;27:303-22.

[6] Aitken J. Supply chain integration within the context of a supplier association: case studies of four supplier associations. 1998.

[7] Bogataj D, Bogataj M. Measuring the supply chain risk and vulnerability in frequency space. International Journal of Production Economics. 2007;108:291-301.

[8] Neiger D, Rotaru K, Churilov L. Supply chain risk identification with value-focused process engineering. Journal of operations management. 2009;27:154-68.

[9] Trkman P, McCormack K. Supply chain risk in turbulent environments—A conceptual model for managing supply chain network risk. International Journal of Production Economics. 2009;119:247-58.

[10] Kırılmaz O, Erol S. A proactive approach to supply chain risk management: Shifting orders among suppliers to mitigate the supply side risks. Journal of Purchasing and Supply Management. 2017;23:54-65.

[11] Mehr Ali Dehnavi, Masouma. Aghaei, Abdallah. Stock, Mustafa. supply chain risk management: a literature review. 9th international management conference2018.

[12] Schoenherr T, Tummala VR, Harrison TP. Assessing supply chain risks with the analytic hierarchy process: Providing decision support for the offshoring decision by a US manufacturing company. Journal of Purchasing and Supply Management. 2008;14:100-11.

[13] Blackhurst JV, Scheibe KP, Johnson DJ. Supplier risk assessment and monitoring for the automotive industry. International journal of physical distribution & logistics management. 2008;38:143-65.

[14] Sofyalıoğlu Ç, Kartal B. The selection of global supply chain risk management strategies by using fuzzy analytical hierarchy process–a case from Turkey. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2012;58:1448-57.

[15] Aqlan F. A software application for rapid risk assessment in integrated supply chains. Expert Systems with Applications. 2016;43:109-16.

[16] Tummala R, Schoenherr T. Assessing and managing risks using the supply chain risk management process (SCRMP). Supply Chain Management: An International Journal. 2011;16:474-83.

[17] Mazaheri A, Karbasian M, Shirouyezad H. Identifying and prioritizing supply chain risks in manufacturing organizations using the hierarchical analysis process. Supply Chain Management Quarterly. 2013;13:28-37.

[18] Shahbandarzadeh H, Jamali G, Shafiei F. Analytical approach in identifying factors affecting supply chain risk in the country's dairy industries. Supply Chain Management Scientific-Promotional Quarterly. 2013;15:42-53.

[19] Hayati M, Ataei M, Khalukakaei R, Sayadi AR. presenting a model for assessing supply chain risks using multi-indicator decision-making techniques. Scientific-Research Quarterly of Industrial Management Studies. 2013;12:19-40.

[20] Alfat L, Khosravani F, Jalali R. project risk identification and prioritization based on the PMBOK standard with a fuzzy approach: (Study case: non-level intersection construction projects in Bushehr province). scientific-research quarterly Industrial Management Studies. 2009;8:163-47.

[21] Shahraki MR, Adalat Sarostani, Reza M. comparing the ranking of effective factors in supply chain risk management using the fuzzy electret method and the jackknife sampling method together with interval analysis. Scientific and Research Quarterly of Crisis Management. 2014;8:110-7.

[22] Zarinpour N, Amiri M, Nematalahi MH. Risk assessment of green buildings using the combined approach of Dimetal and the analysis process network. Journal of Operations Research Decision Making. 2021;6.

[23] Jüttner U, Peck H, Christopher M. Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. International Journal of Logistics: research and applications. 2003;6:197-210.

[24] Moeinzadeh P, Hajfathaliha A. A combined fuzzy decision making approach to supply chain risk assessment. International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering. 2009;3:1631-47.

[25] Aqlan F, Lam SS. A fuzzy-based integrated framework for supply chain risk assessment. International Journal of Production Economics. 2015;161:54-63.

[26] Abbasi-Parizi S, Aminnayeri M, Bashiri M. Robust solution for a minimax regret hub location problem in a fuzzy-stochastic environment. Journal of Industrial & Management Optimization. 2018;14.

[27] Kaewfak K, Ammarapala V, Charoensiriwath C. Fuzzy AHP approach for route selection in multimodal transportation: The case of coal industry in Thailand. Science & Technology Asia. 2021:84-95.

[28] Srdjevic B, Medeiros YDP. Fuzzy AHP assessment of water management plans. Water Resources Management. 2008;22:877-94.

[29] Mikhailov L. Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgements. Fuzzy sets and systems. 2003;134:365-85.