Research in Production and Operations Management
University of Isfahan E-ISSN: 2981-0329
Vol. 16, Issue 3, No. 42, Autumn 2025
DOI: 10.22108/POM.2025.143799.1601

(Research paper)

Designing Scenarios for Reducing Supply Chain Risks at the Ardakan Steel Complex

Davood Andalib Ardakani *
Departement of Industrial Management, Faculty of Economics, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran, andalib@yazd.ac.ir
Hamidreza Javaherian
Departement of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran, javaherian.hamidreza@yahoo.com
Aref Toghroljerdi
Departement of Industrial Management, Faculty of Economics, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran, areftoghroljerdi@gmail.com

Purpose: In the current context, where steel companies are confronting global challenges such as energy price fluctuations, geopolitical crises, and environmental constraints, the necessity for accurate risk identification and the formulation of suitable mitigation strategies is more pressing than ever. This study aims to investigate supply chain risks in the steel industry using scientific methods like the PESTEL framework and robustness analysis, and to propose strategies for alleviating the impacts of these risks.

Design/methodology/approach: After identifying the problem, and to select an appropriate strategy for the steel industry, robustness analysis was employed to evaluate the resilience and vulnerability of decisions in a risk-laden future. Within this approach, the PESTEL method was utilized to identify the most critical indicators related to the industry and to determine the associated threats and opportunities, enabling the design of potential scenarios based on these indicators. Finally, the Best-Worst Method was applied to rank the scenarios according to their likelihood of occurrence. The statistical population of this study includes managers, experts, and specialists in the steel industry who are directly involved in supply chain and risk management. A non-random, purposive sampling method was used to ensure that the selected individuals possessed the necessary expertise and experience in the fields of supply chain and risk management.

* Corresponding author, 0000-0002-4738-9362 2981-0329 / © University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Findings: Based on the PESTEL table and the relevant influencing factors, 216 feasible and implementable scenarios were identified. Through expert consultation, 36 scenarios were selected as the most probable. After ranking them using the Best-Worst Method, the weights and ranks of the scenarios were determined. The top 14 scenarios were identified as the most likely to occur. Upon examining these 14 scenarios, they were categorized into four main groups of solvable strategies through robustness analysis. Finally, the robustness and vulnerability scores of the primary strategies were calculated, and the success rate of each strategy under risk conditions was presented.

Research limitations/implications - Among the limitations of this study is the reliance on specific data and analyses derived from expert opinions. While these opinions are valuable, they may be subject to personal biases or the limited experiences of the experts. Additionally, due to the unique characteristics of the steel industry and its environmental conditions, the findings of this research may not be entirely generalizable to other industries or countries. Such simplification may have overlooked certain real aspects of the risks involved in practical implications. This research has enabled the provision of practical insights and applicable strategies for managing supply chain risks in the steel industry, allowing final decisions to be made with minimal risk.

Social implications: Contributing to the enhancement of sustainability and competitiveness for companies in the steel industry is one of the social outcomes of this research. Reducing supply chain risk in these sectors is highly impactful, particularly in an environment where steel companies encounter global challenges such as energy price fluctuations, geopolitical crises, and environmental constraints. In other words, by managing supply chain risk in the steel industry, a significant step is taken toward a green supply chain, whose positive outcomes directly influence the surrounding environment, and toward a sustainable supply chain that operates with consideration for social, economic, and environmental issues throughout the entire supply chain.

Originality/value: Compared to earlier studies, this research aims to present various scenarios by integrating expert opinions and considering the effects of external events through a combined application of scientific methods such as Robustness Analysis and the Best-Worst Method. This approach allows decision-makers to make final choices with greater confidence and enhanced precision. Among the other distinctions of this research compared to prior studies is the introduction of novel managerial strategies, including the use of artificial intelligence for more accurate risk prediction and the application of blockchain technology as an innovative tool for improved supply chain risk management.

Keywords: Supply chain risk, Risk management, Best-worst method, Robustness analysis, Ardakan Steel Complex

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهش در مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۶، شماره ۳، پیاپی ۴۲، پاییز ۱۴۰۴
دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۹ ص ۱۹-۴۶
DOI: 10.22108/POM.2025.143799.1601

(مقالهٔ پژوهشی)

مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین در صنعت فولاد: رویکرد تحلیل استواری

داود عندلیب اردکانی*[۱]؛ حمیدرضا جواهریان[۲]؛ عارف طغرالجردی[۳]

۱- دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران، andalib@yazd.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران، javaherian.hamidreza@yahoo.com
۳- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران، areftoghroljerdi@gmail.com

چکیده: با توجه به پیچیدگی‌های جوامع کنونی و عوامل گوناگون دخیل در حیات صنایع، سازمان‌ها همواره در معرض ریسک‌ها و عدم قطعیت‌هایی‌اند که بقایشان را تهدید می‌کنند. یکی از اصلی‌ترین ریسک‌های موجود برای صنایع، ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین هر صنعت است. به‌منظور کاهش یا حذف کلی ریسک در طول زنجیرهٔ تأمین، نیاز به شناسایی و اولویت‌بندی ریسک احساس می‌شود تا سناریوهایی در جهت مدیریت بهتر این ریسک‌ها، ارائه شود. در همین راستا، هدف پژوهش، انتخاب بهترین سناریو در شرایط مواجه با ریسک است. مورد مطالعهٔ این پژوهش، شرکت مجتمع فولاد اردکان است و دربارهٔ دو کارخانهٔ گندله‌سازی و آهن اسفنجی نیز بحث و بررسی شد. پس از شناسایی ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین مربوط به این شرکت، با استفاده از روش PESTEL، نظر خبرگان صنعت، بررسی پیشینهٔ پژوهش و بازدیدهای میدانی، اساسی‌ترین سناریوهای رخداد ریسک‌ها انتخاب و با استفاده از روش بهترین – بدترین براساس احتمال رخداد رتبه‌بندی شدند. در مرحلهٔ بعد، ۱۴ سناریو به‌عنوان محتمل‌ترین سناریوهای رخدادپذیر انتخاب شدند و سپس این سناریوها با روش تحلیل استواری و در ۴ دستهٔ کلی براساس راهبردهای حل دسته‌بندی شدند که شامل راهبردهای تمرکز، تنوع، تدافعی و یکپارچگی بودند و درصد موفقیت هر راهبرد در شرایط ریسک ارائه شد. درنهایت، نتایج سناریوها به‌طور کامل و براساس شباهت در رویکرد حل براساس راهبرهای کلی بیان شد تا بهترین نتایج برای مطالعهٔ موردی پژوهش به ارمغان آید.

واژه‌های کلیدی: ریسک زنجیرهٔ تأمین، مدیریت ریسک، روش بهترین – بدترین، تحلیل استواری، مجتمع فولاد اردکان

* نویسنده مسئول، 0000-0002-4738-9362

2981-0329 / © University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

۱- مقدمه

زنجیرهٔ تأمین[1] یکی از اجزای اصلی و حیاتی هر شرکت است که تولید، طراحی و عملکرد کارآمد آن شرکت را تضمین و یا دربارهٔ آن بحث و بررسی می‌کند (Azaron et al., 2008). زنجیرهٔ تأمین، زنجیره‌ای سلسله‌وار از شرکت‌هاست که برای برآوردن تقاضای مشتریان سازمان‌دهی می‌شود و از تأمین‌کننده، تولیدکننده، توزیع‌کننده و مشتریان شکل گرفته است. از دید بسیاری از محققان، مدیریت زنجیرهٔ تأمین[2] متشکل از یک فرآیند مدیریت استراتژیک است که از تهیه، جابه‌جایی و ذخیره‌سازی مواد، قطعات و محصولات تشکیل شده است و به حداکثر سود و رضایت مشتریان منجر می‌شود. دو دههٔ اخیر رویدادهای گوناگونی زنجیره‌های تأمین جهانی را به‌طور درخور توجهی تحت تأثیر خود قرار داده و باعث شده است تا مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین یکی از اساسی‌ترین دغدغه‌ها و مباحث با اهمیت در سازمان‌ها به حساب بیاید. ارتباط با شرکت‌های بالادست و پایین‌دست و همچنین شیوهٔ ارتباطات درونی یک زنجیرهٔ تأمین موجب شده است که بسیاری از شرکت‌ها با موانع و ریسک‌هایی مواجه شوند.

چنین مشکلات و ریسک‌هایی، پیامد عدم قطعیت تعریف می‌شود (Khalilabadi et al., 2020) . به‌طور کلی ریسک، یک احساس خطر از عدم اطمینان است که تأثیر آن به‌صورت کمی تعیین می‌شود. ریسک‌ها معضلات بسیاری را در طول هر زنجیرهٔ تأمین ایجاد کنند؛ برای مثال ریسک‌ها جریان محصولات را قطع می‌کنند، درآمد زنجیرهٔ تأمین را به میزان چشمگیری کاهش می‌دهند، بر رضایت مشتریان تأثیر می‌گذارند و درنتیجه حیات یک شرکت یا سازمان را تحت تأثیر شدید خود قرار می‌دهند (Al-Ayed & Al-Tit, 2023). در بازارهای فعلی جهانی که ماهیت رقابتی بالایی دارند، شرکت‌ها باید با در نظر گرفتن این ریسک‌ها و بررسی اهمیت آنها، راهکارهایی را برای حل آنها ارائه دهند. در بسیاری از موارد، کوچک‌انگاشتن این ریسک‌ها و عواقب آنها، بسیاری از شرکت‌ها و سازمان‌ها را به‌سمت نابودی و حذف از بازار سوق داد. به‌دلیل افزایش رقابت، تنوع راه‌حل‌های تکنولوژیکی و انتظارات نامحدود مشتری، جهانی‌شدن سیستم‌های کسب و کار و سازمان‌ها، ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین هر شرکت و سازمان افزایش یافته است (Valinejad & Rahmani, 2018). همچنین موارد دیگری ازجمله اختلال در زنجیرهٔ تأمین، عدم قطعیت در تقاضا، عدم قطعیت در عرضه و نوسانات اقتصادی نمونه‌ای از این ریسک‌ها هستند (Vishnu et al., 2019) . خطرات زیست‌محیطی نیز مانند حوادث فاجعه‌بار همچون جنگ‌ها، مشکلات سیاسی و اجتماعی، نوسانات بازار و رویدادهای پیش‌بینی‌نشده همچون سیل و زلزله و تصادفات نیز ماهیت هر زنجیرهٔ تأمین را تهدید می‌کند (Olatunji & Ayoola, 2024 ;Khalilabadi et al., 2020). به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری زنجیرهٔ تأمین و کاهش تأثیر اختلالات و همچنین دستیابی به استحکام و انعطاف‌پذیری بیشتر، توجه به ریسک و عدم قطعیت‌ها بسیار اساسی و مهم است. سازمان‌ها به‌طور پیوسته با ریسک‌های جدید مواجه می‌شوند که به همین دلیل نیاز به مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین در هر سازمان بیش از پیش حس می‌شود. مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین[3] یک رویکرد نظام‌مند و دارای چهارچوب برای دستیابی به اهداف فوق ارائه می‌دهد و خطرات ریسک‌ها را تا حد پذیرفتنی کم می‌کند و یا از بین می‌برد (Baryannis et al., 2019).

صنعت فولاد یکی از بخش‌های مهم و استراتژیک در اقتصاد جهانی و ایران شناخته می‌شود. این صنعت به‌دلیل پیچیدگی‌های زنجیرهٔ تأمین، ازجمله وابستگی به تأمین مواد اولیه، تولید و توزیع محصولات نهایی، در معرض ریسک‌های زیادی قرار دارد. عواملی مانند نوسانات قیمت مواد اولیه، تغییرات تقاضای بازار، تحریم‌های بین‌المللی و اختلالات حمل‌ونقل، خطرات جدی را برای پایداری و کارایی زنجیرهٔ تأمین فولاد به وجود می‌آورند. مدیریت این ریسک‌ها برای تضمین تداوم تولید و حفظ سهم بازار، اهمیت ویژه‌ای دارد.

در شرایط فعلی که شرکت‌های فولادی با چالش‌های جهانی مانند نوسانات قیمت انرژی، بحران‌های ژئوپلیتیکی و محدودیت‌های محیط‌زیستی مواجه‌اند، به شناسایی دقیق ریسک‌ها و ارائهٔ راهکارهای مناسب برای کاهش آنها بیش از پیش نیاز است. این پژوهش تلاش دارد تا با استفاده از رویکردهای علمی همچون روش PESTEL و تحلیل استواری، ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین را در صنعت فولاد بررسی کند و راهبردهایی را برای کاهش آثار این ریسک‌ها ارائه دهد. هدف اصلی، کمک به ارتقای پایداری و رقابت‌پذیری شرکت‌های فعال در این صنعت است.

