System Engineering and Productivity/ 2027/ Vol.7/ No.1/ 239-261

System Engineering and Productivity

10.22034/sep.2026.2093677.1524

# Identification and Prioritization of Performance Indicators in Make-to-Order Supply Chains in the Alumina Industry Using a Mixed-Methods Approach

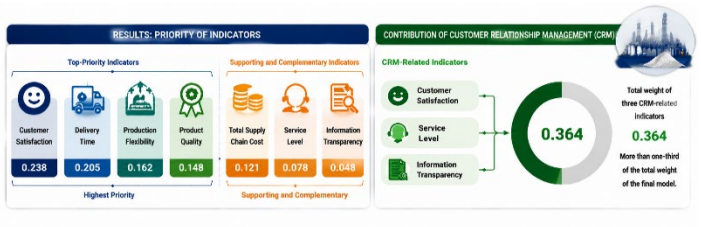
**Sayyid Davoud Ahmadi Motlagh[1], Mehrdad Hosseini Shakib[2,*], Seyed Javad Iranbanfard[3], Bijan Nahavandi[1]**

[1] Department of Industrial Management, Faculty of Management, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Department of Industrial Management, Ka.C, Islamic Azad University, Karaj, Iran
[3] Department of Management, Shi.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

## HIGHLIGHTS

- CRM is the key driver of make-to-order supply chain performance improvement.
- Make-to-order supply chain success depends on effective customer responsiveness.
- The Fuzzy Best–Worst Method (FBWM) enables more accurate indicator prioritization.

## GRAPHICAL ABSTRACT




## ARTICLE INFO

*Article history:*
Article Type: Research paper
Received: 8 July 2026
Revised: 9 August 2026
Accepted: 13 August 2026
Available online: 23 August 2025
*Correspondence:
mehrdad.shakib@kiau.ac.ir
*How to cite this article:*
Motlagh, S. D., Shakib, M. H., Iranbanfard, S. J, & Nahavandi, B. (2027). Identification and prioritization of performance indicators in make-to-order supply chains in the alumina industry using a mixed-methods approach. *System Engineering and Productivity*, 7 (1), 239-261.

*Keywords:*
Make-to-Order Supply Chains
Customer Relationship Management
Alumina Industry
Performance Indicators
Mixed Exploratory Approach
Fuzzy Best & Worst Method

## ABSTRACT

This study identifies and prioritizes key indicators for improving make-to-order supply chain performance in the alumina industry, with particular emphasis on customer relationship management (CRM). Using an applied mixed-methods design, the research combined a systematic literature review, expert interviews, and multi-criteria decision-making. A systematic review of studies published between 2010 and 2025 across major international and Persian databases resulted in 34 eligible studies from 387 initial records. Semi-structured interviews with 10 industrial and academic experts were then analyzed thematically, reducing 42 initial codes to 12 axial codes and three main themes: operational performance, customer-oriented factors, and supply chain support. Finally, the identified indicators were prioritized using the Fuzzy Best–Worst Method and GMIR defuzzification. The results show that customer satisfaction (0.238), delivery time (0.205), production flexibility (0.162), and product quality (0.148) are the most influential indicators. Total supply chain cost, service level, and information transparency play complementary roles. Overall, CRM-related indicators account for 0.364 of the total weight, highlighting CRM as a major determinant of make-to-order supply chain performance in the alumina industry.

2538-2195/© 2027 The Authors. Published by University of Eyvanekey. This is an open-access article under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license.

## 1. Introduction

In recent decades, competition in global markets and rapidly changing customer expectations have challenged traditional production structures and supply chains. Modern customers demand not only high-quality products at competitive prices but also timely delivery and, in many cases, customized solutions. Under these conditions, the supply chain—as a network of suppliers, manufacturers, distributors, and customers—has become a strategic factor for competitive advantage, organizational survival, and profitability.

The shift toward a networked economy and globalization has driven organizations to focus on integrated supply chain performance rather than solely internal efficiency. (Chopra & Meindl, 2016; Wong et al., 2021) A prominent manifestation of this trend is the emphasis on supply chain performance evaluation, where measurement now spans inter-organizational and network levels. In this context, the make-to-order (MTO) production strategy, in which production begins only after customer orders are received, has become increasingly important. In MTO environments, supply chain efficiency and agility directly influence customer satisfaction and loyalty. (Singh & Disney, 2026)

Critical success factors in MTO supply chains include delivery time, production flexibility, product quality, service level, and information transparency. (Saputro et al., 2022; Tanhaie, 2024) Simultaneously, organizations increasingly adopt Customer Relationship Management (CRM) as a strategic approach to identifying, attracting, and retaining customers, integrating operational data into production planning, inventory management, and delivery scheduling. Certain sectors, such as the alumina industry, are particularly exposed to MTO challenges due to high product variety, quality sensitivity, and stringent delivery requirements. (Gaalman et al., 2022; Gijsbrechts et al., 2025).

Despite the importance of performance evaluation in MTO supply chains, no comprehensive framework exists for the identification, localization, and prioritization of performance indicators in the alumina sector. Most prior studies focus on traditional dimensions (cost and internal efficiency) or general supply chains, without systematically considering MTO characteristics and the role of CRM. This research addresses these gaps by combining literature-derived indicators with industry-specific indicators and prioritizing them through a scientific multi-criteria decision-making (MCDM) approach. The study contributes a customer-oriented, CRM-based framework for evaluating and enhancing make-to-order supply chain performance in the alumina industry. The last paragraph of the introduction emphasizes the novelty: this is the first study to integrate generalized and localized indicators in a CRM-driven MTO framework for alumina, providing both conceptual and empirical guidance for subsequent dynamic modeling and behavioral scenario analysis.

## 2. Methodology

This study adopts an applied, mixed-methods approach (qualitative–quantitative) with an exploratory–explanatory orientation. The research process comprises three sequential stages to systematically identify, refine, and prioritize key performance indicators (KPIs) in MTO supply chains.

### 2.1. Literature Review and Qualitative Content Analysis

A systematic review of international and Persian sources (2010–2025) identified general performance indicators, including delivery time, production flexibility, product quality, service level, total cost, information transparency, and customer satisfaction. Texts were analyzed through qualitative content analysis using MAXQDA, employing open, axial, and selective coding to consolidate recurring concepts into meaningful indicators. Table 1 illustrates the mapping from conceptual variables to operational metrics.

### 2.2. Expert Interviews

To localize indicators for the alumina industry, semi-structured interviews were conducted with 10 experts (senior managers, specialists, and academics). Participants had at least 10 years of experience in supply chain management. Data were transcribed and analyzed using thematic analysis, confirming generalized indicators and introducing industry-specific metrics, such as internal coordination, timely raw material supply, and quality of information exchange.

### 2.3. Quantitative Prioritization Using FBWM

The Fuzzy Best–Worst Method (FBWM) was applied to determine the relative importance of indicators. Experts identified the most (Best) and least (Worst) critical criteria, and fuzzy pairwise comparisons were conducted. Two vectors—Best-to-Others and Others-to-Worst—were constructed for each expert. The optimization model minimized inconsistencies, producing stable, reliable weights. Consistency ratios for all experts were below 0.10, confirming judgment reliability. Table 2 summarizes the final weights and ranking of indicators.

## 3. Results and Discussion

The analysis identified seven key indicators organized into three dimensions:

- Operational Performance: Delivery Time, Production Flexibility, Product Quality
- Customer-Oriented Performance: Customer Satisfaction, Service Level
- Supply Chain Support Performance: Information Transparency, Total Supply Chain Cost

**Table 1.** Sample mapping of theoretical concepts to operational indicators and measurement scales

| No. | Conceptual Variable | Conceptual Definition | Operational Indicators | Scale Type | Data Source |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Delivery Time (Lead Time) | The time interval between customer order registration and final product delivery | Average order delivery time, standard deviation of delivery time | Ratio | Recorded data and expert opinions |
| 2 | Product Quality | The degree of conformity of the product with customer specifications and requirements | Error rate, percentage of returned products, quality satisfaction level | Ratio/Ordinal | Quality control reports and interviews |
| 3 | Production Flexibility | The ability of the system to respond to changes in order volume or type | Production setup change time, variety of producible products | Ratio | Interviews and production data |
| 4 | Service Level | The extent to which customer demand is fulfilled on time | Ratio of on-time delivered orders, OTIF index | Ratio | Supply chain performance data |
| 5 | Total Supply Chain Cost | Total costs of purchasing, production, storage, transportation, and distribution | Average cost per order, share of transportation cost in total cost | Ratio | Financial data and simulation |
| 6 | Customer Satisfaction | The customer's overall perception of purchasing experience and service quality | Overall satisfaction score, repeat purchase, customer feedback | Ordinal/Interval | Questionnaires and expert interviews |

**Table 2.** Consistency ratios of experts in the Fuzzy Best–Worst Method (FBWM).

| Expert Code | Best Criterion | Worst Criterion | Fuzzy Consistency Ratio ($\xi^*$) | Consistency Status |
|---|---|---|---|---|
| H1 | Customer Satisfaction | Information Transparency | 0.041 | Acceptable |
| H2 | Delivery Time | Information Transparency | 0.053 | Acceptable |
| H3 | Customer Satisfaction | Service Level | 0.047 | Acceptable |
| H4 | Customer Satisfaction | Information Transparency | 0.062 | Acceptable |
| H5 | Delivery Time | Information Transparency | 0.058 | Acceptable |
| H6 | Customer Satisfaction | Information Transparency | 0.049 | Acceptable |
| H7 | Customer Satisfaction | Service Level | 0.044 | Acceptable |
| H8 | Delivery Time | Information Transparency | 0.061 | Acceptable |
| H9 | Customer Satisfaction | Information Transparency | 0.056 | Acceptable |
| H10 | Customer Satisfaction | Information Transparency | 0.039 | Acceptable |
| **Average** | — | — | **0.051** | **Confirmed** |

Among these, Customer Satisfaction received the highest weight (0.238), followed by Delivery Time (0.205) and Production Flexibility (0.162). The remaining indicators, while lower in weight, play critical supporting roles, ensuring system stability and customer loyalty. Figure 1 illustrates the conceptual framework and relative weights.

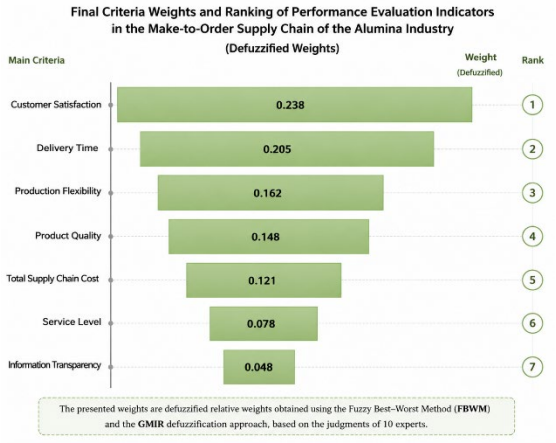



**Figure 1.** Conceptual framework and relative weights.

Expert feedback emphasized that CRM-driven, customer-centric practices are pivotal in MTO supply chains. The prioritization results indicate that adherence to delivery schedules, product quality consistency, and responsiveness to demand fluctuations are more critical than cost minimization alone. These findings validate the integration of generalized and localized indicators to enhance supply chain performance in the alumina sector.

## 4. Conclusions

This study demonstrates that effective performance improvement in MTO supply chains requires attention to both general KPIs and industry-specific factors. A three-stage methodology—systematic literature review, expert interviews, and FBWM prioritization—produced a robust framework for the alumina industry. Key managerial insights include:

1. Customer satisfaction and delivery reliability are the most influential indicators for competitiveness.
2. Production flexibility and product quality provide supporting mechanisms for operational stability.
3. Information transparency, total supply chain cost, and service level act as enabling factors critical for overall performance.

The framework provides practical guidance for managers to prioritize interventions and make informed decisions aligned with local industry conditions. Additionally, this study establishes a foundation for future research on behavioral modeling and dynamic analysis of MTO supply chains in mining and process industries.

## Acknowledgments

We are grateful to all colleagues who provided insights and expertise that greatly assisted this research. We also thank the anonymous reviewers for their valuable suggestions to improve the paper.

## Funding

This research received no external funding.

## Conflicts of Interest

A There are no conflicts of interest associated with this research.

## Author Contribution Statement

**Sayyid Davoud Ahmadi Motlagh:** Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Resources, Software, Validation, Visualization, Writing – original draft, Writing – review & editing; **Mehrdad Hosseini Shakib:** Conceptualization, Project administration, Validation, Supervision, Writing – review & editing; **Seyed Javad Iranbanfard:** Supervision, Writing – review & editing; **Bijan Nahavandi:** Supervision, Writing – review & editing.

