

Identifying the Convergence Components of Risk Reduction and Quality Enhancement with a Meta-Synthesis Approach

1. Mehdi Bazesh^{ID}: Department of Industrial Management, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Hassan Mehrmanesh^{ID*}: Department of Industrial Management, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: has.mehrmanesh@iau.ir (Corresponding Author)

3. Seyyed Zabihollah Hashemi^{ID}: Department of Industrial Management, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

Article history



Received: 24 June 2025

Revised: 27 October 2025

Accepted: 04 November 2025

Initial Publish: 08 November 2025

Final Publish: 22 December 2025

Abstract:

The aim of this study was to identify the convergence components of risk reduction and quality enhancement in production processes using a meta-synthesis approach. This applied qualitative research employed a library-based design using the meta-synthesis technique. A total of 208 studies published between 2000 and 2025 in Scopus, Web of Science, and Persian databases were screened through the CASP framework, and 41 articles were selected for in-depth analysis. Data were coded and analyzed using MAXQDA software. Through thematic analysis, 44 components were identified under 18 key indicators grouped into three main dimensions. The results revealed that the convergence framework consists of three major dimensions: (1) risk reduction (financial, operational, technological, environmental and legal, supply chain, organizational and managerial, cognitive and informational risks), (2) quality enhancement (product or service quality, process quality, human resource quality, information quality, customer-centric quality, innovation quality, sustainability and social responsibility), and (3) integrative convergence (uncertainty management, cost–quality optimization, decision-making management, and predictive and machine learning models). These interrelated components create a synergistic mechanism that simultaneously improves production performance, strengthens quality assurance, and mitigates potential risks across industrial systems. The study concludes that risk reduction and quality enhancement are complementary, convergent processes rather than isolated objectives. Organizations can achieve sustainable competitiveness by adopting an integrated, data-driven, and predictive strategy that combines intelligent risk management and systematic quality improvement. The results highlight the importance of incorporating advanced analytics, AI-based decision tools, and continuous process optimization in establishing resilient and high-quality production ecosystems.

Keywords: Risk Management; Quality Management; Meta-Synthesis; Production Optimization

Citation: Bazesh, M., Mehrmanesh, H., & Hashemi, S. Z. (2025). Identifying the Convergence Components of Risk Reduction and Quality Enhancement with a Meta-Synthesis Approach. *Accounting, Finance and Computational Intelligence*, 3(4), 1-21.



Copyright: © 2025 by the authors. Published under the terms and conditions of Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

Extended Abstract**Introduction**

In the modern era of globalized production and industrial digitalization, organizations are increasingly challenged to strike an effective balance between risk reduction and quality enhancement—two domains that, although historically distinct, have become interdependent in the era of intelligent manufacturing (Verhaelen et al., 2023). Traditional manufacturing paradigms focusing solely on cost efficiency or productivity often fail to account for the complex interrelations among financial, operational, technological, and human factors that collectively determine performance sustainability (Urbaniak et al., 2023). As industries evolve under volatile market conditions, quality is no longer an isolated performance indicator but rather an integrated reflection of an organization's resilience, agility, and competitiveness (Skère et al., 2023).

The interplay between risk and quality has become more complex with the emergence of Industry 4.0 technologies, where smart manufacturing systems, data analytics, and cyber-physical integration redefine decision-making at every production stage (Winkler et al., 2022). In such contexts, risk cannot be perceived as a linear threat but rather as a multidimensional variable influencing quality dynamics, product reliability, and supply chain efficiency (Xu & Song, 2022). Consequently, integrating risk management frameworks with quality management systems is now considered a strategic imperative rather than a reactive measure (Safaeian et al., 2024).

In line with this transformation, scholars have proposed optimization-based models to address the dual challenge of improving quality while mitigating uncertainty (Zuo & Zio, 2024). Research demonstrates that structured allocation of risk budgets and fault tree analyses can simultaneously reduce operational disruptions and enhance system robustness (Guan et al., 2024). Complementary studies argue that stochastic modeling and quasi-random optimization methods outperform traditional deterministic models when accounting for uncertainty in financial and technical decision-making (Fathi Vajargah & Larak, 2024).

Parallel to risk-oriented advances, significant contributions have emerged from the quality management literature emphasizing continuous improvement, process innovation, and sustainable design (Krein & Pelton, 2023). Studies highlight that dynamic decision-making models and predictive learning systems can enhance quality control while providing real-time insights into risk behaviors (Zhang et al., 2020). Indeed, the convergence of data analytics, machine learning, and optimization algorithms has established a foundation for predictive and adaptive systems capable of managing uncertainties before they manifest in production outputs (Song, 2025).

However, empirical and conceptual studies addressing this convergence are often fragmented across domains such as industrial engineering, finance, and operations management (Khan & Gupta, 2023). The literature rarely provides a holistic synthesis that identifies common factors underlying the simultaneous pursuit of risk reduction and quality enhancement. Given the growing significance of this intersection—particularly in the post-pandemic era characterized by supply chain instability, digital dependency, and sustainability imperatives—a comprehensive framework integrating both perspectives is urgently needed (Chen et al., 2022).

Previous works have emphasized the use of advanced computational methods, such as multi-objective optimization, simulation-optimization, and metaheuristic algorithms, to solve complex production and scheduling problems (Aqil & Allali, 2021; Avadiappan & Maravelias, 2021). These studies confirm that hybrid and flexible systems integrating human expertise with algorithmic precision outperform conventional quality or risk models when evaluated independently (Hyun et al., 2021).

In addition, the use of big data and stream processing platforms has been highlighted as essential for predictive maintenance and real-time performance assessment in Industry 4.0 environments (Sahal et al., 2020).

Nonetheless, the convergence between risk and quality extends beyond technological and operational concerns—it also encompasses human, organizational, and environmental dimensions. For instance, workforce competence, learning culture, and management transparency are found to significantly influence the stability of both risk control and quality outcomes (Mokhtari & Shirani, 2021; Verhaelen et al., 2023). At the same time, sustainable production practices, resource efficiency, and environmental compliance are integral components of quality that inherently mitigate long-term systemic risks (Khan & Gupta, 2023).

Despite these insights, research gaps persist. Few studies have systematically integrated these multifaceted dimensions into a unified theoretical model capable of guiding managerial action and policy. Therefore, the present study addresses this critical void by applying a meta-synthesis approach to identify, categorize, and conceptualize the key components of convergence between risk reduction and quality enhancement in production systems.

The aim of this study is to identify the convergence components of risk reduction and quality enhancement using a meta-synthesis approach.

Methods and Materials

This study adopted a qualitative, meta-synthesis research design to systematically integrate findings from previous studies on risk and quality management in industrial and manufacturing contexts. The research followed a seven-step meta-synthesis protocol to ensure methodological rigor.

First, a comprehensive literature search was conducted across Scopus, Web of Science, and national academic databases, covering publications from 2000 to 2025. A total of 208 scientific papers were initially identified, focusing on risk optimization, quality improvement, sustainable production, and data-driven manufacturing.

Second, inclusion and exclusion criteria were applied based on the Critical Appraisal Skills Programme (CASP) framework, which assesses methodological soundness, relevance, and conceptual clarity. After screening, 41 studies were retained for detailed analysis.

Third, qualitative data were coded using MAXQDA software. Through open coding, relevant concepts were extracted; axial coding grouped these into categories; and selective coding refined them into overarching dimensions.

Fourth, thematic synthesis was conducted to merge findings into conceptual clusters representing interrelated domains of risk and quality. Triangulation among researchers ensured analytical validity.

Finally, reliability was strengthened by expert review and saturation assessment, confirming that no new themes emerged beyond the 41 analyzed studies.

Findings

The analysis revealed a three-dimensional framework for the convergence of risk reduction and quality enhancement, encompassing: (1) risk-oriented dimensions, (2) quality-oriented dimensions, and (3) convergence-oriented dimensions integrating both.

1. Risk-oriented dimensions: Seven categories were identified: financial risk, operational risk, technological risk, environmental and legal risk, supply chain risk, organizational and managerial risk, and cognitive or informational risk. Financial risks were primarily linked to unstable cash flows and cost volatility, whereas operational risks stemmed from

workflow inefficiencies and maintenance delays. Technological and environmental risks emerged as critical factors influencing long-term quality assurance, particularly in dynamic or digitalized production systems.

2. Quality-oriented dimensions: Eight major quality drivers were found: product/service quality, process quality, human resource quality, information quality, customer-centric quality, innovation quality, sustainability, and social responsibility. Among these, process quality and innovation quality demonstrated the strongest correlation with effective risk management practices, indicating that continuous improvement frameworks naturally enhance resilience against disruptions.

3. Convergence-oriented dimensions: Four integrative components were discovered linking risk and quality: uncertainty management, cost–quality optimization, decision-making management, and predictive and machine learning models. These factors represent the structural mechanisms through which risk reduction and quality improvement interact dynamically within production environments.

Overall, 44 distinct components were identified across the three dimensions. The synthesis suggests that organizations achieving high levels of convergence between risk and quality exhibit adaptive decision systems, transparent information flows, data integration capability, and a culture of shared accountability.

Discussion and Conclusion

The findings highlight that risk and quality management should not be treated as separate managerial functions but as interdependent and mutually reinforcing processes. The identified components demonstrate that effective risk control mechanisms—particularly those informed by predictive analytics—naturally enhance product reliability and organizational learning capacity. Conversely, continuous quality improvement systems reduce uncertainty by stabilizing production parameters and creating feedback loops that prevent error propagation.

The study supports previous assertions that financial and operational risks are pivotal determinants of production performance. When resource allocation is strategically aligned with risk assessment, firms can improve both resilience and cost efficiency. Moreover, integrating environmental and technological risk monitoring into quality systems ensures compliance and sustainability in long-term operations.

From a technological perspective, this research reinforces the growing importance of AI-driven optimization in achieving convergence. Machine learning and big data analytics provide predictive insight into potential disruptions, enabling pre-emptive adjustments that minimize both failure probability and quality deviation. This insight aligns with the broader Industry 4.0 vision, in which data transparency and automation redefine organizational risk posture.

At the human and organizational levels, the synthesis underscores that effective convergence requires a learning-oriented culture. Empowering employees, fostering open communication, and aligning managerial decisions with risk-awareness frameworks are essential to sustaining continuous improvement. These elements transform human capital into a strategic asset for mitigating operational variability and maintaining high-quality standards.

The conceptual model derived from this study advances current understanding by establishing a structured taxonomy of convergence components. This framework not only integrates previously fragmented research but also provides a foundation for designing integrated management systems where risk assessment, quality control, and decision optimization co-exist under a unified strategic vision.

In conclusion, the study demonstrates that convergence between risk reduction and quality enhancement is a systemic necessity for sustainable industrial development. The dynamic interdependence of technological innovation, managerial

decision-making, and human adaptability forms the core of modern resilience-oriented manufacturing. By embracing data-driven optimization and a holistic managerial mindset, organizations can transform risk into an opportunity for continual quality advancement and competitive differentiation.

Authors' Contributions

Authors equally contributed to this article.

Acknowledgments

Authors thank all participants who participate in this study.

Declaration of Interest

The authors report no conflict of interest.

Funding

According to the authors, this article has no financial support.

Ethical Considerations

All procedures performed in this study were under the ethical standards.