از این رو، این پژوهش بر آن است تا ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین مطالعه‌شده را با روش PESTEL شناسایی و سپس با استفاده از روش بهترین–بدترین آنها را رتبه‌بندی و درنهایت راهبردهای متناسب با سناریوهای مختلف را با روش تحلیل استواری بررسی و ارزیابی کند. برای این منظور در بخش پیشینهٔ تحقیق به حوزهٔ زنجیرهٔ تأمین، ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین و در ادامه به انواع ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین اشاره می‌شود. در انتهای این بخش نیز، روش‌های حل ریسک زنجیرهٔ تأمین در این حوزه توضیح داده می‌شود. در بخش سوم، روش‌شناسی پژوهش شامل روش PESTEL، بهترین–بدترین و تحلیل استواری شرح داده می‌شود. در بخش چهارم، دربارهٔ نتایج و یافته‌های پژوهش بحث و در بخش پایانی بحث و نتیجه‌گیری انجام می‌شود.

۲- پیشینهٔ تحقیق

امروزه نیز یکی از جدی‌ترین مسائلی که نه‌تنها کارایی و حتی بقای صنایع را دچار معضل کرده است، ریسک به وجود آمده در طول زنجیرهٔ تأمین است. پیچیدگی کسب و کارها، سختی در کسب اطلاعات دقیق و مفید، رقابت شدید، تنوع در خواسته‌های مشتریان و غیره، باعث افزایش ریسک در زنجیرهٔ تأمین می‌شود.

در طول تاریخ، عوامل مختلفی همواره موجب تهدید کسب و کارها شده‌اند. ریسک همیشه در کسب و کار و زنجیرهٔ تأمین وجود داشته است، حتی خیلی قبل از اینکه اصطلاحات زنجیرهٔ تأمین و مدیریت زنجیرهٔ تأمین بخشی از واژگان مهم کسب و کارها شود. به‌طور کلی ریسک‌ها به‌دلیل اطلاع‌نداشتن دقیق از آینده رخ می‌دهند و باعث می‌شوند بین آنچه در واقعیت اتفاق می‌افتد و آنچه سازمان‌ها و یا شرکت‌ها برنامه‌ریزی کرده‌اند، اختلاف به وجود آید (Abdel-Basset et al., 2019).

در سال‌های اخیر، حجم درخور توجهی از کارهای تحقیقاتی را محققان این حوزه انجام داده‌اند. خلاصه‌ای از اقدامات انجام‌شده به‌وسیلهٔ محققان در گذشته، در جدول (۱) بیان شده است.

جدول ۱- پژوهش‌ها در زمینهٔ ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین

Table 1- Research on supply chain risks

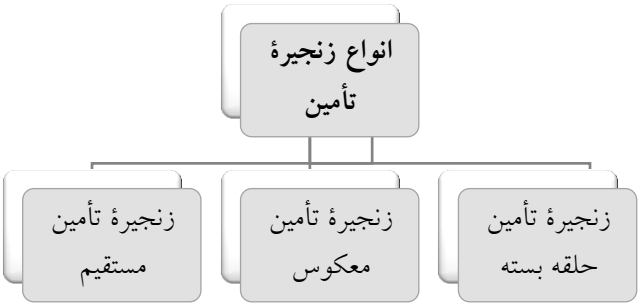
ردیف	نویسنده	نام مجله	عنوان	روش و خلاصهٔ پژوهش
۱	راجارام و تانگ[۴] (2001)	European Journal of Operational Research	تأثیر جایگزینی محصول بر تجارت خرده‌فروشی	بررسی تأثیرات وجود محصولات جایگزین بر سود در زمان عدم قطعیت تقاضا
۲	نورمن و جانسون[۵] (2004)	International journal of physical distribution & logistics management	رویکرد مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین فعال اریکسون پس از حادثهٔ جدی زیر تأمین‌کننده	تأثیر تأمین‌کنندهٔ فرعی و شرکت بیمه بر ریسک زنجیرهٔ تأمین
۳	تانگ[۶] (2006)	International journal of production economics	مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین	مدل‌های کمی مختلف ریاضی را برای مدیریت خطرات زنجیرهٔ تأمین بررسی کردند
۴	روغانیان و همکاران[۷] (2007)	Applied Mathematics and Computation	مشکل برنامه‌ریزی چند سطحی خطی چند هدفه برای برنامه ریزی زنجیرهٔ تأمین	ارائهٔ برنامه‌های کاربردی برای مقابله با مشکلات زنجیرهٔ تأمین شامل عدم قطعیت تقاضای بازار، ظرفیت تولید و در دسترس بودن منابع و استفاده از برنامه‌ریزی دو سطحی
۵	آذرون و همکاران[۸] (2008)	International Journal of Production Economics	یک رویکرد برنامه ریزی تصادفی چند هدفه برای طراحی زنجیرهٔ تأمین با در نظر گرفتن ریسک	ترکیب تکنیک دستیابی به هدف و تکنیک پارتو برای تصمیم‌گیری در شرایط ریسک زنجیرهٔ تأمین و برنامه‌ریزی تصادفی چند هدفه برای طراحی زنجیرهٔ تأمین تحت عدم قطعیت
۶	پیدرو و همکاران[۹] (2009)	Fuzzy Sets and Systems	بهینه‌سازی فازی برای برنامه ریزی زنجیرهٔ تأمین تحت عدم قطعیت عرضه، تقاضا و فرایند	پیشنهاد مدل برنامه‌ریزی ریاضی فازی برای برنامه‌ریزی زنجیرهٔ تأمین که عرضه، تقاضا و عدم قطعیت‌های فرایند را در نظر می‌گیرد
۷	آذرون و همکاران (2009)	Operations Research Proceedings	رویکردهای برنامه‌ریزی تصادفی چند هدفهٔ تعاملی برای طراحی شبکه‌های زنجیره تأمین قوی	استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی چند هدفه (دو مرحله‌ای) برای طراحی زنجیرهٔ تأمین قوی
۸	میرزاپور و همکاران[۱۰] (2011)	International Journal of Production Economics	یک مدل بهینه‌سازی چند منظورهٔ قوی برای برنامه ریزی تولید چند مجموعه‌ای چند محصولی در زنجیرهٔ تأمین تحت عدم قطعیت	پیشنهاد مدل برنامه‌ریزی صحیح چند منظورهٔ قوی برای مقابله با برنامه‌ریزی تولید کل
۹	چن و فن[۱۱] (2012)	Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review	برنامه‌ریزی سیستم زنجیرهٔ تأمین بیواتانول تحت عدم قطعیت عرضه و تقاضا	ایجاد یک چارچوب مدل‌سازی یکپارچه که برای حمایت از برنامه ریزی سیستم سوخت زیستی آینده در شرایط عدم قطعیت به کار می‌رود
۱۰	یان و همکاران[۱۲] (2016)	Sustainability	راهبرد هماهنگی قرارداد زنجیرهٔ تأمین با جایگزینی تحت اختلال عرضه و تقاضای تصادفی	پیشنهاد قرارداد بازخرید برای هماهنگی بیشتر زنجیرهٔ تأمین در شرایط ریسک تقاضا
۱۱	فراهانی و همکاران[۱۳] (2017)	Computers & Industrial Engineering	یک مدل موجودی با در نظر گرفتن یک راهبرد برای کاهش خطر ریسک در زنجیرهٔ تأمین با محصولات جایگزین	طراحی مدلی برای مقابله با ریسک تقاضا در زنجیرهٔ تأمین با استفاده از محصولات جایگزین
۱۲	راجاگوپال و همکاران[۱۴] (2017)	Computers & Industrial Engineering	مدل‌های تصمیم‌گیری برای کاهش خطر زنجیرهٔ تأمین	مرور ادبی سیستماتیک و تجزیه و تحلیل جامع مدل‌های تصمیم‌گیری برای کاهش خطر زنجیرهٔ تأمین
۱۲	گوویندان و چنگ[۱۵] (2018)	Computers & Operations Research	پیشرفت در برنامه‌ریزی تصادفی و بهینه‌سازی قوی برای برنامه‌ریزی زنجیرهٔ تأمین	بررسی برنامه ریزی زنجیرهٔ تأمین ازطریق پیشرفت برنامه‌ریزی تصادفی و بهینه‌سازی قوی

ردیف	نویسنده	نام مجله	عنوان	روش و خلاصهٔ پژوهش
۱۳	داروم و همکاران[۱۶] (2018)	cleaner production	یک مدل موجودی بازیابی اختلال در زنجیرهٔ تأمین با ذخیره‌سازی ایمنی و ملاحظهٔ انتشار کربن	ارائهٔ یک مدل بازیابی از یک زنجیرهٔ تأمین دو مرحله‌ای در معرض ریسک عرضه
۱۴	هانگ و همکاران[۱۷] (2018)	Industrial Management & Data Systems.	مدیریت ریسک تدارکات تحت عدم قطعیت	پنج ریسک اصلی در فرایند تدارکات شناسایی شده است که جدا از خلاصه‌کردن راهبردهای فعلی، پیشنهادهایی برای تسهیل انتخاب راهبرد برای مدیریت ریسک‌های تدارکات ارائه شده است.
۱۵	سویرچک و شوزدا[۱۸] (2019)	International Journal of Management and Decision Making	برنامه‌ریزی تقاضا، رام‌کننده و محرک ریسک عملیاتی: شواهدی از زنجیره‌های تأمین اروپا	بررسی آثار شیوه‌های برنامه‌ریزی تقاضا بر اختلالات ناشی از ریسک عملیاتی
۱۶	خلیل‌آبادی و همکاران[۱۹] (2020)	Computers & Industrial Engineering	یک روش برنامه ریزی تصادفی چند مرحله‌ای برای کاهش خطر زنجیرهٔ تأمین ازطریق جایگزینی محصول	مقابله با ریسک زنجیرهٔ تأمین با استفاده از جایگزینی محصول در صورت کمبود محصول
۱۷	بییر و همکاران[۲۰] (2020)	International Journal of Production Research	روش‌های کاهش ریسک در ساختارهای پیچیدهٔ زنجیرهٔ تأمین	یک مرور سیستماتیک بر پیشینهٔ مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین و بررسی مدل‌های موجود
۱۸	دهقانی و همکاران[۲۱] (2021)	Omega	انتقال مجدد فعال در زنجیرهٔ تأمین خون: یک روش برنامه‌ریزی تصادفی	ارائهٔ یک مدل پیشنهادی حمل و نقل بر مبنای تقاضای نامشخص خون درخواستی هر بیمارستان به‌منظور کاهش ریسک زنجیرهٔ تأمین در فضای تصادفی

این پژوهش در مقایسه با کارهای پیشین، با دخیل‌کردن نظرات خبرگان و در نظر گرفتن تأثیرات رویدادهای خارجی، با استفاده‌ای ترکیبی از روش‌های علمی همچون روش تحلیل استواری و روش بهترین- بدترین، در ارائهٔ سناریوهای متفاوتی می‌کوشد که تصمیم‌گیرندگان در آن با اطمینان بیشتر و دقتی بیش از پیش، به اخذ تصمیمات نهایی روی می‌آورند.