## Data Availability Statement

Data available on request: The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

## References

Chopra, S., & Meindl, P. (2016). Supply chain management: Strategy, planning, and operation. *Pearson Education*. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9320-5_22

Gaalman, G., Disney, S. M., & Wang, X. (2022). When bullwhip increases in the lead time: An eigenvalue analysis of ARMA demand. *International Journal of Production Economics*, *250*, 108623. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108623

Gijsbrechts, J., Boute, R. N., Disney, S. M., & Van Mieghem, J. A. (2025). Volume flexibility at responsive suppliers in reshoring decisions: Analysis of a dual sourcing inventory model. *Production and Operations Management*, *34*(5), 1114-1133. https://doi.org/10.1111/poms.13719

Saputro, T. E., Figueira, G., & Almada-Lobo, B. (2022). A comprehensive framework and literature review of supplier selection under different purchasing strategies. *Computers & Industrial Engineering*, *167*, 108010. https://doi.org/ 10.1016/j.cie.2022.108010

Singh, Y., & Disney, S. M. (2026). On the transition from make-to-stock to make-to-order. *European Journal of Operational Research*, *330*(2), 444-457. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2025.08.053

Tanhaie, F. (2024). Applying a multi-objective particle swarm optimization algorithm for sequencing and balancing a mixed-model assembly line problem with setup times between tasks. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, *11*(3), 350-368. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2327903/v1

Wong, W. P., Sinnandavar, C. M., & Soh, K. L. (2021). The relationship between supply environment, supply chain integration and operational performance: The role of business process in curbing opportunistic behaviour. *International Journal of Production Economics*, *232*, 107966. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107966

مهندسی سیستم و بهره‌وری/ سال ۱۴۰۶/ دوره ۷/ شماره ۱/ صفحه ۱-۹۹

نشریه مهندسی سیستم و بهره‌وری

10.22034/sep.2026.2093677.1524

# شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های عملکرد زنجیره تأمین سفارش‌مبنا در صنعت آلومینا با رویکرد آمیخته

سیدداود احمدی مطلق[۱]، مهرداد حسینی شکیب[۲،*]، سیدجواد ایرانبان فرد[۳]، بیژن نهاوندی[۱]

[۱] گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] گروه مدیریت صنعتی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

[۳] گروه مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

## چکیده گرافیکی

## برجسته‌ها

- مدیریت ارتباط با مشتری، محور بهبود عملکرد زنجیره تأمین سفارش‌مبنا است.
- موفقیت زنجیره تأمین سفارش‌مبنا، وابسته به پاسخگویی مؤثر به مشتری است.
- روش بهترین-بدترین فازی، اولویت‌بندی دقیق شاخص‌ها را ممکن می‌سازد.

## چکیده

این پژوهش باهدف شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر بر بهبود عملکرد زنجیره تأمین سفارش‌مبنا در صنعت آلومینا، با تأکید بر نقش مدیریت ارتباط با مشتری، انجام‌شده است. با توجه به افزایش رقابت، گسترش راهبردهای تولید بر مبنای سفارش و اهمیت روزافزون رضایت و وفاداری مشتری، بازنگری در شاخص‌های ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین ضروری است. پژوهش حاضر ازنظر هدف کاربردی و ازنظر روش، آمیخته کیفی - کمّی است. در مرحله نخست، مرور نظام‌مند ادبیات با استفاده از پروتکل جست‌وجوی شفاف در پایگاه‌های معتبر خارجی و منابع فارسی طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ انجام شد که از میان ۳۸۷ مطالعه اولیه، ۳۴ پژوهش برای تحلیل نهایی انتخاب شد. در مرحله دوم، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۱۰ نفر از خبرگان دانشگاهی و صنعتی انجام و داده‌ها با روش تحلیل مضمون بررسی شد. نتایج این مرحله به استخراج ۴۲ کد اولیه، ۱۲ کد محوری و سه مضمون اصلی شامل عملکرد عملیاتی، عوامل مشتری‌محور و پشتیبانی زنجیره تأمین منجر شد. در مرحله سوم، وزن‌دهی شاخص‌ها با استفاده از روش بهترین-بدترین فازی و دفازی‌سازی به روش GMIR انجام گرفت. یافته‌ها نشان داد که رضایت مشتری با وزن ۰/۲۳۸، زمان تحویل با ۰/۲۰۵، انعطاف‌پذیری تولید با ۰/۱۶۲ و کیفیت محصول با ۰/۱۴۸ مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی عملکرد هستند. همچنین مؤلفه‌های مرتبط با مدیریت ارتباط با مشتری شامل رضایت مشتری، سطح خدمت‌دهی و شفافیت اطلاعات، درمجموع ۰/۳۶۴ از وزن نهایی مدل را به خود اختصاص دادند که نشان‌دهنده نقش تعیین‌کننده این رویکرد در ارتقای عملکرد زنجیره تأمین سفارش‌مبنا در صنعت آلومینا است.

## مشخصات مقاله

**تاریخچه مقاله:**

نوع مقاله: پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۱۷

بازنگری: ۱۴۰۵/۰۵/۱۸

پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۲۹

ارائه برخط: ۱۴۰۵/۰۶/۰۱

*نویسنده مسئول:

mehrdad.shakib@kiau.ac.ir

**کلیدواژه‌ها:**

زنجیره تأمین سفارش‌مبنا

مدیریت ارتباط با مشتری

صنعت آلومینا

شاخص‌های عملکردی

رویکرد آمیخته اکتشافی

روش بهترین-بدترین فازی

۲۱۹۵-۲۵۳۸/© ۲۰۲۷ نویسندگان. منتشرشده توسط دانشگاه ایوان‌کی. این یک مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و ضوابط مجوز Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) است.

## ۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر، شدت رقابت در بازارهای جهانی و تغییرات سریع در نیازها و انتظارات مشتریان، ساختار سنتی تولید و زنجیره‌های تأمین را با چالش‌های جدی روبه‌رو کرده است. مشتریان امروزی نه‌تنها محصولی با کیفیت بالا و قیمت مناسب می‌خواهند، بلکه انتظار دارند این محصول در کوتاه‌ترین زمان ممکن و حتی به‌صورت سفارشی‌سازی‌شده در اختیارشان قرار گیرد. در چنین شرایطی، زنجیره تأمین به‌عنوان شبکه‌ای از تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و مشتریان نهایی، نقشی راهبردی در تحقق مزیت رقابتی و تضمین بقا و سودآوری سازمان‌ها ایفا می‌کند (Chopra & Meindl, 2016). تحولات ناشی از اقتصاد شبکه‌ای و جهانی‌شدن، سازمان‌ها را از نگاه درون‌گرا و تمرکز بر کارایی داخلی، به سمت مدیریت یکپارچه عملکرد در سطح کل زنجیره سوق داده است (Wong et al., 2021). یکی از مهم‌ترین جلوه‌های این تغییر نگرش، توجه روزافزون به ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین است؛ به‌گونه‌ای که سنجش عملکرد از سطح بنگاه منفرد فراتر رفته و ابعاد بین‌سازمانی و شبکه‌ای را در برگرفته است. در این میان، ظهور و گسترش راهبرد تولید بر مبنای سفارش جایگاه ویژه‌ای یافته است؛ راهبردی که در آن تولید، تنها پس از ثبت سفارش واقعی مشتری آغاز می‌شود و بنابراین، کارایی و چابکی زنجیره تأمین، مستقیماً بر رضایت و وفاداری مشتری اثر می‌گذارد (Singh & Disney, 2026).

مطالعات اخیر گذار از سیستم‌های انبارمبنا به سفارش‌مبنا و پیامدهای آن را در طراحی زنجیره تأمین به‌طور نظام‌مند مطرح کرده‌اند (Gijsbrechts et al., 2025؛ Singh & Disney, 2026).

همچنین گالمن و همکاران نشان داده‌اند که تحلیل ماتریسی ARMA[1] تقاضا در محیط‌های سفارش‌مبنا برای پیش‌بینی رفتار اثر گاو نر ضروری است (Gaalman et al., 2022) و انور و همکاران نقش راهبردی یکپارچگی زنجیره تأمین را در بهبود توأمان عملکرد عملیاتی و مالی تأیید کرده‌اند (Anwar et al., 2025).

در محیط‌های سفارش‌مبنا، شاخص‌هایی مانند زمان تحویل، انعطاف‌پذیری تولید، کیفیت محصول، سطح خدمت‌دهی و شفافیت اطلاعات به‌عنوان عوامل کلیدی موفقیت مطرح‌اند (Saputro et al., 2022؛ Tanhaie, 2024). هم‌زمان، بسیاری از سازمان‌ها برای پاسخ‌گویی مؤثرتر به نیازهای متغیر بازار، به سمت استقرار و توسعه مدیریت ارتباط با مشتری حرکت کرده‌اند که صرفاً یک ابزار فناورانه نیست، بلکه رویکردی استراتژیک برای شناسایی، جذب، حفظ و ارتقای ارزش مشتریان است (Wang, 2022؛ Zhu, 2022). تصمیمات عملیاتی زنجیره تأمین – از برنامه‌ریزی تولید و موجودی تا زمان‌بندی تحویل – به‌طور مستقیم از داده‌ها و تحلیل‌های مبتنی بر CRM[2] تأثیر می‌پذیرد (Blanchard, 2021). برخی صنایع به‌واسطه ماهیت محصول و الگوی سفارش‌دهی مشتریان، بیش از سایر بخش‌ها در معرض چالش‌های زنجیره تأمین سفارش‌مبنا قرار دارند. صنعت آلومینا ازجمله این صنایع است؛ صنعتی که محصولات آن در حوزه‌هایی مانند سرامیک، ساینده‌ها، قطعات مهندسی و شیشه‌های خاص به کار می‌رود و مشتریان، ترکیب‌ها و درجات کیفی متفاوتی را متناسب با کاربرد خود سفارش می‌دهند. تنوع سفارش‌ها، حساسیت کیفیت، ضرورت تحویل به‌موقع و فشارهای رقابتی، این صنعت را به بستری مناسب برای مطالعه زنجیره تأمین سفارش‌مبنا بدل کرده است.

با وجود اهمیت موضوع، مرور نظام‌مندی که در بخش روش‌شناسی این مقاله (زیربخش ۳-۱) گزارش‌شده است، نشان می‌دهد به دانش نویسندگان و در نتایج جست‌وجوی جامع در پایگاه‌های علمی معتبر، مطالعه‌ای که به‌طور هم‌زمان چارچوب سنجش عملکرد MTO[3] مبتنی بر CRM را در صنعت آلومینا بومی‌سازی و اولویت‌بندی کرده باشد یافت نشد. این خلأ در تمایز پژوهش حاضر بازتاب یافته است. لذا مقاله حاضر با اتکا به یک پروتکل شفاف مرور نظام‌مند، تحلیل مضمون مصاحبه‌های خبرگان صنعت آلومینا و اولویت‌بندی شاخص‌ها با روش بهترین-بدترین فازی، در پی پر کردن این شکاف است.

[1] Autoregressive Moving Average

[2] Customer relationship management

[3] Make-to-Order

در ادامه مقاله در پنج بخش سازمان‌دهی شده است. در بخش ۲ مرور ادبیات و پیشینه پژوهش شامل مفهوم زنجیره تأمین سفارش‌مبنا، جایگاه CRM، شاخص‌های ارزیابی عملکرد و چارچوب نظری پیشنهادی ارائه می‌شود. بخش ۳ روش‌شناسی سه‌مرحله‌ای شامل پروتکل مرور نظام‌مند، طرح مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته و تحلیل مضمون و مدل ریاضی روش بهترین- بدترین فازی را تشریح می‌کند. بخش ۴ به بحث و ارائه یافته‌ها شامل درخت کدگذاری، شواهد متنی، مقادیر روایی و پایایی و وزن‌های نهایی شاخص‌ها اختصاص‌یافته است. بخش ۵ به نتیجه‌گیری، دلالت‌های مدیریتی و اجرایی، محدودیت‌های پژوهش و پیشنهاد پژوهش‌های آتی می‌پردازد.

## ۲- مرور ادبیات

زنجیره تأمین به مجموعه‌ای یکپارچه از سازمان‌ها، فعالیت‌ها، منابع و جریان‌های اطلاعاتی و مالی گفته می‌شود که از مرحله تأمین مواد اولیه تا تحویل محصول به مشتری نهایی را دربر می‌گیرد. در این شبکه، ارزش از طریق تبدیل مواد خام به محصول نهایی و ارائه خدمت به مشتری ایجاد می‌شود و هرگونه ناکارآمدی در یکی از حلقه‌ها می‌تواند عملکرد کل سیستم را تحت تأثیر قرار دهد (Chopra & Meindl, 2016؛ Wong et al., 2021). با شدت گرفتن رقابت، گسترش فناوری و جهانی‌شدن بازارها، مدیریت زنجیره تأمین از یک موضوع صرفاً عملیاتی به یک موضوع استراتژیک تبدیل‌شده است.

### ۲-۱- گذار از سیستم‌های انبارمبنا به سفارش‌مبنا

یکی از تحولات مهم در محیط‌های تولیدی، گذار از سیستم‌های انبارمبنا (MTS[1]) به سفارش‌مبنا (MTO) است. در سیستم‌های انبارمبنا، تولید بر اساس پیش‌بینی تقاضا انجام و محصول در انبار نگهداری می‌شود؛ درحالی‌که در سیستم‌های سفارش‌مبنا، تولید پس از دریافت سفارش واقعی مشتری آغاز می‌گردد و نوع و مقدار سفارش پیشاپیش قابل پیش‌بینی نیست (Singh & Disney, 2026). این تغییر رویکرد، پیامدهای مهمی برای مدیریت زنجیره تأمین دارد: کاهش موجودی و هزینه‌های انبارداری، افزایش وابستگی به‌دقت و سرعت برنامه‌ریزی، اهمیت بالای شاخص‌هایی مانند زمان تحویل، انعطاف‌پذیری تولید و هماهنگی با مشتری و درعین‌حال، ریسک تأخیر و نارضایتی مشتری در صورت ضعف هماهنگی یا محدودیت ظرفیت (Tanhaie, 2026؛ Saputro et al., 2022). در چنین محیطی، برنامه‌ریزی ظرفیت، مدیریت سفارش و هماهنگی میان تأمین، تولید و توزیع به‌شدت حساس و زمان‌بر است. پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند طراحی صحیح شبکه توزیع، تصمیم‌گیری درباره پذیرش/رد سفارش و در نظر گرفتن محدودیت‌های تولید از عوامل کلیدی موفقیت محسوب می‌شوند (Gaalman et al., 2022؛ Gijsbrechts et al., 2025؛ Raghunathan et al., 2017).