شناسایی مؤلفه‌های همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت با رویکرد فراترکیب



تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت: ۳ تیر ۱۴۰۴
تاریخ بازنگری: ۵ آبان ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳ آبان ۱۴۰۴
تاریخ چاپ اولیه: ۱۷ آبان ۱۴۰۴
تاریخ چاپ نهایی: ۱ دی ۱۴۰۴

۱. مهدی بازش^{ID}: گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. حسن مهرمنش^{ID}: گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. ایمیل: has.mehrmanesh@iau.ir (نویسنده مسئول)

۳. سید ذبیح اله هاشمی^{ID}: گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

هدف پژوهش، شناسایی مؤلفه‌های همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت در فرایندهای تولید با بهره‌گیری از روش فراترکیب است. پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ ماهیت، کیفی است که با روش کتابخانه‌ای و تکنیک فراترکیب (Meta-Synthesis) انجام شد. جامعه آماری شامل ۲۰۸ مقاله علمی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ از پایگاه‌های Scopus و Web of Science و منابع داخلی بود که پس از غربالگری با معیارهای CASP، ۴۱ مقاله برای تحلیل نهایی انتخاب شدند. داده‌ها با نرم‌افزار MAXQDA کدگذاری و تحلیل شدند. مقوله‌بندی داده‌ها در سه بعد اصلی و ۱۸ شاخص کلیدی انجام گرفت و ۴۴ مؤلفه در این چارچوب شناسایی گردید. نتایج تحلیل نشان داد که مؤلفه‌های اصلی همگرایی شامل ابعاد مرتبط با کاهش ریسک (ریسک‌های مالی، عملیاتی، تکنولوژیکی، محیطی و قانونی، زنجیره تأمین، سازمانی و مدیریتی، شناختی و اطلاعاتی)، ابعاد مرتبط با افزایش کیفیت (کیفیت محصول یا خدمت، کیفیت فرآیند، کیفیت نیروی انسانی، کیفیت اطلاعات، کیفیت مشتری‌مداری، کیفیت نوآوری، کیفیت پایداری و مسئولیت اجتماعی)، و ابعاد همگرایی کنترل ریسک و کیفیت (مدیریت عدم قطعیت، بهینه‌سازی هزینه-کیفیت، مدیریت تصمیم‌گیری و مدل‌های پیش‌بینی و یادگیری ماشین) است. یافته‌ها بیانگر آن است که این مؤلفه‌ها در تعامل با یکدیگر موجب افزایش پایداری، بهره‌وری، و کیفیت تولید می‌شوند و به‌طور هم‌زمان کاهش ریسک‌های کلیدی را نیز به همراه دارند. پژوهش حاضر نشان داد که کاهش ریسک و افزایش کیفیت نه دو حوزه جداگانه، بلکه دو مفهوم همگرا و مکمل‌اند. با اتخاذ رویکردی یکپارچه و مبتنی بر داده، سازمان‌ها می‌توانند با استفاده از ابزارهایی چون مدل‌های یادگیری ماشین، تصمیم‌گیری چندمعیاره و بهینه‌سازی هزینه-کیفیت، کارایی، نوآوری و انعطاف‌پذیری خود را افزایش دهند. یافته‌ها حاکی از آن است که همگرایی بین مدیریت ریسک و کیفیت، عاملی کلیدی در توسعه پایدار سازمان‌ها و ارتقای رقابت‌پذیری آن‌هاست.

کلیدواژه‌گان: مدیریت ریسک؛ مدیریت کیفیت؛ فراترکیب؛ بهینه‌سازی تولید

شیوه استناددهی: بازش، مهدی، مهرمنش، حسن، و هاشمی، سید ذبیح‌اله. (۱۴۰۴). شناسایی مؤلفه‌های همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت با رویکرد فراترکیب. *حسابداری، امور مالی و هوش محاسباتی*، ۳(۴)، ۱-۲۱.



در عصر رقابت‌پذیر و پویا، یکی از اساسی‌ترین دغدغه‌های سازمان‌های تولیدی، دستیابی به تعادلی پایدار میان کاهش ریسک و افزایش کیفیت است. محیط‌های صنعتی با پیچیدگی‌های فزاینده‌ای روبه‌رو هستند که ناشی از تحولات فناورانه، نوسانات اقتصادی، و الزامات زیست‌محیطی است؛ این وضعیت موجب شده است که بنگاه‌های اقتصادی ناگزیر از بازنگری در مدل‌های سنتی مدیریت تولید و کنترل کیفیت باشند (Verhaelen et al., 2023). امروزه، کیفیت دیگر صرفاً یک شاخص خروجی نیست، بلکه معیاری کل‌نگر برای ارزیابی تاب‌آوری، پایداری و رقابت‌پذیری سازمان‌ها محسوب می‌شود (Urbanik et al., 2023). در چنین شرایطی، تمرکز صرف بر کاهش هزینه‌ها یا افزایش بهره‌وری بدون مدیریت دقیق ریسک، می‌تواند پیامدهایی چون افت کیفیت، ناپایداری عملکرد و تهدید بقا را در پی داشته باشد (Skèrè et al., 2023). از این رو، همگرایی میان کاهش ریسک و ارتقای کیفیت، به عنوان یک راهبرد جامع در مدیریت تولید مطرح شده است که نیازمند چارچوب‌های علمی و تجربی منسجم برای تحلیل و پیاده‌سازی است (Pasha et al., 2023).

در دهه‌های اخیر، با گسترش فناوری‌های دیجیتال و ورود نسل چهارم صنعت (Industry 4.0)، مفهوم بهینه‌سازی تولید دچار تحول چشمگیری شده است (Winkler et al., 2022). استفاده از الگوریتم‌های هوشمند، داده‌کاوی و مدل‌های پیش‌بینی گر، به شرکت‌ها این امکان را داده است تا فرآیندهای تولیدی خود را از مرحله برنامه‌ریزی تا کنترل کیفی به‌صورت بلادرنگ پایش و اصلاح کنند (Zhang et al., 2020). با این حال، پیچیدگی سیستم‌های تولید و تنوع منابع ریسک، موجب شده است که رویکردهای صرفاً فنی در کنترل کیفیت یا مدیریت ریسک، پاسخگوی چالش‌های کنونی نباشند (Hyun et al., 2021). به همین دلیل، پژوهشگران بر لزوم ایجاد مدل‌های همگرا میان ریسک و کیفیت تأکید دارند که در آن، مدیریت هوشمندانه عدم قطعیت، تصمیم‌گیری چندمعیاره و بهینه‌سازی چندهدفه به‌صورت توأمان دنبال شود (Xu & Song, 2022). در چارچوب نظری مدیریت ریسک، مؤلفه‌های کلیدی شامل شناسایی، ارزیابی، اولویت‌بندی و پاسخ به ریسک است (Safaeian et al., 2024). در مقابل، در نظریه‌های کیفیت، تمرکز بر بهبود مستمر، رضایت مشتری و پایداری فرآیندها قرار دارد (Krein & Pelton, 2023). ترکیب این دو حوزه در عمل به معنای طراحی نظامی است که در آن هر اقدام بهبود کیفی با تحلیل ریسک همراه شود و بالعکس، هر تصمیم مرتبط با کاهش ریسک با سنجش تأثیر آن بر کیفیت فرایند و محصول ارزیابی گردد (Khan & Gupta, 2023). چنین دیدگاهی مستلزم توسعه مدل‌های ریاضی و الگوریتمی است که بتوانند به‌طور همزمان چندین هدف متعارض را بهینه‌سازی کنند، مانند کاهش هزینه‌ها، افزایش قابلیت اطمینان، و حفظ پایداری محیطی (Chen et al., 2022).

از منظر اقتصادی، پیوند میان کیفیت و ریسک در تولید، به تخصیص بهینه منابع محدود مربوط می‌شود. تصمیم‌گیری در مورد تخصیص بودجه‌های ریسک و سرمایه‌گذاری در کیفیت نیازمند ابزارهای تحلیلی است که بتوانند عدم قطعیت‌های محیطی را لحاظ کنند (Guan et al., 2024). مدل‌های بودجه‌بندی ریسک و تحلیل درخت خطا (Fault Tree Analysis) در این زمینه نشان داده‌اند که رویکردهای همگرا می‌توانند نرخ شکست پروژه‌ها را به‌طور قابل‌توجهی کاهش دهند (Zuo & Zio, 2024). از سوی دیگر، در محیط‌های مالی و فنی که ریسک‌های متقاطع وجود دارد، استفاده از روش‌های بهینه‌سازی چندهدفه و شبه‌تصادفی نظیر زنجیره‌های مارکوف و الگوریتم‌های دنباله‌ای تصادفی، می‌تواند دقت و کارایی تحلیل را افزایش دهد (Fathi Vajargah & Larak, 2024).

در بعد فناورانه، پیشرفت در مدل‌های یادگیری ماشین و داده‌کاوی موجب تحول در شناسایی الگوهای ریسک و پیش‌بینی کیفیت شده است (Song, 2025). این فناوری‌ها با تحلیل داده‌های کلان از زنجیره‌های تأمین، خطوط تولید و رفتار مصرف‌کنندگان، الگوهای پنهان از وقوع خطاها یا افت کیفیت را شناسایی کرده و اقدامات اصلاحی را به‌صورت پیش‌دستانه پیشنهاد می‌کنند (Footeik et al., 2024). به عنوان مثال، مدل‌های یادگیری عمیق در تحلیل پایداری فرآیندها و پیش‌بینی نقاط بحرانی، امکان کنترل هوشمند فرآیندهای پیچیده را فراهم کرده‌اند (Weerasuriya et al., 2021). افزون بر آن، فناوری‌های تولید هوشمند، اینترنت اشیا و شبیه‌سازی دیجیتال، سبب افزایش شفافیت داده‌ها و بهبود پاسخ‌گویی سیستم‌های مدیریتی به تغییرات محیطی شده‌اند (Romero & et al., 2021).

یکی از چالش‌های کلیدی در پیاده‌سازی این مدل‌ها، مدیریت چندسطحی عدم قطعیت است که از محیط اقتصادی تا زنجیره تأمین و عملیات داخلی امتداد می‌یابد (Li, 2021). در این راستا، پژوهش‌هایی همچون (Avadiappan & Maravelias, 2021) با معرفی مدل‌های برآورد حالت (State Estimation) در برنامه‌ریزی تولید دسته‌ای، نشان

داده‌اند که همگرایی میان کنترل فرآیند و تحلیل ریسک، می‌تواند کارایی سیستم را در مواجهه با تغییرات غیرمنتظره بهبود بخشد. به موازات آن، الگوریتم‌های الهام‌گرفته از طبیعت مانند متاهوریستیک‌ها و مدل‌های چندمعیاره تصمیم‌گیری، ابزارهای مؤثری برای یافتن تعادل میان کارایی و ایمنی در تولید معرفی شده‌اند (Aqil & Allali, 2021).

از دیدگاه راهبردی، مدیریت ریسک تولید نه تنها در سطح عملیاتی بلکه در سطح تصمیم‌سازی کلان اهمیت دارد. شرکت‌ها در تلاش‌اند تا از طریق تلفیق مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با تحلیل سناریو، تصمیم‌های پیچیده خود را در شرایط عدم قطعیت اتخاذ کنند (Gupta & Khan, 2022). در این راستا، به کارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری چندهدفه مانند MCDM و روش‌های پاسخ سطحی ترکیبی در طراحی سیستم‌های تولید منعطف، به بهبود تعادل میان کیفیت، هزینه و ریسک منجر شده است (Pasha et al., 2023). در کنار ابعاد فنی و ریاضی، عامل انسانی نیز در همگرایی کیفیت و ریسک نقش بنیادینی دارد. مدیریت منابع انسانی توانمند و آموزش‌دیده می‌تواند احتمال خطاهای انسانی، توقف‌های ناگهانی و انحراف از استانداردهای کیفی را کاهش دهد (Verhaelen et al., 2023). تجربه نشان داده است که شرکت‌هایی که فرهنگ سازمانی خود را مبتنی بر یادگیری، نوآوری و مسئولیت‌پذیری بنا می‌کنند، نه تنها ریسک‌های عملیاتی خود را کاهش می‌دهند بلکه سطح کیفیت محصول و رضایت مشتریان را نیز بهبود می‌بخشند (Urbaniak et al., 2023). این امر بیانگر آن است که کیفیت، برخلاف تصور سنتی، نتیجه نهایی کنترل فرآیندها نیست بلکه محصولی از هم‌افزایی میان انسان، فناوری و راهبردهای مدیریتی است (Mokhtari & Shirani, 2021).