۲-۱- زنجیرهٔ تأمین

زنجیرهٔ تأمین شامل شبکه‌ای از افراد، منابع، سازمان‌ها، شرکت‌ها، واسطه‌ها، فعالیت‌ها و فناوری‌های دخیل در ایجاد، تولید و فروش یک محصول و یا ارائهٔ خدمت به مشتری و ایجاد ارزش است (Stadtler, 2014). یک زنجیرهٔ تأمین شامل همه‌چیز، از تحویل مواد اولیه از تأمین‌کننده به سازنده تا تحویل نهایی آن به کاربر نهایی و مشتری می‌شود (Hugos, 2018). به فرایندی که نظارت بر مواد، اطلاعات و امور مالی از تأمین‌کننده به تولیدکننده و سپس به عمده‌فروش و به خرده‌فروش و درنهایت به مصرف‌کننده منتقل می‌کند، مدیریت زنجیرهٔ تأمین می‌گویند. در یک تعریف کلی مدیریت زنجیرهٔ تأمین، یکپارچه‌سازی فرایندهای کلیدی کسب و کار است که از کاربر نهایی تا تأمین‌کنندهٔ اصلی را در بر دارد و تأمین محصولات، خدمات و اطلاعاتی را را بر عهده دارد که باعث ایجاد ارزش افزوده برای مشتریان درون‌سازمانی و برون‌سازمانی و ذی‌نفعان سازمان می‌شوند. در یک دسته‌بندی کلی، زنجیرهٔ تأمین براساس معیار روند آن به‌صورت شکل (۱) تقسیم می‌شود (Serdarasan, 2013):



شکل ۱- انواع زنجیرهٔ تأمین براساس معیار روند آن

Fig. 1- Types of chains based on their process quality

شایان ذکر است که با توجه به تحقیقات دیگر، زنجیرهٔ تأمین در هشت مدل رایج زیر نیز بیان شده است و در همهٔ آنها دو بعد پاسخ‌گویی و بهره‌وری بسیار حائز اهمیت است:

۱) مدل زنجیرهٔ تأمین جریان پیوسته که یکی از سنتی‌ترین و قدیمی‌ترین روش‌های زنجیرهٔ تأمین است؛

۲) مدل زنجیرهٔ تأمین سریع که در آن افزایش سرعت پاسخ‌گویی بسیار مهم است؛

۳) مدل زنجیرهٔ تأمین کارآمد که برای شرکت‌های دارای رقابت شدید، پیشنهاد شده است؛

۴) مدل زنجیرهٔ تأمین چابک، برای دسته‌های کوچک محصول استفاده می‌شود که به اتوماسیون کمتر و تخصص بیشتر نیاز دارند؛

۵) مدل زنجیرهٔ تأمین سفارشی‌سازی‌شده که بر تنظیمات سفارشی در طول تولید و مونتاژ تمرکز دارد؛

۶) مدل زنجیرهٔ تأمین انعطاف‌پذیر که در آن شرکت‌ها آزادی بیشتری در انتخاب بخش‌های مختلف از مدل دارند؛

۷) مدل زنجیرهٔ تأمین سبز که در آن نتایج مثبت آن به‌طور مستقیم متوجه محیط پیرامون می‌شود؛

۸) مدل زنجیرهٔ تأمین پایدار که با اهمیت‌دادن به مسائل اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی در تمامی طول زنجیرهٔ تأمین فعالیت می‌کند و فرایندهایی همچون کل چرخهٔ عمر زنجیرهٔ تأمین از خرید مواد اولیه تا طراحی و توسعهٔ محصول و انبارداری و توزیع و تحویل کالای نهایی را شامل می‌شود.

۲-۲- ریسک زنجیرهٔ تأمین

در شرایط کنونی جوامع، یکی از موضوعات اساسی در مدیریت زنجیرهٔ تأمین، کارایی زنجیرهٔ تأمین و هماهنگی مؤثر بین اجزای آن است که نتایج خود را در رضایتمندی مشتریان نشان می‌دهد. به همین منظور، نیاز به زنجیرهٔ تأمینی امن و بدون ریسک است که جریان اطلاعات، مواد، محصولات و سرمایه در طول این زنجیره و بین شرکت‌ها حفظ شود (de Oliveira et al., 2017). با توجه به افزایش پیچیدگی و ارتباط متقابل زنجیره‌های تأمین مدرن، پیش‌بینی نوع و ماهیت تحولات، نامطمئن و تأثیر یک اقدام، دشوار یا حتی غیرممکن شده است (Chopra & Sodhi, 2014; Mizrak, 2024). به‌طور کلی با طولانی‌ترشدن و پیچیده‌ترشدن زنجیره‌های تأمین، که ناشی از تغییرات در بازار جهانی است، شرکت‌ها در برابر ریسک‌های پیرامونی آسیب‌پذیر می‌شوند. بسیاری از پژوهشگران به وجود ریسک در زنجیرهٔ تأمین شرکت‌ها و سازمان‌های مختلف و مدیریت صحیح آن در سال‌های پیشین توجه کرده‌اند. با بررسی تحقیقات گذشته، اثبات شده است که ریسک مرتبط با زنجیرهٔ تأمین، معمولاً به شکل اختلال، بر ارائهٔ سطوح خدمات خاص ازطریق مدیریت موجودی یا تعیین زمان استفاده از یک یا چند تأمین‌کننده متمرکز بود.

ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها بیشتر کارایی عملیاتی زنجیرهٔ تأمین را مختل می‌کند و از این رو بر سود شرکت تأثیر منفی می‌گذارد (Kumar et al., 2010)؛ از این رو، ارزیابی آسیب‌پذیری اهمیت می‌یابد که مجموعهٔ وسیع‌تری از تهدیدها و ضعف‌ها و همچنین منابعی را برای بازیابی عملکرد زنجیرهٔ تأمین در بر می‌گیرد. ریسک زنجیرهٔ تأمین زمانی رخ می‌دهد که جریان مواد یا خدمات در طول زنجیرهٔ تأمین به هر دلیلی متوقف شود (Kim et al., 2015). شرایط درون‌سازمانی و برون‌سازمانی بر ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین تأثیر می‌گذارد و باعث شدت‌یافتن یا ضعیف‌شدن آن می‌شوند (Li et al., 2015).

مدیریت ریسک به اجرای راهبردها و برنامه‌هایی برای مدیریت شبکه‌های زنجیرهٔ تأمین ازطریق ارزیابی ریسک ثابت و کاهش آسیب‌پذیری‌ها برای اطمینان از انعطاف‌پذیری در زنجیرهٔ تأمین اشاره دارد (Ghadge et al., 2012; Mizrak, 2024). به بیانی دیگر، مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین، یک رویکرد سیستماتیک و مرحله‌ای برای شناسایی، ارزیابی، رتبه‌بندی، کاهش و نظارت بر ریسک‌های احتمالی در زنجیرهٔ تأمین است (Aqlan & Lam, 2016). به‌طور خلاصه به هر عملی مدیریت ریسک می‌گویند که باعث می‌شود رویدادهای پرخطر و دارای ریسک در طول زنجیرهٔ تأمین کنترل و یا مرتفع شود.

۲-۲-۱- انواع ریسک زنجیرهٔ تأمین

زنجیره‌های تأمین با طیف گسترده‌ای از عدم قطعیت‌ها ازجمله تقاضا، عرضه، هزینه‌ها و عدم قطعیت‌های زمان سروکار دارند. همان‌طور که بیان شد، اولین مرحله در فرایند مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین، شناسایی ریسک زنجیرهٔ تأمین است. این مرحله شامل کشف تمام ریسک‌های مرتبطی است که عملیات شرکت را مختل می‌کنند. شرکت‌ها در این مرحله باید فهرستی از ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین را شناسایی و براساس اهمیت، آنها را رتبه‌بندی کنند. به همین منظور شناسایی خطرات و ریسک‌های احتمالی در زنجیرهٔ تأمین بسیار مهم واقع شده است.

با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده، در حالت کلی ریسک زنجیرهٔ تأمین به دو بخش ریسک‌های کلان بلندمدت (ریسک چگونگی بازار در بلندمدت) و ریسک‌های خرد کوتاه‌مدت (مانند ریسک عدم قطعیت تقاضا کالا) تقسیم می‌شود. پیامد ریسک‌های خرد در ایجاد هزینه‌های تحمیلی مشاهده‌شدنی و این در حالی است که ریسک‌های کلان به‌دلیل عدم قطعیت بیشتر، دارای پیامدهای بسیار بزرگ‌تر و مخرب‌تر نظیر از بین رفتن کسب و کار می‌شوند. در جدول (۲)، نمونه‌هایی از مطالعات انجام‌شده در حوزهٔ شناسایی انواع ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین بیان شده است.

جدول ۲- انواع ریسک‌های شناسایی‌شده در زنجیرهٔ تأمین

Table 2- Types of risks identified in the supply chain

منبع	موضوع بررسی‌شده	انواع ریسک‌های شناسایی‌شده
هنریک و سینگال[۲۲] (2003)	ریسک شبکهٔ تأمین	ریسک راهبردی - ریسک عملیات - ریسک عرضه - ریسک مشتری - ریسک کاهش ارزش دارایی - ریسک رقابتی - ریسک شهرت - ریسک مالی - ریسک مالی - ریسک نظارتی
کریستوفر و همکاران[۲۳] (2004)	ریسک زنجیرهٔ تأمین	داخلی برای شرکت - خارجی برای شرکت اما داخلی برای زنجیرهٔ تأمین - خارجی زنجیرهٔ تأمین (محیطی)
مانوج و منتزر[۲۴] (2008)	ریسک زنجیرهٔ تأمین	ریسک عرضه - ریسک تقاضا - ریسک‌های عملیاتی - ریسک امنیتی - ریسک کلان - ریسک سیاست - ریسک‌های رقابتی - ریسک منابع

منبع	موضوع بررسی‌شده	انواع ریسک‌های شناسایی‌شده
تانگ و تاملین[۲۵] (2008)	ریسک زنجیرهٔ تأمین	ریسک تأمین مواد اولیه – ریسک‌های فرایند – ریسک تقاضا – ریسک مالکیت فکری – ریسک رفتاری – ریسک سیاسی/اجتماعی
وانگر و باد[۲۶] (2008)	منابع ریسک زنجیرهٔ تأمین	ریسک تقاضا – ریسک عرضه – ریسک نظارتی، قانونی و بوروکراتیک – ریسک زیرساخت – ریسک رویداد فاجعه بار
رآو و گلدسبی[۲۷] (2009)	ریسک زنجیرهٔ تأمین	ریسک زیست‌محیطی – ریسک صنعت – ریسک سازمانی – ریسک خاص مشکل – ریسک تصمیم‌گیرنده
کومار و همکاران[۲۸] (2010)	ریسک زنجیرهٔ تأمین	ریسک‌های داخلی (تقاضا، تولید و توزیع، ریسک‌های عرضه) ریسک‌های خارجی (حملات تروریستی، بلایای طبیعی، نوسانات نرخ ارز)
تومالا و سچونهر[۲۹] (2011)	ریسک زنجیرهٔ تأمین	ریسک تقاضا – ریسک تأخیر – ریسک اختلال – ریسک موجودی – ریسک شکست تولید – ریسک ظرفیت فیزیکی – ریسک تأمین – ریسک سیستم – ریسک حاکمیتی – ریسک حمل و نقل
پتیت و همکاران[۳۰] (2013)	آسیب‌پذیری‌های زنجیرهٔ تأمین	ریسک آشفتگی – ریسک تهدیدهای عمدی – ریسک فشارهای خارجی – ریسک محدودیت منابع – ریسک حساسیت – ریسک قابلیت اتصال
سامودی و همکاران[۳۱] (2013)	ریسک زنجیرهٔ تأمین	ریسک عرضه – ریسک تقاضا – ریسک فرایند – ریسک خطرات زیست‌محیطی
هو و همکاران[۳۲] (2015)	ریسک زنجیرهٔ تأمین	ریسک‌های کلان (طبیعی، ساختهٔ دست بشر) – ریسک‌های خرد (تقاضا، تولید، عرضه، زیرساخت)
گورتو و جانی[۳۳] (2021)	ریسک زنجیرهٔ تأمین	ریسک تقاضا – ریسک تولید – ریسک تأمین مواد اولیه – ریسک اطلاعات – ریسک حمل و نقل – ریسک مالی – ریسک خرد محیطی
رحمان و همکاران[۳۴] (2023)	ریسک زنجیرهٔ تأمین	ریسک محیطی – ریسک اقتصادی – ریسک مرتبط با تولید – ریسک ناشی از نیروی کار

۲-۲-۲- روش‌های حل ریسک زنجیرهٔ تأمین

بررسی انواع روش‌های حل ریسک زنجیرهٔ تأمین، امکان درک بهتر از هدف و چشم‌انداز پژوهش را فراهم می‌کند. همچنین با بررسی این روش‌ها و به دست آوردن دسته‌بندی جامع از رویکردهای حل مسئله، شکاف‌های موجود بهتر شناسایی و روش‌های بهینه توسعه داده می‌شود (Okoye et al., 2024). با توجه به تفاوت در رویکردهای مقابله با ریسک‌ها، روش‌های حل ریسک نیز متفاوت است. به‌طور کلی در یک دسته‌بندی جامع، روش‌های حل ریسک زنجیرهٔ تأمین به سه دستهٔ زیر تقسیم می‌شود (Paul et al., 2021).

۲-۲-۲-۱- روش‌های تجربی

به‌طور کلی روش‌های تجربی به روشی برای انجام یک تحقیق براساس آزمایش و مشاهده به‌جای حدس و گمان نظری اشاره دارد. یک رویکرد تجربی بینش ارزشمندی را دربارهٔ جنبهٔ رفتاری مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین ارائه می‌دهد (Tubis et al., 2021). ازجمله روش‌های تجربی، به برخی ابزارها مانند مدل‌سازی معادلات ساختاری، حداقل مربعات جزئی، تحلیل عاملی اکتشافی و تحلیل رگرسیون سلسله‌مراتبی اشاره می‌شود. البته شایان ذکر است که استفاده از روش‌های تجربی در تحقیقات ریسک در زنجیرهٔ تأمین، به داده‌های مبتنی بر شواهد اولیه نیاز دارد که در آن خروجی مطمئن و برای مدیریت ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین، کاربردی است.