### ۲-۲- مدیریت ارتباط با مشتری در محیط سفارش‌مبنا

در دهه‌های اخیر، مدیریت ارتباط با مشتری از یک ابزار فناورانه برای ذخیره و تحلیل اطلاعات مشتری، به یک رویکرد استراتژیک سازمانی تبدیل‌شده است که هدف آن ایجاد و حفظ روابط بلندمدت سودمند با مشتریان است (Zhu, 2022). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که استفاده اثربخش از CRM به افزایش رضایت و وفاداری مشتریان، کاهش هزینه جذب مشتری جدید، بهبود هماهنگی زنجیره تأمین و درنهایت بهبود عملکرد مالی و عملیاتی منجر می‌شود (Wang, 2022). در محیط‌های سفارش‌مبنا، اهمیت ارتباط با مشتری دوچندان است؛ زیرا زمان تحویل و پایبندی به تعهدات زمانی، عامل مهمی در رضایت مشتری است؛ مشتری انتظار اطلاع‌رسانی شفاف و لحظه‌ای درباره وضعیت سفارش خود را دارد؛ و سفارشی‌سازی محصول بر اساس نیاز مشتری، بدون شناخت دقیق و مستمر او ممکن نیست (Saputro et al., 2022).

### ۲-۳- یکپارچگی زنجیره تأمین و عملکرد

مقاله ژو و میمی رابطه بین یکپارچگی زنجیره تأمین و عملکرد نوآوری شرکت‌ها را در بیش از ۱۰۰۰ شرکت تولیدی بررسی می‌کند و نشان می‌دهد که ادغام داخلی زنجیره بیش‌ترین اثر مثبت را بر نوآوری دارد، درحالی‌که

[1] Make to stock

ادغام با مشتری و تأمین‌کننده می‌تواند اثر متفاوتی داشته باشد. نقش سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه به‌عنوان تعدیل‌کننده نیز تحلیل‌شده است (Zhou & Mei, 2025). مطالعه انوار و دیگران، کاربرد یکپارچگی زنجیره تأمین را به‌عنوان ابزاری استراتژیک برای بهبود عملکرد عملیاتی و مالی شرکت‌ها تحلیل می‌کند و نقش فناوری اطلاعات را در تسهیل ادغام داخلی و خارجی بررسی می‌کند (Anwar et al., 2025؛ Liu et al., 2021).

ادبیات گسترده‌ای به اهمیت سنجش عملکرد در زنجیره تأمین اشاره دارد. سنجش عملکرد نه‌تنها ابزاری برای کنترل و پایش است، بلکه مبنایی برای یادگیری سازمانی، شناسایی حوزه‌های بهبود و مقایسه با رقبا محسوب می‌شود (Tanhaie & Nahavandi, 2017).

پژوهش‌های مختلف، مجموعه‌ای متنوع از شاخص‌ها را برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین معرفی کرده‌اند؛ ازجمله هزینه‌های زنجیره، زمان تحویل و قابلیت اطمینان تحویل، کیفیت محصول و خدمت، انعطاف‌پذیری در حجم و تنوع، سطح خدمت‌دهی و نرخ تحقق سفارش، یکپارچگی و شفافیت اطلاعات و شاخص‌های مالی مانند سودآوری و سهم بازار (Siagian et al., 2021؛ Zhao et al., 2021). در سال‌های اخیر، بخشی از مطالعات با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری‌چندمعیاره (MCDM[1]) به رتبه‌بندی و وزن‌دهی این شاخص‌ها پرداخته‌اند؛ مانند استفاده از AHP[2]، ANP[3]، BWM[4]، ARAS[5] و ... برای انتخاب تأمین‌کنندگان، طراحی شبکه زنجیره و ارزیابی استراتژی‌های ناب و چابک (Kawa & Maryniak, 2019؛ Saberinejad et al., 2023؛ Tanhaie, 2023).

## ۲-۴- چارچوب نظری پیشنهادی: پیوند MTO، CRM و عملکرد

برای برطرف کردن ابهام نظری موجود در مطالعات پیشین، چارچوب نظری این پژوهش رابطه سه‌جانبه راهبرد MTO، رویکرد CRM و شاخص‌های عملکرد را چنین صورت‌بندی می‌کند: راهبرد MTO از یک‌سو نیازمند اطلاعات دقیق تقاضا، تعامل مستمر با مشتری و توانایی سفارشی‌سازی محصول است؛ ورودی‌های اطلاعاتی و ارتباطی این نیاز از طریق زیرساخت CRM تأمین می‌شود که هم داده‌های تراکنشی مشتری و هم داده‌های رفتاری و ترجیحات را در اختیار سیستم برنامه‌ریزی قرار می‌دهد. از سوی دیگر، خروجی این تعامل در قالب سه بُعد عملکردی زنجیره تأمین متجلی می‌شود: (۱) بُعد عملیاتی شامل زمان تحویل، انعطاف‌پذیری تولید و کیفیت محصول؛ (۲) بُعد مشتری‌محور شامل رضایت مشتری و سطح خدمت‌دهی؛ (۳) بُعد پشتیبانی زنجیره شامل هزینه کل زنجیره و شفافیت اطلاعات.

در این چارچوب، CRM به‌عنوان یک شاخص هم‌رده با سایر شاخص‌های عملکردی در نظر گرفته نمی‌شود، بلکه به‌عنوان «راه‌اندازِ ساختاری[6]» عمل می‌کند و پیامدهای اندازه‌گیری‌پذیر آن در سه شاخصِ رضایت مشتری، سطح خدمت‌دهی و شفافیت اطلاعات متجلی می‌شود. این سه شاخص درمجموع مسیر تأثیر CRM بر عملکرد زنجیره تأمین سفارش‌مبنا را نشان می‌دهند و لذا رابطه ادعایی در بخش مقدمه با یافته‌های اولویت‌بندی نهایی قابل‌ردیابی است.

لازم به ذکر است که در بستر بازار B2B[7] (بنگاه‌به‌بنگاه) و ماهیت صنعتی محصول آلومینا، مسیر تجلی CRM با CRM در بازارهای B2C متفاوت است. در آلومینا، هر مشتری صنعتی (نظیر شرکت‌های سرامیک‌سازی، ذوب فلز و سایندگی) طرف قرارداد راهبردی چند میلیارد تومانی سالانه است و روابط اغلب چندساله‌اند. در چنین بستری، تجلی اصلی CRM از طریق شاخص «رضایت مشتری صنعتی» صورت می‌گیرد که بازتاب مستقیم کیفیت روابط بلندمدت، پایبندی به تعهدات قراردادی و مدیریت اثربخش تعاملات فنی و بازرگانی است.

**جدول ۱** ویژگی‌های اصلی مطالعات پیشین مرتبط در ادامه قرار داده‌شده است که در آن علامت * نشان‌دهنده پوشش‌دهی هر مطالعه در هریک از این محورهاست.

مقایسه سطرها نشان می‌دهد که هیچ مطالعه پیشینی به‌طور هم‌زمان چهار محور MTO، CRM، ارزیابی عملکرد و صنعت فرآیندی/آلومینا را پوشش نداده است و پژوهش حاضر در سطر آخر به این خلأ پاسخ می‌دهد.

[1] Multi criteria decision making
[2] Analytic Hierarchy Process
[3] Analytic Network Process
[4] Best–Worst Method
[5] Additive Ratio Assessment
[6] Structural Enabler
[7] Business-to-Business

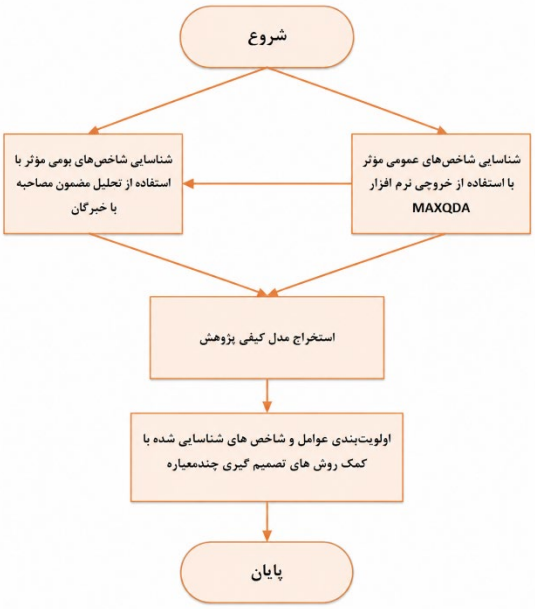
**جدول ۱.** ویژگی‌های اصلی مطالعات پیشین مرتبط

**Table 1.** Key features of previous related studies

| منبع | هدف اصلی تحقیق | نوع منطق مسئله | روش حل | MTO | CRM | عملکرد زنجیره | صنعت فرآیندی/آلومینا |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Singh & Disney, 2026 | تحلیل گذار MTS→MTO | MTS/MTO، اثر گاو نر | مدل‌سازی ریاضی-تحلیلی | * | | * | |
| Anwar et al., 2025 | یکپارچگی و عملکرد | یکپارچگی زنجیره | SEM/PLS، پرسشنامه | | * | * | |
| Gijsbrechts et al., 2025 | انعطاف حجمی، بازگشت تولید | MTO/دوگانگی تأمین | برنامه‌ریزی پویا، بهینه‌سازی | * | | * | |
| Zhou & Mei, 2025 | یکپارچگی و نوآوری | یکپارچگی داخلی/تأمین | رگرسیون پانلی | | * | * | |
| Tanhaie, 2024 | محیط تأمین و زمان تحویل | مدیریت جامع زنجیره | بهینه‌سازی | * | | * | |
| Saberinejad et al., 2023 | یکپارچگی و عملکرد | یکپارچگی زنجیره | مدل ترکیبی و رتبه‌بندی | | * | * | |
| Saputro et al., 2022 | چارچوب انتخاب تأمین‌کننده | راهبردهای خرید شامل MTO | مرور نظام‌مند | * | | * | |
| Gaalman et al., 2022 | اثر گاو نر و زمان تحویل | ARMA تقاضا در MTO | تحلیل ریاضی مقادیر ویژه | * | | * | |
| Wang, 2022 | یکپارچگی SCM و CRM | CRM و ارزش مشتری | مرور مفهومی | | * | * | |
| Zhu, 2022 | رابطه SCM و CRM | CRM و عملکرد | مرور مفهومی | | * | * | |
| Blanchard, 2021 | راهنمای بهترین شیوه‌ها | مدیریت جامع زنجیره | مرور ادبیات و اسناد | | | * | |
| Wong et al., 2021 | محیط تأمین و عملکرد | یکپارچگی و رفتار | PLS-SEM | | | * | |
| Siagian et al., 2021 | انعطاف/تاب‌آوری/نوآوری | یکپارچگی و بحران | SEM | | | * | |
| Zhao et al., 2021 | یکپارچگی و عملکرد | یکپارچگی زنجیره | مرور ادبیات و اسناد | | | * | |
| Tanhaie & Nahavandi, 2017 | محیط تأمین و عملکرد | راهبرد، برنامه‌ریزی، عملیات | برنامه‌ریزی هدف | | | * | |
| Raghunathan et al., 2017 | اثر گاو نر چندمحصولی | تقاضاهای وابسته | مدل‌سازی ریاضی | * | | * | |
| Chopra & Meindl, 2016 | چارچوب جامع مدیریت زنجیره | راهبرد، برنامه‌ریزی، عملیات | کتاب مرجع/مرور | | | * | |
| پژوهش حاضر | شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های عملکرد MTO مبتنی بر CRM در صنعت آلومینا | MTO + CRM + عملکرد در صنعت آلومینا | مرور نظام‌مند + تحلیل مضمون + BWM فازی | * | * | * | * |

## ۳- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و ازنظر روش‌شناسی، آمیخته (کیفی–کمی) با رویکرد اکتشافی–تبیینی است و باهدف شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی عملکرد زنجیره تأمین سفارش‌مبنا در صنعت آلومینا انجام‌شده است. در این راستا مطابق **شکل ۱**، فرایند تحقیق در سه‌گام پیوسته طراحی و اجرا شد تا از مرحله شناسایی شاخص‌ها تا تعیین اهمیت نسبی آن‌ها مسیری علمی طی شود.




**شکل ۱.** مدل اجرایی تحقیق.

**Figure 1.** Research implementation framework.

### ۳-۱- پروتکل مرور نظام‌مند و جست‌وجوی ادبیات

در گام نخست، برای رعایت شفافیت روش‌شناختی و امکان بازتولید، مرور ادبیات مطابق راهنمای PRISMA و در قالب یک پروتکل رسمی زیر انجام شد:

پایگاه‌های داده: Scopus، Web of Science، ScienceDirect، Emerald Insight، SpringerLink، Wiley Online Library برای منابع بین‌المللی و SID، Magiran و Noormags برای منابع فارسی.

بازه زمانی: ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ میلادی.

کلیدواژه‌های ترکیبی: Make-to-Order، MTO Supply Chain، Order-driven Supply Chain، Alumina Supply Chain، Aluminum Supply Chain، Performance، Customer Relationship Management، KPI، Fuzzy BWM، MCDM، به همراه معادل فارسی آن‌ها؛ عملگرهای AND و OR و پرانتزهای منطقی برای ترکیب.

معیارهای ورودی: (الف) مقالات علمی-پژوهشی و کنفرانسی معتبر؛ (ب) انگلیسی یا فارسی؛ (پ) دارای متن کامل قابل‌دسترس؛ (ت) مرتبط مستقیم با MTO یا سنجش عملکرد زنجیره تأمین یا نقش CRM.

معیارهای خروجی: (الف) خلاصه مقالات، پوسترها و مطالب غیر داوری‌شده؛ (ب) مقالات با تمرکز غیرزنجیره‌ای؛ (پ) مقالات صرفاً روش‌شناختی بدون کاربرد صنعتی؛ (ت) مقالات با ابهام در گزارش داده‌ها.

بدین‌صورت فرآیند غربال‌گری در چهار مرحله انجام شد: (۱) استخراج ۳۸۷ رکورد اولیه از جست‌وجوی ترکیبی؛ (۲) حذف ۷۵ رکورد تکراری و باقی‌ماندن ۳۱۲ رکورد؛ (۳) غربال بر اساس عنوان و چکیده و کاهش به ۹۸ رکورد؛ (۴) خواندن متن کامل و انتخاب نهایی ۳۴ مطالعه برای سنتز کیفی. این ۳۴ مطالعه مبنای استخراج شاخص‌های عمومی عملکرد زنجیره تأمین سفارش‌مبنا قرار گرفتند.