در سطح صنعت، حرکت به سوی تولید هوشمند و دیجیتالی‌سازی فرآیندها سبب ظهور الگوهای جدیدی در بهینه‌سازی شده است (Winkler et al., 2022). این الگوها مبتنی بر ترکیب شبیه‌سازی فرآیندها، داده‌های بلادرنگ و الگوریتم‌های هوش مصنوعی هستند که به شرکت‌ها کمک می‌کنند ضمن کاهش ریسک‌های زنجیره تأمین، کیفیت نهایی محصولات را بهبود بخشند (Xu & Song, 2022). در پژوهش‌های اخیر، استفاده از مدل‌های پیش‌بینی در زنجیره تأمین چندسطحی و طراحی خطوط تولید با در نظر گرفتن پارامترهای احتمالی، به عنوان یکی از مؤثرترین راهکارها برای همگرایی میان کیفیت و ریسک شناخته شده است (Hamdy et al., 2022).

از دیدگاه سیاست‌گذاری صنعتی، تأکید بر بهینه‌سازی فرآیندهای تولید تنها در صورتی می‌تواند به نتایج پایدار منجر شود که مؤلفه‌های ریسک در مدل‌های تصمیم‌گیری لحاظ شوند (Safaeian et al., 2024). به‌طور خاص، در شرایط بحران‌ها یا اختلالات زنجیره تأمین، ارتباط میان کیفیت و ریسک اهمیت دوچندان می‌یابد؛ زیرا نوسانات شدید اقتصادی یا فناوری می‌تواند کیفیت فرآیند را تهدید کند و بالعکس، ضعف کنترل کیفی می‌تواند آسیب‌پذیری سیستم را در برابر ریسک‌ها افزایش دهد (Nadiri et al., 2022). در چنین محیطی، طراحی مدل‌های پویا که قابلیت یادگیری و سازگاری با شرایط متغیر را داشته باشند، ضرورتی انکارناپذیر است (Kashyap et al., 2024).

تحقیقات جدید در زمینه بهینه‌سازی چندهدفه تولید، نشان می‌دهد که هم‌زمانی تحلیل داده‌های کیفی و کمی، می‌تواند درک عمیق‌تری از تعامل میان کیفیت و ریسک ایجاد کند (Abdelaoui et al., 2023). این مدل‌ها با تلفیق الگوریتم‌های فراابتکاری، روش‌های احتمالاتی و تحلیل حساسیت، به استخراج الگوهای تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت می‌پردازند. به عنوان نمونه، پژوهش (Chen et al., 2022) با استفاده از مدل بهینه‌سازی الگوی کشت در شرایط نااطمینانی هیدرولوژیک نشان داد که مدل‌های ترکیبی قادرند میان اهداف متعارض مانند بهره‌وری اقتصادی و پایداری زیست‌محیطی تعادل برقرار کنند.

افزون بر این، با گسترش داده‌های کلان در محیط‌های تولید، نیاز به ابزارهای محاسباتی سریع و دقیق افزایش یافته است (Sahal et al., 2020). پلتفرم‌های داده‌محور با قابلیت پردازش بلادرنگ، به مدیران اجازه می‌دهند تا تغییرات پارامترهای تولید و کیفیت را در لحظه ارزیابی و تصمیم‌های اصلاحی اتخاذ کنند. به همین دلیل، استفاده از چارچوب‌های تحلیل جریان داده در صنعت ۴/۰، به عنوان یکی از ارکان اصلی پیش‌بینی و پیشگیری از ریسک‌های کیفیت‌محور مطرح شده است.

در زمینه پژوهش‌های کاربردی، مدل‌های توسعه‌یافته برای صنایع کوچک و متوسط (SMEs) نیز نشان داده‌اند که همگرایی کیفیت و ریسک می‌تواند به افزایش سرعت راه‌اندازی خطوط تولید، کاهش دوباره‌کاری‌ها و افزایش بازده منجر شود (Verhaelen et al., 2023). مدل‌های تصمیم‌گیری پویا و سیستم‌های پشتیبان تصمیم (DSS) با فراهم‌سازی داده‌های تحلیلی چندمنبعی، مدیران را در اتخاذ تصمیم‌های دقیق‌تر در زمینه‌های بودجه، ظرفیت تولید و کنترل کیفیت یاری می‌کنند (Skère et al., 2023). همچنین، پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه سیستم‌های انعطاف‌پذیر تولید نشان داده‌اند که طراحی چندهدفه بر پایه روش‌های پاسخ سطحی ترکیبی، به کاهش ضایعات و ارتقای کیفیت فرآیندها کمک می‌کند (Pasha et al., 2023).

در نهایت، با توجه به اهمیت روزافزون پایداری در تولید، مسئولیت اجتماعی و رویکردهای زیست‌محیطی به عنوان بخش جدایی‌ناپذیر از کیفیت شناخته می‌شوند (Khan & Gupta, 2023). شرکت‌هایی که در طراحی فرآیندهای خود به اصول ESG (محیط‌زیست، اجتماع و حاکمیت) پایبند هستند، علاوه بر کاهش ریسک‌های قانونی و اجتماعی، از مزیت رقابتی پایداری برخوردار می‌شوند. به عبارت دیگر، مدیریت کیفیت در عصر حاضر، تنها به کنترل خطاهای فنی محدود نیست، بلکه شامل طراحی نظامی از تصمیمات هم‌زمان فنی، انسانی و محیطی است که در آن ریسک‌ها و کیفیت در یک مسیر هم‌افزا حرکت می‌کنند (Gheisariha et al., 2021).

با در نظر گرفتن مجموع این مباحث، ضرورت پژوهش حاضر آشکار می‌شود. تاکنون، مطالعات متعددی به بررسی جداگانه مدیریت ریسک یا ارتقای کیفیت پرداخته‌اند، اما پژوهش جامعی که مؤلفه‌های همگرایی این دو حوزه را با روش‌شناسی فراترکیب (Meta-Synthesis) شناسایی و تبیین کند، کمتر انجام شده است. از این رو، پژوهش حاضر با بهره‌گیری از رویکرد فراترکیب و مرور نظام‌مند منابع بین‌المللی، در پی آن است که مؤلفه‌ها و شاخص‌های کلیدی همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت در نظام‌های تولیدی را شناسایی و تبیین نماید تا چارچوبی نظری و کاربردی برای طراحی مدل‌های هوشمند تصمیم‌گیری در سازمان‌ها فراهم آید. هدف پژوهش حاضر، شناسایی مؤلفه‌های همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت با رویکرد فراترکیب است.

روش پژوهش و مواد

پژوهش حاضر از نظر اینکه به دنبال شناسایی مؤلفه‌های همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت است از نظر رویکرد کلی مطالعه‌ای کیفی بوده و با روش تحقیق کتابخانه‌ای، با تکنیک فراترکیب در حوزه تولید هوشمند صورت گرفته است. فراترکیب یکی از انواع روش‌های زیرمجموعه فرامطالعه است که از طریق مرور نظام‌مند منابع برای استخراج، ارزیابی، ترکیب و در صورت نیاز، جمع‌بندی آماری تحقیقاتی می‌پردازد که قبلاً پیرامون یک حیطه موضوعی خاص به انجام رسیده‌اند. به‌واقع در فراترکیب اطلاعات و یافته‌های استخراج‌شده از مطالعات دیگر با موضوع مرتبط و مشابه موردبررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. در این زمینه داده‌های گردآوری شده از این مطالعات به‌صورت کیفی و نه کمی است. درنتیجه نمونه موردنظر برای فراترکیب، منتخب و بر اساس ارتباط آن‌ها با سؤال پژوهش تشکیل می‌شود. فراترکیب فقط مرور یکپارچه اصول کیفی مورد یا تجزیه و تحلیل داده ثانویه و داده اصلی از مطالعات منتخب نیست، بلکه تحلیل یافته‌های این مطالعات است. به عبارتی فراترکیب، ترکیب تفسیرهای داده‌های اصلی مطالعات منتخب است. به‌منظور تحلیل از نرم‌افزار MAXQDA استفاده شده است.

یافته‌ها

همان‌گونه که ذکر شد، تحلیل فراترکیب دربردارنده هفت گام است. در این بخش نتایج مربوط به هر یک از گام‌های این تحلیل به‌صورت جداگانه ارائه می‌شود.

مرحله اول: تنظیم سؤالات اساسی پژوهش

نخستین گام در روش سندلوسکی و باروسو، تنظیم پرسش‌های پژوهش است. این پرسش‌ها عموماً بر اساس چهار پارامتر چه چیزی، چه کسی، چه زمانی و چگونه؛ قابل تنظیم است. پس از آنکه سؤالات پژوهش بر اساس هدف پژوهش تنظیم شد مرحله بررسی نظام‌مند متون آغاز می‌شود. جدول ۱ پاسخ به این پرسش‌های بنیادین و اساسی مربوط به روش فراترکیب را نشان می‌دهد:

جدول ۱. پرسش‌های پژوهش

پارامتر	پرسش پژوهش
چه چیزی (What)	شناسایی مؤلفه‌های همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت
چه کسی (Who)	آثار مختلف اعم از کتاب، مقاله، گزارش درزمینه همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت
(When) چه وقت	دربرگیرنده تمامی آثار در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵
چگونه (How)	بررسی موضوعی، شناسایی و یادداشت‌برداری، نکته‌های کلیدی، تحلیل مفاهیم

جدول ۲. معرفی کلیدواژه‌های مناسب برای انجام مرحله دوم روش فراترکیب

معادل فارسی مفاهیم کلیدی	واژگان کلیدی لاتین جستجو شده
کاهش ریسک در تولید	Reducing risk in production
افزایش کیفیت در تولید	Increasing quality in production
همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت	Convergence of reducing risk and increasing quality

مرحله دوم: بررسی نظام‌مند متون

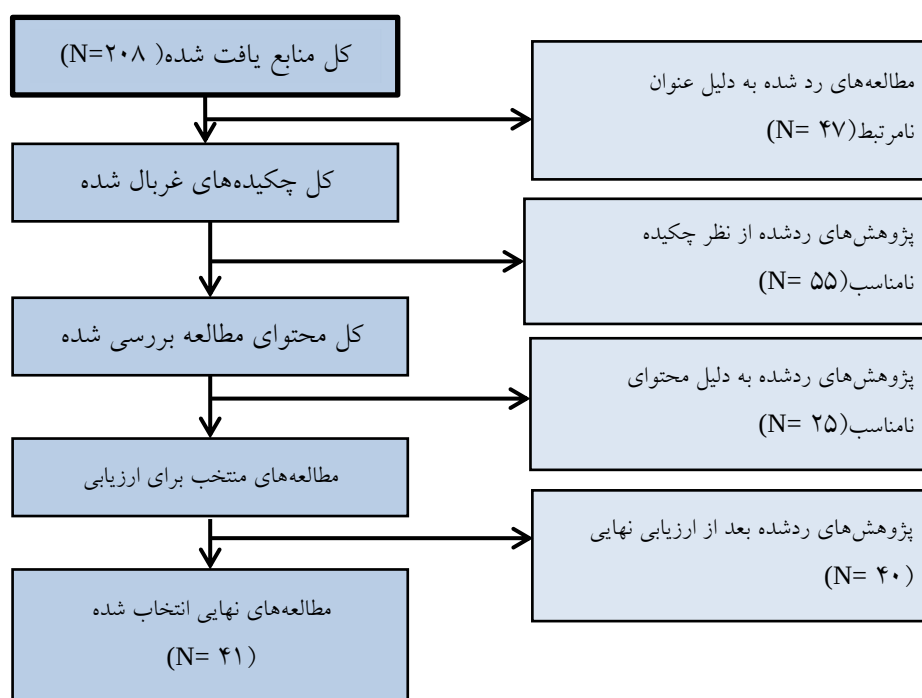
برای گردآوری داده‌های پژوهش از داده‌های ثانویه به نام اسناد و مدارک گذشته استفاده می‌شود. همان‌گونه که پیش‌تر بیان گردید، پایگاه‌های پژوهشی موردتوجه دو پایگاه مطرح Scopus و Web of Science بوده که در این دو پایگاه بر مجموعه پایگاه‌های انتشاراتی زیر تمرکز ویژه‌ای گردید:

Emerald insight- Springer Link- Science Direct- Taylor & Francis Online- SAGE journals- Wiley Online Library

به‌علاوه در زمینه مقالات فارسی نیز پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی و پرتال جامع علوم انسانی موردتوجه قرار گرفت.