۲-۲-۲-۲- روش‌های کیفی

به روش‌های حلی که داده‌ها و نتایج آن ازطریق ارتباطات باز و جلسات متمرکز به دست می‌آید تا مسئلهٔ مدنظر حل شود، روش کیفی می‌گویند (Behzadi et al., 2018). این روش‌ها برای درک بهتر ریسک بسیار مؤثرند و در مواقعی کمک می‌کنند که درک محقق از صنعت و زنجیرهٔ تأمینی خاص دچار مشکل شود (Polyviou et al., 2022). ازجمله روش‌های کیفی مهم، به روش‌های مطالعهٔ موردی، مصاحبه و نظرسنجی‌ها اشاره می‌شود.

۲-۲-۲-۳- روش‌های کمی

یکی از اصلی‌ترین روش‌های حل مسائل در دنیای امروزی، روش‌های کمی‌اند. با توجه به فراوانی متغیرها و افزایش بعدهای مسائل و ارتباطات گستردهٔ مشکلات، روش‌های قبلی دارای کارایی کمتری نسبت‌به روش‌های کمی‌اند. روش‌های کمی برای توجیه راهبردهای پایدارتر، دوام و پایدارترکردن ارتباطات زنجیرهٔ تأمین بسیار از سوی پژوهشگران توصیه شده‌اند (Berger et al., 2023). مدل‌های کمی دارای روش‌های حل متعددی‌اند. در شرح زیر، نمونهٔ مدل‌های کمی و روش‌های حل آنها به‌همراه تحقیقات انجام‌شده در آن حوزه بیان شده است:

- ❖ مدل‌سازی با مذاکرهٔ قرارداد[۳۵]؛
- ❖ مدل‌سازی با هماهنگی سلسله‌مراتبی[۳۶]؛
- ❖ مدل‌سازی با نظریهٔ بازی‌ها[۳۷]؛
- ❖ بهینه‌سازی چند هدفه[۳۸].

رویکرد بهینه‌سازی چند هدفه با در نظر گرفتن اهداف متعدد در هر مرحله از یک زنجیرهٔ تأمین، مدلی را برای مرتفع‌کردن مشکلات ارائه می‌دهد. در این رویکرد، راهبرد، درخواست‌ها و محدودیت‌های اعضای زنجیرهٔ تأمین در هر سطح در نظر گرفته می‌شود. این رویکرد زمانی به کار می‌رود که تصمیمات بهینه باید در صورت وجود ارتباط بین دو یا چند هدف متضاد اتخاذ شود (Trisna et al., 2016). این رویکرد شامل بیش از یک تابع هدف برای بهینه‌سازی هم‌زمان است.

هدف اصلی در این پژوهش، شناسایی و تحلیل ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین و ارائهٔ راهبردهای مناسب برای کاهش این ریسک‌هاست؛ از این رو، به‌دلیل ماهیت پیچیده و چندبعدی ریسک‌ها و نیاز به ارائهٔ راه‌حل‌های دقیق و اتکاپذیر، استفاده از روش‌های کمی، مناسب‌ترین رویکرد انتخاب شده است. این روش‌ها به‌دلیل توانایی آنها در پردازش حجم بالای داده‌ها، تحلیل دقیق و ارائه نتایج عددی مطمئن، ابزارهای مؤثری را برای تحلیل و مدیریت ریسک‌ها فراهم می‌کنند(Trisna et al., 2016) .

در میان روش‌های مختلف حل ریسک، روش‌های کمی مانند بهترین-بدترین و تحلیل استواری، چارچوب اصلی پژوهش به کار گرفته شده‌اند. این روش‌ها با توجه به قابلیت‌های تحلیلی بالا، امکان رتبه‌بندی و ارزیابی ریسک‌ها را به‌صورت دقیق فراهم و به محققان کمک می‌کنند تا با در نظر گرفتن متغیرهای متعدد، تصمیمات بهینه‌ای اتخاذ کنند. به‌علاوه، روش‌های کمی به‌دلیل برخورداری از مبانی ریاضی و آماری، قدرت پیش‌بینی و تحلیل عمیق‌تری را نسبت‌به روش‌های کیفی یا تجربی ارائه می‌دهند. تحلیل استواری یکی از بهترین ابزارها در شرایطی است که تعداد عوامل تأثیرگذار بر محیط زیاد است و عدم قطعیت و ریسک وجود دارد. تحلیل استواری روشی

است که در حوزهٔ تحقیق در عملیات نرم جای گرفته و مبتنی بر پارادایم تفسیری است (Rosenhead, 2002). این رویکرد را برای اولین بار لوینز[۳۹] در سال ۱۹۶۸، در حوزهٔ تحلیل تصمیمات تحت شرایط ریسک ارائه داد و هدف این روش، یافتن نتایج پایدار و مستقل از جزئیات مدل‌های خاص بود. در ادامه، این مسیر نیز پژوهش‌های روزنهاد[۴۰] (۲۰۰۲) نقش مهمی در توسعهٔ روش تحلیل استواری ایفا کرد (Vaníček et al., 2023). این روش از ابزارهایی همچون تصمیم‌های متوالی، سناریوها و ماتریس استواری استفاده می‌کنند. در زمانی که ریسک بنیادی دربارهٔ آینده وجود دارد و یا تصمیم‌ها باید به‌صورت مرحله‌بندی اجرا شوند، در حالی که عدم قطعیت وجود دارد، تحلیل استواری ازجمله روش‌های پرکاربرد به حساب می‌آید (Joorbonyan et al., 2024). در زمان عدم قطعیت و با توجه به شاخص‌ها و عوامل گوناگونی که بر مسئله و تصمیم‌گیری تأثیرگذارند، نیاز است تصمیماتی که اخذ می‌شود، در مقابل طیف وسیع از آینده‌های ممکن، انعطاف‌پذیری لازم و ماندگاری بالایی داشته باشند (Mehregan et al., 2022). در فضای عدم قطعیت، تحلیل استواری روشی است که پیامدهای تصمیم‌ها را در امتداد زمان برای پژوهشگر واضح‌تر بیان می‌کند. با استفاده از تحلیل استواری، میزان استواری و ناتوانی یک تصمیم در آینده‌ای توأم با ریسک، محاسبه می‌شود و درنهایت تصمیمی اخذ می‌شود که نه‌تنها نتایج پذیرفتنی و رضایت‌بخشی ارائه می‌کند، دارای نتایج نامطلوب کمتری هم هست. در کنار این روش‌ها، پستل ابزاری است که به سازمان‌ها کمک می‌کند تا نمایی کامل‌تر و تحلیلی جامع‌تر از محیط خارجی خود داشته باشند. استراتژی‌های مناسبی را برای مقابله با تغییرات ایجاد کنند. در این پژوهش، از این ابزار به‌منظور ایجاد سناریوهای ممکن استفاده شده است (Kansongue et al., 2023).

بنابراین، استفاده از روش‌های کمی در این پژوهش، رویکرد اصلی انتخاب شده است؛ زیرا این روش‌ها توانایی مدل‌سازی و تحلیل دقیق ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین را دارند و امکان ارائهٔ راه‌حل‌های بهینه و اجرایی را برای صنعت فولاد فراهم می‌کنند.

۳- روش تحقیق

هدف اصلی این پژوهش شناسایی، تحلیل و رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین در صنعت فولاد است. در این راستا، پژوهش به‌دنبال ارائهٔ راهبردهایی بهینه و کاربردی برای کاهش آثار ریسک‌ها با استفاده از روش‌های کمی مانند روش بهترین–بدترین[۴۱] و تحلیل استواری است. همچنین پژوهش بر آن است تا با استفاده از چارچوب PESTEL، عوامل محیطی مؤثر بر ریسک‌ها را شناسایی و درنهایت به بهبود مدیریت ریسک در زنجیرهٔ تأمین صنعت فولاد کمک کند. پس از شناخت مسئله و به‌جهت انتخاب راهبرد مناسب برای صنعت مربوطه، از تحلیل استواری استفاده شده است. تحلیل استواری ساختار پذیرفتنی در مسائلی ایجاد می‌کند که ریسک و عدم اطمینان وجود دارد و تصمیم‌ها اصولاً به‌صورت متوالی اتخاذ می‌شوند (Fathi et al., 2024). در دل این روش با استفاده از روش پستل، مهم‌ترین شاخص‌های مربوط به صنعت مربوطه شناسایی و تهدیدها و فرصت‌ها مشخص شده است تا براساس این شاخص‌ها سناریوهای ممکن طراحی شود. درنهایت با استفاده از روش بهترین – بدترین، سناریوها براساس احتمال رخداد آنها رتبه‌بندی خواهد شد.

جامعهٔ آماری این پژوهش شامل مدیران، کارشناسان و متخصصان صنعت فولاد است که به‌طور مستقیم با زنجیرهٔ تأمین و مدیریت ریسک در این صنعت سر و کار دارند. این افراد با داشتن تجربه و دانش کافی در زمینهٔ مدیریت زنجیرهٔ تأمین، اطلاعات مطمئنی را برای شناسایی و ارزیابی ریسک‌ها ارائه می‌دهند. از میان جامعهٔ آماری، نمونه‌ای به‌صورت هدفمند انتخاب شده است که در قالب جدول (۳) نشان داده شده است. در این پژوهش، از نمونه‌گیری غیر تصادفی و هدفمند استفاده شده است تا اطمینان حاصل شود که افراد انتخاب‌شده دارای تخصص و تجربهٔ لازم در حوزهٔ زنجیرهٔ تأمین و مدیریت ریسک‌اند. حجم نمونه با توجه به دسترسی به خبرگان و با رعایت اصول علمی و تعداد کافی برای تحلیل‌های انجام‌شده در روش‌های کمی، تعیین شده است.

جدول ۳- نمونهٔ آماری

Table 3- Statistical sample

ردیف	تخصص	سمت	سطح تحصیلات	میزان سابقه
۱	مدیریت تولید	مدیر کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان	دکتری	۱۵
۲	مهندسی صنایع	مدیر کارخانهٔ آهن اسفنجی اردکان	دکتری	۱۷
۳	بازاریابی	مدیر واحد فروش	کارشناسی ارشد	۱۲
۴	بازاریابی	مدیر واحد خرید	کارشناسی ارشد	۱۴
۵	مهندسی صنایع	مدیر واحد لجستیک	دکتری	۱۹
۶	مهندسی متالورژی	مدیر واحد طرح و برنامه	دکتری	۲۷
۷	مدیریت صنعتی	مدیر واحد برنامه‌ریزی تولید	کارشناسی ارشد	۱۸
۸	مدیریت استراتژیک	مدیر واحد راهبردی	کارشناسی ارشد	۲۳
۹	_	واحد صادرات	_	_
۱۰	مهندسی برق-الکترونیک	مدیر واحد ارتباط با صنعت دانشگاه یزد	دکتری	۱۴

۳-۱- تحلیل استواری

در زمانی‌که ریسک بنیادی دربارهٔ آینده وجود دارد و یا تصمیم‌ها باید به‌صورت مرحله‌بندی اجرا شوند، در حالی که عدم قطعیت وجود دارد، تحلیل استواری ازجمله روش‌های پر کاربرد به حساب می‌آید. با استفاده از تحلیل استواری، توانایی بررسی و تحلیل تصمیم های استراتژیک ایجاد و همچنین میزان استواری و ناتوانی یک تصمیم در آینده‌ای توأم با ریسک، محاسبه و درنهایت تصمیمی اخذ می‌شود که نه‌تنها نتایج پذیرفتنی و رضایت‌بخشی ارائه کند، دارای نتایج نامطلوب کمتری نیز باشد (Neumayer & Plümper, 2017). هدف از ارائهٔ این رویکرد، ایجاد گزینه برای تصمیم‌گیری در شرایط توأم با ریسک، تصمیم‌گیری بهتر و ایجاد برنامه‌ای منعطف برای دستیابی به اهداف است. در این پژوهش سعی شده است تا محتمل‌ترین سناریوهای ممکن، که استواری بالاتر و شانس موفقیت بیشتری نسبت‌به دیگران دارند، تعیین و استخراج و براساس آنها راهکارهایی برای تصمیم‌گیری مؤثر ارائه شود. مراحل روش تحلیل استواری نیز، در شکل (۲) ارائه شده است.