متون منتخب پس از غربال‌گری، در نرم‌افزار MAXQDA واردشده و با رویکرد تحلیل محتوای کیفی و کدگذاری مفهومی موردبررسی قرار گرفتند. در این مرحله، ابتدا مفاهیم کلیدی مرتبط با عملکرد زنجیره تأمین شناسایی و کدگذاری شدند و سپس از طریق تجمیع و مقایسه کدها، شاخص‌های پرتکرار و معنادار استخراج گردیدند. خروجی این مرحله فهرستی از شاخص‌های عمومی شامل زمان تحویل، انعطاف‌پذیری تولید، کیفیت محصول، سطح خدمت‌دهی، هزینه کل زنجیره، شفافیت اطلاعات و رضایت مشتری بود که مبنای مراحل بعدی پژوهش قرار گرفت.

### ۳-۲- مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته و تحلیل مضمون

در گام دوم، به‌منظور بومی‌سازی و پالایش شاخص‌های شناسایی‌شده متناسب با شرایط صنعت آلومینا در ایران، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با خبرگان حوزه زنجیره تأمین و صنایع معدنی انجام شد. جامعه خبرگان شامل

مدیران ارشد، کارشناسان و اساتید دانشگاهی دارای حداقل ده سال سابقه مدیریتی یا پژوهشی در حوزه زنجیره تأمین بود. روش نمونه‌گیری هدفمند و با استفاده از رویکرد گلوله برفی صورت گرفت.

لازم به ذکر است در پژوهش‌های کیفی و روش‌های مبتنی بر قضاوت خبره مانند BWM، اندازه نمونه بر مبنای «اشباع نظری» و «تنوع دیدگاه» تعیین می‌شود و نه قواعد آماری استنباطی. ادبیات BWM نمونه‌های ۵ تا ۱۵ نفره خبرگان را استاندارد برمی‌شمرد. ازاین‌رو تعداد کل مصاحبه‌ها ۱۰ عدد تعیین شد که میانگین مدت هر مصاحبه ۶۸ دقیقه (بازه ۴۵ تا ۹۵ دقیقه) به طول انجامید. همچنین ترکیب پنل ۱۰ نفره ازنظر جایگاه سازمانی (۵ نفر مدیر ارشد صنعتی، ۳ عضو هیئت‌علمی و ۲ کارشناس ارشد) و ازنظر تخصص (تولید، لجستیک، برنامه‌ریزی، کنترل کیفیت، بازرگانی/CRM، مدل‌سازی) مطابق **جدول ۲** به‌طور آگاهانه متنوع انتخاب شد و اشباع نظری پس از مصاحبه هشتم مشاهده و در مصاحبه‌های نهم و دهم حاصل گردید؛ به این معنا که هیچ کد جدیدی از این مصاحبه‌ها استخراج نگردید. راهنمای مصاحبه شامل چهار محور اصلی و ۱۴ سؤال زیرمجموعه بود: (۱) شرح تجربه خبره از سفارش‌مبنایی در صنعت آلومینا؛ (۲) شاخص‌های ارزیابی عملکرد از دیدگاه خبره و رتبه‌بندی نسبی آن‌ها؛ (۳) نقش مدیریت ارتباط با مشتری در تصمیمات عملیاتی؛ (۴) چالش‌های خاص صنعت و پیشنهادهای بهبود.

تحلیل داده‌های مصاحبه با روش تحلیل مضمون (Braun & Clarke, 2006) و در سه سطح کدگذاری باز، محوری و انتخابی انجام شد. برای اطمینان از پایایی، ۳۰٪ کدهای اولیه (۱۲۶ کد از ۴۲۰ کد اختصاص‌داده‌شده به قطعات متنی) به‌طور مستقل توسط دو پژوهشگر آموزش‌دیده کدگذاری شد. اختلافات از طریق جلسه سه‌جانبه با پژوهشگر سوم (داور کد) به بحث گذاشته و به اجماع رسید. ضریب کاپای کوهن برابر ۰/۸۱ محاسبه شد که مطابق طبقه‌بندی (Landis & Koch,1977) در بازه «توافق قوی» قرار می‌گیرد.

استفاده هم‌زمان از همین خبرگان در بخش کمی نیز با ادبیات BWM سازگار است، زیرا BWM ذاتاً تحلیل قضاوت خبره است و آشنایی عمیق خبرگان با شاخص‌های مرحله کیفی، اعتبار مقایسات زوجی را افزایش می‌دهد. صرفاً با هدف تقویت اعتبار خارجی، پنل روایی محتوایی به ۱۲ نفر در بند زیر گسترش داده شد.

## ۳-۳- روایی و پایایی ابزارها

به‌منظور اطمینان از اعتبار ابزارهای گردآوری داده‌ها، روایی و پایایی هر یک از ابزارها (تحلیل اسناد و کدگذاری، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته و پرسشنامه تصمیم‌گیری چندمعیاره) به‌صورت تفکیکی ارزیابی شد. در بخش ابزارهای کیفی، روایی محتوایی از طریق قضاوت خبرگان دانشگاهی و صنعتی بررسی گردید. برای این کار، پنل روایی محتوایی متمایز از پنل مصاحبه/BWM طراحی شد که متشکل از ۱۲ نفر بود: همان ۱۰ خبره اصلی به‌علاوه ۲ متخصص مستقل مطابق **جدول ۳** (یک عضو هیئت‌علمی مهندسی صنایع با تخصص تصمیم‌گیری چندمعیاره و یک مدیر ارشد بازرگانی صنعت آلومینا). دلیل استفاده از یک پنل هم‌پوشان اما گسترده‌تر آن است که خبرگان اصلی طراحی شاخص‌ها را عمیق می‌شناسند و متخصصان مستقل نقش اعتبارسنجی بیرونی را ایفا می‌کنند. خبرگان هر گویه را ازنظر «ضرورت»، «تناسب با هدف پژوهش» و «شفافیت مفهومی» ارزیابی کردند. برای کمی‌سازی این ارزیابی‌ها، از شاخص نسبت روایی محتوا (CVR[1]) و شاخص روایی محتوا (CVI[2]) بر اساس روش لاوشه (Lawshe, 1975) و والتز و باسل (Waltz & Bausell, 1981) استفاده شد. فرمول محاسبه CVR به‌صورت رابطه (۱) است:

$$CVR = (n_e - N/2)/(N/2) \qquad (۱)$$

که در آن $n_e$ تعداد خبرگانی است که گویه را «ضروری» تشخیص داده‌اند و $N$ کل تعداد خبرگان است.

با توجه به حضور ۱۲ خبره، حداقل مقدار قابل‌قبول $CVR$ بر مبنای جدول لاوشه برابر ۰/۵۶ در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد میانگین $CVR$ گویه‌ها برابر با ۰/۷۸ و میانگین $CVI$ برابر با ۰/۸۴ بوده که هر دو بالاتر از مقادیر آستانه (۰/۷۹ برای $CVI$) هستند؛ بنابراین روایی محتوایی ابزارهای کیفی تأیید شد و تنها چند گویه با اصلاح جزئی بازنگری گردیدند. در بخش نتایج، گزارش تفکیکی $CVR$ و $CVI$ برای هر هفت شاخص نهایی ارائه شده است.

[1] Content Validity Ratio
[2] Content Validity Index

**جدول ۲.** مشخصات پنل خبرگان مصاحبه و پرسشنامه BWM(N=۱۰)

**Table 2.** Profile of the expert panel for interviews and BWM questionnaire (N=10)

| کد خبره | سمت / سابقه کاری | حوزه تخصصی | مدرک تحصیلی | سابقه در صنعت |
|---|---|---|---|---|
| H۱ | مدیر تولید کارخانه آلومینا جاجرم | زنجیره تأمین و لجستیک | دکتری | ۱۵ سال |
| H۲ | عضو هیئت‌علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر | مدل‌سازی سیستم‌های پویا | دکتری | ۱۲ سال |
| H۳ | مدیر برنامه‌ریزی و کنترل تولید | برنامه‌ریزی تولید | کارشناسی ارشد | ۱۴ سال |
| H۴ | مشاور مدیریت در صنایع فلزی | مدیریت عملیات و بهبود عملکرد | دکتری | ۱۰ سال |
| H۵ | کارشناس ارشد برنامه‌ریزی تأمین | تحلیل داده و بهینه‌سازی زنجیره | کارشناسی ارشد | ۹ سال |
| H۶ | مدیر لجستیک شرکت حمل‌ونقل مواد معدنی | لجستیک و حمل‌ونقل صنعتی | کارشناسی ارشد | ۱۱ سال |
| H۷ | عضو هیئت‌علمی دانشگاه علم و صنعت | مدیریت زنجیره تأمین | دکتری | ۱۸ سال |
| H۸ | رئیس واحد کنترل کیفیت | کنترل کیفیت و ارزیابی عملکرد | کارشناسی ارشد | ۱۳ سال |
| H۹ | تحلیل‌گر ارشد سیستم‌ها | پویایی سیستم و شبیه‌سازی صنعتی | دکتری | ۱۰ سال |
| H۱۰ | مدیر بازرگانی شرکت آراد لیان فراور آریا (آلفا) | مدیریت تقاضا و ارتباط با مشتری | کارشناسی ارشد | ۸ سال |

**جدول ۳.** مشخصات دموگرافیک پنل روایی محتوایی BWM(N=۱۲)

**Table 3.** Demographic profile of the content validity panel (N=12) for BWM

| کد خبره | سمت / سابقه کاری | حوزه تخصصی | مدرک تحصیلی | سابقه در صنعت |
|---|---|---|---|---|
| H۱۰-H۱ | همان ۱۰ خبره پنل اصلی (جدول ۲) | مطابق جدول ۲ | مطابق جدول ۲ | مطابق جدول ۲ |
| E۱۱ | عضو هیئت‌علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر | تصمیم‌گیری چندمعیاره و روش‌های فازی | دکتری | ۱۶ سال |
| E۱۲ | مدیر ارشد بازرگانی، شرکت آلومینای ایران | CRM صنعتی و مدیریت سفارش | کارشناسی ارشد | ۱۴ سال |

**جدول ۴.** مقیاس زبانی فازی و اعداد فازی مثلثی متناظر

**Table 4.** Fuzzy linguistic scale and corresponding triangular fuzzy numbers

| اصطلاح زبانی | نماد | عدد فازی مثلثی $(l, m, u)$ |
|---|---|---|
| هم‌اهمیت | EI | (۱، ۱، ۱) |
| اهمیت اندک | WI | (۲/۳، ۱، ۳/۲) |
| اهمیت نسبتاً بیشتر | FI | (۳/۲، ۲، ۵/۲) |
| اهمیت بسیار بیشتر | VI | (۵/۲، ۳، ۷/۲) |
| اهمیت قطعی | AI | (۷/۲، ۴، ۹/۲) |

در خصوص پایایی بخش کیفی، همان‌گونه که در بند ۳-۲ ذکر شد، ضریب کاپای کوهن روی ۳۰٪ کدهای اولیه محاسبه شد و مقدار ۰/۸۱ به‌دست آمد که نشان‌دهنده توافق قوی و پایایی مناسب تحلیل مضمون است.

در بخش ابزار کمی (پرسشنامه BWM فازی)، ازآنجاکه آلفای کرونباخ برای ابزارهای مبتنی بر مقایسات زوجی دارای محدودیت روش‌شناختی است، شاخص سازگاری فازی ($\xi^*$) به‌عنوان معیار اصلی پایایی معرفی شد. آلفای کرونباخ صرفاً برای بخش مقدماتی صحه‌گذاری شاخص‌ها (پرسشنامه لیکرت) اجرا شد و مقدار ۰/۸۳ به‌دست آمد که نشان‌دهنده انسجام مطلوب بین گویه‌هاست (بیش از ۰/۷). نتایج شاخص سازگاری BWM در بخش نتایج ارائه‌شده است. مقیاس زبانی فازی مورداستفاده و اعداد فازی مثلثی متناظر آن‌ها در **جدول ۴** ارائه‌شده است.

گام‌های اجرای روش FBWM به شرح زیر انجام گرفت:

**گام ۱:** تشکیل مجموعه شاخص‌ها. مجموعه $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ با $n$ =۷ شاخص در این پژوهش تعیین شد.

**گام ۲:** تعیین بهترین ($c_B$) و بدترین ($c_W$) شاخص از دیدگاه هر خبره.

**گام ۳:** ساخت بردار Best-to-Others (BO):

هر خبره میزان ترجیح بهترین شاخص را نسبت به سایر شاخص‌ها با اصطلاحات **جدول ۴** بیان می‌کند:

$\tilde{A}_B = (\tilde{a}_{B1}, \tilde{a}_{B2}, \dots, \tilde{a}_{Bn})$ که در آن $\tilde{a}_{Bj}$ عدد فازی مثلثی نشان‌دهنده ترجیح $c_B$ نسبت به $c_j$ است.

**گام ۴:** ساخت بردار Others-to-Worst (OW):

$\tilde{A}_W = (\tilde{a}_{W1}, \tilde{a}_{W2}, \dots, \tilde{a}_{Wn})^T$ که در آن $\tilde{a}_{Wj}$ عدد فازی مثلثی نشان‌دهنده ترجیح $c_j$ نسبت به بدترین شاخص است.

**گام ۵:** حل مدل بهینه‌سازی زیر برای به‌دست‌آوردن وزن‌های بهینه فازی $\tilde{w}_j^* = (l_j, m_j, u_j)$:

$$\min \xi^* \qquad (۲)$$

$$s.t.$$

$$\left|\frac{\widetilde{w}_B}{\widetilde{w}_j} - \tilde{a}_{Bj}\right| \le \xi^* \quad \forall j$$

$$\left|\frac{\widetilde{w}_j}{\widetilde{w}_W} - \tilde{a}_{jW}\right| \le \xi^* \quad \forall j$$

$$\sum_j R(\widetilde{w}_j) = 1$$

$$l_j \le m_j \le u_j, l_j \ge 0 \quad \forall j$$

در روابط فوق، $\xi^*$ حداکثر انحراف مجاز میان قضاوت‌های خبره و نسبت‌های ترجیحی محاسبه‌شده از وزن‌هاست و کوچک‌تر بودن آن نشان‌دهنده سازگاری بیشتر پاسخ‌هاست. تابع $R(\widetilde{w})$ دفازی‌کننده وزن فازی به مقدار قطعی است. در این پژوهش از روش «بازنمایی میانگین درجه‌بندی‌شده» (GMIR[1]) استفاده شد که برای عدد فازی مثلثی $\widetilde{w} = (l, m, u)$ به‌صورت $R(\widetilde{w}) = (l+۴m+u)/۶$ تعریف می‌شود.