مرحله سوم: جستجو و انتخاب متون

در جدول ۳ گام‌های طی شده به‌منظور پالایش مقالات استخراج‌شده مشاهده می‌گردد. مبتنی بر این جدول به‌منظور پالایش مقالات مستخرج از ادبیات، چهار مرحله طی گردید که مرحله آخر مبتنی بر نظرات ۵ خبره ناظر در این پژوهش بود. این خبرگان به‌منظور سنجش کیفیت نهایی مقالات مبتنی بر رویکردی که در ادامه معرفی می‌گردد، نظرات خود را برای هر مقاله نهایی غربال شده ارائه نموده و مقالاتی که از حدنصاب اعمال‌شده امتیاز پایین‌تری کسب نموده بودند از فرایند حذف شدند.



شکل ۱. فرایند بازبینی و انتخاب

پس از حذف مطالعات نامتناسب با اهداف و سوالات پژوهش، محقق باید کیفیت روش‌شناختی پژوهش‌ها را ارزیابی کند. هدف از این گام حذف پژوهش‌هایی است که محقق به یافته‌های ارائه‌شده در آن‌ها اعتمادی ندارد. ابزاری که معمولاً برای ارزیابی کیفیت مطالعات اولیه تحقیق کیفی استفاده می‌شود "برنامه مهارت‌های ارزیابی حیاتی" است که با طرح ده سؤال کمک می‌کند تا دقت، اعتبار و اهمیت مطالعات کیفی تحقیق مشخص گردد. این سوالات بر موارد زیر تمرکز دارند: ۱. اهداف تحقیق ۲. منطق روش‌شناسی ۳. طرح تحقیق ۴. روش نمونه‌برداری ۵. جمع‌آوری داده‌ها ۶. انعکاس‌پذیری (که به رابطه بین محقق و مشارکت‌کنندگان اشاره دارد) ۷. ملاحظات اخلاقی ۸. دقت تجزیه و تحلیل داده‌ها ۹. بیان واضح و روشن یافته‌ها ۱۰. ارزش تحقیق.

جدول ۳. مقالات منتخب

کد مقاله	عنوان
S۰۱	Production process optimization using feature selection methods
S۰۲	پویایی‌های ارزش در معرض ریسک: رویکرد کاپولا - VAR بهینه‌شده با الگوریتم فرا ابتکاری PSO
S۰۳	The model of the production process for the quality management
S۰۴	From tolerance allocation to tolerance-cost optimization: a comprehensive literature review.
S۰۵	بازآرایی بهینه در شبکه توزیع هوشمند با حضور منابع تولید پراکنده و در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها.
S۰۶	State estimation in online batch production scheduling: concepts, definitions, algorithms and optimization models
S۰۷	Engineering and production alignment in engineer-to-order supply chains
S۰۸	Optimization of integrated production scheduling and vehicle routing problem with batch delivery to multiple customers in supply chain
S۰۹	برنامه‌ریزی یک سیستم تولیدی-دوباره‌کاری چندمرحله‌ای با در نظر گرفتن مصرف انرژی
S۱۰	ارائه مدل برنامه‌ریزی تولید ادغامی چندمحصولی با ترکیب تصمیم‌گیری چند شاخصه ترجیحات تولید و بهینه‌سازی چندهدفه: نمونه‌موردی تولید شیرهای گاز صنعتی
S۱۱	(توسعه مسئله زمان‌بندی پروژه چندمهارته با ظرفیت متغیر از منابع محدود در طول زمان و ارائه الگوریتم جستجوی هارمونی برای حل آن
S۱۲	Production optimization with the maintenance of environmental sustainability based on multi-criteria decision analysis.
S۱۳	Optimization techniques for energy efficiency in machining processes—a review
S۱۴	مدلی ریاضی برای طراحی خط تولید با رویکرد بهینه‌سازی پایایی در شرایط عدم قطعیت.
S۱۵	Data-driven operations management: organisational implications of the digital transformation in industrial practice
S۱۶	Resource planning for the installation of industrial product service systems.
S۱۷	Crop pattern optimization for the coordination between economy and environment considering hydrological uncertainty
S۱۸	Two efficient nature inspired meta-heuristics solving blocking hybrid flow shop manufacturing problem.
S۱۹	Optimization Experiment of Production Processes Using a Dynamic Decision Support Method: A Solution to Complex Problems in Industrial Manufacturing for Small and Medium-Sized Enterprises
S۲۰	Quality inspection planning within a multistage manufacturing process based on the added value criterion.

۳۱	Production Management	S۲۱
۳۳	Expectations of manufacturing companies regarding future priorities of improvement actions taken by their suppliers	S۲۲
۳۲	Research on optimization of setup time for product in the multi-product production system	S۲۳
۳۸	A multi-objective flexible manufacturing system design optimization using a hybrid response surface methodology	S۲۴
۳۱	Production and optimization of bioplastic (Polyhydroxybutyrate) from Bacillus cereus strain SH-۰۲ using response surface methodology	S۲۵
۳۹	Production optimization for concentration and volume-limited fed-batch reactors in biochemical processes	S۲۶
۴۰	Advances in Production Management Systems	S۲۷
۴۱	Optimization of Production Processes in SMEs: Practical Methodology for the Acquisition of Process Information	S۲۸
۴۴	Towards (pro-)active intelligent products	S۲۹
۳۲	rilling-down on smart manufacturing-enabling composable apps	S۳۰
۳۲	Practice-oriented methodology for increasing production ramp-up efficiency in global production networks of SME	S۳۱
۴۰	Performance evaluation of population-based metaheuristic algorithms and decision-making for multi-objective optimization of building design.	S۳۲
۴۰	. Integrated optimisation for production capacity, raw material ordering and production planning under time and quantity uncertainties based on two case studies	S۳۳
۴۲	Big data and stream processing platforms for Industry ۴.۰ requirements mapping for a predictive maintenance use case.	S۳۴
۴۴	Multi-objective metaheuristics for discrete optimization problems: a review of the state-of-the-art.	S۳۵
۴۲	Optimized rescheduling of multiple production lines for flowshop production of reinforced precast concrete components	S۳۶
۴۴	Smart manufacturing: characteristics, technologies and enabling factors	S۳۷
۴۲	Discrete-event simulation of a production process for increasing the efficiency of a newspaper production	S۳۸
۴۳	owards a cyber-physical PLM environment: the role of digital product models, intelligent products, digital twins, product avatars and digital shadow	S۳۹
۴۵	Business process simulation for the design of sustainable product service systems (PSS)	S۴۰
۴۵	بهینه‌سازی یک سیستم یکپارچه تولید-توزیع با پارامترهای احتمالی در شبکه زنجیره تامین چندسطحی با در نظر گرفتن کمبود	S۴۱

مرحله چهارم: استخراج اطلاعات

این مرحله شامل مرور مقالات باقیمانده و استخراج متون به‌منظور کدگذاری در مرحله بعد است. این گام متمرکز بر تفکیک نتایج و خروجی‌ها و تفاسیر این خروجی‌ها در کنار بحث و نتیجه‌گیری نهایی پژوهشگران است. در این مرحله ۳۵ مقاله وارد نرم‌افزار MAXQDA گردیده و به‌منظور بررسی اولیه به‌صورت پراکنده و گزینشی بخشی‌هایی از مقالات

مطالعه و کدگذاری‌های تصادفی و پراکنده صورت گرفت تا مرحله آشنایی پژوهشگر با داده‌های موجود طی گردد. بدین ترتیب پژوهشگر با کلیات بحث و فضای حاکم بر آن آشنا گردید. در جدول ۳ مفهوم کدها مشخص شده است:

جدول ۳. استخراج شاخص‌های اولیه

شاخص	مفهوم در مقالات منتخب
ریسک‌های مالی	ریسک‌های مالی یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت هستند، زیرا عدم مدیریت صحیح این ریسک‌ها می‌تواند به کاهش توانایی سازمان در سرمایه‌گذاری بر روی بهبود کیفیت منجر شود. نوسانات نرخ ارز، تورم، مشکلات نقدینگی و عدم اطمینان در جریان‌های مالی از جمله مواردی هستند که سازمان‌ها را در معرض چالش قرار می‌دهند. در یک مدل ریاضی مبتنی بر کاهش ریسک و افزایش کیفیت، تحلیل سناریوهای مالی، بهینه‌سازی تخصیص منابع و استفاده از مدل‌های پیش‌بینی اقتصادی می‌تواند به کنترل این ریسک‌ها کمک کند. علاوه بر این، مدیریت ریسک مالی با ابزارهایی مانند پوشش ریسک، متنوع‌سازی منابع مالی و بهره‌گیری از فناوری‌های مالی (فین‌تک) می‌تواند در بهبود کیفیت خدمات و محصولات نیز مؤثر باشد.
ریسک‌های عملیاتی	ریسک‌های عملیاتی شامل ناکارآمدی در فرآیندهای داخلی، خطاهای انسانی، نقص در زنجیره تأمین، مشکلات لجستیکی و خرابی تجهیزات هستند که می‌توانند تأثیر مستقیمی بر کیفیت خدمات و محصولات داشته باشند. یک مدل ریاضی در این حوزه باید عوامل کلیدی مؤثر بر ریسک عملیاتی را شناسایی و بهینه‌سازی کند تا از طریق بهبود فرآیندها، کاهش ضایعات و افزایش بهره‌وری، کیفیت را تضمین نماید. استفاده از تکنیک‌های مدیریت کیفیت جامع (TQM)، تحلیل حالات شکست و اثرات آن (FMEA) و کنترل فرآیندهای آماری (SPC) از جمله راهکارهایی هستند که می‌توانند همزمان ریسک‌های عملیاتی را کاهش داده و کیفیت را بهبود بخشند. همچنین، فناوری‌هایی نظیر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین می‌توانند با پیش‌بینی خطاها و بهینه‌سازی فرآیندها، میزان ریسک عملیاتی را کاهش دهند.
ریسک‌های تکنولوژیکی	ریسک‌های تکنولوژیکی ناشی از منسوخ شدن فناوری‌ها، چالش‌های پیاده‌سازی سیستم‌های جدید، امنیت سایبری و هزینه‌های ارتقاء فناوری هستند. در مدل‌های ریاضی کاهش ریسک و افزایش کیفیت، این ریسک‌ها از طریق تحلیل هزینه-فایده، برنامه‌ریزی استراتژیک فناوری و بهینه‌سازی مسیرهای توسعه کنترل می‌شوند. استفاده از فناوری‌های نوین، مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیا (IoT) و بلاکچین، می‌تواند کیفیت محصولات و خدمات را افزایش دهد؛ اما همزمان ریسک‌هایی نظیر عدم پذیرش فناوری، مشکلات فنی و نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه را نیز به همراه دارد. اتخاذ استراتژی‌های مدیریت ریسک تکنولوژیکی، نظیر توسعه زیرساخت‌های انعطاف‌پذیر، به‌کارگیری فناوری‌های مقیاس‌پذیر و افزایش دانش فنی نیروی انسانی، می‌تواند نقش کلیدی در همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت داشته باشد.
ریسک‌های محیطی و قانونی	ریسک‌های محیطی و قانونی شامل عواملی مانند تغییرات مقررات، قوانین مالیاتی، سیاست‌های زیست‌محیطی و عدم ثبات در شرایط اقتصادی و سیاسی هستند که تأثیر بسزایی بر عملکرد سازمان‌ها دارند. در مدل‌های ریاضی کاهش ریسک و افزایش کیفیت، تحلیل روندهای قانونی، سنجش تأثیر مقررات جدید و تدوین راهبردهای تطبیقی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. رعایت استانداردهای قانونی و اتخاذ سیاست‌های پایدار در فرآیندهای تولید و ارائه خدمات، نه تنها ریسک‌های حقوقی را کاهش می‌دهد، بلکه با ایجاد اعتماد در بین مشتریان و ذی‌نفعان، کیفیت را نیز بهبود می‌بخشد. به‌کارگیری فناوری‌هایی مانند بلاکچین برای شفافیت در تطابق با مقررات و استفاده از سیستم‌های مدیریت انطباق (CMS) می‌تواند به کاهش این نوع ریسک‌ها کمک کند.
ریسک‌های زنجیره تأمین	ریسک‌های زنجیره تأمین شامل نوسانات قیمت مواد اولیه، کمبود منابع، تأخیر در تحویل، مشکلات لجستیکی و وابستگی به تأمین‌کنندگان خاص است که می‌تواند تأثیر مستقیمی بر کیفیت محصول یا خدمت داشته باشد. در رویکرد فراترکیب، استفاده از مدل‌های ریاضی برای بهینه‌سازی مسیرهای تأمین، افزایش تنوع تأمین‌کنندگان و پیاده‌سازی سیستم‌های پیش‌بینی تقاضا به کاهش این ریسک‌ها کمک می‌کند. همچنین، فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا (IoT) برای ردیابی مواد اولیه و بلاکچین برای ایجاد شفافیت در زنجیره تأمین، می‌توانند منجر به بهبود کیفیت و کاهش ریسک‌های عملیاتی و مالی شوند.
ریسک‌های سازمانی و مدیریتی	ریسک‌های سازمانی و مدیریتی ناشی از ضعف در تصمیم‌گیری، ساختار نامناسب سازمانی، عدم شفافیت در سیاست‌ها، تعارضات درون‌سازمانی و ناتوانی در جذب و نگهداشت نیروی انسانی ماهر است. در همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت، پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی پیشرفته مانند مدیریت عملکرد، برنامه‌ریزی استراتژیک و بهینه‌سازی تصمیمات مبتنی بر داده نقش کلیدی دارد. مدل‌های ریاضی، مانند تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) و شبیه‌سازی سناریوهای مدیریتی، به سازمان‌ها کمک می‌کنند تا استراتژی‌های بهینه برای بهبود کیفیت و کاهش ریسک‌های مرتبط با مدیریت را انتخاب کنند.
ریسک‌های شناختی و اطلاعاتی	ریسک‌های شناختی و اطلاعاتی شامل چالش‌هایی مانند عدم دسترسی به اطلاعات صحیح، داده‌های نادرست، خطاهای انسانی در تحلیل داده‌ها و ضعف در مدیریت دانش سازمانی هستند که تأثیر مستقیمی بر کیفیت تصمیم‌گیری و عملکرد دارند. در مدل‌های مبتنی بر فراترکیب، استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای تحلیل داده‌ها، بهینه‌سازی پایگاه‌های دانش، و پیاده‌سازی سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS) می‌تواند این ریسک‌ها را کاهش دهد. همچنین، بهره‌گیری از تکنیک‌های تحلیل داده‌های کلان و سیستم‌های اطلاعاتی یکپارچه موجب افزایش دقت در تصمیم‌گیری و بهبود کیفیت محصولات و خدمات می‌شود.

کیفیت محصول یا خدمت	کیفیت محصول یا خدمت، به عنوان نتیجه نهایی کنترل و کاهش انواع ریسک‌ها، تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله طراحی، تولید، توزیع و پشتیبانی قرار دارد. در یک مدل ریاضی که بر همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت تمرکز دارد، از تکنیک‌هایی مانند شبیه‌سازی مونت کارلو، بهینه‌سازی چندهدفه و کنترل فرآیندهای آماری برای ارزیابی و بهبود کیفیت استفاده می‌شود. به کارگیری استانداردهای جهانی مانند ISO ۹۰۰۱، استفاده از روش‌های ناب (Lean) و شش سیگما (Six Sigma) و ارتقای نوآوری در توسعه محصولات، از جمله راهکارهایی هستند که می‌توانند به بهبود کیفیت و کاهش ریسک‌های مرتبط کمک کنند.
کیفیت فرآیند	کیفیت فرآیند به بهینه‌سازی عملکرد عملیات تولیدی و خدماتی سازمان از طریق استانداردسازی، کاهش ضایعات و بهبود کارایی مربوط می‌شود. در مدل‌های مبتنی بر فراترکیب، کاهش ریسک و افزایش کیفیت فرآیند از طریق کنترل فرآیندهای آماری (SPC)، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی جریان‌های کاری امکان‌پذیر است. استفاده از متدولوژی‌هایی مانند شش سیگما (Six Sigma)، تولید ناب (Lean) و مهندسی مجدد فرآیندهای کسب‌وکار (BPR) می‌تواند به کاهش خطاها، افزایش بهره‌وری و ارتقای کیفیت فرآیندها کمک کند.
کیفیت نیروی انسانی	نیروی انسانی باکیفیت و توانمند تأثیر مستقیمی بر کاهش ریسک‌های سازمانی و افزایش کیفیت محصولات و خدمات دارد. توسعه مهارت‌های کارکنان از طریق آموزش‌های مستمر، ایجاد فرهنگ یادگیری سازمانی و پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریت استعداد می‌تواند باعث کاهش خطاهای انسانی و افزایش نوآوری در فرآیندها شود. مدل‌های ریاضی مبتنی بر فراترکیب می‌توانند در بهینه‌سازی تخصیص نیروی انسانی، ارزیابی عملکرد و ارتقای بهره‌وری نقش مؤثری ایفا کنند. همچنین، ایجاد محیط کاری پویا و انگیزه‌بخش می‌تواند موجب بهبود کیفیت نیروی انسانی و کاهش ریسک‌های مرتبط با فرسودگی شغلی و ترک سازمان شود.
کیفیت اطلاعات	کیفیت اطلاعات شامل دقت، به‌روز بودن، جامعیت و قابلیت اطمینان داده‌های سازمان است که بر تصمیم‌گیری‌ها، پیش‌بینی‌ها و عملکرد کلی سازمان تأثیر می‌گذارد. در همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت، استفاده از سیستم‌های مدیریت داده (DMS)، تحلیل داده‌های کلان و پیاده‌سازی هوش تجاری (BI) می‌تواند موجب بهبود کیفیت اطلاعات شود. کاهش ریسک‌های اطلاعاتی از طریق امنیت سایبری، یکپارچه‌سازی داده‌ها و استفاده از الگوریتم‌های تحلیل پیشرفته نقش کلیدی در جلوگیری از تصمیم‌گیری‌های نادرست و ارتقای کیفیت خروجی‌های سازمان دارد.
کیفیت مشتری‌مداری	تمرکز بر نیازها و انتظارات مشتریان نقش مهمی در افزایش کیفیت و کاهش ریسک‌های مرتبط با عدم تطابق محصول یا خدمت با خواسته‌های بازار دارد. در مدل‌های فراترکیب، تجزیه و تحلیل بازخورد مشتریان، شخصی‌سازی خدمات و استفاده از فناوری‌های دیجیتال در مدیریت ارتباط با مشتری (CRM) از جمله راهکارهایی هستند که به بهبود کیفیت مشتری‌مداری کمک می‌کنند. همچنین، مدیریت تجربه مشتری (CEM) و تحلیل داده‌های رفتاری مشتریان می‌تواند به کاهش ریسک‌های ناشی از نارضایتی و از دست دادن سهم بازار منجر شود.
کیفیت نوآوری	نوآوری باکیفیت به سازمان‌ها کمک می‌کند تا ریسک‌های ناشی از تغییرات محیطی، رقابت و فناوری‌های نوظهور را کاهش دهند. در مدل‌های ریاضی مبتنی بر فراترکیب، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه (R&D)، ایجاد زیرساخت‌های نوآوری و مدیریت دانش از جمله راهکارهای مؤثر در ارتقای کیفیت نوآوری هستند. استفاده از روش‌های خلاقانه، توسعه محصولات جدید بر اساس تحلیل نیازهای بازار و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی و اینترنت اشیا (IoT) می‌تواند هم‌زمان منجر به کاهش ریسک‌های مرتبط با عدم پذیرش بازار و افزایش کیفیت محصولات و خدمات شود.
کیفیت پایداری و مسئولیت اجتماعی	پایداری و مسئولیت اجتماعی سازمانی (CSR) نقشی اساسی در کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و حاکمیتی (ESG) و افزایش کیفیت محصولات و خدمات ایفا می‌کند. در رویکرد فراترکیب، استفاده از مدل‌های ریاضی برای تحلیل تأثیر فعالیت‌های پایدار بر عملکرد سازمان، توسعه استراتژی‌های کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و بهینه‌سازی مصرف منابع ضروری است. پیاده‌سازی سیاست‌های مسئولیت اجتماعی، علاوه بر کاهش ریسک‌های ناشی از نارضایتی عمومی و فشارهای قانونی، به ایجاد ارزش برند، افزایش وفاداری مشتریان و بهبود کیفیت فرآیندهای سازمانی کمک می‌کند.
مدیریت عدم قطعیت	عدم قطعیت در محیط‌های کسب‌وکار، ناشی از تغییرات اقتصادی، تحولات فناوری، نوسانات بازار و پیچیدگی‌های زنجیره تأمین است که می‌تواند بر کیفیت و پایداری تصمیمات سازمانی تأثیر بگذارد. در مدل‌های فراترکیب، تکنیک‌هایی مانند تحلیل سناریو، برنامه‌ریزی تطبیقی و استفاده از روش‌های احتمالاتی (مانند نظریه فازی و شبکه‌های بیزین) برای مدیریت عدم قطعیت به کار گرفته می‌شوند. کاهش ریسک در این حوزه با افزایش انعطاف‌پذیری سازمان و توسعه استراتژی‌های واکنش سریع، منجر به بهبود کیفیت خدمات و تولید خواهد شد.
بهینه‌سازی هزینه-کیفیت	یکی از چالش‌های اصلی سازمان‌ها، ایجاد تعادل بین کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت است. در مدل‌های مبتنی بر فراترکیب، استفاده از روش‌هایی مانند تحلیل هزینه-فایده (CBA)، برنامه‌ریزی خطی و شبیه‌سازی مونت کارلو می‌تواند به بهینه‌سازی منابع و دستیابی به کیفیت مطلوب با کمترین هزینه کمک کند. استراتژی‌های ناب (Lean) و مهندسی ارزش نیز از جمله ابزارهایی هستند که در بهبود کارایی عملیات، حذف هزینه‌های اضافی و حفظ استانداردهای کیفی مؤثرند.
مدیریت تصمیم‌گیری	تصمیم‌گیری در محیط‌های پرریسک و پویا نیازمند رویکردهای علمی و داده‌محور است. در این راستا، مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، الگوریتم‌های بهینه‌سازی و سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS) می‌توانند به سازمان‌ها کمک کنند تا بین کاهش ریسک و افزایش کیفیت تعادل برقرار کنند. استفاده از داده‌کاوی، هوش تجاری و تحلیل پیشرفته، امکان پیش‌بینی دقیق‌تر شرایط آتی را فراهم کرده و منجر به تصمیم‌گیری‌های آگاهانه‌تر و کاهش خطاهای استراتژیک می‌شود.