در این روش معمولاً تعداد مشخصی از تعهدات پیوسته و بازهٔ زمانی محدود نسبت‌به افق برنامه‌ریزی انتخاب می‌شود. همچنین به‌جهت بررسی عملکرد، محدوده ای برای جداسازی عملکرد پذیرفتنی از عملکرد نامناسب، ایجاد می‌شود. بر این اساس، استواری هر تصمیم در آینده‌های چندگانه طبق رابطهٔ (۱) به دست می‌آید (Namen et al., 2010):

$$r(d_{ij}) = \frac{n(s^{+}_{ij})}{n(s_j)} \ , r(d_{ij}) = [0,1] \quad (۱)$$

یا به عبارتی:

$$\text{استواری هر تعهد} = \frac{\text{تعداد گزینهٔ موافق‌های و سازگار با آن تعهد}}{\text{تعداد کل گزینهٔ قابل‌های دسترس در افق برنامه ریزی}}$$

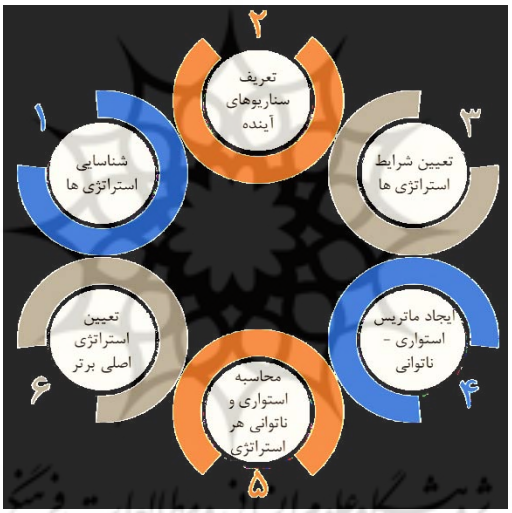
همچنین ناتوانی یک تصمیم در آینده‌های چندگانه نیز طبق رابطهٔ (۲) محاسبه می‌شود (Namen et al., 2010):

$$f(d_{ij}) = \frac{n(s^{-}_{ij})}{n(s_j)} \ , f(d_{ij}) = [0,1] \quad (۲)$$

یا به عبارتی:

$$\text{ناتوانی هر تعهد} = \frac{\text{تعداد گزینهٔ مخالف‌های و ناسازگار با آن تعهد}}{\text{تعداد کل گزینهٔ قابل‌های دسترس در افق برنامه ریزی}}$$

این رویکرد شامل شش گام زیر است:



شکل ۲- مراحل روش تحلیل استواری

Fig. 2- Steps of the stability analysis method

PESTEL -۲-۳

یکی از راه‌های تشخیص شاخص‌های حوزهٔ مورد مطالعه، استفاده از مدل PESTEL است. این مدل تغییرات، اتفاقاتی را در نظر می‌گیرد که خارج از کنترل شرکت است. همچنین رویدادهایی را شناسایی می‌کند که باعث ایجاد شانس‌های بزرگ برای سازمان می‌شود و شرایط افول سازمانی را نیز بررسی می‌کند (Matović, 2020). در ادامه در جدول (۴)، فرم کلی مؤلفه‌های سناریو نشان داده شده است. شایان ذکر است که روش PESTEL با توجه به رویکرد جامع خود در شناسایی و بررسی عوامل و همچنین براساس مطالعات پیشینی که از این ابزار استفاده کرده‌اند، ادعا می‌شود این روش از روایی بالایی برخوردار است و قادر است عواملی را بررسی کند که بر ریسک زنجیرهٔ تأمین مؤثرند. همچنین تأیید خبرگان صنعت مطالعه‌شده بر منطقی‌بودن جواب‌های یافته‌شده به دست آمده است و گواهی بر اعتبار آن است .

جدول ۴- فرم کلی مؤلفه‌های یک سناریو

Table 4- General form of the components of a scenario

عامل	شاخص	حالت
سیاسی	P_i	i=1, 2, 3, …, p
اقتصادی	Ec_i	i=1, 2, 3, …, c
اجتماعی	So_i	i=1, 2, 3, …, o
فناورانه	T_i	i=1, 2, 3, …, t
محیطی	En_i	i=1, 2, 3, …, n
قانونی	L_i	i=1, 2, 3, …, l

۳-۳- روش بهترین-بدترین

روش بهترین- بدترین، روش تصمیم‌گیری چند معیاره است که رضایی[۴۲] آن را در سال ۲۰۱۵ ارائه کرده است. در این روش، بهترین و بدترین شاخص را تصمیم‌گیرنده مشخص می‌کند و بین هریک از این دو معیار (بهترین و بدترین) و دیگر شاخص‌ها، مقایسهٔ زوجی انجام می‌شود؛ سپس یک مسئلهٔ مینی ماکس[۴۳] برای مشخص‌کردن وزن شاخص‌های مختلف فرموله و حل می‌شود.

۳-۳-۱- مراحل روش بهترین-بدترین

۱. مجموعه‌ای از معیارهای تصمیم‌گیری تعیین شود. در این گام، مجموعهٔ معیارها به‌صورت $\{c_1, c_2,\ldots,c_n\}$ تعریف می‌شود که برای گرفتن یک تصمیم لازم است؛

۲. بهترین (مهم‌تر، مطلوب‌تر) و بدترین (کمترین اهمیت و مطلوبیت) معیار را مشخص کنید. در این مرحله تصمیم‌گیرنده بهترین و بدترین شاخص را به‌طور کلی تعریف می‌کند و هیچ مقایسه‌ای در این مرحله انجام نمی‌شود؛

۳. ارجحیت بهترین شاخص را نسبت‌به دیگر شاخص‌ها، با اعداد ۱ تا ۹ مشخص کنید. بردار ارجحیت بهترین شاخص نسبت‌به دیگر شاخص‌ها به‌صورت $A_B = (a_{B1}, a_{B2},\ldots,a_{Bn})$ نمایش داده می‌شود. در این بردار a_{Bj} ارجحیت بهترین شاخص (B) نسبت‌به شاخص (j) را نشان می‌دهد، واضح است که $a_{BB}=1$ است؛

۴. ارجحیت همه‌ی شاخص‌ها را نسبت‌به بدترین شاخص با اعداد ۱ تا ۹ مشخص کنید. بردار ارجحیت دیگر شاخص‌ها نسبت‌به بدترین شاخص به‌صورت $A_w = (a_{1w}, a_{2w},\ldots,a_{nw})^T$ نمایش داده می‌شود. در این بردار ارجحیت شاخص (j) را نسبت‌به بدترین شاخص (W) نشان می‌دهد، واضح است که $a_{WW} = 1$ است؛

۵. مقادیر بهینهٔ وزن‌ها را بیابید $\left(w_1^*, w_2^*,\ldots,w_j^*\right)$، برای تعیین وزن بهینهٔ هر یک از زوج شاخص‌ها باید $\frac{w_s}{w_j} = a_{Bj}$ و $\frac{w_j}{w_w} = a_{jw}$ برقرار باشد. برای برآورده‌کردن این شرایط در همهٔ jها، باید راه‌حلی پیدا شود تا عبارت $\left|\frac{w_s}{w_j} - a_{sj}\right|$ و $\left|\frac{w_j}{w_w} - a_{jw}\right|$ برای همهٔ jهایی حداکثر کند که حداقل شده است. با توجه به غیرمنفی‌بودن وزن‌ها و مجموع آنها، مدل به‌صورت مدل خطی رابطهٔ (۳) فرموله می‌شود:

$$\min \xi \quad (۳)$$

$$s.t.$$

$$\left|w_B - a_{Bj} w_j\right| \le \xi, for\ all\ j$$

$$\left|w_j - a_{jw} w_w\right| \le \xi, for\ all\ j$$

$$\sum_j w_j = 1$$

$$w_j \ge 0, for\ all\ j$$

درنهایت پس از مدل‌سازی و قراردادن داده‌ها در مدل، مدل ایجادشده با نرم‌افزار لینگو[۴۴] حل می‌شود. پس از حل مدل، معیارها براساس وزن به دست آمده رتبه‌بندی می‌شوند. در این رابطه، ξ همان نرخ سازگاری است. این نرخ سازگاری در بازهٔ [۰ ۱] قرار می‌گیرد و هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد، مقایسات از سازگاری و ثبات بیشتری برخوردارند و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، مقایسات سازگاری و ثبات کم‌تری دارند.

۴- یافته‌ها

فولاد از کالاهای راهبردی و اساسی جوامع مختلف است؛ به‌طوری که پس از نفت خام، فولاد در جایگاه دوم ازنظر مصرف در کشورهای مختلف جهان است (Liu et al., 2021). کشور ایران به‌دلیل وجود معادن ارزشمند سنگ آهن در خاک سرزمین خود، دارای پتانسیل بالا برای استفاده از صنایع فولادی است. صنایع فولادی به‌دلیل ارتباط با مباحثی همچون سطح دانش، میزان اشتغال‌زایی، میزان توسعهٔ فرهنگ، سطح فناوری کشور و غیره، یکی از شاخصه‌های توسعه‌یافتگی هر کشور محسوب می‌شوند. کارخانهٔ فولاد اردکان یزد، اولین و بزرگ‌ترین پروژهٔ خصوصی کشور در زمینهٔ تولید آهن اسفنجی است که محصولات آن به‌منظور نیاز اولیهٔ کارخانه‌های فولادسازی استفاده می‌شود؛ از این رو در بازار رقابتی حاضر نیاز است که شرکت با توجه به شرایط، استراتژی مناسب را اتخاذ کند.

در گام ابتدایی، مهم‌ترین شاخص‌های مربوط به صنعت فولاد شناسایی و تهدیدها و فرصت‌ها مشخص شدند تا براساس این شاخص‌ها سناریوهای طراحی شود. براساس تحقیقات پیشین، مهم‌ترین عوامل خارجی مؤثر شامل عواملی سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فناورانه، قانونی و زیست‌محیطی‌اند (Sorourkhah et al., 2017). این تکنیک، چهارچوبی است که عوامل ذکرشدهٔ مؤثر را شناسایی و تحلیل و بررسی می‌کند (Jafari et al., 2020). جدول (۵) شاخص‌های تأثیرگذار بر مسئله و حالت‌های مختلف آن را شرح می‌دهد.

جدول ۵- شاخص‌های تأثیرگذار بر مسئله براساس مدل PESTEL

Table 5- Indicators affecting the problem based on the PESTEL model

عامل	شاخص	توضیح شاخص	حالت
سیاسی	مذاکرات برجامی	تأثیر توافق‌های سیاسی بر دسترسی به بازارهای بین‌المللی و تحریم‌ها	ایجاد توافق توافق‌نکردن
اقتصادی	نرخ ارز	تأثیر نوسانات نرخ ارز بر هزینه‌های واردات مواد اولیه و صادرات محصولات	افزایش یابد کاهش یابد ثابت بماند
اجتماعی	دید مردم نسبت‌به فولاد ایرانی	تأثیر نگرش جامعه بر تقاضای محصولات فولادی و برند شرکت	دید مثبت دید منفی

عامل	شاخص	توضیح شاخص	حالت
فناورانه	فناوری جدید	تأثیر دسترسی به فناوری‌های نوین بر بهره‌وری و رقابت‌پذیری شرکت	قابل دسترس برای شرکت در دسترس نبودن برای شرکت
قانونی	مالیات تولید	تأثیر تغییرات قوانین مالیاتی بر هزینه‌ها و سودآوری شرکت	افزایش یابد کاهش یابد ثابت بماند
زیست‌محیطی	آلودگی کارخانه	تأثیر فعالیت‌های شرکت بر محیط‌زیست و قوانین مرتبط با آلودگی	افزایش یابد کاهش یابد ثابت بماند

همان‌طور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود، حالت‌های مختلف شاخص‌ها بیان شده است که سناریوهای متفاوتی به‌دنبال دارد؛ برای مثال، در سناریوی اول ایجاد توافق، افزایش نرخ ارز، دید مثبت مردم به فولاد ایرانی، دسترسی به فناوری جدید، افزایش مالیات و افزایش آلودگی کارخانه رخ می‌دهد؛ بنابراین طبق جدول (۵)، ۲۱۶ سناریو بررسی و پیاده‌سازی می‌شود. در همین بین، باید در نظر داشت که از دیدگاه عملی، عوامل هفت‌گانه تأثیر یکسانی در راهبردها ندارند و همچنین میزان تأثیرپذیری و تأثیرگذاری آنها متفاوت است؛ از همین رو، در ادامه با توجه به تعداد بالای سناریوها، با نظر خبرگان ۳۶ سناریو به‌عنوان محتمل‌ترین سناریوها در نظر گرفته شد؛ سپس در گام بعدی، این ۳۶ سناریو محتمل با استفاده از روش بهترین–بدترین رتبه‌بندی شدند که براساس این روش، سناریوهایی که در رتبه‌های ابتدایی قرار می‌گیرند، احتمال رخداد بیشتری دارند. پس از رتبه‌بندی با استفاده از روش بهترین–بدترین، وزن سناریوها و رتبهٔ آنها در جدول (۶) مشاهده می‌شود.