برای تجمیع قضاوت‌های ۱۰ خبره، از میانگین‌گیری هندسی فازی روی اعداد مثلثی متناظر استفاده شد و سپس مدل بهینه‌سازی روی مقادیر تجمیع‌شده حل گردید. شاخص سازگاری فازی ($\xi^*$) برای هر خبره به‌طور جداگانه محاسبه شد و در بخش نتایج گزارش می‌شود؛ در تمامی موارد $\xi^* < ۰/۱$ که بر اساس آستانه (Liang et al., 2020) نشان‌دهنده سازگاری قابل‌قبول است.

[1] Graded Mean Integration Representation

## ۴- بحث و نتایج

### ۴-۱- نتایج مرور نظام‌مند و کدگذاری کیفی

در گام نخست، به‌منظور شناسایی چارچوبی اولیه و عمومی از شاخص‌های عملکرد زنجیره تأمین سفارش‌مبنا، مطابق پروتکل بخش ۳-۱، مجموعه‌ای از مقالات علمی معتبر موردبررسی قرار گرفت. تحلیل محتوای کیفی در نرم‌افزار MAXQDA با کدگذاری باز و محوری انجام گرفت. نمونه‌ای از فرآیند تبدیل مفاهیم پراکنده متون به شاخص‌های نهایی در **جدول ۵** ارائه‌شده است.

لازم به توضیح است که مفهوم «بومی‌سازی» در این پژوهش به معنای اضافه‌کردن شاخص‌های اسمی جدیدی که در ادبیات جهانی وجود نداشته باشند نیست، بلکه به معنای «تعریف عملیاتی خاص هر شاخص در بستر صنعت آلومینا» و «تجلی مصداقی هر شاخص در فرآیندهای واقعی این صنعت» است. جزئیات این تجلی بومی در زیربخش ۴-۱-۲ ارائه‌شده است.

به‌منظور نمایش بصری نتایج تحلیل محتوای کیفی و میزان تمرکز ادبیات بر شاخص‌های شناسایی‌شده، یک بازنمایی مفهومی مبتنی بر فراوانی و ارتباط کدها تهیه گردید که در **شکل ۲** ارائه‌شده است.

**شکل ۲.** تحلیل محتوای کیفی و میزان تمرکز ادبیات بر شاخص‌های شناسایی‌شده.

**Figure 2.** Qualitative content analysis and literature focus on identified indicators.

در ادامه فراوانی ذکر هر شاخص و اهمیت نسبی آن‌ها در **جدول ۶** ارائه‌شده است. همان‌گونه که یافته‌های این جدول نشان می‌دهد، چهار شاخص «زمان تحویل»، «رضایت مشتری»، «انعطاف‌پذیری تولید» و «کیفیت محصول» بیشترین فراوانی (مجموعاً ۷۹/۸٪) را در ادبیات دارند و سه شاخص «هزینه کل زنجیره»، «سطح خدمت‌دهی» و «شفافیت اطلاعات» نیز با فراوانی متوسط

(مجموعاً ۲۰/۲٪) در ادبیات ذکرشده‌اند. لذا درمجموع هفت شاخص، مبنای فاز کیفی و کمّی پژوهش قرار گرفت.

### ۴-۱-۱- درخت کدگذاری MAXQDA

در **جدول ۷** درخت کامل کدگذاری در ستون سمت راست ۴۲ کد باز فهرست شده، در ستون میانی این کدها در قالب ۱۲ کد محوری تجمیع شده‌اند و در ستون سمت چپ سه مضمون اصلی نشان‌داده شده است.

در **جدول ۸** صرفاً نمونه‌ای از کدهای اولیه ذیل هر کد محوری آورده شده است. فهرست کامل ۴۲ کد اولیه (باز) با ذکر تمامی آن‌ها و همچنین شماره کد محوری متناظر، در **جدول الف** بخش ضمائم ارائه‌شده است تا خواننده بتواند مسیر کامل کدگذاری را رصد کند.

مجموع کدهای اولیه فهرست شده در ستون سمت چپ ۴۲ کد است که در ۱۲ کد محوری و درنهایت ۳ مضمون اصلی سازمان‌دهی شدند. مسیر تبدیل هر کد اولیه به کد محوری و ازآنجا به مضمون اصلی، توسط دو کدگذار مستقل انجام گرفت و اختلافات موجود در نشست تخصصی به توافق رسیدند. از این ۱۲ کد محوری، هفت کد به‌طور مستقیم به‌عنوان شاخص‌های نهایی برای اولویت‌بندی BWM انتخاب شدند و پنج کد باقیمانده (کارایی عملیاتی، وفاداری مشتری، تعامل با مشتری، هماهنگی زنجیره، پایداری و ریسک) به دلیل هم‌پوشانی مفهومی با هفت کد اصلی، در قالب زیرمعیارهای پشتیبان در سازوکار اجرایی توصیه‌ها لحاظ شدند که توزیع بصری اهمیت این شاخص‌ها در قالب **شکل ۳** قابل‌نمایش است.

**جدول ۵.** نمونه‌ای از کدگذاری باز و شاخص‌های استخراج‌شده از ادبیات

**Table 5.** An example of open coding and literature-derived indicators

| ردیف | گزیده‌ای از متن مقاله | کد اولیه (باز) | کد محوری | شاخص نهایی |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | تأخیر در ارسال سفارشات باعث کاهش رضایت مشتری و از دست رفتن اعتماد می‌شود. | زمان تحویل، رضایت مشتری | عملکرد تحویل | زمان تحویل محصول |
| ۲ | افزایش انعطاف‌پذیری در پاسخ به تغییر سفارش‌ها عملکرد زنجیره را بهبود می‌دهد. | انعطاف تولید، پاسخ‌گویی به تغییر سفارش | انعطاف‌پذیری سیستم | انعطاف‌پذیری تولید |
| ۳ | هزینه‌های نگهداری موجودی و حمل‌ونقل باید برای افزایش کارایی زنجیره به حداقل برسند. | هزینه حمل، هزینه موجودی | کارایی هزینه‌ای | هزینه کل زنجیره |
| ۴ | کیفیت بالای محصول و خدمات پس از فروش تأثیر مستقیمی بر رضایت مشتری دارد. | کیفیت محصول، خدمات پس از فروش | کیفیت و رضایت مشتری | کیفیت خدمات |
| ۵ | درک نیاز مشتری و تعامل مؤثر با او باعث افزایش وفاداری و تکرار خرید می‌شود. | تعامل با مشتری، وفاداری | مشتری‌مداری | رضایت و وفاداری مشتری |

**جدول ۶.** شاخص‌های استخراج‌شده و اهمیت نسبی آن‌ها

**Table 6.** Extracted indicators and their relative importance

| ردیف | شاخص نهایی | تعریف عملیاتی کوتاه | فراوانی در متون | اهمیت نسبی (٪) |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | زمان تحویل | فاصله زمانی از ثبت سفارش تا تحویل محصول به مشتری | ۲۳ | ۲۹/۱ |
| ۲ | رضایت مشتری | ادراک کلی مشتری از کیفیت، خدمات و تحقق انتظارات | ۱۸ | ۲۲/۸ |
| ۳ | انعطاف‌پذیری | توان پاسخ به تغییرات تقاضا، ظرفیت یا نوع سفارش | ۱۳ | ۱۶/۵ |
| ۴ | کیفیت محصول | میزان تطابق ویژگی‌های محصول با استانداردها و نیاز مشتری | ۹ | ۱۱/۴ |
| ۵ | هزینه کل زنجیره تأمین | مجموع هزینه‌های خرید، تولید، نگهداری، حمل و توزیع | ۷ | ۸/۹ |
| ۶ | سطح خدمت‌دهی | میزان برآورده‌سازی به‌موقع تقاضای مشتریان | ۵ | ۶/۳ |
| ۷ | شفافیت اطلاعات | میزان اطلاع‌رسانی به‌هنگام و همسویی داده بین اعضا | ۴ | ۵/۰ |

**جدول ۷.** درخت کدگذاری کیفی: مسیر تبدیل ۴۲ کد اولیه به ۱۲ کد محوری و ۳ مضمون اصلی

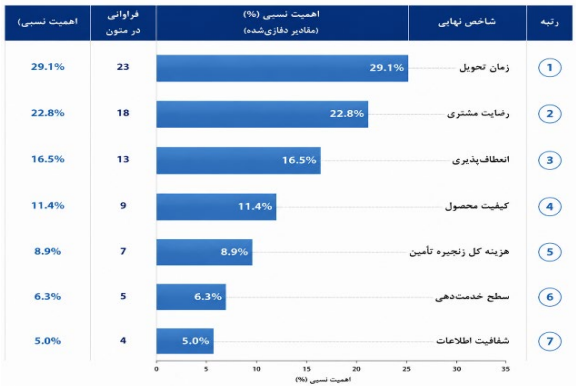
**Table 7.** Qualitative coding tree: from 42 initial codes to 12 axial codes and 3 main themes

| کدهای اولیه (باز) — نمونه | کد محوری | مضمون اصلی (کد انتخابی) |
|---|---|---|
| میانگین زمان تحویل، انحراف معیار تحویل، تأخیر تحویل، پایبندی به قرارداد زمانی | زمان تحویل | **عملکرد عملیاتی** |
| زمان تغییر تنظیمات، تنوع محصول، تغییر ترکیب سفارش، ظرفیت پاسخگویی | انعطاف‌پذیری تولید | |
| نرخ خطا، درصد بازگشتی، پایداری کیفیت، انطباق با مشخصات | کیفیت محصول | |
| بهره‌وری، زمان چرخه، اتلاف تولید | کارایی عملیاتی | |
| امتیاز رضایت کلی، تکرار خرید، بازخورد مشتری، NPS[1] | رضایت مشتری | **عملکرد مشتری‌محور** |
| نرخ OTIF، تحویل کامل، پاسخ‌گویی به شکایات | سطح خدمت‌دهی | |
| مدت روابط، سهم خرید، توصیه به دیگران | وفاداری مشتری | |
| ارتباط مستمر، اطلاع‌رسانی وضعیت سفارش، سفارشی‌سازی | تعامل با مشتری | |
| هزینه سفارش، هزینه حمل، هزینه موجودی، هزینه تعویض | هزینه کل زنجیره | **عملکرد پشتیبانی زنجیره** |
| اشتراک داده بین اعضا، خطاپذیری پیش‌بینی، سیستم یکپارچه | شفافیت اطلاعات | |
| همسویی اهداف، برنامه‌ریزی مشترک، هماهنگی سفارش | هماهنگی زنجیره | |
| ریسک تأمین، پایداری تأمین‌کننده، تاب‌آوری زنجیره | پایداری و ریسک | |

**جدول ۸.** نمونه شواهد متنی مصاحبه‌ها به تفکیک مضامین اصلی

**Table 8.** Examples of interview evidence organized by main themes

| کد خبره | نقل‌قول مستقیم خبره | مضمون اصلی |
|---|---|---|
| H۱ | «در صنعت آلومینا، اگر شما فقط یک روز از تحویل عقب بمانید، کل خط تولید مشتری صنعتی متوقف می‌شود. زمان تحویل ما مساوی زمان تولید مشتری است.» | عملکرد عملیاتی |
| H۳ | «انعطاف‌پذیری در تولید یعنی اینکه بتوانیم بین Grade A و Grade B با کوچک‌ترین تغییر مواد اولیه سریع سویچ کنیم؛ این توانمندی ما را از رقبا متمایز می‌کند.» | عملکرد عملیاتی |
| H۱۰ | «رضایت مشتری صنعتی با رضایت خرده‌فروش فرق دارد؛ اینجا هر مشتری معنی چند میلیارد قرارداد سالانه دارد و یک تحویل بد یعنی از دست دادن مشتری سه سال.» | عملکرد مشتری‌محور |
| H۶ | «سطح خدمت‌دهی برای ما یعنی رسیدن به OTIF بالای ۹۵٪. زیر این عدد، عملاً رقابت را باخته‌ایم.» | عملکرد مشتری‌محور |
| H۱۰ | «شفافیت اطلاعات فقط یعنی اینکه مشتری بداند سفارشش الان کجاست؛ نه یک روز بعد از تأخیر خبر بدهیم. الان مشتری‌ها سیستم آنلاین می‌خواهند.» | عملکرد پشتیبانی زنجیره |
| H۵ | «هزینه کل زنجیره را نمی‌شود فقط با کاهش هزینه حمل بهبود داد؛ کاهش موجودی ایمنی و بهینه‌سازی حمل مواد اولیه هم مهم است.» | عملکرد پشتیبانی زنجیره |