مدل‌های پیش‌بینی و یادگیری ماشین نقش کلیدی در کاهش ریسک‌های عملیاتی، مالی و فناوری دارند و همزمان به بهبود کیفیت فرآیندها و پیش‌بینی و محصولات کمک می‌کنند. با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق، شبکه‌های عصبی مصنوعی و تحلیل کلان‌داده‌ها، سازمان‌ها می‌توانند روندهای یادگیری ماشین آینده را پیش‌بینی کرده و از وقوع مشکلات احتمالی جلوگیری کنند. همچنین، این مدل‌ها در بهینه‌سازی کیفیت، تشخیص ناهنجاری‌ها و ارتقای کارایی سیستم‌های تولید و خدماتی مؤثر هستند، که در نتیجه منجر به کاهش خطاها و بهبود مستمر فرآیندهای سازمانی می‌شود.

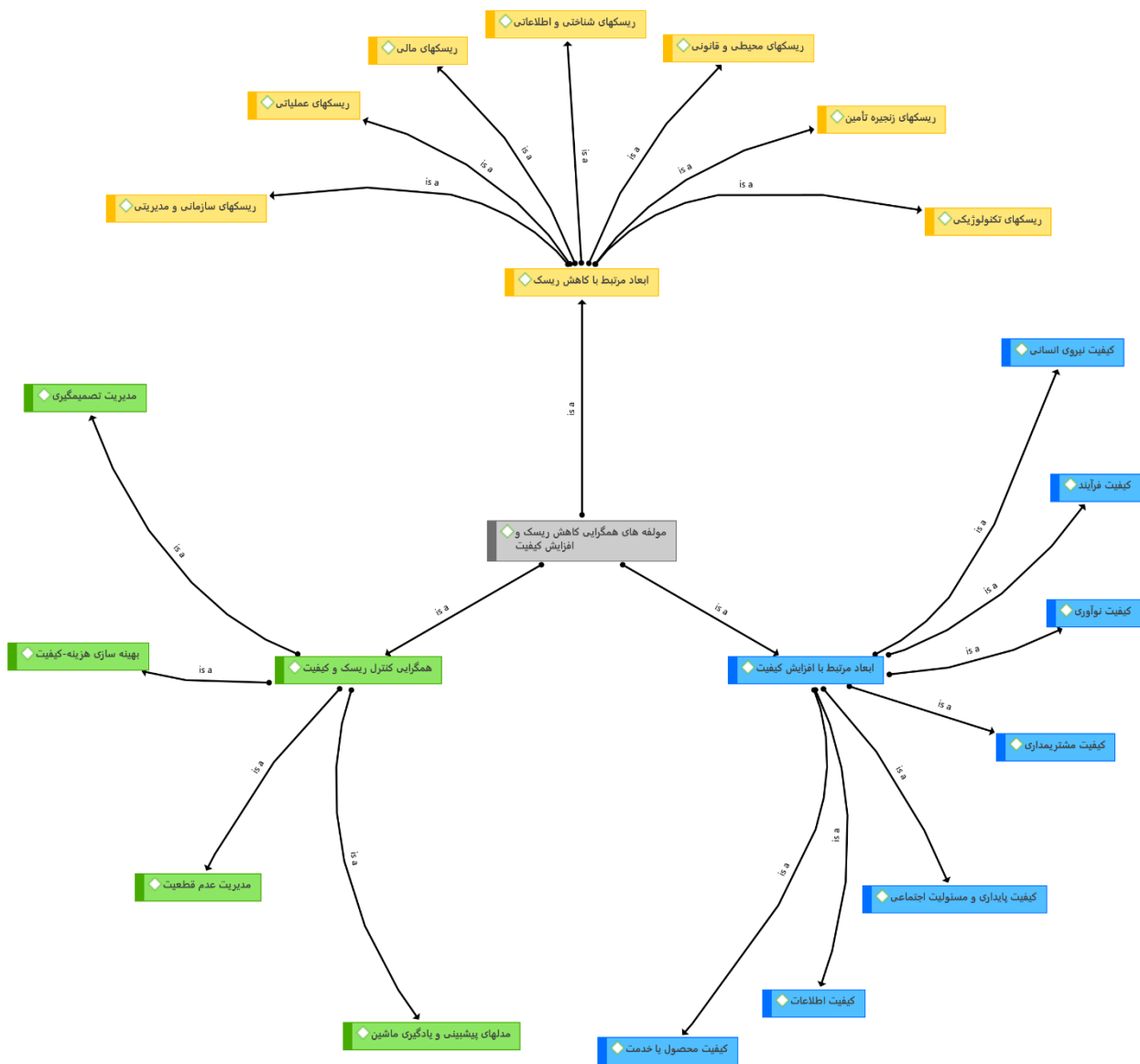
مرحله پنجم: تجزیه و تحلیل یافته‌های کیفی

پژوهشگر در طول تجزیه و تحلیل، موضوعاتی را جستجو می‌کند که در میان مطالعه‌های موجود در فراترکیب پدیدار شده است. این مورد به‌عنوان (بررسی موضوعی) شناخته می‌شود. به‌محض اینکه موضوع‌ها شناسایی و مشخص شد، بررسی‌کننده، طبقه‌بندی‌ای را شکل می‌دهد و طبقه‌بندی‌های مشابه و مربوط را در موضوعی قرار می‌دهد که آن را به بهترین گونه توصیف می‌کند. موضوع‌ها اساس و پایه ایجاد توضیحات، الگوها و نظریه‌ها یا فرضیات را ارائه می‌کند. در این پژوهش، ابتدا تمام عوامل استخراج‌شده از مطالعات به‌عنوان شناسه در نظر گرفته و سپس با در نظر گرفتن معنای هر یک از آن‌ها، شناسه‌ها در مفهومی مشابه تعریف شد؛ سپس مفاهیم مشابه در مقولات تبیین‌کننده دسته‌بندی گردید تا به‌این‌ترتیب محورهای تبیین‌کننده شاخص‌های پژوهش در قالب مؤلفه‌های اصلی و فرعی پژوهش شناسایی شود. در جدول ۴ در ستون منبع، هر مقاله با حرف S و شماره‌گذاری مقاله مشخص شده است.

جدول ۴. مقوله‌های اصلی و کدهای مربوطه

بعد	شاخص	مولفه	منبع
ابعاد مرتبط با کاهش ریسک	ریسک‌های مالی	نوسانات اقتصادی	S۰۴-S۰۸-S۱۲
		تورم	S۰۴-S۰۸-S۱۲
		نرخ بهره	S۰۴-S۰۸-S۱۲
		نقدینگی	S۰۲-S۰۴-S۰۸-S۱۲
	ریسک‌های عملیاتی	نقص فرآیندها	S۰۱-S۰۵-S۰۶-S۰۸-S۰۹-S۱۱-S۱۲-S۱۷-S۱۸-S۱۹-S۲۰-S۲۲-S۳۵-S۳۷-S۳۸-S۳۹-S۴۰-S۴۲-S۳۳-S۳۴-S۲۹-S۳۰-S۳۱-S۲۴-S۲۵-S۲۷-S۲۲-S۲۳
		خطاهای انسانی	S۰۱-S۰۵-S۰۶-S۰۸-S۰۹-S۱۱-S۱۲-S۱۷-S۱۸-S۱۹-S۲۰-S۲۲-S۳۵-S۳۷-S۳۸-S۳۹-S۴۰-S۴۲-S۳۳-S۳۴-S۲۹-S۳۰-S۳۱-S۲۴-S۲۵-S۲۷-S۲۲-S۲۳
		خرابی تجهیزات	S۰۸-S۱۰
		ریسک‌های تکنولوژیکی	S۱۴-S۱۶-S۱۸-S۱۹-S۲۰-S۲۲
		هزینه‌های پیاده‌سازی	S۰۷-S۰۸
	ریسک‌های محیطی و قانونی	امنیت سایبری	S۰۸-S۱۰
		تحریم‌ها	S۰۸-S۱۰
		تغییرات در قوانین و مقررات	S۱۱-S۱۷
		استانداردهای محیط‌زیستی	S۱۱-S۱۷
		ریسک‌های زنجیره تأمین	S۲۲-S۲۷-S۲۵-S۳۰-S۳۱-S۳۳-S۳۴-S۳۵-S۳۸

S14-S26	نوسانات قیمتی مواد اولیه		
S03-S9-S10	چالش‌های لجستیکی		
S5-S6-S03	ضعف در تصمیم‌گیری	ریسک‌های سازمانی و	
S05-S08-S09-S10-S14-S16-	مقاومت در برابر تغییر	مدیریتی	
S19-S20-S32			
S03-S14	کمبود منابع انسانی کارآمد		
S3-S5-S6-S8-S9-S10	دسترسی به اطلاعات نامعتبر	ریسک‌های شناختی و	
S14-S15-S16-S25-S27-S29-	عدم قطعیت در داده‌ها	اطلاعاتی	
S34-S36-S37-S40			
S15-S19-S21	قابلیت اطمینان،	کیفیت محصول یا خدمت	ابعاد مرتبط با افزایش کیفیت
S1-S3-S4-S6	دوام		
S1-S3-S4-S6	انطباق با استانداردها		
S2-S6-S7-S9	بهینه‌سازی فرآیندهای تولید	کیفیت فرآیند	
S14-S15-S16-S25-S27-S29-	کاهش ضایعات		
S34-S36-S37-S40			
S1-S2-S4-S5-S6-S8-S17-S22	کنترل کیفیت		
S9-S17-S19-S22-S31-	آموزش کارکنان	کیفیت نیروی انسانی	
S12-S17-S21-	مهارت‌های فنی		
S15-S23	انگیزه و بهره‌وری		
S29-S33-S39	صحت و دقت داده‌ها	کیفیت اطلاعات	
S2-S3	شفافیت در گزارش‌دهی		
S22-S27-S28-S30-S31-S33-	تجربه مشتری	کیفیت مشتری‌مداری	
S34-S35-S38			
S01-S19	میزان رضایت		
S03-S9-S10	خدمات پس از فروش		
S3-S10-S19-S22-S17-S13	استفاده از فناوری‌های جدید	کیفیت نوآوری	
S2-S3-S4-S17	بهینه‌سازی مستمر فرآیندها		
S03-S9-S10	رعایت اصول زیست‌محیطی	کیفیت پایداری و مسئولیت	
S0-S41-S9	مدیریت بهینه منابع	اجتماعی	
S04-S08-S12	ترکیب روش‌های احتمالاتی و سناریوپردازی	مدیریت عدم قطعیت	همگرایی کنترل ریسک و کیفیت
S04-S08-S12	استفاده از مدل‌های ریاضی برای یافتن نقطه بهینه	بهینه‌سازی هزینه-کیفیت	
	بین هزینه و کیفیت		
S04-S41-S12	استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)	مدیریت تصمیم‌گیری	
S02-S04-S08-S12	تحلیل حساسیت		
S01-S05-S06-S08-S09-S11-	برای شناسایی روندها و بهبود کیفیت در کنار	مدل‌های پیش‌بینی و	
S12-S17-S18-S19-S20-S22-	کاهش ریسک	یادگیری ماشین	
S35-S37-S38-S39-S40-S32-			