جدول ۶- رتبه‌بندی سناریوهای محتمل براساس روش بهترین–بدترین

Table 6- Ranking of possible scenarios based on the best-worst method

کد	رتبه	وزن	کد	رتبه	وزن
S6	۱	۰/۰۴۵۸	S20	۱۹	۰/۰۲۶۷
S18	۲	۰/۰۴۵۶	S32	۲۰	۰/۰۲۶۶
S8	۳	۰/۰۴۳۸	S16	۲۱	۰/۰۲۵۰
S14	۴	۰/۰۴۳۰	S22	۲۲	۰/۰۲۴۹
S21	۵	۰/۰۳۸۷	S23	۲۳	۰/۰۲۴۵
S5	۶	۰/۰۳۸۱	S24	۲۴	۰/۰۲۲۹
S12	۷	۰/۰۳۶۳	S2	۲۵	۰/۰۲۲۹
S17	۸	۰/۰۳۳۱	S3	۲۶	۰/۰۲۲۷
S28	۹	۰/۰۳۲۸	S25	۲۷	۰/۰۲۲۰
S11	۱۰	۰/۰۳۲۱	S33	۲۸	۰/۰۲۱۱
S9	۱۱	۰/۰۳۱۹	S4	۲۹	۰/۰۲۰۹
S13	۱۲	۰/۰۳۱۵	S26	۳۰	۰/۰۱۹۰
S7	۱۳	۰/۰۳۰۹	S34	۳۱	۰/۰۱۸۷
S10	۱۴	۰/۰۳۰۶	S30	۳۲	۰/۰۱۸۷
S1	۱۵	۰/۰۲۹۴	S27	۳۳	۰/۰۱۴۸
S19	۱۶	۰/۰۳۰۳	S35	۳۴	۰/۰۱۳۹

کد	رتبه	وزن	کد	رتبه	وزن
S31	۱۷	۰/۰۲۸۹	S29	۳۵	۰/۰۱۲۸
S15	۱۸	۰/۰۲۷۱	S36	۳۶	۰/۰۱۱۸

در جدول (۶)، نرخ سازگاری یا همان مقدار ξ برابر با ۰/۰۱۳۴ به دست آمده است که نشان‌دهندهٔ سازگاری و ثبات مقایسه‌هاست. در جدول (۶) مشاهده می‌شود که S6، S18 و S8 به ترتیب در رتبه‌های اول، دوم و سوم قرار دارند. به عبارت بهتر، با توجه به شرایط بازار و شرکت این سناریوها به‌عنوان بهترین سناریوهای اجرایی شناخته شده‌اند. همچنین با توجه به رتبهٔ سناریوهای S35، S29 و S36 که آخرین سناریوهای پیشنهادی‌اند، در شرایط حال حاضر بازار و شرکت برای پیاده‌سازی پیشنهاد نمی‌شوند. با توجه به وزن سناریوها در جدول (۶)، ۱۴ سناریوی ابتدایی به‌عنوان محتمل‌ترین سناریوهای رخدادپذیر انتخاب شدند.

پس از بررسی این ۱۴ سناریو، با استفاده از روش تحلیل استواری، این سناریوها ازنظر راهبردهای حل‌شدنی در ۴ دستهٔ کلی دسته‌بندی شدند. هر راهبرد اصلی متشکل از چندین سناریو است که به‌وسیله آن مرتفع می‌شود. راهبردهای اصلی[۴۵] شامل مواردی همچون راهبرد یکپارچگی (MS_1)، راهبرد تمرکز (MS_2)، راهبرد تنوع (MS_3) و راهبرد تدافعی (MS_4) می‌شوند که سناریوهایی زیر را در خود جای می‌دهند:

$$MS_1 = S_{18} + S_{21} + S_{11}$$
$$MS_2 = S_8 + S_{17} + S_{13}$$
$$MS_3 = S_6 + S_{14} + S_{28}$$
$$MS_4 = S_5 + S_{12} + S_9 + S_7 + S_{10}$$

درنهایت نمرات استواری و ناتوانی راهبردهای اصلی محاسبه‌شدهٔ این روش به شرح جدول (۷) است:

جدول ۷- محاسبهٔ نمرات استواری و ناتوانی راهبردهای اصلی

Table 7- Calculating the robustness and weakness scores of the main strategies

راهبرد	MS_1	MS_2	MS_3	MS_4
استواری	۲۳ / ۳۹	۱۲ / ۳۹	۱۴ / ۳۹	۲۷ / ۶۵
ناتوانی	۱۰ / ۳۹	۱۹ / ۳۹	۵۱۵ / ۳۹	۲۸ / ۶۵

۵- بحث

زنجیرهٔ تأمین یکی از اجزای اصلی و حیاتی هر شرکت است که تولید، طراحی و عملکرد کارآمد آن شرکت را تضمین و یا دربارهٔ آن بحث و بررسی می‌کند. زنجیرهٔ تأمین، زنجیره‌ای سلسله‌وار از شرکت‌هاست که برای برآوردن تقاضای مشتریان سازمان‌دهی می‌شود و از تأمین‌کننده، تولیدکننده، توزیع‌کننده و مشتریان شکل گرفته است. دو دههٔ اخیر، رویدادهای گوناگونی زنجیره‌های تأمین جهانی را به‌طور درخور توجهی تحت تأثیر خود قرار داده و باعث شده است تا مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین یکی از اساسی‌ترین دغدغه‌ها و مباحث با اهمیت در سازمان‌ها به حساب بیاید. به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری زنجیرهٔ تأمین و کاهش تأثیر اختلالات و همچنین دستیابی به استحکام و انعطاف‌پذیری بیشتر، توجه به ریسک و عدم قطعیت‌ها بسیار اساسی و مهم است. سازمان‌ها به‌طور پیوسته با

ریسک‌های جدید مواجه می‌شوند که به همین دلیل نیاز به مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین در هر سازمان بیش از پیش حس می‌شود. مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین یک رویکرد نظام‌مند و دارای چهارچوب را برای کاهش ریسک ارائه می‌دهد و خطرات ریسک‌ها را تا حد پذیرفتنی کم می‌کند و یا از بین می‌برد.

با استفاده از مدل PESTEL شاخص‌های اصلی ریسک شناسایی شد. این مدل تمامی ریسک‌های موجود در این حوزه را تعیین کرد. درنهایت، ۳۶ سناریوی احتمالی شناسایی و با روش بهترین-بدترین، ۱۴ سناریو به‌عنوان محتمل‌ترین آنها مشخص شد. در روش تحلیل استواری، عوامل مختلف و تأثیرگذار بر شرکت و صنعت بررسی شد. سناریوهای مختلف در ۴ دسته‌بندی اصلی براساس راهبرهای حل‌شدنی دسته‌بندی شدند. برای هریک از دسته‌های اصلی، راهبردهای مناسبی برای کاهش ریسک زنجیرهٔ تأمین ارائه شد. در مطالعات قبلی، مانوج و منتزر (۲۰۰۸)، کومار و همکاران (۲۰۱۰) و هو و همکاران (۲۰۱۵)، ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین را بررسی و شناسایی کردند. این مطالعات بینش‌هایی را دربارهٔ کاربرد راهبردهای مدیریت ریسک با توجه به شرایط محیطی ارائه می‌دهند.

در تحقیقات پیشین، انواع مختلفی از ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین شناسایی شده‌اند. این ریسک‌ها معمولاً در چند دسته‌بندی کلی مانند ریسک‌های مرتبط با تأمین‌کنندگان، حمل و نقل، مسائل مالی، فناوری و اطلاعات و ریسک‌های زیست‌محیطی و قانونی قرار می‌گیرند. مشکلات مربوط به تأمین‌کنندگان، نظیر تأخیر در تحویل، کیفیت پایین کالاها یا حتی ورشکستگی تأمین‌کنندگان از مهم‌ترین ریسک‌ها محسوب می‌شوند. همچنین تأخیرهای ناشی از حمل و نقل، مسائل مربوط به حمل و نقل بین‌المللی و مخاطرات ناشی از حوادث طبیعی یا سیاسی نیز، در این دسته‌بندی قرار می‌گیرند. علاوه بر این، نوسانات قیمت مواد اولیه و تغییرات نرخ ارز ریسک‌های مالی زنجیرهٔ تأمین را شکل می‌دهند و بر هزینه‌های سازمان‌ها تأثیرگذارند.

استراتژی‌های مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین که در تحقیقات پیشین بررسی شده‌اند، بیشتر بر چند راهکار کلیدی متمرکز بوده‌اند. یکی از این استراتژی‌ها، تنوع‌بخشی به تأمین‌کنندگان است که باعث کاهش وابستگی به یک منبع خاص و درنتیجه کاهش ریسک می‌شود. سازمان‌ها همچنین برای افزایش انعطاف‌پذیری خود در برابر ریسک‌ها، به استفاده از چندین تأمین‌کننده روی می‌آورند. مدیریت قراردادهای تأمین‌کنندگان و استفاده از قراردادهای هوشمند نیز، یکی از ابزارهای مهم برای محافظت در برابر شرایط پیش‌بینی‌ناپذیر محسوب می‌شود.

در مقایسه با تحقیقات پیشین، ریسک‌های شناسایی‌شده ازجمله ریسک‌های تأمین‌کنندگان، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مشابه‌اند. همچنین استراتژی‌های مدیریتی مانند تنوع‌بخشی به تأمین‌کنندگان برای بهبود ریسک تأمین‌کنندگان زنجیرهٔ تأمین در هر دو مجموعهٔ تحقیقات به چشم می‌خورد. این نشان می‌دهد که اصول کلی مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین، همچنان اهمیت خود را حفظ می‌کند و راهکارهای مؤثری در این زمینه شناخته می‌شوند.

اما تفاوت‌هایی نیز با تحقیقات پیشین وجود دارد. استراتژی‌های نوین مدیریتی، مانند استفاده از هوش مصنوعی برای پیش‌بینی دقیق‌تر ریسک‌ها و بهره‌گیری از فناوری بلاکچین، به‌عنوان فناوری‌های نوآورانه در مدیریت بهتر ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین در پژوهش‌ها، با اهداف ارائهٔ رویکردهای نوین ارائه شده است.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

ریسک زنجیرهٔ تأمین حیات شرکت‌ها و صنایع را در ابعاد مختلفی تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. با توجه به ماهیت ناتوانی شناخت دقیق ریسک، در بسیاری از موارد مرتفع‌کردن ریسک‌ها بسیار حساس و سخت است. در این پژوهش هم تلاش بر این شد که صنایع مربوطه با استفاده از روش بهترین – بدترین و روش تحلیل استواری، که با چنین مسائلی همواره رو به رو هستند، را مرتفع کنند. هر چند مدل حل پژوهش به‌صورت کلی طراحی شده است تا در آینده با توجه به تغییرات جوامع و فضای کسب و کار، توانایی تغییر و اصلاح را داشته باشد. در گام ابتدایی با استفاده از مدل PESTEL، شاخص‌های اصلی ریسک شناسایی شد. این مدل تمامی ریسک‌های موجود در این حوزه را تعیین کرد. در ادامهٔ راه، براساس نظر و تجربهٔ بالای خبرگان صنعت، از بین تمامی سناریوهای موجود، ۳۶ سناریوی احتمالی شناسایی و با روش بهترین–بدترین، ۱۴ سناریو به‌عنوان محتمل‌ترین آنها مشخص شد. در روش تحلیل، عوامل مختلف و تأثیرگذار بر شرکت و صنعت بررسی شد که صنعت آنها را کنترل نمی‌کند. یکی از مزیت‌های این روش، خروجی آن است که در نتایج، تصمیمات تحت شرایط ریسک را در سناریوهای مختلف به‌همراه درصد موفقیت هر سناریو بیان می‌کند. درنهایت سناریوهای مختلف در ۴ دسته‌بندی اصلی براساس راهبرهای حل‌شدنی دسته‌بندی شدند. در صورتی که سناریوهای S_{11}، S_{21} و S_{18} رخ دهد، شرکت با استفاده از استراتژی‌های یکپارچگی عمودی به بالا، استراتژی‌های یکپارچگی عمودی به پایین و استراتژی‌های افقی خود را به‌جهت رسیدن به مقادیر بهینه یاری می‌دهد. در همین راستا، فعالیت‌هایی همچون فروش مستقیم محصولات به مشتریان و حذف واسطه‌ها، خرید مواد اولیهٔ مستقیم از تأمین‌کنندگان و حذف واسطه‌های این قسمت از زنجیرهٔ تأمین و خرید شرکت رقبا را برای تسهیل چنین شرایطی انجام می‌دهد. در این قسمت پیشنهاد می‌شود شرکت به‌منظور ایجاد قراردادهای بلندمدت با تأمین‌کنندگان کلیدی و همچنین ایجاد برنامه‌های اضطراری برای تأمین منابع اقدام کند. در صورتی که سناریوهای S_{13}، S_{17} و S_{8} رخ دهد، شرکت با استفاده از راهبردهای رسوخ در بازار، راهبردهای توسعهٔ بازار و راهبردهای توسعهٔ محصول خود را به‌جهت رسیدن به مقادیر بهینه یاری می‌دهد. در همین راستا، فعالیت‌هایی همچون افزایش سهم بازار در بازارهای مورد فعالیت خود، ایجاد بازارهای جدید در مناطق جغرافیایی جدید و افزایش فروش با بهینه‌سازی محصولات و خدمات را برای تسهیل چنین شرایطی انجام می‌دهد. با توجه به نتایج در این بخش پیشنهاد می‌شود شرکت با بهره‌گیری از تکنیک‌های بازاریابی دیجیتال و استفاده از داده‌های بزرگ در راستای شناسایی روندهای جدید بازار اقدام کند. در صورتی که سناریوهای S_{28}، S_{14} و S_{6} رخ دهد، شرکت با استفاده از راهبردهای تنوع همگون، راهبردهای تنوع ناهمگون و راهبردهای تنوع افقی خود را به‌جهت رسیدن به مقادیر بهینه یاری می‌دهد. در همین راستا، فعالیت‌هایی همچون ایجاد ارائهٔ محصول یا خدمات جدید مرتبط با خود، ارائهٔ محصول یا خدمات جدید غیر مرتبط با خود به‌جهت جذب مشتری جدید و ارائهٔ محصول یا خدمات جدید غیر مرتبط با خود و ارائه به مشتریان کنونی را برای تسهیل چنین شرایطی انجام می‌دهد. با توجه به نتایج این سناریو، بررسی رفتار مصرف‌کنندگان شامل بررسی میزان عرضه و تقاضا در نقاط جدید بازار، شناخت فرهنگ‌ها و نحوهٔ تعامل در بازارهای گوناگون و همچنین توسعهٔ بازار دیجیتال در این بخش شرکت را یاری می‌کند تا به‌طور مؤثرتری در بازارهای جدید ورود و استراتژی بازاریابی و توسعهٔ محصولات خود را طراحی