**شکل ۳.** اهمیت شاخص‌های کلیدی استخراج‌شده از تحلیل محتوای کیفی.

**Figure 3.** Importance of key indicators derived from qualitative content analysis.

[1] Net Promoter Score

**جدول ۹.** تجلی بومی هفت شاخص عمومی در صنعت آلومینا (خروجی بومی‌سازی از مصاحبه‌ها)

**Table 9.** Contextualization of seven general indicators in the alumina industry: insights from expert interviews

| شاخص عمومی (از ادبیات) | تجلی بومی در صنعت آلومینا (مصادیق و ابعاد اجرایی) |
|---|---|
| رضایت مشتری | حفظ روابط بلندمدت با مشتریان صنعتی راهبردی (تولیدکنندگان سرامیک، ذوب فلز و ساینده‌ها)؛ رعایت تعهدات قراردادی سالانه؛ کیفیت پشتیبانی فنی و خدمات پس‌فروش؛ سرعت پاسخ به ادعاهای کیفی مشتری |
| زمان تحویل | پایبندی به برنامه تحویل ماهانه مطابق قراردادهای سالانه؛ رعایت پنجره زمانی محدود تحویل (به‌دلیل حساسیت خط تولید مشتری)؛ مدیریت وابسته به لجستیک حمل مواد معدنی از جاجرم به کارخانه مشتری |
| انعطاف‌پذیری تولید | توان سویچ سریع بین گریدهای مختلف $Al_2O_3$ (سایز و خلوص متفاوت)؛ توان پاسخ‌گویی به تغییر مشخصات دانه‌بندی؛ ظرفیت پذیرش سفارش‌های اضطراری کوچک بدون اختلال در تولید انبوه |
| کیفیت محصول | پایداری خلوص $Al_2O_3$ در بازه محدود مشخصات مشتری؛ درج شناسنامه کیفی برای هر محموله؛ رعایت استاندارد دانه‌بندی خاص هر مشتری؛ ثبات کیفیت بین محموله‌های مختلف |
| هزینه کل زنجیره تأمین | هزینه بالای حمل مواد معدنی از معدن به کارخانه و از کارخانه به مشتری صنعتی؛ هزینه انبارداری $Al_2O_3$ با نگرانی جذب رطوبت؛ هزینه تعویض/تغییر گرید تولید |
| سطح خدمت‌دهی | نرخ OTIF بالاتر از ۹۵٪ در قراردادهای راهبردی؛ توان تأمین سفارش‌های اضطراری تا سقف ۱۰٪ ظرفیت اسمی؛ زمان پاسخ‌گویی به شکایات کمتر از ۷۲ ساعت |
| شفافیت اطلاعات | ارائه پرتال آنلاین Client-Portal برای پیگیری وضعیت سفارش؛ اشتراک به‌موقع اطلاعات کیفی هر محموله؛ اعلام سریع انحرافات از برنامه به مشتری؛ اشتراک برنامه تولید سه‌ماهه با مشتریان راهبردی |

### ۴-۱-۲- بومی‌سازی شاخص‌ها برای صنعت آلومینا

در راستای بررسی سهم مصاحبه‌های خبرگان در بومی‌سازی شاخص‌ها، تصریح می‌گردد که مصاحبه‌های میدانی این پژوهش دو نقش اساسی داشتند: (۱) تأیید یا رد شاخص‌های استخراج‌شده از ادبیات جهانی در بستر صنعت آلومینا و (۲) بومی‌سازی مفهومی و عملیاتی هر شاخص از طریق تعریف مصادیق اجرایی و شاخص‌های اندازه‌گیری خاص این صنعت. لذا اگرچه اسم هفت شاخص در سطح مفهومی مشترک با ادبیات جهانی است، اما تعاریف عملیاتی و ابعاد اجرایی آن‌ها بومی‌سازی شده و مطابق ماهیت صنعت فرآیندی آلومینا (تولید $Al_2O_3$، ماهیت B2B، مشتریان صنعتی راهبردی، حمل‌ونقل حجمی مواد معدنی) بازتعریف شده است.

جدول ۹ تجلی بومی هر یک از هفت شاخص عمومی را در بستر صنعت آلومینا نشان می‌دهد. ستون سمت راست، شاخص عمومی استخراج‌شده از ادبیات را ذکر می‌کند و ستون سمت چپ، تجلی بومی آن را در صنعت آلومینا مطابق تحلیل مضمون مصاحبه‌های خبرگان (به‌ویژه H۱، H۳، H۶، H۸ و H۱۰) گزارش می‌دهد.

چنان‌که از جدول ۹ برمی‌آید، هر یک از هفت شاخص عمومی در بستر صنعت آلومینا با مصادیق ویژه‌ای بازتعریف شده که در پژوهش‌های عمومی یا در ادبیات جهانی زنجیره تأمین دیده نمی‌شود. برای نمونه، «انعطاف‌پذیری تولید» در ادبیات جهانی معمولاً با توان تغییر حجم و تنوع سنجیده می‌شود، اما در آلومینا این شاخص به‌طور خاص با «توان سویچ بین گریدهای $Al_2O_3$ و پاسخ به تغییرات دانه‌بندی» عملیاتی می‌شود. یا «کیفیت محصول» در ادبیات کلی به شاخص‌هایی چون نرخ نامنطبق و درصد بازگشت محدود می‌شود، اما در صنعت آلومینا شاخص کلیدی «ثبات خلوص $Al_2O_3$ در بازه مشخصات مشتری» است. این بومی‌سازی نتیجه مستقیم مصاحبه‌های میدانی است و مبنای طراحی توصیه‌های اجرایی در بخش ۵-۱ نیز قرارگرفته است.

### ۴-۲- نتایج روایی محتوایی به تفکیک شاخص‌ها

در ادامه با هدف تفکیک شاخص‌های $CVR$ و $CVI$، جدول ۱۰ مقادیر روایی محتوایی هر یک از هفت شاخص نهایی را گزارش می‌دهد. آستانه پذیرش $CVR$ برای N=۱۲ خبره برابر ۰/۵۶ در نظر گرفته شد. مقدار $CVR$ تمامی

شاخص‌ها بالاتر از آستانه پذیرش لاوشه (۰/۵۶) و مقدار $CVI$ تمامی شاخص‌ها بالاتر از آستانه ۰/۷۹ گزارش شد. بنابراین روایی محتوایی هفت شاخص نهایی به‌طور کامل مورد تأیید قرار گرفت.

**جدول ۱۰.** مقادیر $CVR$ و $CVI$ به تفکیک هفت شاخص نهایی (N=۱۲)

**Table 10.** CVR and CVI values of the seven final indicators (N=12)

| ردیف | شاخص | *CVR* | *CVI* | وضعیت |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | رضایت مشتری | ۰/۹۲ | ۰/۹۰ | تأیید |
| ۲ | زمان تحویل | ۰/۸۵ | ۰/۸۸ | تأیید |
| ۳ | انعطاف‌پذیری تولید | ۰/۷۸ | ۰/۸۳ | تأیید |
| ۴ | کیفیت محصول | ۰/۸۵ | ۰/۸۷ | تأیید |
| ۵ | هزینه کل زنجیره تأمین | ۰/۶۹ | ۰/۸۰ | تأیید |
| ۶ | سطح خدمت‌دهی | ۰/۷۸ | ۰/۸۴ | تأیید |
| ۷ | شفافیت اطلاعات | ۰/۶۹ | ۰/۸۰ | تأیید |
| – | میانگین | ۰/۸۴ | ۰/۷۹ | کل تأیید |

## ۴-۳- نتایج روش بهترین-بدترین فازی

در این بخش، تعیین وزن شاخص‌ها با استفاده از روش بهترین-بدترین فازی صورت می‌گیرد. پس از نهایی‌شدن مجموعه شاخص‌های ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین سفارش‌مبنا در صنعت آلومینا، به‌منظور تعیین اهمیت نسبی آن‌ها از روش بهترین-بدترین فازی استفاده شد (**جدول ۱۱**). در این مرحله، پرسشنامه‌های ساختاریافته BWM فازی در اختیار ۱۰ نفر از خبرگان منتخب صنعت آلومینا و حوزه زنجیره تأمین قرار گرفت. از هر خبره خواسته شد تا با توجه به شرایط واقعی صنعت آلومینا، مهم‌ترین معیار (Best) و کم‌اهمیت‌ترین معیار (Worst) را از میان شاخص‌های شناسایی‌شده تعیین کند و سپس بردار Best-to-Others و Others-to-Worst را با استفاده از مقیاس زبانی **جدول ۴** تکمیل نماید. در ادامه نمونه‌ای از بردارهای BO و OW خبره H۱ در **جدول ۱۲** ارائه‌شده است.

**جدول ۱۱.** شاخص‌های بهترین و بدترین از دیدگاه هر خبره و شاخص سازگاری فازی

**Table 11.** Best and worst indicators identified by experts and the fuzzy consistency index

| کد خبره | معیار بهترین (Best) | معیار بدترین (Worst) | شاخص سازگاری فازی ($\xi^*$) | وضعیت سازگاری |
|---|---|---|---|---|
| H۱ | رضایت مشتری | شفافیت اطلاعات | ۰/۰۴۱ | قابل‌قبول |
| H۲ | زمان تحویل | شفافیت اطلاعات | ۰/۰۵۳ | قابل‌قبول |
| H۳ | رضایت مشتری | سطح خدمت‌دهی | ۰/۰۴۷ | قابل‌قبول |
| H۴ | رضایت مشتری | شفافیت اطلاعات | ۰/۰۶۲ | قابل‌قبول |
| H۵ | زمان تحویل | شفافیت اطلاعات | ۰/۰۵۸ | قابل‌قبول |
| H۶ | رضایت مشتری | شفافیت اطلاعات | ۰/۰۴۹ | قابل‌قبول |
| H۷ | رضایت مشتری | سطح خدمت‌دهی | ۰/۰۴۴ | قابل‌قبول |
| H۸ | زمان تحویل | شفافیت اطلاعات | ۰/۰۶۱ | قابل‌قبول |
| H۹ | رضایت مشتری | شفافیت اطلاعات | ۰/۰۵۶ | قابل‌قبول |
| H۱۰ | رضایت مشتری | شفافیت اطلاعات | ۰/۰۳۹ | قابل‌قبول |
| میانگین | – | – | ۰/۰۵۱ | تأییدشده |

**جدول ۱۲.** نمونه‌بردارهای Best-to-Others و Others-to-Worst برای خبره H۱ (اعداد فازی مثلثی)

**Table 12.** Example of best-to-others and others-to-worst vectors for expert H1 using triangular fuzzy numbers

| شاخص | ترجیح Best نسبت به شاخص (BO) | ترجیح شاخص نسبت به Worst (OW) |
|---|---|---|
| رضایت مشتری (Best) | (۱، ۱، ۱) | (۹/۲، ۴، ۷/۲) |
| زمان تحویل | (۳/۲، ۱، ۲/۳) | (۷/۲، ۳، ۵/۲) |
| انعطاف‌پذیری تولید | (۵/۲، ۲، ۳/۲) | (۵/۲، ۲، ۳/۲) |
| کیفیت محصول | (۵/۲، ۲، ۳/۲) | (۵/۲، ۲، ۳/۲) |
| هزینه کل زنجیره | (۷/۲، ۳، ۵/۲) | (۳/۲، ۱، ۲/۳) |
| سطح خدمت‌دهی | (۷/۲، ۳، ۵/۲) | (۳/۲، ۱، ۲/۳) |
| شفافیت اطلاعات (Worst) | (۹/۲، ۴، ۷/۲) | (۱، ۱، ۱) |

**جدول ۱۳.** وزن نهایی و رتبه‌بندی هفت شاخص ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین سفارش‌مبنا در صنعت آلومینا (روش FBWM)

**Table 13.** Final weights and ranking of seven performance evaluation indicators for the make-to-order supply chain in the alumina industry using the FBWM method

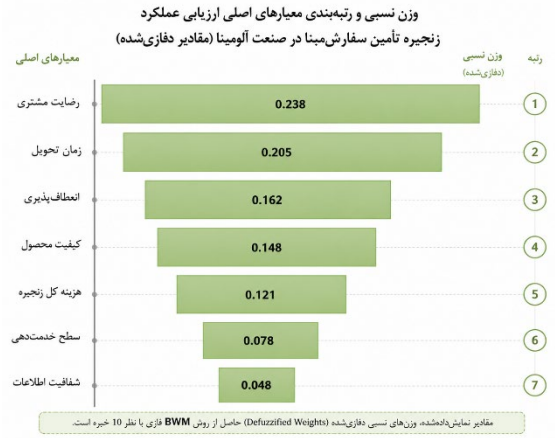
| معیار | وزن فازی مثلثی (l, m, u) | وزن دفازی شده | رتبه |
|---|---|---|---|
| رضایت مشتری | (۰/۲۱ ،۰/۲۴ ،۰/۲۷) | ۰/۲۳۸ | ۱ |
| زمان تحویل | (۰/۱۸ ،۰/۲۰ ،۰/۲۳) | ۰/۲۰۵ | ۲ |
| انعطاف‌پذیری تولید | (۰/۱۴ ،۰/۱۶ ،۰/۱۸) | ۰/۱۶۲ | ۳ |
| کیفیت محصول | (۰/۱۳ ،۰/۱۵ ،۰/۱۷) | ۰/۱۴۸ | ۴ |
| هزینه کل زنجیره تأمین | (۰/۱۰ ،۰/۱۲ ،۰/۱۴) | ۰/۱۲۱ | ۵ |
| سطح خدمت‌دهی | (۰/۰۶ ،۰/۰۸ ،۰/۱۰) | ۰/۰۷۸ | ۶ |
| شفافیت اطلاعات | (۰/۰۴ ،۰/۰۵ ،۰/۰۶) | ۰/۰۴۸ | ۷ |
| **مجموع** | --- | **۱/۰۰۰** | – |

برای هر یک از ۱۰ خبره، بردارهای مشابه ساخته شد و از میانگین‌گیری هندسی فازی روی مقادیر متناظر، بردار تجمیعی محاسبه گردید. سپس مدل بهینه‌سازی (رابطه ۲) روی مقادیر تجمیع‌شده حل شد و وزن نهایی هفت شاخص با روش دفازی‌سازی GMIR مطابق نتایج **جدول ۱۳** به‌دست آمد. شاخص سازگاری فازی میانگین $\xi^* =$ ۰/۰۵۱ در نتایج نهایی محاسبه شد که کمتر از آستانه ۰/۱ است. در **شکل ۴** باهدف مصورسازی اهمیت نسبی معیارها، وزن‌های نهایی به‌صورت نمودار ستونی ترسیم شده‌اند.