شکل ۲. مولفه‌های همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت با رویکرد فراترکیب

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش که با روش فراترکیب انجام شد، نشان داد همگرایی میان کاهش ریسک و افزایش کیفیت در فرآیندهای تولیدی، ساختاری چندبعدی دارد و از سه محور اصلی تشکیل می‌شود: ابعاد مرتبط با کاهش ریسک، ابعاد مرتبط با افزایش کیفیت، و ابعاد همگرایی کنترل ریسک و کیفیت. در این چارچوب، ۱۸ شاخص کلیدی شامل ریسک‌های مالی، عملیاتی، تکنولوژیکی، محیطی و قانونی، زنجیره تأمین، سازمانی و مدیریتی، شناختی و اطلاعاتی از یک‌سو و شاخص‌هایی همچون کیفیت محصول، فرایند، نیروی انسانی، اطلاعات، مشتری‌مداری، نوآوری، پایداری و مسئولیت اجتماعی از سوی دیگر شناسایی شدند. افزون بر این، چهار محور تحلیلی همگرا شامل مدیریت عدم قطعیت، بهینه‌سازی هزینه-کیفیت، مدیریت تصمیم‌گیری و مدل‌های پیش‌بینی و یادگیری ماشین، به عنوان حلقه‌های اتصال میان دو بعد فوق شناسایی گردیدند. این نتایج نشان می‌دهد که کیفیت

و ریسک دو مقوله مستقل نیستند، بلکه در چارچوبی پویا و تعاملی، به صورت هم افزا عمل می کنند؛ یعنی هرگونه افزایش در کنترل ریسک، در صورت پیاده سازی مؤثر، به ارتقای کیفیت منجر می شود و بالعکس.

یکی از مهم ترین یافته ها آن است که ریسک های مالی و عملیاتی بیشترین سهم را در کاهش کیفیت و بهره وری دارند. این یافته با پژوهش (Guan et al., 2024) هم خوانی دارد که در آن با استفاده از تحلیل درخت خطا و مدل های بهینه سازی بودجه ریسک، نشان داده شد که تخصیص هدفمند منابع مالی برای کنترل ریسک های بحرانی، به طور مستقیم باعث بهبود شاخص های کیفی می شود. همچنین در مطالعات (Fathi Vajargah & Larak, 2024) تأکید شده که استفاده از الگوریتم های شبه تصادفی و زنجیره های مارکوف برای مدل سازی عدم قطعیت های مالی، بهینه سازی تصمیمات ریسک-کیفیت را تسهیل می کند. از منظر عملیاتی نیز پژوهش (Li, 2021) بر این نکته تأکید داشت که کاهش زمان تنظیم خطوط تولید با روش های بهینه سازی چندهدفه، اثر قابل توجهی بر کاهش خطاهای انسانی و افزایش کیفیت محصول دارد. این نتایج همسو با یافته های کنونی است که نشان می دهند عوامل مالی و عملیاتی نه تنها منشأ اصلی ریسک در تولیدند بلکه مستقیماً با کیفیت محصول پیوند دارند.

در حوزه ریسک های تکنولوژیکی و محیطی، یافته ها بیانگر اهمیت فناوری های نوین و سازگاری سازمانی با تغییرات هستند. پژوهش (Zuo & Zio, 2024) نشان داد که مدیریت ریسک های ثانویه با بهره گیری از استراتژی های پاسخ بهینه و زمان بندی منابع، نقش تعیین کننده ای در پایداری عملکرد دارد. به طور مشابه، (Safaeian et al., 2024) چارچوبی برای مدیریت ریسک وابسته پیشنهاد کرد که در آن تعامل میان ریسک های فناورانه و محیطی از طریق مدل های بهینه سازی شبکه ای تحلیل می شود. یافته های حاضر نیز بر همین اساس تأکید دارند که سازمان ها برای افزایش کیفیت باید قابلیت پیش بینی و سازگاری فناورانه خود را تقویت کنند؛ زیرا ضعف در نوسازی فناوری یا بی توجهی به الزامات زیست محیطی می تواند کل زنجیره کیفیت را متزلزل کند.

همچنین، تحلیل محتوای کیفی مقالات منتخب نشان داد که ریسک های سازمانی و مدیریتی و نیز ریسک های شناختی و اطلاعاتی از جمله مؤلفه های پنهان اما مؤثر در همگرایی کیفیت-ریسک هستند. پژوهش (Verhaelen et al., 2023) با بررسی شبکه های تولید جهانی در بنگاه های کوچک و متوسط نشان داد که ضعف در تصمیم گیری مدیریتی و فقدان ساختارهای اطلاعاتی منسجم، زمینه ساز افزایش هم زمان ریسک عملیاتی و افت کیفیت در مراحل اولیه راه اندازی تولید است. به همین ترتیب، (Urbaniak et al., 2023) گزارش کرد که شرکت های تولیدی در صورت ارتقای ارتباطات میان تأمین کنندگان و به کارگیری نظام های مدیریت اطلاعات، می توانند هم زمان دو هدف کاهش ریسک و افزایش کیفیت را محقق کنند. یافته های پژوهش حاضر نیز نشان دادند که کیفیت اطلاعات و تصمیم گیری مدیریتی مؤلفه های کلیدی در کنترل ریسک های شناختی هستند.

در ارتباط با ابعاد مرتبط با افزایش کیفیت، نتایج فراترکیب نشان داد که کیفیت فرآیند و کیفیت نوآوری بیشترین همبستگی را با کنترل ریسک دارند. (Khan & Gupta, 2023) بیان می کند که بهینه سازی فرآیند تولید با رویکرد پایداری زیست محیطی، به کاهش ریسک های عملیاتی و بهبود ماندگاری تولید منجر می شود. همچنین (Hamdy et al., 2022) در مطالعه ای تجربی بر تولید زیست پلاستیک با استفاده از روش پاسخ سطحی نشان داد که کنترل فرآیند در سطح میکرو و مدل سازی بهینه شرایط تولید، می تواند هم زمان کیفیت محصول و ایمنی سیستم را افزایش دهد. این نتایج تأییدی بر یافته های حاضر است که کنترل فرآیند به عنوان پیوند میان کیفیت و ریسک ایفای نقش می کند. از سوی دیگر، مفهوم کیفیت نیروی انسانی و مشتری مداری در یافته های پژوهش حاضر به عنوان متغیرهای میانجی شناسایی شد. مطالعات (Krein & Pelton, 2023) و (Mokhtari & Shirani, 2021) نشان می دهند که سرمایه انسانی توانمند، آموزش مستمر و فرهنگ سازمانی یادگیرنده از مهم ترین عوامل مؤثر بر کاهش خطاهای انسانی و افزایش کیفیت محصولات هستند. در عین حال، پژوهش (Shakhshi Niaei & Ghiour, 2021) نشان داد که استفاده از مدل های چندمعیاره در برنامه ریزی تولید چندمحصولی، سبب ارتقای کیفیت تصمیم گیری و کاهش تعارضات انسانی در فرآیندهای تولید می شود. این همگرایی انسان-کیفیت-ریسک در پژوهش حاضر نیز تأیید شد و نشان می دهد مدیریت منابع انسانی در مدل های بهینه سازی تولید باید به عنوان یک متغیر استراتژیک لحاظ گردد.

در بعد فناورانه، یافته های این پژوهش با نتایج (Zhang et al., 2020) همسو است؛ زیرا وی نشان داد که به کارگیری روش های انتخاب ویژگی در مدل های بهینه سازی فرآیند، با حذف عوامل بی اثر و افزایش دقت داده ها، هم زمان باعث کاهش ریسک تصمیم گیری و بهبود کیفیت خروجی می شود. همچنین در مطالعه (Aqil & Allali, 2021)

استفاده از الگوریتم‌های الهام‌گرفته از طبیعت برای حل مسائل جریان کارگاهی چندمرحله‌ای، کارایی چشمگیری در کاهش انسداد فرآیند و افزایش کیفیت تولید داشت. در همین راستا، (Avadiappan & Maravelias, 2021) نیز با طراحی مدل تخمین حالت در برنامه‌ریزی دسته‌ای نشان داد که تلفیق برآورد حالت و بهینه‌سازی فرآیند، خطاهای سیستماتیک را کاهش داده و پایداری کیفی را افزایش می‌دهد. بنابراین، نتایج حاضر هم‌جهت با این مطالعات تأیید می‌کند که فناوری‌های داده‌محور و مدل‌های الگوریتمی نقش پیش‌ران در همگرایی کیفیت و ریسک دارند.

در بخش سوم یافته‌ها که بر همگرایی کنترل ریسک و کیفیت تمرکز دارد، مؤلفه‌های "مدیریت عدم قطعیت"، "بهینه‌سازی هزینه-کیفیت"، "مدیریت تصمیم‌گیری" و "مدل‌های یادگیری ماشین" به عنوان عناصر پیونددهنده شناسایی شدند. پژوهش (Xu & Song, 2022) نشان داد که طراحی مدل‌های یکپارچه برای ظرفیت تولید و برنامه‌ریزی مواد خام، در شرایط نااطمینانی زمانی و مقداری، منجر به بهینه‌سازی هم‌زمان هزینه و کیفیت می‌شود. همچنین (Gupta & Khan, 2022) در تحلیل بازی‌های بازه‌ای به این نتیجه رسید که استفاده از رویکردهای اکتشافی در تصمیم‌گیری، به کاهش نوسانات ناشی از ریسک و ارتقای دقت در تخصیص منابع منجر می‌شود. یافته‌های این پژوهش نیز به‌طور مشابه نشان داد که سازمان‌ها می‌توانند با استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین و الگوریتم‌های پیش‌بینی، عدم قطعیت‌های محیطی را شناسایی و بر اساس آن راهبردهای بهینه‌سازی خود را تنظیم کنند؛ این نتیجه هم‌راستا با یافته‌های (Song, 2025) است که کاربرد یادگیری ماشین در پیش‌بینی ریسک و بهینه‌سازی بازده را در محیط‌های پرنوسان مالی نشان داده است.

به علاوه، تحلیل داده‌ها نشان داد که بهینه‌سازی هزینه-کیفیت یک عامل هم‌گرایی حیاتی است که به سازمان‌ها کمک می‌کند تا در چارچوب تصمیم‌گیری چندهدفه، توازن میان کاهش هزینه‌ها و ارتقای کیفیت را برقرار سازند. پژوهش (Azad et al., 2022) این دیدگاه را تأیید کرده و بیان داشته است که برنامه‌ریزی تولید و مسیر حمل‌ونقل یکپارچه می‌تواند از طریق کاهش دوباره‌کاری‌ها، به افزایش کیفیت و صرفه‌جویی اقتصادی منجر شود. در همین راستا، (Hyun et al., 2021) نشان داد که بهینه‌سازی تخصیص نیروی کار در خطوط تولید مازولار، ضمن کاهش هزینه‌های اضافی، نرخ خطا را نیز به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. در نهایت، یافته‌های (Sahal et al., 2020) نیز نشان می‌دهد که به‌کارگیری پلتفرم‌های پردازش داده در محیط‌های صنعت ۴/۰، ابزار مؤثری برای پیش‌بینی ریسک‌های عملیاتی و جلوگیری از افت کیفیت در محیط‌های پویا است. از مجموع تحلیل‌های انجام‌شده می‌توان نتیجه گرفت که در مدل همگرایی کاهش ریسک و افزایش کیفیت، تعامل میان انسان، فناوری و تصمیم‌سازی داده‌محور نقشی بنیادی دارد. این مدل نه تنها به بهبود شاخص‌های عملکردی سازمان می‌انجامد بلکه موجب ارتقای یادگیری سازمانی و پایداری رقابتی می‌شود. بدین ترتیب، یافته‌های این پژوهش با مطالعات متعدد از جمله (Winkler et al., 2022)، (Verhaelen et al., 2023) و (Khan & Gupta, 2023) هم‌راستا بوده و بر ضرورت طراحی چارچوب‌های ترکیبی برای ادغام مدیریت کیفیت و مدیریت ریسک در نظام تولید تأکید می‌کنند.

نخستین محدودیت پژوهش به ماهیت کیفی روش فراترکیب بازمی‌گردد؛ زیرا نتایج به‌دست‌آمده متکی بر تحلیل تفسیری مقالات موجود است و امکان تعمیم آماری نتایج به تمامی صنایع وجود ندارد. دوم، محدودیت در دسترسی به داده‌های برخی پایگاه‌های تخصصی بین‌المللی ممکن است باعث حذف برخی مطالعات مرتبط شده باشد. همچنین تفاوت در معیارهای کیفیت پژوهش‌ها و تنوع حوزه‌های صنعتی منبع داده، احتمالاً بر تنوع نتایج تأثیر گذاشته است. افزون بر آن، همگرایی میان کاهش ریسک و افزایش کیفیت یک فرآیند پویاست و بررسی آن در سطح ایستا ممکن است تمامی جنبه‌های تعاملی را آشکار نسازد.

پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های آتی با استفاده از روش‌های ترکیبی (کیفی-کمی) به آزمون مدل ارائه‌شده بپردازند و از تحلیل‌های آماری چندسطحی برای سنجش روابط علی میان مؤلفه‌های شناسایی‌شده استفاده کنند. همچنین توسعه مدل‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی برای پیش‌بینی هم‌زمان ریسک و کیفیت در صنایع مختلف، می‌تواند مسیر تازه‌ای در بهبود تصمیم‌سازی ایجاد کند. بررسی تفاوت‌های بین‌صنعتی و تأثیر عوامل فرهنگی و سیاستی بر مدل همگرایی نیز از دیگر زمینه‌های مهم برای تحقیقات آینده است.

سازمان‌ها باید سیستم‌های مدیریت یکپارچه‌ای ایجاد کنند که در آن، شاخص‌های ریسک و کیفیت به‌صورت بلادرنگ پایش و تحلیل شوند. استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در پیش‌بینی ریسک‌های عملیاتی، بهره‌گیری از مدل‌های چندمعیاره در تصمیم‌گیری‌های استراتژیک، و آموزش کارکنان برای ارتقای فرهنگ کیفیت و مسئولیت‌پذیری از

اقدامات کلیدی است. همچنین طراحی سیستم‌های اطلاعاتی مبتنی بر شفافیت و استفاده از فناوری‌هایی چون اینترنت اشیا و بلاکچین می‌تواند موجب افزایش اعتماد، کاهش ریسک زنجیره تأمین و بهبود کیفیت نهایی محصولات شود. در نهایت، شرکت‌ها باید بین کاهش هزینه‌ها و حفظ کیفیت، توازن هوشمندانه برقرار کنند تا ضمن پایداری مالی، در مسیر تعالی سازمانی گام بردارند.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

References

- Abdelaoui, F. Z. E., Jabri, A., & Barkany, A. E. (2023). Optimization techniques for energy efficiency in machining processes-a review. *Int J Adv Manuf Technol*, 125, 2967-3001. <https://doi.org/10.1007/s00170-023-10927-y>
- Aqil, S., & Allali, K. (2021). Two efficient nature inspired meta-heuristics solving blocking hybrid flow shop manufacturing problem. *Eng. Appl. Artif. Intell.*, 100, 104196. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.104196>
- Avadiappan, V., & Maravelias, C. T. (2021). State estimation in online batch production scheduling: concepts, definitions, algorithms and optimization models. *Comput. Chem. Eng.*, 146, 107209. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2020.107209>
- Azad, T., Rahman, H. F., Chakraborty, R. K., & et al. (2022). Optimization of integrated production scheduling and vehicle routing problem with batch delivery to multiple customers in supply chain. *Memetic Comp.*, 14, 355-376. <https://doi.org/10.1007/s12293-022-00372-x>
- Chen, Y., Zhou, Y., Fang, S., & Li, M. (2022). Crop pattern optimization for the coordination between economy and environment considering hydrological uncertainty. *Science of The Total Environment*, 809, 151152. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151152>
- Fathi Vajargah, K., & Larak, A. (2024). Risk Management Optimization Using Quasi-Random Sequences Compared with Markov Chain Monte Carlo. *Civil Engineering and Project Journal*, 6(12). <https://doi.org/10.22034/cpj.2024.466068.1308>
- Footeik, A. M. L., Sadjadi, S. J., & Mohammadi, E. (2024). Stochastic Portfolio Optimization: A Regret-Based Approach on Volatility Risk Measures: An Empirical Evidence From the New York Stock Market. *PLoS One*, 19(4), e0299699. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299699>
- Gheisariha, E., Tavana, M., Jolai, F., & Rabiee, M. (2021). A simulation-optimization model for solving flexible flow shop scheduling problems with rework and transportation. *Math. Comput. Simul.*, 180, 152-178. <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2020.08.019>
- Guan, X., Servranckx, T., & Vanhoucke, M. (2024). Risk response budget allocation based on fault tree analysis and optimization. *Annals of Operations Research*, 337(2), 523-564. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-05155-8ER>
- Gupta, R. K., & Khan, D. (2022). Heuristic solutions for interval-valued games. *Iranian Journal of Numerical Analysis and Optimization*, 2, 187-200.

- Hamdy, S. M., Danial, A. W., Gad El-Rab, S. M. F., & et al. (2022). Production and optimization of bioplastic (Polyhydroxybutyrate) from *Bacillus cereus* strain SH-02 using response surface methodology. *BMC Microbiol*, 22, 183. <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02593-z>
- Hyun, H., Yoon, I., Lee, H. S., Park, M., & Lee, J. (2021). Multi-objective optimization for modular unit production lines focusing on crew allocation and production performance. *Autom. Constr.*, 125, 103581. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103581>
- Kashyap, A. K., Tsomocos, D. P., & Vardoulakis, A. P. (2024). Optimal bank regulation in the presence of credit and run risk. *Journal of Political Economy*, 132(3), 772-823. <https://doi.org/10.1086/726909>
- Khan, D., & Gupta, R. K. (2023). Production optimization with the maintenance of environmental sustainability based on multi-criteria decision analysis. *Environ Dev Sustain*. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03316-8>
- Krein, J., & Pelton, M. (2023). Production Management. In *Careers in Food Science: From Undergraduate to Professional*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-14353-3_15
- Li, X. (2021). Research on optimization of setup time for product in the multi-product production system. *Microprocessors Microsyst.*, 80, 103618. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103618>
- Mokhtari, H., & Shirani, H. (2021). Planning a Multi-Stage Production-Rework System Considering Energy Consumption. *Industrial Management Studies*, 62, 226-257.
- Nadiri, M., Mehrjou, M., & Naderi, J. (2022). Dynamics of Value at Risk: An Optimized Copula-VAR Approach with a PSO Metaheuristic Algorithm. *Financial Management Strategy*, 37.
- Pasha, N., Amoozad Mahdiraji, H., & Razavi Hajiagha, S. H. (2023). A multi-objective flexible manufacturing system design optimization using a hybrid response surface methodology. *Oper Manag Res*. <https://doi.org/10.1007/s12063-023-00412-w>
- Romero, D., & et al. (2021). *Advances in Production Management Systems: Issues, Trends, and Vision Towards 2030 Advancing Research in Information and Communication Technology* (Vol. 600). Springer, Cham.
- Safaeian, M., Moses, R., Ozguven, E. E., & Dulebenets, M. A. (2024). An optimization- based risk management framework with risk interdependence for effective disaster risk reduction. *Progress in Disaster Science*, 21, 100313. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2024.100313>
- Sahal, R., Breslin, J. G., & Ali, M. I. (2020). Big data and stream processing platforms for Industry 4.0 requirements mapping for a predictive maintenance use case. *J. Manuf. Syst.*, 54, 138-151. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.11.004>
- Shakhsi Niaei, M., & Ghiour, F. (2021). Presenting a Multi-Product Aggregate Production Planning Model by Combining Multi-Criteria Decision Making for Production Preferences and Multi-Objective Optimization: Case Study of Industrial Gas Valve Production. *Industrial Management Studies*, 63, 164-192.
- Skėrė, S., Žvirionienė, A., Juzėnas, K., & Petraitiėnė, S. (2023). Optimization Experiment of Production Processes Using a Dynamic Decision Support Method: A Solution to Complex Problems in Industrial Manufacturing for Small and Medium-Sized Enterprises". *Sensors*, 23(9), 4498. <https://doi.org/10.3390/s23094498>
- Song, D. (2025). *Machine Learning for Price Prediction and Risk -Adjusted Portfolio Optimization in Cryptocurrencies*. <https://doi.org/https://doi.org/10.4018/979-8-3693-8186-1.ch013>
- Urbaniak, M., Rogala, P., & Kafel, P. (2023). Expectations of manufacturing companies regarding future priorities of improvement actions taken by their suppliers. *Oper Manag Res*, 16, 296-310. <https://doi.org/10.1007/s12063-022-00307-2>
- Verhaelen, B., Martin, M., Peukert, S., & et al. (2023). Practice-oriented methodology for increasing production ramp-up efficiency in global production networks of SME. *Prod. Eng. Res. Devel.*, 17, 145-177. <https://doi.org/10.1007/s11740-022-01154-7>
- Weerasuriya, A. U., Zhang, X., Wang, J., Lu, B., Tse, K. T., & Liu, C. H. (2021). Performance evaluation of population-based metaheuristic algorithms and decision-making for multi-objective optimization of building design. *Build. Environ.*, 198, 107855. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107855>
- Winkler, H., Franke, F., Franke, S., & Riedel, R. (2022). Optimization of Production Processes in SMEs: Practical Methodology for the Acquisition of Process Information. *Advances in Production Management Systems. Smart Manufacturing and Logistics Systems: Turning Ideas into Action. APMS 2022. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, https://doi.org/10.1007/978-3-031-16407-1_7
- Xu, W., & Song, D. P. (2022). Integrated optimisation for production capacity, raw material ordering and production planning under time and quantity uncertainties based on two case studies. *Oper Res Int J*, 22, 2343-2371. <https://doi.org/10.1007/s12351-020-00609-y>
- Zhang, Y., Tochev, E., Ratchev, S., & German, C. (2020). Production process optimization using feature selection methods. *Procedia CIRP*, 88, 554-559. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.05.096>
- Zuo, F., & Zio, E. (2024). Managing secondary risks with optimal risk response strategy and risk-related resource scheduling. *Reliability Engineering & System Safety*, 245IS - 1, 110028.