کند. در صورتی که سناریوهای S_{10}، S_7، S_9، S_{12} و S_5 رخ دهد، شرکت با استفاده از راهبردهای مشارکت، راهبردهای کاهش، راهبردهای واگذاری، راهبردهای انحلال و راهبردهای ترکیب خود را به‌جهت رسیدن به مقادیر بهینه یاری می‌دهد. در همین راستا، فعالیت‌هایی همچون ایجاد یک شرکت تضامنی موقت، تجدید در ساختارهای هزینه‌ها، فروش یک بخش یا جزئی از شرکت، فروش تمام دارایی‌های شرکت و یا ترکیبی از موارد بیان‌شده را برای تسهیل چنین شرایطی انجام می‌دهد.

در همین راستا، پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آتی تأثیر مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین صنایع فولادی بر انعطاف‌پذیری زنجیرهٔ تأمین، با توجه به جهت گیری‌های هوش مصنوعی و بخش مداخله‌گر اینترنت اشیا، شبیه‌سازی ریسک زنجیرهٔ تأمین در صنایع فولادی با رویکرد تاب‌آوری در شرایط تصادفی، ارزیابی موانع و راهبردهای مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین با رویکرد پایداری در شرایط تصادفی در صنایع فولادی و تحلیل جهت‌گیری ریسک زنجیرهٔ تأمین و قابلیت‌های مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین به‌همراه مکانیسم‌هایی برای عملکرد کارای زنجیرهٔ تأمین شرکت‌های فولادی بررسی شود.

در راستای مدیریت بهتر ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین پیشنهاد می‌شود که اقدامات ذیل برای بهبود کارایی زنجیرهٔ تأمین و کاهش ریسک‌ها انجام شود:

الف) تنوع‌بخشی به تأمین‌کنندگان

یکی از اصلی‌ترین استراتژی‌ها برای کاهش وابستگی و ریسک، استفاده از چندین تأمین‌کننده برای هر محصول است. این استراتژی، این امکان را به سازمان‌ها می‌دهد تا در صورت بروز مشکل، با یکی از تأمین‌کنندگان (مانند تأخیر یا مشکلات کیفی)، از دیگر تأمین‌کنندگان بهره‌مند شوند. توصیه می‌شود که مدیران نه‌تنها به منابع داخلی، به تأمین‌کنندگان بین‌المللی نیز توجه کنند تا شبکهٔ تأمین گسترده‌تری داشته باشند.

ب) استفاده از فناوری‌های دیجیتال و داده‌محور

مدیران زنجیرهٔ تأمین باید از فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و سیستم‌های ERP استفاده کنند تا امکان مانیتورینگ و تحلیل داده‌های زنجیرهٔ تأمین فراهم شود. این فناوری‌ها ، این امکان را به مدیران می‌دهند که مشکلات بالقوه را پیش از وقوع شناسایی کنند و اقدامات پیشگیرانه را انجام دهند.

ج) ایجاد انعطاف‌پذیری و انعطاف‌پذیری عملیاتی

انعطاف‌پذیری در زنجیرهٔ تأمین به معنای داشتن ظرفیت اضافی و گزینه‌های جایگزین در مواقع بحرانی است. این انعطاف‌پذیری ازطریق نگهداری موجودی مازاد از کالاهای حیاتی یا توسعهٔ ارتباط با تأمین‌کنندگان جدید ایجاد می‌شود. همچنین، انعطاف در فرآیندهای تولید و توزیع به کاهش ریسک‌های ناشی از تغییرات در تقاضا یا مشکلات در حمل و نقل کمک می‌کند.

د) توسعهٔ شفافیت زنجیرهٔ تأمین

افزایش شفافیت در زنجیرهٔ تأمین ازطریق فناوری‌هایی مانند بلاکچین، ریسک‌های مرتبط با عدم قطعیت را در زنجیرهٔ تأمین را کاهش می‌دهد. بلاکچین این امکان را فراهم می‌کند که هر مرحله از فرآیند تولید و توزیع به‌طور شفاف ردیابی شود و از وقوع نقص‌های اطلاعاتی جلوگیری شود. این موضوع به‌ویژه در زنجیره‌های تأمین بین‌المللی اهمیت بالایی دارد که تعداد واسطه‌هایش زیاد است

و) ارزیابی مداوم ریسک‌ها و بهبود مستمر

مدیران ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین را به‌صورت مستمر ارزیابی و راهکارهای بهبود را پیاده‌سازی می‌کنند. استفاده از تحلیل‌های منظم داده‌ها به مدیریت کمک می‌کند تا تغییرات جدید را در محیط کسب‌وکار یا عوامل خارجی را به‌سرعت شناسایی و اقدامات لازم را انجام دهند.

این پژوهش از ترکیب روش‌های PESTEL، بهترین-بدترین و تحلیل استواری برای تحلیل ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین استفاده کرده است. این ترکیب روش‌ها به پژوهش اجازه داده است تا ریسک‌های محیطی را به‌طور جامع شناسایی و سناریوهای محتمل را با دقت بیشتری ارزیابی کند. همچنین این پژوهش به‌طور خاص بر صنعت فولاد متمرکز شده است که یکی از صنایع استراتژیک و پیچیده در ایران محسوب می‌شود. این تمرکز به پژوهش اجازه داده است تا بینش‌های عملی و راهکارهای کاربردی را برای مدیریت ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین در این صنعت ارائه دهد.

پژوهش حاضر با وجود دستاوردهای ارزشمند، دارای برخی محدودیت‌هاست که باید در تفسیر نتایج و تحقیقات آینده به آن توجه شود: اول اینکه بخشی از داده‌ها و تحلیل‌ها براساس نظرات خبرگان جمع‌آوری شده است. اگرچه این نظرات ارزشمندند، ممکن است تحت تأثیر سوگیری‌های شخصی یا تجربیات محدود خبرگان قرار گرفته باشند؛ دوم، نتایج این پژوهش ممکن است به‌دلیل ویژگی‌های خاص صنعت فولاد و شرایط محیطی ایران، به‌طور کامل به دیگر صنایع یا کشورها تعمیم‌دادنی نباشد. درنهایت، برای مدیریت‌پذیربودن تحلیل‌ها، برخی از پیچیدگی‌های واقعی زنجیرهٔ تأمین ساده‌سازی شده‌اند. این ساده‌سازی ممکن است برخی از جنبه‌های واقعی ریسک‌ها را نادیده گرفته باشد.

References

Abdel-Basset, M., Gunasekaran, M., Mohamed, M., & Chilamkurti, N. (2019). A framework for risk assessment, management and evaluation: Economic tool for quantifying risks in supply chain. *Future Generation Computer Systems, 90*(1), 489-502. https://doi.org/10.1016/j.future.2018.08.035

Al-Ayed, S., & Al-Tit, A. (2023). The effect of supply chain risk management on supply chain resilience: The intervening part of Internet-of-Things. *Uncertain Supply Chain Management, 11*(1), 179-186. https:// doi.org/10.5267/j.uscm.2022.10.009

Aqlan, F., & Lam, S. S. (2016). Supply chain optimization under risk and uncertainty: A case study for high-end server manufacturing. *Computers & Industrial Engineering, 93*, 78-87 . https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.12.025

Azaron, A., Brown, K., Tarim, S. A., & Modarres, M. (2008). A multi-objective stochastic programming approach for supply chain design considering risk. *International journal of production economics, 116*(1), 129-138. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.08.002

Azaron, A., Furmans, K., & Modarres, M. (2009). Interactive multi-objective stochastic programming approaches for designing robust supply chain networks. In *Operations Research Proceedings 2008* (pp. 173-178). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-00142-0_28

Baryannis, G., Dani, S., Validi, S., & Antoniou, G. (2019). Decision support systems and artificial intelligence in supply chain risk management. In *Revisiting supply chain risk* (pp. 53-71). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03813-7_4

Behzadi, G., O'Sullivan, M. J., Olsen, T. L., & Zhang, A. (2018). Agribusiness supply chain risk management: A review of quantitative decision models. *Omega, 79*, 21-42 . https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.07.005

Berger, N., Schulze-Schwering, S., Long, E., & Spinler, S. (2023). Risk management of supply chain disruptions: An epidemic modeling approach. *European Journal of Operational Research, 304*(3), 1036-1051 .https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.05.018

Bier, T., Lange, A., & Glock, C. H. (2020). Methods for mitigating disruptions in complex supply chain structures: A systematic literature review. *International Journal of Production Research, 58*(6), 1835-1856 .https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1687954

Chen, C.-W., & Fan, Y. (2012). Bioethanol supply chain system planning under supply and demand uncertainties. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 48*(1), 150-164 .https://doi.org/10.1016/j.tre.2011.08.004

Chopra, S., & Sodhi, M. S. (2014). Reducing the risk of supply chain disruptions. *MIT Sloan management review*, *55*(3), 73-80. https://doi.org/10.1201/9781420013306.ch2

Christopher, M., Lowson, R., & Peck, H. (2004). Creating agile supply chains in the fashion industry. *International Journal of Retail & Distribution Management, 32*(8), 367-376 . https://doi.org/10.1108/09590550410546188

Darom, N. A., Hishamuddin, H., Ramli, R., & Nopiah, Z. M. (2018). An inventory model of supply chain disruption recovery with safety stock and carbon emission consideration. *Journal of Cleaner Production, 197*, 1011-10. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.246

de Oliveira, U. R., Marins, F. A. S., Rocha, H. M., & Salomon, V. A. P. (2017). The ISO 31000 standard in supply chain risk management. *Journal of Cleaner Production, 151*, 616-633 https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.054.