### ۴-۳-۱- تحلیل حساسیت وزن‌ها

به‌منظور بررسی پایداری نتایج و ارزیابی میزان آسیب‌پذیری رتبه‌بندی شاخص‌ها در برابر تغییرات ممکن در وزن شاخص برتر، تحلیل حساسیت روی شاخص «رضایت مشتری» (رتبه اول با وزن پایه ۰/۲۳۸) در قالب ۷ سناریوی مختلف انجام گرفت.

در هر سناریو، وزن رضایت مشتری در بازه منفی ۳۰٪ تا مثبت ۳۰٪ نسبت به مقدار پایه تغییر داده شد و وزن سایر شاخص‌ها متناسباً بازتنظیم گردید تا مجموع وزن‌ها همواره برابر ۱ باقی بماند (بازتنظیم متناسب: ضریب $(1-w_{CS})/0.762$ برای وزن‌های سایر شاخص‌ها اعمال شد). نتایج در **جدول ۱۴** ارائه‌شده است که تحلیل نتایج آن یافته‌های زیر را ارائه می‌دهد: (۱) وقتی وزن رضایت مشتری در بازه منفی ۱۰٪ تا مثبت ۳۰٪ تغییر می‌کند، رتبه‌بندی هفت شاخص کاملاً پایدار می‌ماند و ترتیب اولویت‌ها (۱: رضایت مشتری، ۲: زمان تحویل، ۳: انعطاف‌پذیری تولید، ۴: کیفیت محصول، ۵: هزینه کل زنجیره، ۶: سطح خدمت‌دهی، ۷: شفافیت اطلاعات) بدون تغییر باقی می‌ماند. (۲) صرفاً در سناریوهای کاهش شدید منفی ۲۰٪ و منفی ۳۰٪ (که در آن‌ها وزن به ۰/۱۹۰ و ۰/۱۶۷ کاهش می‌یابد)، جای رتبه اول و دوم عوض می‌شود و زمان تحویل به رتبه اول می‌رسد. (۳) رتبه سایر شاخص‌ها (۳ تا ۷) در تمامی سناریوها، حتی در سناریوهای کاهشی شدید، بدون تغییر باقی می‌ماند. (۴) این پایداری نشان می‌دهد که مدل به تغییرات معقول در قضاوت خبرگان حساس نیست و پیام مدیریتی «رضایت مشتری و زمان تحویل، دو محور اصلی ارزیابی» در تمامی سناریوهای بررسی‌شده معتبر باقی می‌ماند. لذا نتایج پایه (**جدول ۱۳**) از پایداری قابل قبولی برخوردار است و می‌تواند مبنای تصمیمات مدیریتی قرار گیرد.




**شکل ۴.** وزن نهایی و رتبه‌بندی هفت شاخص ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین سفارش‌مبنا در صنعت آلومینا.

**Figure 4.** Final weights and ranking of the seven performance evaluation indicators for the make-to-order supply chain in the alumina industry.

**جدول ۱۴.** تحلیل حساسیت وزن شاخص برتر (رضایت مشتری) و تأثیر آن بر رتبه‌بندی سایر شاخص‌ها

**Table 14.** Sensitivity analysis of customer satisfaction weight and its impact on the ranking of other indicators

| سناریو | رضایت مشتری | زمان تحویل | انعطاف‌پذیری | کیفیت | هزینه کل | خدمت‌دهی | شفافیت | تغییر رتبه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کاهش ۳۰٪ | ۰/۱۶۷ | ۰/۲۲۴ | ۰/۱۷۷ | ۰/۱۶۲ | ۰/۱۳۲ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۵۲ | رتبه ۱↔۲ جابجا |
| کاهش ۲۰٪ | ۰/۱۹۰ | ۰/۲۱۸ | ۰/۱۷۲ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۲۹ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۵۱ | رتبه ۱↔۲ جابجا |
| کاهش ۱۰٪ | ۰/۲۱۴ | ۰/۲۱۱ | ۰/۱۶۷ | ۰/۱۵۳ | ۰/۱۲۵ | ۰/۰۸۰ | ۰/۰۴۹ | بدون تغییر |
| پایه (BASE) | ۰/۲۳۸ | ۰/۲۰۵ | ۰/۱۶۲ | ۰/۱۴۸ | ۰/۱۲۱ | ۰/۰۷۸ | ۰/۰۴۸ | بدون تغییر |
| افزایش ۳۰٪ | ۰/۲۶۲ | ۰/۱۹۹ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۴۳ | ۰/۱۱۷ | ۰/۰۷۶ | ۰/۰۴۷ | بدون تغییر |
| افزایش ۲۰٪ | ۰/۲۸۶ | ۰/۱۹۲ | ۰/۱۵۲ | ۰/۱۳۹ | ۰/۱۱۳ | ۰/۰۷۳ | ۰/۰۴۵ | بدون تغییر |
| افزایش ۱۰٪ | ۰/۳۰۹ | ۰/۱۸۶ | ۰/۱۴۷ | ۰/۱۳۴ | ۰/۱۱۰ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۴۴ | بدون تغییر |

تحلیل نتایج **جدول ۱۴** یافته‌های زیر را ارائه می‌دهد:

۱) وقتی وزن رضایت مشتری در بازه منفی ۱۰٪ تا مثبت ۳۰٪ تغییر می‌کند، رتبه‌بندی هفت شاخص کاملاً پایدار می‌ماند و ترتیب اولویت‌ها (۱: رضایت مشتری، ۲: زمان تحویل، ۳: انعطاف‌پذیری تولید، ۴: کیفیت محصول، ۵: هزینه کل زنجیره، ۶: سطح خدمت‌دهی، ۷: شفافیت اطلاعات) بدون تغییر باقی می‌ماند.

۲) صرفاً در سناریوهای کاهش شدید منفی ۲۰٪ و منفی ۳۰٪ (که در آن‌ها وزن به ۰/۱۹۰ و ۰/۱۶۷ کاهش می‌یابد)، جای رتبه اول و دوم عوض می‌شود و زمان تحویل به رتبه اول می‌رسد.

۳) رتبه سایر شاخص‌ها (۳ تا ۷) در تمامی سناریوها، حتی در سناریوهای کاهشی شدید، بدون تغییر باقی می‌ماند.

۴) این پایداری نشان می‌دهد که مدل به تغییرات معقول در قضاوت خبرگان حساس نیست و پیام مدیریتی «رضایت مشتری و زمان تحویل، دو محور اصلی ارزیابی» در تمامی سناریوهای بررسی‌شده معتبر باقی می‌ماند. لذا نتایج پایه (**جدول ۱۳**) از پایداری قابل قبولی برخوردار است و می‌تواند مبنای تصمیمات مدیریتی قرار گیرد.

## ۴-۴- بحث و تفسیر نتایج

تحلیل نتایج حاصل از روش بهترین-بدترین فازی نشان می‌دهد که از دیدگاه خبرگان، ابعاد مشتری‌محور نقش محوری در بهبود عملکرد زنجیره تأمین سفارش‌مبنا در صنعت آلومینا ایفا می‌کنند. اولویت بالای معیارهای رضایت مشتری (۰/۲۳۸) و زمان تحویل (۰/۲۰۵) بیانگر آن است که در این صنعت، پایبندی به تعهدات زمانی و درک دقیق انتظارات مشتریان صنعتی، مهم‌ترین اهرم‌های رقابت‌پذیری محسوب می‌شوند. معیار «زمان تحویل» به‌دلیل ماهیت پروژه‌محور و حساسیت زمانی سفارش‌ها در صنعت آلومینا، در رتبه دوم قرارگرفته است. در مقابل، معیارهایی نظیر شفافیت اطلاعات و سطح خدمت‌دهی، هرچند دارای وزن کمتری هستند، اما به‌عنوان عوامل زیرساختی و پشتیبان، نقش مهمی در بهبود عملکرد کل سیستم ایفا می‌کنند.

لازم به ذکر است مطابق چارچوب نظری بخش ۲-۴، CRM به‌عنوان «راه‌اندازِ ساختاری» عمل می‌کند و تأثیر آن در سه شاخصِ رضایت مشتری (۰/۲۳۸)، سطح خدمت‌دهی (۰/۰۷۸) و شفافیت اطلاعات (۰/۰۴۸) به‌طور اندازه‌گیری‌پذیر متجلی می‌شود. چراکه مجموع وزن این سه شاخص برابر ۰/۳۴۶ (بیش از یک‌سوم کل وزن‌ها) است؛ به‌این‌معنا که CRM از منظر اندازه‌گیری، محوری‌ترین ابعاد را در سیستم شاخص‌ها به خود اختصاص داده است. لذا ادعای اهمیت CRM در مقدمه با یافته‌های **جدول ۱۳** کاملاً هم‌راستاست، اما این اهمیت از طریق پیامدهای عملیاتی CRM دیده می‌شود، نه به‌صورت یک متغیر جداگانه.

لازم به ذکر است در بازار B2B صنعت آلومینا، مشتری اصلی نه مصرف‌کننده نهایی بلکه سازمان‌های صنعتی هستند که با قراردادهای بلندمدت ارتباط دارند. لذا از

دیدگاه خبرگان، تجلی اصلی CRM از طریق «رضایت مشتری صنعتی» (رتبه ۱، وزن ۰/۲۳۸) صورت می‌گیرد که به‌تنهایی بیش از ۲۳٪ کل وزن‌ها را در اختیار دارد و بازتاب مستقیم موفقیت CRM در نگهداری روابط بلندمدت با مشتریان صنعتی است. دو شاخص سطح خدمت‌دهی و شفافیت اطلاعات نقش زیرساختی و پشتیبان دارند: بدون آن‌ها نمی‌توان به رضایت مشتری بالا رسید، اما مصداق مستقیم CRM محسوب نمی‌شوند بلکه ابزارهای تحقق آن هستند. به همین دلیل رتبه پایین آن‌ها کاملاً منطقی است و با ادعای محوری بودن CRM در مقدمه هیچ تناقضی ندارد. علاوه بر این، اگر همبستگی معنادار میان این سه شاخص وجود دارد (که در تحلیل مضمون تأیید شد)، درواقع بهبود هر یک به بهبود دیگری منجر می‌شود و لذا مدیران با تمرکز بر رضایت مشتری، به‌طور خودکار سطح خدمت‌دهی و شفافیت اطلاعات را نیز بهبود می‌بخشند.

## ۵- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که بهبود عملکرد زنجیره تأمین سفارش‌مبنا در صنعت آلومینا مستلزم توجه هم‌زمان به شاخص‌های عمومی عملکرد زنجیره تأمین و مؤلفه‌های خاص این صنعت است. مرور نظام‌مند ادبیات، تحلیل مضمون مصاحبه‌های ۱۰ خبره صنعت و دانشگاه و اعمال روش بهترین-بدترین فازی روی هفت شاخص نهایی، به رتبه‌بندی رضایت مشتری (۰/۲۳۸)، زمان تحویل (۰/۲۰۵)، انعطاف‌پذیری تولید (۰/۱۶۲)، کیفیت محصول (۰/۱۴۸)، هزینه کل زنجیره تأمین (۰/۱۲۱)، سطح خدمت‌دهی (۰/۰۷۸) و شفافیت اطلاعات (۰/۰۴۸) منجر شد.

همان‌طور که در بحث ۴-۴ تصریح شد، مدیریت ارتباط با مشتری (CRM) از منظر اندازه‌گیری در قالب سه شاخصِ رضایت مشتری، سطح خدمت‌دهی و شفافیت اطلاعات با وزن جمعی ۰/۳۶۴ (بیش از یک‌سوم وزن کل) تجلی می‌یابد که در صدر آن رضایت مشتری صنعتی با رتبه اول قرارگرفته است. بنابراین ادعای محوری بودن CRM در مقدمه به‌طور کامل با یافته‌های کمی هم‌راستاست و تحلیل حساسیت (بخش ۴-۳-۱) نیز پایداری قابل قبولی برای این یافته گزارش می‌دهد.

### ۵-۱- دلالت‌های مدیریتی و توصیه‌های اجرایی

برای فراهم آوردن راهنمای عملی برای مدیران صنعت آلومینا، توصیه‌های اجرایی زیر بر مبنای رتبه‌بندی شاخص‌ها ارائه می‌شود:

صفحه‌بندی شود:

۱) در حوزه رضایت مشتری (وزن ۰/۲۳۸): تعریف SLA[16] قراردادی با مشتریان صنعتی به‌صورت شاخص‌های کمّی قابل پایش (زمان تحویل، درصد OTIF، درصد بازگشت کیفی)؛ پایش پیوسته NPS و برگزاری دوره‌ای جلسات سه‌ماهه بازخورد میان تیم بازرگانی و مشتریان صنعتی راهبردی؛ تشکیل کمیته حل‌وفصل ادعاها با پاسخ‌گویی حداکثر ۷۲ ساعته.

۲) در حوزه زمان تحویل (وزن ۰/۲۰۵): پیاده‌سازی سیستم برنامه‌ریزی ظرفیت متمرکز مبتنی بر ATP/CTP[17] به‌طوری‌که پاسخ‌گویی به سفارش با ظرفیت واقعی هماهنگ باشد؛ کاهش زمان‌های آماده‌سازی از طریق SMED[18]؛ گروه‌بندی سفارش‌های مشابه در یک‌بار تولید.

۳) در حوزه انعطاف‌پذیری تولید (وزن ۰/۱۶۲): طراحی مجدد چیدمان تولید برای پاسخ‌گویی سریع به تغییرات ترکیب سفارش؛ استفاده از فناوری‌های تولید انعطاف‌پذیر؛ توسعه پرتفوی تأمین‌کننده جایگزین برای مواد اولیه کلیدی.

۴) در حوزه کیفیت محصول (وزن ۰/۱۴۸): اعمال SPC[19] هم‌زمان با تحویل و درج شناسنامه کیفی برای هر محموله؛ فرم‌های الکترونیکی گزارش نامنطبق با اتصال به سیستم CRM؛ ممیزی درون‌سازمانی سه‌ماهه.

۵) در حوزه هزینه کل زنجیره (وزن ۰/۱۲۱): جایگزینی حسابداری جذبی سنتی با تحلیل TCO[20] سفارش‌محور که هزینه‌های تحویل، ضایعات، ادعاها و بازگشت مواد را در قیمت تمام‌شده هر سفارش شفاف کند.

[16] Service Level Agreement
[17] Available/Capable-to-Promise
[18] Single-Minute Exchange of Die
[19] Statistical Process Control
[20] Total Cost of Ownership

۶) در حوزه سطح خدمت‌دهی و شفافیت اطلاعات (وزن جمعی ۰/۱۲۶): پیاده‌سازی داشبورد یکپارچه CRM/ERP[21] با نمای Client-Portal که مشتری بتواند وضعیت سفارش، برنامه تولید و برنامه ارسال را به‌صورت لحظه‌ای پیگیری کند؛ ارسال هشدارهای خودکار در صورت رخداد انحراف از برنامه.

### ۵-۲- محدودیت‌های پژوهش

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی نیز مواجه بوده است: (۱) تمرکز بر یک صنعت خاص (آلومینا) در حوزه صنایع معدنی قابلیت تعمیم‌یافته‌ها به سایر صنایع فرآیندی را محدود می‌سازد و اعتبار خارجی نیازمند اعتبارسنجی در سایر صنایع است؛ (۲) روش BWM هرچند سازگاری بالاتری نسبت به AHP دارد، اما همچنان بر مبنای قضاوت خبره است و شاخص‌های عینی مانند اسناد مالی و پروتکل‌های عملیاتی به‌عنوان مکمل در این پژوهش مدنظر قرار نگرفت؛ (۳) اندازه نمونه پنل خبرگان اگرچه با ادبیات BWM سازگار است، برای تعمیم گسترده‌تر نیازمند پنل بزرگ‌تری خواهد بود لیکن به دلیل موردکاوی صورت پذیرفته این مهم قابلیت تحقق ندارد.

### ۵-۳- پیشنهاد پژوهش‌های آتی

- توسعه یک مدل شبیه‌سازی پویایی سیستم‌ها بر مبنای هفت شاخص شناسایی‌شده برای بررسی روابط علّی-حلقوی و اثرات تأخیر در زنجیره تأمین سفارش‌مبنا در صنعت آلومینا.
- اعتبارسنجی چارچوب شناسایی‌شده در سایر صنایع فرآیندی (فولاد، سیمان، آلومینیوم اولیه، شیمیایی) و مقایسه رتبه‌بندی‌ها.
- ترکیب روش BWM فازی با ANP فازی برای مدل‌سازی روابط وابستگی متقابل میان شاخص‌ها.
- تحلیل حساسیت وزن‌های نهایی نسبت به تغییر ترکیب خبرگان و طراحی روش استوار (Robust) برای وزن‌دهی.
- توسعه مدل بهینه‌سازی چندهدفه که هفت شاخص وزن‌دار را به‌عنوان اهداف تصمیم‌گیری در تخصیص ظرفیت و پذیرش سفارش وارد کند.


## قدردانی

نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را از تمامی همکارانی که با ارائه دیدگاه‌ها و تخصص ارزشمند خود در پیشبرد این پژوهش نقش مؤثری ایفا کردند، ابراز می‌دارند. همچنین از عوامل اجرایی نشریه و یا داوران به‌دلیل پیشنهادها و رهنمودهای سازنده‌ای که موجب بهبود و ارتقای کیفیت مقاله حاضر شد، صمیمانه تشکر می‌شود.

## حمایت مالی

این پژوهش هیچ‌گونه حمایت مالی دریافت نکرده است.


## تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافع مرتبط با تحقیق حاضر ندارند و نتایج به‌صورت بی‌طرفانه و بدون دخالت منافع شخصی یا حرفه‌ای به‌دست‌آمده است.

## مشارکت‌های نویسندگان

**سیدداود احمدی مطلق:** مدیریت داده‌ها، تحلیل آماری، تحقیق و بررسی، روش‌شناسی، تأمین منابع، نرم‌افزار، اعتبارسنجی، مصورسازی، نگارش پیش‌نویس اصلی، نگارش – بازبینی و ویرایش؛ **مهرداد حسینی شکیب:** مفهوم‌پردازی، مدیریت پروژه، اعتبارسنجی، راهنمایی، نگارش – بازبینی و ویرایش؛ **سیدجواد ایرانبان‌فرد:** راهنمایی، نگارش – بازبینی و ویرایش؛ **بیژن نهاوندی:** راهنمایی، نگارش – بازبینی و ویرایش.

## دسترسی به داده‌ها

داده‌ها در صورت درخواست در دسترس هستند: داده‌های پشتیبانی‌کننده نتایج این مطالعه در اختیار نویسندگان مسئول بوده و در صورت درخواست منطقی در دسترس قرار خواهند گرفت.

[21] Enterprise Resource Planning

## مراجع


Anwar, M., Khan, S., & Zhang, Y. (2025). Supply chain integration as a strategic management tool to improve operational performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *36*(2), 245–262. https://doi.org/10.1007/s43621-025-00867-w

Blanchard, D. (2021). Supply chain management best practices (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, *3*(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Chopra, S., & Meindl, P. (2016). Supply chain management: Strategy, planning, and operation. *Pearson Education*. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9320-5_22

Gaalman, G., Disney, M., & Wang, X. (2022). When bullwhip increases in the lead time: An eigenvalue analysis of ARMA demand. *International Journal of Production Economics*, 250, 108623. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108623

Gijsbrechts, J., Boute, R. N., Disney, S. M. & Mieghem, J. A. V. (2025). Volume flexibility at responsive suppliers in reshoring decisions: analysis of a dual sourcing inventory model. *Production and Operations Management*, *34*(5), 1114–1133. https://doi.org/10.1111/poms.13719

Kawa, A., & Maryniak, A. (2019). Lean and agile supply chains of e-commerce: Empirical research. *Journal of Information and Telecommunications*, *3*(2), 235–247. https://doi.org/10.1080/24751839.2018.1553915

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, 33(1), 159–174. https://doi.org/10.2307/2529310

Lawshe, C.H., (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel psychology.28*, 563–575. https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x9

Liang, F., Brunelli, J. & Rezaei, J. (2020). Consistency issues in the best worst method: Measurements and thresholds. *Omega, Elsevier*, *96*(1), 891–907. https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.102175

Liu, A., Liu, H., & Gu, J. (2021). Linking business model design and operational performance: The mediating role of supply chain integration. *Industrial Marketing Management*, *96*, 60–70. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2021.04.009

Raghunathan, S., Tang, C. S., & Yue, X. (2017). Analysis of the bullwhip effect in a multiproduct setting with interdependent demands. *Operations Research*, *65*(2), 424–432. https://doi.org/10.1287/opre.2016.1571

Saberinejad, N., Homayounfar, M., Fadaei, M., & Taleghani, M. (2023). Designing an integrated model to evaluate and select lean and agile suppliers of the automotive industry with a combined approach of fuzzy Delphi, SWARA and ARAS. *Journal of Executive Management*, *15*(29), 201-229. (In Persian). https://doi.org/10.22080/JEM.2022.22787.3681

Saputro, T. E., Figueira, G., & Almada-Lobo, B. (2022). A comprehensive framework and literature review of supplier selection under different purchasing strategies. *Computers & Industrial Engineering*, *167*, 108010. https://doi.org/ 10.1016/j.cie.2022.108010

Siagian, H., Tarigan, Z. J. H., & Jie, F. (2021). Supply chain integration enables resilience, flexibility, and innovation to improve business performance in the COVID-19 era. *Sustainability*, *13*(9), 4669. https://doi.org/10.3390/su13094669

Singh, Y., & Disney, S. M. (2026). On the transition from make-to-stock to make-to-order. *European Journal of Operational Research*, *330*(2), 444-457. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2025.08.053

Tanhaie, F. & Nahavandi, N. (2017). Solving product mix problem in multiple constraints environment using goal programming. *Journal of Industrial Engineering and Management Studies*. 4(1), 1-12. https://doi.org/10.22116/jiems.2017.51960

Tanhaie, F. (2023). Customer demand management in the optimal assignment of tasks to work stations according to priority orders. *Industrial Management Studies*, *21*(70), 227-260. (In Persian). https://doi.org/10.22054/jims.2023.73390.2860

Tanhaie, F. (2024). Applying a multi-objective particle swarm optimization algorithm for sequencing and balancing a mixed-model assembly line problem with setup times between tasks. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*. *11*(3), 350-368. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2327903/v1

Tanhaie, F. (2026). Reinforcement learning framework for workload distribution and scheduling in multi-model production lines. *System Engineering and Productivity*. *6*(3), 287-301. (In Persian). https://doi.org/10.22034/sep.2026.2077232.1426

Waltz, C. W., & Bausell, R. B. (1981). Nursing Research: Design, Statistics and Computer Analysis. *Philadelphia*, PA: F.A. Davis.

Wang, Y. (2022). Supply chain management and customer relationship management: how

technovation empower their integration. In *The Palgrave Handbook of Supply Chain Management* (pp. 1-27). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89822-9_60-1

Wong, W., Sinnandavar, C. M., & Soh, K. (2021). The relationship between supply environment, supply chain integration and operational performance: The role of business process in curbing opportunistic behaviour. *International Journal of Production Economics*, 232, 107966. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107966

Zhao, X., Wang, P., & Pal, R. (2021). The effects of agro-food supply chain integration on product quality and financial performance: Evidence from Chinese agro-food processing business. *International Journal of Production Economics*, *231*, 107832. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107832

Zhou, Y., & Mei, H. (2025). Supply chain integration and innovation performance of manufacturing firms: The moderating role of research and development investment intensity. *Plos One*, *20*(2), e0316251. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316251

Zhu, Z. (2022). The relationship between supply chain management and customer relationship management. In *2022 7th International Conference on Financial Innovation and Economic Development (ICFIED 2022)* (pp. 3028-3033). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/aebmr.k.220307.494

## ضمائم

در ادامه، فهرست کامل ۴۲ کد اولیه (باز) استخراج‌شده از تحلیل مضمون مصاحبه‌ها به تفکیک ۱۲ کد محوری و ۳ مضمون اصلی در قالب **جدول الف** ارائه می‌شود. مجموع کدهای اولیه: ۱۵ + ۱۳ + ۱۴ = ۴۲ کد اولیه که در ۱۲ کد محوری و ۳ مضمون اصلی سازمان‌دهی شدند.

**جدول الف.** فهرست کامل ۴۲ کد اولیه (باز) به تفکیک ۱۲ کد محوری و ۳ مضمون اصلی

**Appendix A.** Full coding structure: 42 initial open codes, 12 axial codes, and 3 main themes

| کدهای اولیه (باز) | کد محوری | مضمون اصلی |
|---|---|---|
| ۱. میانگین زمان تحویل سفارش \| ۲. انحراف معیار زمان تحویل \| ۳. تأخیر تحویل نسبت به قرارداد \| ۴. پایبندی به تعهدات زمانی قرارداد | زمان تحویل (۴ کد باز) | **عملکرد عملیاتی (۴ کد محوری، ۱۵ کد باز)** |
| ۵. زمان تغییر تنظیمات تولید \|۶. تنوع محصولات قابل تولید \| ۷. توان تغییر ترکیب سفارش \| ۸. ظرفیت پاسخ‌گویی به تغییر حجم | انعطاف‌پذیری تولید (۴ کد باز) | |
| ۹. نرخ خطای تولید \| ۱۰. درصد محصولات بازگشتی \| ۱۱. پایداری کیفیت در بین محموله‌ها \| ۱۲. انطباق با مشخصات فنی مشتری | کیفیت محصول (۴ کد باز) | |
| ۱۳. بهره‌وری خط تولید \| ۱۴. زمان چرخه تولید \| ۱۵. اتلاف تولید | کارایی عملیاتی (۳ کد باز) | |
| ۱۶. امتیاز رضایت کلی مشتری \| ۱۷. نرخ تکرار خرید \| ۱۸. بازخورد مثبت مشتری \| ۱۹. شاخص NPS مشتری صنعتی | رضایت مشتری (۴ کد باز) | **عملکرد مشتری‌محور (۴ کد محوری، ۱۳ کد باز)** |
| ۲۰. نرخ \| OTIF ۲۱. نرخ تحویل کامل سفارش \| ۲۲. زمان پاسخ به شکایات | سطح خدمت‌دهی (۳ کد باز) | |
| ۲۳. مدت روابط بلندمدت \| ۲۴. سهم خرید مشتری از سبد فروش \| ۲۵. توصیه به دیگران | وفاداری مشتری (۳ کد باز) | |
| ۲۶. ارتباط مستمر با مشتری \| ۲۷. اطلاع‌رسانی به‌موقع وضعیت سفارش \| ۲۸. توان سفارشی‌سازی | تعامل با مشتری (۳ کد باز) | |
| ۲۹. هزینه خرید و سفارش \| ۳۰. هزینه حمل‌ونقل \| ۳۱. هزینه نگهداری موجودی \| ۳۲. هزینه تعویض/تغییر خط | هزینه کل زنجیره (۴ کد باز) | **عملکرد پشتیبانی زنجیره (۴ کد محوری، ۱۴ کد باز)** |
| ۳۳. اشتراک داده بین اعضای زنجیره \| ۳۴. دقت پیش‌بینی مبتنی بر داده \| ۳۵. یکپارچگی سیستم اطلاعاتی | شفافیت اطلاعات (۳ کد باز) | |
| ۳۶. همسویی اهداف اعضا \| ۳۷. برنامه‌ریزی مشترک (S&OP) \| ۳۸. هماهنگی سفارش با تولید | هماهنگی زنجیره (۳ کد باز) | |
| ۳۹. ریسک تأمین مواد اولیه \| ۴۰. پایداری تأمین‌کنندگان \| ۴۱. تاب‌آوری زنجیره در برابر اختلال \| ۴۲. مدیریت ریسک پذیرش سفارش | پایداری و ریسک (۴ کد باز) | |