Dehghani, M., Abbasi, B., & Oliveira, F. (2021). Proactive transshipment in the blood supply chain: A stochastic programming approach. *Omega, 98*, 102112 . https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.102112

Farahani, M., Shavandi, H., & Rahmani, D. (2017). A location-inventory model considering a strategy to mitigate disruption risk in supply chain by substitutable products. *Computers & Industrial Engineering, 108*, 213-224 .https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.04.032

Fathi, M., Azar, A., Jandaghi, G., & Ranjebar Totoei, S. (2024). Forecasting the Production and Consumption of Energy Carriers in the Supply Chain and Choosing a Strategy with a Robustness Analysis Approach (Case Study: National Iranian Copper Industries Company). *Journal of Logistics Thought Scientific Publication, 23*(90), 135-155. magiran.com/p2812600. https://doi.org/10.22034/LOT.2022.1268988.1208

Ghadge, A., Dani, S., & Kalawsky, R. (2012). Supply chain risk management: present and future scope. *The International Journal of Logistics Management, 23*(3), 313-339 . https://doi.org/10.1108/09574091211289200

Govindan, K., & Cheng, T. (2018). Advances in stochastic programming and robust optimization for supply chain planning. *Computers & Operations Research, 100*, 262-269. https://doi.org/10.1016/j.cor.2018.07.027

Gurtu, A., & Johny, J. (2021). Supply chain risk management: Literature review. *Risks, 9*(1), 16 . https://doi.org/10.3390/risks9010016

Hendricks, K. B., & Singhal, V. R. (2003). The effect of supply chain glitches on shareholder wealth. *Journal of operations management, 21*(5), 501-522 .https://doi.org/10.1016/j.jom.2003.02.003

Ho, W., Zheng, T., Yildiz, H., & Talluri, S. (2015). Supply chain risk management: a literature review. *International Journal of Production Research, 53*(16), 5031-5069 . https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1030467

Hong, Z., Lee, C. K., & Zhang, L. (2018). Procurement risk management under uncertainty: a review. *Industrial Management & Data Systems, 118*(7), 1547-1574. https://doi.org/10.1108/imds-10-2017-0469

Hugos, M. H. (2018). *Essentials of supply chain management*. John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9781119464495

Jafari, H., and Othman Soleiman, K. (2020). Assessment of effective environmental factors in oil and gas industry policies using PESTLE & SWOT analysis (case study: Kurdistan, Iraq). *Environmental Sciences*, *18*(3), 134-151. doi: 10.29252/envs.18.3.134. https://doi.org/10.29252/envs.18.3.134

Joorbonyan, Z. , Sorourkhah, A. and Edalatpanah, S. A. (2024). Identifying and prioritizing appropriate strategies for customer loyalty in a mass environment (case study: clothing house). *Journal of Decisions and Operations Research*, *9*(1), 98-119. https://doi.org/10.22105/dmor.2024.420185.1800.

Kansongue, N., Njuguna, J., & Vertigans, S. (2023). A PESTEL and SWOT impact analysis on renewable energy development in Togo. *Frontiers in Sustainability, 3*. https://doi.org/10.3389/frsus.2022.990173.

Khalilabadi, S. M. G., Zegordi, S. H., & Nikbakhsh, E. (2020). A multi-stage stochastic programming approach for supply chain risk mitigation via product substitution. *Computers & Industrial Engineering, 149*, 106786 .https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106786

Kim, Y., Chen, Y.-S., & Linderman, K. (2015). Supply network disruption and resilience: A network structural perspective. *Journal of operations management, 33*, 43-59 . https://doi.org/10.1016/j.jom.2014.10.006

Kumar, S. K., Tiwari, M., & Babiceanu, R. F. (2010). Minimisation of supply chain cost with embedded risk using computational intelligence approaches. *International Journal of Production Research, 48*(13), 3717-3739 .https://doi.org/10.1080/00207540902893425

Levins, R. (1968). *Evolution in changing environments: some theoretical explorations* (No. 2). Princeton University Press.

Li, G., Fan, H., Lee, P. K., & Cheng, T. (2015). Joint supply chain risk management: An agency and collaboration perspective. *International journal of production economics, 164*, 83-94 . https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.02.021

Liu, W., Zuo, H., Wang, J., Xue ,Q., Ren, B., & Yang, F. (2021). The production and application of hydrogen in steel industry. *International Journal of Hydrogen Energy, 46*(17), 10548-10569 . https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.12.123

Manuj, I., & Mentzer, J. T. (2008). Global supply chain risk management strategies. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 38*(3), 192-223 . https://doi.org/10.1108/09600030810866986

Matović, I. M. (2020). *PESTEL analysis of external environment as a success factor of startup business.* Paper presented at the ConScienS Conference Proceedings. https://doi.org/10.5281/zenodo.4058794

Mehregan, M. , Jafari, S. , Azara, A. and Zahedi, S. (2022). The application of methodological approach to strategic choice and robustness analysis (Case study: Deciding on product sales promotion and advancement). *Innovation Management and Operational Strategies*, *3*(2), 113-129. doi: 10.22105/imos.2022.309117.1174. https://doi.org/10.47297/wspciwsp2516-252722.20220603

Mirzapour Al-E-Hashem, S., Malekly, H., & Aryanezhad, M. B. (2011). A multi-objective robust optimization model for multi-product multi-site aggregate production planning in a supply chain under uncertainty. *International Journal of Production Economics, 134*(1), 28-42 . https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.01.027

Mizrak, K. C. (2024). Crisis management and risk mitigation: Strategies for effective response and resilience. *Trends, challenges, and practices in contemporary strategic management*, 254-278 . https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1155-4.ch013

Namen, A. A., Bornstein, C. T., & Rosenhead, J. (2010). The Use of robustness analysis for planning actions in a poor Brazilian community. *Pesquisa Operacional, 30*, 267-280 . https://doi.org/10.1590/s0101-74382010000200002

Neumayer, E., & Plümper, T. (2017). *Robustness tests for quantitative research*.Cambridge

University Press. https://doi.org/10.1017/9781108233590

Norrman, A., & Jansson, U. (2004). Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident. *International journal of physical distribution & logistics management, 34*(5), 434-456. https://doi.org/10.1108/09600030410545463

Okoye, C. C., Ofodile, O. C., Tula, S. T., Nifise, A. O. A., Falaiye, T., Ejairu, E & ,.Addy, W. A. (2024). Risk management in international supply chains: A review with USA and African Cases. *Magna Scientia Advanced Research and Reviews, 10*(1), 256-264 . https://doi.org/10.30574/msarr.2024.10.1.0024

Olatunji, A. F., & Ayoola, A. A. (2024). Mitigating Supply Chain Vulnerabilities in Nigeria. *ESUT JOURNAL OF SOCIAL SCIENCES, 9*(2). Retrieved from https://www.esutjss.com/index.php/ESUTJSS/article/view/219

Paul, A., Shukla, N., Paul, S. K., & Trianni, A. (2021). Sustainable supply chain management and multi-criteria decision-making methods: A systematic review. *Sustainability, 13*(13), 7104 . https://doi.org/10.3390/su13137104

Peidro, D., Mula, J., Poler, R., & Verdegay, J.-L. (2009). Fuzzy optimization for supply chain planning under supply, demand and process uncertainties. *Fuzzy sets and systems, 160*(18), 2640-2657 .https://doi.org/10.1016/j.fss.2009.02.021

Pettit, T. J., Croxton, K. L., & Fiksel, J. (2013). Ensuring supply chain resilience: development and implementation of an assessment tool. *Journal of business logistics, 34*(1), 46-76 . https://doi.org/10.1111/jbl.12009

Polyviou, M., Ramos, G., & Schneller, E. (2022). Supply Chain Risk Management: An Enterprise View and a Survey of Methods. In *Supply Chain Risk Mitigation: Strategies, Methods and Applications* (pp. 27-58). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-09183-4_2

Rahman, T., Paul, S. K., Agarwal, R., & Sarker, R. (2023). Overview of Supply Chain Risk and Disruption Management Tools, Techniques, and Approaches. In *Supply Chain Risk and Disruption Management: Latest Tools, Techniques and Management Approaches* (pp. 1-22) .Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-99-2629-9_1

Rajagopal, V., Venkatesan, S. P., & Goh, M. (2017). Decision-making models for supply chain risk mitigation: A review. *Computers & Industrial Engineering, 113*, 646-682 . https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.09.043

Rajaram, K., & Tang, C. S. (2001). The impact of product substitution on retail merchandising. *European Journal of Operational Research, 135*(3), 582-601 .https://doi.org/10.1016/s0377-2217(01)00021-2

Rao, S., & Goldsby, T. J. (2009). Supply chain risks: a review and typology. *The International Journal of Logistics Management, 20*(1), 97-123. https://doi.org/10.1108/09574090910954864

Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega, 53,* 49-57. https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009

Roghanian, E., Sadjadi, S. J., & Aryanezhad, M.-B. (2007). A probabilistic bi-level linear multi-objective programming problem to supply chain planning. *Applied Mathematics and computation, 188*(1), 786-800. https://doi.org/10.1016/j.amc.2006.10.032

Rosenhead, J. (2002). Robustness analysis. *Newsletter of the European Working Group, 32*(4), 181–207 https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1153-7_200722

Samvedi, A., Jain, V., & Chan, F. T. (2013). Quantifying risks in a supply chain through integration of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS. *International Journal of Production Research, 51*(8), 2433-2442 .https://doi.org/10.1080/00207543.2012.741330

Serdarasan, S. (2013). A review of supply chain complexity drivers. *Computers & Industrial Engineering, 66*(3), 533-540 .https://doi.org/10.1016/j.cie.2012.12.008

Sorourkhah, A. , Azar, A. , Babaie-Kafaki, S. and Shafiei Nik Abadi, M. (2017). Using Weighted-

Robustness Analysis in Strategy Selection (Case Study: Saipa Automotive Research and Innovation Center). *Industrial Management Journal*, *9*(4), 665-690. https://doi.org/10.22059/imj.2018.247856.1007361.

Stadtler, H. (2014). Supply chain management: An overview. *Supply chain management and advanced planning: Concepts, models, software, and case studies*, 3-28 . https://doi.org/10.1007/978-3-642-55309-7_1

Swierczek, A., & Szozda, N. (2019). Demand planning as a tamer and trigger of operational risk disruptions: evidence from the European supply chains. *Supply chain management: An international journal*, *24*(6), 748-766. https://doi.org/10.1108/scm-03-2019-0095

Tang, C., & Tomlin, B. (2008). The power of flexibility for mitigating supply chain risks. *International journal of production economics, 116*(1), 12-27 . https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.07.008

Tang, C. S. (2006). Perspectives in supply chain risk management. *International journal of production economics, 103*(2), 451-488 .https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.12.006

Trisna, T., Marimin, M., Arkeman, Y., & Sunarti, T. (2016). Multi-objective optimization for supply chain management problem: A literature review. *Decision Science Letters, 5*(2), 283-316 . https://doi.org/10.5267/j.dsl.2015.10.003

Tubis, A. A., & Werbińska-Wojciechowska, S. (2021). Risk management maturity model for logistic processes. *Sustainability,*659, 2(3) . https://doi.org/10.3390/su13020659

Tummala, R., & Schoenherr, T. (2011). Assessing and managing risks using the supply chain risk management process (SCRMP). *Supply chain management: An international journal, 16*(6), 474-483 .https://doi.org/10.1108/13598541111171165

Valinejad, F., & Rahmani, D. (2018). Sustainability risk management in the supply chain of telecommunication companies: A case study. *Journal of Cleaner Production, 203*, 53-67 . https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.174

Vanĭcek, P., Krakiwsky, E., Craymer, M., Gao, Y., & Ong, P. (2023). *Robustness analysis*. https://doi.org/10.1007/s001900100162

Vishnu, C., Sridharan, R., & Kumar, P. R. (2019). Supply chain risk management: models and methods. *International Journal of Management and Decision Making, 18*(1), 31-75 . https://doi.org/10.1504/ijmdm.2019.096689

Wagner, S. M., & Bode, C. (2008). An empirical examination of supply chain performance along several dimensions of risk. *Journal of business logistics, 29*(1), 307-325 . https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2008.tb00081.x

Yan, R., Lu, B., & Wu, J. (2016). Contract coordination strategy of supply chain with substitution under supply disruption and stochastic demand. *Sustainability, 8*(7), 676 . https://doi.org/10.3390/su8070676

[1] Supply Chain
[2] Supply Chain Management
[3] Supply Chain Risk Management
[4] Rajaram & Tang
[5] Norrman & Jansson
[6] Tang
[7] Roghanian et al.
[8] Azaron et al.
[9] Peidro et al.
[10] Mirzapour et al.
[11] Chen & Fan
[12] Yan et al.
[13] Farahani et al.
[14] Rajagopal et al.
[15] Govindan & Cheng,

[16] Darom et al.
[17] Hong et al.
[18] Swierczek & Szozda
[19] Khalilabadi et al.
[20] Bier et al.
[21] Dehghani et al.
[22] Hendricks & Singhal
[23] Christopher et al.
[24] Manuj & Mentzer
[25] Tang & Tomlin
[26] Wagner & Bode
[27] Rao & Goldsby
[28] Kumar et al.
[29] Tummala & Schoenherr
[30] Pettit et al.
[31] Samvedi et al.
[32] Ho et al.
[33] Gurtu & Johny
[34] Rahman et al.
[35.] Modeling with Contract Negotiation
[36.] Modeling with Hierarchical Coordination
[37.] Modeling with Game Theory
[38.] Multi-objective optimization
[39] Levins
[40] Rosenhead
[41] Best Worst Method
[42] Rezaei
[43] Minimax
[44] Lingo
[45.] The Main Strategies

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

This page intentionally left blank.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی